



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Alamat: Jl. Colombo No. 1 Yogyakarta. 55281. Telp. (0274) 550839, 550840, 555682

Fax: (0274) 550839, 518617. Laman: lppm.uny.ac.id E-mail: lppm@uny.ac.id

**SURAT KETERANGAN
PENERIMA DANA HIBAH PENELITIAN**

Nomor : T/93/UN34.21/TU/2022

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Prof. Dr. Samsul Hadi, M.Pd., M.T.
NIP : 19600529 198403 1 003
Pangkat/Gol : Pembina Utama Madya/IVd
Jabatan : Ketua LPPM UNY

Menerangkan bahwa :

Nama : Dr. Suhadi Purwantara, M.Si
NIP : 19591129 1986011001
Pangkat/Gol : Pembina Muda Muda / IV/c
Unit Kerja : Fakultas Ilmu Sosial

Yang bersangkutan telah benar-benar mendapatkan hibah penelitian sebagai Ketua dengan akumulasi Rp. 266.000.000,00 (Dua Ratus Enam Puluh Enam Juta Ribu Rupiah) dengan rincian terlampir.

Dengan surat keterangan penelitian ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 25 November 2022

Ketua,



Prof. Dr. Samsul Hadi, M.Pd., M.T.

NIP. 196005291984031003



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Alamat: Jl. Colombo No. 1 Yogyakarta. 55281. Telp. (0274) 550839, 550840, 555682

Fax. (0274) 550839, 518617. Laman: lppm.uny.ac.id E-mail: lppm@uny.ac.id

Lampiran Surat Nomor : T/93/UN34.21/TU/2022

Penerimaan Dana Hibah Penelitian

Ketua Peneliti : Dr. Suhadi Purwantara., M.Si

No	Judul	Jumlah Dana
1	Korelasi Spasial Permukiman dan Mataair sebagai Indikator Humas Volcano System pada Bentanglahan Vulkanik Jawa Tengah	24.000.000,00
2	Tantangan dan Hambatan Mahasiswa dalam Pembelajaran Daring di bawah pengaruh Variabilitas Kondisi Fisiografis Indonesia : Pengalaman dan Perspektif Mahasiswa Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta	40.000.000,00
3.	Pola Spasio-Temporal Persebaran Kasus Positif Covid - 19 Berdasarkan Kondisi Bentanglahan dan Iklim di Yogyakarta	24.000.000,00
4.	Pengaruh Penggunaan Lahan Terhadap Persediaan Air Tanah Kawasan Suburban Yogyakarta	20.000.000,00
5.	Pengembangan Pendidikan Mitigasi Bencana Berbasis Sekolah Siaga Bencana di DIY	10.000.000,00
6.	Estimasi Wilayah Terdampak Banjir di Sepanjang Aliran Sungai Code	24.000.000,00
7.	Kesiapsiagaan Sekolah dalam Menghadapi Banjir di Bantaran Sungai Code Kota Yogyakarta	24.000.000,00
8	Kapasitas Adaptif Masyarakat Pesisir utara Jawa Tengah Meghadapi Perubahan Iklim Studi Kasus Kec. Tulis Kab. Batang	30.000.000,00
9	The Impact of COVID-19 on South-East Asia: A Comparative Study on Singapore and Indonesia	50.000.000,00



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Alamat: Jl. Colombo No. 1 Yogyakarta. 55281. Telp. (0274) 550839, 550840, 555682

Fax. (0274) 550839, 518617. Laman: lppm.uny.ac.id. E-mail: lppm@uny.ac.id

10	Evolusi Paleogeografis Area Vulkanik Wonosobo dan Pengaruhnya Terhadap Kehidupan Kuno di Tempat Kelahiran Peradaban Jawa	20.000.000,00
Jumlah		266.000.000,00



Ketua,
Prof. Dr. Samsul Hadi, M.Pd., M.T.

NIP. 196005291984031003

LAPORAN RESEARCH GROUP INOVASI 2022



Judul:
KORELASI SPASIAL PERMUKIMAN DAN MATAAIR SEBAGAI INDIKATOR
HUMAN-VOLCANO SYSTEM PADA BENTANGLAHAN VULKANIK JAWA
TENGAH

Diusulkan Oleh

Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si./NIP. 19591129 198601 1 001
Dr. Nurul Khotimah, M.Si./NIP. 19790613 200604 2 001
Sutanto Tri Juni Putro, S.Si., M.Sc./NIP. 19861206 201903 1 003
Arif Ashari, S.Pd., M.Sc./NIP. 19860302 202012 1 003
Muhamad Ervin/NIM. 18405244009
Bagas Syarifudin/NIM. 19405241008
Ilham Alif Fianto/NIM. 20405244024
Dinda Swastika Nugraha/NIM. 19405241029
Muhammad Auliya Azhar Rosyadi/NIM. 20405244005

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
TAHUN 2022

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Korelasi spasial permukiman dan mataair sebagai indikator human-volcano system pada bentanglahan vulkanik Jawa Tengah

Peneliti/Pelaksana

Nama lengkap : Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta
NIDN : 0029115912
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Pendidikan Geografi - S1
Nomor HP : +6285226211591
Alamat surel (e-mail) : suhadi_p@uny.ac.id

Anggota (1)

Nama Lengkap : Dr. Nurul Khotimah, M.Si.
NIDN : 0013067901
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta

Anggota (2)

Nama Lengkap : Arif Ashari, S.Pd., M.Sc.
NIDN : 0002038603
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta

Anggota (3)

Nama Lengkap : Sutanto Tri Juni Putro, S.Si., M.Sc.
NIDN : 0506128602
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta

Institusi Mitra (jika ada)

Nama Institusi Mitra :
Alamat Institusi Mitra :
Penanggung Jawab :
Tahun Pelaksanaan :
Biaya Tahun Berjalan : Rp. 24.000.000,00



Yogyakarta, 21 April 2022
Ketua Pelaksana

Dr. Suhadi Purwantara, M.Si.
NIP. 195911291986011001

KORELASI SPASIAL PERMUKIMAN DAN MATAAIR SEBAGAI INDIKATOR HUMAN-VOLCANO SYSTEM PADA BENTANGLAHAN VULKANIK JAWA TENGAH

Oleh: Suhadi Purwantara, Nurul Khotimah, Arif Ashari, Sutanto Tri Juni Putro

ABSTRAK

Di lingkungan vulkanik, keberadaan mataair memiliki makna yang penting sebagai salah satu indikator tingginya potensi sumberdaya air. Genesis mataair ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik geomorfologis bentuklahan vulkanik itu sendiri, yang kemudian secara unik terekspresikan dalam pola sebaran mataair. Penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis pola sebaran dan karakteristik hidrologis mata air pada bentanglahan vulkanik Jawa Tengah, (2) menganalisis pola sebaran permukiman pada bentanglahan vulkanik Jawa Tengah, (3) menganalisis human-volcano system berdasarkan indikator pola sebaran mata air dan permukiman. Penelitian ini menggunakan desain penelitian deskriptif-eksploratif dengan pendekatan geografi yaitu pendekatan kompleks wilayah. Penelitian ini juga menggunakan tema-tema geografi dalam menganalisis permasalahan. Subyek dalam penelitian ini adalah bentanglahan vulkanik di Jawa Tengah sedangkan obyek penelitian ini adalah persebaran permukiman dan mata air. Untuk menemukan lokasi mata air dilakukan survei dengan metode sistematis sampling. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi, interpretasi citra penginderaan jauh, studi pustaka, dan dokumentasi. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis SIG, analisis statistik, didukung dengan analisis deskriptif. Analisis SIG dilakukan dengan teknik average nearest neighbour dan buffering. Hasil penelitian menunjukkan: (1) Pemunculan mata air pada bentuklahan vulkanik memiliki pola persebaran yang khas. Masing-masing tipe vulkan memiliki pola sebaran yang berbeda. Pola yang dijumpai pada stratovulkano adalah mengelompok pada kaki vulkan sedangkan kompleks vulkan bersifat acak. Berbagai aspek geomorfologi sangat berpengaruh terhadap pola sebaran mata air, antara lain morfologi, material, proses geomorfik, dan stadium. Karakteristik hidrologis mata air sangat bervariasi. Berbagai aspek geomorfologis juga berpengaruh terhadap kualitas air antara lain material (litologi), proses vulkanisme yang berlangsung, bahkan proses dan stadium denudasi yang telah berjalan lanjut. (2) Persebaran permukiman pada bentuklahan vulkanik lebih kompleks daripada persebaran mata air. Pada bentuklahan stratovulkano terdapat pola permukiman yang mengelompok, acak, dan menyebar. Sementara itu kompleks vulkan memiliki pola mengelompok. (3) human-volcano system yang ada di daerah penelitian bukan karakteristik permukiman yang dekat dengan mata air dan pola sebarannya mengikuti mata air tetapi dalam bentuk kearifan lokal pemanfaatan mata air.

Kata kunci: Bentuklahan vulkanik, permukiman, mata air

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bentanglahan vulkanik merupakan salah satu wilayah yang banyak ditempati oleh penduduk dunia sejak masa lampau. Berbagai situs peninggalan peradaban masa lampau termasuk berkembangnya mitos dan legenda mengenai vulkan menunjukkan bahwa penghunian masyarakat telah berlangsung lama pada wilayah ini. Degroot (2009) menunjukkan candi-candi di Jawa Tengah yang dibangun antara tahun 650 hingga 900 sebagian diantaranya terletak pada satuan bentuklahan kaki gunungapi. Hal ini berkaitan dengan kepercayaan masyarakat mengenai vulkan. Demikian pula berkembangnya berbagai mitos dan perilaku yang diceritakan dan diajarkan secara turun temurun, seperti yang terdapat pada masyarakat di wilayah Vulkan Merapi (Donovan, 2010; Setyawati et al., 2015), Sumbing, Sindoro, Dieng (Franck Lavigne et al., 2008), dan Bromo (Bachri et al., 2015). Pada saat ini lebih dari setengah milyar orang hidup disekitar gunungapi. Di Indonesia sendiri sekitar 3,3 juta orang tinggal di daerah yang dikategorikan sebagai daerah vulkanik (Bachri et al., 2015).

Bencana erupsi vulkan aktif memang telah banyak memberikan dampak negatif bagi kehidupan masyarakat. Namun demikian, banyaknya potensi sumberdaya alam menjadi pendorong manusia dalam bertempat tinggal di wilayah vulkanik (Sutikno et al., 2007). Kelman dan Mather (2008) menjelaskan bahwa tanah pertanian yang subur dan pasokan air yang banyak merupakan dua sumberdaya utama yang banyak menjadi penarik bagi manusia untuk tinggal di wilayah vulkan. Sejarah menunjukkan bahwa manusia tetap hidup bersama vulkan aktif meskipun berulang kali terjadi bencana yang bersifat merusak (Cashman & Cronin, 2008). Bahkan dari hasil pengenalannya terhadap karakteristik vulkan, manusia membentuk sistem sendiri untuk menghadapi bencana erupsi (S. Andreastuti et al., 2019; Kitagawa, 2015). Dampak negatif akibat bencana erupsi dirasakan hanya untuk periode singkat. Setelahnya, masyarakat justru dapat memperoleh banyak peluang dari hasil erupsi. Masyarakat di Vulkan Bromo, misalnya, tidak hanya menghadapi konsekuensi negatif, tetapi juga menikmati manfaat dan peluang dari sifat fisik, spiritual, dan sosial-budaya yang muncul dalam sistem manusia-vulkanik (Bachri et al., 2015). Selain itu antara manusia dan gunung berapi juga terdapat hubungan budaya dan ekonomi yang sudah berlangsung lama (Marín et al., 2020). Sistem manusia-vulkan saat ini banyak mendapatkan perhatian (Riede, 2016).

Periode penghunian manusia pada bentanglahan vulkanik yang telah berlangsung lama memungkinkan terjadinya interaksi antara manusia dengan lingkungan. Sebagai hasil dari

pengenalan manusia terhadap lingkungannya dapat terbentuk ciri kehidupan masyarakat yang spesifik di wilayah bentanglahan vulkanik. Perkembangan permukiman merupakan salah satu contoh aspek dalam kehidupan masyarakat sebagai hasil interaksi antara manusia dengan lingkungannya. Bentanglahan vulkanik memiliki karakteristik morfologi yang spesifik. Variasi morfologi ini dapat mempengaruhi masyarakat dalam menentukan lokasi permukiman. Kondisi morfologi yang bervariasi juga menentukan persebaran sumberdaya yang tentunya juga menjadi pertimbangan dalam memilih lokasi permukiman. Dengan kata lain, persebaran sumberdaya alam vulkanik akan berpengaruh pula terhadap pola sebaran permukiman yang terdapat di wilayah ini. Bukti-bukti permukiman kuno yang terdampak erupsi seperti di Pompeii (Aucelli et al., 2017) dan Liyangan (Riyanto, 2015; Tanudirjo et al., 2019) menunjukkan penghunian di wilayah vulkanik telah berkembang sejak masa lampau. Pada saat ini dengan jumlah penduduk yang semakin banyak area permukiman di wilayah vulkanik tentu semakin berkembang dan tersebar luas.

Pulau Jawa merupakan wilayah dengan tingkat vulkanisme tertinggi di Indonesia. Verstappen (2013) menjelaskan terdapat tiga wilayah vulkanik di Indonesia, dimana Pulau Jawa merupakan bagian yang paling aktif dengan tingkat kejadian erupsi mencapai 47% dari seluruh erupsi total di Indonesia. Keterangan ini sekaligus juga menunjukkan bahwa vulkan, bersama dengan pegunungan, merupakan bentanglahan yang dominan diantara berbagai bentanglahan yang ada di Pulau Jawa (Hadmoko et al., 2017). Sebagai bentanglahan yang penting di Pulau Jawa, pengaruh bentanglahan vulkanik dalam kehidupan masyarakat sangat besar. Bachri et al (2015) menunjukkan bahwa 120 juta penduduk di Pulau Jawa sebenarnya hidup di bawah bayang-bayang 30 vulkan aktif. Lebih lanjut, Verstappen (2013) menjelaskan bahwa di Indonesia terdapat empat tipe bentanglahan vulkan. Tipe vulkan yang berbeda mempunyai morfologi dan kondisi lingkungan yang berbeda pula khususnya terkait dengan persebaran sumberdaya dan bahayanya. Kondisi ini diduga juga berpengaruh terhadap pola persebaran permukiman penduduknya.

Keberadaan sumberdaya air sebagai salah satu sumberdaya utama pendukung kehidupan juga diketahui berpengaruh terhadap persebaran permukiman. Studi yang dilakukan oleh Ashari (2014) di lereng timur Vulkan Sindoro menunjukkan bahwa persebaran situs arkeologi yang merepresentasikan permukiman masa lampau ternyata mengikuti persebaran sumber mata air yang membentuk pola sabuk mata air vulkanik. Menarik untuk diketahui apakah pola persebaran mata air juga berkorelasi dengan persebaran permukiman pada masa sekarang di bentanglahan vulkanik. Bentanglahan vulkan yang berbeda tipe memiliki pola persebaran mata air yang berbeda pula. Hasil studi yang dilakukan oleh Santosa

(2006), Ashari (2014), Aurita dan Purwantara (2017), serta Ratih et al (2018) menunjukkan bahwa perkembangan morfologi pada bentanglahan vulkanik berpengaruh terhadap pola persebaran mata airnya. Perlu ditelusuri lebih lanjut adanya kemungkinan keterkaitan antara pola persebaran mata air dengan persebaran permukiman pada berbagai tipe vulkan di Pulau Jawa. Studi ini bertujuan untuk menganalisis pola sebaran mata air dan pola sebaran permukiman di bentanglahan vulkanik Jawa Tengah, beserta kemungkinan interrelasi diantara keduanya. Studi ini memberikan alternatif informasi mengenai pola sebaran mata air dan permukiman pada berbagai tipologi vulkan, berdasarkan temuan dari studi di wilayah vulkanik Jawa Tengah.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk:

1. Menganalisis pola sebaran dan karakteristik hidrologis mata air pada bentanglahan vulkanik Jawa Tengah
2. Menganalisis pola sebaran permukiman pada bentanglahan vulkanik Jawa Tengah
3. Menganalisis *human-volcano system* berdasarkan indikator pola sebaran mata air dan permukiman

C. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam menemukan informasi alternatif mengenai pola sebaran permukiman dan mata air pada berbagai tipologi bentanglahan vulkanik di Jawa Tengah, serta kemungkinan adanya keterkaitan diantara kedua hal tersebut. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru mengenai pola sebaran pola sebaran mata air pada landform stratovulkano dan kompleks vulkan di wilayah beriklim tropis basah. Studi mata air vulkanik telah banyak dilakukan di seluruh dunia. Namun demikian, berbagai studi yang dipublikasikan dalam jurnal internasional bereputasi tinggi kebanyakan masih terfokus pada studi mengenai kualitas air mata air. Sebaliknya, studi mengenai pola sebaran mata air dibawah pengaruh berbagai aspek geomorfologis belum banyak dilakukan. Dengan demikian diharapkan penelitian ini dapat memberikan sumbangan temuan baru mengenai pengaruh diversitas aspek-aspek geomorfologi yaitu struktur, proses, stadium, dan material, terhadap pola sebaran mata air.

Selain manfaat teoritis tersebut, studi ini diharapkan dapat memberikan manfaat praktis berupa informasi sebaran unit permukiman yang dapat dimanfaatkan dalam pembangunan wilayah. Selain itu studi ini juga menginventarisasi potensi sumber mata air, sehingga

bermanfaat sebagai sumber referensi dalam pengelolaan sumberdaya alam di wilayah vulkanik. Selain menghasilkan informasi yang dapat bermanfaat sebagai referensi pengambilan kebijakan dalam pembangunan wilayah, penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat dalam menghasilkan luaran bahan ajar untuk beberapa mata kuliah terkait, antara lain:

1. Geomorfologi, khususnya mengenai berbagai aspek geomorfologi yang mempengaruhi sebaran mata air
2. Hidrologi, khususnya dalam studi kuantitas dan kualitas air
3. Penginderaan jauh, yaitu dalam pemanfaatan teknik penginderaan jauh untuk pengumpulan data geomorfologis
4. Sistem informasi geografis, khususnya dalam implementasi berbagai teknik analisis average nearest neighbour dan overlay
5. Geografi perdesaan, khususnya mengenai pola sebaran permukiman pada bentanglahan vulkanik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. State of the Art

Studi mengenai sebaran mata air pada bentanglahan vulkanik telah banyak dilakukan oleh para penulis terdahulu. Simoen (2001) telah lama mencetuskan adanya pola sebaran mata air yang khas pada bentuklahan stratovulkano. Pola sebaran ini berbentuk melingkar di sekeliling kerucut vulkan sehingga nampak sebagai sabuk mata air atau disebut sebagai *volcanic springbelt*. Pola yang melingkar sesuai dengan bentuk kerucut stratovulkano sebenarnya tidak terlepas dari karakteristik morfologi stratovulkano sendiri. Stratovulkano terbentuk dari serangkaian hasil erupsi yang berselang-seling antara efusif dengan eksplosif dengan deposisi material lava dan piroklastik (Arbogast, 2011; Pramono & Ashari, 2014). Dari hasil aktivitas vulkanik tersebut, terbentuk morfologi kerucut berlereng cekung yang dibatasi oleh tekuk lereng. Masing-masing tekuk lereng merupakan batas dari unit morfologi yang lebih kecil. Verstappen (2013) menjelaskan terdapat tiga unit morfologi pada kerucut stratovulkano. Bagian paling atas terbentuk oleh pengendapan lava, bagian tengah oleh pengendapan material piroklastik, dan bagian bawah oleh pengendapan lahar. Tekuk lereng sebagai pembatas antar unit bentuklahan tersebut menyebabkan terpotongnya akuifer sehingga membentuk mata air (Simoen, 2001).

Santosa (2006) telah melakukan studi persebaran spasial mata air di sebagian wilayah Vulkan Lawu, Jawa Tengah. Studi ini telah memperoleh hasil berupa pola persebaran mata air yang berkaitan dengan karakteristik bentuklahan vulkanik, termasuk modifikasinya oleh proses geomorfik-eksogenik. Dalam studi ini ditemukan bahwa pola persebaran sebagian bersifat teratur dan sebagian lainnya bersifat tidak teratur. Pola yang teratur berada pada bagian vulkan muda sementara pola tidak teratur pada bagian vulkan tua. Hal ini disebabkan oleh karena semakin tua morfologi vulkan maka proses geomorfik yang berupa erosi dan gerakan massa semakin banyak terjadi. Proses ini menyebabkan perubahan kedudukan mata air dari posisi semula. Dengan demikian, pada suatu vulkan yang mengalami perkembangan secara bertahap akan terdapat bagian muda dan bagian tua. Persebaran mata air pada bagian muda relatif teratur dan sebaliknya pada bagian vulkan tua relatif tidak teratur.

Temuan Santosa (2006) di Vulkan Lawu, yang menunjukkan pola sebaran mata air tidak teratur di bagian vulkan tua, ternyata juga terkonfirmasi oleh hasil studi Ashari dan Widodo (2019) di bagian baratdaya Vulkan Merbabu. Sebagai vulkan yang tidak mengalami aktivitas dalam waktu lama, Merbabu cenderung banyak dipengaruhi oleh proses denudasi akibat

bekerjanya proses eksogen. Pada lereng bawah dan kaki vulkan ini banyak berkembang torehan lembah radial. Pola sebaran mata air pada vulkan ini pada dasarnya masih dapat diidentifikasi sebagai sabuk mata air. Terdapat beberapa sabuk mata air yang muncul pada bagian tekuk lereng. Namun demikian, oleh karena pengaruh proses denudasi, maka kedudukan mata air telah banyak mengalami pergeseran. Lokasi mata air pada bagian pendalaman lembah cenderung bergeser lebih ke hulu. Sebaliknya pada bagian yang mengalami deposisi material hasil gerakan massa lokasi mata air dapat bergeser ke arah bawah.

Situasi yang jelas berbeda ditemukan oleh Ratih dkk (2018) di sisi selatan Vulkan Merapi. Sebagai bagian vulkan aktif yang lebih terpengaruh oleh erupsi daripada proses denudasi, sebaran mata air di wilayah ini nampak jelas sebagai pola sabuk mata air yang ideal. Persebaran mata air relatif teratur dan melingkar di sepanjang tekuk lereng, terutama pada perbatasan antara lereng dengan kaki gunungapi dan perbatasan antara kaki dengan dataran kaki gunungapi. Menariknya, tidak sedikit pula mata air yang hilang atau tidak muncul kembali akibat tertimbun oleh material hasil erupsi. Aktivitas vulkanisme yang kuat ternyata dapat menyebabkan lenyapnya mata air dengan debit yang kecil. Disisi lain terjadi pula pemunculan mata air baru pada zona tekuk lereng yang sama.

Pemotongan akuifer pada kaki stratovulkano tidak hanya terjadi pada bagian tekuk lereng, namun dapat pula terjadi akibat pendalaman lembah. Pemotongan akuifer pada pendalaman lembah ini juga dapat menyebabkan pemunculan mata air. Oleh karena itu mata air akan banyak muncul dan tersebar di sepanjang lembah sungai. Lembah sungai di kaki stratovulkano bersifat radial atau menyebar ke berbagai arah secara sentrifugal. Pemunculan mata air yang terjadi pada lembah akan membentuk pola sebaran radial sesuai dengan pola lembahnya. Hal inilah yang ditemukan oleh Aurita dan Purwantara (2017) dalam studinya di sisi barat Vulkan Merapi. Lembah-lembah yang telah terbentuk juga akan membentuk pola sebaran unik secara radial. Kondisi ini semakin banyak dijumpai pada satuan morfologi dataran kaki vulkan. Wardoyo dan Khotimah (2021) menjumpai situasi yang relatif sama. Pada vulkan yang tidak aktif dan banyak terdampak oleh proses eksogen, pola sebaran mata air ini semakin banyak dijumpai. Hal ini karena vulkan yang tidak aktif banyak mengalami denudasi oleh proses eksogen sehingga lembah semakin banyak berkembang dan semakin dalam. Pada akhirnya pemunculan mata air juga cenderung banyak berkembang pada lembah ini. Disisi lain, studi ini juga menemukan bahwa pada bagian vulkan tua dengan batuan impermeabel yang dangkal, pemunculan mata air jarang dijumpai.

Studi pola sebaran mata air dalam kaitannya dengan kehidupan manusia telah dilakukan oleh Ashari (2014) di sisi timur Vulkan Sindoro. Studi ini menemukan sebaran mata air dengan pola melingkar yang membentuk sabuk mata air. Studi ini juga memperoleh fakta yang menarik yaitu keberadaan situs arkeologi yang selalu terletak tidak terlalu jauh dari mata air. Situs arkeologi ini berupa candi, bangunan pemujaan, bahkan desa kuno Liyangan, yang menunjukkan adanya permukiman penduduk pada masa lampau. Keberadaan situs arkeologi di dekat sumber mata air menunjukkan adanya kecenderungan penduduk masa lampau untuk membangun permukiman di area tekuk lereng yang banyak terdapat pemunculan mata air. Selain sebagai sumber kebutuhan pokok untuk kehidupan manusia, pendirian permukiman dan bangunan pemujaan dekat dengan sumber mata air juga berkaitan dengan kepercayaan masyarakat pada masa itu. Berbagai studi diatas memberikan inspirasi sekaligus landasan teori bagi penelitian yang akan dilakukan. Temuan Ashari (2014), sebagai contoh, menunjukkan bahwa pada masa lampau masyarakat cenderung membangun permukiman dekat dengan sumberdaya air. Pada masa sekarang jumlah penduduk jauh lebih banyak dan permukiman penduduk di sekitar vulkan juga lebih berkembang dan tersebar. Studi yang membahas tentang permukiman penduduk dalam kaitannya dengan pola sebaran mata air tentu masih relevan untuk dilakukan. Permintaan terhadap sumberdaya air pada masa modern lebih banyak dan lebih bervariasi. Disisi lain hingga saat ini mata air masih menjadi sumber air bersih yang diandalkan untuk memenuhi kebutuhan penduduk di sekitar vulkan. Agar sumber air dari mata air di wilayah vulkan dapat dimanfaatkan secara optimal, diperlukan inventarisasi mata air yang meliputi informasi lokasi, sebaran, debit, serta kualitas air.

Mengacu kepada berbagai studi terdahulu yang telah dilakukan, penelitian mengenai pola sebaran mata air dapat dilakukan dengan pendekatan spasial. Subyek penelitian adalah unit morfologi vulkan yang secara spesifik perlu difokuskan pada area dimana terjadi pemotongan akuifer (Ashari & Widodo, 2019; Aurita & Purwantara, 2017; Ratih et al., 2018). Proses geomorfik oleh tenaga eksogen juga sangat penting untuk diperhatikan karena berpengaruh terhadap lokasi mata air (Ashari & Widodo, 2019; Santosa, 2006). Litologi dan stratigrafi batuan juga sangat penting untuk diperhatikan karena menentukan keberadaan mata air dan sebarannya. Pengalaman dari studi yang dilakukan oleh Wardoyo dan Khotimah (2021) yang membandingkan antara Merapi sebagai vulkan aktif dan Merbabu sebagai vulkan tidak aktif, justru lebih banyak menemukan mata air di Merbabu daripada Merapi. Hal ini karena area Merapi yang diteliti merupakan bagian Merapi Tua dengan akuifer yang sangat tipis diatas batuan yang impermeabel. Temuan ini memberikan referensi bahwa analisis potensi sumberdaya air vulkanik, khususnya pemunculan mata air, tidak cukup hanya

memperhatikan tingkat aktivitas vulkan tersebut. Kronologi aktivitas vulkan yang berdampak pada variasi jenis dan usia batuan penting untuk diperhatikan karena nyatanya potensi sumberdaya air pada suatu stratovulkano tidak selalu sama di seluruh bagiannya.

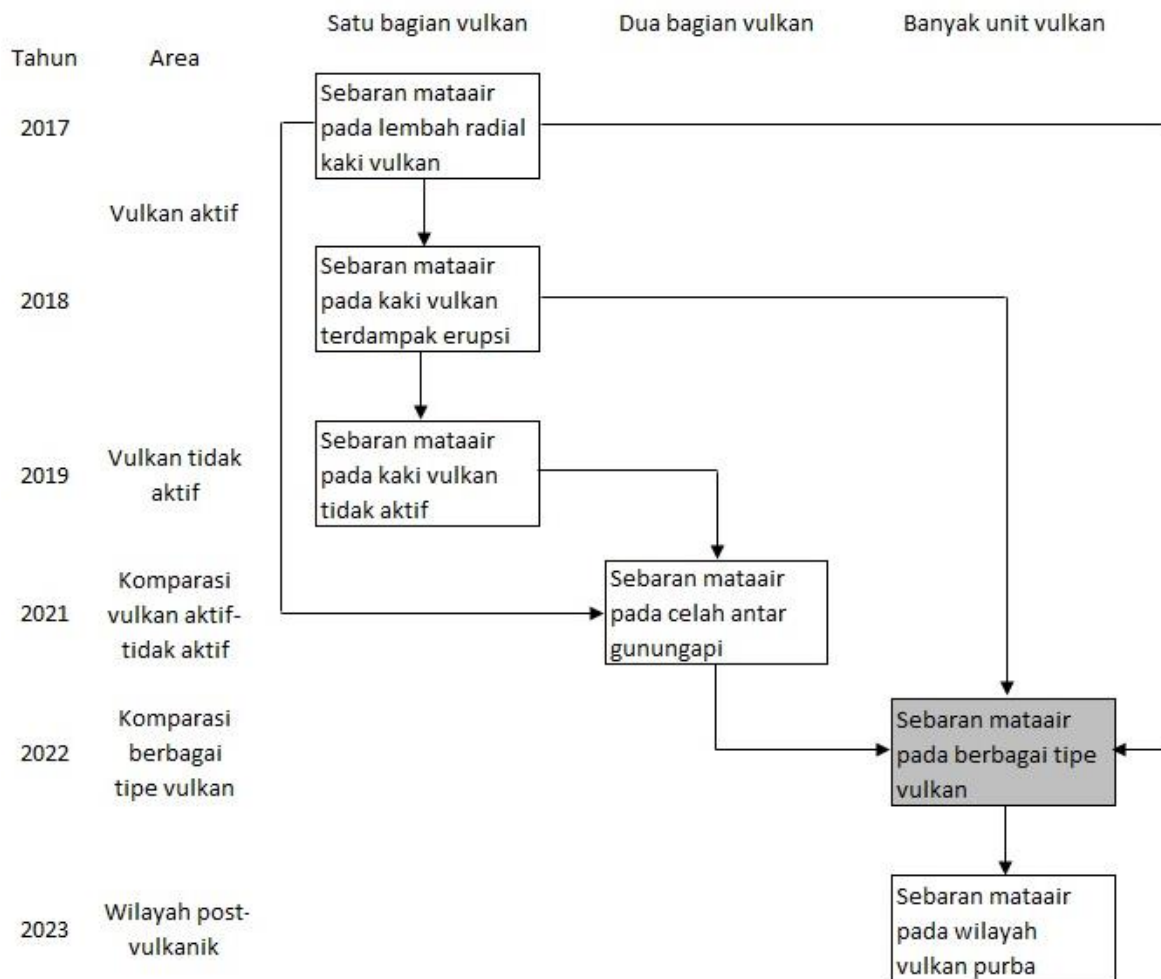
B. Roadmap Penelitian

Penelitian terdahulu mengenai pola persebaran spasial pada bentanglahan vulkanik telah banyak dilakukan. Pola persebaran spasial yang telah banyak dikaji dalam penelitian terdahulu terutama adalah persebaran mata air pada bentanglahan vulkanik. Dibandingkan dengan penelitian terdahulu, penelitian yang akan dilakukan ini mengembangkan analisis persebaran spasial tidak hanya terbatas pada mata air tetapi juga pola persebaran spasial permukiman penduduk. Selain itu dalam penelitian ini juga akan dilakukan analisis untuk mengetahui adanya hubungan antara pola persebaran spasial mata air dengan permukiman. Daerah penelitian juga lebih luas dibanding penelitian sebelumnya, mencakup berbagai tipe gunungapi di Jawa Tengah yang terlebih dahulu akan ditentukan tipologinya. Penelitian terdahulu banyak memberikan kontribusi bagi penelitian ini antara lain memberikan gambaran awal studi persebaran spasial di daerah vulkan, karakteristik bentanglahan vulkanik dan perkembangan morfologinya, serta metode dalam menganalisis pola persebaran spasial menggunakan SIG.

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan luaran berupa temuan tipologi pola persebaran spasial permukiman dan mata air pada bentanglahan vulkanik di Pulau Jawa. Lebih lanjut pada masa mendatang penelitian ini diharapkan dapat dilanjutkan dengan studi mengenai pengaruh dinamika geomorfologis pada bentanglahan vulkanik terhadap persebaran permukiman dan mata air. Penelitian ini juga dapat dilanjutkan dengan studi mengenai penataan ruang kawasan dengan memperhatikan pola persebaran permukiman dan mata air, serta studi mengenai pengembangan model pemanfaatan dan pelestarian sumberdaya air pada bentanglahan vulkanik.

Sebagai roadmap penelitian, anggota tim peneliti juga telah melakukan studi pada topik ini, antara lain Ashari (2014) di sisi timur Vulkan Sindoro, Aurita dan Purwantara (2017) di sisi barat Vulkan Merapi, Ratih et al (2018) di sisi selatan Vulkan Merapi, Ashari dan Widodo (2019) di lereng baratdaya Vulkan Merbabu, serta Wardoyo dan Khotimah (2021). Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh tim peneliti memberikan landasan bagi penelitian ini, menyediakan data sekunder, serta memberikan referensi teori dan teknis pelaksanaan penelitian. Penelitian ini juga merupakan tindak lanjut dari penelitian sebelumnya yang

diharapkan dapat memperoleh capaian temuan yang lebih besar. Roadmap penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Roadmap penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif-eksploratif yang bertujuan untuk menjelaskan gejala-gejala yang dijumpai secara terperinci. Terkait dengan populasinya penelitian ini merupakan penelitian sampling yang menggunakan sebagian anggota populasi untuk menggali karakter populasi secara keseluruhan. Terkait dengan karakteristik objeknya penelitian ini merupakan penelitian survei yang dicirikan dengan penggunaan lembar observasi dalam survei terencana, terkait dengan analisisnya penelitian ini menggunakan metode campuran antara kualitatif dengan kuantitatif. Penelitian ini menggunakan pendekatan geografi yaitu pendekatan kompleks wilayah. Pendekatan ini digunakan untuk mendeskripsikan persebaran spasial fenomena yang terbentuk sebagai hasil interaksi antara manusia dengan lingkungan. Penelitian ini juga menggunakan tema-tema geografi dalam menganalisis permasalahan yaitu location, place, human-environment interaction, movement, region, dan landform.

B. Subyek dan Obyek Penelitian

Subyek dalam penelitian ini adalah bentanglahan vulkanik di Jawa Tengah sedangkan obyek penelitian ini adalah persebaran permukiman dan mata air pada bentanglahan vulkanik tersebut. Bentanglahan vulkanik di Jawa Tengah memiliki sebaran yang luas. Studi ini akan difokuskan pada unit stratovulkano Merapi, Merbabu, Sumbing, Sindoro, serta Dieng Volcanic Complex. Untuk menemukan lokasi mata air dilakukan survei dengan metode sistematis sampling. Metode ini dilakukan dengan membagi daerah penelitian ke dalam sistem grid yang mewakili luasan area tertentu. Area yang dimaksud adalah setiap unit bentanglahan vulkanik yang mewakili masing-masing tipe dari tipologi vulkan yang telah ditentukan sebelumnya.

C. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan observasi, interpretasi citra penginderaan jauh, studi pustaka, dan dokumentasi. Observasi dilakukan untuk memperoleh data mengenai (1) lokasi permukiman, (2) lokasi mata air, (3) kuantitas dan kualitas air mata air, dan (4) kondisi geologis dan geomorfologis yang mempengaruhi persebaran permukiman dan mata air. Interpretasi citra penginderaan jauh untuk memperoleh data mengenai lokasi permukiman. Perolehan data dilakukan dengan mengidentifikasi objek yang nampak sebagai permukiman.

Untuk mengantisipasi kesalahan dalam interpretasi, metode ini juga didukung dengan metode dokumentasi menggunakan Peta Rupabumi Indonesia. Dokumentasi dilakukan untuk memperoleh data dari sumber yang berupa dokumen antara lain: (1) Peta Rupabumi Indonesia, digunakan untuk memperoleh data mengenai lokasi permukiman dan penggunaan lahan, (2) Peta geologi, digunakan untuk memperoleh data mengenai kondisi geologis daerah penelitian. Studi pustaka dilakukan untuk mendapatkan data mata air dari publikasi penelitian terdahulu yang dilakukan oleh tim peneliti. Hubungan antara jenis data, metode pengumpulan data, dan instrumen/sumber data ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. jenis data, metode pengumpulan data, dan instrumen/sumber data

No	Jenis data	Metode pengumpulan data	Instrumen/sumber data
1	Unit permukiman	Dokumentasi	Peta Rupabumi Indonesia
		Observasi	GPS, kamera digital, lembar observasi
2	Lokasi mataair	Observasi	GPS, kamera digital, lembar observasi
		Studi Pustaka	Aurita dan Purwantara (2017) Ratih et al (2018) Ashari dan Widodo (2019) Wardoyo dan Khotimah (2021)
3	Debit dan kualitas air mata air	Observasi	Botol sampel, Multiparameter meter, pH meter, TDS-EC meter
		Studi Pustaka	Aurita dan Purwantara (2017) Ratih et al (2018) Ashari dan Widodo (2019) Wardoyo dan Khotimah (2021)
4	Kondisi geologis dan geomorfologis sekitar mata air	Observasi	GPS, Abney level, lembar observasi, kompas geologi, roll meter, kamera digital
		Interpretasi citra penginderaan jauh	Citra Landsat

D. Teknik Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis sistem informasi geografis (SIG), analisis statistik, didukung dengan analisis deskriptif. Analisis SIG dilakukan untuk mengidentifikasi pola sebaran mata air dan permukiman pada masing-masing unit bentuklahan vulkanik. Analisis SIG dilakukan dengan menggunakan teknik average nearest neighbour berbantuan perangkat lunak ArcGIS. Tipe persebaran ditunjukkan oleh nilai tetangga terdekat yang diperoleh dari hasil analisis. Nilai tetangga terdekat diperoleh dari

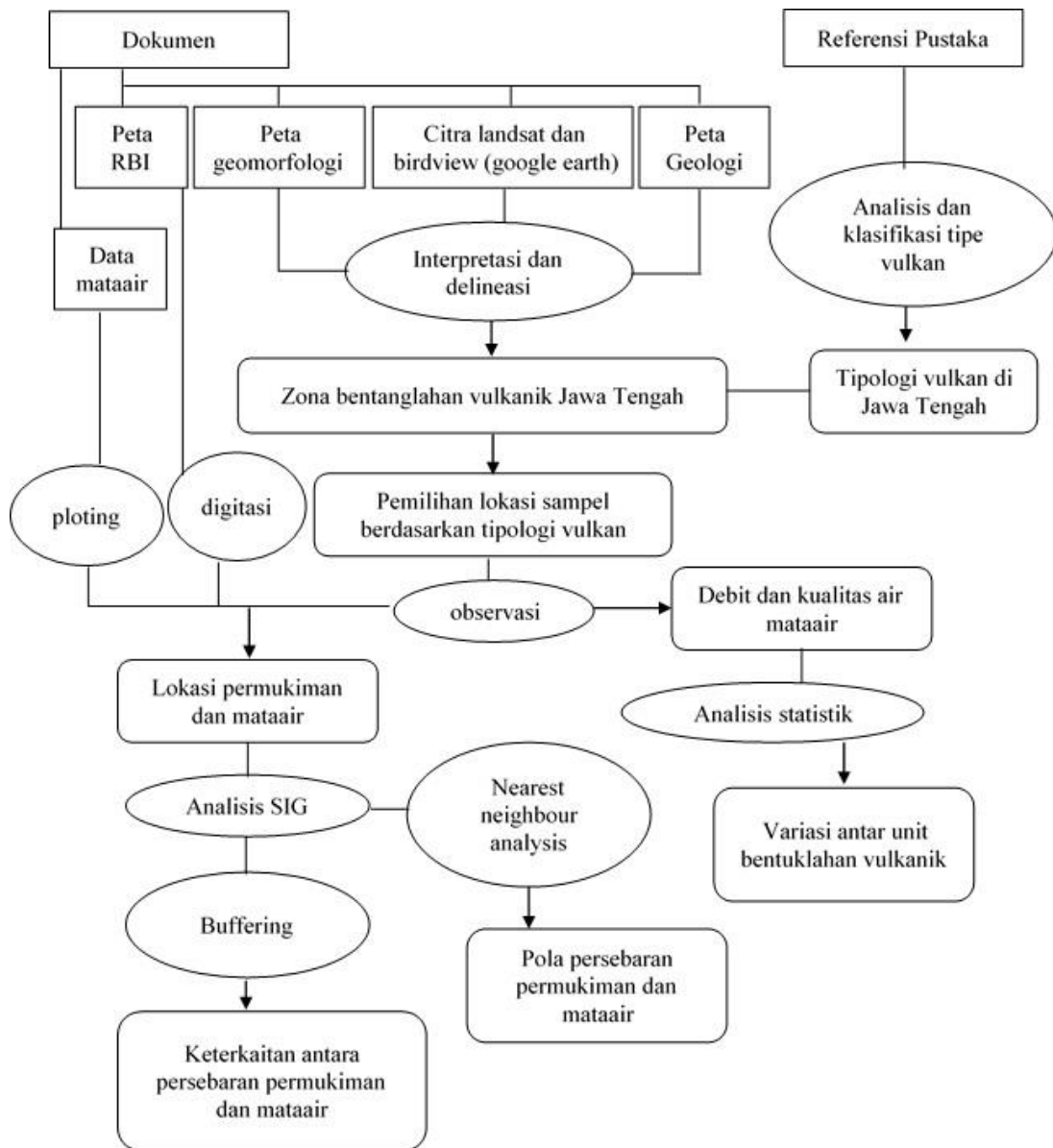
perbandingan nilai rerata observasi dengan nilai rerata ekspektasi, dengan nilai *z-score* sebagai indikator dalam penentuan jenis pola. Terdapat tiga jenis pola persebaran, yaitu mengelompok, seragam, dan acak. Jika nilai *z-score* negatif (-) maka pola persebaran mengelompok (*clustered*), jika nilai *z-score* yang semakin besar dan positif (+) maka pola persebaran seragam (*dispersed*), dan jika nilai *z-score* 0 atau mendekati 0 maka pola persebaran acak (*random*) (Aurita dan Purwantara, 2017). Analisis SIG juga dilakukan dengan teknik buffering untuk mengidentifikasi jarak dari mata air ke berbagai permukiman. Analisis statistik digunakan untuk menguji perbedaan kuantitas dan kualitas air antar berbagai unit bentuklahan vulkanik. Analisis dilakukan dengan independet sample t-test dan ANAVA.

E. Sistematika Penelitian

Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi bentuklahan vulkanik Jawa Tengah. Identifikasi dilakukan dengan metode interpretasi citra penginderaan jauh serta dokumentasi. Interpretasi citra penginderaan jauh dilakukan dengan mendelineasi kenampakan pada citra yang mencirikan bentanglahan vulkanik. Sementara itu dokumentasi dilakukan untuk memperoleh gambaran wilayah bentanglahan vulkanik dari Peta Geologi dan Peta Geomorfologi. Kenampakan yang mencirikan bentuklahan vulkanik pada peta geologi dan geomorfologi kemudian didelineasi. Hasil yang diperoleh dari interpretasi citra penginderaan jauh digabungkan dengan hasil delineasi peta geologi dan geomorfologi.

Selain mengidentifikasi daerah bentanglahan vulkanik melalui pemetaan, juga dilakukan identifikasi tipe vulkan di Indonesia berdasarkan informasi dari publikasi terdahulu. Terdapat beberapa publikasi terdahulu yang menjelaskan tentang tipe vulkan di Indonesia misalnya Verstappen (2013) dan Pratomo (2006). Klasifikasi vulkan di Indonesia yang pernah dibuat oleh peneliti terdahulu dapat dikombinasikan untuk memperoleh tipologi vulkan di Indonesia. Tipologi vulkan ini dijadikan sebagai dasar penentuan daerah penelitian dan pengambilan sampel.

Setelah ditentukan batasan daerah penelitian dan sampel, selanjutnya dilakukan pengumpulan data mengenai unit-unit permukiman dan lokasi-lokasi mata air yang ada di daerah penelitian. Pengumpulan data unit permukiman menggunakan metode interpretasi citra penginderaan jauh, dokumentasi dari Peta Rupabumi Indonesia (RBI), serta observasi lapangan. Sementara pengumpulan data lokasi mata air diperoleh dari observasi lapangan dan dokumentasi data sekunder. Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis untuk menjawab permasalahan penelitian. Tahap-tahap langkah penelitian ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Sistematika Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Unit Bentuklahan Vulkanik di Daerah Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bentanglahan vulkanik Jawa Tengah. Mengacu kepada teori klasik mengenai pembagian geomorfologi Pulau Jawa oleh Pannekoek (1949), batasan wilayah Jawa Tengah dimulai dari garis khayal yang menghubungkan Cirebon dengan Pangandaran di sebelah barat hingga garis khayal yang menghubungkan Semarang dengan Parangtritis di sebelah timur. Wilayah vulkanik Jawa Tengah terletak sedikit ke arah utara dan merupakan anomali dari wilayah vulkanik Pulau Jawa pada umumnya yang menempati bagian tengah pulau (Pannekoek, 1949; Zaennudin, 2010). Berbagai unit bentuklahan vulkanik tersebar luas di Jawa Tengah mulai dari Stratovulkano Slamet dan beberapa kerucut sinder di bagian barat, Kompleks Vulkan Dieng, unit stratovulkano besar yaitu Sundoro, Sumbing, Merbabu, dan Merapi, serta stratovulkano yang lebih kecil yaitu Telomoyo dan Ungaran. Berbagai unit bentuklahan vulkanik ini, kecuali Vulkan Slamet, berkembang pada pola kelurusan yang menunjukkan pengaruh tektonisme dalam perkembangan bentuklahan vulkanik di Jawa Tengah (Verstappen, 2013).

Diantara berbagai unit bentuklahan vulkanik yang ada di Jawa Tengah, studi ini dibatasi pada empat stratovulkano dan satu kompleks vulkan, untuk mewakili berbagai unit yang ada (Gambar 3). Keempat stratovulkano tersebut adalah Merapi, Merbabu, Sumbing, dan Sundoro. Sedangkan Kompleks Vulkan Dieng merupakan satu-satunya kompleks vulkan di Jawa Tengah yang juga digunakan dalam studi ini. Masing-masing unit bentuklahan vulkanik dalam studi ini memiliki keragaman kondisi geologis, geomorfologis, iklim, penggunaan lahan, dan penduduk. Deskripsi dari masing-masing unit bentuklahan vulkanik yang dipilih dalam studi ini adalah sebagai berikut.

1. Vulkan Merapi

Vulkan Merapi di Jawa Tengah merupakan salah satu vulkan yang paling aktif di dunia berdasarkan intensitas letusannya, bahkan termasuk vulkan yang paling aktif selama holosen (Ashari et al., 2021; F Lavigne et al., 2000; Sudradjat et al., 2011). Letusan Merapi diketahui telah terjadi sejak 3000 tahun yang lalu, diantaranya terdapat 11 letusan besar (Supriati Dwi Andreastuti et al., 2006). Aktivitas Vulkan Merapi ditandai oleh perulangan antara eksplosif dan efusif serta penghancuran diri. Aktivitas efusif ditandai oleh leleran lava dan pembentukan kubah lava yang menghasilkan *nuees ardentes d'avalanche* tipe Merapi, sedangkan aktivitas eksplosif ditandai dengan aliran piroklastika (Sudradjat et al., 2011).

Para ahli menyebut awan panas ini sebagai Tipe Merapi karena sifatnya yang khas. Dalam aktivitasnya, Vulkan Merapi menghasilkan awan panas rata-rata mencapai jarak 4-5 km. Pada tahun 1930 dan 1961 terjadi letusan besar yang menghasilkan awan panas dengan jarak 12 km ke arah barat daya. Tipe letusan Merapi yang berupa luncuran awan panas diperkirakan mulai intensif sejak tahun 1800an. Adapun Tipe letusan plinian yang menghasilkan kolom letusan vertikal setinggi 10 km juga pernah terjadi antara lain pada beberapa peristiwa letusan besar yang jejak-jejaknya dapat dijumpai pada bagian utara lereng Merapi (Supriati Dwi Andreastuti et al., 2006). Gertisser et al (2012) dalam studinya menunjukkan bahwa aktivitas Merapi telah terjadi lebih dari 80 kali antara tahun 1500 hingga 2010. Intensitas letusan semakin meningkat sejak tahun 1750 dengan letusan terbesar skala VEI-4 terjadi pada 1872 dan 2010.

Newhall (2000) menjelaskan bahwa aktivitas Merapi telah berlangsung dalam kurun waktu 10.000 tahun. Perkembangan Vulkan Merapi diawali dari pertumbuhan dan penghancuran Proto Merapi, yaitu terbentuknya Gunung Plawangan dan Gunung Turgo. Bukit-bukit ini diduga merupakan sisa-sisa erosi tinggi dari kerucut Merapi paling awal, yang disebut sebagai Proto-Merapi. Tahap kedua adalah pembentukan Merapi Tua. Ciri khas Merapi Tua yang paling menonjol adalah somma yang terbuka ke barat daya. Morfologi ini mirip dengan somma di vulkan lain yang terbentuk akibat runtuhnya stratovolcano secara masif. Bronto et al (2014) telah melakukan studi secara khusus untuk mengungkap peristiwa ini dan menemukan bahwa runtuhannya struktur kerucut Merapi Tua tersebar luas di sisi selatan dan baratdaya. Peristiwa penting lain pada periode Merapi Tua menurut Newhall et al (2000) adalah pembentukan Gunung Bibi, sebuah bukit kecil berbentuk kerucut atau kubah yang terletak tinggi di sisi timur laut Merapi Tua. Temuan studi ini menunjukkan perbedaan dengan publikasi terdahulu yang berpendapat bahwa Gunung Bibi merupakan bagian tertua yang termasuk dalam kelompok Pra-Merapi. Periode terakhir adalah pembentukan Merapi Muda atau Merapi Baru, yang terjadi segera setelah runtuhnya Merapi Tua. Pembentukan Merapi Muda ditandai oleh terbentuknya kerucut baru yang terletak agak ke arah barat daya dari somma rim Merapi Tua (Newhall et al, 2000), Merapi, dicirikan oleh kawah puncak yang menembus ke barat daya dan ditempati oleh kubah lava yang tidak stabil (S.D. Andreastuti et al., 2000).

Tingkat aktivitas vulkanik yang tinggi di Vulkan Merapi di satu sisi menimbulkan ancaman bahaya namun disisi lain menyediakan berbagai sumberdaya alam yang melimpah berupa sumberdaya lahan, sumberdaya air, sumberdaya hayati, dan sumberdaya mineral (Sutikno et al., 2007). Keberadaan potensi sumberdaya alam ini

merupakan faktor penarik sehingga tingkat hunian penduduk di wilayah Vulkan Merapi cukup tinggi. Pertumbuhan penduduk di kawasan rawan bencana pasca erupsi 2010 bahkan lebih tinggi dari rata-rata pertumbuhan penduduk nasional (H.A. Sudibyakto, 2011). Data Global Volcanism Program tahun 2022 menunjukkan bahwa jumlah penduduk di wilayah Vulkan Merapi pada radius 5 km mencapai 49.205 jiwa, pada radius 10 km mencapai 185.849 jiwa, dan pada radius 30 km mencapai 4,3 juta jiwa. Aktivitas penduduk ditandai oleh penggunaan lahan yang beragam, antara lain sawah, tegalan, kebun campuran, serta lahan alami yang berupa hutan dan semak belukar.

2. Vulkan Merbabu

Vulkan Merbabu termasuk unit vulkan yang paling minim informasi dibanding vulkan lain dalam studi ini. Literatur klasik dari Van Bemmelen (1949) dan Van Padang (1983) menyebutkan Vulkan Merbabu sebagai stratovulkano tipe B, yaitu vulkan dengan aktivitas solfatar atau fumarol yang sejak tahun 1600 tidak menunjukkan peningkatan aktivitas atau erupsi. Global Volcanism Program memberikan penjelasan terbatas mengenai vulkan ini, yaitu sebagai vulkan besar yang berhutan, terletak di sebelah utara Vulkan Merapi yang terkenal di Jawa Tengah. Fitur morfologi yang menonjol adalah tiga lembah radial yang memanjang dari puncak menuju NW, NNE, dan ESE. Letusan magmatik terbaru berasal dari sistem celah NNW-SSE yang melintasi puncak dan masing-masing mengalirkan aliran lava Kopeng dan Kajor dalam volume besar di sisi utara dan selatan. Letusan eksplosif sedang telah terjadi dari kawah puncak dalam waktu sejarah. Letusan terakhir menurut catatan Global Volcanism Program terjadi pada tahun 1797.

Erupsi magmatik yang tidak berlangsung dalam waktu lama menyebabkan tidak adanya pembaruan material dari hasil erupsi. Disisi lain pengaruh iklim tropis basah dengan suhu udara tinggi dan curah hujan tinggi menyebabkan proses denudasi berlangsung cepat. Aktivitas vulkanik yang tidak mampu mengimbangi proses denudasi menyebabkan terbentuknya lembah-lembah radial yang lebar dan dalam di area lereng dan kaki vulkan. Mulyaningsih dan Shaban (2020) menjelaskan bahwa Vulkan Merbabu adalah vulkan aktif. Penelitian aktivitas vulkanik Merbabu, geologi, magmatologi, dan lain-lain sangat jarang dilakukan dibandingkan penelitian yang dilakukan di Gunung Merapi. Penelitian terbaru melaporkan litologi penyusun Vulkan Merbabu yang terdiri dari basalt kaya olivin (tertua), basalt, dan andesit (paling muda). Batuan vulkanik Gunung Merbabu yang tersingkap di sepanjang jalur Kajor - Selo merupakan rangkaian komposisi mafik hingga intermediet yang ditunjukkan oleh rentang warna yaitu abu-abu tua dan abu-abu sangat gelap. Beberapa singkapan terdiri dari perpotongan breksi piroklastik (dan tufa), tanggul, dan didominasi oleh

lava. Ada delapan lapisan lava basaltik olivin yang tersingkap di sepanjang jalur Kajor. Setiap lapisan terdiri dari lava masif (tebal 50 - 90 cm), lava blok, dan (sering) lava scoria. Sementara itu disisi utara terdapat perselingan breksi piroklastik dan lava massif diatas lava basaltik yang kaya olivine dan piroksen. Selain itu terdapat pula lava andesitik yang terlapis oleh tiga lapisan lapili orange yang kemungkinan berasal dari Merbabu Muda atau Sumbing.

Wilayah Vulkan Merbabu juga cukup banyak ditempati oleh penduduk. Data Global Volcanism Program tahun 2022 menunjukkan jumlah penduduk pada radius 5 km sebanyak 19,996 jiwa, pada radius 10 km sebanyak 249.747 jiwa, dan pada radius 30 km sebanyak 3, 019 juta jiwa. Jumlah penduduk Vulkan Merbabu pada radius 10 km bahkan lebih banyak dari Vulkan Merapi. Penggunaan lahan di wilayah Vulkan Merbabu berdasarkan Peta Rupabumi Indonesia antara lain sawah, tegalan, kebun campuran, serta tutupan lahan alami berupa rumput dan semak belukar. Sawah dan tegalan banyak dijumpai di kaki vulkan sementara lereng dan kerucut vulkan tertutupi oleh sabana dan semak belukar yang berkembang secara alami.

3. Vulkan Sumbing

Vulkan Sumbing merupakan stratovolkano dengan vulkan tipe A. Namun demikian, vulkan ini telah lama tidak mengalami aktivitas. Data Dasar Gunungapi yang dipublikasikan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) menunjukkan bahwa letusan yang terjadi dalam sejarah hanya tercatat satu kali pada tahun 1730. Letusan ini terjadi di kawah puncak dimana kubah lava dengan aliran lava ke arah bibir kawah terendah diperkirakan terjadi pada periode ini. Aktivitas kawah masih berlangsung hingga saat ini dalam bentuk asap solfatara dan fumarola, sebagaimana dilaporkan dalam pengamatan di tahun 1937, 1977, dan 1989. Sama dengan data yang dipublikasikan oleh PVMBG, Data dari Global Volcanism Program serta Lavigne et al (2008) menunjukkan letusan terakhir vulkan ini terjadi pada tahun 1730 yang merupakan satu-satunya letusan bersejarah. Letusan ini membentuk kubah lava yang eksis hingga saat ini dan aliran piroklastik akibat runtuhannya di salah satu sektor kubah tersebut.

Mengacu kepada data dari Global Volcanism Program, batuan Vulkan Sumbing yang utama adalah andesit, basalt, dan dasit. Sementara itu Peta Geologi Vulkan Sumbing menunjukkan bahwa wilayah kerucut vulkan tersusun oleh endapan lava yang sangat kompleks dan tidak terbentuk pada periode yang sama. Kawah Vulkan Sumbing berbentuk tapal kuda yang membuka ke sisi timur laut. Pada sisi kawah yang terbuka terdapat leleran lava yang membentuk lidah lava. Bagian lereng vulkan tersusun oleh batuan hasil letusan

eksplosif terdiri dari lapili, tuf, tuf pasir, dan tuf halus berbatu apung. Data litologi dan stratigrafi pada Peta Geologi Vulkan Sumbing menunjukkan bahwa aktivitas vulkanik telah berlangsung dalam periode panjang. Selain itu, aktivitas vulkanik yang terjadi pada berbagai tahap tidak selalu menimbulkan dampak yang sama di seluruh sektor. Aktivitas vulkanik paling awal membentuk batuan pada sektor tertentu demikian pula aktivitas vulkanik terakhir yang cenderung berdampak ke sektor tertentu. Lembah-lembah radial juga telah banyak terbentuk pada area lereng dan kaki Vulkan Sumbing. Hal ini berkaitan dengan erupsi terakhir yang telah terjadi dalam waktu lama sedangkan disisi lain proses denudasi terhadap struktur kerucut vulkan telah berlangsung secara intensif.

Nama Vulkan Sumbing dalam Data Dasar Gunungapi Indonesia kemungkinan berkaitan dengan penghancuran bibir kawah bagian timur laut oleh erupsi sehingga nampak seolah-olah sobek. Namun demikian, Balai Pelestarian Cagar Budaya (BPCB) Jawa Tengah memberikan pendapat lain bahwa nama Sumbing berasal dari kata Wukir Sumving, yaitu nama Vulkan Sumbing pada masa Mataram Kuno sebagaimana tercantum dalam Prasasti Mantyasih I. Wilayah Vulkan Sumbing banyak ditempati oleh penduduk. Catatan dari Global Volcanism Program yang dipublikasikan oleh Smithsonian Institution menunjukkan bahwa jumlah penduduk pada radius 5 km sebanyak 15.294 jiwa, pada radius 10 km sebanyak 310.361 jiwa, dan pada radius 30 km sebanyak 2.425.607 jiwa.

4. Vulkan Sundoro

Vulkan Sundoro terletak bersebelahan dengan Vulkan Sumbing, sehingga oleh Lavigne dkk (2008) kedua vulkan ini disebut sebagai stratovolkano kembar. Vulkan Sundoro memiliki bentuk kerucut sempurna yang disebut-sebut sebagai salah satu morfologi paling simetris di Pulau Jawa. Catatan erupsi Vulkan Sundoro jauh lebih banyak dibandingkan Vulkan Sumbing. Vulkan Sundoro memiliki catatan sejarah erupsi yang jauh lebih banyak dibanding Vulkan Sumbing. Mengacu kepada Data Dasar Gunungapi Indonesia, Vulkan Sundoro telah mengalami 11 kali letusan antara tahun 1806 hingga 1970. Letusan terakhir terjadi pada tahun 1970, sedangkan menurut Global Volcanism Program tahun 1971. Seluruh letusan Sundoro yang tercatat dalam sejarah antara lain pada tahun 1806, 1818, 1882, 1883, 1887, 1902, 1903, 1906, 1908, 1910, dan 1970. Sifat letusan yang terjadi selama sejarah cenderung lemah menghasilkan hujan abu, lontaran material, serta leleran lava yang jaraknya relatif terbatas. Letusan Sundoro dapat terjadi di kawah utama maupun dari kerucut parasiter Gunung Kembang. Pada tahun 2011-2012 vulkan ini kembali mengalami peningkatan aktivitas vulkanik, namun hanya menaikkan status dari Normal (Level I) ke Siaga (Level II), kemudian diturunkan kembali menjadi Level I.

Mengacu kepada data Global Volcanism Program, jenis batuan utama penyusun Vulkan Sundoro adalah andesit (basaltik-andesit) dan basal (pikro-basalt), relatif sama dengan Vulkan Sumbing. Sementara itu mengacu kepada informasi yang disajikan dalam Peta Geologi Vulkan Sundoro, ternyata terdapat material piroklastik jatuhnya yang tersebar luas dan merata di seluruh sektor lereng vulkan. Selain itu, di semua sektor lereng juga terdapat endapan piroklastik berusia 1720 tahun. Kondisi ini menunjukkan bahwa erupsi Vulkan Sundoro berdampak sama terhadap seluruh sektor, berbeda dengan Sumbing yang dari waktu ke waktu banyak mengalami letusan terarah ke sektor tertentu. Erupsi Vulkan Sundoro yang masih berlangsung pasca periode erupsi Vulkan Sumbing juga menyebabkan material hasil erupsinya menutupi sebagian lereng Vulkan Sumbing. Sebagai vulkan yang lebih baru mengalami aktivitas, lembah radial belum banyak terbentuk di lereng dan kaki Vulkan Sundoro, dibandingkan dengan Sumbing atau Merbabu. Lembah radial yang telah terbentuk relatif terbatas dengan ukuran kedalaman dasar lembah dan kemiringan lereng lembah yang kecil.

Vulkan Sundoro sering disebut juga sebagai Sendoro atau Sindoro. Dalam Prasasti Mantyasih I, nama kuno vulkan ini adalah Wukir Susundara. Area Vulkan Sundoro banyak ditempati oleh penduduk. Jumlah penduduk pada radius 5 km adalah 52.462 jiwa, lebih banyak dibandingkan Merapi, Merbabu, dan Sumbing. Pada radius 10 km terdapat penduduk sebanyak 496.751 jiwa. Sementara itu jumlah penduduk pada radius 30 km mencapai 2,086 juta jiwa. Jumlah penduduk yang banyak ini sebenarnya rentan terhadap banyak vulkanik. Namun demikian, hasil studi dari Lavigne dkk (2008) menunjukkan bahwa ternyata hanya sedikit orang yang sadar akan ancaman gunung berapi. Memori kolektif telah hilang seiring berjalannya waktu dan risikonya telah dilupakan, antara lain karena letusan freatik yang secara berkala terjadi di dalam kawah Sindoro terlalu kecil untuk dirasakan oleh penduduk desa. Di sini persepsi risiko sangat tergantung pada hambatan visual antara masyarakat lokal dan kawah aktif.

5. Kompleks Vulkan Dieng

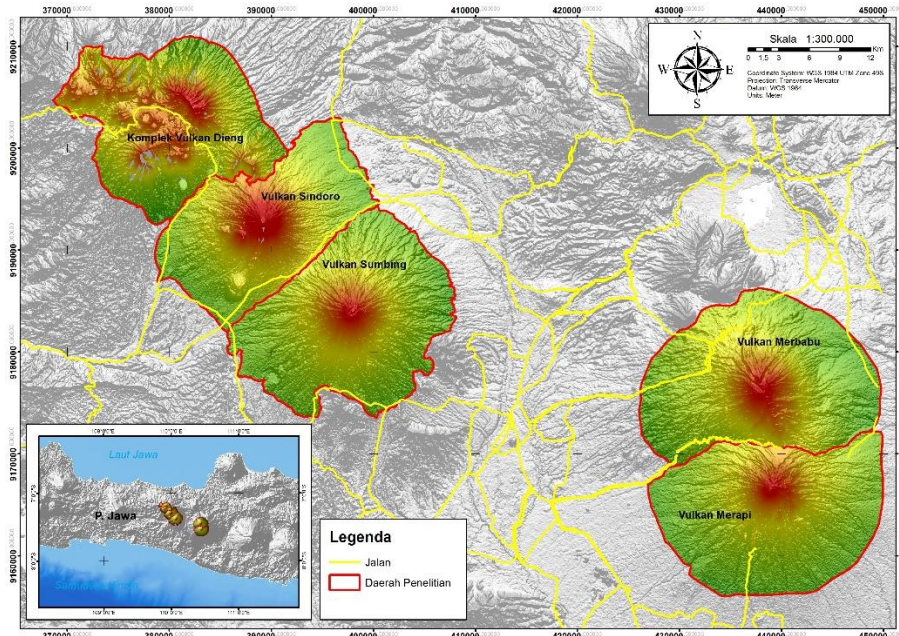
Kompleks Vulkan Dieng (KVD) merupakan wilayah dengan banyak unit vulkan di dalamnya. Wilayah ini merupakan satu-satunya kompleks vulkan dalam studi ini sehingga memiliki karakteristik yang berbeda dengan empat stratovulkano yang telah dibahas sebelumnya. Terdapat beberapa studi terdahulu yang memberikan pendapatnya mengenai genesis dan perkembangan bentuklahan di KVD. Verstappen (2013) menjelaskan bahwa (KVD) merupakan kumpulan kenampakan vulkanik berukuran kecil-menengah yang berkembang dalam kaldera vulkan tua. Bingkai kaldera ini terbentuk dari runtuhnya bagian

selatan lereng Gunung Prah. Aktivitas vulkanik Kala Holosen yang terkini terdapat di sebelah selatan dari gawir kaldera ini. Hasil aktivitas vulkanik di KVD membentuk morfologi yang bervariasi, antara lain kawah letusan, kawah cincin tuf, kerucut scoria, stratovulkano kecil, dan aliran lava. Erupsi yang terjadi di Zona ini bervariasi antara eksplosif, efusif, dan freatik. Secara umum aktivitas efusif terjadi di bagian timur, letusan eksplosif terjadi di bagian tengah, dan letusan freatik dijumpai di bagian barat.

Harijoko et al (2016) berdasarkan hasil studinya memberikan kesimpulan yang agak berbeda mengenai struktur busur (arcuate) Gunung Prah sebagai morfologi yang sangat menonjol dan menjadi penciri KVD. Dalam pandangan sebelumnya, busur ini diinterpretasikan sebagai struktur kaldera yang hanya tersisa di bagian utaranya saja. Namun demikian, studi ini memberikan alternatif interpretasi yaitu jika KVD dianggap terletak di atas perpotongan sesar, maka kemungkinan struktur busur Gunung Prah terbentuk akibat keruntuhan vulkano-tektonik yang disebabkan oleh letusan dan tidak murni dibentuk oleh letusan pembentuk kaldera. Secara keseluruhan terdapat 12 unit vulkan di KVD, ditambah dengan empat unit vulkan lain di area luar KVD yang letaknya berbatasan langsung. Unit-unit vulkan yang ada di dalam KVD dari yang paling tua adalah Prah, Nagasari, Sidede, Bisma, Pagerkandang, Bucu, Panganan-Merdada, Kendil, Pakuwaja, Sikunir, Prambanan, dan Seroja. Empat unit vulkan di luar KVD antara lain Rogojembangan, Jimat, Kendang, dan Telerejo.

Aktivitas vulkanik di KVD secara umum dibedakan menjadi tiga tahap yaitu episode pra-kolaps, episode kedua, dan episode termuda. Episode pra-kolaps menghasilkan beberapa stratovulkano yang sekaligus menjadi batas tepi KVD yaitu Prah, Telerejo, Sidede, Bisma, Nagasari, dan Jimat. Semua stratovulkano ini terdiri berukuran kecil dan tersusun oleh endapan batuan piroklastik dan aliran lava. Stratovulkano Prah mengalami subsidence di sisi SW yang membentuk morfologi dataran tinggi. Stratovulkano Telerejo dan Bisma keduanya memiliki kawah terbuka ke arah selatan. Pada episode kedua, muncul empat stratocone dan menutupi depresi dengan produk vulkanik. Panganan dan Merdada, dua stratocone yang bertetangga di sebelah timur Nagasari, keduanya memiliki kawah, dengan diameter masing-masing sekitar 0,8 dan 1 km. Pagerkandang adalah stratocone dengan kawah ~0,5 km di atasnya yang terletak di utara Merdada. Seroja, dengan ukuran kawah ~0,7 km, terletak di tepi tenggara KVD. Stratocone ini tersusun oleh endapan jatuhnya piroklastik dan lava. Dengan jenis material yang dihasilkan ini dapat diketahui bahwa aktivitas episode kedua ini merupakan sumber utama tephra Dieng yang menyelimuti depresi Dieng dan Batur. Produk vulkanik dari episode termuda mencakup area tenggara

KVD. Pakuwaja, dengan kawah puncak 0,2 km dan 0,5 km, terdiri dari aliran lava dan endapan jatuhnya piroklastik. Kubah Sikunir dan Prambanan terletak di antara Seroja dan Pakuwaja. Kubah Kendil yang berasosiasi dengan aliran lava yang meluas, terletak di utara Pakuwaja (Harijoko et al., 2016).



Gambar 3. Daerah Penelitian

B. Pola Sebaran dan Karakteristik Hidologis Mata air di Bentanglahan Vulkanik Jawa Tengah

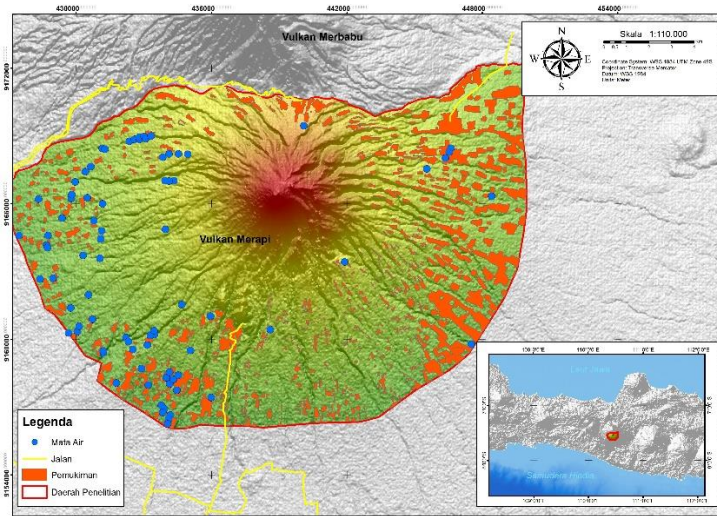
Penelitian ini telah mengidentifikasi 325 mata air di seluruh daerah survey yang mencakup empat stratovolcano dan satu kompleks vulkan. Mata air paling banyak ditemukan di Vulkan Sumbing yaitu sebanyak 80 mata air, kemudian Vulkan Merbabu 78 mata air, Vulkan Merapi 73 mata air, Kompleks Vulkan Dieng 48 Mata air, dan Vulkan Sundoro 46 Mata Air. Mata air yang ditemukan di daerah penelitian umumnya adalah mata air depresi yang terbentuk akibat terjadinya pemotongan akuifer dalam proses pendalaman lembah. Proses denudasi oleh tenaga eksogen yang memodifikasi struktur vulkanik ternyata berperan sangat penting dalam pemunculan mata air. Terbukti mata air yang ditemukan sebagian besar berada di dasar lembah atau lereng lembah yang curam. Selain itu, struktur stratovolcano yang telah terkikis oleh pembentukan lembah radial seperti Sumbing dan Merbabu memiliki jumlah mata air yang paling banyak.

Seluruh mata air yang ditemukan selanjutnya diplot pada peta dan dianalisis dengan average nearest neighbour untuk mengetahui pola sebarannya. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebaran mata air pada bentuklahan stratovolcano seluruhnya berpola mengelompok

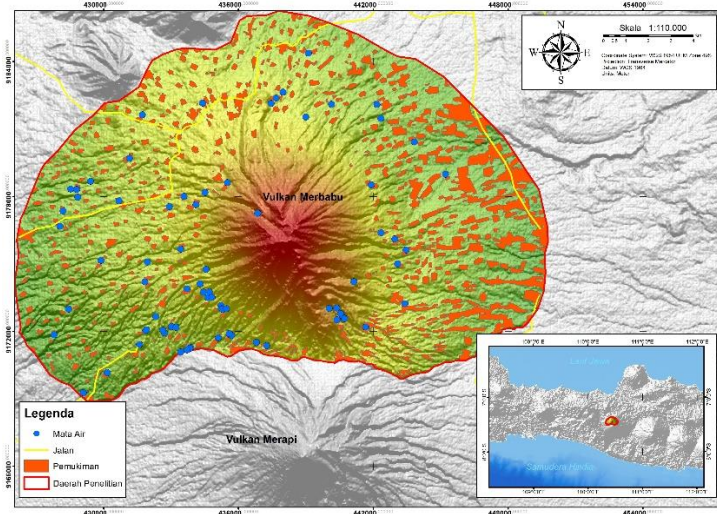
(clustered). Mata air dijumpai pada bentuklahan kaki vulkan hingga lereng bawah di bagian atasnya. Adapun unit bentuklahan dataran kaki vulkan tidak termasuk dalam penelitian ini. Seluruh stratovolcano dalam studi ini yaitu Merapi, Merbabu, Sumbing, dan Sundoro memiliki pola sebaran mataair mengelompok pada unit morfologi kaki vulkan. Temuan penelitian ini membuktikan teori yang disampaikan oleh Simoen (2001) bahwa pemunculan mata air banyak terjadi pada morfologi kaki vulkan karena pemotongan akuifer oleh takik lereng dalam sistem morfologi stratovolcano. Lebih dari itu, penelitian ini juga menemukan fakta baru yang belum banyak diungkap sebelumnya bahwa secara lebih spesifik pemunculan mata air pada kaki vulkan terjadi pada lembah-lembah radial.

Lembah-lembah radial sebagaimana dijelaskan oleh Verstappen (2013) terbentuk di lereng atas dan kaki vulkan akibat pengikisan pada struktur stratovolcano oleh tenaga eksogen. Lembah dan jurang radial yang terbentuk di lereng atas dipengaruhi oleh curah hujan dengan debit yang tidak teratur serta muatan dasar dari hancuran material vulkanik. Berbeda dengan lembah radial di lereng atas yang cenderung kering, lembah di lereng bawah dan kaki vulkan mendapat imbuhan air dari pemunculan mata air pada tubuh vulkan dimana akuifernya mendapat input air dari puncak. Selain itu Jurang radial juga mendapat imbuhan air tanah, memiliki *discharge* teratur, dan muatan dasarnya sangat rendah. Berdasarkan keterangan ini dapat diketahui bahwa area puncak, kerucut vulkan, dan lereng atas merupakan daerah resapan air (*recharge*). Air yang meresap dan tersimpan dalam akuifer vulkan kemudian muncul sebagai mataair di lereng bawah dan kaki vulkan sebagai discharge area, khususnya pada lembah-lembah radial ini.

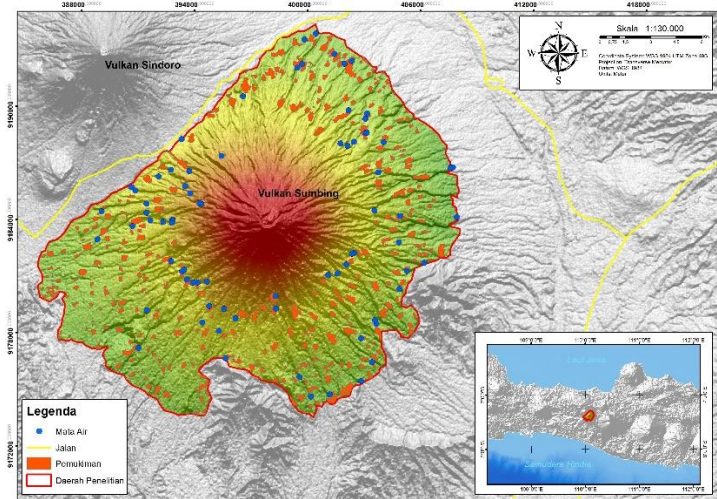
Hasil plotting lokasi mata air pada peta juga menunjukkan bahwa mata air tersebar secara merata pada seluruh sektor di kaki vulkan sehingga membentuk pola sabuk mata air (*volcanic spring belt*). Temuan penelitian ini memberikan verifikasi dan penguatan terhadap hasil penelitian terdahulu yang dilakukan secara terbatas pada salah satu sektor stratovolcano antara lain Ashari (2014) di sisi timur Sundoro, Aurita dan Purwantara (2017) di sisi barat Merapi, Ratih et al (2018) di sisi selatan Merapi, Ashari dan Widodo (2019) di sisi baratdaya merbabu, serta Wardoyo dan Khotimah (2021) di celah antar vulkan Merapi-Merbabu. Berbagai penelitian diatas juga menemukan pola sebaran mata air yang mengelompok dan memberikan dugaan sebaran mataair tersebut sebagai bagian dari sistem sabuk mata air. Penelitian ini telah memberikan tindak lanjut dan membuktikan keberadaan sistem sabuk mata air pada empat stratovolcano. Perhatikan Gambar 4 hingga 8 berikut ini.



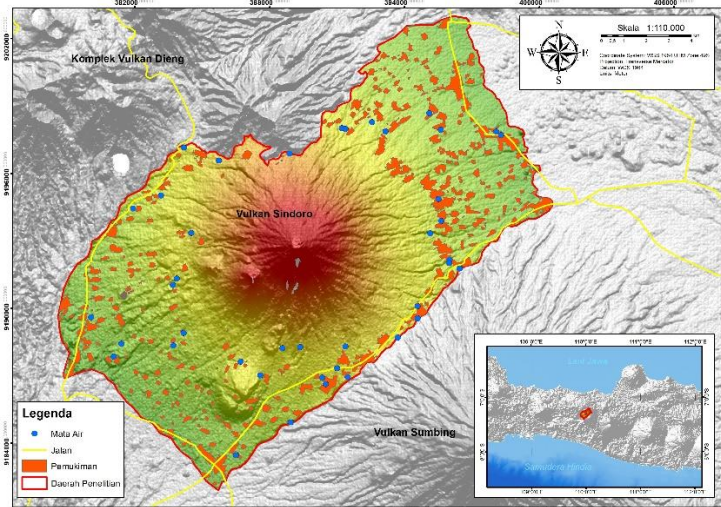
Gambar 4. Sebaran Mata Air di Area Vulkan Merapi



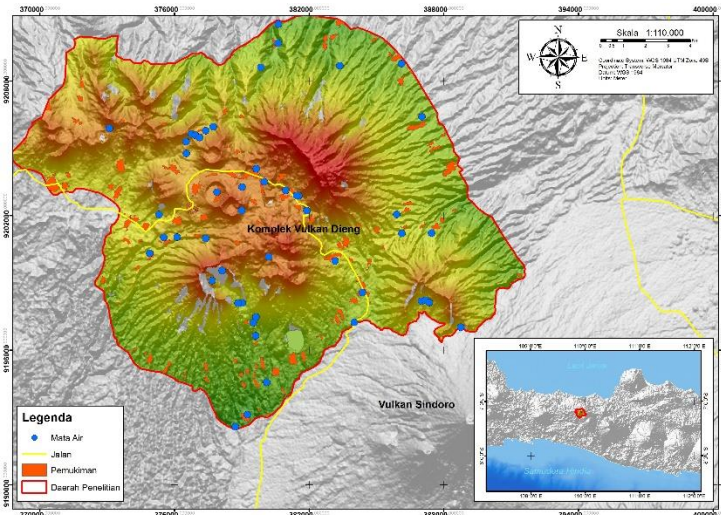
Gambar 5. Sebaran Mata Air di Area Vulkan Merbabu



Gambar 6. Sebaran Mata Air di Area Vulkan Sumbing



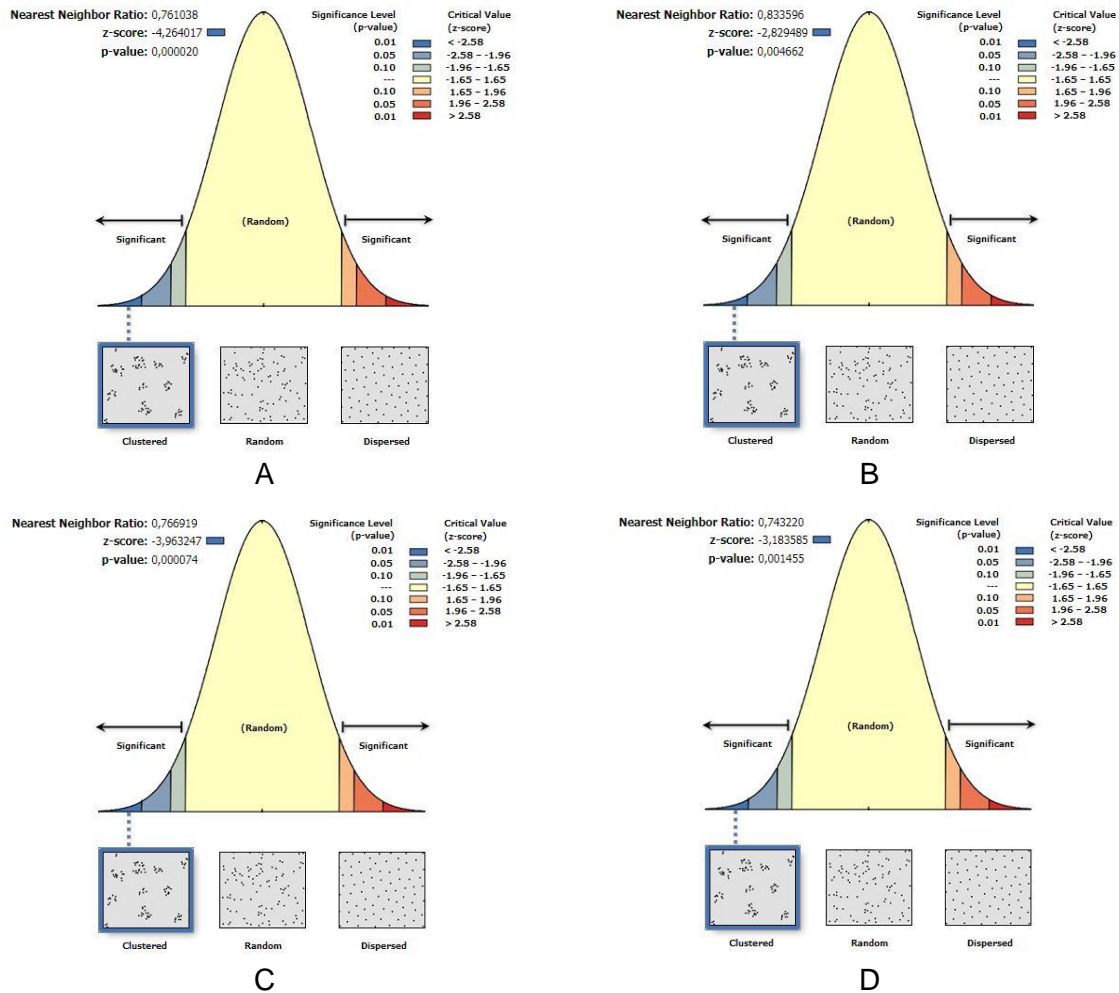
Gambar 7. Sebaran Mata Air di Area Vulkan Sundoro



Gambar 8. Sebaran Mata Air di Area Kompleks Vulkan Dieng

Hasil analisis average nearest neighbour di keempat stratovolcano diantara keempat stratovolcano, seluruhnya memperoleh p-value dan z-score yang sangat kecil dibawah nol. Hasil analisis yang memperoleh p-value sangat kecil dan z-score sangat rendah menunjukkan bahwa pola spasial dari mata air di keempat stratovolcano tersebut tidak mencerminkan pola acak yang diwakili oleh hipotesis nol. Selanjutnya, dengan memperhatikan p-value dan z-score diantara keempat stratovolcano, pola persebaran yang paling mengelompok dijumpai di Vulkan Merapi, kemudian Vulkan Sumbing, Vulkan Sundoro, dan Vulkan Merbabu (Gambar 9). Pengelompokan paling tinggi yang dijumpai di Vulkan Merapi sebenarnya terjadi akibat anomali sabuk mata air. Di Vulkan Merapi, sabuk mataair yang terputus di sektor Merapi Tua karena bagian ini memiliki sifat batuan yang impermeabel dan jarang terdapat pemunculan

mata air. Pemunculan mata air cenderung terjadi pada area Merapi Muda sehingga pengelompokannya terjadi sangat spesifik, yaitu di salah satu sektor dari unit bentuklahan kaki vulkan.



Gambar 9. Hasil analisis Average Nearest Neighbour pada keempat stratovolcano. (A) Merapi, (B) Merbabu, (C) Sumbing, (D) Sundoro

Hasil yang berbeda ditemukan di Kompleks Vulkan Dieng. Persebaran mata air pada vulkan ini tidak berpola mengelompok sebagaimana ditemukan di stratovolcano, tetapi berpola acak (*random*). Hasil analisis average nearest neighbour yang dilakukan terhadap 48 mata air yang ditemukan di Kompleks Vulkan Dieng memperoleh p-value 0,12 dan z-zcore -1,54. P-value dan z-score yang mendekati nol menunjukkan bahwa pola sebaran spasial dari mata air tersebut mencerminkan pola acak. Sebaran mata air di Kompleks Vulkan Dieng bersifat

random karena karakteristik berbagai unit vulkan di area ini yang sangat beragam dengan persebaran yang juga bersifat acak. Mata air di Dieng dapat muncul di berbagai tempat. Pada bentuklahan stratocone, mata air muncul pada lereng atau kaki. Sementara itu pada bentuklahan kaldera / kawah, mata air dapat muncul di kaki bingkai kawah hingga di lapisan aluvium dalam kawah yang letaknya agak jauh dari bingkai kawah.

Temuan pola sebaran mata air dari Kompleks Vulkan Dieng menunjukkan bahwa persebaran mata air yang mengelompok dan membentuk sabuk mata air hanya berlaku pada stratovolcano. Stratocone berukuran kecil, sekalipun juga berbentuk kerucut, tidak memiliki pemunculan mata air yang membentuk sabuk mata air. Mata air hanya muncul secara terbatas di beberapa titik baik pada lereng maupun kaki stratocone. Sebaran mata air semakin acak apabila unit morfologi yang berukuran kecil tersebut termodifikasi oleh proses denudasi bentuklahan. Dapat disimpulkan bahwa kompleks vulkan yang terdiri dari banyak unit bentuklahan vulkan memiliki pola sebaran mata air yang berbeda dengan stratovolcano. Temuan di Dieng menunjukkan pola sebaran random, namun pola ini belum dapat digunakan untuk menggeneralisasi pola pada kompleks vulkan karena belum dilakukan studi pada bentuklahan serupa di tempat lain.

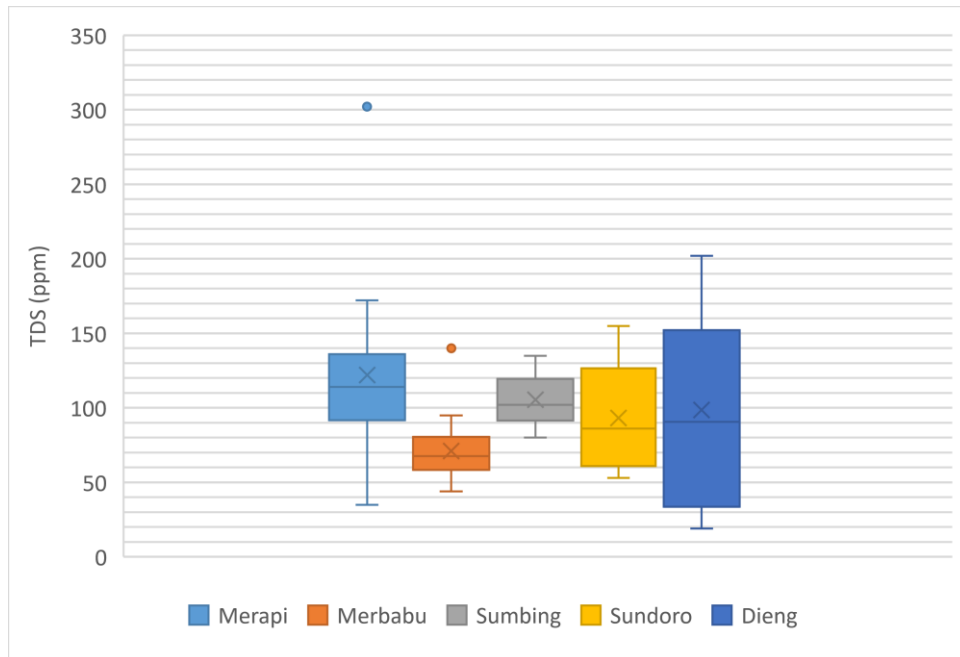
Diantara 325 mata air yang ditemukan dalam penelitian ini, tentu terdapat variasi karakteristik hidrologis baik kuantitas maupun kualitas airnya (Tabel 2). Debit mataair bervariasi, namun umumnya berkisar pada kelas V menurut klasifikasi Meinzer yaitu 1-10 liter/detik. Debit terbesar dijumpai di Mata Air Jumprit, Vulkan Sundoro, yang termasuk dalam kelas III. Mata air dengan debit besar ini relatif sedikit dan merupakan kasus yang jarang dijumpai sehingga secara statistik merupakan outlier. Suhu air mata air umumnya relatif sama dengan suhu udara sehingga dikategorikan sebagai mata air normal. Mata air panas dalam studi ini hanya ditemukan di Kompleks Vulkan Dieng, salah satunya adalah Mata Air Desa Campursari dengan suhu air 40,90°C, tertinggi dalam penelitian ini. Suhu air mata air yang paling rendah juga dijumpai di Kompleks Vulkan Dieng yaitu pada Mata Air Alang dengan suhu 16,15°C.

Sebagai mata air di lingkungan vulkanik, rerata pH air sebagaimana ditemukan di daerah penelitian cenderung bersifat masam. Parameter oksigen terlarut menunjukkan angka yang sangat kecil. Hal ini karena sifat air dari mata air yang baru muncul ke permukaan sehingga belum banyak terjadi kontak dengan udara. Parameter total padatan terlarut atau *total dissolved solids* (TDS) menunjukkan hasil yang bervariasi. Rerata TDS paling tinggi dijumpai di Vulkan Merapi sedangkan yang paling rendah di Vulkan Merbabu. Rentang TDS yang paling besar dijumpai di Kompleks Vulkan Dieng yang menunjukkan tingkat TDS sangat bervariasi di

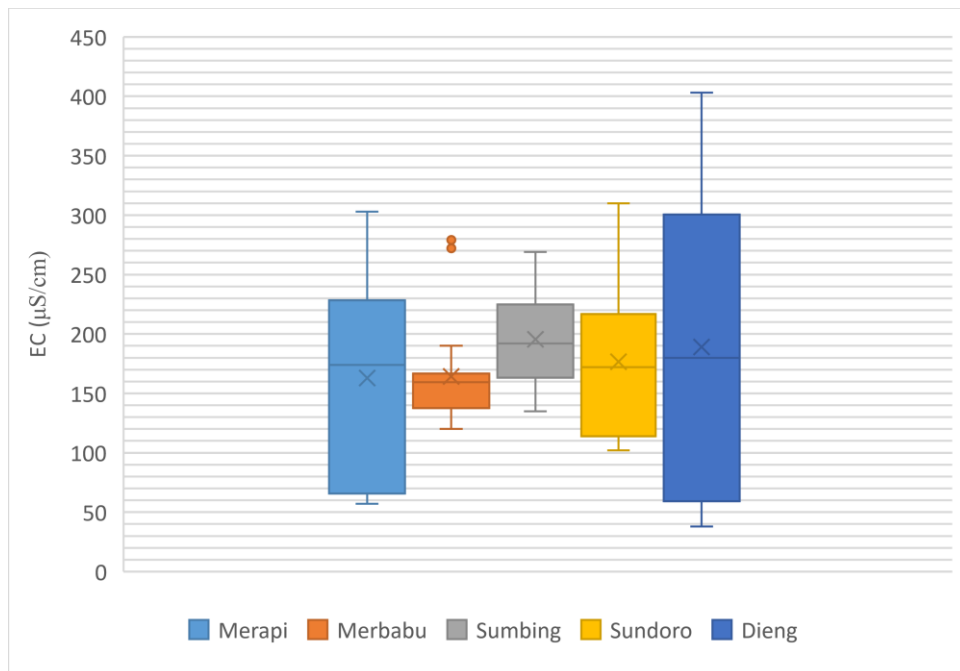
area ini (Gambar 10). Parameter daya hantar listrik atau *electric conductivity* (EC) juga bervariasi. Kompleks Vulkan Dieng menunjukkan rentang EC yang paling besar, sama seperti dalam pengukuran TDS (Gambar 11). Variabel TDS dan EC memang berkaitan dimana peningkatan TDS dapat menjadi pemicu peningkatan EC. Hasil analisis korelasi antara TDS dengan EC di 20 mataair dengan skor TDS dan EC tertinggi di masing-masing vulkan menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara TDS dengan EC terutama di Dieng ($R^2 = 0,98$) dan Sundoro ($R^2 = 0,97$) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 12.

Tabel 2. Rangkuman Statistik Hasil Pengukuran Mata Air di Daerah Penelitian

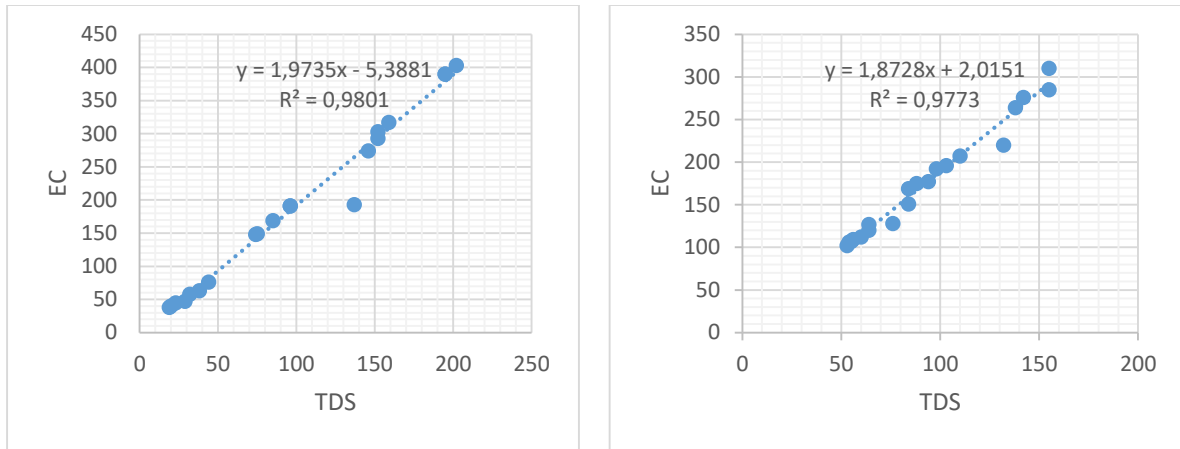
		Merapi	Merbabu	Sumbing	Sundoro	Dieng
Debit (liter/detik)	Mean	2,34	1,64	1,84	22,22	2,51
	Median	0,93	0,38	0,72	2,32	1,38
	Max	16,00	30,42	13,14	183,69	12,30
	Min	0,01	0,01	0,003	0,04	0,10
	Stdev	3,91	4,24	2,51	49,24	3,91
Suhu air (C)	Mean	23,23	20,42	21,00	19,76	20,28
	Median	23,04	20,16	21,26	20,28	19,38
	Max	26,55	26,60	24,48	21,52	40,90
	Min	20,95	15,71	16,42	16,55	16,15
	Stdev	1,45	2,14	2,16	1,45	4,38
pH air	Mean	7,19	7,35	6,39	6,72	6,99
	Median	7,31	7,60	6,40	7,10	7,26
	Max	7,77	8,78	8,52	8,52	8,24
	Min	6,00	5,37	4,66	5,00	4,77
	Stdev	0,40	0,83	0,78	0,95	0,98
DO (ppm)	Mean	0,84	1,46	1,06	1,42	0,54
	Median	0,27	1,26	0,53	1,37	0,04
	Max	3,35	4,75	5,24	5,33	2,53
	Min	0	0	0	0	0
	Stdev	1,16	1,13	1,15	1,14	0,81
TDS (ppm)	Mean	117,75	46,30	59,66	73,03	70,39
	Median	114,00	43,00	58,00	64,00	38,00
	Max	302,00	140,00	135,00	155,00	202,00
	Min	32,00	4,00	6,00	12,00	0,00
	Stdev	54,73	27,61	36,28	41,02	65,89
EC	Mean	157,88	95,64	119,42	146,09	138,87
	Median	172,00	87,00	115,00	127,00	69,50
	Max	303,00	279,00	269,00	310,00	403,00
	Min	57,14	7,00	13,00	23,00	0,00
	Stdev	81,50	54,08	72,48	82,39	134,63



Gambar 10. Boxplot untuk hasil pengukuran TDS pada 20 mata air tertinggi



Gambar 11. Boxplot untuk hasil pengukuran EC pada 20 mata air tertinggi



Gambar 12. Pengaruh TDS terhadap EC pada 20 Mata Air Tertinggi di Dieng (kiri) dan Sundoro (kanan)

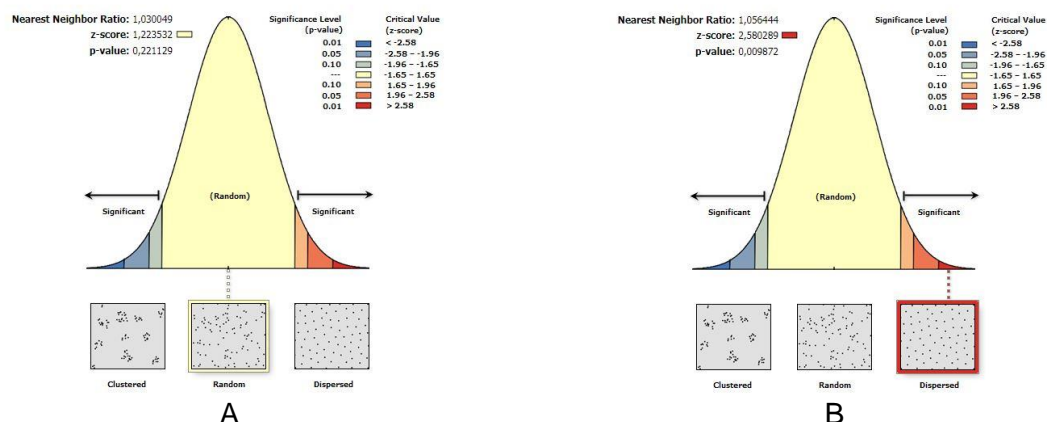
C. Pola Sebaran Permukiman di Bentanglahan Vulkanik Jawa Tengah

Sebagaimana telah dibahas pada bagian sebelumnya, bentuklahan vulkanik di daerah penelitian ditempati oleh banyak penduduk. Penghunian penduduk pada stratovolcano biasanya mulai dijumpai pada kaki gunungapi, sedangkan pada kompleks vulkan penyebarannya lebih luas di berbagai area selama masih layak digunakan untuk tempat tinggal. Unit bentuklahan kaki gunungapi pada stratovolcano umumnya berada pada jarak maksimum sekitar 10 km dari puncak vulkan. Pada radius ini, jumlah penduduk di semua vulkan pada tahun 2022 adalah 2.335.637 jiwa, dengan rincian di Vulkan Merapi 185.849 jiwa, Vulkan Merbabu 249.747 jiwa, Vulkan Sumbing 310.361 jiwa, Vulkan Sundoro 496.751 jiwa, dan di Kompleks Vulkan Dieng 1.092.929 jiwa.

Kompleks Vulkan Dieng paling banyak ditempati penduduk. Hal ini karena karakteristik bentuklahannya memungkinkan untuk berkembangnya permukiman secara luas di dalam kompleks vulkan itu sendiri. Selain itu, daerah tepi kompleks vulkan dan daerah lain yang berada pada radius 10 km juga ditempati oleh banyak penduduk. Dibandingkan dengan kompleks vulkan, jumlah penduduk di stratovolcano pada radius yang sama relatif sedikit. Jumlah penduduk paling banyak dijumpai di Vulkan Sundoro, kemudian Vulkan Sumbing, Merbabu dan Merapi. Penduduk banyak bertempat tinggal di area Sundoro dan Sumbing karena potensi sumberdaya alam tinggi dan disisi lain ancaman bahayanya relatif rendah atau dipersepsikan tidak berbahaya oleh penduduk (Franck Lavigne et al., 2008). Sementara itu, Vulkan Merapi memiliki jumlah penduduk paling sedikit pada jarak 10 km. Hal ini tidak lepas dari tingginya potensi bahaya erupsi Vulkan Merapi. Penghunian penduduk pada radius 10 km

terutama di sektor yang tidak terlalu berbahaya sedangkan sektor yang paling terancam bahaya jumlah penduduknya sangat sedikit atau telah direlokasi pasca erupsi 2010.

Pola sebaran permukiman di daerah penelitian ternyata bervariasi. Persebaran permukiman pada kaki Vulkan Merapi berpola acak (*random*) dengan p-value 0,2211 dan z-score 1,2235. Persebaran acak ini diduga karena pengaruh hambatan topografi relatif kecil namun disisi lain terdapat pengaruh ancaman bahaya erupsi. Permukiman pada kaki Vulkan Merbabu berpola menyebar (*dispersed*) dengan p-value 0,0098 dan z-score 2,5803. Pola persebaran ini kemungkinan berkaitan dengan berkembangnya lembah-lembah radial yang menyebabkan tidak terbentuknya aglomerasi permukiman yang padat di area tertentu namun permukiman berkembang di semua igir diantara lembah radial ini. Permukiman pada kaki Vulkan Sumbing berpola mengelompok dengan p-value 0,0546 dan z-score -1,9220. Pola sebaran mengelompok ini cenderung transisi ke arah random. Sama dengan Vulkan Sumbing, sebaran permukiman di Vulkan Sundoro juga berpola mengelompok bahkan lebih kuat pengelompokannya dengan p-value 0,0279 dan z-score -2,1993. Di area vulkan Sundoro terdapat beberapa pengelompokan permukiman yang penting seperti Kota Kecamatan Parakan, Kota Kecamatan Ngadirejo, dan Kota Kecamatan Garung. Sementara itu kompleks Vulkan Dieng juga memiliki pola sebaran mengelompok dengan p-value 0,0104 dan z-score -2,5609. Di wilayah Vulkan Dieng terdapat pengelompokan permukiman yang penting yaitu di Depresi Dieng dan Depresi Batur. Perhatikan Gambar 13 berikut ini.



Gambar 13. Hasil Analisis Average Nearest Neighbour Pola Sebaran Permukiman non-Clustered. (A) Vulkan Merapi Berpola Dispersed, (B) Vulkan Merbabu Berpola Random

Pola sebaran permukiman tentu dipengaruhi oleh berbagai faktor yang tidak menjadi fokus dalam penelitian ini. Namun demikian, dapat dipastikan bahwa pola sebaran

permukiman tidak selalu sama dengan pola sebaran mataair. Pola yang sama hanya dijumpai di Vulkan Sumbing dan Vulkan Sundoro yang persebaran mata air dan permukimannya sama-sama mengelompok. Vulkan Merapi dan Vulkan Merbabu memiliki pola sebaran mata air yang mengelompok tetapi permukimannya tidak mengelompok. Sementara itu Kompleks Vulkan Dieng persebaran mata airnya acak namun justru permukimannya yang mengelompok. Permukiman telah berkembang lebih luas dan tidak hanya terbatas pada area yang dekat dengan mata air saja. Sekalipun mata air merupakan sumber air utama yang digunakan untuk kebutuhan primer penduduk, namun terbukti bahwa permukiman dapat berkembang luas dan tidak tergantung pada area yang terdapat mata air saja. Pengujian dengan intersect antara area permukiman terhadap buffer mata air menunjukkan bahwa hanya sekitar 10% permukiman yang berjarak 100 meter dari mata air. Dengan kata lain hanya sedikit permukiman yang sekaligus memiliki mata air di wilayahnya.

D. Human-Volcano System dalam Konteks Pemanfaatan Sumberdaya Air Mata Air

Human-volcano system merupakan topik yang sedang banyak diperbincangkan oleh para penulis di seluruh dunia untuk melihat interaksi antara manusia dengan lingkungan dalam konteks bentuklahan vulkanik. Ruiz et al (2018) menjelaskan bahwa zona kritis di lingkungan tropis, terutama di dekat gunung berapi aktif, memiliki kekayaan sumber daya seperti air, makanan, dan bahan bangunan. Di Amerika Tengah, orang telah tinggal di dekat pusat gunung berapi selama ribuan tahun dan belajar memanfaatkan sumber daya ini. Mempelajari *human-volcano system* berarti belajar perilaku manusia dalam memanfaatkan potensi sumberdaya yang ada sekaligus beradaptasi dengan potensi bahaya yang mengancam. Memahami bagaimana masyarakat sejak masa lampau hidup di zona kritis dan berinteraksi dengan gunung berapi, memberi kita wawasan yang bermanfaat salah satunya tentang cara mengurangi dampak negatif yang berasal dari aktivitas gunung berapi.

Doocy et al (2013) lebih lanjut menunjukkan bahwa ancaman bahaya vulkanik tidak dapat diabaikan begitu saja. Temuan dari studi yang dilakukan menunjukkan bahwa Lebih dari 500 juta orang hidup dalam kisaran potensi paparan gunung berapi. Pada masa mendatang, risiko kerugian bencana akibat erupsi masih signifikan mengingat pertumbuhan populasi, kedekatan kota-kota besar dengan gunung berapi, dan kemungkinan letusan yang lebih besar. Ada total 91.789 kematian, 14.068 cedera, dan 4,72 juta orang terkena dampak peristiwa gunung berapi antara tahun 1900 dan 2008. Penyebab utama kematian pada letusan gunung berapi baru-baru ini adalah sesak napas abu, cedera termal dari aliran piroklastik, dan trauma. Kematian terkonsentrasi dengan sepuluh letusan paling mematikan yang menyumbang lebih

dari 80% kematian. 84% kematian terjadi di empat lokasi yaitu Pulau Martinik (Prancis), Kolombia, Indonesia, dan Guatemala. Perubahan praktik penggunaan lahan dan pertumbuhan penduduk menyebabkan peningkatan risiko. Peningkatan urbanisasi di daerah berisiko menimbulkan tantangan bagi upaya kesiapsiagaan dan mitigasi bencana erupsi vulkan di masa mendatang.

Hasil yang menarik dari studi *tentang human-volcano system* ditemukan oleh Bachri et al (2015) dalam studinya di Vulkan Bromo, Jawa Timur. Temuan studi ini menunjukkan bahwa walaupun penduduk terkena dampak bencana, namun disini lain juga menerima manfaat dari vulkan yang ditempatinya. Studi ini menunjukkan bahwa interaksi antara manusia dengan lingkungan vulkanik di Gunung Bromo bersifat multifaset dan kompleks. Masyarakat Tengger yang menjadi subyek penelitian memilih hidup dengan bahaya vulkanik, bukan karena terpaksa. Penduduk tidak hanya terkena konsekuensi negatifnya, tetapi juga menikmati manfaat dan peluang alam fisik, spiritual, dan sosial budaya yang muncul dalam sistem manusia-vulkanik. Ketika terjadi bencana masyarakat menyelamatkan diri sementara ke daerah pengungsian. Sementara itu Ketika situasi telah aman, masyarakat menikmati berbagai manfaat yang disediakan oleh vulkan secara luas.

Lavigne et al (2008) berdasarkan tiga studi kasus dari gunung berapi kembar Sumbing dan Sindoro, Gunung Merapi, dan kaldera Dieng menunjukkan bahwa perilaku masyarakat Jawa dalam menghadapi ancaman gunung berapi dibentuk oleh interaksi yang kompleks antara persepsi risiko yang terkait dengan bahaya gunung berapi, keyakinan budaya dan kendala sosial-ekonomi. Di Jawa, kebutuhan untuk mengamankan mata pencaharian sehari-hari lebih diutamakan daripada persepsi risiko gunung berapi sementara keyakinan agama memungkinkan orang untuk mengatasi ancaman dengan memberikan penjelasan alternatif pada saat bencana. Oleh karena itu, risiko yang terkait dengan bahaya vulkanik tidak dapat dipisahkan dari konteks sosial-ekonomi dan budayanya.

Mengacu kepada hasil studi dari Bachri et al (2015) serta temuan Lavigne et al (2008), keberadaan mata air sebagai indikator potensi sumber daya air yang tinggi di kawasan vulkanik sangat mungkin membentuk *human-volcano system*. Mata air merupakan sumber air utama dan sangat diandalkan untuk pemenuhan kebutuhan primer penduduk terutama air minum dan kebutuhan domestik. Namun demikian temuan penelitian ini tidak menunjukkan gejala perkembangan permukiman mengikuti keberadaan mataair. Permukiman terbukti tersebar luas di kaki vulkan, bahkan pola sebarannya bervariasi tidak hanya mengelompok tetapi juga acak dan merata. Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan permukiman tidak berkorelasi dengan lokasi mata air. *Human-volcano system* dalam pemanfaatan mata air tidak

ditunjukkan oleh korelasi sebaran permukiman dan lokasi mata air tetapi oleh cara pemanfaatannya.

Masyarakat pada kaki vulkan sangat menggantungkan kebutuhan sumber daya air terhadap mata air. Hasil observasi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa penduduk yang bertempat tinggal di kaki vulkan hampir selalu memenuhi kebutuhan air dari mataair. Area permukiman yang tidak terdapat mata air akan mengakses mata air dari daerah lain kemudian membuat sistem transmisi secara bergotong royong dan mengalirkannya ke rumah-rumah penduduk. Umumnya penduduk dapat mengakses sumber air dari mata air secara gratis dan biaya yang dikeluarkan hanya sebatas untuk perawatan jaringan pengaliran yang dibuat. Mata air memang tidak selalu dekat dengan permukiman. Oleh karenanya wajar jika sangat sedikit permukiman di daerah penelitian yang berada pada radius 100 meter dari mata air. Beberapa mata air dengan debit yang besar, misalnya Mata Air Punden dan Puluhan di Vulkan Merbabu serta Mata Air Sidandang di Vulkan Sumbing, bahkan terletak jauh dari permukiman pada medan yang sulit diakses. Berbagai dusun, bahkan berbagai desa bersama sama memanfaatkan mata air di lokasi tersebut sekalipun secara administratif dekat dengan dusun tertentu atau berada di wilayah desa tertentu. Selain di lokasi yang sulit diakses, beberapa mata air yang produktif juga terletak dekat area dusun tertentu, namun penduduk dari dusun lain dapat ikut memanfaatkan dan mengalirkan dengan sistem transmisi yang melintasi permukiman maupun lahan pertanian dan sudah mendapatkan ijin dari pemilik lahan.

Human-volcano system dalam konteks pemanfaatan sumber daya mata air yang ditemukan dalam studi ini bukan dalam bentuk korelasi spasial permukiman dengan mata air namun pada kearifan lokal dalam memanfaatkan mata air. Terdapat beberapa pola pemanfaatan mata air berbasis kearifan lokal yang ditemukan dari berbagai wilayah studi ini, antara lain:

1. Mata air dengan debit besar dimanfaatkan bersama-sama untuk kepentingan penduduk dalam satu wilayah. Bahkan penduduk dari wilayah lain boleh mengakses mata air dari lokasi tersebut. Kondisi semacam ini misalnya dijumpai sisi barat Vulkan Merbabu dan sisi selatan Vulkan Sumbing.
2. Pemanfaatan mata air dilakukan secara berkelompok. Suatu paguyuban atau kelompok warga akan mengklaim mata air tertentu dari satu area yang banyak terdapat pemunculan mata air besar. Dalam beberapa kasus yang bukan area pemunculan mata air, suatu paguyuban akan mengklaim mata air di satu titik dan paguyuban lain akan mengklaim mata air di titik lain. Kondisi semacam ini misalnya dijumpai di sisi barat Vulkan Merapi, Sisi Tenggara Vulkan Sumbing, dan tepi bagian tenggara Kompleks Vulkan Dieng.

3. Mata air dengan debit kecil umumnya diabaikan, sekalipun dekat dengan permukiman penduduk. Kondisi semacam ini misalnya dijumpai di tepi bagian tenggara Kompleks Vulkan Dieng, serta sisi baratdaya dan utara Vulkan Merapi.
4. Beberapa mata air kecil dimanfaatkan sebagai pancuran umum namun tidak dialirkan ke permukiman. Penduduk dapat memanfaatkan mata air langsung di pancuran tersebut. Kondisi semacam ini misalnya dijumpai di sisi utara Vulkan Merbabu, beberapa stratocone di Kompleks Vulkan Dieng, sisi baratdaya Vulkan Sumbing, dan sisi timur Vulkan Sundoro.
5. Beberapa mata air dimanfaatkan secara pribadi oleh penduduk tertentu. Umumnya mata air ini memiliki debit kecil. Pemanfaatan air dari mata air semacam ini biasanya bukan untuk air minum atau kebutuhan domestik tetapi untuk peternakan atau perikanan. Kondisi semacam ini misalnya dijumpai di sisi baratdaya dan utara Vulkan Merbabu.
6. Pemerintah juga mengelola mata air dan mendistribusikan kepada penduduk melalui program pamsimas yang dijumpai di seluruh wilayah dalam studi ini.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian ini memperoleh beberapa temuan penting, sebagaimana disusun dalam kesimpulan hasil penelitian sebagai berikut:

1. Pemunculan mata air pada bentuklahan vulkanik memiliki pola persebaran yang khas. Masing-masing tipe vulkan memiliki pola sebaran yang berbeda. Pola yang dijumpai pada stratovulkano adalah mengelompok pada kaki vulkan sedangkan kompleks vulkan bersifat acak.
2. Berbagai aspek geomorfologi sangat berpengaruh terhadap pola sebaran mata air, antara lain morfologi, material, proses geomorfik, dan stadium. Morfologi stratovulkano yang berbentuk kerucut akan membentuk sistem sabuk mata air. Namun demikian, material impermeabel pada sektor vulkan tua dapat menyebabkan anomali sabuk mata air sebagaimana dijumpai pada Vulkan Merapi. Stadium perkembangan bentuklahan vulkanik yang lanjut dan proses denudasi yang dicirikan oleh pembentukan lembah radial dapat mendorong terbentuknya mata air yang lebih banyak.
3. Karakteristik hidrologis mata air sangat bervariasi. Berbagai aspek geomorfologis juga berpengaruh terhadap kualitas air antara lain material (litologi), proses vulkanisme yang berlangsung, bahkan proses dan stadium denudasi yang telah berjalan lanjut.
4. Persebaran permukiman pada bentuklahan vulkanik lebih kompleks daripada persebaran mata air. Ketidaksamaan pola sebaran ini menunjukkan bahwa pemunculan mata air bukan satu-satunya faktor pendorong perkembangan permukiman.
5. Penduduk di wilayah vulkanik memiliki kearifan lokal dalam pemanfaatan mata air, yang merupakan perwujudan dari human-volcano system dalam konteks pemanfaatan sumber daya mata air.

B. Saran

Saran yang diberikan untuk studi pada masa mendatang dan tindak lanjut pemanfaatan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi pada masa mendatang sangat direkomendasikan untuk mempelajari lebih lanjut pengaruh kondisi geomorfologis dan geologis terhadap anomali sabuk mata air pada stratovulkano.

2. Diperlukan studi lebih lanjut untuk mengeksplorasi pola sebaran dan karakteristik hidrologis mata air pada kompleks vulkan selain dieng. Selain itu, diperlukan studi pada stratovulkano berukuran lebih kecil yang mengalami kerusakan struktur akibat erupsi dan pengaruh tektonik seperti Vulkan Telomoyo dan Ungaran, untuk menemukan karakteristik lain yang belum tercakup dalam penelitian ini.
3. Penguatan kearifan lokal melalui berbagai kegiatan pengabdian sangat diperlukan untuk pengelolaan sumber daya mata air khususnya pada mata air dengan debit kecil yang belum banyak dimanfaatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreastuti, S., Paripurno, E. T., Gunawan, H., Budianto, A., Syahbana, D., & Pallister, J. (2019). Character of community response to volcanic crises at Sinabung and Kelud volcanoes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 382, 298–310. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.01.022>
- Andreastuti, S.D., Alloway, B. V., & Smith, I. E. M. (2000). A detailed tephrostratigraphic framework at Merapi Volcano, Central Java, Indonesia: implications for eruption predictions and hazard assessment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 100, 51–67.
- Andreastuti, Supriati Dwi, Newhall, C., & Dwiyatno, J. (2006). Menelusuri kebenaran letusan Gunung Merapi 1006. *Jurnal Geologi Indonesia*, 1(4), 201–207.
- Arbogast, A. F. (2011). *Discovering Physical Geography* (2nd ed.). John Wiley and Sons.
- Ashari, A. (2014). Distribusi Spasial Mataair Kaitannya dengan Keberadaan Situs Arkeologi di Kaki Lereng Timur Gunungapi Sindoro antara Parakan dan Ngadirejo Kabupaten Temanggung. In D. R. S. Sumunar & N. Khotimah (Eds.), *Mega Seminar: Geografi Untukmu Negeri* (pp. 169–179). Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ashari, A., Purwantara, S., Arif, N., & Widodo, E. (2021). Spatial Evolution of the River Valleys under the Influence of Active Volcano: A Case of Merapi Volcanic Plain. *Quaestiones Geographicae*, 40(3), 45–64. <https://doi.org/10.2478/quageo-2021-0023>
- Ashari, A., & Widodo, E. (2019). Hidrogeomorfologi dan Potensi Mataair Lereng Baratdaya Gunung Merbabu. *Majalah Geografi Indonesia*, 33(1), 48–56. <https://doi.org/DOI:10.22146/mgi.35570>
- Aucelli, P. P. C., Brancaccio, L., & Cinque, A. (2017). Vesuvius and Campi Flegrei: Volcanic History, Landforms and Impact on Settlements. In M. Soldati & M. Marchetti (Eds.), *Landscapes and Landforms of Italy. World Geomorphological Landscapes*. (pp. 389–398). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26194-2_33
- Aurita, R. P., & Purwantara, S. (2017). Karakteristik Mataair Kaki Lereng Gunung Merapi dan Pemanfaatannya di Kecamatan Dukun Kabupaten Magelang. *Geomedia*, 15(1), 75–85.
- Bachri, S., Stötter, J., Monreal, M., & Sartohadi, J. (2015). The calamity of eruptions, or an eruption of benefits? Mt. Bromo human-volcano system a case study of an open-risk perception. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(2), 277–290. <https://doi.org/10.5194/nhess-15-277-2015>
- Bemmelen, R. W. Van. (1949). *The Geology of Indonesia, Vol IA General Geology of Indonesia*

and Adjacent Archipelagoes. Government Printing Office.

- Bronto, S., Ratdomopurbo, A., Asmoro, P., & Adityarani, M. (2014). Longsor Raksasa Gunung Api Merapi Yogyakarta - Jawa Tengah. *J.G.S.M.*, 15(4), 165–183.
- Cashman, K. V., & Cronin, S. J. (2008). Welcoming a monster to the world: Myths, oral tradition, and modern societal response to volcanic disasters. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(3), 407–418. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2008.01.040>
- Degroot, V. (2009). *Candi, Space and Landscape: A Study on the Distribution, Orientation and Spatial Organization of Central Javanese Temple Remains*. Leiden University.
- Donovan, K. (2010). Doing social volcanology: exploring volcanic culture in Indonesia. *Area*, 42(1), 117–126. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2009.00899.x>
- Doocy, S., Daniels, A., & Gorokhovich, Y. (2013). The Human Impact of Volcanoes: a Historical Review of Events 1900-2009 and Systematic Literature Review. *PLOS Currents*, April 16(5). <https://doi.org/10.1371/currents.dis.841859091a706efebf8a30f4ed7a1901>.
- Gertisser, R., Charbonnier, S. J., Keller, J., & Quidelleur, X. (2012). The geological evolution of Merapi volcano, Central Java, Indonesia. *Bulletin of Volcanology*, 74, 1213–1233. <https://doi.org/10.1007/s00445-012-0591-3>
- H.A. Sudibyakto. (2011). *Manajemen Bencana Indonesia Ke Mana?* Gadjah Mada University Press.
- Hadmoko, D. S., Lavigne, F., Sartohadi, J., & Gomez, C. (2017). Spatio-Temporal Distribution of Landslides in Java and The Triggerring Factors. *Forum Geografi*, 31(1), 1–15. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v31i1.3790>
- Harijoko, A., Uruma, R., Wibowo, H. E., Setijadji, L. D., Imai, A., Yonezu, K., & Watanabe, K. (2016). Geochronology and magmatic evolution of the Dieng Volcanic Complex, Central Java, Indonesia and their relationships to geothermal resources. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 310, 209–224. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.12.010>
- Kelman, I., & Mather, T. A. (2008). Living with volcanoes: The sustainable livelihoods approach for volcano-related opportunities. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172(3–4), 189–198. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2007.12.007>
- Kitagawa, K. (2015). Living with an Active Volcano: Informal and Community Learning for Preparedness in South of Japan. In F. C.J., B. D.K., H. K., M. W.J., & J. G. (Eds.), *Observing the Volcano World. Advances in Volcanology (An Official Book Series of the International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior)* (pp. 1–13). Springer. https://doi.org/10.1007/11157_2015_12
- Lavigne, F., Thouret, J. C., Voight, B., Suwa, H., & Sumaryono, A. (2000). Lahars at Merapi

- volcano , Central Java : an overview. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 100, 423–456.
- Lavigne, Franck, De Coster, B., Juvin, N., Flohic, F., Gaillard, J. C., Texier, P., Morin, J., & Sartohadi, J. (2008). People's behaviour in the face of volcanic hazards: Perspectives from Javanese communities, Indonesia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172(3–4), 273–287. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2007.12.013>
- Marín, A., Vergara-Pinto, F., Prado, F., & Farías, C. (2020). Living near volcanoes: Scoping the gaps between the local community and volcanic experts in southern Chile. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 398, 106903. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2020.106903>
- Mulyaningsih, S., & Shaban, G. (2020). Geochemistry of basaltic Merbabu volcanic rocks, Central Java, Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience*, 7(2), 161–178. <https://doi.org/10.17014/ijog.7.2.161-178>
- Newhall, C. G., Bronto, S., Alloway, B., Banks, N. G., Bahar, I., Del Marmol, M. A., Hadisantono, R. D., Holcomb, R. T., McGeehin, J., Miksic, J. N., Rubin, M., Sayudi, S. D., Sukhyar, R., Andreastuti, S., Tilling, R. I., Torley, R., Trimble, D., & Wirakusumah, A. D. (2000). 10,000 Years of explosive eruptions of Merapi Volcano, Central Java: Archaeological and modern implications. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 100(1–4), 9–50. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(00\)00132-3](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(00)00132-3)
- Padang, M. N. Van. (1983). History of the volcanology in the former Netherlands East Indies. *Scripta. Geol*, 71, 1–76.
- Pannekoek, A. J. (1949). *Outline of the geomorphology of Java*. E.J. Brill.
- Pramono, H., & Ashari, A. (2014). *Geomorfologi Dasar* (Hartono (ed.)). UNY Press.
- Pratomo, I. (2006). Klasifikasi gunung api aktif Indonesia, studi kasus dari beberapa letusan gunung api dalam sejarah. *Jurnal Geologi Indo*, 1(4), 209–227.
- Ratih, S., Awanda, H. N., Saputra, A. C., & Ashari, A. (2018). Hidrogeomorfologi mataair kaki Vulkan Merapi bagian selatan. *Geomedia, Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian*, 16(1), 25–36.
- Riede, F. (2016). Volcanic activity and human society. *Quaternary International*, 394, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.08.090>
- Riyanto, S. (2015). Situs Liangan: Ragam Data, Kronologi, dan Aspek Keruangan. *Berkala Arkeologi*, 31(1), 33–58.
- Ruiz, P., Mana, S., Gutiérrez, A., Alarcón, G., Garro, J., & Soto, G. J. (2018). Geomorphological insights on human-volcano interactions and use of volcanic materials in pre-hispanic cultures

- of Costa Rica through the holocene. *Frontiers in Earth Science*, 6(February), 1–22. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00013>
- Santosa, L. W. (2006). Kajian hidrogeomorfologi mataair di sebagian lereng barat Gunungapi Lawu. *Forum Geografi*, 20(1), 68–85.
- Setyawati, S., Pramono, H., & Ashari, A. (2015). Kecerdasan Tradisional dalam Mitigasi Bencana Erupsi pada Masyarakat Lereng Baratdaya Gunungapi Merapi. *Socia*, 12(2), 100–110.
- Simoen, S. (2001). *Sistem Akuifer di Lereng Gunungapi Merapi Bagian Timur dan Tenggara, Studi Kasus di Kompleks Mataair Sungsang Boyolali Jawa Tengah*. 15(1), 1–16.
- Sudradjat, A., Syafri, I., & Paripurno, E. T. (2011). The Characteristics of Lahar in Merapi Volcano, Central Java as the Indicator of the Explosivity during Holocene. *Jurnal Geologi Indonesia*, 6(2), 69–74.
- Sutikno, Santosa, L. W., Widiyanto, Kurniawan, A., & Purwanto, T. H. (2007). “*Kerajaan Merapi*”, *Sumberdaya Alam dan Daya Dukungnya*. BPFM UGM.
- Tanudirjo, D. A., Yuwono, J. S. E., & Adi, A. M. W. (2019). Lanskap Spiritual Situs Liyangan. *Berkala Arkeologi*, 39(2), 97–120. <https://doi.org/10.30883/jba.v39i2.474>
- Verstappen, H. T. (2013). *Garis Besar Geomorfologi Indonesia* (Suratman (ed.); 1st ed.). Gadjah Mada University Press.
- Wardoyo, M. A. I., & Khotimah, N. (2021). Hidrogeomorfologi mata air stratovulkano di area Celah Selo Jawa Tengah. *Geomedia, Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian*, 19(2), 136–148.
- Zaennudin, A. (2010). The characteristic of eruption of Indonesian active volcanoes in the last four decades. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 1(2), 113–129.

LAPORAN PENELITIAN INSTITUSIONAL



Judul:

TANTANGAN DAN HAMBATAN MAHASISWA DALAM PEMBELAJARAN
DARING DI BAWAH PENGARUH VARIABILITAS KONDISI FISOGRAFIS
INDONESIA: PENGALAMAN DAN PERSPEKTIF MAHASISWA FAKULTAS
ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Oleh:

Drs. Suhadi Purwantara, M.Si./NIP. 19591129 198601 1 001

Arif Ashari, M.Sc./NIP. 198603022020121003

Sutanto Tri Juni Putro M.Sc./NIP. 198612062019031003

Muhamad Ervin

Bagas Syarifudin

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
TAHUN 2016

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN PENGEMBANGAN BIDANG ILMU

1. Judul Penelitian : Tantangan dan Hambatan Mahasiswa dalam Pembelajaran Daring di Bawah Pengaruh Variabilitas Kondisi Fisiografis Indonesia: Pengalaman dan Perspektif Mahasiswa Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta

2. Ketua Peneliti : Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.
 - a. Nama lengkap : Lektor Kepala
 - b. Jabatan :
 - c. Program Studi : Pendidikan Geografi - S2
 - d. Alamat : Perumahan Kavling UII No.20 Jl. Kaliurang Km. 14 Yogyakarta
 - e. Telepon : +6285226211591
 - f. e-mail : suhadi_p@uny.ac.id

3. Bidang Keilmuan : Sosial
4. Skim : Pengembangan Bidang Ilmu
5. Tema Penelitian Payung : Pendidikan Mitigasi
6. Sub Tema Penelitian : Kearifan lokal, lokalitas, dan indigenous knowledge Payung

7. Kelompok Peneliti :

No	Nama, Gelar	NIP	Bidang Keahlian
1.	Sutanto Tri Juni Putro M.Sc.	198612062019031003	
2.	Arif Ashari, M.Sc.	198603022020121003	
3.	Muhamad Ervin		
4.	Bagas Syarifudin		

8. Lokasi Penelitian : Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta
9. Waktu Penelitian : 1 Juni 2020 s/d 30 November 2016
10. Dana yang diusulkan : Rp. 40.000.000,00



Yogyakarta, 20 Mei 2016
Ketua Pelaksana

Dr. Suhadi Purwantara, M.Si.
NIP 19591129 198601 1 001

Tantangan dan Hambatan Mahasiswa dalam Pembelajaran Daring di Bawah Pengaruh Variabilitas Kondisi Fisiografis Indonesia: Pengalaman dan Perspektif Mahasiswa Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta

Oleh: Suhadi Purwantara, Arif Ashari, Sutanto Trijuni Putro

ABSTRAK

Pandemi COVID-19 telah berlangsung selama hampir dua tahun dan berdampak sangat luas terhadap berbagai aspek kehidupan. Selama masa pembelajaran daring, mahasiswa di perguruan tinggi melakukan proses belajar dari rumah dengan latar belakang lingkungan fisik daerah masing-masing yang beragam. Karakteristik fisiografis daerah asal dapat menimbulkan tantangan dan hambatan terhadap mahasiswa dalam pembelajaran daring. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Menganalisis variasi spasio-temporal berbagai tantangan dan kesulitan mahasiswa Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Yogyakarta (FIS UNY) dalam pembelajaran daring pada masa pandemi COVID-19, (2) Menganalisis pengaruh kondisi fisiografis terhadap tantangan dan kesulitan mahasiswa FIS UNY dalam pembelajaran daring.

Untuk mencapai tujuan tersebut, dilakukan survei terhadap mahasiswa FIS UNY yang telah mengikuti pembelajaran daring. Subyek dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa FIS UNY yang mengikuti pembelajaran daring pada tahun 2020 dan 2021. Jumlah seluruh anggota populasi dalam penelitian ini adalah 3923 mahasiswa, terdiri dari 3451 mahasiswa program sarjana dan 472 mahasiswa program magister. Sampel ditentukan dengan teknik cluster random sampling sejumlah 403 mahasiswa. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis skoring dan analisis statistik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta bertempat tinggal pada kondisi fisiografis yang beragam, yaitu: (1) lebih banyak yang tinggal di perdesaan daripada perkotaan, (2) mayoritas bertempat tinggal di pulau besar, (3) sebagian besar bertempat tinggal di dataran, sisanya tersebar pada berbagai bentanglahan antara lain vulkan, pegunungan, perbukitan, pesisir, dan karst. Umumnya, mahasiswa tidak terkendala akses internet yang diakses melalui jaringan seluler atau wifi karena kecepatannya cukup memadai untuk pembelajaran daring. Namun demikian, dalam kondisi cuaca tertentu akses internet semakin sulit sehingga mengurangi performa dalam belajar. Tantangan belajar lain yang dihadapi mahasiswa selama mengikuti pembelajaran daring dari rumah adalah gangguan dari aktivitas keluarga. Kondisi fisiografis tempat tinggal ternyata berdampak terhadap tantangan belajar mahasiswa. Mahasiswa yang tinggal di desa menghadapi tantangan lebih besar. Dari aspek bentanglahan, terdapat variasi tantangan belajar diantara mahasiswa yang bertempat tinggal di berbagai bentanglahan. Mahasiswa yang tinggal di daerah pegunungan menghadapi tantangan paling besar sementara mahasiswa di bentang lahan dataran menghadapi tantangan paling rendah.

Kata kunci: Pandemi COVID-19, pembelajaran daring, fisiografi

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sampai dengan pertengahan kuartal pertama tahun 2022, wabah COVID-19 masih terjadi di banyak negara di dunia. Wabah ini telah terjadi hampir dua tahun sejak pertama kali ditetapkan sebagai pandemi global oleh WHO pada 11 Maret 2020 (Chaudhry et al. 2020; Giuliani et al. 2020; Islam et al. 2021; Parry and Gordon 2021), menyusul kemunculan pertama kali di Wuhan, China, pada Desember 2019 (Kim and Castro 2020; Santos 2020). Dalam kurun waktu hampir dua tahun ini, pandemi telah menyebar ke berbagai negara dan berkembang dalam berbagai varian. Data dari WHO pada pekan kedua bulan Februari 2022 menunjukkan jumlah kasus positif di dunia telah mencapai 394,3 juta dengan 5,7 juta kematian. Tidak kurang dari 227 negara telah terdampak pandemi ini, termasuk Indonesia dengan total 4,5 juta kasus positif. Kemunculan varian omicron di sekitar pergantian tahun 2021-2022 disebut-sebut akan memicu terjadinya gelombang ketiga pandemi COVID-19. Situasi ini menunjukkan bahwa pandemi COVID-19 merupakan ancaman yang memerlukan tindakan penanganan yang serius.

Berbagai aspek kehidupan telah menerima dampak negatif yang massif akibat pandemi COVID-19 antara lain ekonomi (Tisdell 2020), sosial (Santos 2020), dan budaya (Burgess and Sievertsen 2020). Favale et al (2020) menjelaskan bahwa wabah ini berdampak terhadap kebiasaan dan kehidupan manusia, krisis kesehatan di berbagai negara yang belum pernah terjadi sebelumnya, dan dalam jangka waktu lama berpengaruh terhadap ekonomi dan struktur sosial masyarakat. Pendidikan termasuk dalam kelompok yang paling merasakan dampak negatif akibat pandemi COVID-19. Sebagai respon terhadap pandemi, berbagai negara memberlakukan kebijakan *lockdown* dan pembatasan kegiatan masyarakat. Dari waktu ke waktu kebijakan ini masih diterapkan di berbagai negara, bahkan pasca pemberian vaksinasi. Dalam kaitannya dengan pendidikan, pembatasan aktivitas telah menyebabkan pembelajaran normal secara tatap muka tidak dapat dijalankan sebagaimana biasanya. Burges and Sievertsen (2020) mengungkapkan bahwa pemberlakuan *lockdown* global dari institusi pendidikan menyebabkan gangguan mayor terhadap belajar siswa.

Indonesia termasuk negara yang memberlakukan kebijakan pembatasan kegiatan masyarakat selama pandemi COVID-19. Pada Bulan April 2020 diberlakukan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB), kemudian PSBB transisi yang mulai diterapkan pada 12 Oktober 2020. Pada tahun 2021 terdapat kebijakan Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan

Masyarakat (PPKM) yang diterapkan mulai 11 Januari 2021, dilanjutkan PPKM Mikro mulai 22 Februari 2021, PPKM Darurat mulai 3 Juli 2021, PPKM Nataru di periode pergantian tahun, serta PPKM berbagai level yang masih diberlakukan hingga Bulan Februari 2022. Berbagai institusi pendidikan terutama di tingkat pendidikan tinggi ditutup selama periode pembatasan kegiatan ini, tidak hanya di Indonesia namun juga di banyak negara di dunia (Burgess and Sievertsen 2020). Pembelajaran secara tatap muka di ruang kelas yang biasa dilakukan pada masa normal dipindahkan ke dalam sistem pembelajaran daring. Berbagai negara termasuk Indonesia telah menerapkan pembelajaran daring sejak awal masa pandemi (Chiodini 2020; Ng and Or 2020), dimana pada mulanya sistem pembelajaran ini lebih cenderung bersifat darurat (Murphy 2020). Dalam perkembangannya, sistem pembelajaran daring banyak mendapat berbagai perbaikan sehingga menjadi salah satu solusi yang paling diandalkan pada masa ini.

Permasalahannya kemudian adalah, pelaksanaan pembelajaran daring tidak terlepas dari berbagai kendala. Karakteristik fisiografis yang mempengaruhi kemudahan komunikasi secara daring ditambah dengan ketersediaan sarana dan prasarana di suatu wilayah seringkali menjadi kendala yang selanjutnya berdampak terhadap ketercapaian pembelajaran. Mahasiswa perguruan tinggi berasal dari berbagai daerah dan latar belakang yang beragam. Selama periode pembelajaran daring, mahasiswa melakukan aktivitas belajar dari rumah (BDR) dibawah kondisi fisiografis daerah asalnya masing-masing. Situasi ini dapat mendorong munculnya tantangan dan kesulitan yang bervariasi secara spasial, diantara mahasiswa yang bertempat tinggal di daerah perkotaan, perdesaan, daerah terpencil, pegunungan, dataran, pesisir, karst, dan lainnya. Karakteristik fisiografis wilayah dapat berpengaruh terhadap kondisi cuaca, jangkauan komunikasi, ketersediaan infrastruktur, serta lingkungan belajar yang mempengaruhi kegiatan belajar mahasiswa sebagaimana telah dilaporkan dalam berbagai studi terdahulu di India (Kapasia et al. 2020; Latha and Karalam 2021), Filipina (Barrot, Llenares, and del Rosario 2021), Etiopia (Mengistie 2021), serta berbagai negara sedang berkembang lainnya (Zarei and Mohammadi 2021).

Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta, dalam lima tahun terakhir rata-rata menerima mahasiswa sebanyak 940 mahasiswa, dengan rata-rata 825 mahasiswa program sarjana dan 115 mahasiswa program magister. Sebagai dampak dari dua tahun pandemi COVID-19 dan pemberlakuan kebijakan pembatasan kegiatan masyarakat, mahasiswa angkatan 2019 hingga 2021 ini telah mengikuti pembelajaran secara daring dengan durasi yang bervariasi antara satu hingga tiga semester. Selama pembelajaran

daring, mahasiswa belajar dari daerah asal masing-masing. Data sebaran daerah asal mahasiswa menunjukkan bahwa mahasiswa angkatan 2019 hingga 2021 berasal dari berbagai daerah di Indonesia dan karakteristik lingkungan fisik daerah asal yang sangat bervariasi. Dengan latar belakang ini sangat mungkin terdapat pengaruh kondisi lingkungan fisik daerah asal mahasiswa tersebut terhadap proses belajar dan capaian belajar mahasiswa. Berkaitan dengan permasalahan ini, studi ini dilakukan untuk menganalisis bagaimana tantangan dan hambatan yang dialami mahasiswa dalam pembelajaran daring dalam kaitannya dengan kondisi fisiografis daerah asalnya. Studi ini diharapkan dapat memberikan informasi alternatif mengenai tantangan dan hambatan yang dialami mahasiswa dalam pembelajaran online dibawah pengaruh kondisi fisiografis daerah tempat tinggalnya.

B. Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana tantangan dan kesulitan yang dialami oleh mahasiswa dalam pembelajaran daring pada masa pandemi COVID-19
2. Bagaimana pengaruh kondisi fisiografis terhadap tantangan dan kesulitan mahasiswa dalam pembelajaran daring

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis variasi spasial berbagai tantangan dan kesulitan mahasiswa dalam pembelajaran daring pada masa pandemi COVID-19
2. Menganalisis pengaruh kondisi fisiografis terhadap tantangan dan kesulitan mahasiswa dalam pembelajaran daring

D. Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam menyajikan informasi mengenai: (1) variasi spasial tantangan dan kesulitan mahasiswa dalam pembelajaran daring pada masa pandemi COVID-19, dan (2) pengaruh kondisi fisiografis terhadap tantangan dan kesulitan mahasiswa dalam pembelajaran daring. Informasi-informasi ini akan sangat penting sebagai refleksi pembelajaran daring yang telah dilaksanakan pada masa pandemi COVID-19. Selain itu, informasi ini juga dapat dimanfaatkan sebagai referensi bagi pengembangan dan inovasi pembelajaran daring pada masa mendatang. Secara khusus, informasi yang dihasilkan dari studi ini dapat digunakan sebagai referensi pengambilan kebijakan

pelaksanaan pembelajaran daring di perguruan tinggi, khususnya di Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Yogyakarta.

Selain menghasilkan informasi yang dapat bermanfaat sebagai referensi pengambilan kebijakan serta inovasi pembelajaran daring pada masa mendatang, penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat dalam menghasilkan luaran sebagai bahan ajar untuk beberapa mata kuliah terkait antara lain: (1) Studi Kebencanaan di Program Studi S1 Pendidikan Geografi, khususnya berkaitan dengan topik mengenai dampak bencana non alam terhadap pendidikan, (2) Geografi Perdesaan dan Perkotaan di Program Studi S1 Pendidikan Geografi, khususnya pada topik sarana-prasarana dan kondisi lingkungan desa dan kota dalam kaitannya dengan pendidikan, (3) Geografi Regional Indonesia di Program Studi S1 Pendidikan Geografi dan Fisiografi Indonesia di Program Studi S2 Pendidikan Geografi, yaitu mengenai karakteristik fisiografis suatu wilayah dan pengaruhnya terhadap pendidikan, (4) Studi masyarakat Indonesia di Program Studi S1 Pendidikan IPS dengan topik mengenai hubungan masyarakat dengan lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. State of the Art

Dalam kurun waktu hampir dua tahun, pandemi COVID-19 telah menimbulkan dampak yang luas baik positif maupun negatif. Berbagai studi terdahulu telah melaporkan bahwa pandemi COVID-19 membawa dampak positif terhadap perbaikan kualitas lingkungan. Mousazadeh dkk (2021) menunjukkan dampak positif pandemi terhadap kondisi lingkungan dan konsumsi energi di berbagai negara antara lain Italia, India, Jerman, Amerika Serikat, Prancis, Spanyol, Brasil, dan UK. Penurunan permintaan energi berpengaruh terhadap berkurangnya produksi energi dari batubara sehingga menyebabkan kualitas udara meningkat (Ali et al. 2021). Loh et al (2021) menjelaskan bahwa jumlah polusi di udara, air, tanah, dan kebisingan menunjukkan penurunan yang signifikan selama pandemi. Khan et al (2021) serta Tian et al (2021) menunjukkan bahwa pemberlakuan *lockdown* terhadap kota, industri, dan pergerakan penduduk di berbagai negara terbukti telah menurunkan polusi dan emisi gas rumah kaca yang nyata. Singh dan Mishra (2021) menjelaskan bahwa selain kualitas udara, kualitas air juga sungai mengalami peningkatan. Hal ini juga dibuktikan oleh berbagai studi seperti antara lain Mousazadeh et al (2021), Muduli et al (2021), Qiao et al (2021), dan Xu dkk (2021).

Dampak negatif pandemi COVID-19 juga telah banyak menarik perhatian para peneliti terdahulu. Studi terdahulu telah menganalisis dampak negatif pandemi dalam berbagai aspek kehidupan antara lain sosial, ekonomi, dan pendidikan. Dalam aspek sosial-ekonomi, selain menurunkan pendapatan masyarakat, pandemi COVID-19 juga menimbulkan berbagai permasalahan seperti resesi ekonomi (Abbasi-Shavazi 2021; Chaudhry et al. 2020; Tisdell 2020), ketersediaan pangan (Jefferies et al. 2020; Rivington et al. 2021), konsumsi rumah tangga dan kemiskinan (Martin et al. 2020), bahkan tekanan mental dan stress (Santos 2020). Berbagai studi tersebut telah mengkonfirmasi berbagai permasalahan tersebut yang kemunculannya dipicu oleh Pandemi COVID-19. Permasalahan sosial sebagai dampak dari pandemi COVID-19 yang cukup banyak mendapatkan perhatian adalah hubungan antar individu dalam keluarga Hamadani et al (2020), kesetaraan gender (Hupkau and Petrongolo 2020; Parry and Gordon 2021), dan kesetaraan etnis (Platt and Warwick 2020).

Selain aspek sosial-ekonomi, dampak negatif pandemi COVID-19 juga banyak terjadi dalam bidang pendidikan. Permasalahan utama pendidikan di masa pandemi COVID-19

adalah ditutupnya berbagai institusi pendidikan yang menyebabkan pembelajaran secara tatap muka tidak dapat dilaksanakan. Pembelajaran tatap muka dikonversi ke dalam pembelajaran online yang bersifat darurat dan banyak pihak belum siap untuk mengimplementasikan sistem ini (Dhawan 2020; Favale et al. 2020; Murphy 2020; Ngampornchai and Adams 2016). Permasalahan pendidikan inilah yang mula-mula banyak mendapat perhatian dalam berbagai studi. Dalam perkembangan selanjutnya, oleh karena pandemi yang berlangsung lama maka pembelajaran daring menjadi solusi yang sangat diandalkan bagi keberlanjutan pendidikan pada masa pandemi COVID-19. Berkaitan dengan hal ini, banyak pula studi yang secara khusus membahas tentang implementasi pembelajaran daring dan e-learning pada masa pandemi (Agopian 2022; Almaiah, Al-Khasawneh, and Althunibat 2020; Hu 2022; Ssemugenyi and Nuru Seje 2021; Turnbull, Chugh, and Luck 2021).

Selain pengembangan dan implementasi berbagai platform belajar daring, studi mengenai tantangan dan hambatan dalam pembelajaran daring juga telah banyak dilakukan di berbagai negara. Latha et al (2021) di India menunjukkan bahwa tidak semua wilayah memiliki prasarana internet yang baik untuk mendukung pembelajaran, terutama di wilayah perdesaan. Kondisi ini memicu stres, depresi, dan kecemasan selama pembelajaran dengan e-learning. Kapasia et al (2020) menambahkan, selain permasalahan jaringan internet, daerah perdesaan India juga menghadapi permasalahan lingkungan belajar yang kurang memadai. Sementara di Etiopia, daerah perdesaan tidak memiliki sumber tenaga listrik yang ideal untuk mendukung pembelajaran (Mengistie 2021). Zarei dan Mohammadi (2021) berdasarkan hasil studinya menunjukkan bahwa di negara sedang berkembang banyak siswa di daerah pedesaan dan daerah tertinggal yang tidak memiliki akses koneksi internet yang memadai dan efisien sehingga menyebabkan masalah dalam pendidikan. Di daerah terpencil, situasi semacam ini sangat banyak dijumpai misalnya daerah terpencil di pegunungan Vietnam (Lo 2021), maupun pulau kecil seperti yang dilaporkan oleh UNESCO dari Maldives. Di Indonesia, penggunaan e-learning dalam pendidikan tinggi di Indonesia selama masa pandemi COVID-19 telah banyak mendapatkan perhatian. Rahayu dan Supardi (Rahayu and Supardi 2021) mengidentifikasi berbagai platform yang digunakan dalam pembelajaran daring. Sementara itu Nurtjahjanti et al (2021) menyoroti tentang kesiapan penggunaan e-learning dalam pembelajaran daring.

Dibandingkan dengan berbagai studi terdahulu, studi ini juga akan membahas tentang tantangan dan kesulitan yang dialami oleh mahasiswa perguruan tinggi dalam pembelajaran daring di masa pandemi COVID-19. Berbeda dengan studi terdahulu, studi yang akan

dilakukan ini akan menghubungkan dengan kondisi lingkungan fisik sebagai faktor yang berperan dalam memicu munculnya kesulitan tersebut. Bukti mengenai pengaruh kondisi lingkungan fisik terhadap kesulitan dalam pembelajaran daring juga telah diungkap dalam berbagai studi terdahulu. Pengalaman di Filipina sebagaimana ditemukan oleh Barrot et al (2021) menunjukkan pengaruh dari hambatan fisik terhadap timbulnya kesulitan dalam pembelajaran daring. Sementara itu di Karibia, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (2021) menemukan bahwa letak geografis jangkauan dan kualitas pembelajaran online secara keseluruhan didikte jangkauan teknologi informasi dan energi. Kualitas dan keterjangkauan akses Internet dan infrastruktur sangat bervariasi antara perkotaan dan pedesaan, serta daerah dan pulau-pulau berpenduduk sedikit. Kondisi ini sangat berpengaruh terhadap ketercapaian pembelajaran.

Berbagai penelitian terdahulu yang memberikan landasan bagi penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat kesenjangan antara wilayah perkotaan dan pedesaan. Mahasiswa yang belajar secara daring dari lingkungan pedesaan relatif banyak menghadapi tantangan dan kesulitan dibandingkan yang berada di perkotaan. Chakraborty et al (2021) menjelaskan bahwa dalam sebuah studi yang dilakukan sesaat sebelum merebaknya COVID-19 ditemukan adanya kesenjangan digital antara daerah perkotaan dan pedesaan. Siswa di daerah pedesaan sering tidak memiliki akses yang memadai ke teknologi informasi dan komunikasi. Di Jamaika, misalnya, penetrasi internet di daerah dalam kota dan pedesaan masing-masing mencapai sekitar 50 persen dan 10 persen. Akibatnya sekitar 50-60 persen siswa belum menghadiri kelas daring sejak Maret 2020 (United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean 2021).

Masyarakat yang kurang beruntung secara ekonomi dan yang tinggal di daerah pedesaan seringkali memiliki akses terbatas ke teknologi digital. Padahal, akses yang baik ke teknologi digital adalah prasyarat untuk pendidikan daring. Siswa dengan akses terbatas ke teknologi digital dan siswa yang kurang memiliki pengetahuan tentang teknologi tersebut menghadapi masalah dalam beradaptasi dengan pendidikan online. Pada dasarnya, kesenjangan digital sudah ada sebelumnya dan semakin buruk pada masa pandemi. Beberapa siswa yang tinggal di rumah yang tidak cukup luas juga menghadapi masalah dalam menghadiri kelas online di rumah mereka (Chakraborty et al. 2021). Tinggal di rumah besar atau rumah kecil menimbulkan kekhawatiran tentang tingkat kebisingan yang tinggi, kurangnya privasi, bandwidth internet yang tidak memadai serta tanggung jawab untuk berkontribusi pada aktivitas rumah tangga (S. Khan, Kambris, and Alfalahi 2021).

Lingkungan yang terpencil menimbulkan kendala yang sangat merugikan. Pengalaman di Maladewa menunjukkan bahwa kondisi di pulau-pulau yang lebih terpencil sangat berbeda dengan kondisi di ibu kota. Siswa dari latar belakang yang kurang beruntung di pulau-pulau terpencil tidak mungkin belajar secara efektif dari pembelajaran jarak jauh berbasis rumah, terutama bentuk pembelajaran yang bergantung pada koneksi internet berkecepatan tinggi (UNICEF and UNESCO 2021). Permasalahan konektivitas bandwidth tinggi di antara lokasi terpencil ternyata juga terjadi di negara maju seperti Australia (Palvia et al. 2018). Di Indonesia, banyak sekolah dihadapkan pada tantangan jaringan internet untuk menunjang pembelajaran. Kondisi ini banyak terjadi di daerah dengan kualitas jaringan internet yang rendah, terutama di daerah pedesaan. Akses internet baik di pusat kota, namun ketika tinggal di daerah pedesaan akses internet menjadi buruk (Habibi et al. 2021).

B. Roadmap Penelitian

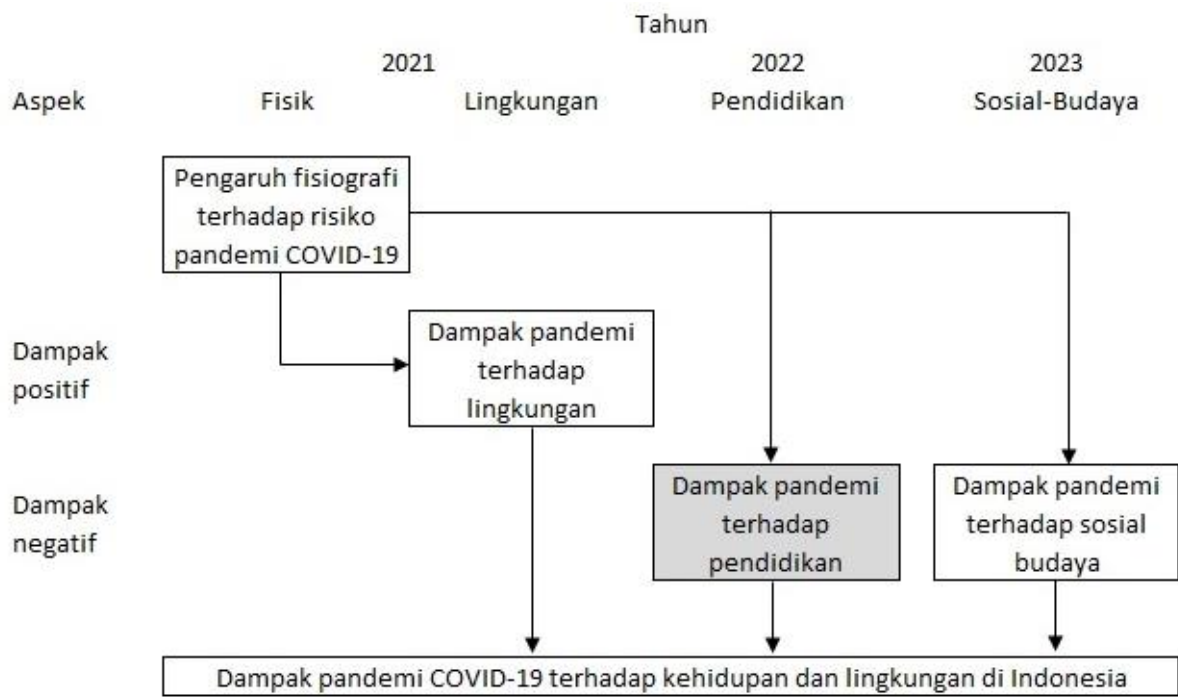
Studi mengenai dampak pandemi COVID-19 dalam pendidikan telah banyak dilakukan oleh para penulis terdahulu. Secara lebih spesifik, para penulis terdahulu juga telah banyak melakukan studi mengenai pembelajaran daring berbasis e-learning pada masa pandemi COVID-19. Adedoyin dan Soykan (2020) menguraikan gambaran umum tentang tantangan dan peluang pelaksanaan pembelajaran daring pada masa pandemi COVID-19, serta memberikan rekomendasi bagaimana pembelajaran daring yang baik dan bukan sekedar pembelajaran jarak jauh darurat. Lo (2021) dalam studinya di Vietnam mengidentifikasi tantangan pembelajaran online di daerah pegunungan dan daerah terpencil dan berhasil mengidentifikasi empat macam tantangan yaitu teknologi, pedagogi, lingkungan, dan sosial. Barrot et al (2021) di Filipina mengidentifikasi tantangan pembelajaran online, sekaligus upaya yang dilakukan sebagai solusi dalam mengatasi berbagai permasalahan pembelajaran online. Sementara itu Maatuk et al (2021) mengidentifikasi peluang dan tantangan dari sudut pandang mahasiswa dan pengajar.

Bao (2020) melakukan studi kasus pelaksanaan pembelajaran online di Universitas Peking, China, dan menemukan lima hal utama yang perlu dilaksanakan untuk keberhasilan pembelajaran daring. Chakraborty et al (2021) di India memfokuskan studi pada persepsi mahasiswa terhadap pembelajaran online yang telah diikuti. Studi yang sama mengenai persepsi mahasiswa juga dilakukan oleh Khan et al (2021). Sementara Latha dan Karalam (2021) mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi mahasiswa dalam pembelajaran online, baik pada jenjang sarjana maupun magister. Tantangan pembelajaran daring dalam

kaitannya dengan karakteristik geografis tertentu antara lain telah dilakukan oleh Seetal et al (2021) di pulau kecil maupun Lo (2021) di daerah pegunungan.

Penelitian terdahulu memiliki persamaan dan perbedaan dengan penelitian ini. Dibandingkan dengan penelitian terdahulu, penelitian ini juga mengidentifikasi tantangan dan kesulitan mahasiswa dalam pembelajaran online, baik pada jenjang sarjana maupun magister. Penelitian ini juga mengidentifikasi berbagai solusi yang dilakukan mahasiswa dalam mengatasi berbagai permasalahan yang dihadapi. Namun demikian, studi ini tidak menganalisis tentang persepsi mahasiswa terhadap pembelajaran online yang telah diikuti namun lebih fokus pada penemuan tantangan dan kesulitan, serta hubungannya dengan latar belakang lingkungan fisik daerah asal tempat mahasiswa. Dengan demikian studi ini tidak hanya berfokus pada mahasiswa tetapi juga melihat kemungkinan adanya interaksi antara manusia dengan lingkungan dalam konteks pelaksanaan pembelajaran daring.

Sebagai bagian dari roadmap penelitian, anggota tim penelitian ini juga telah melakukan studi mengenai dampak pandemi COVID-19 dalam penelitian sebelumnya. Studi yang telah dilakukan berkaitan dengan variasi spasio-temporal risiko COVID-19 pada wilayah yang memiliki variasi bentanglahan dan parameter meteorologis (Purwantara, Ashari, and Putro 2021), serta variasi spasio-temporal kualitas air dalam daerah aliran sungai (DAS) sebagai dampak positif dari pandemi (Mukminan et al. 2021). Berkaitan dengan studi sebelumnya, penelitian ini akan memberikan tindak lanjut dengan fokus pada dampak pandemi COVID-19 terhadap pendidikan. Dengan fokus penelitian pada bidang pendidikan, tim peneliti memperluas bidang kajian mengenai dampak pandemi COVID-19 yang telah dicapai. Namun demikian, sebagai studi lanjutan dari studi sebelumnya, pendekatan variasi spasial lingkungan fisik sebagaimana telah diterapkan dalam studi sebelumnya juga tetap digunakan dalam studi ini. Roadmap penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Roadmap penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif-survei. Penelitian ini menggunakan pendekatan kompleks wilayah yaitu dengan mempertimbangkan karakteristik fisik daerah asal dari subyek penelitian. Penelitian ini juga mengaplikasikan tema geografi dalam menganalisis permasalahan yaitu location, place, human-environment interaction, region, movement, dan landform. Subjek dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Yogyakarta, angkatan 2018-2021. Penelitian ini merupakan penelitian survey. Sebagian dari populasi penelitian dilibatkan sebagai responden survey.

B. Populasi dan Sampel

Jumlah seluruh anggota populasi dalam penelitian ini adalah 3923 mahasiswa, terdiri dari 3451 mahasiswa program sarjana dan 472 mahasiswa program magister. Sampel ditentukan dengan teknik cluster random sampling karena populasi tidak sekedar kumpulan individu tetapi kumpulan kelompok individu mahasiswa berdasarkan program studi. Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Yogyakarta memiliki 12 program studi terdiri dari delapan program studi sarjana dan empat program studi magister. Mahasiswa dari seluruh program studi terlibat sebagai sampel dalam penelitian ini namun pemilihannya dilakukan secara random dan tidak mempertimbangkan kuota antar program studi karena karakteristik pembelajaran daring diantara berbagai program studi cenderung homogen.

Jumlah sampel dalam penelitian ini adalah sebanyak 403 mahasiswa. Penentuan jumlah sampel dilakukan dengan menggunakan kalkulator population proportion-sample size yang disediakan oleh lama select-statistics.co.uk. Dengan margin of error yang dipilih sebesar 5%, tingkat kepercayaan 95%, dan jumlah populasi sebanyak 3.923 mahasiswa, maka jumlah sampel yang direkomendasikan adalah 350 sampel. Dalam penelitian ini kami menambahkan jumlah sampel menjadi 403. Formula yang digunakan oleh kalkulator population proportion-sample dalam menentukan jumlah sampel (n) adalah sebagai berikut:

$$n = N * X / (X + N - 1)$$

Dimana:

$$X = Z_{\alpha/2}^2 * p * (1-p) / MOE^2$$

$Z_{\alpha/2}$ adalah nilai kritis dari distribusi Normal pada $\alpha/2$ (misalnya untuk tingkat kepercayaan 95%, adalah 0,05 dan nilai kritis adalah 1,96), MOE adalah margin of error, p adalah proporsi sampel, dan N adalah ukuran populasi.

C. Jenis data dan Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini dikumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data pokok dalam penelitian ini. Data primer yang dimaksud adalah berbagai variabel yang berkaitan dengan tantangan dan kesulitan yang dihadapi mahasiswa selama pembelajaran daring, antara lain: (1) cara belajar, (2) ketersediaan dan/atau kepemilikan prasarana dan sarana pembelajaran daring, (3) kendala yang dihadapi dalam pembelajaran daring, (4) lokasi tempat tinggal dan aksesibilitas, dan (5) solusi untuk mengatasi kendala pembelajaran daring. Data primer diperoleh dengan menggunakan angket yang dibagikan untuk diisi oleh responden secara daring. Angket disiapkan dengan berbantuan media google form.

Selain data primer, dalam penelitian ini juga dikumpulkan berbagai data sekunder. Data sekunder berkaitan dengan karakteristik fisiografis tempat asal mahasiswa. Karakteristik fisiografis dalam penelitian ini dibatasi pada aspek yang berkaitan secara langsung dengan pembelajaran daring baik yang mempengaruhi kemudahan komunikasi maupun mempengaruhi lingkungan belajar. Aspek fisiografis yang dimaksud antara lain kondisi cuaca/iklim, bentuklahan, dan relief. Data sekunder diperoleh dari dokumentasi berbagai lembaga terkait. Data cuaca/iklim diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan Balai Besar Pengelolaan DAS, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Data bentuklahan dan relief diperoleh dari interpretasi citra satelit, *digital elevation model*, Peta Geologi, serta Peta Rupabumi Indonesia yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) dalam portal tanahair.indonesia.go.id. Pengumpulan data sekunder juga dilakukan dengan studi pustaka dari beberapa literatur yang relevan.

D. Variabel Penelitian

E. Teknik Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis skoring dan analisis statistik. Analisis skoring dilakukan untuk mengkuantitatifkan variabel tantangan dan hambatan mahasiswa serta karakteristik bentuklahan. Dari hasil skoring diperoleh data kuantitatif yang berupa data interval atau rasio, melengkapi data deskriptif yang

dikumpulkan dari angket dan data sekunder. Data kuantitatif hasil skoring selanjutnya ditindaklanjuti dengan analisis statistik. Teknik analisis statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji komparasi menggunakan *independent sample t-test* dan ANOVA, serta regresi menggunakan regresi linear sederhana.

Uji komparasi dilakukan dengan independent sample t-test digunakan untuk mengetahui perbedaan kesulitan belajar mahasiswa di wilayah perdesaan dengan perkotaan maupun daerah aksesibilitas baik dengan daerah terpencil. ANOVA digunakan untuk mengetahui perbedaan kesulitan belajar mahasiswa antar berbagai wilayah yang bervariasi secara fisiografis misalnya daerah pegunungan, dataran, karst, dan pesisir. Regresi linear sederhana digunakan untuk mengetahui bagaimana pengaruh kondisi fisiografis wilayah tempat tinggal terhadap tantangan dan kesulitan belajar yang dihadapi mahasiswa.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Responden

Responden dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Yogyakarta, yang pernah mengikuti pembelajaran daring pada masa pandemi COVID-19 tahun 2020 dan 2021. Responden mencakup empat angkatan mahasiswa yaitu 2018, 2019, 2020, dan 2021 dari delapan program studi sarjana dan empat program studi magister. Keikutsertaan dalam pembelajaran daring bervariasi di antara responden. Sebanyak 44,8% responden mengikuti pembelajaran daring selama empat semester; 44,5% responden mengikuti selama dua semester; 6,5% mengikuti selama satu semester, dan 4,2% mengikuti selama satu semester.

Asal daerah dan tempat tinggal responden juga bervariasi. Sebanyak 64,9% responden bertempat tinggal di kawasan perdesaan sedangkan 35,1% bertempat tinggal di kawasan perkotaan. Jarak dari tempat tinggal ke kantor kecamatan umumnya kurang dari 5 km (66,7%), sedangkan jarak ke kantor kabupaten umumnya lebih dari 10 km (45,8%). Sebanyak 96% responden bertempat tinggal di pulau besar dan 4% bertempat tinggal di pulau kecil. Mengacu kepada UURI No 27 Tahun 2007 dan UURI No 1 Tahun 2014, pulau kecil adalah pulau dengan luas kurang dari 2.000 km², misalnya Pulau Batam, Pulau Ambon. Pulau besar memiliki luas lebih dari 2.000 km², misalnya Pulau Sumatra, Jawa, Kalimantan, dan Bali. Adapun pulau dengan luas kurang dari 100 km² termasuk kategori pulau sangat kecil. Dalam studi ini tidak ada responden yang bertempat tinggal di pulau sangat kecil.

Dari aspek variasi bentuklahan, sebanyak 71,4 responden bertempat tinggal pada medan dataran rendah, selebihnya tersebar dalam lima bentuklahan yaitu perbukitan (7,5%), vulkan (7%), pesisir (6,5%), pegunungan (4,2%), dan karst (3,5%). Dari aspek ketinggian tempat tinggal, sebanyak 71,9% bertempat tinggal di dataran rendah dengan elevasi kurang dari 500 mdpal, sebanyak 24,4% responden tinggal di ketinggian 500-1000 mdpal, dan hanya 3,7% yang bertempat tinggal pada elevasi di atas 1.000 mdpal. Karena kebanyakan responden bertempat tinggal di dataran rendah, maka relief tempat tinggal responden umumnya datar (82,3%).

Penggunaan lahan di sekitar tempat tinggal responden sangat beragam. Bentuk penggunaan lahan yang paling banyak dijumpai diluar permukiman adalah sawah (71,1%). Selain itu lahan pekarangan yang kosong juga cukup banyak dijumpai (51,5%)

diikuti oleh lahan terbangun (43,8%), kebun campuran (38,1%), tegalan (26,4%), semak belukar (18,2%), dan hutan (16,9%). Berbagai variasi medan, relief, ketinggian tempat, dan penggunaan lahan akan berdampak terhadap berbagai aspek yang mempengaruhi kemudahan komunikasi dalam pembelajaran daring, termasuk diantaranya aspek iklim, jarak, aksesibilitas, serta kesediaan prasarana dan sarana komunikasi pendukung pembelajaran daring.

- B. Variasi spasial berbagai tantangan dan kesulitan mahasiswa dalam pembelajaran daring pada masa pandemi COVID-19**

- C. Pengaruh kondisi fisiografis terhadap tantangan dan kesulitan mahasiswa dalam pembelajaran daring**

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi-Shavazi, Mohammad Jalal. 2021. "COVID-19, Economic Recession, and the Refugee Situation." *International Migration* 59(1): 289–92.
- Adedoyin, Olasile Babatunde, and Emrah Soykan. 2020. "Covid-19 Pandemic and Online Learning: The Challenges and Opportunities." *Interactive Learning Environments*: 1–13.
- Agopian, Talar. 2022. "Online Instruction during the Covid-19 Pandemic: Creating a 21 St Century Community of Learners through Social Constructivism." *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*: 1–5.
- Ali, Ghaffar et al. 2021. "Environmental Impact of Shifts in Energy, Emmisions, and Urban Heat Island during the COVID-19 Lockdown across Pakistan." *Journal of Cleaner Production* 291: 125806.
- Almaiah, Mohammed Amin, Ahmad Al-Khasawneh, and Ahmad Althunibat. 2020. "Exploring the Critical Challenges and Factors Influencing the E-Learning System Usage during COVID-19 Pandemic." *Education and Information Technologies* 25(6): 5261–80.
- Bao, Wei. 2020. " COVID -19 and Online Teaching in Higher Education: A Case Study of Peking University ." *Human Behavior and Emerging Technologies* 2(2): 113–15.
- Barrot, Jessie S., Ian I. Llenares, and Leo S. del Rosario. 2021. "Students' Online Learning Challenges during the Pandemic and How They Cope with Them: The Case of the Philippines." *Education and Information Technologies* 26(6): 7321–38.
- Burgess, Simon, and Hans Henrik Sievertsen. 2020. "Schools, Skills, and Learning: The Impact of COVID-19 on Education." <https://voxeu.org/article/impact-covid-19-education> (May 15, 2020).
- Chakraborty, Pinaki et al. 2021. "Opinion of Students on Online Education during the COVID-19 Pandemic." *Human Behavior and Emerging Technologies* 3(3): 357–65.
- Chaudhry, Rabail et al. 2020. "A Country Level Analysis Measuring the Impact of Government Actions, Country Preparedness and Socioeconomic Factors on COVID-19 Mortality and Related Health Outcomes." *EClinicalMedicine* 25: 100464.
- Chiodini, Jane. 2020. "Online Learning in the Time of COVID-19." *Travel Medicine and Infectious Disease* 34: 101669.
- Dhawan, Shivangi. 2020. "Online Learning : A Panacea in the Time of COVID-19 Crisis." *Journal of Educational Technology Systems*: 1–18.
- Favale, Thomas et al. 2020. "Campus Traffic and E-Learning during COVID-19 Pandemic." *Computer Networks* 176: Article 107290.

- Giuliani, Diego, Maria Michela Dickson, Giuseppe Espa, and Flavio Santi. 2020. "Modelling and Predicting the Spatio-Temporal Spread of COVID-19 in Italy." *BMC Infectious Disease* 20(700).
- Habibi, Akhmad et al. 2021. "Mapping Instructional Barriers during Covid-19 Outbreak: Islamic Education Context." *Religions* 12(1): 1–14.
- Hamadani, Jena Derakhshani et al. 2020. "Immediate Impact of Stay-at-Home Orders to Control COVID-19 Transmission on Socioeconomic Conditions, Food Insecurity, Mental Health, and Intimate Partner Violence in Bangladeshi Women and Their Families: An Interrupted Time Series." *The Lancet Global Health* 8(11): e1380–89.
- Hu, Yung Hsiang. 2022. "Effects of the COVID-19 Pandemic on the Online Learning Behaviors of University Students in Taiwan." *Education and Information Technologies* 27(1): 469–91.
- Hupkau, Claudia, and Barbara Petrongolo. 2020. "Work, Care and Gender during the COVID-19 Crisis*." *Fiscal Studies* 41(3): 623–51.
- Islam, Ariful et al. 2021. "Spatiotemporal Patterns and Trends of Community Transmission of the Pandemic COVID-19 in South Asia: Bangladesh as a Case Study." *Biosafety and Health* 3(1): 39–49.
- Jefferies, Sarah et al. 2020. "COVID-19 in New Zealand and the Impact of the National Response: A Descriptive Epidemiological Study." *The Lancet Public Health* 5(11): e612–23.
- Kapasias, Nanigopal et al. 2020. "Impact of Lockdown on Learning Status of Undergraduate and Postgraduate Students during COVID-19 Pandemic in West Bengal, India." *Children and Youth Services Review* 116: 105194.
- Khan, I., D. Shah, and S. S. Shah. 2021. "COVID-19 Pandemic and Its Positive Impacts on Environment: An Updated Review." *International Journal of Environmental Science and Technology* 18(2): 521–30.
- Khan, Sarah, Mona El Kouatly Kambris, and Hamda Alfalahi. 2021. "Perspectives of University Students and Faculty on Remote Education Experiences during COVID-19- a Qualitative Study." *Education and Information Technologies* (0123456789).
- Kim, Sun, and Marcia C. Castro. 2020. "Spatiotemporal Pattern of COVID-19 and Government Response in South Korea (as of May 31, 2020)." *International Journal of Infectious Diseases* 98: 328–33.

- Latha, Rosaline Suvarna, and Sheeja Karalam. 2021. "Impact of Lockdown during COVID-19 Pandemic on the Learning Status of Undergraduate and Postgraduate Students of Bangalore." *Review of International Geographical Education Online* 11(5): 2556–69.
- Lo, Van Pang. 2021. "Online Teaching and Learning Challenges in a Mountainous and Remote Area of Vietnam." *Advances in Social Science, Education and Humanities Research: Proceedings of the 17th International Conference of the Asia Association of Computer-Assisted Language Learning (AsiaCALL 2021)* 533: 121–27.
- Loh, Hong Chuan et al. 2021. "Positive Global Environmental Impacts of the COVID-19 Pandemic Lockdown: A Review." *GeoJournal* 6.
- Maatuk, Abdelsalam M. et al. 2021. "The COVID-19 Pandemic and E-Learning: Challenges and Opportunities from the Perspective of Students and Instructors." *Journal of Computing in Higher Education* (0123456789).
- Martin, Amory, Maryia Markhvida, Stéphane Hallegatte, and Brian Walsh. 2020. "Socio-Economic Impacts of COVID-19 on Household Consumption and Poverty." *Economics of Disasters and Climate Change* 4(3): 453–79.
- Mengistie, Tilahun Adamu. 2021. "Higher Education Students' Learning in COVID-19 Pandemic Period: The Ethiopian Context." *Research in Globalization* 3: 100059.
- Mousazadeh, Milad et al. 2021. "Positive Environmental Effects of the Coronavirus 2020 Episode: A Review." *Environment, Development and Sustainability* 23(9): 12738–60.
- Muduli, P. R. et al. 2021. "Water Quality Assessment of the Ganges River during COVID-19 Lockdown." *International Journal of Environmental Science and Technology* 18(6): 1645–52.
- Mukminan et al. 2021. *Kualitas Air Sungai Di Daerah Aliran Sungai Opak Dan Progo Pada Masa Pandemi COVID-19*. Yogyakarta.
- Murphy, Michael P A. 2020. "COVID-19 and Emergency ELearning : Consequences of the Securitization of Higher Education for Post-Pandemic Pedagogy." *Contemporary Security Policy* (30 April 2020): 1–14.
- Ng, Yuet-ming, and Pui Lai Peggy Or. 2020. "Guest Editorial: Coronavirus Disease (COVID-19) Prevention: Virtual Classroom Education for Hand Hygiene." *Nurse Education in Practice* 45: 102782.
- Ngampornchai, Anchalee, and Jonathan Adams. 2016. "Students' Acceptance and Readiness for E-Learning in Northeastern Thailand." *International Journal of Educational Technology in Higher Education*: 13–34.

- Nurtjahjanti, Harlina, Anggun Resdasari Prasetyo, and Lusi Nur Ardhiani. 2021. "The Role of Resilience and Readiness for Change on Students' Interest in Learning: E-Learning Implementation During Covid-19." *Cakrawala Pendidikan* 40(3): 750–61.
- Palvia, Shailendra et al. 2018. "Online Education: Worldwide Status, Challenges, Trends, and Implications." *Journal of Global Information Technology Management* 21(4): 233–41.
- Parry, Bianca Rochelle, and Errolyn Gordon. 2021. "The Shadow Pandemic: Inequitable Gendered Impacts of COVID-19 in South Africa." *Gender, Work and Organization* 28(2): 795–806.
- Platt, Lucinda, and Ross Warwick. 2020. "COVID-19 and Ethnic Inequalities in England and Wales*." *Fiscal Studies* 41(2): 259–89.
- Purwantara, Suhadi, Arif Ashari, and Sutanto Tri Juni Putro. 2021. "The Relationship between Landscape and Meteorological Parameters on COVID-19 Risk in a Small-Complex Region of Yogyakarta, Indonesia." *Bulletin of Geography, Physical Geography Series* 21(1): 27–43.
- Qiao, Xue et al. 2021. "Surface Water Quality in the Upstream-Most Megacity of the Yangtze River Basin (Chengdu): 2000–2019 Trends, the COVID-19 Lockdown Effects, and Water Governance Implications." *Environmental and Sustainability Indicators* 10: 100118.
- Rahayu, S., and Supardi. 2021. "Exploring E-Learning Platforms Used by Students in Indonesia during the COVID-19 Pandemic." In *Educational Innovation in Society 5.0 Era: Challenges and Opportunities*, ed. Herwin Yoppi Wahyu Purnomo. London: Routledge, 6.
- Rivington, M. et al. 2021. "UK Food and Nutrition Security during and after the COVID-19 Pandemic." *Nutrition Bulletin* 46(1): 88–97.
- Santos, Rodrigo Mattos dos. 2020. "Health Isolation, Social Stress, Low Socioeconomic Status and Its Relationship to Immune Response in Covid-19 Pandemic Context." *Brain, Behavior, & Immunity - Health* 7: 100103.
- Seetal, Isma, Sandhya Gunness, and Viraiyan Teeroovengadum. 2021. *67 International Review of Education Educational Disruptions during the COVID-19 Crisis in Small Island Developing States: Preparedness and Efficacy of Academics for Online Teaching*. Springer Netherlands.
- Singh, Veer, and Vishal Mishra. 2021. "Environmental Impacts of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)." *Bioresource Technology Reports* 15: 100744.
- Ssemugenyi, Fred, and Tindi Nuru Seje. 2021. "A Decade of Unprecedented E-Learning Adoption and Adaptation: Covid-19 Revolutionizes Teaching and Learning at Papua New

- Guinea University of Technology (PNGUoT): ‘Is It a Wave of Change or a Mere Change in the Wave?’” *Cogent Education* 8(1): 1989997.
- Tian, Jie et al. 2021. “Impacts of Primary Emissions and Secondary Aerosol Formation on Air Pollution in an Urban Area of China during the COVID-19 Lockdown.” *Environment International* 150: 106426.
- Tisdell, Clement A. 2020. “Economic, Social and Political Issues Raised by the COVID-19 Pandemic.” *Economic Analysis and Policy* 68: 17–28.
- Turnbull, Darren, Ritesh Chugh, and Jo Luck. 2021. “Transitioning to E-Learning during the COVID-19 Pandemic: How Have Higher Education Institutions Responded to the Challenge?” *Education and Information Technologies* 26(5): 6401–19.
- UNICEF, and UNESCO. 2021. *Maldives Case Study: Situation Analysis on the Effects of and Responses to COVID-19 on the Education Sector in Asia*. Kathmandu and Bangkok: UNICEF and UNESCO.
- United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean. 2021. *Selected Online Learning Experience in the Caribbean during Covid-19*. Policy Bri.
- Xu, Hanqiu et al. 2021. “Lockdown Effects on Total Suspended Solids Concentrations in the Lower Min River (China) during COVID-19 Using Time-Series Remote Sensing Images.” *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation* 98: 102301.
- Zarei, Soraya, and Shahriar Mohammadi. 2021. “Challenges of Higher Education Related to E-Learning in Developing Countries during COVID-19 Spread: A Review of the Perspectives of Students, Instructors, Policymakers, and ICT Experts.” *Environmental Science and Pollution Research*.

LAPORAN RESEARCH GROUP
NAMA *RESEARCH GROUP*: GEOGRAFI FISIK

TAHUN ANGGARAN 2021

JUDUL PENELITIAN:
Pola Spasio-Temporal Persebaran Kasus Positif COVID-19
Berdasarkan Kondisi Bentanglahan dan Iklim di Yogyakarta



Oleh:

Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si. / NIP. 19591129 198601 1 001

Arif Ashari, S.Pd., M.Sc. / NIP. 19860302 202012 1 003

Sutanto Tri Juni Putro, S.Si., M.Sc. / NIP. 19861206 201903 1 003

Muhammad Asrori Indra Wardoyo / NIM. 17405244016

Bagas Syarifudin / NIM. 19405241008

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
TAHUN 2021

PRAKATA

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga laporan akhir penelitian dengan judul “Pola Spasio-Temporal Persebaran Kasus Positif COVID-19 Berdasarkan Kondisi Bentanglahan dan Iklim di Yogyakarta” dapat kami selesaikan. Penelitian ini didasari oleh kondisi pandemi COVID-19 di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) yang telah berlangsung kurang lebih satu tahun dan masih terus mengalami penyebaran. Melalui penelitian ini, tim peneliti berharap dapat mengkaji bagaimana pola spasio-temporal persebaran kasus Positif COVID-19 dibawah pengaruh karakteristik iklim dan bentanglahan di Provinsi DIY. Penelitian ini memiliki *roadmap* (peta jalan) yang berkaitan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang telah kami lakukan, yaitu di bawah payung penelitian mengenai mitigasi bencana. Sejak tahun 2018 hingga 2020 tim *research group* (RG) geografi fisik telah fokus pada analisis bahaya dan risiko serta analisis manajemen bencana, khususnya bencana alam. Pada tahun 2021 ini tim RG berupaya untuk mengembangkan studi mengenai analisis bahaya dan risiko bencana non-alam. Ke depan, analisis manajemen bencana sosial juga menjadi perhatian yang direncanakan dapat dikaji sebagai kelanjutan dari penelitian-penelitian dalam roadmap ini. Tim peneliti menyadari bahwa dalam laporan penelitian ini masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu kami mohon masukan dan saran dari tim reviewer untuk perbaikan penelitian ini kedepannya. Kami juga mengharapkan masukan atas pelaksanaan dan laporan penelitian ini dari reviewer. Semoga penelitian ini dapat berkontribusi dalam perkembangan ilmu geografi serta manajemen bencana khususnya di wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Yogyakarta, 30 Agustus 2021

Tim Peneliti

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Pola Spasio-Temporal Persebaran Kasus Positif COVID-19
Berdasarkan Kondisi Bentanglahan dan Iklim di Yogyakarta

Peneliti/Pelaksana
Nama lengkap : Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta
NIDN : 0029115912
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Pendidikan Geografi - S1
Nomor HP : +6285226211591
Alamat surel (e-mail) : suhadi_p@uny.ac.id

Anggota (1)
Nama Lengkap : Arif Ashari, S.Pd., M.Sc.
NIDN : 0002038603
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta

Anggota (2)
Nama Lengkap : Sutanto Tri Juni Putro, S.Si., M.Sc.
NIDN : 0506128602
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta

Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra : -
Alamat Institusi Mitra : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : -
Biaya Tahun Berjalan : Rp. 18.000.000,00

Mengetahui,

Yogyakarta, 22 Agustus 2021

Dekan Fakultas Ilmu Sosial,

Ketua Pelaksana,



Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.

NIP 19591129 198601 1 001

Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.

NIP 19591129 198601 1 001

ABSTRAK

Pandemi COVID-19 menunjukkan gejala yang semakin bertambah parah setiap waktunya. Sedangkan, pemahaman mengenai pandemi ini masih minim, utamanya kondisi di negara tropis seperti Indonesia. Banyak kajian membahas keterkaitan antara pandemi ini dengan berbagai parameter fisik yang ada seperti iklim dan parameter sosial seperti mobilitas. Namun, belum ada yang mencoba mengkaji kondisi tersebut dengan kondisi bentuklahan (*landform*). Sehingga kajian ini memberikan gagasan baru mengenai hubungan kedua hal tersebut, ditambah dengan hubungannya dengan kondisi meteorologis, khususnya di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY).

Data yang digunakan berupa data bentuklahan hasil delineasi DEM, data iklim mencakup presipitasi, temperatur, kelembaban, serta kecepatan dan arah angin. Data iklim berasal dari pemodelan dan citra satelit. Data yang mewakili COVID berasal dari peta zonasi risiko COVID-19 rilis dari BPBD DIY per 27 Juli 2021. Data-data tersebut kemudian dianalisis menggunakan regresi sederhana antar parameternya. Selain itu pola distribusi spasial COVID-19 dilakukan dengan menghitung p dan z value.

Berdasarkan hasil analisis data ditemukan bahwa tidak terdapat hubungan antara pandemi dan faktor fisik, serta asumsi bentuklahan berasosiasi dengan mobilitas tidak terbukti. Ditemukan bahwa terdapat kemungkinan mobilitas melampaui aksesibilitas, sehingga daerah yang dari sisi topografi dan aksesibilitas sulit ternyata memiliki tingkar risiko tinggi. Sebaran risiko yang ada tidak menunjukkan pola, namun secara umum bersifat acak. Sebaran pandemi lebih dipegaruhi oleh mobilitas penduduk dan sudah bergerak ke arah sindemik.

DAFTAR ISI

LAPORAN RESEARCH GROUP	1
PRAKATA	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. State of the Art	5
B. Roadmap Penelitian	8
BAB III. METODE PENELITIAN	10
1. Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data	10
2. Teknik Analisis Data	11
3. Biaya Penelitian	12
4. Jadwal Penelitian	12
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	14
A. Hasil	14
1. Risiko COVID-19 di DIY	14
2. Bentuklahan	15
3. Temperatur	20
4. Presipitasi	21
5. Arah dan kecepatan angin	21
6. Kelembaban udara	21
B. Pembahasan	22
C. Keterbatasan	27
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	28
A. Kesimpulan	28
B. Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	36

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data penelitian yang digunakan.....	11
Tabel 2. Jadwal Penelitian.....	13
Tabel 3. Ketersediaan peta zona risiko COVID-19 per 27 Juli 2021.....	14
Tabel 4. Nilai p dan z dalam perhitungan pola risiko COVID-19 DIY	15
Tabel 5. Bentuklahan DIY	16
Tabel 6. Kondisi bentuklahan di beberapa lokasi	18
Tabel 7. Hasil regresi antara risiko COVID-19 dan parameter fisik terpilih.....	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Roadmap Penelitian RG Geografi Fisik, Prodi Pendidikan Geografi	8
Gambar 2. Sampel kondisi 5 Kecamatan di DIY.....	23
Gambar 3. Data penurunan mobilitas di DIY	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Zonasi Risiko COVID-19 di DIY.....	37
Lampiran 2. Peta Bentuklahan DIY	38
Lampiran 3. Peta Temperatur DIY (dalam °C).....	39
Lampiran 4. Peta Presipitasi DIY (dalam mm).....	40
Lampiran 5. Peta Arah dan Kecepatan Angin di DIY (kecepatan dalam m/s)	41
Lampiran 6. Peta Kelembaban Udara Relatif di DIY (%)	42
Lampiran 7. Rekap Kondisi Risiko COVID-19 per-Kecamatan di DIY	43
Lampiran 8. Korelasi sederhana antara faktor risiko dan tebal hujan (mm).....	46
Lampiran 9. Korelasi sederhana antara faktor risiko dan temperatur (°C)	47
Lampiran 10. Korelasi sederhana antara faktor risiko dan kelembaban relatif (%)....	48
Lampiran 11. Korelasi sederhana antara faktor risiko dan kecepatan angin (m/s)	49
Lampiran 12. Korelasi sederhana antara faktor risiko dan bentuklahan.....	50
Lampiran 13. Penggunaan anggaran.....	51

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pandemi COVID-19 yang pertama kali dilaporkan di Wuhan, China, pada Desember 2019 (Santos, 2020) kemudian dideklarasikan oleh WHO sebagai pandemi global pada 11 Maret 2020 (Chaudhry, Dranitsaris, Mubashir, Bartoszko, & Riazi, 2020) telah berdampak secara luas bagi kehidupan masyarakat di seluruh dunia. Hingga akhir Bulan Oktober 2020, kasus baru masih terus terjadi di berbagai negara. Data WHO pada tanggal 21 Oktober 2020 (World Health Organization, 2020) menunjukkan lebih dari 40 juta kasus telah terkonfirmasi dari seluruh dunia, dengan jumlah kematian mencapai 1,1 juta. Sementara itu di Indonesia, data pada hari yang sama dari Satgas Penanganan COVID-19 (Satuan Tugas Penanganan COVID-19, 2020) menunjukkan telah terjadi 373.109 kasus positif, dengan jumlah kematian mencapai 3,4%. Selama kurun waktu tersebut, pandemi COVID-19 telah banyak menyebabkan terganggunya sistem ekonomi (Tisdell, 2020), sosial (Santos, 2020), dan budaya (Burgess & Sievertsen, 2020), dalam kehidupan.

Salah satu upaya yang dilakukan dalam melawan pandemi COVID-19 adalah memutus mata rantai penyebaran virus. Pemodelan spasio-temporal yang secara akurat dapat menginformasikan pola persebaran antar wilayah dari waktu ke waktu sangat diperlukan dalam monitoring guna memutus penyebaran ini. Lebih lanjut, temuan berupa pola spasio-temporal juga memberikan informasi mengenai perilaku penyebaran wabah dalam suatu wilayah sehingga dapat digunakan sebagai referensi dalam mitigasi bencana sejenis pada masa mendatang.

Berbagai studi mengenai penyebaran kasus positif COVID-19 menunjukkan adanya kontribusi dari karakteristik lingkungan fisik di suatu wilayah penyebaran COVID-19. Iklim dan bentanglahan merupakan komponen lingkungan fisik yang berpengaruh. Hasil studi menunjukkan bahwa jumlah kasus positif banyak dijumpai pada daerah dengan suhu udara yang rendah (Rios et al., 2020), suhu udara dan kelembaban relatif yang tinggi mengurangi penularan COVID-19, sedangkan suhu rendah, kecepatan

angin, suhu titik embun, embun beku, curah hujan dan tekanan permukaan memperpanjang aktivasi dan infektivitas virus (Sarkodie & Owusu, 2020), serta peningkatan suhu udara dan kelembapan relatif udara berpengaruh terhadap penurunan kasus baru dan kematian baru harian (Wu et al., 2020). Secara umum pengaruh cuaca terhadap penyebaran COVID-19 masih kurang dipahami, padahal parameter cuaca yang rentan akan membantu dalam mengklasifikasikan wilayah geografis yang berisiko di berbagai negara (Gupta, Raghuwanshi, & Chanda, 2020).

Provinsi DIY merupakan wilayah di Indonesia yang memiliki kompleksitas bentanglahan dan variasi kondisi iklim. Wilayah ini pada tahun 2019 ditempati oleh tidak kurang dari 3,8 juta penduduk (Bidang Integrasi Pengolahan dan Diseminasi Statistik, 2020) yang tersebar di berbagai bentuklahan, antara lain kaki vulkan, dataran kaki vulkan, dataran fluviovulkan, pegunungan struktural terdenudasi, karst, dan daerah kepebisiran. Masing-masing bentuklahan memiliki kondisi medan yang berbeda, yang berpengaruh terhadap pola permukiman, aksesibilitas, mobilitas, bahkan juga menentukan variasi iklim. Menarik untuk diketahui lebih lanjut bagaimana kaitan antara dari variasi bentanglahan dan iklim di Yogyakarta dengan persebaran COVID-19.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh bentanglahan dan iklim terhadap persebaran kasus positif COVID-19 di wilayah Provinsi DIY. Urgensi penelitian ini adalah bahwa studi mengenai karakteristik penyebaran wabah penyakit yang merupakan jenis bencana non-alam berdasarkan UU No 24 Tahun 2007 masih relatif sedikit dibandingkan dengan bencana alam. Studi yang menganalisis peran dari lingkungan fisik terhadap penyebaran pandemi juga relatif masih kurang, padahal wilayah Indonesia khususnya Provinsi DIY memiliki karakteristik bentanglahan dan iklim yang bervariasi. Penelitian ini merupakan penelitian dasar unggulan perguruan tinggi dengan bidang fokus riset kebencanaan, pada tema teknologi dan manajemen lingkungan, dengan topik mengenai penyebaran penyakit.

B. Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pola spasio-temporal penyebaran kasus positif COVID-19 berdasarkan zonasi bentanglahan dan iklim di wilayah Yogyakarta?
2. Bagaimana pengaruh karakteristik bentanglahan dan elemen iklim terhadap penyebaran kasus positif COVID-19 di wilayah Yogyakarta?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis pola spasio-temporal penyebaran kasus positif COVID-19 berdasarkan zonasi bentanglahan dan iklim di wilayah Yogyakarta
2. Menganalisis pengaruh karakteristik bentanglahan dan elemen iklim terhadap penyebaran kasus positif COVID-19 di wilayah Yogyakarta

D. Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam menyajikan informasi mengenai: (1) pola spasio-temporal penyebaran kasus positif COVID-19 berdasarkan zonasi bentanglahan dan iklim dan (2) pengaruh karakteristik bentanglahan dan elemen iklim terhadap penyebaran kasus positif COVID-19, di wilayah Yogyakarta. Informasi-informasi ini akan sangat penting untuk melihat bagaimana kecenderungan penyebaran virus di suatu wilayah dibawah kendali karakteristik bentanglahan dan berbagai elemen iklim di wilayah tersebut. Informasi semacam ini sangat dibutuhkan sebagai referensi dalam pencegahan dan/atau penanganan pandemi virus di suatu wilayah. Lebih lanjut, hasil studi ini juga memberikan informasi yang mendukung berbagai langkah mitigasi untuk menangani permasalahan yang sama pada masa mendatang.

Selain menghasilkan informasi yang dapat bermanfaat sebagai referensi pengambilan kebijakan dalam pengurangan risiko bencana, penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat dalam menghasilkan luaran sebagai bahan ajar untuk beberapa mata kuliah terkait antara lain: (1) studi kebencanaan, khususnya dalam topik

mitigasi bencana non alam; (2) Sistem Informasi Geografis, khususnya mengenai implementasi SIG untuk membuat pemodelan pola penyebaran pandemi virus; (3) Penginderaan Jauh, khususnya dalam aplikasi metode penginderaan jauh untuk akuisisi data bentanglahan; (4) geografi pembangunan dan perencanaan wilayah, khususnya pada topik tata ruang wilayah berdasarkan karakteristik landform dan iklim; (5) Geomorfologi, khususnya pada topik terapan geomorfologi untuk penanganan bencana alam serta (6) Meteorologi dan Klimatologi, khususnya pada topik pengaruh iklim terhadap kehidupan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *State of the Art*

Studi mengenai persebaran spasial dari pandemi COVID-19 telah banyak dilakukan oleh para peneliti terdahulu dari berbagai negara. Franch-Pardo dkk melakukan review terhadap 63 artikel dan memperoleh hasil bahwa melalui geografi dapat dilakukan pemetaan penyebaran penyakit (Franch-Pardo, Napoletano, Rosete-Verges, & Billa, 2020). Pemahaman mengenai spasio-temporal sangat penting karena dapat membantu dalam memahami sejauh mana pandemic telah berlangsung dan bagaimana dampaknya. Analisis spasial terhadap wabah COVID-19 juga dilakukan oleh Kang, Choi, Kim, dan Choi pada tahun 2020) di China. Penelitian ini mengeksplorasi dinamika spasial COVID-19 di China daratan, dengan mengimplementasikan spasial analisis dan *neighborhood* untuk menentukan apakah ada asosiasi spasial dari infeksi COVID-19. Dari berbagai model yang diujicobakan ternyata terdapat hubungan spasial yang signifikan dari pandemi ini. Cordes dan Castro pada tahun 2020 melakukan analisis spasial terhadap cluster COVID-19 di New York City. Penelitian ini berhasil mengidentifikasi zonasi penyebaran COVID-19 berdasarkan beberapa parameter sosial masyarakat di kota tersebut.

Studi mengenai persebaran pandemi COVID-19 dengan mengkombinasikan informasi keruangan dengan persebaran antar waktu juga telah banyak dilakukan melalui analisis spasiotemporal. Alkhamis et al. pada tahun 2020 melakukan studi tentang dinamika spasio-temporal COVID-19 di Kuwait. Studi ini menyoroti penyebaran dan pengelompokan di dalam dan antar pekerja migran dengan penduduk. Penyebaran dalam jumlah yang signifikan terjadi pada pekerja migran karena berada di daerah padat penduduk dan kualitas kehidupan yang buruk. Dengan melakukan pengamatan antar waktu, dapat diprediksi jumlah kasus dan kluster yang muncul sehingga memberikan panduan untuk pengambilan keputusan secara cepat melalui intervensi pemerintah. Berdasarkan analisis pola spasiotemporal di Korea Selatan, terhadap kasus di 250 distrik antara 20 Januari hingga 31 Mei 2020, hasil studi

menunjukkan bahwa pola spasial cluster berubah dan durasi cluster mengalami pemendekan dari waktu ke waktu (Kim & Castro, 2020).

Giuliani, Dickson, Espa, dan Santi pada tahun 2020 melakukan studi mengenai pemodelan dan prediksi penyebaran secara spasiotemporal dari COVID-19 di Italia. Melalui penelitian ini dilakukan analisis tren epidemi COVID-19 sepanjang ruang dan waktu dengan cara memodelkannya. Penelitian ini berhasil menemukan pola penyebaran yang dimulai dari kawasan tertentu hingga akhirnya menyebar di 107 provinsi di Italia. Secara temporal, terdapat pola yang bervariasi dalam mencapai puncak penyebaran diantara berbagai wilayah. Studi lain oleh Islam dkk dilakukan untuk mengidentifikasi pola spasiotemporal pandemi COVID-19 di Asia Selatan dan tren transmisinya dalam masyarakat. Berdasarkan pengolahan data dari WHO dan *wordlometer database* sejak awal pandemi hingga 15 Mei 2020, penelitian ini berhasil mengidentifikasi *hot spot* dan *cold spot* dalam penyebaran pandemi di wilayah tersebut (A. Islam et al., 2020). Studi mengenai analisis spasiotemporal dan identifikasi hotspot COVID-19 menggunakan GIS juga dilakukan oleh Shariati dkk. Studi ini memetakan secara spasial persebaran COVID-19 di berbagai negara di seluruh dunia. Secara temporal, studi ini memetakan kapan puncak *cumulative mortality rate* di berbagai negara.

Studi mengenai pengaruh iklim dalam persebaran COVID-19 telah banyak dilakukan. Para peneliti terdahulu ada yang melakukan studi di wilayah lintas negara (Rios et al., 2020; Sarkodie & Owusu, 2020), dalam satu region seperti di Amerika Selatan (Zhu et al., 2020) dan Afrika (Adekunle, Tella, Oyesiku, & Oseni, 2020), dalam satu wilayah negara seperti di Amerika Serikat (Gupta et al., 2020), (Chien & Chen, 2020), Singapura (Pani, Lin, & RavindraBabu, 2020), China (C. Lin et al., 2020), (Huang et al., 2020), (S. Lin et al., 2020), India (S. Kumar, 2020), Arab Saudi (Alkhowailed et al., 2020), dan Bangladesh (A. R. M. T. Islam et al., 2020), serta dalam satu wilayah spesifik di dalam negara seperti di New Jersey, Amerika Serikat (Dogan, Jebli, Shahzad, & Farooq, 2020), Mumbai, India (G. Kumar & Kumar, 2020), Delhi, India (Singh, Bhardwaj, & Kumar, 2020), dan Jakarta, Indonesia (Tosepu et al., 2020).

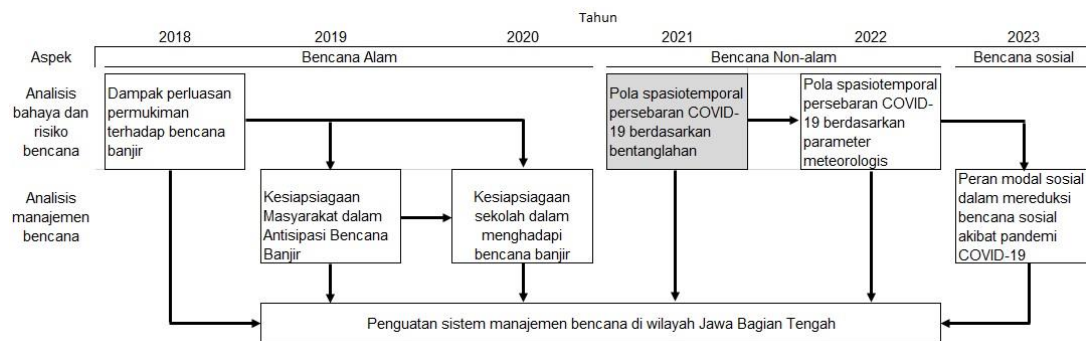
Penelitian tersebut telah mengidentifikasi berbagai parameter meteorologi yang berpengaruh terhadap persebaran COVID-19 antara lain: suhu udara, kelembapan relatif, kelembapan absolut, arah dan kecepatan angin, hujan, frost, dan titik embun. Analisis pengaruh parameter meteorologis terhadap penyebaran COVID-19 mengacu pada asumsi bahwa karakteristik COVID-19 relatif sama dengan MERS, SARS, dan Influenza, dimana faktor cuaca sangat berpengaruh terhadap penularan penyakit. Oleh karena itu pengaruh parameter meteorologis sangat penting, walaupun dalam banyak diskusi masih dipandang kontroversial (Wu et al., 2020). Diantara berbagai studi yang telah dilakukan tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu dan kelembapan sangat berpengaruh terhadap penyebaran COVID-19. Parameter meteorologi yang lain juga berpengaruh, namun tidak lebih besar dari pengaruh suhu dan kelembapan udara. Pentingnya pengaruh suhu udara dan kelembapan udara dalam persebaran COVID-19 juga nampak dari berbagai hasil penelitian yang secara khusus menganalisis kedua parameter meteorologis ini, dimana suhu dan kelembapan tinggi diketahui dapat menekan penyebaran pandemi (Wu et al., 2020). Dalam studi yang lain diulas pengaruh suhu dan kelembapan spesifik udara, dengan kesimpulan bahwa cuaca harus dipertimbangkan dalam pemodelan penyakit menular (Runkle et al., 2020).

Jika dikomparasikan dengan berbagai penelitian terdahulu, penelitian ini juga akan menganalisis pengaruh parameter meteorologis terhadap persebaran COVID-19 di DIY. Mengacu pada penelitian sebelumnya, parameter meteorologis yang paling penting untuk dianalisis adalah suhu udara dan kelembapan udara. Dengan mempertimbangkan bahwa Indonesia merupakan daerah dengan curah hujan tinggi, dimana curah hujan sangat berkaitan dengan keberadaan uap air di atmosfer, maka pengaruh curah hujan juga akan dianalisis. Penelitian terdahulu umumnya masih menganalisis parameter iklim tanpa banyak mempertimbangkan variasi bentanglahan dalam wilayah tersebut. Sementara itu dalam penelitian ini, variasi bentanglahan di Provinsi DIY yang ada kaitannya dengan variasi parameter meteorologis, akan digunakan sebagai dasar analisis spasio-temporal. Selain itu juga akan dianalisis lebih lanjut apakah ada keterkaitan antara variasi bentanglahan dan iklim terhadap

persebaran COVID-19 secara spasial maupun temporal. Pengaruh bentanglahan merupakan aspek yang masih sangat sedikit dibahas dalam penelitian terdahulu. Dalam salah satu studi dianalisis mengenai pengaruh rural landscape (Agnoletti, Manganelli, & Piras, 2020), namun bukan landscape dalam konteks variasi medan. Padahal, kondisi medan sangat menentukan persebaran permukiman, mobilitas, dan aksesibilitas suatu wilayah sehingga menentukan persebaran pandemi melalui kontak antar manusia.

Dibandingkan dengan studi-studi yang telah dilakukan diatas, terdapat kesamaan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya. Penelitian ini juga akan menggunakan analisis mengenai pola spasio-temporal dari persebaran COVID-19. Namun demikian, penelitian ini akan menggunakan metode analisis SIG dengan *average nearest neighbour* untuk mengidentifikasi pola persebaran risiko COVID-19 di DIY. Metode ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang banyak menggunakan statistik spasial. Penelitian sebelumnya juga belum memperhatikan variasi bentanglahan dan iklim dalam suatu wilayah. Unit analisis yang digunakan umumnya berdasarkan pada batas administratif dengan mempertimbangkan variabel sosial ekonomi penduduk di wilayah tersebut. Penelitian ini menggunakan variasi bentanglahan dan kondisi iklim sebagai unit analisis.

B. Roadmap Penelitian



Gambar 1. Roadmap Penelitian RG Geografi Fisik, Prodi Pendidikan Geografi

Penelitian ini merupakan bagian dari *roadmap* penelitian tim RG geografi fisik dengan tema utama adalah bencana. Secara spesifik, penelitian ini masuk kedalam tema

bencana, yang telah dikembangkan sejak tahun 2018 dengan berbagai judul penelitiannya (lihat Gambar 1). Sebelumnya, penelitian terkait bencana lebih terkonsentrasi kepada bencana alam, sejak adanya pandemi COVID-19 dan sebagai wujud kontribusi peneliti dalam upaya lebih memahami kondisi COVID-19 di Indonesia, maka dilakukanlah penelitian ini. Penelitian ini masuk kedalam jenis bencana non-alam yang memiliki kaitan dengan kondisi alam dan sosial lingkungan.

BAB III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif dengan pendekatan geografi yaitu pendekatan kompleks wilayah. Penelitian ini juga menggunakan tema-tema geografi dalam menganalisis permasalahan yaitu *location, place, human-environment interaction, region, movement*, dan *landform*. Subjek penelitian ini adalah seluruh wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Objek yang dikaji adalah persebaran kasus positif COVID-19, karakteristik bentuklahan, serta kondisi parameter meteorologis yang meliputi suhu udara, kelembapan udara, arah dan kecepatan angin, serta hujan

A. Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data

Terdapat dua jenis data yang dikumpulkan, berupa data primer dan data sekunder (Tabel 1). Data primer yang dikumpulkan berupa data identifikasi bentuklahan di beberapa titik sampel yang digunakan sebagai penguat deskripsi dari karakteristik bentuklahan hasil deliniasi. Sampel ditentukan secara purposive sesuai bentuklahan yang ada.

Data sekunder dalam penelitian ini merupakan data utama yang digunakan untuk analisis. Data sekunder yang dikumpulkan antara lain adalah data iklim, bentuklahan, dan kondisi COVID-19 di DIY. Idealnya, data covid yang digunakan adalah data penambahan kasus covid harian per-kecamatan di DIY. Namun, sejak dilakukan penelitian, dan koordinasi dengan instansi terkait baik BPBD, dan Dinas Kesehatan Provinsi DIY melalui surat, hingga laporan ini disusun, belum memperoleh data yang diharapkan. Sehingga, peneliti menggunakan alternatif lain dalam upaya mengisi kebutuhan data penelitian. Data pengganti yang digunakan untuk mengisi kebutuhan data kasus Covid DIY adalah peta zonasi risiko Covid-DIY yang dirilis oleh BPBD DIY per 27 Juli 2021 secara berkala. Walaupun demikian tidak semua peta mewakili setiap bulan.

Selain itu, secara ideal, seharusnya digunakan data meteorologis hasil pengukuran secara langsung di lapangan secara temporal dan spasial yang panjang.

Namun, di DIY, data tersebut tidak ada dikarenakan jumlah dan sebaran yang minim. Bahkan data dari BMKG hanya mencakup 2 stasiun hujan. Kondisi tersebut menyebabkan tidak memungkinkan dilakukan generalisasi data untuk mewakili seluruh area di DIY. Kondisi tersebut diatasi dengan menggunakan data pemodelan iklim dan data satelit cuaca yang mewakili area DIY sesuai dengan rentang waktu yang dibutuhkan.

Tabel 1. Data penelitian yang digunakan

No	Jenis Data	Nama Data	Sumber
1	Primer	Hasil identifikasi bentuklahan	Survei terestris
2	Sekunder	Delineasi bentuklahan	Delineasi ASTER GDEM resolusi 30 m
3	Sekunder	Data meteorologis <ul style="list-style-type: none"> • Presipitasi • Temperatur permukaan • Kelembaban udara • Arah dan kecepatan angin 	CHIRPS, oleh USC Santa Barbara, USGS Era5, oleh Copernicus NOAA, oleh NCEP Era5, oleh Copernicus
4	Sekunder	Peta risiko COVID-19	BPBD DIY

B. Teknik Analisis Data

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis SIG didukung dengan analisis statistik dan analisis deskriptif dengan memperhatikan aspek spasial. Analisis SIG dilakukan dengan teknik *average nearest neighbour analysis* untuk mengetahui pola persebaran objek di suatu wilayah. Penggunaan metode ini dalam penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Aurita dan Purwantara pada 2017, serta Ashari dan Widodo pada 2019 untuk menganalisis pola persebaran pemunculan mataair di Vulkan Merapi dan Merbabu. Terdapat tiga tipe pola persebaran yaitu

mengelompok, menyebar, dan acak yang ditentukan berdasarkan hasil penghitungan Z-Score dan P-Value. Jika hasil penghitungan menunjukkan Z-Score yang negatif maka polanya mengelompok, jika Z-Score positif maka polanya menyebar, dan jika Z-Score nol atau mendekati nol maka polanya acak.

Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan regresi linear sederhana untuk mengetahui pengaruh parameter meteorologis dan bentuklahan terhadap persebaran COVID-19. Penggunaan regresi linear merupakan cara yang mudah dan sederhana untuk mengetahui pengaruh (Putro & Nucifera, 2017). Analisis deskriptif dengan penekanan pada aspek spasial dilakukan untuk memberi penjelasan lebih rinci mengenai bagaimana pengaruh variasi spasial dari bentanglahan dan cuaca terhadap persebaran kasus positif COVID-19.

Kesimpulan dirumuskan berdasarkan hasil analisis data yang dihasilkan dengan dukungan dari berbagai publikasi yang relevan atas pertanyaan dan tujuan penelitian yang telah dirumuskan.

C. Biaya Penelitian

Pembiayaan yang diajukan untuk penelitian ini sebesar Rp 18.000.000,-. Pembiayaan meliputi bahan habis pakai dan peralatan, perjalanan, dan biaya lain-lain. Rincian pembiayaan penelitian ditunjukkan oleh Lampiran 13.

D. Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama satu tahun. Tahap awal penelitian adalah melakukan pengumpulan data baik data primer maupun data sekunder. Tahapan ini berisi mengenai perolehan data sekunder penelitian berupa data COVID-19 berupa peta risiko beserta digitasinya, dan data meteorologis sesuai dengan rentang waktu peta risiko yang ada. Peneliti juga melakukan karakterisasi bentuklahan di DIY pada tahap ini. Penguatan informasi berdasarkan kajian pustaka telah mulai dilakukan di tahap ini, dan terus dilakukan hingga akhir tahapan penelitian.

Tahap berikutnya yang dilakukan adalah analisis data, berdasarkan hasil pengumpulan data yang sudah dilakukan. Informasi yang terkumpul dalam tahap analisis data kemudian di telaah dan dituliskan kedalam laporan akhir dan publikasi ilmiah. Jadwal pelaksanaan penelitian dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. Jadwal Penelitian

No	Nama Kegiatan	Bulan										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Perijinan	■										
2	Identifikasi awal	■										
3	Telaah pustaka	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	Membuat peta bentuk lahan		■	■								
5	Interpretasi bentuklahan		■	■	■							
6	Akuisisi data sekunder	■		■	■	■	■					
7	Analisis data			■	■	■	■	■				
8	Menyusun laporan penelitian				■	■	■	■	■			
9	Pelaporan dan seminar hasil						■	■	■	■	■	■
10	Publikasi hasil penelitian							■	■	■	■	■

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Risiko COVID-19 di DIY

Data berupa peta zonasi risiko COVID-19 di DIY merupakan substituen dari data ideal yang seharusnya ada, yaitu data kasus positif COVID-19 per minggu *by name by adress*, sehingga dapat diolah data sebaran secara lebih aktual dan akurat. Namun, data tersebut tidak dapat diperoleh hingga laporan ini disusun. Berdasarkan data zonasi tingkat risiko dari BPBD per 27 Juli 2021, diperoleh 12 peta dengan ketersediaan seperti ditunjukkan di Tabel 3.

Tabel 3. Ketersediaan peta zona risiko COVID-19 per 27 Juli 2021

	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Jun							
2020													
2021	10	11	12										
	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember							
2020			1	2	3	4	5	6			7	8	9
2021													

Ket: Tidak tersedia Tersedia

Sumber: BPBD DIY

Pengolahan data lebih lanjut membutuhkan format data spasial tergeoreferensi, sehingga peta yang telah diperoleh dari BPBD kemudian diolah melalui proses digitasi. Hasil digitasi tersebut kemudian ditampilkan dalam *layout* yang ada di Lampiran 1. Berdasarkan data tersebut, dapat dilihat bahwa di tahun 2020, masih terdapat area yang tidak terdampak oleh pandemi, namun kondisi semakin parah ke arah tahun 2021, dimana semua wilayah terdampak dan semakin parah. Indikasi tersebut terlihat dari semakin sedikitnya wilayah dengan risiko rendah dan tidak terdampak, sedangkan wilayah dengan risiko sedang dan tinggi mendominasi wilayah, khususnya di tahun 2021.

Persebaran kasus COVID-19 di DIY dapat dilihat polanya sebagai acak dan berkelompok, dengan menghitung nilai p dan z nya (Tabel 4). Berdasarkan tabel tersebut, pola mengelompok ditunjukkan di periode 1 Bulan Agustus, Bulan

September-Oktober. Namun, bukan berarti bahwa pola ini berhubungan langsung dengan kejadian pandemi. Hal ini semata-mata berdasarkan perhitungan secara statistik dari poligon risiko COVID-19 di setiap kecamatan di DIY, bukan per-kejadian / individu covid. Hal ini bias karena kemungkinan bahwa distribusi kasus COVID-19 di tiap kecamatan tersebut secara spasial tidak merata, namun nilai digeneralisasikan untuk satu kecamatan. Generalisasi inilah yang dapat menimbulkan salah persepsi. Sehingga pola sebaran ini hanya merupakan nilai sebaran tanpa mempertimbangkan faktor yang lain, hanya dilihat dari sisi spasial saja.

Tabel 4. Nilai p dan z dalam perhitungan pola risiko COVID-19 DIY

No	Periode	Bulan	Tahun	z Score	p Value	Pola
1	2	Juli	2020	0,066912	0,946652	Acak
2	1	Agustus	2020	1,968924	0,048962	Mengelompok sedang
3	2	Agustus	2020	1,593096	0,111139	Acak
4	1	September	2020	1,655988	0,097724	Mengelompok-acak
5	2	September	2020	2,795906	0,005175	Mengelompok kuat
6	1	Oktober	2020	3,719768	0,000199	Mengelompok kuat
7	1	November	2020	0,466939	0,640543	Acak
8	2	November	2020	-0,919694	0,357733	Acak
9	1	Desember	2020	0,566759	0,570878	Acak
10	1	Januari	2021	0,227628	0,819936	Acak
11	2	Januari	2021	-0,214206	0,830387	Acak
12	1	Februari	2021	0,237425	0,812327	Acak

2. Bentuklahan

Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan provinsi dengan sistem bentanglahan terlengkap di Indonesia. Semua genesa bentuklahan dapat ditemukan disini kecuali glasial. Kompleksitas bentuklahan yang ada di DIY dipengaruhi oleh sejarah geologi kala Tersier dan proses kala Kwarter yang berkembang saat ini. Secara umum, terdapat lima asal proses bentuklahan yang dapat dipetakan (lihat Lampiran 2), mengingat skala yang kecil, sehingga bentuklahan marin yang ada di bagian selatan DIY tidak dapat terpetakan, karena memiliki unit area yang kecil, sehingga tidak nampak di peta. Unit bentuklahan didelineasi berdasarkan pedoman dan klasifikasi dari

van Zuidam (1983), dengan modifikasi (lihat Tabel 5). Proses yang terjadi dan membentuk bentuklahan sangatlah kompleks, namun dengan skala pemetaan yang ada, ditentukan proses yang paling dominan dalam membentuk karakter bentuklahan yang ada.

Tabel 5. Bentuklahan DIY

No	Genesa	Kode	Keterangan
1	Volkanik	V2	Kerucut volkan dengan lereng curam-sangat curam.
		V5	Lereng atas kerucut volkan dengan lereng curam-sangat curam, tertoreh kuat.
		V6	Lereng kaki gunung api dengan lereng agak curam, tertoreh lemah-sedang.
		V7	Lereng kaki gunung api dengan lereng agak curam, tertoreh kuat.
2	Struktural	S1	Daerah bertopografi bergelombang, aliran dikontrol patahan, rekahan, dan tertoreh sedang.
		S3	Daerah bertopografi berbukit, drainase dikontrol patahan, rekahan, tertoreh sedang-kuat.
		S4	Daerah berbukit dengan lereng hingga sangat curam, tertoreh kuat, berasosiasi dengan singkapan lapisan batuan.
		S12	<i>Escaprment</i> dengan kontrol patahan, berlereng hingga sangat curam, tertoreh kuat.
3	Solusional	K1	Plato karst yang bergelombang, dicirikan dengan cekungan akibat pelarutan dan lembah dikontrol sesar.


No	Genesa	Kode	Keterangan
		K2	Lereng perbukitan karst dengan lereng sedang-curam, permukaan iregular berlapis, dolin, dan lembah kering.
		K3	Lereng perbukitan karst dengan lereng sedang-sangat curam, berbukit-bergunung, cliff, dan berbatu.
		K8	Cekungan Wonosari, dengan lereng rata-hampir datar, tertoreh lemah.
4	Fluvial	F12	Kompleks fluvial.
5	Denudasional	D2	Lereng perbukitan denudasional dengan lereng sedang-curam, bertopografi berbukit, tertoreh sedang-kuat.
		D3	Lereng pegunungan denudasional, lereng sangat curam, tertoreh sedang-kuat.
		D7	Lereng kaki denudasional dengan lereng hampir datar, tertoreh lemah.

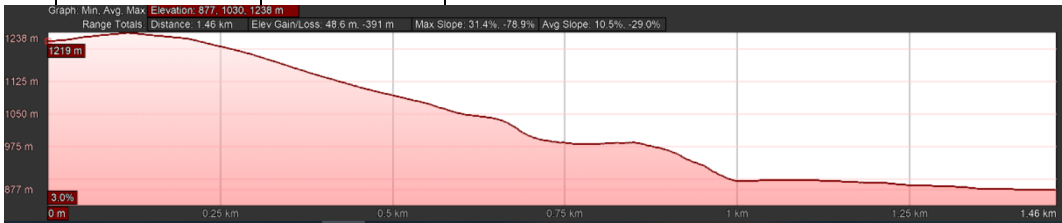
Karena kondisi pandemi, sampling tidak dapat dilakukan secara langsung dilapangan dengan pertimbangan keamanan, kesehatan dan aturan yang melatarbelakangi. Sehingga justifikasi untuk bentuklahan dilakukan secara tidak langsung melalui teknik penginderaan jauh. Bentuklahan bukan menjadi fokus pada kajian ini, sehingga informasi mengenai bentuklahan tidak dikaji secara lebih dalam. Tabel 6 menunjukkan gambaran umum lokasi sampling dengan profil arah U-S untuk semua sample kecuali sampel no. 5 dengan arah NW-SE.


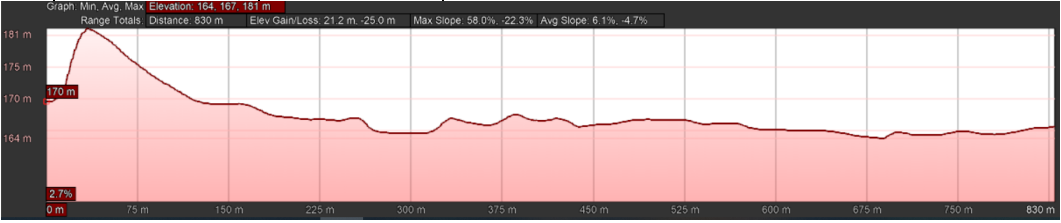


Sampel pertama di unit lereng tengah gunung api strato. Berdasarkan hasil kontur, diketahui slope maksimum sebesar 78,8% dengan rata-rata 10,5%. Lokasi berada di tempat wisata Kaliurang. Sungai berordo kecil dengan baranco yang banyak





tertoreh merupakan ciri dari lokasi di unit bentuklahan ini. Sampel kedua berada di basin Wonosari, dengan batuan utama karbonat. Berdasarkan foto udara, dapat dilihat bahwa secara umum, wilayah datar-bergelombang. Beberapa lokasi berupa depresi hasil pelarutan dengan sinkhole di dalamnya. Sampel ketiga ada di wilayah Kota Yogyakarta dengan topografi relatif datar. Komponen mikro yang nampak adalah lembah sungai berupa tanggul alam dan teras sungai (nampak dari foto udara oblique di Tabel 6 poin no.3). Sampel no.4 ada di zona Baturagung, merupakan perbukitan struktural dengan lereng curam-sangat curam. Lokasi sampling memiliki lereng maksimal 85% dan rata-rata 26%. Lokasi didominasi batuan breksi volkanik dan proses eksogen di permukaan berupa erosi, dicirikan dengan banyaknya torehan dan singkapan batuan di permukaan. Lokasi pada umumnya ditanami tanaman pertanian semusim, dan beberapa tempat ditemui lahan sawah berupa padi gogo dengan teras untuk menahan air dan sedimen. Lokasi lima berada di perbukitan denudasional di Kulon Progo. Foto udara diambil dengan menunjukkan barisan perbukitan denudasional dengan torehan sedang-tinggi di sisi timur Perbukitan Menoreh.

Tabel 6. Kondisi bentuklahan di beberapa lokasi

No	Kode bentuklahan	Koordinat	Foto
1	V5	-7,595191; 110,429246	



No	Kode bentuklahan	Koordinat	Foto
2	K8	-7,936278; 110,642030	
 <p>Graph: Min, Avg, Max Elevation: 164, 167, 181 m Range Totals: Distance: 830 m, Elev Gain/Loss: 21.2 m, -25.0 m, Max Slope: 58.0%, -22.3%, Avg Slope: 6.1%, -4.7%</p>			
3	F12	-7,828787; 110,393120	
 <p>Graph: Min, Avg, Max Elevation: 74, 78, 81 m Range Totals: Distance: 329 m, Elev Gain/Loss: 8.51 m, -10.7 m, Max Slope: 28.5%, -19.1%, Avg Slope: 5.4%, -5.0%</p>			

No	Kode bentuklahan	Koordinat	Foto
4	S1	-7,861353; 110,465653	
			
5	D7	-7,749666; 110,18568	
			

3. Temperatur

Berdasarkan seri data temperatur yang telah diolah (Lampiran 3), temperatur maksimum diketahui sebesar 26,7°C, dan minimum sebesar 19,52°C. Data era5 merupakan data yang berasal dari pemodelan berdasarkan data lapangan. Sebagai sebuah model, ERA 5 memiliki bias (perbedaan) antara nilai model dan nilai sesungguhnya (Betts, Chan, & Desjardins, 2019; Dutra, Muñoz-sabater, Bousssetta, &

Komori, 2020), bahkan hingga mencapai 0,66°C (Pelosi, Terribile, D'Urso, & Chirico, 2020).

4. Presipitasi

Interval waktu penelitian dari Juli 2020 hingga Februari 2021 menunjukkan adanya fluktuasi curah hujan sebagai akibat dari perubahan musim yang terjadi. Curah hujan terendah tercatat sebesar 0 mm (Bulan Juli-September 2020) dan tertinggi 381 mm di Bulan Februari 2021. Peta hujan dapat dilihat di Lampiran 4.

5. Arah dan kecepatan angin

Angin merupakan pergerakan masa udara karena adanya perbedaan tekanan sebagai akibat dari flux energi matahari dalam bentuk radiasi yang diterima oleh permukaan bumi. Angin sangat erat kaitannya dengan tekanan udara dan temperatur. Berdasarkan pola arah dan kecepatan angin, dapat diinterpretasikan musim yang berlangsung di suatu wilayah. Berdasarkan hasil pengolahan data angin yang direpresentasikan dalam bentuk peta di Lampiran 5, diketahui bahwa secara umum, kecepatan angin masih dalam skala Beaufort 0-2 (tenang-sedikit hembusan angin), dengan angin dengan skala Beaufort 2 di Bulan Juli-Agustus, dan sisa bulan di skala 0-1. Perbedaan mencolok ditunjukkan oleh arah angin yang berkembang. Angin bergerak dari arah volkan (merapi) ke selatan, berbelok ke tenggara, sejak Juli hingga November periode pertama. Mulai Bulan November periode kedua hingga Februari 2021, angin berbelok ke arah barat daya DIY.

6. Kelembaban udara

Kelembaban udara di DIY memiliki pola dan fluktuasi yang rendah dalam *range* waktu penelitian ini. Kelembaban tidak pernah melampau angka kisaran 80% dan dibawah 68%. Hal yang cukup berbeda secara spasial adalah pola yang muncul di Bulan November periode pertama, dimana daerah Kulon Progo (DIY bagian barat), yang pada umumnya memiliki kelembaban menengah-rendah, pada bulan tersebut

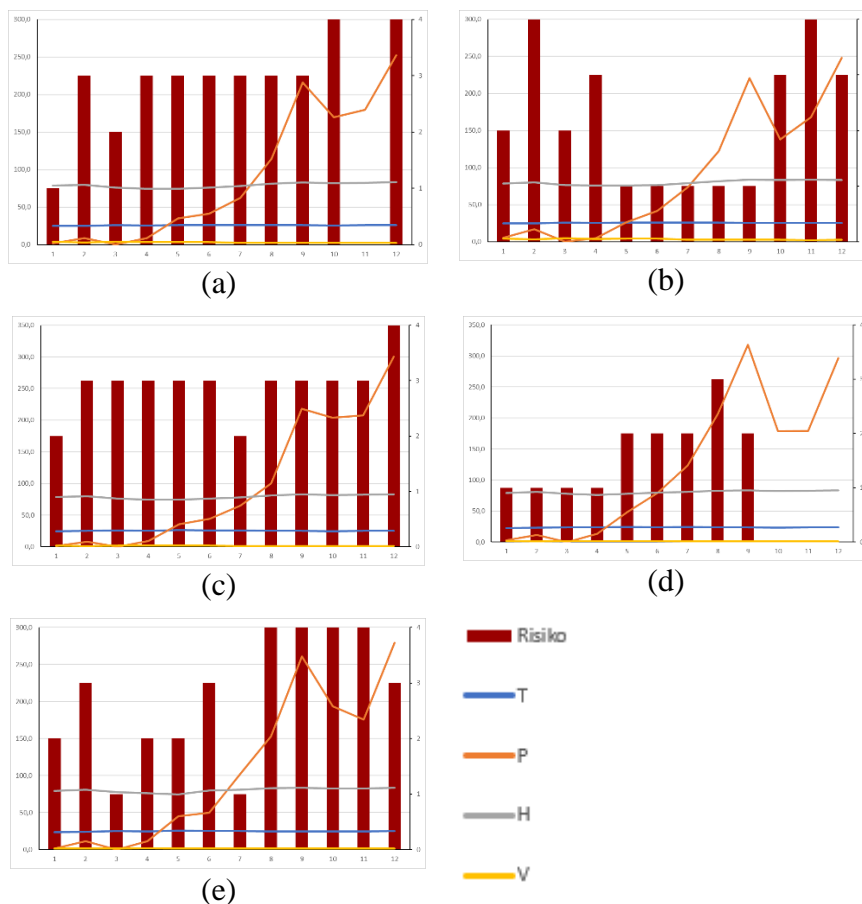
memiliki kelembaban tinggi, namun kembali ke kondisi normal di periode setelahnya. Secara spasial, peta kelembaban di DIY dapat dilihat di Lampiran 6.

B. Pembahasan

Perkembangan risiko COVID-19 di DIY selalu berubah dari waktu ke waktu, namun terdapat pola dimana semakin lama kondisi semakin parah, dengan semakin minimnya kecamatan yang berisiko rendah, bahkan tidak terpengaruh (lihat Lampiran 7). Kerentanan COVID-19 di suatu wilayah tidaklah berpola. Ada suatu ketika wilayah tersebut memiliki tingkat risiko rendah, kemudian berubah menjadi tidak terpengaruh, tiba-tiba berubah menjadi tinggi. Ada pula yang awalnya tinggi, berubah menjadi sedang, kemudian menjadi tidak terpengaruh. Beberapa kondisi tersebut menunjukkan kondisi yang tidak terpola.

Hasil sampel dari 5 Kecamatan di DIY, mewakili tiap Kabupaten, diperoleh data parameter iklim temporal, dan tingkat risiko COVID-19. Berdasarkan plot data tersebut pada grafik (Gambar 2) dapat dilihat bahwa tidak terdapat pola yang selaras antara faktor meteorologis dan tingkat risiko. Sebagai contoh, kenaikan tebal hujan tidak serta merta diikuti dengan kenaikan tingkat risiko untuk semua sampel. Kenaikan tebal hujan diikuti oleh kenaikan risiko untuk beberapa sampel, namun hal tersebut tidak konsisten, di sampel yang sama kenaikan tebal hujan diikuti oleh penurunan tingkat risiko (contoh Gambar 2c,d,e). Sedangkan penurunan tebal hujan diikuti kenaikan risiko ditunjukkan Gambar 2a,b. Parameter iklim yang lain tidak menunjukkan pola terhadap tingkat risiko yang ada.

Berdasarkan Gambar 2 yang menunjukkan pola yang acak, maka dibuatlah regresi sederhana antara kondisi risiko vs hujan (Lampiran 8), temperatur (Lampiran 9), kelembaban relatif (Lampiran 10), kecepatan angin (Lampiran 11), dan bentuklahan (Lampiran 12). Rekapitulasi hasil regresi ditunjukkan di Tabel 7. Berdasarkan tabel tersebut, diketahui tidak ada hubungan yang kuat antara risiko COVID-19 dengan parameter fisik yang dipilih.



Gambar 2. Sampel kondisi 5 Kecamatan di DIY. Bantul (a), Purwosari (b), Mantriheron (c), Samigaluh (d), dan Seyegan (e). Sumbu kanan menunjukkan tingkat risiko, sumbu kiri faktor meteorologis, dan sumbu x merupakan periode data.

Tabel 7. Hasil regresi antara risiko COVID-19 dan parameter fisik terpilih

No	Periode	Bulan	Tahun	R ² (%) Risiko VS					
				Temp	P	H	WS	WD	Landform
1	2	Juli	2020	0,24	1,26	13,98	1,54	2,46	1,74
2	1	Agustus	2020	0,83	2,08	5,08	3,03	6,72	0,40
3	2	Agustus	2020	1,72	0,00	1,62	0,45	1,45	1,67
4	1	September	2020	0,98	0,05	0,02	3,34	0,95	0,03
5	2	September	2020	3,83	34,29	0,02	5,51	1,74	0,22
6	1	Oktober	2020	1,43	16,09	0,14	2,88	0,36	0,92
7	1	November	2020	0,62	5,22	2,08	0,19	0,34	0,01
8	2	November	2020	0,41	7,04	0,17	0,97	0,99	2,81
9	1	Desember	2020	0,11	12,22	0,11	2,21	4,37	0,93

No	Periode	Bulan	Tahun	R ² (%) Risiko VS					
				Temp	P	H	WS	WD	Landform
10	1	Januari	2021	0,18	5,30	0,63	0,01	3,60	1,22
11	2	Januari	2021	2,39	10,92	5,41	0,47	0,95	6,82
12	1	Februari	2021	0,85	0,14	4,20	0,67	0,39	2,87
Maksimum				3,83	34,29	13,98	5,51	6,72	6,82
Rata-rata				1,13	7,88	2,79	1,77	2,03	1,64
Minimum				0,11	0,00	0,02	0,01	0,34	0,01

Keterangan:

	Maksimum
	Minimum

Hasil kajian dan analisis menunjukkan fakta yang bertolak belakang dengan berbagai hasil kajian yang menyatakan adanya hubungan antara COVID-19 dan parameter iklim (Chien & Chen, 2020; Wang et al., 2021; Wei et al., 2020). Penelitian terkait hubungan iklim menunjukkan adanya hubungan antara hujan, temperatur, kelembaban, dan kecepatan angin. Berdasarkan kajian oleh Chien & Chen (2020), temperatur tinggi pada suhu tertentu akan menurunkan risiko COVID-19. Bahkan terdapat hubungan positif ditunjukkan antara COVID-19 dan hujan (Wang et al., 2021). Bahkan studi yang menunjukkan bahwa daerah dengan temperatur rendah dan daerah dengan temperatur hangat disertai angin kencang memiliki risiko COVID-19 tinggi (Wei et al., 2020). Namun banyak dari studi tersebut dilakukan di negara-negara maju non-tropis.

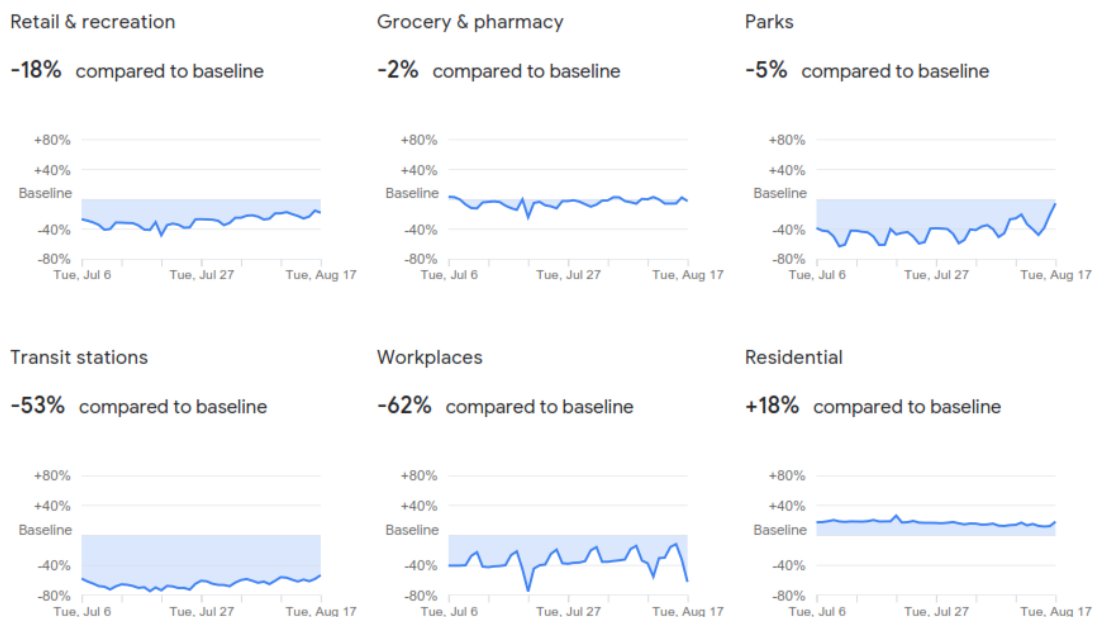
Parameter fisik selain meteorologi yang dibahas disini adalah bentuklahan. Diasumsikan bentuklahan memiliki hubungan dengan kasus COVID-19, namun dari hasil analisis data, tidak ditemukan adanya hubungan diantara keduanya. Hubungan yang diasumsikan, bahwa bentuklahan dengan topografi yang kasar, tergenang, berada di ketinggian, akan sulit untuk dijangkau sehingga memiliki aksesibilitas yang rendah. Secara umum, memang kondisi geomorfologis memiliki hubungan dengan permukiman (Dibyosaputro, 2015; Pan, Dang, & Shi, 2020). Namun, banyak dijumpai banyak pusat peradaban maupun permukiman ditemukan di tempat-tempat yang sulit

secara geografis, seperti di ketinggian (contoh: Machu Pichu di Peru, maupun kompleks percandian Dieng), di topografi yang kasar dengan kelangkaan air (contoh: banyak hunian prasejarah ditemukan di topografi karst), serta hunian tua di pesisir Jakarta. Hal tersebut menunjukkan bahwa permukiman dapat dibangun dimanapun dengan sentuhan teknologi untuk beradaptasi dengan lingkungan.

Tidak adanya hubungan antara faktor fisik dengan COVID-19 dalam kajian ini semakin menguatkan pendapat bahwa faktor sosial yang lebih berperan dalam penyebaran COVID-19. Faktor yang dimaksud adalah mobilitas penduduk antar wilayah (Adiga et al., 2020; Iacus et al., 2020; Linka, Goriely, & Kuhl, 2021). Mobilitas yang tinggi antar penduduk dan interaksinya menyebabkan 92% kematian di Prancis dan Itali dengan nilai R^2 sebesar 0,91 (Iacus et al., 2020). Bahkan wilayah dengan transportasi yang baik seperti keberadaan bandara, jalur kereta api, jalan nasional, dan jalan tol, memiliki tingkat risiko COVID-19 yang lebih tinggi (Wei et al., 2020). Perkembangan teknologi dan transportasi semakin memudahkan manusia dalam berpindah dan menjangkau berbagai tempat, bahkan di tempat yang sulit sekalipun. Bahkan mobilitas di tempat yang sulit tidak menjadi halangan, sehingga faktor topografi tidak mempengaruhi mobilitas, tetapi mobilitas dipengaruhi oleh hubungan social (*social ties*) dari individu (Förster, Garg, Nguyen, & Giordano, 2012). Berdasarkan kajian ini, kami menemukan bahwa landform dengan aksesibilitas yang sulit-pun memiliki risiko tinggi COVID-19. Sehingga, dengan kemajuan teknologi transportasi dan hubungan sosial yang ada, maka aksesibilitas mampu dilampaui oleh mobilitas, atau tidak ada hubungan antara bentuklahan-aksesibilitas-kasus COVID-19 dalam kajian ini. Pendapat lain yang berkembang menyatakan bahwa COVID-19 bukan lagi pandemi, namun telah menjadi pandemi yang bersinergi dengan faktor lain (sinergi-pandemi) yang dinamakan sindemi/*syndemy* utamanya sinergi dengan faktor sosioekologi dan biologis (Lemke, Apostolopoulos, & Sönmez, 2020; Yadav, Rayamajhee, Mistry, Parsekar, & Mishra, 2020).

Berdasarkan data mobilitas yang ada, mobilitas penduduk di DIY telah mengalami penurunan dari data awal (*baseline*) sebesar 18% untuk kawasan retail dan

wisata, 2% untuk toko bahan mentah dan apotek, 5% untuk tempat rekreasi taman, 53% untuk stasiun transit, 62% untuk tempat kerja, dan peningkatan sebesar 18% untuk kawasan tempat tinggal (Google, 2021). Artinya sebanyak 18% orang lebih banyak di tempat tinggal. Data tersebut berasal dari data pribadi pengguna telepon selular berbasis android yang dilacak pergerakannya oleh google. Basis data (baseline) untuk perhitungan data awal sebagai komparasi dari data ini adalah data median pergerakan pengguna sejak 3 Januari-6 Februari 2020, sedangkan data pergerakan dihitung hingga 17 Agustus 2021.



Gambar 3. Data penurunan mobilitas di DIY
(Sumber: google via <https://www.google.com/covid19/mobility/>)

Walaupun telah mengalami penurunan mobilitas, namun bukan berarti tidak ada pergerakan. Sebagai contoh pergerakan di sektor retail dan rekreasi baru turun 18% dari *baseline*, angka tersebut masih dapat dikatakan kecil, masih ada 82% pergerakan yang terjadi dibandingkan kondisi awal. Pergerakan dan interaksi inilah yang menyebabkan peningkatan kasus COVID-19.

C. Keterbatasan

Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam hal data yang digunakan. Data yang digunakan dapat dikatakan tidak ideal karena tidak tersedianya data yang relevan. Data yang ideal adalah data harian positif COVID-19 berdasarkan nama dan tempat tinggal, sehingga diperoleh data sebaran berupa titik. Selain itu data parameter iklim yang digunakan merupakan data yang berasal dari model dan satelit cuaca, sehingga terdapat deviasi dari kondisi lapangan yang sebenarnya. Idealnya data yang digunakan merupakan data harian stasiun iklim yang mewakili wilayah kajian dengan sebaran yang merata.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kasus COVID-19 yang terjadi di DIY secara umum menunjukkan peningkatan status risiko di berbagai daerah. Pola tingkat risiko yang ada di DIY tidak membentuk pola tertentu atau bersifat acak. Namun pola acak ini tidak dapat dijadikan acuan karena unit analisis pola yang digunakan adalah poligon administrasi kecamatan, sehingga bias dapat terjadi karena sebaran kasus positif COVID-19 belum tentu merata di setiap area kecamatan tersebut. Berdasarkan hasil regresi sederhana antara tingkat risiko dan berbagai parameter fisik meliputi meteorologi (hujan, temperatur, kelembaban, dan angin) dan bentuklahan, tidak ditemukan hubungan diantara kesemuanya. Regresi menunjukkan hubungan yang lemah antar parameter tersebut. Hasil tersebut tidak sejalan dengan berbagai kajian yang telah dilakukan terdahulu. Namun kajian terdahulu yang diacu dilakukan di negara maju dengan iklim non-tropis dan menggunakan data yang ideal.

B. Saran

Perlu dibangun basisdata yang rapi dan terperinci dengan sifat terbuka untuk umum atau setidaknya mudah diakses sebagai wujud keterbukaan dan dukungan terhadap perbaikan. Data tersebut bermanfaat dalam kajian-kajian strategis, utamanya dalam mencari solusi agar dapat lepas dari pandemi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adekunle, I. A., Tella, S. A., Oyesiku, K. O., & Oseni, I. O. (2020). Spatio-temporal analysis of meteorological factors in abating the spread of COVID-19 in Africa. *Heliyon*, 6, e04749. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04749>
- Adiga, A., Wang, L., Sadilek, A., Tendulkar, A., Venkatramanan, S., Vullikanti, A., ... Marathe, M. (2020). Interplay of global multi-scale human mobility, social distancing, government interventions, and COVID-19 dynamics. *MedRxiv : The Preprint Server for Health Sciences*, 1–28. <https://doi.org/10.1101/2020.06.05.20123760>
- Agnoletti, M., Manganeli, S., & Piras, F. (2020). Covid-19 and rural landscape: The case of Italy. *Landscape and Urban Planning*, 204, 103955. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103955>
- Alkhamis, M. A., Youha, S. Al, Khajah, M. M., Haider, N. Ben, Alhardan, S., Nabeel, A., ... Al-Sabah, S. K. (2020). Spatiotemporal dynamics of the COVID-19 pandemic in the State of Kuwait. *International Journal of Infectious Diseases*, 98, 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.06.078>
- Alkhowailed, M., Shariq, A., Alqossayir, F., Alzahrani, O. A., Rasheed, Z., & Abdulmonem, W. Al. (2020). Impact of meteorological parameters on COVID-19 pandemic: A comprehensive study from Saudi Arabia. *Informatics in Medicine Unlocked*, 20, 100418. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100418>
- Ashari, A., & Widodo, E. (2019). Hidrogeomorfologi dan Potensi Mataair Lereng Baratdaya Gunung Merbabu. *Majalah Geografi Indonesia*, 33(1), 48–56. <https://doi.org/DOI: 10.22146/mgi.35570>
- Aurita, R. P., & Purwantara, S. (2017). Karakteristik Mataair Kaki Lereng Gunung Merapi dan Pemanfaatannya di Kecamatan Dukun Kabupaten Magelang. *Geomedia*, 15(1), 75–85.
- Betts, A. K., Chan, D. Z., & Desjardins, R. L. (2019). Near-Surface Biases in ERA5 Over the Canadian Prairies. *Frontiers in Environmental Science*, 7(September),

1–17. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00129>

Bidang Integrasi Pengolahan dan Diseminasi Statistik. (2020). *Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Dalam Angka 2020*. Yogyakarta: Badan Pusat Statistik Propinsi D.I. Yogyakarta.

Burgess, S., & Sievertsen, H. H. (2020). Schools, skills, and learning: The impact of COVID-19 on education.

Chaudhry, R., Dranitsaris, G., Mubashir, T., Bartoszko, J., & Riazi, S. (2020). A country level analysis measuring the impact of government actions, country preparedness and socioeconomic factors on COVID-19 mortality and related health outcomes. *EclinicalMedicine*, 25, 100464. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100464>

Chien, L.-C., & Chen, L.-W. (2020). Meteorological impacts on the incidence of COVID-19 in the U.S. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 34, 1675–1680. <https://doi.org/10.1007/s00477-020-01835-8>

Cordes, J., & Castro, M. C. (2020). Spatial analysis of COVID-19 clusters and contextual factors in New York City. *Spatial and Spatio-Temporal Epidemiology*, 34, 100355. <https://doi.org/10.1016/j.sste.2020.100355>

Dibiyosaputro, S. (2015). Landform control on settlement distribution pattern in Progo Delta, Indonesia. *Indonesian Journal of Geography*, 47(2), 187–193. <https://doi.org/10.22146/indo.j.geog.9264>

Dogan, B., Jebli, M. Ben, Shahzad, K., & Farooq, T. H. (2020). Investigating the Effects of Meteorological Parameters on COVID-19: Case Study of New Jersey, United States. *Environmental Research*, 191, 110148. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110148>

Dutra, E., Muñoz-sabater, J., Boussetta, S., & Komori, T. (2020). Environmental Lapse Rate for High-Resolution Land Surface Downscaling: An Application to ERA5. *Earth And Space Science*, 7, 1–16. <https://doi.org/10.1029/2019EA000984>

Förster, A., Garg, K., Nguyen, H. A., & Giordano, S. (2012). On context awareness and social distance in human mobility traces. *MobiOpp'12 - Proceedings of the*

- 3rd ACM International Workshop on Mobile Opportunistic Networks*, 5–12.
<https://doi.org/10.1145/2159576.2159581>
- Franch-Pardo, I., Napoletano, B. M., Rosete-Verges, F., & Billa, L. (2020). Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19 . A review. *Science of the Total Environment*, 739, 140033. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140033>
- Giuliani, D., Dickson, M. M., Espa, G., & Santi, F. (2020). Modelling and predicting the spatio-temporal spread of COVID-19 in Italy. *BMC Infectious Disease*, 20(700). <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12879-020-05415-7>
- Google. (2021). *Indonesia August 17, 2021 Mobility changes*. Retrieved from <https://www.google.com/covid19/mobility/>
- Gupta, S., Raghuwanshi, G. S., & Chanda, A. (2020). Effect of weather on COVID-19 spread in the US: A prediction model for India in 2020. *Science of the Total Environment*, 728, 138860. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138860>
- Huang, H., Liang, X., Huang, J., Yuan, Z., Ouyang, H., Wei, Y., & Bai, X. (2020). Correlations between Meteorological Indicators , Air Quality and the COVID-19 Pandemic in 12 Cities across China. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40201-020-00564-y>
- Iacus, S. M., Santamaria, C., Sermi, F., Spyrtos, S., Tarchi, D., & Vespe, M. (2020). Human mobility and COVID-19 initial dynamics. *Nonlinear Dynamics*, 101(3), 1901–1919. <https://doi.org/10.1007/s11071-020-05854-6>
- Islam, A. R. M. T., Hasanuzzaman, M., Azad, M. A. K., Salam, R., Toshi, F. Z., Khan, M. S. I., ... Ibrahim, S. M. (2020). Effect of meteorological factors on COVID-19 cases in Bangladesh. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01016-1>
- Islam, A., Sayed, M. A., Rahman, M. K., Ferdous, J., Shano, S., Choudhury, S. D., & Hassan, M. M. (2020). Spatiotemporal patterns and trends of community transmission of the pandemic COVID-19 in South Asia: Bangladesh as a case study. *Biosafety and Health*, *In press*(Corrected Proof, Available online 23 September 2020). <https://doi.org/10.1016/j.bsheal.2020.09.006>

- Kang, D., Choi, H., Kim, J.-H., & Choi, J. (2020). Spatial epidemic dynamics of the COVID-19 outbreak in China. *International Journal of Infectious Diseases*, *94*, 96–102. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.03.076>
- Kim, S., & Castro, M. C. (2020). Spatiotemporal pattern of COVID-19 and government response in South Korea (as of May 31, 2020). *International Journal of Infectious Diseases*, *98*, 328–333. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.07.004>
- Kumar, G., & Kumar, R. R. (2020). A correlation study between meteorological parameters and COVID-19 pandemic in Mumbai, India. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, *14*, 1735–1742. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.09.002>
- Kumar, S. (2020). Effect of meteorological parameters on spread of COVID-19 in India and air quality during lockdown. *Science of the Total Environment*, *745*, 141021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141021>
- Lemke, M. K., Apostolopoulos, Y., & Sönmez, S. (2020). Syndemic frameworks to understand the effects of COVID-19 on commercial driver stress, health, and safety. *Journal of Transport and Health*, *18*(May). <https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.100877>
- Lin, C., Lau, A. K. H., Fung, J. C. H., Guo, C., Chan, J. W. M., Yeung, D. W., ... Lao, X. Q. (2020). A mechanism-based parameterisation scheme to investigate the association between transmission rate of COVID-19 and meteorological factors on plains in China. *Science of the Total Environment*, *737*, 140348. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140348>
- Lin, S., Wei, D., Sun, Y., Chen, K., Yang, L., Liu, B., ... Wu, S. (2020). Ecotoxicology and Environmental Safety Region-specific air pollutants and meteorological parameters influence COVID-19: A study from mainland China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *204*, 111035. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111035>
- Linka, K., Goriely, A., & Kuhl, E. (2021). Global and local mobility as a barometer for COVID-19 dynamics. *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, *20*(2),

651–669. <https://doi.org/10.1007/s10237-020-01408-2>

- Pan, Y., Dang, J., & Shi, Y. (2020). Comparative analysis of traditional settlement landscape of leizhou peninsula under the difference of topography and landform. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 580(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/580/1/012083>
- Pani, S. K., Lin, N.-H., & RavindraBabu, S. (2020). Association of COVID-19 pandemic with meteorological parameters over Singapore. *Science of the Total Environment*, 740, 140112. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140112>
- Pelosi, A., Terribile, F., D'Urso, G., & Chirico, G. B. (2020). Comparison of ERA5-Land and UERRA MESCAN-SURFEX reanalysis data with spatially interpolated weather observations for the regional assessment of reference evapotranspiration. *Water (Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/W12061669>
- Putro, S. T. J., & Nucifera, F. (2017). Klasifikasi Bentuklahan Secara Otomatis Menggunakan Topographic Position Index (TPI). *Jurnal Geografi*, 14(2), 75–83. <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/jg.v14i2.11523>
- Rios, G., Fratti, J. D. C., Castillo, E., Soto, A., Castillo, W., & Choc, M. (2020). Meteorological factors associated with the spread of the COVID-19 Virus. *Chest Infection*, 158(4), A338. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.08.335>
- Runkle, J. D., Sugg, M. M., Leeper, R. D., Rao, Y., Matthews, J. L., & Rennie, J. J. (2020). Short-term effects of specific humidity and temperature on COVID-19 morbidity in select US cities. *Science of the Total Environment*, 740, 140093. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140093>
- Santos, R. M. dos. (2020). Health Isolation, social stress, low socioeconomic status and its relationship to immune response in Covid-19 pandemic context. *Brain, Behavior, & Immunity - Health*, 7, 100103. <https://doi.org/10.1016/j.bbih.2020.100103>
- Sarkodie, S. A., & Owusu, P. A. (2020). Impact of meteorological factors on COVID-19 pandemic: Evidence from top 20 countries with confirmed cases.

- Environmental Research*, 191, 110101.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110101>
- Satuan Tugas Penanganan COVID-19. (2020). Data COVID-19.
- Singh, O., Bhardwaj, P., & Kumar, D. (2020). Association between climatic variables and COVID-19 pandemic in National Capital Territory of Delhi, India. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01003-6>
- Tisdell, C. A. (2020). Economic, social and political issues raised by the COVID-19 pandemic. *Economic Analysis and Policy*, 68, 17–28.
<https://doi.org/10.1016/j.eap.2020.08.002>
- Tosepu, R., Gunawan, J., Effendi, D. S., Ahmad, L. O. A. I., Lestari, H., Bahar, H., & Asfian, P. (2020). Correlation between weather and Covid-19 pandemic in Jakarta, Indonesia. *Science of the Total Environment*, 725, 138436.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138436>
- van Zuidam, R. A. (1983). *Guide to Geomorphologic Aerial photographic interpretation and mapping*. Enschede, Netherland: ITC. Retrieved from http://lib.geologi.ugm.ac.id/lib/index.php?p=show_detail&id=803
- Wang, J., Li, W., Yang, B., Cheng, X., Tian, Z., & Guo, H. (2021). Impact of hydrological factors on the dynamic of COVID-19 epidemic: A multi-region study in China. *Environmental Research*, 198, 110474.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110474>
- Wei, J. Te, Liu, Y. X., Zhu, Y. C., Qian, J., Ye, R. Z., Li, C. Y., ... Cao, W. C. (2020). Impacts of transportation and meteorological factors on the transmission of COVID-19. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 230(June). <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113610>
- World Health Organization. (2020). WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard.
- Wu, Y., Jing, W., Liu, J., Ma, Q., Yuan, J., Wang, Y., ... Liu, M. (2020). Effects of temperature and humidity on the daily new cases and new deaths of COVID-19

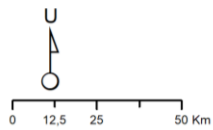
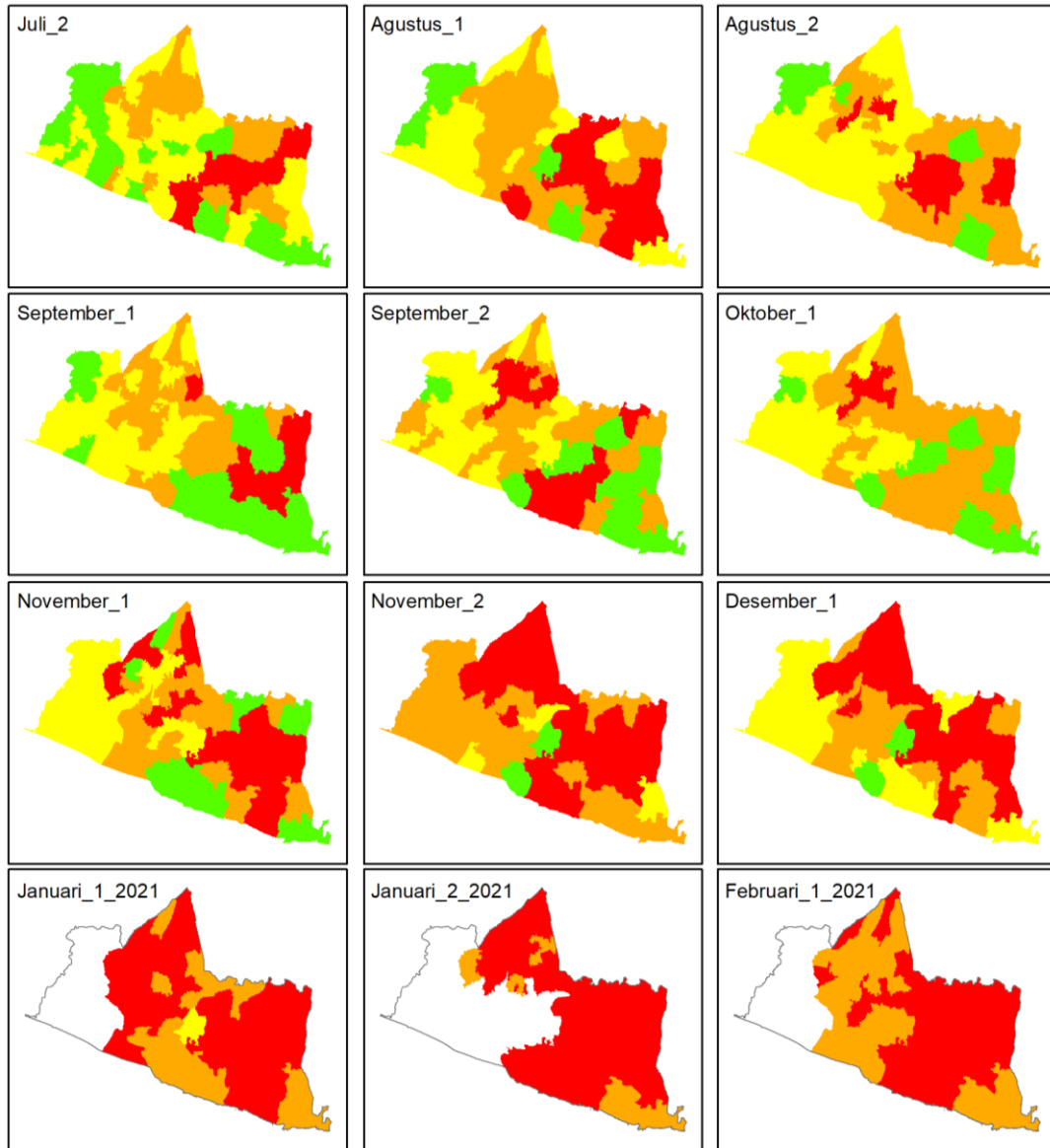
in 166 countries. *Science of the Total Environment*, 729, 139051.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139051>

Yadav, U. N., Rayamajhee, B., Mistry, S. K., Parsekar, S. S., & Mishra, S. K. (2020). A Syndemic Perspective on the Management of Non-communicable Diseases Amid the COVID-19 Pandemic in Low- and Middle-Income Countries. *Frontiers in Public Health*, 8(September).
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00508>

Zhu, L., Liu, X., Huang, H., Avellán-Illaguno, R. D., Lazo, M. M. L., Gaggero, A., ... Zhu, Y.-G. (2020). Meteorological impact on the COVID-19 pandemic: A study across eight severely affected regions in South America. *Science of the Total Environment*, 744, 140881. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140881>






LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Zonasi Risiko COVID-19 di DIY

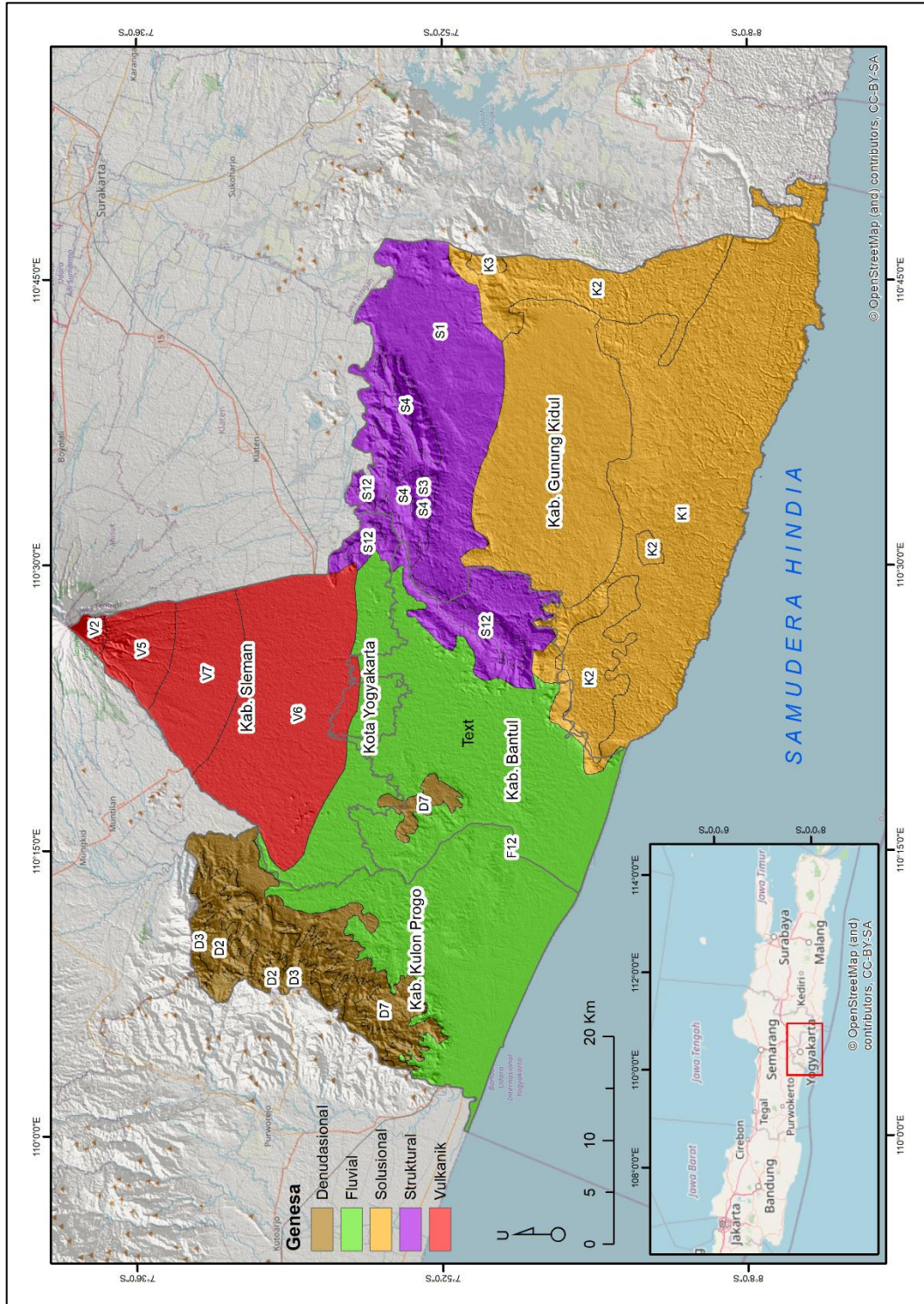


Sumber:
Data BPBD DIY per 27 Juli 2021

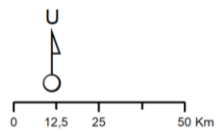
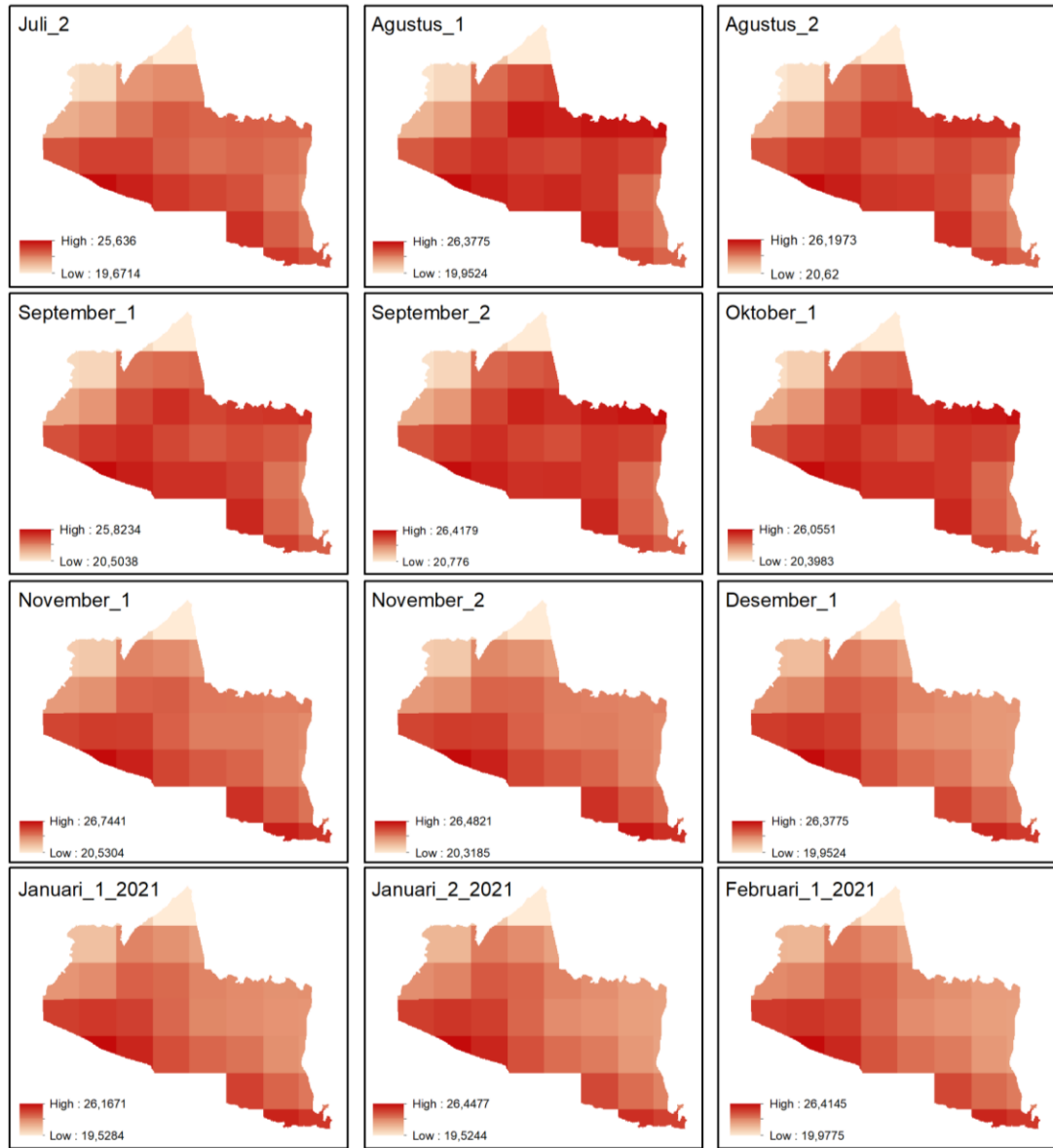
Keterangan

	Rendah		Tidak Terpengaruh
	Tinggi		Tidak ada data
	Sedang		

Lampiran 2. Peta Bentuklahan DIY

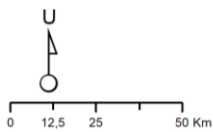
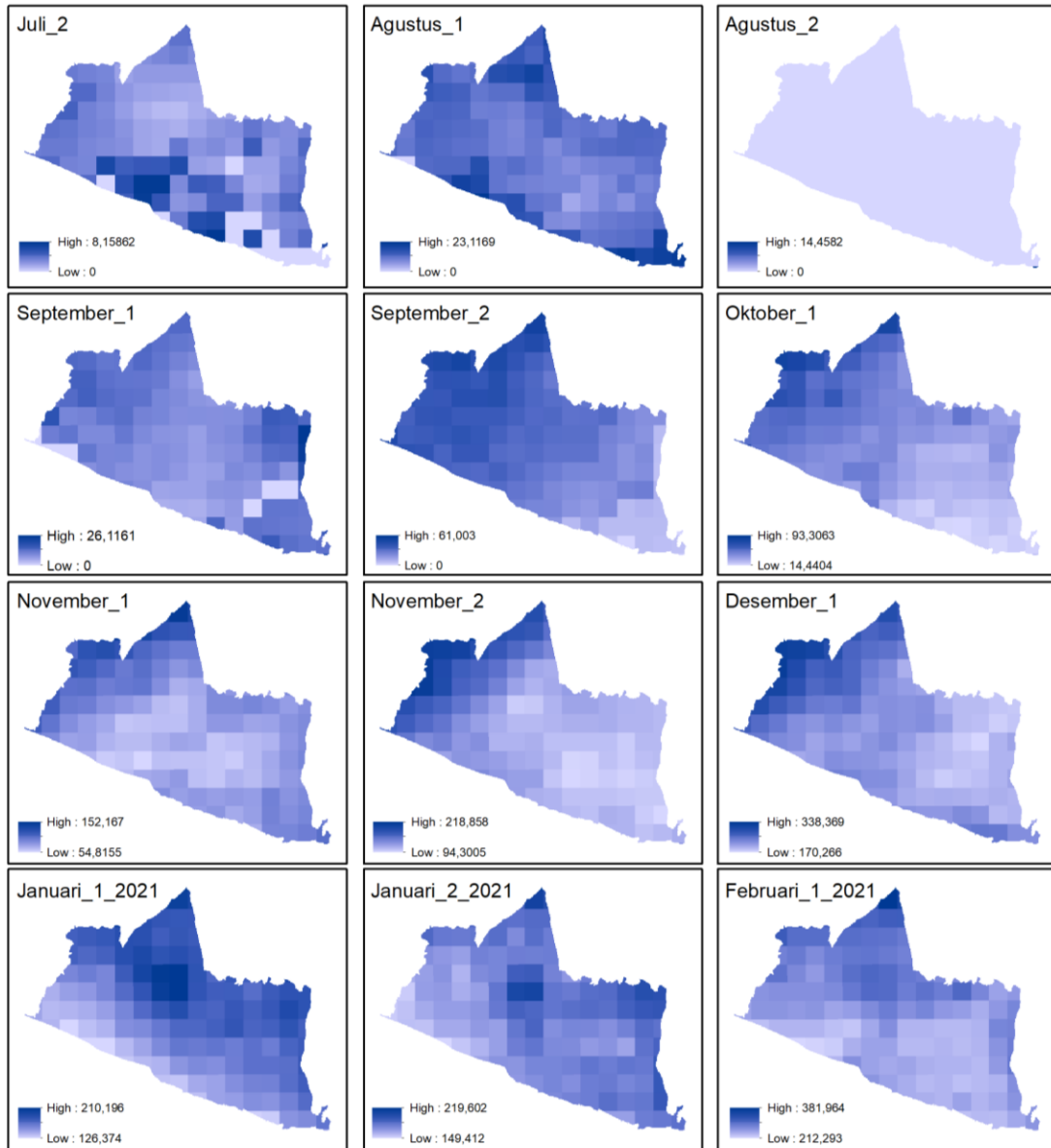


Lampiran 3. Peta Temperatur DIY (dalam °C)



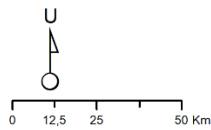
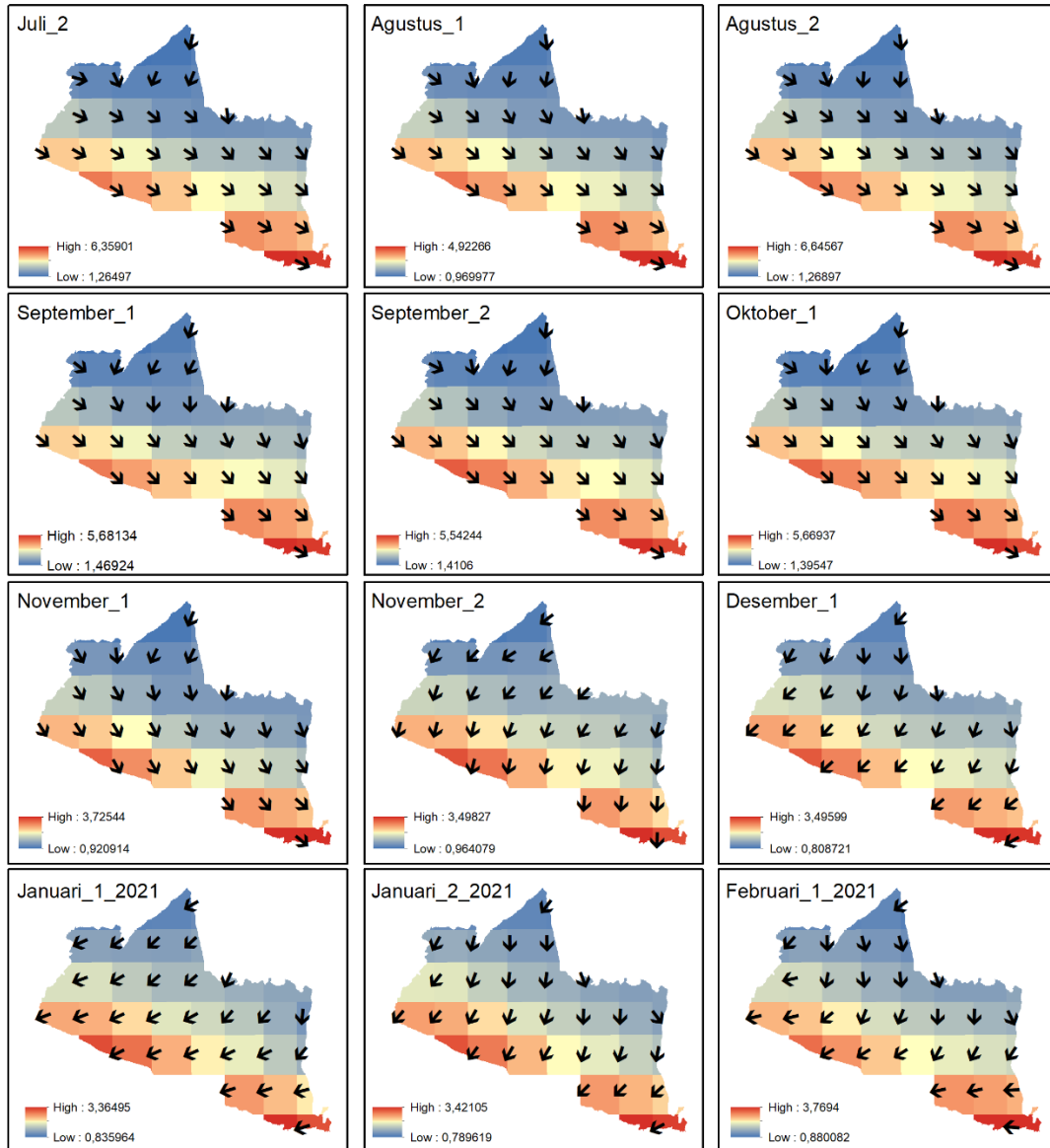
Sumber:
Data Era5 multitemporal

Lampiran 4. Peta Presipitasi DIY (dalam mm)



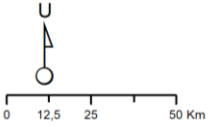
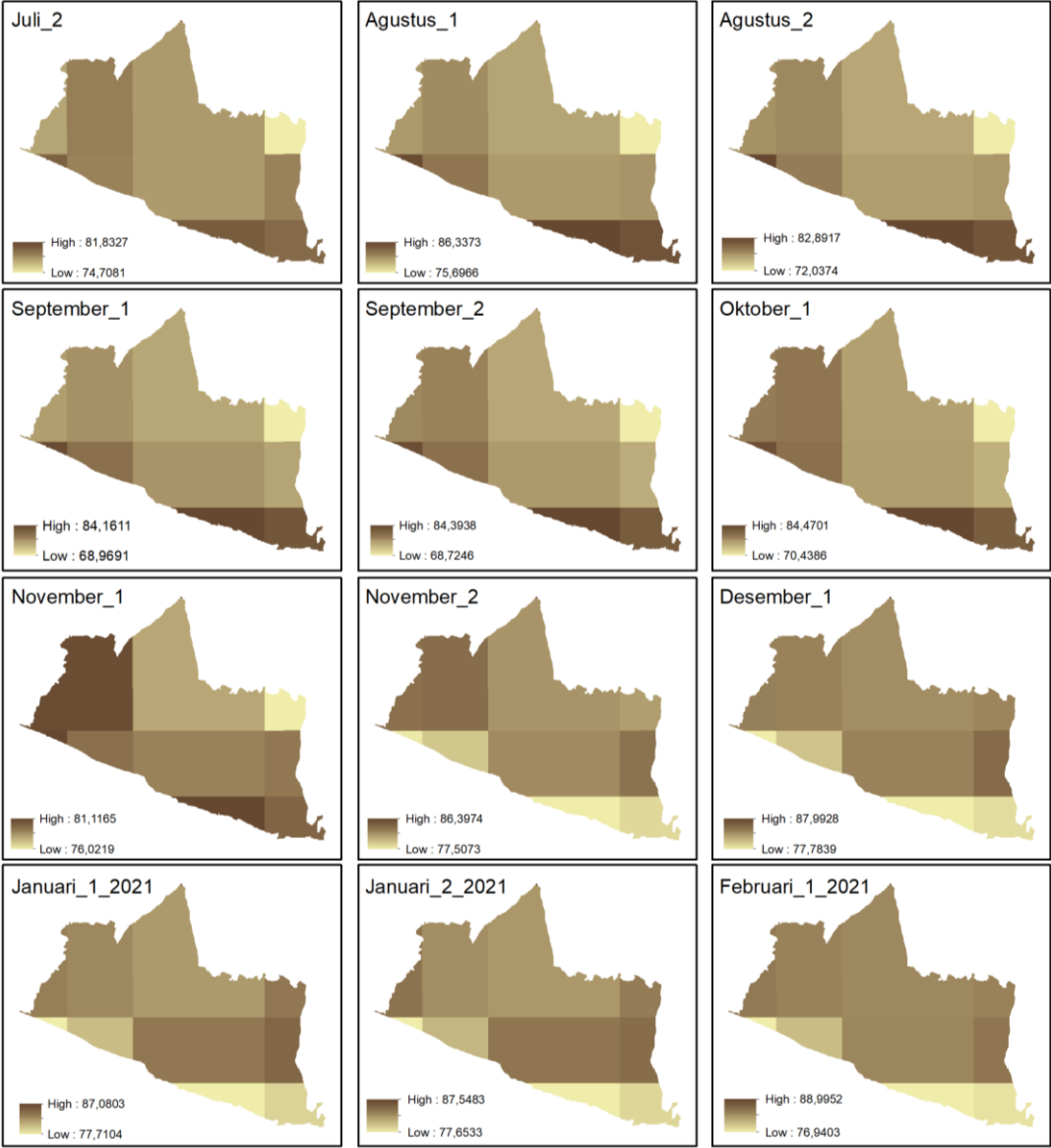
Sumber:
Data CHIRPS multitemporal

Lampiran 5. Peta Arah dan Kecepatan Angin di DIY (kecepatan dalam m/s)



Sumber:
Data Era5, multitemporal

Lampiran 6. Peta Kelembaban Udara Relatif di DIY (%)



Sumber: Data NOAA, GFS, multitemporal





Lampiran 7. Rekap Kondisi Risiko COVID-19 per-Kecamatan di DIY (Sumber: BPBD DIY Per 27 Juli 2021)

Kabupaten	Kecamatan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Bantul	Bambanglipuro	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	White	Orange	
	Banguntapan	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Red	White	Red	
	Bantul	Green	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	White	Red
	Dlingo	Yellow	Green	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	White	Orange	
	Imogiri	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	White	Orange	
	Kasihan	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	White	Orange
	Kretek	Green	Orange	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	White	Orange
	Pajangan	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	White	Orange
	Pandak	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	White	Orange
	Piyungan	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	White	Red
	Pleret	Green	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Red	White	Orange
	Pundong	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	White	Orange
	Sanden	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Red	White	Orange
	Sedayu	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	White	Orange
	Sewon	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Red	Red	Orange	Red	White	Red
	Srandakan	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Red	White	Orange
Jetis	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Red	White	Orange	
Gunung Kidul	Panggang	Red	Orange	Orange	Green	Red	Orange	Green	Red	Yellow	Orange	Red	Red	
	Gedangsari	Orange	Red	Orange	Green	Orange	Orange	Green	Orange	Yellow	Orange	Red	Red	
	Girisubo	Green	Yellow	Orange	Green	Green	Green	Green	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	
	Karangmojo	Red	Orange	Orange	Green	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	
	Ngawen	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red	
	Nglipar	Orange	Yellow	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	
	Paliyan	Orange	Orange	Red	Green	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red	
	Patuk	Green	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	
	Playen	Red	Red	Red	Orange	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	
	Ponjong	Yellow	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	
	Purwosari	Yellow	Red	Yellow	Orange	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Red	Orange	
	Rongkop	Yellow	Red	Orange	Green	Orange	Orange	Orange	Yellow	Red	Orange	Red	Orange	
	Saptosari	Green	Green	Orange	Green	Red	Orange	Green	Red	Yellow	Orange	Red	Red	
	Semanu	Orange	Red	Orange	Red	Green	Orange	Red	Red	Orange	Orange	Red	Red	
	Semin	Red	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Green	Red	Orange	Orange	Red	Red	
	Tanjungsari	Yellow	Orange	Orange	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red	
	Tepus	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Orange	Orange	Red	Red	Orange	
Wonosari	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red		
Danurejan	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange		

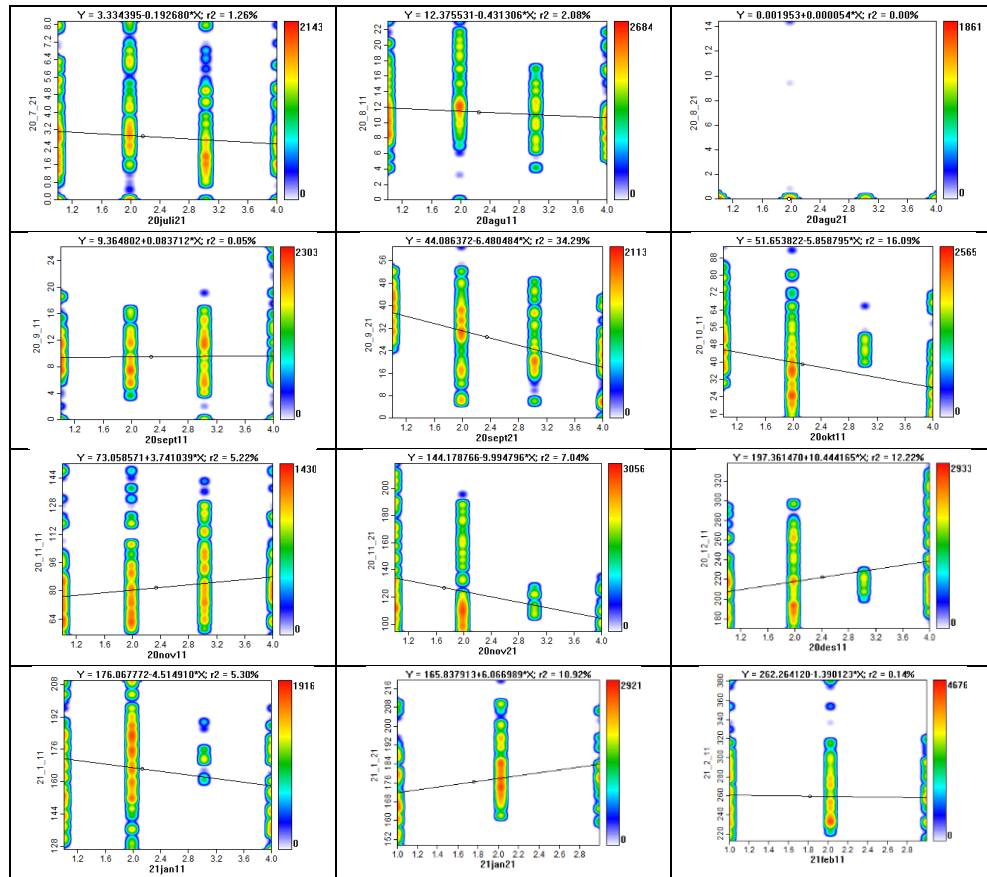
Kabupaten	Kecamatan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kota Yogyakarta	Gedongtengen	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red
	Gondokusuman	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	Gondomanan	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	Kotagede	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red
	Kraton	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	Mantrijeron	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Red
	Mergangsan	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red
	Ngampilan	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	Pakualaman	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	Tegalrejo	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Red
	Umbulharjo	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	Wirobrajan	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Red
	Jetis	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red
Kulon Progo	Galur	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow			
	Girimulyo	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Orange	Yellow			
	Kalibawang	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow			
	Kokap	Green	Green	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow			
	Lendah	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow			
	Nanggulan	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow			
	Panjatan	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow			
	Pengasih	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow			
	Samigaluh	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow			
	Sentolo	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow			
	Temon	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow			
	Wates	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow			
	Sleman	Berbah	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Red
Cangkringan		Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Orange
Depok		Orange	Orange	Red	Orange	Red	Red	Orange	Red	Red	Red	Red	Orange
Gamping		Orange	Orange	Red	Orange	Red	Red	Yellow	Orange	Red	Red	Red	Orange
Godean		Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Orange
Kalasan		Orange	Orange	Yellow	Red	Red	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Red
Minggir		Orange	Orange	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Orange
Mlati		Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Yellow	Orange	Red	Red	Red	Orange
Moyudan		Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Ngaglik		Orange	Orange	Orange	Yellow	Red	Red	Yellow	Orange	Red	Red	Red	Orange
Ngemplak		Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Orange
Pakem		Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Orange
Prambanan		Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Red

Kabupaten	Kecamatan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Seyegan	Yellow	Orange	Green	Yellow	Yellow	Orange	Green	Red	Red	Red	Red	Orange
	Sleman	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Orange
	Tempel	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Orange	Red	Red	Red
	Turi	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Red	Red	Orange	Red	Orange

Keterangan risiko:

<i>No data</i>	
	Tidak terdampak
	Rendah
	Sedang
	Tinggi

Lampiran 8. Korelasi sederhana antara faktor risiko dan tebal hujan (mm)



Keterangan : perhitungan dilakukan per-periode dengan urutan sebagai berikut:

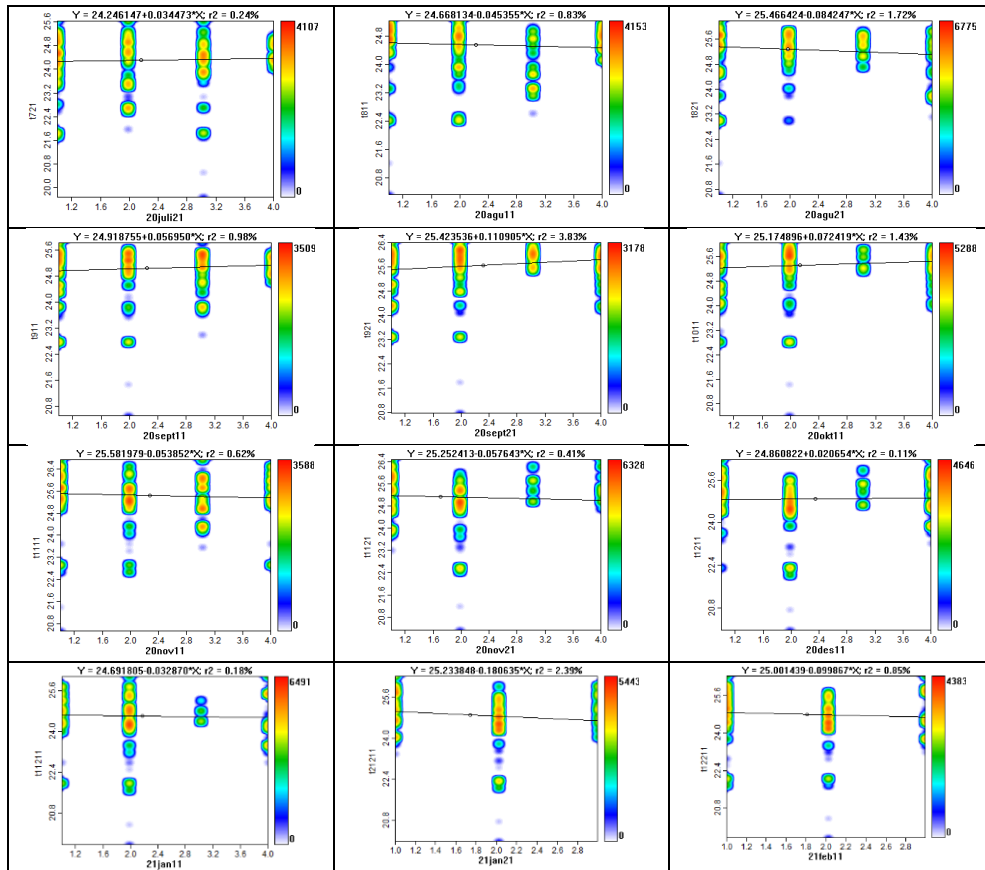
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12

Rincian periode merujuk pada Tabel 3.

Tingkat risiko COVID-19:

Kode	Periode 1-10	Periode 11-12
1	Tidak terdampak	Tidak ada data
2	Ringan	Sedang
3	Sedang	Tinggi
4	Tinggi	-

Lampiran 9. Korelasi sederhana antara faktor risiko dan temperatur (°C)



Keterangan : perhitungan dilakukan per-periode dengan urutan sebagai berikut:

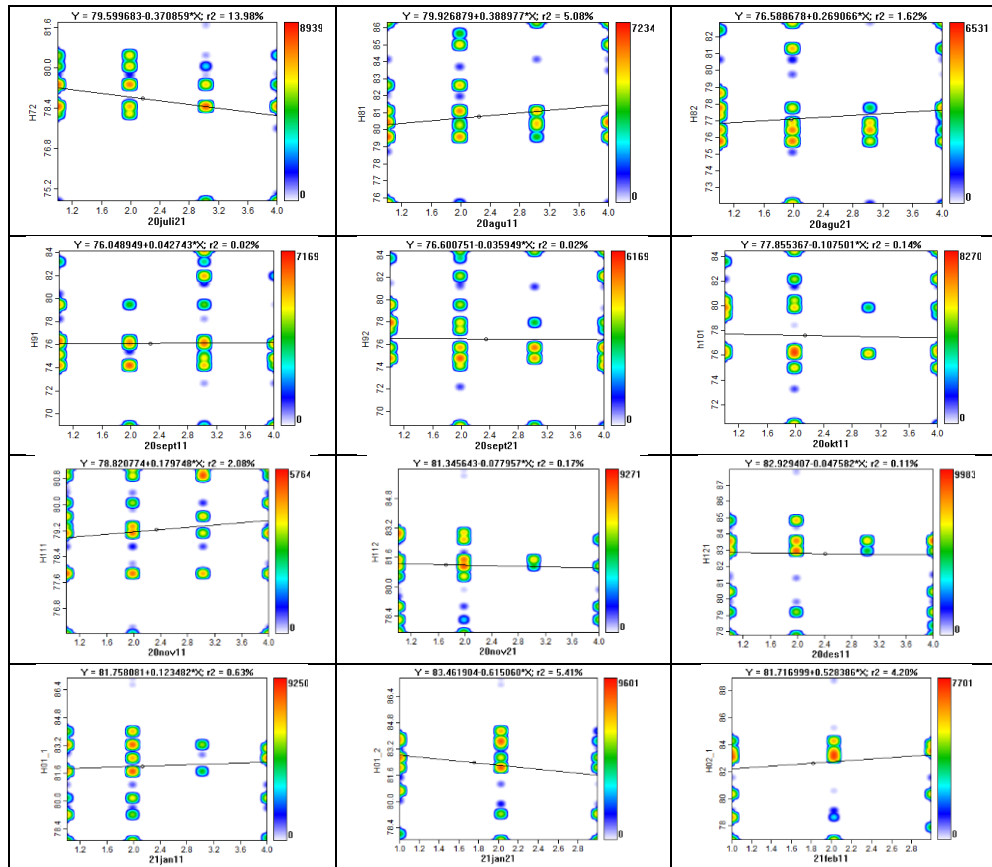
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12

Rincian periode merujuk pada Tabel 3.

Tingkat risiko COVID-19:

Kode	Periode 1-10	Periode 11-12
1	Tidak terdampak	Tidak ada data
2	Ringan	Sedang
3	Sedang	Tinggi
4	Tinggi	-

Lampiran 10. Korelasi sederhana antara faktor risiko dan kelembaban relatif (%)



Keterangan : perhitungan dilakukan per-periode dengan urutan sebagai berikut:

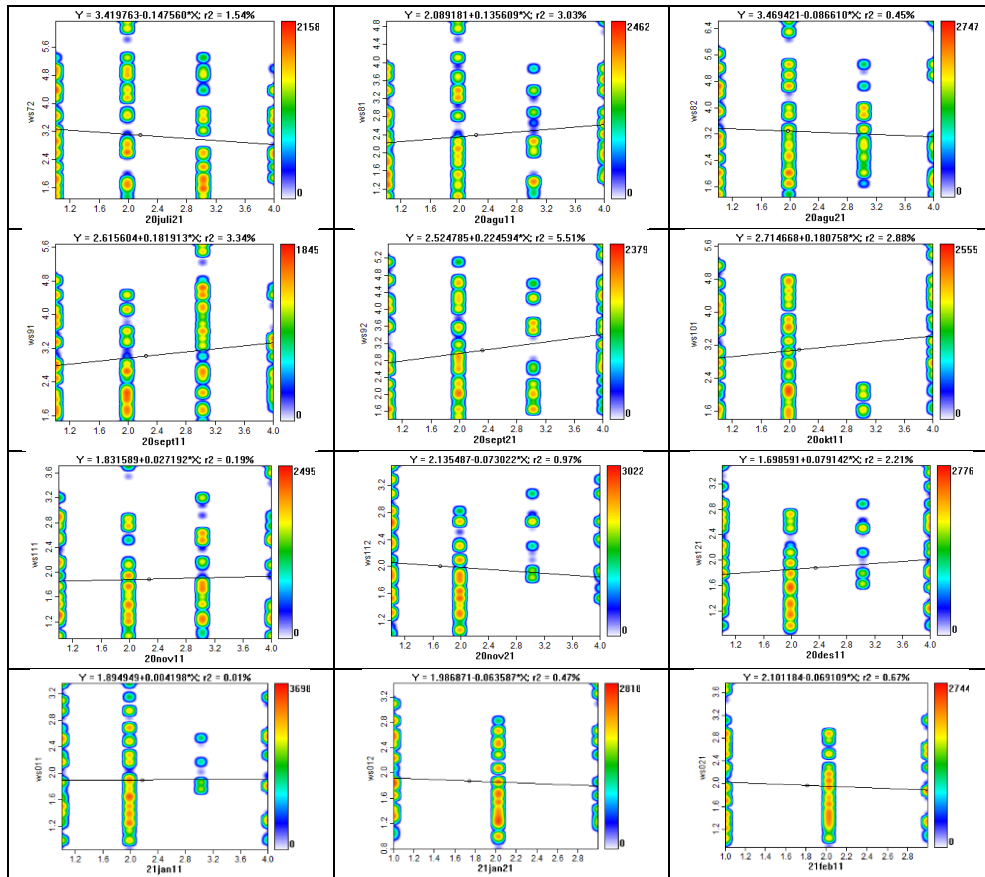
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12

Rincian periode merujuk pada Tabel 3.

Tingkat risiko COVID-19:

Kode	Periode 1-10	Periode 11-12
1	Tidak terdampak	Tidak ada data
2	Ringan	Sedang
3	Sedang	Tinggi
4	Tinggi	-

Lampiran 11. Korelasi sederhana antara faktor risiko dan kecepatan angin (m/s)



Keterangan : perhitungan dilakukan per-periode dengan urutan sebagai berikut:

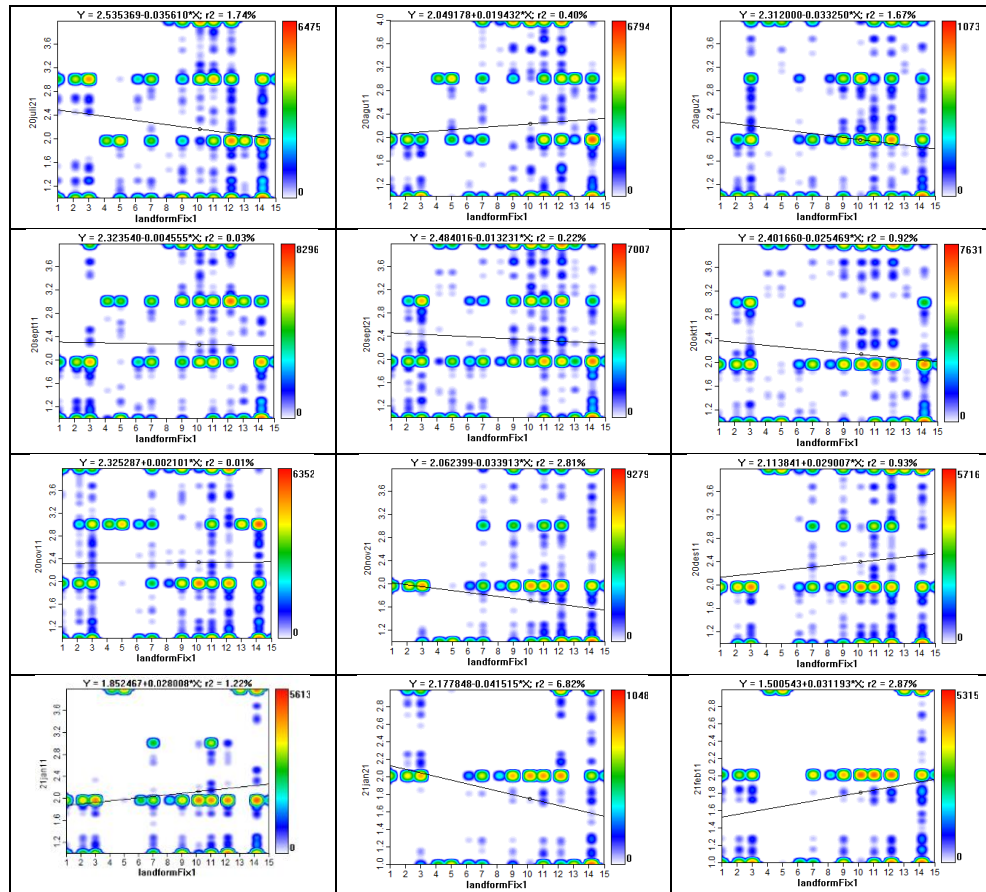
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12

Rincian periode merujuk pada Tabel 3.

Tingkat risiko COVID-19:

Kode	Periode 1-10	Periode 11-12
1	Tidak terdampak	Tidak ada data
2	Ringan	Sedang
3	Sedang	Tinggi
4	Tinggi	-

Lampiran 12. Korelasi sederhana antara faktor risiko dan bentuklahan



Keterangan : perhitungan dilakukan per-periode dengan urutan sebagai berikut:

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12

Rincian periode merujuk pada Tabel 3.

Keterangan bentuklahan:

1 = V5	4 = D3	7 = S12	10 = K8	13 = D2
2 = V7	5 = D7	8 = K3	11 = S4	14 = F12
3 = V6	6 = D7 di kompleks	9 = K2	12 = K1	15 = V2

fluvial (lihat Lampiran 2)

Lampiran 13. Penggunaan anggaran

1. HONOR OUTPUT KEGIATAN

Tgl	Item Honor	Volume	Satuan	Honor/jam (Rp)	Total (Rp)
-	-	-	-	-	-
Sub Total (Rp)					0

2. BELANJA BAHAN

Tgl	Item Bahan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
14-Jun-21	Konsumsi	5	Orang	25.000	125.000
21-Jun-21	Kertas HVS A4	3	rim	40.000	120.000
	Cetak instrumen	80	lembar	150	12.000
	Flash disk 32 GB	4	Buah	70.000	280.000
28-Jun-21	Konsumsi	5	Orang	25.000	125.000
14-Jul-21	Konsumsi	3	Orang	25.000	75.000
15-Jul-21	Paket data	1	buah	100.000	100.000
17-Jul-21	Pengolahan dan analisis data	1	Ls	1.500.000	1.500.000
19-Agu-21	Penulisan laporan akhir	1	Ls	2.000.000	2.000.000
24-Agu-21	Sewa printer	1	Ls	600.000	600.000
25-Agu-21	Penggandaan laporan	4	buah	15.750	63.000
Sub Total (Rp)					5.000.000

3. LAIN-LAIN

Tgl	Item Bahan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
20-Agu-21	Biaya translate native	1	Ls	8.000.000	5.000.000
21-Agu-21	Biaya <i>proofread</i>	1	Ls	5.000.000	5.000.000
	Biaya editing grafis	1	Ls	2.000.000	2.000.000
23-Agu-21	Biaya publikasi	1	Ls	1.000.000	1.000.000
Sub Total (Rp)					13.000.000
Total Pengeluaran (Rp)					18.000.000

**PENELITIAN UNGGULAN UNY
TAHUN ANGGARAN 2016**



JUDUL PENELITIAN:

**PENGARUH PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP PERSEDIAAN AIR
TANAH KAWASAN SUBURBAN YOGYAKARTA**

Oleh:

Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.

Dr. Dyah Respati SS., M.Si.

**FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2016**

**HALAMAN PENGESAHAN
PROPOSAL PENELITIAN UNGGULAN UNY**

1. Judul Penelitian : Pengaruh Penggunaan Lahan Terhadap Persediaan Air Tanah Kawasan Suburban Yogyakarta
2. Ketua Peneliti
 - a. Nama lengkap : Suhadi Purwantara, M.Si.
 - b. Jabatan : Lektor Kepala
 - c. Jurusan : Pendidikan Geografi
 - d. Alamat surat : Kampus FIS UNY Karangmalang Yogyakarta
 - e. Telepon rumah/HP : 0274-898284/085226211591
 - f. Faksimili : 0271584201
3. Bidang Keilmuan Penelitian: Geografi
4. Skim Penelitian : Unggulan UNY
5. Tema Penelitian Payung : Mitigasi Bencana
6. Sub tem penelitian Payung : Mitigasi Bencana
7. Kelompok Peneliti

No.	Nama dan Gelar	NIP	Bidang keahlian
1.	Dr. Dyah Respati SS., M.Si.	196603222002032001	Penginderaan jauh

8. Mahasiswa yang terlibat:

No.	Nama	NIM	Prodi
1.	Estina	12405241006	Geografi
2.	Samsul Huda	12405241008	Geografi

9. Lokasi Penelitian : Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, Bantul
10. Waktu Penelitian : 6 (enam) bulan
11. Dana yang diusulkan : Rp. 20.000.000,-



Mengetahui:
Dekan Fakultas Ilmu Sosial

Prof. Dr. Ajad Sudrajad, M.Ag.
NIP. 19620321 1989 03 1 001

Yogyakarta, 30 September 2016
Ketua Tim Peneliti,

Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.
NIP. 19591129 198601 1001

Menyetujui,
Ketua LPPM,

Dr. Suyanta, M.Si.
NIP. 196605081992031002

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
RINGKASAN.....	iv
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar belakang masalah.....	1
B. Perumusan masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat penelitian.....	3
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
A. Roadmap penelitian.....	5
B. Penggunaan Lahan.....	6
C. Meteorologi.....	8
D. Hidrologi.....	12
E. Cekungan Air Tanah.....	13
F. Resapan Air.....	15
BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Lokasi Penelitian.....	20
B. Bidang Penelitian.....	20
C. Desain Penelitian.....	20
D. Populasi Penelitian.....	20
E. Sampel Penelitian.....	20
F. Cara Penelitian.....	20
G. Teknik analisis Penelitian.....	25
BAB IV HASIL PENELITIAN	
A. Kondisi Geografis	22
B. Kondisi Hidrologis	23
C. Iklim	23
D. Perubahan Penggunaan Lahan	24
E. Kedalaman Air Tanah	24
F. Suburban di Wilayah Utara	25
BAB V. HASIL PENELITIAN.....	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	

JUDUL PENELITIAN:

**PENGARUH PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP PERSEDIAAN AIR
TANAH KAWASAN SUBURBAN YOGYAKARTA**

Abstrak

Tujuan jangka panjang penelitian ini adalah memantau ketersediaan air tanah dalam beberapa dasawarsa ke depan. Hal itu sangat penting untuk menghindari munculnya krisis air yang sangat mungkin terjadi bila konservasi air tanah tidak disikapi dengan baik. Penelitian ini memiliki target khusus atau bertujuan untuk mengetahui dampak perubahan penggunaan lahan di Yogyakarta dan sekitarnya dan persediaan air tanah dalam kurun waktu 10 tahun terakhir. Metode atau cara penelitian ini menggunakan analisis data primer dan sekunder, berupa peta penggunaan lahan beberapa dasawarsa, data kedalaman air tanah, data curah hujan dan temperatur. Sampel penelitian kedalaman air tanah diperoleh berdasarkan data primer dan data sekunder. Perubahan penggunaan lahan berdasarkan perbedaan peta penggunaan lahan dalam beberapa dasawarsa. Curah hujan dan temperatur adalah salah satu tolok ukur perubahan lingkungan selain kedalaman air tanah. Hasil penelitian ini diharapkan memberi gambaran baik buruknya dampak lingkungan hidup terhadap masa depan kehidupan masyarakat karena berkaitan dengan sumber kehidupan, yaitu air. Air tanah di pinggiran Sleman mengalami penurunan yang signifikan sedangkan air tanah di pinggiran Bantul tidak atau sangat sedikit mengalami penurunan.

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Sejak beberapa dasawarsa terakhir gelombang dahsyat fenomena El Nino telah menghantui banyak manusia di berbagai permukaan bumi termasuk Indonesia. Banyak pakar meteorology dan klimatologi mengemukakan bahwa fenomena El Nino baru dapat diprediksi pada dua abad terakhir. Sebelumnya para ahli di bidangnya belum dapat berbuat banyak. Fenomena El Nino telah beberapa kali dapat dipantau di beberapa belahan bumi ini.

Di Indonesia El Nino terparah pernah terjadi pada tahun 2015 dan 1997. El Nino sebelumnya juga pernah terjadi bahkan sejak tahun 1964, 1977, dan 1982/1983. Gelombang El Nino di wilayah Indonesia dan Asia Tenggara pada umumnya ditandai dengan musim kemarau yang sangat panjang. Hal itu berpengaruh terhadap kehidupan pertanian. Negara agraris seperti Indonesia ini akan sangat terpengaruh bila ketersediaan air irigasi terganggu. Kemarau panjang berakibat sumber air permukaan berkurang drastis, tetapi yang lebih berbahaya lagi adalah sumber air tanah juga sangat berkurang. Hal itu mengancam kehidupan umat manusia. El Nino yang datang semakin sering, berakibat pada sering datangnya kemarau panjang, akhirnya yang terjadi adalah krisis air. Hal itu dapat terjadi karena media penahan dan penyimpan air pada musim penghujan, semakin sedikit wilayahnya. Media itu adalah hutan dan lahan yang berupa tanah yang berfungsi sebagai resapan air hujan. Itu terjadi karena fungsi penggunaan lahan telah berubah dari yang semula pekarangan dan tegalan menjadi

wilayah dengan permukiman baru dengan pemadatan tanah dengan semen. Hal lain yang juga mengkhawatirkan tumbuhnya hotel berbintang di wilayah pinggiran perkotaan, seperti di wilayah pinggiran kota Yogyakarta. Berdasarkan riset yang dilakukan Eko Teguh Paripurno (Tempo.co, 2014), terjadi penurunan permukaan air tanah sedalam 15 hingga 50 cm per tahun. Hal itu diduga karena pengambilan air tanah oleh hotel yang melampaui batas, ditambah berkurangnya ruang resapan air hujan.

Wilayah resapan air hujan yang ada di wilayah Merapi sayap selatan lereng tengah (*middle slope*) dan lereng atas (*upper slope*) telah berubah fungsi. Di wilayah lereng bawah (*lower slope*) telah banyak berkembang permukiman, sedangkan di wilayah lereng atas semakin berkurangnya hutan untuk lahan pertanian. Kondisi tersebut mengakibatkan jumlah air hujan yang meresap masuk dalam tanah semakin sedikit, sedangkan kepedulian masyarakat terhadap pembuatan sumur resapan air hujan juga sangat kurang (Suhadi Purwantara, 2007). Pesatnya perkembangan permukiman menjadi salah satu faktor berubahnya penggunaan lahan, baik di pinggiran perkotaan, bahkan beberapa kawasan yang jauh dari kota Yogyakarta seperti Kecamatan Ngaglik, Ngemplak, Kalasan, Kabupaten Sleman, dan beberapa wilayah di Kabupaten Bantul juga telah terjadi gejala urbanisasi. Gejala urbanisasi di banyak wilayah telah memicu kelangkaan air, hal itu menjadi bencana bagi umat manusia.

Berdasarkan permasalahan itu maka akan diteliti tentang seberapa besar perubahan penggunaan lahan di wilayah sub urban Yogyakarta, serta seberapa besar pengaruhnya terhadap ketersediaan air tanah?

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dirumuskan beberapa rumusan masalah berikut.

1. Seberapa besar perubahan penggunaan lahan di wilayah suburban?
2. Bagaimana perkembangan kedalaman air tanah wilayah suburban?
3. Seberapa besar pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap ketersediaan air tanah?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui perubahan penggunaan lahan di wilayah suburban Yogyakarta
2. Mengetahui perubahan kedalaman air tanah wilayah suburban Yogyakarta
3. Mengetahui besar pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap ketersediaan air tanah.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk:

1. Dasar penelitian berikutnya mengenai kewaspadaan nasional berkaitan dengan cadangan air tanah.
2. Masukan bagi pemerintah dalam hal kebijakan membangun sumur resapan air hujan, penghijauan, dan juga pembangunan waduk-waduk penampung air berkaitan dengan berkurangnya musim penghujan setiap ada El Nino.
3. Memacu mahasiswa mempercepat penyelesaian studi dengan menggunakan data penelitian ini kemudian dikembangkan menjadi banyak tema, seperti perubahan penggunaan lahan di wilayah suburban, perubahan penggunaan lahan di wilayah Merapi upperslope, perubahan penggunaan lahan di wilayah

Merapi middleslope baik menggunakan SIG maupun manual, potensi air tanah, perubahan kedalaman air tanah, perubahan iklim, dan yang lainnya. Diharapkan dapat mempercepat mahasiswa lulus tepat waktu.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Penelitian tidak terlepas dari penelitian lainnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Oleh karenanya berikut ini disajikan *roadmap* penelitian tentang penelitian lingkungan, khususnya tentang air.

A. Roadmap Penelitian

Roadmap penelitian lingkungan ini berkaitan dengan penelitian tentang krisis air. Penelitian ini lanjutan dari beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan resapan air hujan, persediaan air permukaan dan air tanah, serta perubahan penggunaan lahan.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa telah terjadi pemekaran kawasan urban. Urbanisasi berdampak pada ketersediaan air tanah. Banyak penelitian menunjukkan kedalaman air tanah di berbagai kota terjadi penurunan. Hal itu terjadi karena ruang peresapan berubah fungsi sehingga sebagian besar air hujan tidak meresap dalam tanah, sedangkan penggunaan air tanah juga semakin besar, sehingga terjadi krisis air di berbagai kawasan urban.

Tabel 1. *Roadmap* penelitian

Tahun	Tema	Keluaran
Getchell, et al. 1995	Resapan buatan (<i>Artificial recharge enhances aqui fer capacity</i>)	Ada berbagai teknik peresapan buatan yang digunakan, termasuk aplikasi permukaan, seperti kolam, genangan air sungai yang tidak mengalir, modifikasi rute air permukaan, dan sumur injeksi.
Suhadi Purwantara, 2002	Studi Estimasi Larian air (<i>runoff</i>) di Kolombo UNY	Sedikitnya wilayah resapan berakibat pada besarnya larian air sehingga saluran drainase harus di perbesar.
Suhadi Purwantara, 2005	Studi Perubahan Penggunaan Lahan di Umbulharjo Yogyakarta menggunakan Interpretasi Foto Udara	Peta perubahan penggunaan lahan

Zaini Anwar, 2005,	Evaluasi Kebijakan Sumur Resapan air Hujan untuk Konservasi Airtanah Dangkal di Kabupaten Sleman.	Kurang dari 30% masyarakat membuat sumur resapan air hujan. Kinerja pemerintah dalam pengawasan penerapan Perda no 1 tahun 1990 masih rendah. Sikap masyarakat cenderung netral, dan disarankan pembangunan sumur resapan buatan kolektif yang dikerjakan bersama-sama masyarakat dengan pemerintah.
Nolan, et al., 2007.	Resapan air (<i>Factors influencing ground-water recharge in the eastern United States</i>).	Hasilnya menunjukkan rerata limpasan (<i>run-off</i>) tahunan, suhu udara, curah hujan, indeks eksfiltrasi berpengaruh terhadap besarnya resapan. Karakteristik tanah dan penggunaan lahan kurang berpengaruh terhadap perkiraan besar resapan .
Suhadi Purwantara, 2007	Studi Kepedulian masyarakat Membuat Resapan Air Hujan di Sleman	Hanya sedikit masyarakat membuat sumur resapan air hujan
Aneka Anjar, 2008.	Zonasi Kawasan Resapan Air Hujan di Sub-DAS Gesing dan Sub-DAS Munggo Kabupaten Purworejo.	Hasilnya terdapat tiga wilayah resapan , yaitu wilayah resapan sangat bagus, sedang dan jelek. Wilayah resapan jelek menempati wilayah yang sangat sempit di beberapa spot, sedangkan wilayah resapan sangat bagus berada di bagian atas pegunungan.
Suhadi Purwantara, 2013	Konservasi Air Tanah di wilayah Ngaglik Sleman	Wilayah resapan air hujan semakin berkurang
Suhadi Purwantara, 2016	Pengaruh Penggunaan Lahan Terhadap Persediaan Air Tanah Kawasan Suburban Yogyakarta	Peta penggunaan lahan dan peta kedalaman air tanah.

B. Penggunaan lahan

Istilah penggunaan lahan meliputi segala jenis kenampakan dan sudah dikaitkan dengan aktivitas manusia dalam pemanfaatannya. Suatu unit penggunaan lahan mewakili tidak lebih dari suatu *mental construct* yang didisain untuk memudahkan inventarisasi dan aktivitas pemetaan (Malingreau dan Rosalia, 1981). Identifikasi, pemantauan dan evaluasi penggunaan lahan perlu selalu dilakukan pada setiap periode tertentu, karena dapat menjadi dasar untuk penentuan kebijakan pemerintah atau penelitian mengenai perilaku manusia dalam memanfaatkan lahan. Penggunaan lahan menjadi bagian yang penting dalam usaha melakukan

perencanaan dan pertimbangan dalam merumuskan kebijakan keruangan di suatu wilayah.

Penggunaan lahan berubah dari waktu ke waktu. Penggunaan lahan secara garis besar dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu penggunaan lahan pertanian dan non pertanian. Penggunaan lahan non pertanian dapat dibagi menjadi penggunaan lahan kota dan desa, dengan peruntukan lahan permukiman, industri, ruang rekreasi, dan sebagainya (Arsyad, 1989). Baik untuk lahan permukiman, industri, maupun ruang rekreasi, secara fungsional telah mengalami perubahan lahan menjadi wilayah terbangun (*built area*). Perubahan penggunaan lahan dapat terjadi secara terancang maupun tidak. Perubahan penggunaan lahan juga dapat terjadi secara sistematis atau non sistematis.

Untuk mengetahui besaran perubahan penggunaan lahan harus ada data penggunaan lahan minimum dua waktu yang berbeda. Data penggunaan lahan dapat diperoleh dari citra foto udara atau satelit. Untuk memperolehnya menggunakan teknik penginderaan jauh. Penginderaan jauh merupakan ilmu memperoleh informasi dan interpretasi tentang obyek, dengan cara menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung dengan objek yang dikaji (Sabin, 1987, Lillesand dan Kiefer, 1990). Penggunaan citra satelit dan foto udara sebagai sumber informasi sudah meluas dalam berbagai terapan. Untuk itu dengan menggunakan teknik penginderaan jauh dapat dianalisis besar perubahan penggunaan lahan berdasarkan minimum dua citra yang berbeda waktu pemotretan.

C. Meteorologi

Proses transformasi curahan hujan, melalui bbrapa media dan tahan seperti berikut :

- (1) langsung jatuh ke laut, danau, sungai dan rawa kemudian kembali ke atmosfer melalui proses evaporasi,
- (2) sebelum mencapai permukaan bumi menguap kembali ke atmosfer (udara),
- (3) jatuh pada daun-daun tumbuhan dan langsung menguap kembali ke udara sebelum sampai di permukaan tanah (*intersepsi*),
- (4) jatuh di permukaan bumi dan meresap ke dalam lapisan tanah (*infiltrasi*) menjadi persediaan air dalam tanah (*lengas tanah*),
- (5) dalam lapisan tanah air mengisi ruang pori-pori tanah setelah jenuh membentuk aliran yang disebut dengan aliran antara (*interflow*),
- (6) setelah tanah mengalami kejenuhan tidak mampu meresapkan air hujan lagi terjadi genangan air di permukaan dan setelah melampaui keseimbangan energi terjadilah aliran di permukaan tanah yang disebut dengan limpasan permukaan (*overland flow*),
- (7) air di dalam tanah selanjutnya meresap secara perlahan ke dalam lapisan batuan (*perkolasi*) menjadi persediaan air dalam lapisan batuan pembawa air (*akuifer*) membentuk air tanah dangkal (*sumur gali*) dan air tanah dalam (*sumur bor*),
- (8) di dalam lapisan batuan pembawa air (*akuifer*) melalui celah-celah batuan terjadi aliran air bawah tanah (*groundwater flow*),

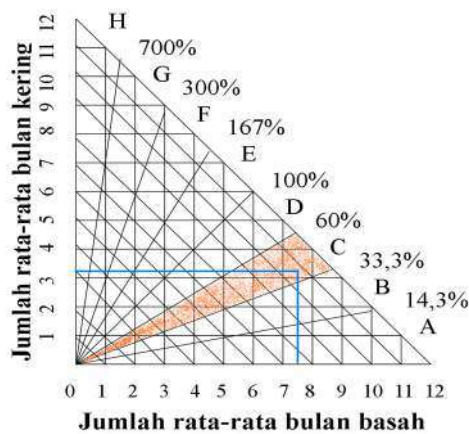
- (9) aliran air bawah tanah terpotong oleh kemiringan lereng permukaan bumi kemudian terjadi pemunculan air di permukaan bumi membentuk mataair (*springs*) dan atau rembesan (*seepages*).

Schmith dan Ferguson menggolongkan tipe iklim di Indonesia berdasarkan besar kecilnya nilai Q. Penggolongan nilai Q didasarkan atas data curah hujan tahunan dari daerah penelitian. Pembagian iklim, menurut Schmid dan Ferguson adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Pembagian Tipe Curah Hujan menurut Schmidt dan Ferguson

	Bulan Kering	Nilai Q	Kondisi Iklim
	< 1,5	< 0,14	Sangat Basah(<i>Very Wet</i>)
B	1,5 < 3,0	0,14 < 0,33	Basah(<i>Wet</i>)
C	3,0 < 4,5	0,33 < ,60	Agak Basah(<i>Fairly Wet</i>)
D	4,5 < 6,0	0,60 < 1,00	Sedang(<i>Fairly</i>)
E	6,0 < 7,5	1,00 < 1,67	Agak Kering(<i>FairlyDry</i>)
F	7,5 < 9,0	1,67 < 3,00	Kering(<i>Dry</i>)
G	9,0 < 10,5	3,00 < 7,00	Sangat Kering (<i>Very Dry</i>)
H	> 10,5	> 7,00	Luar Biasa Kering (<i>Extremely Dry</i>)

Pada diagram dan grafik terlihat sebagai berikut:



Gambar 1. Tipe Curah Hujan menurut Schmidt and Ferguson.

Koppen mengklasifikasikan iklim berdasarkan temperatur dan rata-rata curah hujan bulanan yang dihubungkan dengan keadaan vegetasi alami berdasarkan peta vegetasi. Menurut Koppen Vegetasi yang hidup secara alami menggambarkan iklim tempat tumbuhnya. Vegetasi itu tumbuh dan berkembang sesuai dengan hujan efektif yaitu kesetimbangan antara hujan, suhu, dan evapotranspirasi. Klasifikasi Koppen adalah sebagai berikut:

1. Iklim Hujan Tropika (*Tropical Raining Climate/ A*)

Golongan iklim yang mempunyai suhu bulan terdingin diatas 18° C. Dengan curah hujan lebih besar daripada evapotranspirasi tahunan.

2. Iklim Kering (*Dry Climate/ B*)

Golongan iklim ini, curah hujan yang diterima lebih kecil dari penguapan.

3. Iklim Sedang (*Humid Mesothermal Climate/ C*)

Golongan iklim yang mempunyai suhu bulan terpanas diatas 10° C dan suhu bulan terdingin antara 0° C - 18° C.

4. Iklim Dingin (*Humid Microthermal Climate/ D*)

Golongan ini mempunyai temperature atau suhu rata-rata bulan terdingin kurang dari 0° C dan rata-rata bulan terpanas lebih besar daripada 10° C

5. Iklim Kutub (*Polar Climate/ E*)

Rata-rata temperatur bulan terpanas kurang dari 10° C.(Handoko, 163)

Selanjutnya Koppen membagi iklim Hujan Tropik (A) menjadi tiga tipe, yaitu :

a) Tipe Hutan Hujan Tropik (Af)

Ciri-ciri daerah yang termasuk tipe iklim ini adalah: temperatur bulan terdingin lebih besar dari 18° C. Curah hujan rata-rata bulan terkering lebih besar dari 60 mm.

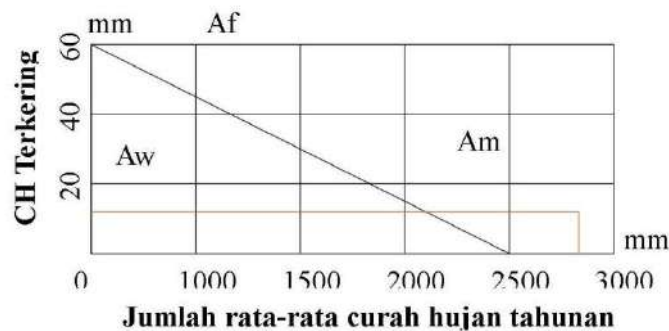
b) Iklim Monsun Tropis (Am)

Suatu Daerah yang apabila curah hujan bulan kering lebih kecil dari 2,4 inci(60 mm) dan lebih besar dari $3,94 - r/25$ dengan keterangan r adalah curah hujan tahunan dalam inci. Daerah Iklim Monsun Tropis ini pada bulan – bulan basah dapat mengimbangi kekeringan pada bulan kering dan pada umumnya masih terdapat hutan yang cukup lebat.

c) Iklim Savana (Aw)

Suatu daerah yang apabila curah hujan bulan terkering lebih kecil dari $3,94 - r/25$ (Soekardi Wisnubroto, 1986 : 70).

Berdasarkan tipe iklim menurut Koppen, maka suatu daerah dapat dimasukkan ke dalam tipe iklim Am, Aw, atau Af..



Gambar 2. Tipe Iklim menurut Koppen

2) Temperatur

Data mengenai temperatur udara di wilayah daerah penelitian dapat diketahui dengan perhitungan matematika. Menurut Made Sandy (1987:8) Suhu rata-rata tahunan di permukaan daratan pada ketinggian 0

meter di atas permukaan air laut adalah $26,3^{\circ}$ C. Seterusnya setiap kenaikan 100 meter d.p.a.l., angka penurunan suhu adalah $0,6^{\circ}$ C.

D. Hidrologi

Air yang ada di bumi mencapai jumlah kurang lebih antara 1,3 – 1,4 milyar km^3 dengan distribusi air laut : 97,50 %, salju dan es : 1,75 %, air di darat: 0,73 % (air sungai danau dan air tanah), air meteorit: 0,001 % (ada di atmosfer). Air di bumi ini mengalami suatu siklus yang disebut dengan siklus air (siklus hidrologi). Siklus ini dapat dimulai dari adanya penguapan air yang ada di permukaan tanah, vegetasi dan permukaan laut. Uap air tersebut kemudian mengalami kondensasi dan membentuk awan, karena adanya beberapa proses maka terjadilah hujan. Air hujan yang jatuh di daratan sebagian akan tertahan di vegetasi dan sebagian lagi akan mencapai permukaan tanah. Air yang mencapai ke permukaan tanah sebagian akan meresap ke dalam tanah dan sebagian akan mengalir ke permukaan tanah menuju ke sungai dan akhirnya ke laut, sedangkan air yang meresap ke dalam tanah akan mengisi air tanah yang kemudian mengisi air sungai dan bergerak ke laut.

Di daratan dapat dijumpai air yang berada di dalam tanah, air yang mengalir di permukaan tanah (sungai), air yang menggenang di permukaan tanah (danau, telaga, rawa) dan air yang ada di atmosfer (air meteorit). Ilmu yang mempelajari perairan darat ini disebut dengan hidrologi.

Menurut ILRI, ilmu yang mempelajari perairan darat ini dibedakan menjadi: Potamologi, yaitu cabang hidrologi yang mempelajari tentang

air yang mengalir di permukaan tanah, oleh karena itu sering disebut dengan hidrologi sungai. Limnologi, yaitu cabang hidrologi yang mempelajari tentang air yang menggenang di permukaan tanah (hidrologi danau). Geohidrologi, yaitu cabang hidrologi yang mempelajari tentang air yang ada di bawah permukaan tanah. Kriologi, yaitu cabang hidrologi yang mempelajari tentang salju dan es. Hidrometeorologi, yaitu mempelajari tentang aspek-aspek meteorologi yang berperan terhadap aspek hidrologi.

E. Cekungan Air Tanah

Cekungan airtanah (*groundwater basin*) adalah suatu waduk alami yang sangat besar yang terdapat di bawah tanah. Oleh karenanya cekungan airtanah berfungsi sebagai *reservoir* (Fetter, 2001, Todd dan Mays, 2005). Banyak keuntungan dengan adanya cekungan airtanah, antara lain yaitu memiliki kapasitas sangat besar, hampir tidak terjadi evaporasi, cakupan wilayahnya bisa jadi tidak terlalu luas, terhindar dari bencana alam, memiliki suhu merata, murni dari bakteri, dan aman dari dampak radioaktif (Todd dan Mays, 2005).

Menurut UU Sumberdaya Air no. 7 tahun 2004, Bab I, pasal 1, nomer 12, yang dimaksud dengan cekungan airtanah adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan airtanah berlangsung. Selanjutnya berdasarkan Pasal 7 Peraturan Pemerintah No. 48 tahun 2008, cekungan airtanah ditetapkan sebagai:

- 1) cekungan airtanah dalam satu kabupaten/kota;

- 2) cekungan airtanah lintas kabupaten/kota;
- 3) cekungan airtanah lintas provinsi; dan
- 4) cekungan airtanah lintas negara.

Maksud dari pasal 7 butir a, cekungan airtanah dalam satu kabupaten/kota di atas adalah bahwa cekungan airtanah hanya ada dalam satu kabupaten atau kota. Di Daerah Istimewa Yogyakarta CAT yang berada dalam satu kabupaten adalah CAT Wates. Contoh cekungan airtanah lintas kabupaten/kota adalah CAT Yogyakarta Sleman. CAT tersebut terletak dari Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kabupaten Bantul. Contoh cekungan airtanah lintas provinsi adalah CAT Tegal-Brebes yang terletak di antara provinsi Jawa Tengah dan Provinsi Jawa Barat. CAT Randublatung dan CAT Ngawi Ponorogo yang terbentang antara Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur. Contoh cekungan airtanah lintas negara, contohnya CAT Merauke yang terbentang antara Indonesia dengan Papua Nugini.

Kriteria CAT berdasar PP No. 43 Tahun 2008 sebagai berikut.

- a. Mempunyai batas hidrogeologis yang dikontrol oleh kondisi geologis dan/atau kondisi hidraulik airtanah. Maksudnya dibatasi oleh batuan impermeabel, baik pada akuifer bebas maupun akuifer tertekan. Menurut Kodoatie (2013), yang dimaksud dengan batas hidrogeologis adalah batas fisik wilayah pengelolaan airtanah. Batas hidrogeologis dapat berupa batas antara batuan lulus dan tidak lulus air, batas

pemisah airtanah, dan batas yang terbentuk oleh struktur geologi yang meliputi, antara lain, kemiringan lapisan batuan, patahan dan lipatan.

- b. Mempunyai daerah imbuhan dan daerah lepasan airtanah dalam satu sistem pembentukan airtanah. Daerah imbuhan atau wilayah resapan airtanah adalah wilayah masuknya air hujan ke dalam tanah. Di wilayah ini tidak ditemukan tubuh airtanah yang berarti. Selanjutnya daerah atau wilayah lepasan airtanah (*groundwater discharge area*) adalah wilayah yang kaya dengan airtanah, ditandai dengan airtanah dangkal, bahkan ditandai adanya mataair.
- c. Memiliki satu kesatuan sistem akuifer

Berdasarkan Keppres No. 26 Tahun 2011 tentang Cekungan Airtanah, Nomor 109 CAT Yogyakarta Sleman meliputi wilayah Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, Kabupaten Kulonprogo dan Kabupaten Bantul. Dalam sumber yang lain, yaitu Peta Cekungan Airtanah Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta, skala 1:250.000, yang disusun oleh Setiadi, Hendri (2003), Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, Dirjen Geologi dan Sumberdaya Mineral, CAT Yogyakarta Sleman meliputi wilayah Sleman, Yogyakarta, dan Bantul.

F. Resapan Air

Hujan yang jatuh di permukaan bumi sebagian meresap dalam tanah menjadi infiltrasi dilanjutkan perkolasi atau menjadi resapan airtanah (*groundwater recharge*). Menurut Seiler dan Gat (2007), resapan airtanah ialah komponen infiltrasi yang masuk ke dalam airtanah

melalui zona tak jenuh, sungai atau danau. Berarti resapan tersebut adalah alami. Resapan yang tidak alami dinamakan resapan buatan. Media resapan air hujan dapat alami dan buatan. Media resapan alami dapat berupa lahan hutan, lahan gundul, lahan berumput, lahan sawah, lahan pekarangan, dan lain sebagainya. Media resapan buatan dapat berupa sumur resapan air hujan (dangkal), sumur resapan air dalam, maupun genangan buatan seperti waduk, maupun situ buatan. Resapan airtanah ada banyak tipe, yaitu resapan porus sehingga mudah melalukan air, ada yang sulit meloloskan air, yang berakibat infiltrasi berjalan sangat lambat.

Besar kecilnya resapan airtanah setiap wilayah berbeda-beda. Linsley (1982) memberikan rumus $R_o = P - I$. R_o : *run-off* atau besarnya limpasan air,
 P : besarnya presipitasi, dan
 I : jumlah air yang meresap dalam tanah.

Menurut IWACO dan WASECO (1990, dalam Asdak, 2007), laju resapan airtanah tahunan tergantung (R) pada curah hujan tahunan (P) dalam m , luas permukaan (A) dalam m^2 , dan koefisien resapan (C) dalam %. Hal itu diwujudkan secara sederhana dalam rumus $R = \sum A \times P \times C$.

Selanjutnya SNI (2002) memunculkan rumus untuk menghitung besarnya volume resapan (V_{rsp}) dalam m^3 , durasi hujan efektif (t_e) dalam satuan jam. Besarnya t_e dihitung dengan menggunakan formula, luas dinding dan alas sumur sumur (A) dalam satuan m^2 , dan koefisien permeabilitas tanah (m/ha). Disederhanakan dalam bentuk rumus $V_{rsp} =$

$t_e / 24.A_{total} \times K$. Besarnya resapan juga dapat diestimasi menggunakan cara APLIS (Andreo, 2008). Besarnya resapan (R) bergantung pada ketinggian tempat ($A = altitude$), kemiringan ($P = perendiente$), jenis batuan ($L = litologous$), infiltrasi (I), dan tanah ($S = soil$). $R = A + P + 3L + 2I + S / 0,9$.

Menurut Freeze and Chery (dalam Salama, *et al.*, 1993 dan Wibowo, Mardi, 2006), kawasan resapan mempunyai ciri-ciri mempunyai arah umum aliran airtanah secara vertikal, air meresap ke dalam tanah sampai muka airtanah, kedudukan muka preatik relatif dalam, kedudukan muka preatik lebih dalam dari muka piezometrik pada kondisi alamiah, daerah singkapan batuan lolos air tidak jenuh air, daerah perbukitan atau pegunungan, kandungan kimia airtanah relatif rendah, dan sumur airtanah relatif muda. Selanjutnya ciri-ciri khusus dari kawasan resapan air adalah daerah tubuh dan puncak kerucut gunung api, daerah karst yang mempunyai retakan dan lubang pelarutan, dan daerah singkapan batuan pembentuk akuifer tertekan bagian hulu.

Pendapat yang lain mengatakan bahwa kawasan atau wilayah resapan atau lepasan airtanah dapat diketahui antara lain dari tekuk lereng, pola aliran sungai, pemunculan mata air, kedalaman muka airtanah, dan isotop alam (Danaryanto dalam Kodoati, 2012). Dari beberapa cara tersebut, maka menurut Danaryanto, penentuan batas daerah imbuhan atau resapan yang paling akurat adalah berdasarkan kedalaman muka airtanah. Menurut Freeze and Chery (Kodoati, 2012), berdasarkan kedudukan muka airtanah dan arah alirannya maka daerah imbuhan merupakan bagian cekungan yang dicirikan dengan aliran

airtanah. Ciri yang dapat diamati adalah apabila sumur digali atau dibor berakibat muka airtanah semakin dalam, berarti lokasi itu berfungsi sebagai peresap air hujan menjadi airtanah. Sebaliknya apabila airtanah setelah dibor atau digali semakin tebal atau semakin tinggi permukaan air sumurnya, maka lokasi itu sebenarnya adalah wilayah lepasan (*discharge*).

Efektivitas resapan airtanah dipengaruhi oleh kapasitas infiltrasi yang tinggi, dan jenis akuifer tidak tertekan (*unconfined aquifer*) sedalam 2 hingga 3 meter dari permukaan tanah. Dengan demikian apabila kedalaman muka airtanah lebih dari pada 3 meter, maka dapat dibuat resapan buatan (Imhoff, 1925 dan Riedell, 1934 dalam Kodoati, 2012).

Resapan buatan bertujuan antara lain agar airtanah sebagai sumberdaya kehidupan tetap terjaga, menghambat penurunan permukaan airtanah, mengurangi penurunan atau penenggelaman lahan. Berbagai metode pembuatan resapan buatan antara lain dengan pembuatan kubangan, ataupun cekungan (jawa: *jogangan*) di permukaan tanah, parit, sumur resapan, selokan, penggenangan, maupun irigasi. Berbagai metode dengan berbagai formula pernah diterapkan di berbagai Negara di Los Angeles, Arizona Amerika Serikat, Israel, hingga Australia dan hasilnya sangat memuaskan (Todd dan Mays, 2005).

Resapan buatan yang efektif dapat dirancang dengan cara pembangunan bendungan sehingga banyak air dapat meresap masuk dalam tubuh airtanah. Masalah yang umum terjadi adalah adanya penyumbatan (*clogging*) pada kubangan-kubangan buatan. Penyumbatan dapat disebabkan oleh adanya sedimentasi, lempung, pertumbuhan

bakteri, maupun pemadatan oleh karena adanya pemompaan air (Fetter, 2001).

Menurut Gale, *et al.* (2002), tujuan utama pembangunan resapan buatan di banyak negara sedang berkembang adalah untuk menyimpan air terutama untuk kepentingan air irigasi. Tujuan lainnya antara lain untuk mencegah intrusi air laut di wilayah pantai, mengurangi limpasan (*run-off*) dan erosi, serta menjaga agar diperoleh air berkualitas yang baik. Beberapa metode atau teknik resapan buatan, menurut Gale, *et al.* (2002) antara lain: metode menyebar (*spreading method*), sumur terbuka (*open well and shafts*), sumur bor (*boreholes*), tanggul infiltrasi (*bank infiltration*), bendungan pasir penyimpanan (*sand storage dams*), dan atap pemanenan air hujan (*roof-top rainwater harvesting*).

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini disesuaikan dengan roadmap penelitian yang telah dilakukan, yaitu penelitian tentang perubahan penggunaan lahan, ruang resapan, dan konservasi air tanah, yang semuanya dilakukan di wilayah Yogyakarta dan sekitarnya. Dalam metode penelitian ini diuraikan mengenai lokasi, bidang, desain, populasi, sampel dan teknis analisis data.

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kawasan Suburban Yogyakarta dan difokuskan pada perubahan penggunaan lahan dan perubahan kedalaman air tanah.

B. Bidang Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian lingkungan sekaligus tentang kebencanaan, khususnya tentang krisis air yang disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan yang dilakukan oleh manusia dengan tidak memperhatikan dampak buruknya.

C. Desain Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif deskriptif. Dengan demikian banyak memunculkan angka-angka. Namun demikian hasil penelitian juga memberikan gambaran tentang perkembangan tataguna lahan dari dasawarsa ke dasawarsa berikut yang dapat digambarkan melalui hasil interpretasi citra foto udara dan citra satelit.

D. Populasi Penelitian

Penelitian ini lebih tepat disebut penelitian wilayah dengan subyek perubahan penggunaan lahan. Populasi penelitian ini adalah Kawasan Suburban Yogyakarta

E. Sampel Penelitian

Sampel penelitian adalah kedalaman air tanah dan menggunakan data citra satelit untuk memetakan perubahan penggunaan lahan.

F. Cara Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan dengan analisis data primer dan sekunder, berupa data curah hujan, temperatur, kedalaman air tanah, serta pemetaan penggunaan lahan dengan interpretasi citra. Untuk kedalaman air tanah masa lampau diperoleh dengan data sekunder dan informasi penduduk.

G. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis interaktif yang meliputi reduksi data, sajian data, dan kesimpulan. Dalam reduksi data terjadi proses pemilihan, dan transformasi data kasar yang ada dari catatan di lapangan, hingga pengabstrakan. Dalam hal ini adalah data kedalaman air tanah yang berupa data lapangan berupa angka tetapi kemudian dibuat penggolongan. Selanjutnya sajian data merupakan kumpulan data yang kemudian disajikan untuk kemudian disimpulkan.

H. Personalia Peneliti

- Ketua Peneliti :
- a. Nama : Suhadi Purwantara, M Si
 - b. Gol. Pangkat dan NIP : IVb, Pembina Tk I
 - c. NIP : 19591129 198601 1 001
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - e. Fakultas/Jurusan : Fakultas Ilmu Sosial
 - f. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta
 - g. Bidang Keahlian : Geografi Fisik/Hidrologi
 - h. Waktu utk penelitian : 6 Jam/Minggu

Anggota :

- a. Nama : Dr. Dyah Respati Suryo Sumunar, M.Si.
- b. Gol. Pangkat : IIIc
- c. NIP : 196606072002032001
- d. Jabatan Fungsional : Ass. Ahli
- e. Fakultas/Jurusan : Fakultas Ilmu Sosial
- f. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta
- g. Bidang Keahlian : Geografi Teknik/SIG
- h. Waktu utk penelitian : 6 Jam/Minggu

I. Mahasiswa yang terlibat

- a. Estina NIM 12405241006
- b. Samsul Huda NIM 12405241008

BAB IV

HASIL PENELITIAN

A. Kondisi Geologis

Secara geologis, daerah penelitian termasuk di Kabupaten Yogyakarta dan Sleman. Keduanya didominasi dengan Gunung Merapi. Formasi geologis dibagi menjadi batuan vulkanik dan endapan dengan endapan vulkanik mewakili sebagian besar wilayah. Material vulkanik dari Gunung Merapi yang berfungsi sebagai lapisan pembawa air tanah (akuifer) yang sudah terurai menjadi material pasir vulkanik, kemudian disebut Merapi baru. Material Vulkanik dari Merapi baru terbagi menjadi dua satuan formasi geologi yaitu formasi Sleman (didominasi oleh endapan piroklastik halus dan tuf (batuan berpori ringan yang dibentuk oleh konsolidasi abu vulkanik) di daerah bawah dan formasi Yogyakarta (didominasi oleh butiran pasir vulkanik dan kerikil) di daerah atas (McDonald, 1984). Formasi yang berfungsi sebagai lapisan pembawa potensi air utama dan sistem akuifer yang disebut Sistem Akuifer Merapi (SAM). Sistem akuifer ini mengalir secara konstan dari utara ke selatan. Jenis tanah di Kabupaten Sleman terbagi menjadi litosol, regosol, grumosol, dan mediterania. Sebagian besar di daerah Sleman didominasi oleh jenis tanah regosol, sedangkan sebagian kecil berupa tanah mediterania, litosol, dan grumosol. Sebagian pinggirannya berupa tanah latosol dan kambisol, serta di kawasan pinggiran yang berbatasan dengan Kabupaten Bantul disebut Sistem Akuifer Merapi (SAM). Sistem akuifer secara terus menerus dari utara ke selatan dan secara administratif termasuk di Sleman, Yogyakarta dan Bantul.

B. Kondisi Hidrologis

Daerah lereng hingga kaki Merapi banyak terdapat jurang. Beberapa sungai besar yang lebih besar adalah Boyong, Code, Kuning, Gajahwong, dan Winongo. Berdasarkan perlapisan batuan yang disajikan sebelumnya, daerah ini memiliki akuifer yang sangat baik. Air tanah Merapi mengalir di bawah permukaan dan bergerak menuju daerah yang lebih rendah di selatan. Ada yang terpotong oleh tekuk lereng atau retakan atau topologi rekahan sehingga tampak berupa pegas. Beberapa sabuk mata air telah banyak diteliti, yaitu: mata air Bebeng pada ketinggian 1000 meter, mata air Sleman-Cangkringan pada ketinggian 500 meter, mata air Ngaglik pada ketinggian 300 meter, dan mata air Yogyakarta pada ketinggian 130 meter. Mata air ini telah digunakan untuk konsumsi sehari-hari dan irigasi.

C. Iklim

Berdasarkan data curah hujan rata-rata selama 10 tahun, curah hujan rata-rata sebesar 1710 mm. Jumlah musim hujan selama sepuluh tahun berlangsung sekitar 63 bulan dan musim kemarau 45 bulan. Itu 'membangun' adalah waktu lembab dalam setahun antara musim hujan dan musim kemarau. Itu berlangsung selama 12 bulan. Berdasarkan curah hujan daerah penelitian termasuk dalam tipe sedang. Dapat dilihat bahwa dari November hingga Mei adalah musim hujan. Curah hujan rata-rata pada bulan November adalah 195 mm; 261 mm pada bulan Desember; 269 mm di bulan Januari; 284 mm pada bulan Februari; 208 mm di bulan Maret; pada bulan April sebesar 204 mm, dan pada bulan Mei sebesar 119 mm. Dalam setahun musim hujan terjadi selama tujuh bulan, selebihnya bulan lembab dan bulan kering. Tidak ada musim lembab yang teratur dalam setahun

berdasarkan data curah hujan, namun berdasarkan data curah hujan keseluruhan dalam sepuluh tahun terakhir, jumlah musim ini adalah 12 bulan. Jumlah bulan kering dalam setahun berdasarkan curah hujan rata-rata adalah lima bulan, tetapi untuk sepuluh tahun ada sejumlah 45 bulan. Disimpulkan bahwa daerah tersebut termasuk dalam kategori sedang, namun bulan basah lebih besar daripada bulan kering. Bulan basah dengan curah hujan di atas 200 mm tercatat dalam enam bulan, yaitu dari November hingga April. Pada bulan Mei curah hujan hanya 119 mm, dalam hal jumlah curah hujan relatif lembab. Berdasarkan curah hujan, pasokan air tanah yang berasal dari air hujan seharusnya seri

D. Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan menjadi permukiman terjadi dengan cepat. Di dalam Tahun 2003 luas pemukiman adalah 11.109375 km² sedangkan pada tahun 2015 berubah menjadi 14.33376 km² sehingga selama 12 tahun terjadi perluasan pemukiman sebesar 3.22425 km².

E. Kedalaman Air Tanah

Kedalaman air tanah diukur dengan sumur, di daerah pinggiran kota, telah menurun. Badan Lingkungan Hidup telah mengamati kedalaman air tanah sejak tahun 2010, 2012, 2013, dan 2014. Dari pengamatan tersebut, rata-rata muka air tanah mengalami penurunan, dalam hal air permukaan. Dapat dilihat dari tabel berikut ini.

No	Lokasion	2010	2012	2013	2014
1	Mrs.Mamik, Klitren	8.83	9.3	7.12	8.94
2	Public Health Center,	9.11	9.62	9.17	10.65
3	Cipta Karya Home	9.5	9.98	9.58	9.8
4	Gondokusuman Police	-	7.56	6.57	8.22
5	Wiryo	11.7	12.39	11.93	11.57
6	Paryadi, Ngampilan	11.3	13.15	12.38	13.01
7	Sisingamangaraja	4.28	5.38	4.98	7.73
8	Bu Subur, MT Haryono	5.6	5.12	4.83	5.6
9	Madiyono, Pramuka	4.27	4.46	4.27	5.17
10	Sosro	8,0	7.61	7.87	9.34
11	Komplek CPM	3.16	3.23	3.02	4.24
12	Asrotun, Dongkelan	2.24	2.91	2.84	3.45
13	Panggunharjo District	1.42	1.87	1.74	2.35
14	Sewon District Office	0.78	1.07	1.1	1.95
15	MITRA Ironmungery	4.23	4	4.22	5.36
16	Henny, Imogiri Timur	4.07	4.23	4.42	5.32
17	Diro Indah Wood Shop	1.2	1.26	1.38	2.62

Tabel 1. Perubahan Kedalaman Sumur Di Yogyakarta Dan Sekitarnya

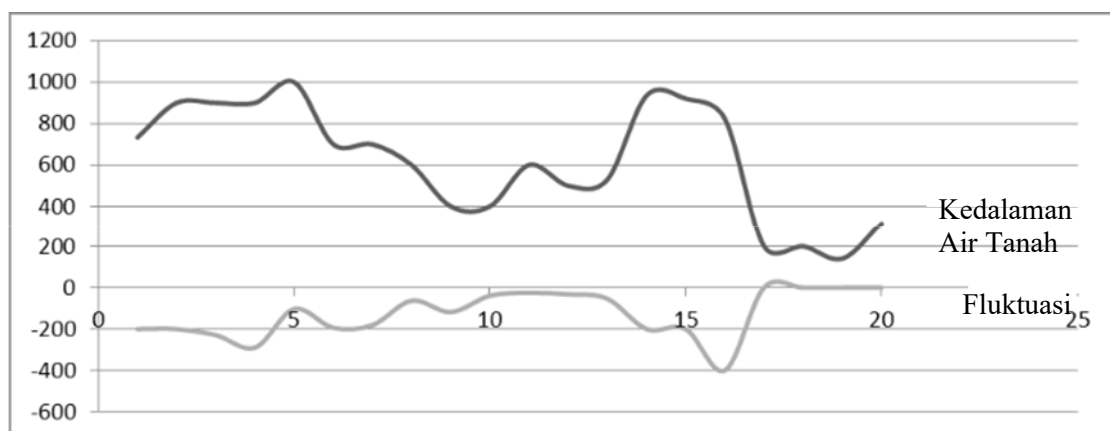
F. Suburban di Wilayah Utara

Kedalaman sumur juga menurun seiring pesatnya pertumbuhan hotel, pusat perbelanjaan, apartemen, dan perumahan. Berdasarkan kedalaman 20 sampel air sumur, hampir seluruh sampel menunjukkan penurunan kedalaman muka air sumur yang signifikan. Namun, penurunan terjadi terutama di daerah yang kedalaman airnya relatif lebih dari 6 meter. Beberapa sumur bahkan hanya mengalami penurunan saat pengembangan berlangsung, namun kemudian berangsur pulih. Beberapa sumur berada di selatan Kota Yogyakarta yang memiliki kedalaman air relatif dangkal, yakni kurang dari 4 meter.

Sebaliknya, sebagian besar sumur di sekitar hotel, mal, dan apartemen di utara Yogyakarta semuanya berkurang secara signifikan. Di daerah tersebut, rata-rata kedalaman sumur lebih dari 8 meter. Misalnya di sekitar Hotel Tjokro dan Edelweiss yang terletak di Jalan Gejayan, rata-rata kedalaman muka air tanah mengalami penurunan 2,0 hingga 2,30 meter. Apalagi kedalaman air tanah di sekitar Apartemen Keluarga Sejahtera sudah mencapai 2,9 meter. Kedalaman sumur dekat Hotel New Sapphire (1996) Demangan, Hartono Mall (2013) Condongcatur, juga mengalami penurunan hingga 4,0 meter. Gambar 1 Hubungan kedalaman air sumur dengan fluktuasi

Tabel 2. Perubahan Sumur Kedalaman Di Pinggiran Selatan Yogyakarta Dan Sekitarnya

No	Hotel/Mall/Permukiman	Sebelum	Sesudah	Fluktuasi
1	The Edelweiss Hotel (2011)	7,33	9,33	-200
2	Grand Tjokro Hotel (2013)	9,00	11,30	-230
3	Sejahtera Family Apart men	9,00	10,90	-290
4	New Sapphire Hotel (1996)	7,00	7,94	-194
5	The Victoria Hotel (2011)	6,00	7,25	-25
6	Indoluxe Maguwo (2014)	5,30	5,84	-54
7	Hartono Mall (2013)	8,23	12,23	-400
8	D'Omah Hotel	1,4	1,4	0
9	Ros Inn Hotel	3,6	3,6	0



Gambar 1 Hubungan kedalaman air sumur dengan fluktuasi

Berdasarkan data, penurunan kedalaman air tanah tergantung pada permukaan air sumur. Semakin besar kedalaman permukaan sumur, semakin besar penurunan air tanah. Sebaliknya semakin rendah kedalaman muka air sumur maka perubahannya semakin kecil. Berdasarkan dua gejala tersebut, terkait dengan debit dan daerah resapan, Ringroad selatan merupakan daerah pembuangan, sehingga suplai air tanah sangat besar. Sebaliknya, Ringroad Utara merupakan resapan yang mempercepat pengurangan air tanah. Dapat dilihat pada Gambar 1

BAB V KESIMPULAN

Pembangunan hotel dan permukiman yang tak terbendung telah mengubah tata guna lahan. Penggunaan lahan produktif untuk kebutuhan pertanian telah berubah menjadi pemukiman, baik untuk lokasi usaha, hotel, pusat perbelanjaan, maupun untuk perumahan warga. Meningkatnya jumlah hotel, apartemen, dan pusat perbelanjaan di Yogyakarta mengakibatkan tingginya kebutuhan air. Salah satu sumber air yang paling nyaman adalah pengambilan air tanah. Tingginya kebutuhan air tanah berdampak pada penurunan muka air tanah dan juga kemungkinan penurunan kualitas air tanah. Air tanah di pinggiran Sleman mengalami penurunan yang signifikan sedangkan air tanah di pinggiran Bantul tidak atau sangat sedikit mengalami penurunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, Sitanala, 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Asdak, Chay 2007, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- BMKG, 2012. *Prakiraan Musim Hujan 2012/2013 di Indonesia*. Jakarta: BMKG.
- Bemmelen, R.W. Van, 1949, *The Geology of Indonesia*. Vol. 1. The Haaque: Government Printing Office.
- Hardjowigeno, Sarwono, 2003, *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Harto Br., Sri, 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hendrayana, Heru; dan Victor Aleluia de Sousa Vicente, 2013, *Cadangan Air tanah Berdasarkan Geometri dan Konfigurasi Sistem Akuifer Cekungan Air tanah Yogyakarta-Sleman*. Yogyakarta: UGM.
- International Standardization Organisation, Recommendation R, 110. 1969, *Liquid Flow Measurement in Open Channel Establishment and Operation of Gauging Station and Determination of the Stages Discharge Relation*. Switzerland: recommendation R. 100
- Keppres No. 26 Tahun 2011 Tentang Penetapan Cekungan Airtanah. Jakarta: Sekretariat Kabinet.
- Keppres No. 32 Tahun 1990 Tentang Pengelolaan Kawasan Lindung. Jakarta: Sekretariat Kabinet.
- Lillesand, T.M. dan R.W. Keifer, 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Linsley, R.K., Kohler M.A. and Paulus J.L.A. 1972, *Water Resources Engineering* New York, McGraw-Hill.
- Linsley, R.K., Kohler M.A. and Paulus J.L.A. 1996, *Hidrologi untuk Insinyur*. Jakarta: Erlangga.
- Loebis, Joesron, 1976, *Hubungan Antara Curah Hujan dengan Debit Banjir Menggunakan Sintesis Unit Hidrograf*. Bandung: DPMA.
- Mac Donald & Partners, 1984, *Greater Yogyakarta Groundwater Resources Study. Volume 3 Groundwater*. Government of the Republic of Indonesia, Ministry of Public Works.

- Malingreau dan Rosalia, 1981, Land use/Land Cover Classification in Indonesia. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM
- Mardi Wibowo, 2006, Model Penentuan Kawasan Resapan Air Untuk Perencanaan Tata Ruang Berwawasan Lingkungan. BPPT. J Hidrosfer vol 1 no 1.
- Potret Hutan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, 2007, Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah Xi Jawa-Madura Tahun 2007.
- Purnama, Setyawan, 2010, Hidrologi Airtanah. Yogyakarta: Kanisius.
- Rayes, Luthfi, 2007, Metode Inventarisasi Sumber Daya Lahan. Yogyakarta: Andi. RKPD Sleman 2012, diunduh dari <http://bappeda.slemankab.go.id/category/produk-bappeda/rkpd/>
- Sabin, Floyd F., Jr., 1987, Remote Sensing, Principles and Interpretation. New York: W.F. Freeman and Company.
- Setiadi, Hendri, 2003, Peta Cekungan Air Tanah Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta; Penjelasan peta cekungan airtanah P. Jawa dan P. Madura skala 1:250.000.
- Seyhan, E. 1975, Fundamentals of Hidrology. Utrecht: Geografisch Instituut der rijks Universiteit.
- Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku, 2006, Hidrologi untuk Pengairan. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Strahler, N. Athur, Alan H. 1987, Modern Physical Geography. New York: John Wiley and Sons.
- SNI No. 03-2453-2002. 2002, Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Subarkah, Iman, 1980. Hidrologi untuk Bangunan Air. Bandung: Idea Darma.
- Sukandarrumidi, 2005, Geologi Sejarah. Gadjah Mada University Press.
- Sukendar Asikin, 1978, Geologi Struktur Indonesia. Bandung: ITB
- Todd, David Keith, 1959, Groundwater Hydrology. Toronto: John Willey and Son
- Todd, David Keith, 1980, Groundwater Hydrology. Toronto: John Willey and Son
- Todd, David Keith, and Mays, 2005, Groundwater Hydrology. USA: John Willey and Son.
- Tempo.co, 27 September 2014. Muka Air Tanah Yogyakarta Turun Terus.

LAPORAN PENELITIAN INSTITUSIONAL (PUSDI)



Judul:

PENGEMBANGAN PENDIDIKAN MITIGASI BENCANA BERBASIS SEKOLAH
SIAGA BENCANA DI DIY

Oleh:

Drs. Suhadi Purwantara, M.Si./NIP. 19591129 198601 1 001

Nurul Khotimah, M.Si./NIP. 19790613 200604 2 001

Dr. Siti Irene Astuti D, M.Si./NIP. 19610908 198901 2 001

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
TAHUN 2016

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN PENGEMBANGAN BIDANG ILMU**

1. Judul Penelitian : Pengembangan Pendidikan Mitigasi Bencana Berbasis Sekolah Siaga Bencana di DIY
2. Ketua Peneliti :
a. Nama lengkap : Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.
b. Jabatan : Lektor Kepala
c. Program Studi : Pendidikan Geografi - S2
d. Alamat : Perumahan Kavling UII No.20 Jl. Kaliurang Km. 14 Yogyakarta
e. Telepon : +6285226211591
f. e-mail : suhadi_p@uny.ac.id
3. Bidang Keilmuan : Sosial
4. Skim : Pengembangan Bidang Ilmu
5. Tema Penelitian Payung : Pendidikan Mitigasi
6. Sub Tema Penelitian : Kearifan lokal, lokalitas, dan indigenous knowledge Payung
7. Kelompok Peneliti :

No	Nama, Gelar	NIP	Bidang Keahlian
1.	Dr. Nurul Khotimah, M.Si.	19790613 200604 2 001	Geografi Fisik dan Lingkungan
2.	Dr. Siti Irine Astuti D., M.Si.	19610908 198901 2 001	Sosiologi Pendidikan

8. Lokasi Penelitian : Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta
9. Waktu Penelitian : 1 April 2016 s/d 30 Oktober 2016
10. Dana yang diusulkan : Rp. 10.000.000,00



Mengetahui,
Dekan Fakultas Ilmu Sosial,

Prof. Dr. Ajat Sudrajat, M.Ag.
NIP 19620321 198903 1 001

Menyetujui,
Ketua LPPM,

Dr. Suyanta, M.Si.
NIP 19660508 199203 1 002

Yogyakarta, 20 Oktober 2016
Ketua Pelaksana

Dr. Suhadi Purwantara, M.Si.
NIP 19591129 198601 1 001

PENGEMBANGAN PENDIDIKAN MITIGASI BENCANA BERBASIS SEKOLAH SIAGA BENCANA DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Oleh: Suhadi Purwantara, Nurul Khotimah, Siti Irene Astuti D

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengetahui sejauhmana pengetahuan kebencanaan yang dimiliki sekolah di Daerah Istimewa Yogyakarta, (2) mengetahui upaya-upaya pengurangan risiko bencana yang telah dilakukan sekolah di Daerah Istimewa Yogyakarta, dan (3) menyusun rancangan pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis sekolah siaga bencana di Daerah Istimewa Yogyakarta. Desain penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Variabel penelitian, terdiri dari: pengetahuan bencana, upaya pengurangan risiko bencana, dan sekolah siaga bencana. Penelitian dilakukan di Daerah Istimewa Yogyakarta, sejak bulan Mei sampai dengan Oktober Tahun 2016. Populasi penelitian adalah seluruh sekolah yang terletak di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. Sampel ditentukan secara purposive, yaitu sejumlah 30 sekolah di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta, yang diambil secara acak. Data penelitian dikumpulkan melalui observasi, angket, Focus Group Discussion (FGD), dan dokumentasi. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya dianalisis secara deskriptif, terutama dalam menggali pengetahuan bencana dan upaya pengurangan risiko bencana yang telah dilakukan sekolah, yang kemudian disusun rancangan pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis Sekolah Siaga Bencana di Daerah Istimewa Yogyakarta

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: 1. Mayoritas responden telah memiliki pengetahuan tentang berbagai macam bencana, maupun cara mitigasi bencana yang diperoleh dari instansi terkait seperti dari BPBD, dari perguruan tinggi, dan mass media. 2. Sebagian responden telah mengupayakan pengurangan risiko bencana dengan mengundang pihak terkait, bahkan beberapa sekolah telah melakukan simulasi mitigasi bencana. Namun demikian sebagian hanya sekolah siaga bencana (SSB) saja, sedangkan sebagian besar yang lain belum pernah. 3. Berkaitan dengan pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis Sekolah Siaga Bencana, sebagian sekolah telah meningkatkan pengetahuan bencana (kapasitas) melalui integrasi mitigasi bencana dalam kurikulum, sebagian sudah ada yang menyusun SOP penanggulangan bencana, hingga telah memiliki denah jalur evakuasi, terutama yang berstatus SSB.

Kata kunci: Pengembangan, Pendidikan, Mitigasi Bencana, Sekolah Siaga Bencana

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Wilayah Indonesia memiliki potensi bencana alam yang tinggi. Hal ini dikarenakan Indonesia adalah negara kepulauan dan posisinya terletak pada pertemuan 3 (tiga) lempeng tektonik, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Interaksi antar ketiga lempeng tersebut mengakibatkan Indonesia memiliki aktivitas kegunungapian dan kegempaan yang tinggi. Bencana alam lainnya yang dijumpai di Indonesia adalah tsunami, longsor, banjir, amblesan, kekeringan. Indonesia juga memiliki potensi bencana nonalam dan bencana sosial. Bencana nonalam antara lain kecelakaan transportasi darat/laut/udara, kebakaran, pencemaran, wabah penyakit, dan hama, sedangkan bencana sosial yaitu perkelahian pelajar (tawuran), tindak perkosaan, konflik, teror, dan lainnya.

Potensi bencana di Indonesia, baik bencana alam, bencana nonalam, dan bencana sosial dapat menimbulkan risiko atau bahaya terhadap kehidupan manusia, yaitu adanya korban jiwa, kerugian harta benda, maupun kerusakan infrastruktur. Bencana tidak dapat lepas dari kondisi alam maupun perilaku manusia. Bencana dapat terjadi setiap saat dan sulit diperkirakan kapan dan dimana akan terjadi. Oleh karena itu pengembangan “Pendidikan Kebencanaan” menjadi penting dilakukan mengingat Indonesia berada di daerah rawan bencana.

Pengembangan pendidikan kebencanaan diperlukan untuk menyiasati cara-cara hidup berdampingan dengan kondisi wilayah yang rawan bencana. Kebijakan, strategi atau program untuk menanggulangi bencana di Indonesia dikenal dengan upaya “mitigasi bencana”. Mitigasi bencana menurut UURI No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana maupun PPRI No. 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana merupakan serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Keberadaan UURI No. 24 Tahun 2007 telah mengubah paradigma mitigasi bencana dari penanganan

bencana menjadipenanggulangan bencana yang lebih menitikberatkan pada upaya-upayasebelum terjadinya bencana dengan fokus pengurangan risiko. Pemahaman upaya-upayasebelum terjadinya bencana dengan fokus pengurangan risikoperlu dimengerti oleh semua pihak, baik masyarakat, pemerintah, maupun swasta untuk menekan terjadinya korban jiwa,kerugian harta benda, dan kerusakan infrastruktur.

Menurut *Hyogo Frame Work* (Subandriyo, 2011), ada 5 (lima) prioritas untuk rencana aksi Pengurangan Risiko Bencana (PRB), yaitu: (1) program PRB dijadikan sebagai prioritas nasional dan daerah dengandidukung oleh sistem kelembagaan yang kuat, (2) melakukan identifikasi, kajian dan pemantauan risiko bencanadan memperkuat sistem peringatan dini, (3) menggunakan pengetahuan, inovasi dan pendidikan untukmembangun suatu budaya aman dan ketahanan terhadapbencana di semua tingkatan, (4) mengurangi faktor utama penyebab bencana, dan (5) memperkuat kesiapsiagaan terhadap bencana untuk menjaminpelaksanaan tanggap darurat yang efektif. Mengacu pada *Hyogo Frame Work*, khususnya *point* no (3) dan Visi Universitas Negeri Yogyakarta untuk menghasilkan manusia bernurani, mandiri, dan cendekia yang perlu diwujudkan dalam kehidupan civitas akademika, maka salah satu sumbangsiah civitas akademika Universitas Negeri Yogyakarta dalampengurangan risiko bencanadi wilayah Daerah Istimewa Yogyakartadan sekaligus penguatan kesiapsiagaan bencana pada bidang pendidikan adalah dengan melakukan penelitian “Pengembangan Pendidikan Mitigasi Bencana Berbasis Sekolah Siaga Bencana”.

Informasi aktual mengenai pengetahuan kebencanaan dan upaya-upayapengurangan risiko bencana yang telah dilakukan sekolah-sekolah di Daerah Istimewa Yogyakarta sangat diperlukan untuk pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis sekolah siaga bencana. Penyusunan rancangan pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis sekolah siaga bencana di Daerah Istimewa Yogyakarta akan lebih optimal dengan melakukan *Focus Group Discussion* (FGD) melibatkan guru Geografi dan IPS perwakilan dari kabupaten/kota yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta.

B. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang masalah di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengetahuan kebencanaan yang dimiliki sekolah di Daerah Istimewa Yogyakarta?
2. Upaya-upaya pengurangan risiko bencana apa yang telah dilakukan sekolah di Daerah Istimewa Yogyakarta?
3. Bagaimana rancangan pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis sekolah siaga bencana di Daerah Istimewa Yogyakarta?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui sejauhmana pengetahuan kebencanaan yang dimiliki sekolah di Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Mengetahui upaya-upaya pengurangan risiko bencana yang telah dilakukan sekolah di Daerah Istimewa Yogyakarta.
3. Menyusun rancangan pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis sekolah siaga bencana di Daerah Istimewa Yogyakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Bencana

Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia, sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis (UURI No. 24 Tahun 2007). *Natural disaster is the effect of hazard on society, usually as an event that occurs over a limited time span in a defined geographic area* (Keller, 2006). *Disasters are non-routine events in societies or their larger subsystems (e.g., regions and communities) that involve conjunctions of physical conditions with social definitions of human harm and social disruption* (Kreps, 2001 dalam Surono, 2011).

Ada 3 (tiga) jenis bencana menurut UURI No. 24 Tahun 2007, yaitu bencana alam, bencana nonalam, dan bencana sosial. Permendagri RI No. 33 Tahun 2006 tentang Pedoman Umum Mitigasi Bencana mengklasifikasi jenis bencana di Indonesia, terdiri dari bencana banjir, tanah longsor, letusan gunungapi, gempa bumi, tsunami, kebakaran, kekeringan, angin siklon tropis, wabah penyakit, kegagalan teknologi, dan konflik.

Sunarto dan Lies Rahayu W.F. (2006), Sunarto (2011) lebih lanjut mengklasifikasi jenis bencana di Indonesia, meliputi:

- a. Bencana alam, terdiri dari:
 - 1) bencana atmosferik (badai tropis, petir, kekeringan),
 - 2) bencana tektonik (gempa bumi),
 - 3) bencana vulkanik (erupsi gunungapi),
 - 4) bencana banjir (banjir air sungai, penggenangan, banjir lahar, banjir bandang, banjir pasang),

- 5) bencana marin (tsunami, gelombang pasang, gelombang badai, erosi pantai, sedimentasi pantai),
 - 6) bencana gravitatif (tanah longsor, subsiden/amblesan, runtuh batuan, robohan batuan, rayapan tanah),
 - 7) bencana ekstraterestrial (jatuhan meteor).
- b. Bencana nonalam, terdiri dari:
- 1) kecelakaan transportasi (tabrakan kendaraan, jatuhnya pesawat, tenggelamnya kapal),
 - 2) kegagalan teknologi (kebakaran),
 - 3) ledakan nuklir,
 - 4) dampak industri (konversi lahan, reklamasi pantai),
 - 5) kerusakan lingkungan (pencemaran udara/ laut/sungai/air tanah/tanah, kepunahan jenis),
 - 6) wabah hama dan penyakit (serangan ulat bulu, serangan belalang, serangan wereng, serangan tikus, leptospirosis, demam berdarah), kegiatan keantariksaan (perang bintang).
- c. Bencana sosial, terdiri dari:
- 1) kerusuhan sosial (tawuran),
 - 2) konflik sara,
 - 3) terorisme.

Klasifikasi jenis bencana di Indonesia seperti disebutkan di atas menunjukkan bahwa di Indonesia telah terjadi berbagai bencana. Pengetahuan jenis-jenis bencana diperlukan untuk menyusun upaya-upaya apa yang dapat dilakukan untuk pengurangan risiko bencana yang ada. Tindakan nyata untuk pengurangan risiko bencana sangat diperlukan di Indonesia. Pengurangan risiko bencana di Indonesia diharapkan bersifat lintas sektoral (Danang Sri Hadmoko, 2010), yang dijelaskan dalam skema berikut ini:



Gambar 1. Skema Pengurangan Risiko Bencana Bersifat Lintas Sektoral: Masyarakat sebagai Aktor Utama (*Community-Based Disaster Risk Reduction*) (Sumber: Danang Sri Hadmoko, 2010)

Dari skema Gambar 1 diketahui bahwa pengurangan risiko bencana berbasis komunitas memerlukan peran berbagai pihak, antara lain tim ahli/spesialis bencana, tim perencana, pemerintah, dan Kelompok Masyarakat Penanggulangan Bencana (KMPB). KMPB terdiri dari tokoh masyarakat dan warga lokal merupakan aktor utama yang diperlukan partisipasinya untuk pengurangan risiko bencana bagi komunitas. Tim ahli/spesialis bencana berperan dalam meningkatkan pengetahuan komunitas, meliputi pengetahuan tentang mitigasi bencana, pemetaan daerah rawan bencana, pengelolaan kondisi darurat, pembangunan sosial ekonomi, sistem koordinasi, komunikasi, maupun pelayanan kesehatan darurat. Tim perencana, terdiri dari tim penasihat dari lembaga terkait dan kelompok kerja masyarakat berperan dalam mendampingi komunitas, sedangkan pemerintah, terdiri dari pemerintah pusat/daerah, departemen/dinas sosial, kementerian, SAR, rumah sakit/puskesmas, tagana, polisi/tentara, PMI, dan lain-lain berperan dalam memfasilitasi sarana pengurangan risiko bencana bagi komunitas.

Menurut P2MB Geografi UPI (2010), kegiatan yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko bencana, antara lain:

- a. Relokasi penduduk dari daerah rawan bencana, misalnya memindahkan penduduk yang berada di pinggir tebing yang mudah longsor,
- b. Pelatihan-pelatihan kesiapsiagaan bencana bagi penduduk di sebuah daerah,
- c. Pengkondisian rumah atau sarana umum yang tanggap bencana,
- d. Bangunannya relatif lebih kuat jika dilanda gempa,
- e. Penciptaan dan penyebaran kearifan lokal tentang kebencanaan.

Adanya beberapa kegiatan pengurangan risiko bencana di atas diharapkan dapat mengurangi kemungkinan terjadinya korban jiwa, kerugian harta benda, dan kerusakan infrastruktur.

2. Mitigasi Bencana

Mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (UURI No. 24 Tahun 2007, PPRI No. 21 Tahun 2008). Mitigasi bencana dilakukan untuk mengurangi risiko bencana bagi masyarakat yang ada pada kawasan rawan bencana. Sebanyak 385 kabupaten/kota dari total 446 kabupaten/kota di seluruh NKRI merupakan kawasan dengan tingkat kerawanan bencana tinggi atau sebesar 86% (BPS, 2007 dalam Danang Sri Hadmoko, 2010).

Mitigasi bencana merupakan bagian integral dari penanggulangan bencana (*disaster management*). Penanggulangan bencana adalah serangkaian upaya yang meliputi penetapan kebijakan pembangunan yang berisiko timbulnya bencana, kegiatan pencegahan bencana, tanggap darurat, rehabilitasi dan rekonstruksi (UURI No. 24 Tahun 2007). Penanggulangan bencana, meliputi tindakan-tindakan:

- a. Pra bencana: pencegahan (*prevention*), mitigasi (*mitigation*), kesiapsiagaan (*preparedness*), peringatan dini (*early warning*),
- b. Saat bencana: tanggap darurat (*response*), bantuan darurat (*relief*),
- c. Pasca bencana: pemulihan (*recovery*), rehabilitasi (*rehabilitation*), rekonstruksi (*reconstruction*).

Kegiatan mitigasi bencana, meliputi:

- a. Perencanaan dan pelaksanaan penataan ruang yang berdasarkan pada analisis risiko bencana,
- b. Pengaturan pembangunan, pembangunan infrastruktur, dan tata bangunan,
- c. Penyelenggaraan pendidikan, pelatihan, dan penyuluhan, baik secara konvensional maupun modern (UURI No. 24 Tahun 2007; PPRI No. 21 Tahun 2008).

Kegiatan mitigasi bencana dapat dilakukan melalui:

- a. Kegiatan struktur/fisik, meliputi:
 - 1) pembangunan sistem peringatan dini,
 - 2) pembangunan sarana prasarana,
 - 3) pengelolaan lingkungan untuk mengurangi risiko bencana.
- b. Kegiatan nonstruktur/nonfisik, meliputi:
 - 1) penyusunan peraturan perundang-undangan
 - 2) penyusunan peta rawan bencana
 - 3) penyusunan peta risiko bencana
 - 4) penyusunan AMDAL
 - 5) penyusunan tata ruang
 - 6) penyusunan zonasi
 - 7) pendidikan
 - 8) penyuluhan
 - 9) penyadaran masyarakat (UU RI No. 27 Tahun 2007)

Mitigasi bencana merupakan tanggungjawab bersama antara pemerintah, masyarakat, lembaga nonpemerintah, dan lembaga pendidikan. Perguruan tinggi sebagai lembaga pendidikan berperan dalam meningkatkan pengetahuan komunitas, dalam hal ini diharapkan mampu mendorong pencapaian target pengurangan risiko bencana bisa lebih efektif melalui pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis sekolah siaga bencana.

3. Pendidikan Mitigasi Bencana

Salah satu negara yang memiliki pendidikan mitigasi bencana terbaik di dunia adalah Jepang. Beberapa hal yang patut dicontoh dari Jepang adalah mereka memberi informasi pada peserta didik tentang pengetahuan yang benar mengenai bencana. Hal lainnya adalah mereka memberi pemahaman tentang perlindungan secara sistematis serta membekali peserta didik melalui *practical training* bagaimana melindungi dirinya dan bagaimana mereka bisa merespon bencana secara tepat dan cepat. Dengan caratersebut maka jumlah korban akibat bencana di Jepang dapat ditekan jumlahnya.

Kesadaran warga negara tentang mitigasi bencana sangat diperlukan. Hal ini didasarkan pada pendekatan dalam manajemen bencana yang salah satu prinsipnya adalah pengembangan kemampuan manusia. Pengembangan kemampuan manusia dalam manajemen bencana pada prinsipnya mengembangkan 2 (dua) aspek, yaitu: (a) kapasitas sumberdaya manusia, yaitu kemampuan tiap masyarakat untuk mengelola dan menyikapi segala kemungkinan bencana yang akan terjadi, dan (2) ketersediaan peralatan yang diperlukan, seperti peralatan komunikasi, transportasi (Maarif, 2009 dalam Dwiningrum, 2012, 2013, 2014).

Pengembangan kemampuan manusia dalam manajemen bencana diharapkan dapat mendukung pengurangan risiko bencana dan sekaligus mendorong pengembangan pendidikan mitigasi bencana. Pengembangan pendidikan mitigasi bencana di sekolah-sekolah Daerah Istimewa Yogyakarta akan lebih optimal dengan berbasis Sekolah Siaga Bencana.

4. Sekolah Siaga Bencana

Sekolah Siaga Bencana adalah komunitas belajar yang di dalamnya terdapat peserta didik, guru, karyawan, kepala sekolah, dan komite sekolah, dimana sekolah memiliki tanggungjawab dan peran strategis untuk menjamin keselamatan warga sekolah dalam menghadapi ancaman bencana. Sekolah Siaga Bencana merupakan upaya membangun kesiapsiagaan sekolah terhadap bencana dalam rangka menggugah kesadaran seluruh unsur-unsur dalam bidang pendidikan, baik individu maupun kolektif di sekolah dan lingkungan

sekolah baik itu sebelum, saat, maupun setelah bencana terjadi (P2MB Geografi UPI, 2010).

Sekolah Siaga Bencana dibangun dengan tujuan sebagai berikut:

- a. Membangun budaya siaga dan budaya aman di sekolah dengan mengembangkan jejaring bersama para pemangku kepentingan di bidang penanganan bencana,
- b. Meningkatkan kapasitas institusi sekolah dan individu dalam mewujudkan tempat belajar yang lebih aman bagi siswa, guru, anggota komunitas sekolah serta komunitas di sekeliling sekolah,
- c. Menyebarkan dan mengembangkan pengetahuan kebencanaan ke masyarakat luas melalui jalur pendidikan sekolah (P2MB Geografi UPI, 2010).

Sekolah Siaga Bencana memiliki 4 (empat) indikator sebagai berikut:

- a. Indikator untuk Parameter Pengetahuan dan Keterampilan, meliputi:
 - 1) Pengetahuan mengenai jenis bahaya, sumber bahaya, besaran bahaya dan dampak bahaya serta tanda-tanda bahaya yang ada di lingkungan sekolah,
 - 2) Akses bagi seluruh komponen sekolah untuk meningkatkan kapasitas pengetahuan, pemahaman dan keterampilan kesiagaan (materi acuan, ikut serta dalam pelatihan, musyawarah guru, pertemuan desa, jambore siswa, dan sebagainya),
 - 3) Pengetahuan sejarah bencana yang pernah terjadi di lingkungan sekolah atau daerahnya,
 - 4) Pengetahuan mengenai kerentanan dan kapasitas yang dimiliki di sekolah dan lingkungan sekitarnya,
 - 5) Pengetahuan upaya yang bisa dilakukan untuk meminimalkan risiko bencana di sekolah,
 - 6) Keterampilan seluruh komponen sekolah dalam menjalankan rencana tanggap darurat,
 - 7) Adanya kegiatan simulasi reguler,

- 8) Sosialisasi dan pelatihan kesiagaan kepada warga sekolah dan pemangku kepentingan sekolah.
- b. Indikator untuk Parameter Kebijakan, yaitu adanya kebijakan, kesepakatan, peraturan sekolah yang mendukung upaya kesiagaan di sekolah.
- c. Indikator untuk Parameter Rencana Tanggap Darurat, meliputi:
- 1) Adanya dokumen penilaian risiko bencana yang disusun bersama secara partisipatif dengan warga sekolah dan pemangku kepentingan sekolah,
 - 2) Adanya protokol komunikasi dan koordinasi,
 - 3) Adanya Prosedur Tetap Kesiagaan Sekolah yang disepakati dan dilaksanakan oleh seluruh komponen sekolah,
 - 4) Kesepakatan dan ketersediaan lokasi evakuasi/shelter terdekat dengan sekolah, disosialisasikan kepada seluruh komponen sekolah dan orang tua siswa, masyarakat sekitar dan pemerintah daerah,
 - 5) Dokumen penting sekolah digandakan dan tersimpan baik, agar dapat tetap ada, meskipun sekolah terkena bencana,
 - 6) Catatan informasi penting yang mudah digunakan seluruh komponen sekolah, seperti pertolongan darurat terdekat, puskesmas/rumah sakit terdekat, dan aparat terkait,
 - 7) Adanya peta evakuasi sekolah, dengan tanda dan rambu yang terpasang, yang mudah dipahami oleh seluruh komponen sekolah,
 - 8) Akses terhadap informasi bahaya, baik dari tanda alam, informasi dari lingkungan, dan dari pihak berwenang (pemerintah daerah dan BMG):
 - Penyiapan alat dan tanda bahaya yang disepakati dan dipahami seluruh komponen sekolah,
 - Mekanisme penyebarluasan informasi peringatan bahaya di lingkungan sekolah,
 - Pemahaman yang baik oleh seluruh komponen sekolah bagaimana bereaksi terhadap informasi peringatan bahaya,

- Adanya petugas yang bertanggungjawab dan berwenang mengoperasikan alat peringatan dini,
 - Pemeliharaan alat peringatan dini.
- d. Indikator untuk Parameter Mobilisasi Sumberdaya, meliputi:
- 1) Adanya gugus siaga bencana sekolah termasuk perwakilan peserta didik,
 - 2) Adanya perlengkapan dasar dan suplai kebutuhan dasar pasca bencana yang dapat segera dipenuhi, dan diakses oleh komunitas sekolah, seperti alat pertolongan pertama serta evakuasi, obat-obatan, terpal, tenda dan sumber air bersih,
 - 3) Pemantauan dan evaluasi partisipatif mengenai kesiagaan sekolah secara rutin (menguji atau melatih kesiagaan sekolah secara berkala),
 - 4) Adanya kerjasama dengan pihak-pihak terkait penyelenggaraan penanggulangan bencana baik setempat (desa/kelurahan dan kecamatan) maupun dengan BPBD/Lembaga pemerintah yang bertanggung jawab terhadap koordinasi dan penyelenggaraan penanggulangan bencana di kota/kabupaten (P2MB Geografi UPI, 2010).

Syarat minimal yang harus dipenuhi sekolah menuju Sekolah Siaga Bencana, antara lain:

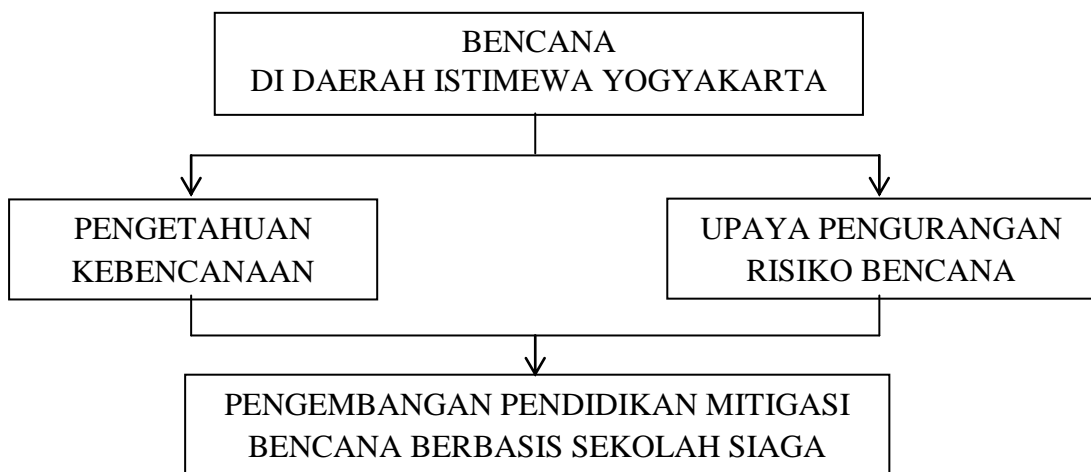
- a. Ada komitmen dari Kepala Sekolah dan komunitas sekolah,
- b. Ada dukungan dari Dinas Pendidikan di wilayahnya,
- c. Ada dukungan dari organisasi terkait pengurangan risiko bencana,
- d. Melakukan penguatan kapasitas pengetahuan dan keterampilan bagi guru dan siswa sekolah,
- e. Melakukan latihan berkala yang jelas dan terukur,
- f. Adanya keterlibatan dukungan menerus dari Dinas Pendidikan dan organisasi terkait PRB, termasuk dalam proses pemantauan dan evaluasi sekolah (P2MB Geografi UPI, 2010).

Penyusunan pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis Sekolah Siaga Bencana diharapkan dapat dijadikan acuan untuk pengurangan

risiko bencana di Daerah Istimewa Yogyakarta, sekaligus terintegrasinya pengetahuan maupun pengalaman mengenai kebencanaan dari seluruh warga sekolah sebagai upaya mengurangi risiko bencana di lingkungan sekolah maupun rumah tinggalnya masing-masing.

B. Kerangka Pemikiran

Bencana adalah peristiwa malapetaka besar yang terjadi secara tiba-tiba dan mampu mengakibatkan terjadinya korban jiwa, hilangnya harta benda, dan kerusakan infrastruktur. Ditinjau dari jenisnya, bencana dapat dibedakan menjadi bencana alam, nonalam, dan sosial. Pengetahuan kebencanaan yang dimiliki sekolah di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta dimungkinkan berbeda satu sama lain, hal ini terkait dengan seberapa besar perhatian sekolah terhadap upaya pengurangan risiko bencana. Upaya-upaya pengurangan risiko bencana di sekolah lingkup Daerah Istimewa Yogyakarta dimungkinkan menyesuaikan dengan jenis bencana yang sering dialami. Pengetahuan kebencanaan dan upaya-upaya pengurangan risiko bencana yang telah dilakukan sekolah di Daerah Istimewa Yogyakarta diharapkan dapat membantu penyusunan pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis Sekolah Siaga Bencana di Daerah Istimewa Yogyakarta. Skema kerangka pemikiran ini lebih lanjut digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Skema Kerangka Berpikir Penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Penelitian ini difokuskan untuk menggambarkan sejauhmana pengetahuan kebencanaan yang dimiliki sekolah, upaya-upaya pengurangan risiko bencana yang telah dilakukan sekolah, dan menyusun rancangan pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis sekolah siaga bencana.

B. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel

Variabel penelitian ini terdiri dari: pengetahuan bencana, upaya pengurangan risiko bencana, dan sekolah siaga bencana. Definisi operasional variabel penelitian yang digunakan sebagai berikut:

1. Pengetahuan bencana adalah pendidikan dan atau pemahaman yang dimiliki sekolah untuk menyiapkan unsur-unsurnya dalam menghadapi bencana.
2. Upaya pengurangan risiko bencana adalah serangkaian upaya yang telah dilakukan sekolah untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan ancaman bencana, yang dikenal pula dengan mitigasi bencana.
3. Sekolah Siaga Bencana adalah komunitas belajar dengan unsur-unsurnya yang telah membangun kesiapsiagaan sekolah, baik secara individu maupun kolektif dalam menghadapi bencana (pra, saat, pasca bencana).

C. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun waktu penelitian selama 6 (enam) bulan, yaitu sejak bulan Mei sampai dengan Oktober Tahun 2016.

D. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian ini adalah seluruh sekolah yang terletak di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan wilayah rawan bencana, tercatat setidaknya ada 5 (lima) bahaya yang mengancam, yaitu gempa bumi, erupsi, banjir, tanah longsor, dan kekeringan. Berdasarkan kriteria tersebut, dipilih beberapa sekolah yang mewakili berbagai bencana yang sangat mungkin terjadi, erupsi Gunung Api Merapi yang terletak di bagian utara (Kabupaten Sleman), Gempa bumi yang relatif rawan di bagian selatan (Kabupaten Bantul), longsor lahan di wilayah barat (Kabupaten Kulonprogo), banjir di bagian tengah (Kota Yogyakarta) dan muara sungai besar yang terletak di bagian selatan (Kabupaten Bantul), maupun kekeringan yang selalu mengancam setiap tahun di wilayah timur (Kabupaten Gunungkidul).

Sekolah yang digunakan dalam penelitian adalah SMA dan SMP, mengingat keberadaan guru Geografi dan IPS yang lebih memahami tentang kebencanaan mengajar di tingkat SMA dan SMP. Dalam penelitian ini sampel ditentukan secara *purposive*, diambil sejumlah 30 sekolah di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. Sampel sekolah diambil secara acak (*random*).

E. Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian ini dikumpulkan melalui kegiatan observasi, angket, *Focus Group Discussion* (FGD), dan dokumentasi. Observasi dilakukan dengan melakukan pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap fenomena yang ada di sekolah yang menjadi lokasi penelitian. Angket disusun terlebih dahulu dengan sejumlah pertanyaan untuk mendapatkan informasi pengetahuan bencana dan upaya pengurangan risiko bencana yang telah dilakukan. Angket dibagikan ke sekolah yang menjadi sampel penelitian untuk segera dapat diisi sesuai dengan kondisi sekolah masing-masing. FGD dilakukan dengan mengundang sejumlah Guru Geografi dan IPS perwakilan dari beberapa sekolah di wilayah Kabupaten/Kota lingkup Daerah Istimewa Yogyakarta, tim peneliti, dan sejumlah tim ahli/spesialis bencana. FGD dilakukan untuk membantu penyusunan rancangan pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis Sekolah Siaga

Bencana di Daerah Istimewa Yogyakarta. Dokumentasi dilakukan sebagai data pelengkap, dalam hal ini dikumpulkan data dari internet, buku, penelitian sebelumnya, dokumen instansi terkait, seperti BPBD Provinsi/Kabupaten, termasuk pendokumentasian gambar terkait penelitian.

F. Teknik Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya dilakukan pengelolaan data, meliputi editing, koding, dan tabulasi. Data setelah ditabulasi selanjutnya dianalisis secara deskriptif, terutama dalam menggali pengetahuan bencana dan upaya pengurangan risiko bencana yang telah dilakukan sekolah. Berdasarkan pengetahuan bencana dan upaya pengurangan risiko bencana yang telah dilakukan sekolah, akan disusun rancangan pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis Sekolah Siaga Bencana di Daerah Istimewa Yogyakarta.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pengetahuan Kebencanaan

Pengetahuan kebencanaan yang dimiliki sekolah di Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan hasil pengisian angket oleh guru Geografi dan IPS sebagai berikut:

1. Warga sekolah menerima informasi wilayah tentang macam-macam bencana
Sejumlah 90% responden menyatakan bahwa warga sekolah (kepala sekolah, guru, siswa, karyawan) telah menerima informasi wilayah tentang macam-macam bencana. Macam-macam bencana yang setidaknya dapat terjadi sewaktu-waktu di sekitarnya, antara lain: letusan Gunung Api Merapi, gempa bumi, tsunami, banjir, tanah longsor, dan kekeringan.
2. Warga sekolah menerima informasi wilayah tentang sumber bencana
Sejumlah 80% responden menyatakan bahwa warga sekolah telah menerima informasi wilayah tentang sumber bencana. Sumber bencana adalah faktor alam, faktor nonalam, dan faktor sosial. Sumber bencana berupa faktor alam, antara lain: gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Faktor nonalam, antara lain: gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit, sedangkan faktor sosial, antara lain: konflik sosial antarkelompok atau antarkomunitas masyarakat, dan teror.
3. Warga sekolah menerima informasi wilayah tentang dampak bencana
Sejumlah 80% responden telah menerima informasi wilayah tentang dampak bencana. Dampak bencana adalah adanya korban jiwa, timbulnya rasa khawatir dan ketidaknyamanan, serta potensi kehilangan atau kerugian benda/barang berharga, seperti rumah, jalan, jembatan, kantor, pasar, dan lain-lain.
4. Warga sekolah menerima informasi wilayah tentang tanda-tanda terjadinya bencana
Sejumlah 80% responden telah menerima informasi wilayah tentang tanda-tanda terjadinya bencana.

5. Warga sekolah mengetahui sejarah bencana di lingkungannya
Sejumlah 60% responden menyatakan warga sekolah mengetahui sejarah bencana di lingkungannya.

B. Upaya-Upaya Pengurangan Risiko Bencana

Upaya-upaya pengurangan risiko bencana yang telah dilakukan sekolah di Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan hasil pengisian angket oleh guru Geografi dan IPS sebagai berikut:

1. Sekolah membangun kesiapsiagaan terhadap bencana
Sejumlah 90% responden menyatakan bahwa sekolah sudah membangun kesiapsiagaan terhadap bencana. Kesiapsiagaan sekolah dilakukan dengan penyiapan infrastruktur yang lebih ramah jika terjadi bencana, seperti penyediaan alat-alat untuk pengurangan risiko bencana, antara lain alat pemadam kebakaran, jalur evakuasi jika terjadi bencana, dan lain-lain.
2. Pihak sekolah pernah mengundang BPBD/pihak terkait untuk memberikan materi mitigasi bencana
Sejumlah 70% responden menyatakan pihak sekolah pernah mengundang BPBD/pihak terkait untuk memberikan materi mitigasi bencana.
3. Frekuensi warga sekolah memperoleh tambahan pengetahuan tentang mitigasi bencana
Sejumlah 70% responden menyatakan bahwa warga sekolah pernah memperoleh tambahan pengetahuan tentang mitigasi bencana, terdiri dari 40% frekuensi 1x, 20% frekuensi 2x, dan 10% frekuensi 4x.
4. Pihak sekolah pernah mengundang BPBD/pihak terkait untuk memberikan simulasi mitigasi bencana
Sejumlah 40% responden menyatakan bahwa pihak sekolah pernah mengundang BPBD/pihak terkait untuk memberikan simulasi mitigasi bencana.
5. Warga sekolah memperoleh tambahan keterampilan tentang simulasi mitigasi bencana

Sejumlah 50% responden menyatakan bahwa warga sekolah pernah memperoleh tambahan keterampilan tentang simulasi mitigasi bencana, terdiri dari 30% frekuensi 1x, 10% frekuensi 3x, dan 10% frekuensi 4x.

6. Pihak sekolah telah membuat adanya kebijakan/peraturan sekolah yang mendukung upaya kesiagaan terhadap bencana

Sejumlah 40% responden menyatakan pihak sekolah telah membuat adanya kebijakan/peraturan sekolah yang mendukung upaya kesiagaan terhadap bencana.

7. Sekolah sudah membuat prosedur tetap kesiagaan terhadap bencana yang disepakati dan dilaksanakan oleh warga sekolah

Sejumlah 20% responden menyatakan sekolah sudah membuat prosedur tetap kesiagaan terhadap bencana yang disepakati dan dilaksanakan oleh warga sekolah.

8. Sekolah sudah mempunyai gambar “jalur evakuasi” jika terjadi gempa bumi/kebakaran/erupsi Gunung Api Merapi

Sejumlah 40% responden menyatakan sekolah sudah mempunyai gambar “jalur evakuasi” jika terjadi gempa bumi/kebakaran/erupsi Gunung Api Merapi.

9. Gambar “jalur evakuasi” di sekolah sudah disosialisasikan kepada semua warga sekolah

Sejumlah 50% responden menyatakan bahwa gambar “jalur evakuasi” di sekolah sudah disosialisasikan kepada semua warga sekolah.

10. Jalur evakuasi di sekolah telah dilengkapi dengan tanda dan rambu yang terpasang dan mudah dipahami semua warga sekolah

Sejumlah 50% responden menyatakan bahwa jalur evakuasi di sekolah telah dilengkapi dengan tanda dan rambu yang terpasang dan mudah dipahami semua warga sekolah.

11. Sekolah telah menyediakan peralatan pemadam kebakaran

Sejumlah 10% responden menyatakan bahwa sekolah telah menyediakan peralatan pemadam kebakaran.

12. Sekolah telah menyediakan peralatan komunikasi (*Handy Talky*/pengeras suara/kentongan/*sirine*) untuk kesiagaan terhadap bencana
Sejumlah 50% responden menyatakan bahwa sekolah telah menyediakan peralatan komunikasi (*Handy Talky*/pengeras suara/kentongan/*sirine*) untuk kesiagaan terhadap bencana.
13. Sekolah telah menyiapkan petugas yang bertanggungjawab dan berwenang mengoperasikan alat peringatan dini
Sejumlah 40% responden menyatakan bahwa sekolah telah menyiapkan petugas yang bertanggungjawab dan berwenang mengoperasikan alat peringatan dini.
14. Sekolah pernah mendapatkan sosialisasi nomor telepon penting yang perlu dihubungi jika terjadi bencana
Sejumlah 70% responden menyatakan bahwa sekolah pernah mendapatkan sosialisasi nomor telepon penting yang perlu dihubungi jika terjadi bencana.
15. Sekolah telah mengandakan dan menyimpan dengan baik dokumen penting sekolah, sehingga dokumen tetap ada jika sekolah terkena bencana
Sejumlah 80% responden menyatakan bahwa sekolah telah mengandakan dan menyimpan dengan baik dokumen penting sekolah, sehingga dokumen tetap ada jika sekolah terkena bencana.
16. Sekolah telah membuat gugus siaga bencana sekolah dengan melibatkan perwakilan peserta didik
Sejumlah 40% responden menyatakan bahwa sekolah telah membuat gugus siaga bencana sekolah dengan melibatkan perwakilan peserta didik.
17. Sekolah telah menyiapkan perlengkapan dasar bagi warga sekolah pasca terjadi bencana (alat pertolongan pertama/alat evakuasi/obat-obatan/terpal/tenda/air bersih)
Sejumlah 80% responden menyatakan bahwa sekolah telah menyiapkan perlengkapan dasar bagi warga sekolah pasca terjadi bencana, yaitu alat pertolongan pertama/alat evakuasi/obat-obatan/terpal/tenda/air bersih.
18. Sekolah secara rutin telah memantau dan mengevaluasi kesiagaan sekolah terhadap bencana

Sejumlah 20% responden menyatakan bahwa sekolah secara rutin telah memantau dan mengevaluasi kesiagaan sekolah terhadap bencana.

19. Sekolah telah bekerjasama dengan pihak-pihak terkait penyelenggaraan penanggulangan bencana

Sejumlah 80% responden menyatakan bahwa sekolah telah bekerjasama dengan pihak-pihak terkait penyelenggaraan penanggulangan bencana.

Kerjasama sekolah terkait penanggulangan bencana dilakukan antara lain dengan Fakultas Geografi UGM, Pusat Studi Bencana Alam (PSBA) UGM, BPBD Provinsi/Kabupaten, Palang Merah Indonesia (PMI), puskesmas, dokter, psikolog, BKKBN, Polri/Polsek, Kodim, Dinas Pemadam Kebakaran, Dinas Pekerjaan Umum (PU).

20. Pihak sekolah pernah mengundang kepolisian lalulintas untuk memberikan materi etika berlalulintas

Sejumlah 90% responden menyatakan bahwa pihak sekolah pernah mengundang kepolisian lalulintas untuk memberikan materi etika berlalulintas.

21. Pihak sekolah pernah mengundang kepolisian/BNN untuk memberikan materi narkoba

Sejumlah 10% responden menyatakan bahwa pihak sekolah pernah mengundang kepolisian/BNN untuk memberikan materi narkoba.

22. Pihak sekolah pernah mengundang psikolog untuk memberikan materi kenakalan remaja

Sejumlah 90% responden menyatakan bahwa pihak sekolah pernah mengundang psikolog untuk memberikan materi kenakalan remaja.

23. Pihak sekolah pernah mengundang dokter/BKKBN untuk memberikan materi kesehatan reproduksi, termasuk pendidikan seks

Sejumlah 80% responden menyatakan bahwa pihak sekolah pernah mengundang dokter/BKKBN untuk memberikan materi kesehatan reproduksi, termasuk pendidikan seks.

24. Pihak sekolah pernah mengundang dinas pemadam kebakaran untuk memberikan materi pencegahan kebakaran

Sejumlah 20% responden menyatakan bahwa pihak sekolah pernah mengundang dinas pemadam kebakaran untuk memberikan materi pencegahan kebakaran.

25. Pihak sekolah pernah mengundang kepolisian untuk memberikan materi perdagangan manusia

Sejumlah 30% responden menyatakan bahwa pihak sekolah pernah mengundang kepolisian untuk memberikan materi perdagangan manusia.

C. Pengembangan Pendidikan Mitigasi Bencana Berbasis Sekolah Siaga Bencana di Daerah Istimewa Yogyakarta

Berdasarkan analisis pengetahuan bencana dan upaya pengurangan risiko bencana yang telah dilakukan sekolah di Daerah Istimewa Yogyakarta seperti diuraikan di atas, maka dapat disusun alternatif model pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis Sekolah Siaga Bencana sebagai berikut:

1. Peningkatan pengetahuan bencana di Sekolah Siaga Bencana melalui integrasi mitigasi bencana dalam kurikulum,
2. Penggunaan metode pembelajaran berbasis integrasi mitigasi bencana dalam mata pelajaran Geografi dan IPS di Sekolah Siaga Bencana,
3. Penyusunan media pembelajaran Geografi dan IPS berbasis mitigasi bencana di Sekolah Siaga Bencana,
4. Penyusunan modul untuk Sekolah Siaga Bencana terkait kebencanaan dan mitigasi bencana sesuai analisis risiko setempat,
5. Perlunya sosialisasi dan simulasi kesiapsiagaan bencana di Sekolah Siaga Bencana sesuai analisis risiko setempat untuk semua warga sekolah,
6. Peningkatan kesadaran dan tanggungjawab akan kesiapsiagaan bencana untuk semua warga sekolah di Sekolah Siaga Bencana,
7. Peningkatan komunikasi yang lebih dekat di Sekolah Siaga Bencana, yaitu antara warga sekolah dengan lingkungan sekolah,
8. Peningkatan peran pemerintah dan instansi terkait, seperti BPBD, Pusat Studi Bencana Alam UGM, Pusat Studi Mitigasi Bencana UNY untuk mensinergikan berbagai upaya mitigasi bencana di Sekolah Siaga Bencana.

Alternatif model pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis Sekolah Siaga Bencana ini kemudian oleh peneliti disampaikan ke beberapa guru Geografi dan IPS perwakilan dari kabupaten/kota yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta dalam kegiatan *Focus Group Discussion* (FGD). Dari hasil FGD, maka tindak lanjut untuk pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis Sekolah Siaga Bencana adalah:

1. Peningkatan pengetahuan bencana (kapasitas) melalui integrasi mitigasi bencana dalam kurikulum,
2. Penggunaan metode pembelajaran berbasis integrasi mitigasi bencana dalam mata pelajaran Geografi dan IPS,
3. Penyusunan media pembelajaran Geografi dan IPS berbasis mitigasi bencana,
4. Penyusunan modul terkait kebencanaan dan mitigasi bencana sesuai analisis risiko setempat,
5. Perlunya sosialisasi/pelatihan/*workshop* dan simulasi kesiapsiagaan bencana sesuai analisis risiko setempat,
6. Peningkatan kesadaran dan tanggungjawab akan kesiapsiagaan bencana,
7. Peningkatan sarana prasarana untuk kesiapsiagaan bencana dengan alokasi dana Bantuan Operasional Sekolah Daerah (BOSDA),
8. Penyusunan jalur evakuasi (jika memungkinkan berbasis Teknologi Informasi) untuk mendukung kesiapsiagaan bencana,
9. Peningkatan komunikasi yang lebih dekat antara warga sekolah dengan lingkungan sekolah,
10. Peningkatan peran pemerintah dan instansi terkait, seperti BPBD, Pusat Studi Bencana Alam UGM, Pusat Studi Mitigasi Bencana UNY untuk mensinergikan berbagai upaya mitigasi bencana,
11. Perlunya sosialisasi/pelatihan/*workshop* terkait upaya pengurangan resiko bencana nonalam dan bencana sosial.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari uraian pada hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Mayoritas responden telah memiliki pengetahuan tentang berbagai macam bencana, maupun cara mitigasi bencana yang diperoleh dari instansi terkait seperti dari BPBD, dari perguruan tinggi, dan mass media.
2. Sebagian responden telah mengupayakan pengurangan risiko bencana dengan mengundang pihak terkait, bahkan beberapa sekolah telah melakukan simulasi mitigasi bencana. Namun demikian sebagian hanya seolah siaga bencana (SSB) saja, sedangkan sebagian besar yang lain belum pernah.
3. Berkaitan dengan pengembangan pendidikan mitigasi bencana berbasis Sekolah Siaga Bencana, sebagian sekolah telah meningkatkan pengetahuan bencana (kapasitas) melalui integrasi mitigasi bencana dalam kurikulum, sebagian sudah ada yang menyusun SOP penanggulangan bencana, hingga telah memiliki denah jalur evakuasi, terutama yang berstatus SSB.

B. Saran

Saran atau rekomendasi dari hasil penelitian adalah:

1. Perlu ada tindak lanjut ke setiap sekolah terutama kepada para kepala sekolah untuk memfasilitasi pendidikan siaga bencana di setiap sekolah.
2. Perlu adanya penyadaran ke warga sekolah bahwa siaga bencana milik seluruh warga sekolah, bukan hanya tanggungjawab guru geografi.

DAFTAR PUSTAKA

- Danang Sri Hadmoko. (2010). Potensi Bencana Alam di Indonesia dan Penanggulangannya. Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta. *Makalah* disampaikan dalam Seminar Nasional “Urgensi Pendidikan Kebencanaan di Indonesia”, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 17 September 2010.
- Dwiningrum, S.I.A. (2012). *Ide Pengembangan Modal Sosial Untuk Peningkatan Mutu Sekolah Pasca Erupsi Merapi (Studi Kasus: di SD Negeri Umbulharjo, Kabupaten Sleman, Yogyakarta, Indonesia)*. Yogyakarta: Fakultas Ilmu Pendidikan UNY.
- Dwiningrum, S.I.A. (2013). Nations Character Education Based on The Social Capital Theory. *Asean Social Science*, Volume 9, No 12, September 2013.
- Dwiningrum, S.I.A. (2014). Schools In Education and Media Hegemony In The Perspective of Multicultural Education. *International Conference on Fundamentals and Implementation of Education (ICFIE) 2014*. ISSN 2406-9132.
- Keller, Edward A. (2006). *Natural Hazards*. London: Pearson Prentice Hall. Diakses melalui <http://www.colorado.edu/>.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2008 tentang *Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana*.
- Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia No. 33 Tahun 2006 tentang *Pedoman Umum Mitigasi Bencana*.
- P2MB Geografi UPI.(2010). Diakses melalui http://p2mb.geografi.upi.edu/mitigasi_bencana.html.
- P2MB Geografi UPI.(2010). Diakses melalui http://p2mb.geografi.upi.edu/sekolah_siaga.html.
- Subandriyo.(2011). Mitigasi Bencana Geologi. Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Republik Indonesia. *Makalah* disampaikan dalam Lokakarya “Urgensi Pendidikan Mitigasi Bencana”, Dies Natalis UNY ke-47, FISE UNY, Yogyakarta, 11 Mei 2011.
- Sunarto.(2011). Standard Operating Procedure (SOP) Mitigasi Bencana. Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta. *Makalah* disampaikan dalam Lokakarya “Urgensi Pendidikan Mitigasi Bencana”, Dies Natalis UNY ke-47, FISE UNY, Yogyakarta, 11 Mei 2011.

Sunarto dan Lies Rahayu WF.(2006). Fenomena Bencana Alam di Indonesia.*Jurnal Kebencanaan Indonesia*, No. 1, Th. I, November 2006: 1-5.

Surono.(2011). Pentingnya Pendidikan Mitigasi Bencana Alam Geologi di Indonesia.Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Bandung.*Makalah* disampaikan dalam Lokakarya “Urgensi Pendidikan Mitigasi Bencana”, Dies Natalis UNY ke-47, FISE UNY, Yogyakarta, 11 Mei 2011.

Undang-Undang Republik Indonesia No. 24 Tahun 2007 tentang *Penanggulangan Bencana*.

**LAPORAN PENELITIAN RESEARCH GROUP
TAHUN ANGGARAN 2018**

**JUDUL:
ESTIMASI WILAYAH TERDAMPAK BANJIR
DI SEPANJANG ALIRAN SUNGAI CODE**



Oleh:

Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.

Dr. Nurul Khotimah, M.Si.

Dr. Dyah Respati Suryo Sumunar, M.Si.

Arif Ashari, M.Sc.

Sahrul Akbar

Rexy Satria Alfanuha

**JURUSAN PENDIDIKAN GEOGRAFI
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
TAHUN 2018**

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN RESEARCH GROUP**

1. Judul Penelitian : Estimasi Wilayah Terdampak Banjir di Sepanjang Aliran Sungai Code
2. Ketua Peneliti :
- a. Nama lengkap : Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.
- b. Jabatan : Lektor Kepala
- c. Program Studi : Pend. Geografi - S1
- d. Alamat : Perumahan Kavling UII No.20 Jl. Kaliurang Km. 14 Yogyakarta
- e. Telepon : +6285226211591
- f. e-mail : suhadi_p@uny.ac.id
3. Nama Research Group : Geografi Fisik dan Lingkungan
4. Tim Peneliti :

No	Nama, Gelar	NIP	Bidang Keahlian
1.	Dr. Nurul Khotimah, M.Si.	19790613 200604 2 001	Geografi Lingkungan
2.	Dr. Dyah Respati Suryo Sumunar, M.Si.	19650225 200003 2 001	Geografi Teknik
3.	Arif Ashari, M.Sc.	11310860302467	Geografi Fisik

5. Mahasiswa yang terlibat :

No	Nama	NIM	Prodi
1.	Sahrul Akbar	14405241038	Pend. Geografi
2.	Rexy Satria Alfanuha	14405241044	Pend. Geografi

6. Lokasi Penelitian : DIY (Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul)
7. Waktu Penelitian : 3 Februari 2018 s/d 8 Agustus 2018
8. Dana yang diusulkan : Rp. 20.000.000,00



Mengesahkan,
Dekan FIS,
Prof. Dr. Ajat Sudrajat, M.Ag.
NIP 196203211989031001

Yogyakarta, 7 Agustus 2018
Ketua Pelaksana

Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.
NIP 195911291986011001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kesempatan kepada kami selaku Tim Peneliti untuk menyelesaikan Laporan Penelitian Research Group berjudul "Estimasi Wilayah Terdampak Banjir di Sepanjang Aliran Sungai Code".

Laporan penelitian ini terselesaikan atas dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu kami menyampaikan terima kasih kepada Yth.:

1. Dekan FIS Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Ketua Jurusan Pendidikan Geografi FIS UNY.
3. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Pendidikan Geografi FIS UNY.
4. Semua pihak yang telah membantu dalam kegiatan penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Laporan penelitian ini masih belum sempurna, namun demikian besar harapan kami semoga laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat.

Yogyakarta, 7 Agustus 2018

Ketua Tim Peneliti

Suhadi Purwantara, M.Si

NIP. 195911291986011001

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	1
HALAMAN PENGESAHAN	2
KATA PENGANTAR	3
DAFTAR ISI	4
DAFTAR TABEL	5
DAFTAR GAMBAR	6
DAFTAR LAMPIRAN	7
ABSTRAK	8
BAB I. PENDAHULUAN	9
A. Latar Belakang Masalah	9
B. Identifikasi Masalah	10
C. Pembatasan Masalah	11
D. Rumusan Masalah	11
E. Tujuan Penelitian	11
F. Manfaat Penelitian	11
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	12
A. Landasan Teori	12
B. Kerangka Pemikiran	15
BAB III. METODE PENELITIAN	17
A. Desain Penelitian	17
B. Tempat dan Waktu Penelitian	17
C. Variabel dan Definisi Operasional Variabel	17
D. Metode Pengumpulan Data	18
E. Teknik Analisis Data	19
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	21
A. Deskripsi Daerah Penelitian	21
B. Estimasi Besar Hujan Maksimum yang Terjadi di Sungai Code	26
C. Prediksi Besar Probabilitas Banjir Sungai Code	31
D. Prediksi Daerah yang Rawan Banjir di Sungai Code	33
BAB V. PENUTUP	35
A. Kesimpulan	35
B. Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum Rata-rata DAS Code Periode Tahun 2007-2017	27
Tabel 2. Periode Ulang dan Probabilitas Hujan Harian Maksimum DAS Code	28
Tabel 3. Parameter Statistik untuk Analisis Frekuensi	28
Tabel 4. Hasil Uji Distribusi Pola Hujan	29
Tabel 5. Hujan Rencana di DAS Code untuk Setiap Periode Ulang dengan Distribusi Log Pearson Tipe III	30
Tabel 6. Debit Maksimum DAS Code Berdasarkan Periode Ulang	31
Tabel 7. Debit Genangan DAS Code Berdasarkan Beberapa Periode Ulang ..	32
Tabel 8. Volume Genangan di DAS Code Berdasarkan Beberapa Periode Ulang	33
Tabel 9. Luas Genangan di Daerah Sasaran Banjir	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta Daerah Penelitian	22
Gambar 2. Peta Kemiringan Lereng DAS Code	24

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Nilai Faktor Frekuensi K untuk Distribusi Log Pearson Type III dengan ‘Skewness’ Positif	38
Lampiran 2. Perhitungan Intensitas Hujan Untuk Hujan Rencana Periode Ulang 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 tahun	39
Lampiran 3. Perhitungan Koefisien Aliran di Daerah Penelitian	40
Lampiran 4. Perhitungan Debit Maksimum di DAS Code setiap periode ulang	41
Lampiran 5. Pengukuran Debit	42
Lampiran 6. Perhitungan Volume Luapan Banjir DAS Code	43
Lampiran 7. Perhitungan Luas Genangan Banjir DAS Code	44

ESTIMASI WILAYAH TERDAMPAK BANJIR DI SEPANJANG ALIRAN SUNGAI CODE

Oleh:

Suhadi Purwantara, Nurul Khotimah, Dyah Respati Suryo Sumunar, Arif Ashari

Abstrak

Perkembangan permukiman yang cukup pesat di sekitar Sungai Code dan didukung adanya endapan lumpur menyebabkan kondisi drainase di Sungai Code semakin sempit sehingga semakin besar dampak banjir dan luas sebarannya. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengestimasi besar hujan maksimum yang terjadi di Sungai Code, (2) memprediksi besar probabilitas banjir di Sungai Code, dan (3) memprediksi daerah yang rawan terhadap banjir di Sungai Code.

Desain penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Penelitian dilakukan di Sungai Code yang mengalir di sepanjang Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kabupaten Bantul. Penelitian dilaksanakan bulan Februari-Agustus 2018. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel intensitas hujan dan debit aliran. Data yang digunakan dikumpulkan melalui kegiatan observasi, interpretasi citra penginderaan jauh, studi pustaka, dan dokumentasi. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya dianalisis menggunakan metode Log Pearson Tipe III untuk analisis hujan rencana, rumus Weibull untuk analisis probabilitas banjir, dan metode rasional untuk analisis debit maksimum rencana.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa: (1) besarnya hujan maksimum di Sungai Code yang diestimasi menggunakan Log Pearson Tipe III, diperoleh data hujan rencana dengan periode ulang $R_5 = 106,83$ mm, $R_{10} = 116,67$ mm, $R_{25} = 127,30$ mm, $R_{50} = 134,25$ mm, $R_{100} = 140,57$ mm, dan $R_{200} = 146,39$ mm, (2) probabilitas banjir di Sungai Code yang diprediksi dari besarnya debit maksimum yang disebabkan hujan rencana, untuk periode ulang $Q_5 = 2.269,637$ m³/detik, $Q_{10} = 4.957,381$ m³/detik, $Q_{25} = 13.522,640$ m³/detik, $Q_{50} = 28.521,829$ m³/detik, $Q_{100} = 59.729,066$ m³/detik, dan $Q_{200} = 124.404,041$ m³/detik, (3) daerah rawan banjir di Sungai Code yang diprediksi dari luas genangan daerah sasaran banjir memperlihatkan bahwa banjir akan terjadi pada semua periode ulang, yaitu 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 tahun. Genangan daerah sasaran banjir pada periode ulang 5 tahun seluas 24,09 km², periode ulang 10 tahun seluas 53,14 km², periode ulang 25 tahun seluas 145,74 km², periode ulang 50 tahun seluas 307,89 km², periode ulang 100 tahun seluas 645,27 km², dan periode ulang 200 tahun seluas 1.344,46 km².

Kata Kunci: bencana, banjir, estimasi wilayah terdampak banjir, Sungai Code

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) termasuk salah satu wilayah yang memiliki berbagai ancaman bahaya alam (*natural hazard*). Berbagai *natural hazard* yang potensial terjadi di DIY, antara lain: Erupsi Gunungapi Merapi, gempa bumi, longsor, dan banjir. Longsor menjadi berita rutin di musim penghujan untuk beberapa daerah dengan lereng terjal, sedangkan banjir sering melanda di sekitar bantaran sungai yang ada di DIY. Banjir menjadi peristiwa rutin yang terjadi hampir setiap tahun. Berbagai berita tentang banjir pada akhir 2017 terjadi di DIY, seperti: Sejumlah Jembatan Jebol Dihantam Banjir di Bantul (Detiknews, 2017), Kali Oya Meluap, Begini Dampaknya (Tribun Yogya, November 2017), Dampak Siklon Cempaka Meluas, Korban Jiwa Mencapai 19 Orang (Kompas, 2017), Hujan Deras Tanpa Henti, Yogyakarta Banjir dan Talud Longsor (detikNews, 2017).

Banjir terjadi karena saluran pembuangan air (drainase) tidak dapat menampung besarnya volume limpasan air (*run-off*). Banjir kota sering terjadi di sejumlah wilayah di perkotaan Yogyakarta (Suhadi Purwantara, 2007), karena saluran drainase terlalu kecil. Banjir juga terjadi di sekitar Sungai Winongo, Bedog, Code, Opak, Oyo, karena volume air limpasan melebihi kapasitas alur-alur sungai. Besarnya volume air yang menjadi debit air sungai karena adanya curah hujan yang tinggi di musim penghujan. Pada saat ini terjadinya banjir bukan hanya karena volume hujan yang berlebihan, tetapi karena semakin kurangnya ruang peresapan air hujan di berbagai daerah. Berkurangnya ruang peresapan karena dampak dari pembangunan yang kurang terarah sehingga banyak daerah terbangun tidak berfungsi sebagai resapan. Kondisi ini memperlihatkan adanya gangguan terhadap keseimbangan hidrologis.

Berdasarkan data sensus kependudukan tahun 2010, laju pertumbuhan penduduk di DIY mencapai 1,04 persen per tahun dan laju pertumbuhan penduduk tertinggi terjadi di Kabupaten Sleman, yakni mencapai 1,96 persen per tahun. Penduduk dimanapun berada memerlukan kebutuhan pangan, sandang, dan

papan. Kebutuhan papan, berarti kebutuhan lahan untuk permukiman. Kondisi lahan yang banyak ditemui saat ini adalah terjadi alih fungsi sebagian lahan pertanian menjadi permukiman, wilayah industri, perkantoran, kompleks perguruan tinggi maupun kompleks pendidikan. Salah satu daerah aliran sungai (DAS) yang memiliki perkembangan permukiman cukup pesat di DIY adalah DAS Code. Sungai Code adalah sungai yang membelah perkotaan Yogyakarta, dengan *outlet* di Sungai Opak yang terletak di Kaloran, Jetis, Bantul.

Perkembangan permukiman yang cukup pesat di sekitar Sungai Code, didukung adanya endapan lumpur dapat menyebabkan kondisi drainase di Sungai Code semakin sempit, sehingga semakin besar dampak banjir, begitupula luas sebarannya. Oleh karena itu perhitungan curah hujan dan besarnya debit banjir sangat diperlukan untuk mengetahui seberapa besar potensi banjir yang dapat terjadi di Sungai Code. Berdasarkan uraian di atas peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan kajian analisis Sungai Code dengan judul “Estimasi Wilayah Terdampak Banjir di Sepanjang Aliran Sungai Code”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Curah hujan yang tinggi di musim penghujan.
2. Laju pertumbuhan penduduk tertinggi di DIY terjadi di Kabupaten Sleman, yakni mencapai 1,96 persen per tahun.
3. Terjadinya perubahan fungsi lahan atau adanya pembukaan daerah tangkapan air hujan menjadi wilayah permukiman menyebabkan terganggunya keseimbangan hidrologis.
4. Kondisi drainase di Sungai Code yang semakin sempit oleh adanya permukiman di pinggir sungai maupun endapan lumpur.
5. Pentingnya informasi aktual tentang besarnya hujan maksimum yang terjadi di Sungai Code.
6. Pentingnya informasi aktual tentang besar probabilitas banjir di Sungai Code.

7. Pentingnya informasi aktual tentang daerah yang rawan terjadi banjir di Sungai Code.

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, maka perlu adanya pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Informasi aktual tentang besarnya hujan maksimum yang terjadi di Sungai Code.
2. Informasi aktual tentang besar probabilitas banjir di Sungai Code.
3. Informasi aktual tentang daerah yang rawan terjadi banjir di Sungai Code.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Berapa besarnya hujan maksimum yang terjadi di Sungai Code?
2. Berapa prediksi besar probabilitas banjir di Sungai Code?
3. Dimana saja daerah yang rawan terhadap banjir di Sungai Code?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengestimasi besar hujan maksimum yang terjadi di Sungai Code.
2. Memprediksi besar probabilitas banjir di Sungai Code.
3. Memprediksi daerah yang rawan terhadap banjir di Sungai Code.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah kajian ilmu geografi khususnya tentang materi hidrosfer maupun hidrologi.
2. Sebagai acuan dan bahan pertimbangan bagi penelitian sejenis di masa mendatang, khususnya tentang estimasi debit maksimum Sungai Code.
3. Memberikan informasi bagi masyarakat mengenai debit puncak aliran Sungai Code.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Pengertian Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari air dalam segala bentuknya (cairan, gas, padat) pada, dalam dan di atas permukaan tanah, termasuk di dalamnya adalah penyebaran, daur dan perilakunya, sifat-sifat fisika dan kimianya, serta hubungannya dengan unsur-unsur hidup dalam air itu sendiri. Selama berlangsungnya daur hidrologi, yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti tersebut, air tersebut akan bertahan (sementara) di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya (Chay Asdak, 2014). Definisi lain menurut Bambang Triatmodjo (2008:1), hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya. Davie (2008) menjelaskan bahwa hidrologi kontemporer tidak mempelajari segala macam air di permukaan bumi. Hidrologi modern lebih menekankan pada distribusi air di permukaan bumi dan pergerakannya, baik di atas maupun di bawah permukaan serta di atmosfer. Perhatian utama dalam hidrologi modern adalah studi mengenai air tawar, sedangkan studi mengenai air asin dipelajari melalui oseanografi.

2. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses pengeluaran air dan perubahannya menjadi uap air yang mengembun kembali menjadi air yang berlangsung terus menerus tiada henti-hentinya. Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan sesudah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Sebelum tiba ke permukaan bumi sebagian langsung menguap ke udara dan

sebagian tiba ke permukaan bumi. Tidak semua bagian hujan yang jatuh ke permukaan bumi mencapai permukaan tanah. Sebagian akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan dimana sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah (Suyono Sosrodarsono, 2006:1). Air laut menguap karena radiasi matahari menjadi awan kemudian awan yang terjadi oleh penguapan air bergerak di atas daratan karena tertiup angin. Presipitasi yang terjadi karena adanya tabrakan antara butir-butir uap air akibat desakan angin, dapat berbentuk hujan atau salju. Setelah jatuh ke permukaan tanah, akan menimbulkan limpasan (*run off*) yang mengalir kembali ke laut. Dalam usahanya untuk mengalir kembali ke laut beberapa diantaranya masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*) dan bergerak terus ke bawah (*perkolasi*) ke dalam daerah jenuh (*saturated zone*) yang terdapat di bawah permukaan air tanah atau yang juga dinamakan permukaan freatik. Air dalam daerah ini bergerak perlahan-lahan melewati akuifer masuk ke sungai atau kadang-kadang langsung masuk ke laut (Soemarto, 1999:3).

3. Daerah Pengaliran

Daerah pengaliran sebuah sungai adalah daerah tempat presipitasi itu mengkonsentrasi ke sungai. Garis batas daerah-daerah aliran yang berdampingan disebut batas daerah pengaliran. Luas daerah pengaliran diperkirakan dengan pengukuran daerah itu pada peta topografi. Daerah pengaliran, topografi, tumbuh-tumbuhan dan geologi mempunyai pengaruh terhadap debit banjir, corak banjir, debit pengaliran dasar dan seterusnya (Sosrodarsono, 1977:169).

4. Pengertian Sungai

Menurut Peraturan Pemerintah No. 35 tahun 1991, definisi sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan.

5. Pengertian Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau (Bambang Triatmodjo, 2008:7). Asdak (2014) menjelaskan bahwa daerah aliran sungai merupakan wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama. Wilayah tersebut merupakan suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumberdaya alam (tanah, air, dan vegetasi) dan sumberdaya manusia sebagai pemanfaat sumberdaya alam.

6. Bencana Banjir Perkotaan

Bencana merupakan peristiwa atau rangkaian peristiwa yang terjadi secara mendadak maupun perlahan-lahan yang disebabkan oleh alam, manusia, atau keduanya dengan menimbulkan akibat bagi pola kehidupan dan penghidupan, gangguan pada sistem pemerintahan yang normal, atau kerusakan ekosistem sehingga perlu tindakan darurat untuk menyelamatkan manusia dan lingkungannya. Banjir merupakan salah satu jenis bencana yang secara genetik termasuk dalam kelompok bencana alam (*natural disaster*) (Sunarto dan Rahayu, 2007).

Masalah banjir merupakan topik yang selalu banyak dibicarakan termasuk oleh para pakar hidrologi. Salah satu perhatian mengenai banjir dalam lingkup hidrologi adalah seberapa jauh peranan atau pengaruh perubahan vegetasi terhadap berkurang atau bertambahnya hasil air (*water yield*) di tempat kegiatan tersebut berlangsung dan atau wilayah di luar daerah kegiatan yang secara hidrologis dipengaruhi oleh perubahan vegetasi tersebut (Asdak, 2014). Bencana banjir merupakan salah satu bentuk ketidakseimbangan hidrologi dalam DAS, yang disebabkan oleh menurunnya infiltrasi akibat berkurangnya penutupan vegetasi dan ketidaksesuaian penggunaan lahan. Perubahan tata guna lahan dalam DAS merupakan salah

satu penyebab peningkatan kejadian banjir terutama banjir limpasan (Miardini dkk, 2016). Afriyanto dkk (2015) mencontohkan dalam kejadian banjir di Jakarta faktor penyebabnya juga tidak terlepas dari pembangunan fisik terutama di kawasan hulu. Faktor ini berkombinasi dengan faktor lainnya seperti peningkatan urbanisasi, perkembangan ekonomi, dan perubahan iklim global.

Di kawasan perkotaan, perkembangan daerah kota yang secara fisik ditandai dengan meluasnya wilayah kota dan bertambahnya daerah permukiman baru, juga menyebabkan dampak negatif pada kondisi hidrologis. Dampak negatif tersebut antara lain berupa terjadinya banjir dan genangan di daerah perkotaan yang diakibatkan oleh meningkatnya koefisien aliran serta tidak adanya saluran drainase untuk menampung limpasan (Sudarmadji, 1995). Namun demikian permasalahan banjir di kawasan perkotaan juga tidak hanya disebabkan oleh perubahan karakteristik hidrologis di perkotaan, tetapi juga berkaitan dengan kondisi daerah tangkapan air di bagian hulu DAS. Maryono (2009) mencontohkan, perubahan penggunaan lahan antara tahun 1989 hingga 2007 di daerah tangkapan air Pengabuan, Jambi, berpengaruh terhadap peningkatan debit banjir.

B. Kerangka Pemikiran

Air hujan jatuh di permukaan tanah kemudian mengalami beberapa proses. Sebagian meresap ke dalam tanah, sebagian lagi kembali ke udara sebagai evaporasi, melalui tumbuhan, transpirasi, evapotranspirasi, serta sebagian mengalir di permukaan tanah sebagai limpasan permukaan (*run-off*). Hujan yang berturut-turut dengan durasi waktu yang panjang maka kapasitas infiltrasinya makin kecil dan pada akhirnya mencapai kejenuhan, sehingga air hujan menjadi limpasan semakin besar. Permukaan tanah yang keras akan mempercepat kejenuhan kapasitas infiltrasi dan dengan mudah hujan menjadi limpasan. Limpasan yang terjadi secara alamiah berkumpul dan masuk ke dalam saluran-saluran selanjutnya menuju sungai. Sungai akan menampung dan mengalirkan air limpasan. Apabila permukaan tanah banyak yang diubah menjadi lahan kedap air,

maka air hujan tidak dapat meresap dan sebagian besar menjadi *run-off*. Besarnya limpasan yang melebihi kapasitas saluran drainase seperti sungai, parit, maupun selokan dapat mengakibatkan terjadinya banjir. Perkembangan permukiman yang pesat di Sungai Code dapat menyebabkan semakin besar dampak banjir dan luas sebarannya. Perhitungan curah hujan dan besarnya debit banjir sangat diperlukan untuk mengetahui seberapa besar potensi banjir yang dapat terjadi di Sungai Code.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Desain penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Analisis hujan rencana dilakukan dengan cara statistik metode Log Pearson Tipe III dan probabilitas terjadinya dihitung dengan rumus Weibull, sedangkan debit maksimum rencana dihitung dengan metode rasional $Q = 0,2778 CIA$.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Sungai Code yang mengalir di sepanjang Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kabupaten Bantul. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari - Agustus 2018.

C. Variabel dan Definisi Operasional Variabel

Variabel dalam penelitian ini adalah: (1) Intensitas curah hujan dan (2) debit aliran. Definisi operasional variabel penelitian sebagai berikut:

1. Intensitas curah hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu. Untuk mendapatkan nilai intensitas hujan di suatu tempat maka alat penakar hujan yang digunakan harus mampu mencatat besarnya volume hujan dan waktu mulai berlangsungnya hujan sampai hujan tersebut berhenti. Intensitas hujan atau ketebalan hujan per satuan waktu lazimnya dilaporkan dalam satuan milimeter per jam (Chay Asdak, 2010:58). Pengaruh intensitas curah hujan pada limpasan permukaan tergantung dari kapasitas infiltrasi. Jika intensitas curah hujan melampaui kapasitas infiltrasi, maka besarnya limpasan permukaan akan segera meningkat sesuai dengan peningkatan intensitas curah hujan.

2. Debit aliran

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Debit aliran diperoleh dengan mengalikan luas tampang aliran dan kecepatan aliran. Kedua

parameter tersebut dapat diukur pada suatu tampang lintang (stasiun) di sungai. Luas tampang aliran diperoleh dengan mengukur elevasi permukaan air dan dasar sungai, sedangkan kecepatan aliran diukur dengan menggunakan alat ukur kecepatan seperti *current meter*, pelampung, atau peralatan lain. Besarnya debit aliran dihitung dengan cara:

$$Q = V / t$$

$$Q = \text{debit (m}^3/\text{detik)}$$

$$V = \text{Volume air (m}^3\text{)}$$

$$t = \text{waktu pengukuran (detik)}$$

D. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, interpretasi citra penginderaan jauh, studi pustaka, dan dokumentasi.

1. Observasi

Observasi digunakan untuk mendapatkan data primer mengenai debit aliran dan tinggi muka air. Instrumen yang digunakan adalah lembar observasi serta perangkat pengukuran debit aliran dengan *velocity-area method*, maupun *slope-area method*.

2. Interpretasi citra penginderaan jauh

Metode ini digunakan untuk memperoleh data penggunaan lahan pada masa lampau serta penggunaan lahan aktual pada saat ini. Dengan mengetahui penggunaan lahan tersebut dapat dihitung luasan masing-masing bentuk penggunaan lahan dan seberapa besar perubahan yang telah terjadi.

3. Studi pustaka

Studi pustaka digunakan untuk memperoleh data dari penelitian terdahulu, yaitu (a) penggunaan lahan yang ada di wilayah Sungai Code, dan (b) bencana banjir yang pernah terjadi di wilayah Sungai Code.

4. Dokumentasi

Metode ini digunakan untuk memperoleh data sekunder terkait dengan bencana banjir di wilayah Sungai Code, antara lain: (a) data hujan tahunan hasil pengukuran pada stasiun meteorologi di sekitar Sungai Code, (b) data

debit aliran dan tinggi muka air hasil pengukuran stasiun AWLR di sekitar Sungai Code, (c) data penggunaan lahan dari Peta Rupabumi Indonesia Lembar Pakem dan Yogyakarta skala 1:25.000.

E. Teknik Analisis Data

Untuk mendukung tujuan penelitian ini debit maksimum diestimasi berdasarkan hujan jangka panjang yang ada. Hujan rencana dihitung dengan metode Weibull dan dianalisis dengan metode Log Pearson Tipe III. Adapun tahap-tahap perhitungannya secara berurutan adalah sebagai berikut:

1. Penentuan curah hujan

a. Curah hujan daerah

Penentuan curah hujan daerah dilakukan dengan menganggap hujan yang terukur pada stasiun hujan daerah yang mewakili di wilayah Kabupaten Sleman. Berdasarkan asumsi ini maka daerah yang mempunyai lebih dari satu stasiun hujan perlu dibuat daerah pengaruh hujannya. Penentuan daerah pengaruh hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cara Polygon Thiessen.

b. Hujan Rencana

Hujan rencana adalah besarnya hujan harian maksimum yang diperkirakan akan berulang pada periode ulang tertentu. Data curah hujan perlu dianalisis frekuensi kejadiannya untuk mendapatkan besar curah hujan rencana periode ulang tertentu. Analisa frekuensi curah hujan dalam penelitian ini menggunakan metode Log Pearson Tipe III. Adapun rumus yang digunakan adalah :

$$\text{Log } XT = \log x + (KT \times S \text{ Log } X)$$

dimana:

$\text{Log } XT$ = curah hujan rencana dalam periode ulang n tahun (mm)

$\text{Log } x$ = nilai rata-rata dari $\log X$

$S \text{ Log } X$ = Deviasi standar dari $\text{Log } X$

KT = Variabel standar, besarnya tergantung koefisien kemencengan (Cs atau G pada tabel frekuensi KT untuk Distribusi Log Pearson Type III)

Probabilitas terjadinya hujan rencana dihitung dengan rumus Weibull, yaitu:

$$Tr = \frac{n+1}{m}$$

$$P = \frac{1}{Tr}$$

Dimana:

Tr = Periode ulang

P = Probabilitas terjadi untuk disamai atau dilampaui (%)

m = nomor urut ranking

n = jumlah data

2. Koefisien Pengaliran

Dalam penentuan harga koefisien pengaliran menggunakan Tabel Koefisien Pengaliran yang telah ditentukan. Besarnya koefisien pengaliran pada daerah penelitian dapat dihitung dengan rumus rata-rata timbang:

$$C = \frac{C1A1 + C2A2 + C3A3 + + CnAn}{A1 + A2 + A3 + + An}$$

Dimana:

C = Koefisien pengaliran

C1,2,3 = Koefisien pengaliran masing-masing bagian daerah yang sesuai dengan penggunaan bahannya

A1,2,3 = Luas masing-masing bagian daerah (Imam Subarkah, 1980:56)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Daerah Penelitian

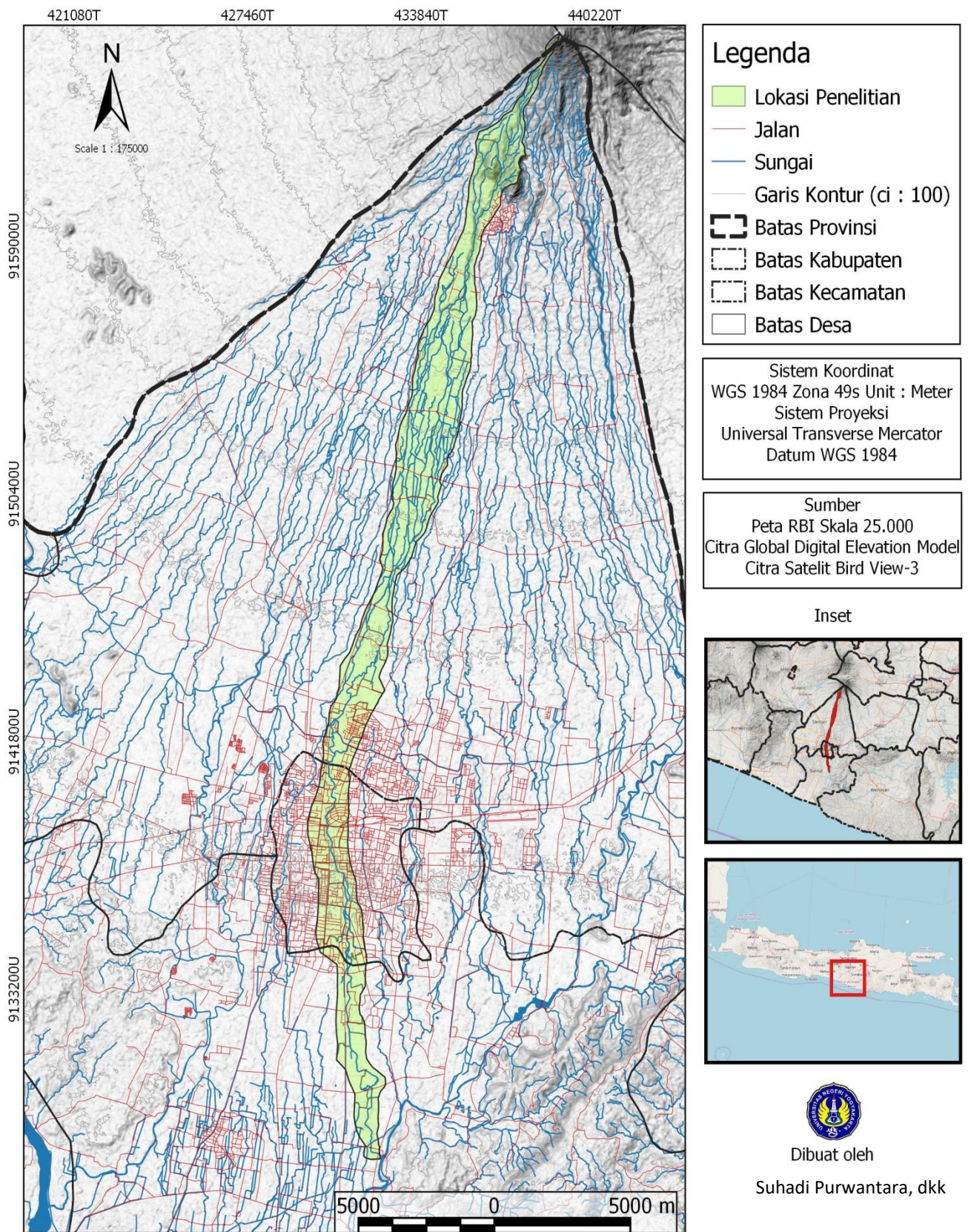
1. Letak dan batas wilayah

Daerah Aliran Sungai (DAS) Code merupakan bagian dari DAS Opak yang terletak di wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. DAS Code membentang arah utara-selatan mulai dari sekitar puncak Gunungapi Merapi di wilayah Kecamatan Pakem Kabupaten Sleman hingga pertemuan dengan Sungai Opak di Kecamatan Jetis Kabupaten Bantul. Ketinggian tempat DAS Code berada pada rentang antara 40 mdpal di pertemuan Sungai Code-Opak hingga sekitar 2.900 mdpal di puncak Gunungapi Merapi. DAS Code di sebelah timur berbatasan dengan DAS Gajahwong, sedangkan di sebelah barat berbatasan dengan DAS Winongo. Secara administratif DAS Code termasuk dalam wilayah Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kabupaten Bantul. Kabupaten Sleman meliputi Kecamatan Pakem, Turi, Ngaglik, Mlati, dan Depok. Kota Yogyakarta meliputi Kecamatan Jetis, Gedongtengen, Gondokusuman, Danurejan, Pakualaman, Gondomanan, Kraton, Mergangsan, dan Kecamatan Umbulharjo. Kabupaten Bantul meliputi Kecamatan Sewon dan Kecamatan Jetis (Gambar 1).

2. Kondisi geologis

Secara geologis wilayah DAS Code tersusun oleh batuan dari Gunungapi Merapi yang berusia kuartar yaitu endapan Gunungapi Merapi muda (Qmi) dan endapan Gunungapi Merapi tua (Qmo). Endapan Gunungapi Merapi muda mencakup sebagian besar wilayah di DAS Code, sedangkan endapan Gunungapi Merapi tua hanya dijumpai di bagian hulu DAS Code. Dalam peta geologi lembar Yogyakarta diketahui bahwa endapan Gunungapi Merapi muda terdiri dari tuff, abu, breksi, aglomerat, dan leleran lava tak terpisahkan, sedangkan endapan Gunungapi Merapi tua terdiri dari breksi, aglomerat, dan leleran lava, termasuk andesit dan basalt mengandung olivin. Endapan Gunungapi Merapi tua di DAS Code dijumpai sebagai batuan penyusun dari kerucut parasiter Bukit Turgo dan Bukit Plawangan.

PETA DAS CODE PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA



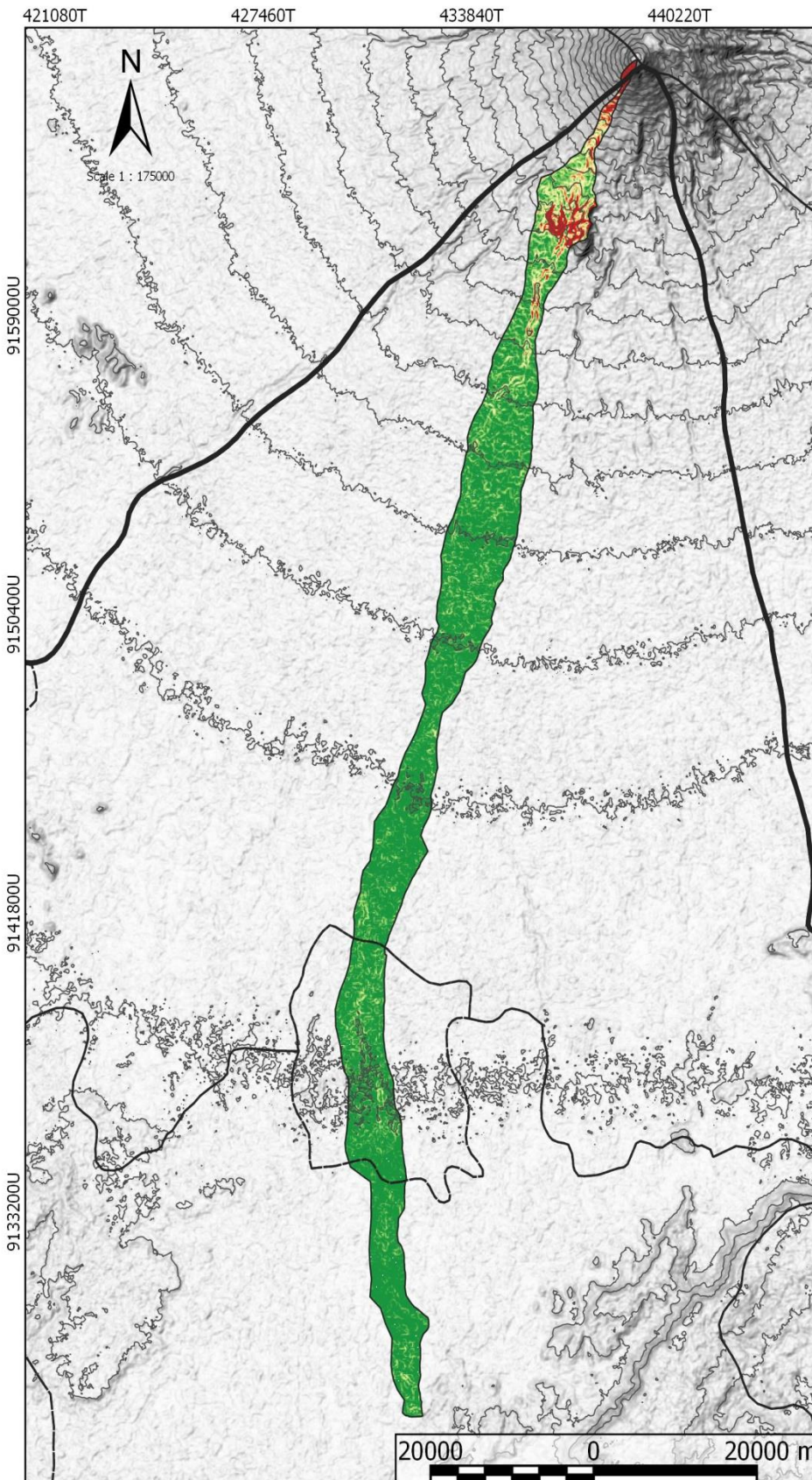
Gambar 1. Peta Daerah Penelitian

3. Kondisi geomorfologis

Secara geomorfologis DAS Code merupakan bagian dari sistem morfologi Gunungapi Merapi. Seluruh bagian DAS Code secara genesis terbentuk dari aktivitas Gunungapi Merapi. Sutikno dkk (2006) menjelaskan bahwa DAS Code terdiri dari bentuklahan kerucut gunungapi, lereng gunungapi, kaki gunungapi, dataran kaki gunungapi, dan dataran fluvial gunungapi. Kerucut gunungapi terletak di bagian hulu DAS Code, merupakan bagian dari tubuh gunungapi yang menempati bagian paling atas dengan lereng paling curam, memiliki relief kubah, proses geomorfologi berupa endapan piroklastik dan gravitasi, serta tersusun oleh batuan piroklastik dan lava. Lereng gunungapi terletak di bawah kerucut gunungapi dengan relief berbukit, proses geomorfologi juga berupa endapan piroklastik dan gravitasi, dan tersusun oleh endapan piroklastik. Kaki gunungapi terletak di bawah lereng gunungapi dengan relief bergelombang, proses geomorfologi berupa pengendapan piroklastik, fluvial, dan gravitasi, serta tersusun oleh endapan piroklastik dan aluvial. Dataran kaki gunungapi terletak di bawah kaki gunungapi dengan relief datar-landai, proses geomorfologi adalah sedimentasi fluvio-vulkan, tersusun oleh material endapan piroklastik dan aluvial. Dataran fluvial gunungapi menempati bagian hilir DAS Code dengan relief datar, tersusun oleh endapan aluvial, dan proses geomorfologi berupa sedimentasi material fluviovulkan.

Selain memiliki variasi bentuklahan yang terdapat pada sistem vulkan strato Merapi, DAS Code juga memiliki variasi kemiringan lereng. Kelas kemiringan lereng datar hingga landai menempati sebagian besar DAS Code sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 2 berikut ini.

PETA KEMIRINGAN LERENG DAERAH ALIRAN SUNGAI CODE PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA



Legenda

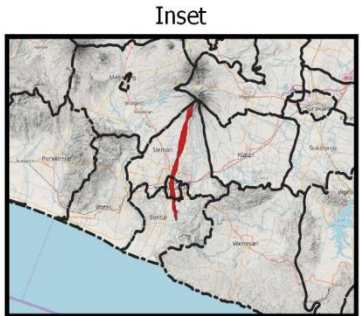
- Garis Kontur (ci : 100)
- ▭ Batas Provinsi
- ▭ Batas Kabupaten
- ▭ Batas Kecamatan
- ▭ Batas Desa

Kemiringan Lereng

- < 8 %
- 8-16 %
- 16-24 %
- 24-33 %
- > 60 %

Sistem Koordinat
WGS 1984 Zona 49s Unit : Meter
Sistem Proyeksi
Universal Transverse Mercator
Datum WGS 1984

Sumber
Peta RBI Skala 25.000
Citra Global Digital Elevation Model
Citra Satelit Bird View-3



Dibuat oleh
Suhadi Purwantara, dkk

Gambar 2. Peta Kemiringan Lereng DAS Code

4. Iklim

Kondisi iklim di DAS Code ditandai dengan adanya variasi suhu udara dan curah hujan. Variasi suhu udara disebabkan oleh faktor ketinggian tempat dimana selisih antara titik tertinggi dan terendah di DAS Code mencapai 2.860 meter. Jika setiap penambahan ketinggian 100 meter terjadi penurunan suhu udara sebesar $0,6^{\circ}\text{C}$, maka variasi ketinggian tempat di DAS Code menghasilkan lebih dari 28 zona suhu udara mulai dari yang paling tinggi di bagian hilir hingga yang paling rendah di bagian hulu DAS Code di sekitar puncak Gunungapi Merapi.

Besarnya curah hujan di DAS Code juga bervariasi. Faktor relief dan ketinggian tempat berpengaruh terhadap banyaknya hujan orografis yang terbentuk di lereng atas Gunungapi Merapi. Sutikno, dkk (2006) menjelaskan bahwa pada lereng gunungapi curah hujan rata-rata tahunan sebesar 1.734 mm, kaki gunungapi sebesar 1.550 mm, dataran kaki gunungapi 1.186 mm, dan dataran fluvial gunungapi 1.328 mm. Dalam klasifikasi iklim Schmidt-Ferguson, DAS Code seluruhnya termasuk dalam kategori iklim C, sedangkan dalam klasifikasi iklim Oldeman termasuk dalam tipe iklim B2. Kondisi iklim ini akan berpengaruh terhadap potensi masing-masing unit lahan. Lereng gunungapi memiliki potensi hujan sedang dengan hutan hujan tropis dan tanaman tahunan sebagai penyangga, kaki gunungapi memiliki potensi sedang dengan budidaya tanaman perkebunan dan tanaman semusim dua kali panen dalam setahun, dataran kaki gunungapi memiliki potensi sedang dengan budidaya tanaman semusim dua kali padi dalam setahun, dan dataran fluvial gunungapi memiliki potensi sedang dengan budidaya tanaman semusim tiga kali padi dalam setahun.

5. Penggunaan lahan

Penggunaan lahan merupakan aspek yang sangat bervariasi di DAS Code, hal ini disebabkan karena DAS Code berhulu di sekitar Puncak Gunungapi Merapi kemudian mengalir melalui kawasan perdesaan di Kabupaten Sleman, memasuki kawasan perkotaan di Kota Yogyakarta, dan kembali memasuki kawasan perdesaan di Kabupaten Bantul. Penggunaan

lahan di DAS Code meliputi lahan kosong, semak belukar, hutan, kebun campuran, tegalan, sawah, dan permukiman. Lahan kosong terdapat di sekitar puncak Gunungapi Merapi yang sering terkena dampak erupsi dan tersusun oleh endapan material hasil erupsi. Hutan, semak belukar, dan kebun campuran banyak dijumpai di bagian hulu DAS Code, sedangkan di bagian tengah dan hilir penggunaan lahan yang mendominasi adalah sawah dan permukiman. Di kawasan perkotaan permukiman merupakan penggunaan lahan yang utama. Berbagai perubahan penggunaan lahan yang terjadi dari waktu ke waktu merupakan faktor yang berpengaruh terhadap timbulnya potensi banjir di wilayah DAS Code.

B. Estimasi Besar Hujan Maksimum yang Terjadi di Sungai Code

Curah hujan di suatu *cathment area* akan menentukan besarnya debit banjir di suatu daerah. Besar curah hujan di DAS Code dihitung berdasarkan data hujan yang terekam di enam stasiun hujan yang mewakili daerah penelitian yaitu Stasiun Jangkang, Pakem, Beran, Colombo, Sewon dan Jetis. Penelitian ini menggunakan data curah hujan selama 11 tahun yaitu periode tahun 2007-2017.

Data curah hujan di DAS Code digunakan untuk mengestimasi debit maksimum dengan menggunakan metode rasional. Dengan diketahui curah hujan di daerah penelitian maka dapat dihitung besarnya intensitas hujan sehingga dapat diperkirakan besarnya debit rencana.

1. Curah hujan

a. Curah hujan harian maksimum rata-rata

Curah hujan maksimum digunakan untuk memprediksi (estimasi) banjir rencana. Berdasarkan perhitungan diketahui bahwa curah hujan harian maksimum rata-rata tertinggi sebesar 137,66 mm dan curah hujan harian maksimum rata-rata terendah sebesar 54,36 mm (Tabel 1).

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum Rata-rata DAS Code Periode Tahun 2007-2017

Rangking	Curah Hujan (mm)
1	137,66
2	114,14
3	95,28
4	89,20
5	85,10
6	81,66
7	81,60
8	80,90
9	78,44
10	78,40
11	54,36

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

b. Hujan rencana

Hujan rencana atau probabilitas hujan harian maksimum adalah besarnya curah hujan harian maksimum yang mungkin terjadi pada periode ulang tertentu (Suyono, 1980:21). Hujan rencana di DAS Code dihitung berdasarkan hujan harian maksimum di daerah tersebut pada periode tahun 2007-2017. Berdasarkan Tabel 1, curah hujan harian maksimum rata-rata DAS Code berkisar antara 54,36 - 137,66 mm. Selanjutnya berdasarkan rumus Weibull, masing-masing data curah hujan tersebut dihitung periode ulang dan probabilitasnya untuk kemudian diplotkan pada kertas probabilitas Gumbel. Hasil perhitungan periode ulang dan probabilitas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Periode Ulang dan Probabilitas Hujan Harian Maksimum DAS Code

Rangking	Curah Hujan (mm)	Periode Ulang (Tahun)	Probabilitas
1	137,66	12,00	8,33
2	114,14	6,00	16,66
3	95,28	4,00	25,00
4	89,20	3,00	33,33
5	85,10	2,40	41,66
6	81,66	2,00	50,00
7	81,60	1,71	58,33
8	80,90	1,50	66,66
9	78,44	1,33	75,00
10	78,40	1,20	83,33
11	54,36	1,09	91,66

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi adalah nilai rata-rata (mean/ \bar{X}), standar deviasi (Sd), koefisien Skewness (Cs), koefisien Kurtosis (Ck), dan koefisien variasi (Cv). Kelima parameter statistik tersebut digunakan untuk analisis frekuensi. Hasil perhitungan parameter statistik untuk analisis frekuensi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Statistik untuk Analisis Frekuensi

Parameter	Nilai
Nilai rata-rata (mean/ \bar{X})	88,800
Standar deviasi (Sd)	21,570
Koefisien Skewness (Cs)	0,100
Koefisien Kurtosis (Ck)	0,048
Koefisien variasi (Cv)	0,240

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Tabel 4. Hasil Uji Distribusi Pola Hujan

Jenis Distribusi	Syarat	Perhitungan	Kesimpulan
Normal	Cs = 0	Cs = 0,100	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	Ck = 0,048	
Gumbel	Cs = 1,139	Cs = 0,100	Tidak Memenuhi
	Ck = 5,403	Ck = 0,048	
Log Pearson Tipe III	Cs = 0 < Cs < 9	Cs = 0,100	Memenuhi
Log Normal	Cs = 3Cv = 0,720	Cs = 0,100	Tidak Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan (2018)

Dari hasil uji distribusi pola hujan (Tabel 4), maka model distribusi yang sesuai digunakan adalah Log Pearson Tipe III, karena hasil Cs = 0,100 dianggap paling mendekati persyaratan yaitu Cs = 0 < Cs < 9. Perhitungan tebal hujan rencana daerah penelitian selanjutnya menggunakan metode analisis distribusi Log Pearson Tipe III. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X + K \cdot S$$

dimana:

K = Variabel standar (*standardized variable*) yang besarnya tergantung koefisien kemencengan

S = Standar deviasi

sehingga:

$\text{Log } X_T = 88,80 + K \cdot 21,57$ dimana nilai K untuk masing-masing periode ulang hujan dapat dilihat pada lampiran.

Berdasarkan persamaan di atas kemudian dihitung hujan rencana untuk periode ulang 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 tahun. Hujan rencana di DAS Code untuk setiap periode ulang dengan distribusi Log Pearson Tipe III disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hujan Rencana di DAS Code untuk Setiap Periode Ulang dengan Distribusi Log Pearson Tipe III

Periode Ulang (tahun)	Probabilitas (%)	Hujan Rencana (mm)
5	20	106,83
10	10	116,67
25	4	127,30
50	2	134,25
100	1	140,57
200	0,5	146,39

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

c. Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi merupakan waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir dari hulu sampai ke hilir atau *outlet* DAS. Kondisi kemiringan lereng daerah penelitian dan panjang sungai merupakan faktor yang berpengaruh terhadap waktu konsentrasi. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan persamaan yaitu:

$$t_c = 0,0195 (L/\sqrt{S})^{0,77}$$

dengan:

t_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang sungai dari hulu sampai hilir (m)

S = kemiringan lahan

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh waktu konsentrasi sebesar 3 jam. Hal ini berarti waktu yang dibutuhkan oleh air hujan mengalir di DAS Code dari hulu sampai hilir (*output*) adalah 3 jam.

2. Pendugaan koefisien aliran

Koefisien pengaliran (C) merupakan perbandingan tebal aliran dengan tebal hujan. Untuk waktu yang sama, karakteristik fisik terutama jenis penggunaan lahan akan menentukan nilai C. Semakin banyak penutupan tanah oleh bangunan atau pengerasan maka nilai C semakin besar. Penentuan nilai C di daerah penelitian yang mempunyai beberapa jenis penggunaan lahan dilakukan dengan cara rata-rata timbang. Besarnya nilai koefisien pengaliran (C) yaitu 0,31.

3. Debit maksimum

Debit maksimum DAS Code dihitung menggunakan metode rasional. Parameter yang digunakan dalam rumus rasional adalah koefisien aliran (C), intensitas hujan (I), dan luas daerah tangkapan air (A). Debit maksimum DAS Code merupakan debit terbesar yang terjadi di daerah tersebut akibat adanya hujan yang jatuh pada periode ulang tertentu.

Debit maksimum di daerah penelitian dihitung berdasarkan periode ulang 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 tahun. Lama hujan dengan intensitas hujan tertentu sama dengan waktu konsentrasi, sehingga nilai intensitas hujan yang digunakan untuk menghitung debit maksimum DAS Code adalah nilai intensitas hujan dengan periode waktu tertentu. Hasil perhitungan debit maksimum DAS Code untuk masing-masing periode ulang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Debit Maksimum DAS Code Berdasarkan Periode Ulang

Periode Ulang (tahun)	R (maks)	I (mm/jam)	C	A (km ²)	Q (m ³ /dtk)
5	106,83	17,54	0,31	49,34	2.269,637
10	116,67	19,15	0,31	49,34	4.957,381
25	127,30	20,90	0,31	49,34	13.522,640
50	134,25	22,04	0,31	49,34	28.521,829
100	140,57	23,08	0,31	49,34	59.729,066
200	146,39	24,03	0,31	49,34	124.404,041

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

C. Prediksi Besar Probabilitas Banjir Sungai Code

1. Kapasitas saluran

Kapasitas saluran menunjukkan mampu tidaknya debit masukan untuk ditampung oleh saluran yang ada. Jika debit masukan mampu ditampung oleh saluran maka tidak terjadi banjir atau penggenangan, sebaliknya jika debit masukan yang ada tidak mampu ditampung seluruhnya oleh saluran maka terjadi banjir dan penggenangan di wilayah tersebut. Kapasitas sungai merupakan bentuk dari penampang sungai. Penampang sungai merupakan faktor utama untuk mengindikasikan apakah di daerah penelitian terjadi banjir

atau tidak.

Kapasitas maksimum saluran pada penelitian ini diambil di beberapa titik Sungai Code. Berdasarkan hasil perhitungan luas dan debit saluran, dapat diketahui bahwa saluran di Sungai Code memiliki luas penampang sebesar $43,4 \text{ m}^2$ dengan debit maksimum sebesar $41,23 \text{ m}^3/\text{detik}$.

2. Debit limpahan genangan

Debit limpahan genangan menunjukkan banyaknya debit masukan yang tidak dapat ditampung oleh faktor penampang sungai. Banyaknya debit yang melampaui tinggi muka air akan menjadi banjir atau genangan. Perhitungan debit limpahan genangan dilakukan dengan cara mengurangkan debit masukan dengan kapasitas saluran. Perhitungan debit limpahan genangan sebagai berikut:

$$S = Q_p - Q_s$$

dimana:

S : selisih antara debit masukan dengan kapasitas saluran

Q_p : debit masukan (m^3/detik)

Q_s : kapasitas saluran (m^3/detik)

Debit limpahan genangan di daerah penelitian dihitung berdasarkan pada periode waktu ulang 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 tahun. Hasil perhitungan debit limpahan genangan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Debit Genangan DAS Code Berdasarkan Beberapa Periode Ulang

Periode Ulang (tahun)	Probabilitas (%)	Debit Maksimum (m^3/dtk)	Kapasitas Saluran (m^3/dtk)	Debit Genangan (m^3/dtk)
5	20	2.269,637	41,23	2.228,40
10	10	4.957,381	41,23	4.916,15
25	4	13.522,640	41,23	13.481,41
50	2	28.521,829	41,23	28.480,59
100	1	59.729,066	41,23	59.687,83
200	0,5	124.404,041	41,23	124.362,81

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

3. Volume genangan

Volume genangan di daerah penelitian dihitung berdasarkan debit banjir yang dihitung pada kapasitas saluran di Sungai Code. Volume genangan ditentukan dengan mengalikan debit luapan genangan dengan periode waktu. Periode waktu yang digunakan adalah dalam periode satu jam untuk menentukan luas genangan dari volume luapan banjir. Debit rencana yang tidak mampu ditampung oleh kapasitas saluran akan menuruni lereng dan kemudian akan menjadi genangan dalam bentuk volume kemudian dikonversikan ke dalam satuan luas supaya dapat diketahui lokasi-lokasi daerah banjir yang terjadi di daerah penelitian. Hasil perhitungan volume genangan (luapan banjir) di DAS Code disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Volume Genangan di DAS Code Berdasarkan Beberapa Periode Ulang

Periode Ulang (tahun)	Volume Genangan (m ³)
5	8.022.265,2
10	17.698.143,6
25	48.533.076,0
50	102.530.156,4
100	214.876.209,6
200	447.706.119,6

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

D. Prediksi Daerah yang Rawan Banjir di Sungai Code

Langkah akhir dalam estimasi banjir adalah menghitung luas genangan di daerah sasaran banjir. Luas genangan diasumsikan dengan volume genangan pada sebuah cekungan. Volume genangan pada cekungan dianalogikan dengan rumus $V = 1/3$ (luas alas x tinggi). Dengan asumsi perhitungan volume genangan pada cekungan tersebut maka diperoleh hasil bahwa setiap $33,3 \times 10^4$ m³ volume yang menjadi genangan berarti mewakili 1 km² dari luasan daerah yang menjadi sasaran banjir.

Perhitungan luas genangan di daerah sasaran banjir dilakukan dengan cara mengkonversikan debit luapan pada masing-masing periode ulang dengan hasil perhitungan volume genangan pada cekungan. Hasil perhitungan luas genangan di daerah sasaran banjir disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Luas Genangan di Daerah Sasaran Banjir

Periode Ulang (tahun)	Luas Genangan (km ²)
5	24,09
10	53,14
25	145,74
50	307,89
100	645,27
200	1.344,46

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besarnya hujan maksimum yang terjadi di Sungai Code dapat diestimasi menggunakan Log Pearson Tipe III, diperoleh data hujan rencana untuk periode ulang 5 tahun (R_5) = 106,83 mm, periode ulang 10 tahun (R_{10}) = 116,67 mm, periode ulang 25 tahun (R_{25}) = 127,30 mm, periode ulang 50 tahun (R_{50}) = 134,25 mm, periode ulang 100 tahun (R_{100}) = 140,57 mm, dan periode ulang 200 tahun (R_{200}) = 146,39 mm.
2. Probabilitas banjir di Sungai Code dapat diprediksi dari besarnya debit maksimum yang disebabkan hujan rencana, untuk periode ulang 5 tahun (Q_5) = 2.269,637 m³/detik, periode ulang 10 tahun (Q_{10}) = 4.957,381 m³/detik, periode ulang 25 tahun (Q_{25}) = 13.522,640 m³/detik, periode ulang 50 tahun (Q_{50}) = 28.521,829 m³/detik, periode ulang 100 tahun (Q_{100}) = 59.729,066 m³/detik, dan periode ulang 200 tahun (Q_{200}) = 124.404,041 m³/detik.
3. Daerah yang rawan banjir di Sungai Code dapat diprediksi dari luas genangan daerah sasaran banjir, yang menunjukkan bahwa banjir akan terjadi pada semua periode ulang, yaitu 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 tahun. Genangan daerah sasaran banjir pada periode ulang 5 tahun seluas 24,09 km², periode ulang 10 tahun seluas 53,14 km², periode ulang 25 tahun seluas 145,74 km², periode ulang 50 tahun seluas 307,89 km², periode ulang 100 tahun seluas 645,27 km², dan periode ulang 200 tahun seluas 1.344,46 km².

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, dapat dirumuskan beberapa saran sebagai berikut:

1. Diperlukan data curah hujan yang lebih detail terutama untuk data intensitas hujan harian sehingga dalam melakukan estimasi debit maksimum dan perhitungan lainnya lebih mudah.

2. Pada penelitian sejenis, dalam menghitung intensitas hujan dapat menggunakan selain metode Mononobe karena metode ini digunakan jika data curah hujan jangka pendek tidak tersedia.
3. Pada penelitian sejenis, untuk menghitung debit maksimum khususnya menggunakan metode rasional maka faktor luas daerah aliran sungai harus lebih diperhatikan.
4. Hasil perhitungan koefisien aliran di daerah penelitian dapat digunakan untuk pengendalian penggunaan lahan yang dapat mendorong semakin besarnya koefisien aliran.
5. Perlu adanya partisipasi aktif dari masyarakat untuk memelihara dan tidak merusak lingkungan terutama jalur hijau untuk mengurangi limpasan permukaan yang dapat menyebabkan banjir genangan di daerah penelitian dan sekitarnya.
6. Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan pertimbangan rencana pembangunan daerah terutama dalam hal kebencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanto, Y., Marfai, M.A., dan Hadi, M.P. 2015. Pemodelan Bahaya Banjir dan Analisis Risiko Banjir, Studi Kasus: Kerusakan Tanggul Kanal Banjir Barat Jakarta Tahun 2013. *Majalah Geografi Indonesia* 29 (1): 95-110.
- Ari Nugroho. Banjir dan Longsor di DIY: Kali Oya Meluap, Begini Dampaknya. Dalam *www.jogja.tribunnews.com*, diakses pada tanggal 28 November 2017.
- Asdak, C. 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Bagus Kurniawan. Hujan Deras Tanpa Henti, Yogyakarta Banjir dan Talud Longsor. dalam *www.detiknews.com*, diakses pada tanggal 28 November 2017.
- Bambang Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta.
- Davie, T. 2012. *Fundamentals of Hydrology, Second Edition*. New York: Routledge.
- Edzan Raharjo. Sejumlah Jembatan Jebol Dihantam Banjir di Bantul. Dalam *www.detiknews.com*, diakses pada tanggal 30 November 2017.
- Kristian Erdianto. Dampak Siklon Cempaka Meluas, Korban Jiwa Mencapai 19 Orang. Dalam *www.kompas.com*, diakses pada tanggal 29 November 2017.
- Maryono, A. 2009. The Landuse Change Related to the Increase of Peak Discharge of Pengabuan Catchment Jambi Indonesia. *Indonesian Journal of Geography* 41 (1): 93-101.
- Miardini, A., Gunawan, T., dan Murti, S.H. 2016. Kajian Degradasi Lahan Sebagai Dasar Pengendalian Banjir di DAS Juwana. *Majalah Geografi Indonesia* 30 (2): 134-141.
- Subarkah, I. 1980. *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Sudarmadji. 1995. Perkembangan Daerah Perkotaan Ditinjau dari Aspek Hidrologi. *Forum Geografi* 9 (1).
- Sunarto dan Rahayu, L. 2006. Fenomena Bencana Alam di Indonesia. *Jurnal Kebencanaan Indonesia* 1 (1): 1-5
- Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda. 2006. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita

**Nilai Faktor Frekuensi K untuk Distribusi Log Pearson Type III
dengan 'Skewness' Positif**

Kala Ulang (tahun)						
Koef Skew	5	10	25	50	100	200
3,0	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970
2,9	0,440	1,195	2,227	3,134	4,013	4,904
2,8	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973	4,847
2,7	0,479	1,224	2,272	3,093	3,932	4,783
2,6	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718
2,5	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652
2,4	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800	4,584
2,3	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	4,515
2,2	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444
2,1	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	4,372
2,0	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1,9	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	4,223
1,8	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147
1,7	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069
1,6	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990
1,5	0,690	1,333	1,146	2,743	3,330	3,910
1,4	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,3	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745
1,2	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1,1	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1,0	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312
0,7	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,5	0,808	1,323	1,910	2,231	2,686	3,041
0,4	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949
0,3	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670
0,0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576

**Perhitungan Intensitas Hujan Untuk Hujan Rencana
Periode Ulang 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 tahun**

Diketahui bahwa hujan rencana untuk periode ulang 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 tahun adalah 106,83 mm, 116,67 mm, 127,30 mm, 134,25 mm, 140,57 mm, 146,39 mm dengan waktu konsentrasi 3 jam.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3}$$

- Intensitas hujan untuk hujan rencana 5 tahun

$$I = \frac{106,83}{24} \left(\frac{24}{3} \right)^{2/3}$$

$$= 17,53 \text{ mm/jam}$$

- Intensitas hujan untuk hujan rencana 10 tahun

$$I = \frac{116,67}{24} \left(\frac{24}{3} \right)^{2/3}$$

$$= 19,15 \text{ mm/jam}$$

- Intensitas hujan untuk hujan rencana 25 tahun

$$I = \frac{127,30}{24} \left(\frac{24}{3} \right)^{2/3}$$

$$= 20,89 \text{ mm/jam}$$

- Intensitas hujan untuk hujan rencana 50 tahun

$$I = \frac{134,25}{24} \left(\frac{24}{3} \right)^{2/3}$$

$$= 22,03 \text{ mm/jam}$$

- Intensitas hujan untuk hujan rencana 100 tahun

$$I = \frac{140,57}{24} \left(\frac{24}{3} \right)^{2/3}$$

$$= 23,07 \text{ mm/jam}$$

- Intensitas hujan untuk hujan rencana 200 tahun

$$I = \frac{146,39}{24} \left(\frac{24}{3} \right)^{2/3}$$

$$= 24,03 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan Koefisien Aliran di Daerah Penelitian

$$\begin{aligned} C &= \frac{C1.A1 + C2.A2 + C3.A3 + C4.A4}{A1 + A2 + A3 + A4} \\ &= \frac{23,91.0,22 + 24,54.0,4 + 0,03.0,8 + 0,87.0,35}{49,34} \\ &= \frac{5,26 + 9,81 + 0,02 + 0,30}{49,34} \\ &= \frac{15,391}{49,34} \\ &= 0,31 \end{aligned}$$

Perhitungan Debit Maksimum di DAS Code setiap periode ulang

$$Q = 0,2778 C I A$$

$$\begin{aligned} Q5 &= 0,2778 \times 0,31 \times 17,54 \times 49,34 \\ &= 2.269,637 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q10 &= 0,2778 \times 0,31 \times 19,15 \times 49,34 \\ &= 4.957,381 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q25 &= 0,2778 \times 0,31 \times 20,90 \times 49,34 \\ &= 13.522,640 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q50 &= 0,2778 \times 0,31 \times 22,04 \times 49,34 \\ &= 28.521,829 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q100 &= 0,2778 \times 0,31 \times 23,08 \times 49,34 \\ &= 59.729,066 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q200 &= 0,2778 \times 0,31 \times 24,03 \times 49,34 \\ &= 124.404,041 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Pengukuran Debit

Hari	Waktu Pengambilan data	Waktu			Kedalaman (cm)
		Timur	Tengah	Barat	
Jum'at, 9 Maret 2018	09.00-09.30	1'25"	1'5"	1'1"	220
		2'1"	1'4"	1'	
		2'	1'3"	1'27"	
		1'21"			
Sabtu, 17 Maret 2018	15.40-16.00	1'15"	1'12"	2'7"	200
		2'1"	1'13"	2'13"	
		2'7"	1'15"	2'19"	
Sabtu, 17 Maret 2018	17.00-17.30	1'57"	1'10"	1'59"	230
		1'45"	1'	1'55"	
		1'27"	54"	1'47"	
		1'10"	52"	1'33"	

Perhitungan Volume Luapan Banjir DAS Code

Diketahui bahwa debit genangan pada periode ulang 5 tahun sebesar $2.228,40 \text{ m}^3$, periode 10 tahun sebesar $4.916,15 \text{ m}^3$, periode 25 tahun sebesar $13.481,41 \text{ m}^3$, periode 50 tahun sebesar $28.480,00 \text{ m}^3$, periode 100 tahun sebesar $59.687,83 \text{ m}^3$, periode 200 tahun sebesar $124.362,81 \text{ m}^3$. Periode waktu hujan yang diasumsikan selama 1 jam = 3.600 detik.

Debit genangan x waktu hujan selama 1 jam (3.600 detik)

- Periode ulang 5 tahun
 $2.228,40 \text{ m}^3 \times 3.600 \text{ detik} = 8.022.265,2 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Periode ulang 10 tahun
 $4.916,15 \text{ m}^3 \times 3.600 \text{ detik} = 17.698.143,6 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Periode ulang 25 tahun
 $13.481,41 \text{ m}^3 \times 3.600 \text{ detik} = 48.533.076,0 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Periode ulang 50 tahun
 $28.480,00 \text{ m}^3 \times 3.600 \text{ detik} = 102.530.156,4 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Periode ulang 100 tahun
 $59.687,83 \text{ m}^3 \times 3.600 \text{ detik} = 214.876.209,6 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Periode ulang 200 tahun
 $124.362,81 \text{ m}^3 \times 3.600 \text{ detik} = 447.706.119,6 \text{ m}^3/\text{detik}$

Perhitungan Luas Genangan Banjir DAS Code

Diketahui bahwa volume genangan pada periode ulang 5 tahun sebesar 8.022.265,2 m³/detik, periode 10 tahun sebesar 17.698.143,6 m³/detik, periode 25 tahun sebesar 48.533.076,0 m³/detik, periode 50 tahun sebesar 102.530.156,4 m³/detik, periode 100 tahun sebesar 214.876.209,6 m³/detik, periode 200 tahun sebesar 447.706.119,6 m³/detik, dengan asumsi perhitungan volume cekungan tersebut maka diperoleh hasil bahwa setiap 33,3 10⁴m³ volume yang menjadi genangan berarti mewakili 1 km². Secara ringkas dapat diketahui bahwa volume genangan di bagi sebesar 333.000 maka hasilnya :

- Periode ulang 5 tahun
8.022.265,2 m³/detik : 333.000 = 24,09 km²
- Periode ulang 10 tahun
17.698.143,6 m³/detik : 333.000 = 53,14 km²
- Periode ulang 25 tahun
48.533.076,0 m³/detik : 333.000 = 145,74 km²
- Periode ulang 50 tahun
102.530.156,4 m³/detik : 333.000 = 307,89 km²
- Periode ulang 100 tahun
214.876.209,6 m³/detik : 333.000 = 645,27 km²
- Periode ulang 200 tahun
447.706.119,6 m³/detik : 333.000 = 1.344,46 km²

RISET GRUP

LAPORAN PENELITIAN *RESEARCH GROUP*
NAMA RISET GRUP: GEOGRAFI FISIK DAN LINGKUNGAN
TAHUN ANGGARAN 2019

JUDUL PENELITIAN:
KESIAPSIAGAAN MASYARAKAT DALAM ANTISIPASI BENCANA
BANJIR DI KECAMATAN IMOIRI KABUPATEN BANTUL



Oleh:

Dr. Suhadi Purwantara, M.Si.
Dr. Nurul Khotimah, M.Si.
Dr. Dyah Respati Suryo Sumunar, M.Si.
Arif Ashari, M.Sc.
Larasatri Nuansari, NIM 15405241008
Dera Galuh Parwanti, NIM 15405241039

FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
TAHUN 2019

Dibiayai oleh DIPA Universitas Negeri Yogyakarta dengan
Surat Perjanjian Penugasan dalam rangka Pelaksanaan
Program Research Group Tahun Anggaran 2019

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN *RESEARCH GROUP*

1. Judul Penelitian : Kesiapsiagaan Masyarakat dalam Antisipasi Bencana Banjir di Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul
2. Ketua Peneliti :
- a. Nama lengkap : Dr. Suhadi Purwantara, M.Si.
- b. Jabatan : Lektor Kepala
- c. Jurusan : Pend. Geografi - S1
- d. Alamat surat : Perumahan Kavling UII No.20 Jl. Kaliurang Km. 14 Yogyakarta
- e. Telepon : +6285226211591
- f. e-mail : suhadi_p@uny.ac.id
3. Nama Research Group : Geografi Fisik dan Lingkungan
4. Tim Peneliti :

No	Nama, Gelar	NIP	Bidang Keahlian
1.	Dr. Nurul Khotimah, M.Si.	19790613 200604 2 001	Geografi Lingkungan
2.	Dr. Dyah Respati Suryo Sumunar, M.Si.	19650225 200003 2 001	Geografi Teknik
3.	Arif Ashari, M.Sc.	11310860302467	Geografi Fisik

5. Mahasiswa yang terlibat :

No	Nama	NIM	Prodi
1.	Larasatri Nuansari	15405241008	Pend. Geografi
2.	Dera Galuh Parwanti	15405241039	Pend. Geografi

6. Lokasi Penelitian : Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul
7. Waktu Penelitian : 1 Februari 2019 s/d 30 Juli 2019
8. Dana yang diusulkan : Rp. 24.000.000,00



Prof. Dr. Ajat Sudrajat, M.Ag.
NIP 19620321 198903 1 001

Yogyakarta, 30 Juli 2019
Ketua Pelaksana

Dr. Suhadi Purwantara, M.Si.
NIP 19591129 198601 1 001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kesempatan kepada kami selaku Tim Peneliti untuk menyelesaikan Laporan Penelitian Research Group berjudul "Kesiapsiagaan Masyarakat dalam Antisipasi Bencana Banjir di Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul". Judul penelitian ini mengalami perubahan dari judul sebelumnya, yaitu "Kesiapsiagaan Sekolah dalam Menghadapi Banjir di Bantaran Sungai Code Kota Yogyakarta".

Laporan penelitian ini terselesaikan atas dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu kami menyampaikan terima kasih kepada Yth.:

1. Dekan FIS Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Ketua Jurusan Pendidikan Geografi FIS UNY.
3. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Pendidikan Geografi FIS UNY.
4. Semua pihak yang telah membantu dalam kegiatan penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Laporan penelitian ini masih belum sempurna, namun demikian besar harapan kami semoga laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat.

Yogyakarta, 30 Juli 2019

Ketua Tim Peneliti



Dr. Suhadi Purwantara, M.Si

NIP. 195911291986011001

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	1
HALAMAN PENGESAHAN	2
KATA PENGANTAR	3
DAFTAR ISI	4
DAFTAR TABEL	5
DAFTAR GAMBAR	6
ABSTRAK	7
BAB I. PENDAHULUAN	8
A. Latar Belakang Masalah	8
B. Identifikasi Masalah	10
C. Pembatasan Masalah	11
D. Rumusan Masalah	11
E. Tujuan Penelitian	11
F. Manfaat Penelitian	13
G. Roadmap Penelitian	13
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	15
A. Landasan Teori	15
B. Kerangka Pemikiran	22
BAB III. METODE PENELITIAN	23
A. Desain Penelitian	23
B. Tempat dan Waktu Penelitian	23
C. Variabel Penelitian	23
D. Populasi dan Sampel	23
E. Teknik Pengumpulan Data	25
F. Teknik Analisis Data	26
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	28
A. Kesiapsiagaan Masyarakat Terdampak Banjir di Kecamatan Imogiri dalam Antisipasi Bencana Banjir	28
B. Upaya yang Dilakukan Masyarakat Terdampak Banjir di Kecamatan Imogiri Guna Meningkatkan Kesiapsiagaan dalam Antisipasi Bencana Banjir	31
BAB V. PENUTUP	34
A. Kesimpulan	34
B. Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. <i>Framework</i> Kesiapsiagaan Masyarakat dalam Menghadapi Bencana Banjir	20
Tabel 2. Distribusi Sampel Penelitian di Kecamatan Imogiri Menurut Desa/Dusun	23
Tabel 3. Nilai Indeks Kesiapsiagaan per Parameter	28
Tabel 4. Kategori Tingkat Kesiapsiagaan Berdasarkan Nilai Indeks	29

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema Kerangka Pikir Penelitian	22

KESIAPSIAGAAN MASYARAKAT DALAM ANTISIPASI BENCANA BANJIR DI KECAMATAN IMOIRI KABUPATEN BANTUL

Oleh:

Suhadi Purwantara¹, Nurul Khotimah²,
Dyah Respati Suryo Sumunar³, Arif Ashari⁴,
Jurusan Pendidikan Geografi FIS UNY^{1,2,3,4}

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Menganalisis kesiapsiagaan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri dalam antisipasi bencana banjir, dan (2) Mengetahui upaya yang dilakukan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri guna meningkatkan kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir. Desain penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif. Tempat penelitian yaitu daerah terdampak bencana banjir di Kecamatan Imogiri. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari s/d Juli 2019. Variabel dalam penelitian ini adalah: (1) kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir, yang dilihat dari indikator: (a) pengetahuan dan sikap, (b) rencana tanggap darurat, (c) sistem peringatan bencana, dan (d) mobilisasi sumberdaya, serta (2) upaya yang dilakukan masyarakat dalam meningkatkan kesiapsiagaan untuk antisipasi bencana banjir. Populasi penelitian adalah masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul, yang dijadikan unit analisis penelitian. Sampel penelitian ditentukan secara kuota yaitu sejumlah 150 orang kepala keluarga, yang selanjutnya didistribusikan secara *proportional* pada desa/dusun yang terdampak banjir. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi. Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian adalah: (1) Kesiapsiagaan masyarakat di Kecamatan Imogiri termasuk dalam kategori “hampir siap” dalam antisipasi bencana banjir berdasarkan indeks kesiapsiagaan. Kurangnya kesiapsiagaan masyarakat karena kurang siapnya aspek rencana tanggap darurat dan sistem peringatan bencana dilihat dari ketersediaan berbagai kelengkapan kesiapsiagaan bencana yang masih terbatas, seperti posko kebencanaan, tenda darurat, tempat evakuasi, dan alat peringatan dini. (2) Upaya yang perlu dilakukan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri guna meningkatkan kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir adalah (a) Mengurangi ancaman, dengan pengerukan drainase, memperbanyak kawasan terbuka hijau, dan sosialisasi, (b) mengurangi kerentanan, dengan menyediakan informasi, menyediakan program asuransi bagi petani, membuat kebijakan, dan membangun dan memperbaiki bangunan tanggul, (c) meningkatkan kapasitas, dengan: membangun OPRB tingkat desa, pengadaan sistem peringatan dini, melakukan sosialisasi kebencanaan, membuat aturan, membuat dan menambah petunjuk evakuasi, menyediakan dana alokasi khusus, cadangan logistik, dan mekanisme antisipasi, serta memperbaiki bangunan pengendali banjir.

Kata kunci: Kesiapsiagaan, Masyarakat, Bencana, Banjir

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Banjir didefinisikan sebagai peristiwa meluapnya air sungai dari batas tebing sungai sebagai akibat naiknya debit air sungai dalam waktu relatif pendek (Djojosoeharto 1970, dalam Widiastuti 2002). Besarnya banjir yang terjadi di suatu daerah tergantung dari beberapa faktor penyebab banjir, yaitu curah hujan, kemiringan lereng, penggunaan lahan, infiltrasi tanah dan kerapatan aliran yang saling berinteraksi di dalam Daerah Aliran Sungai (DAS). DAS adalah suatu wilayah dataran yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama (Kodoatie dan Sugiyanto 2002, dalam Wulandari 2010).

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang terjadi di Kota Yogyakarta pada saat musim penghujan. Faktor utama penyebab banjir adalah terjadinya hujan dengan intensitas tinggi di Kota Yogyakarta dan di hulu Sungai Code, yaitu di wilayah Merapi. Tingginya curah hujan dan pendangkalan yang terjadi di sepanjang aliran Sungai Code menyebabkan wilayah Kota Yogyakarta rentan terhadap bencana banjir. Banjir yang terjadi di bantaran Sungai Code Kota Yogyakarta dapat menimbulkan kerugian.

Kerugian yang terjadi akibat banjir dapat berupa kerugian material maupun kerugian nonmaterial. Kerugian material berupa rusak dan hilangnya harta benda, rusaknya lahan pertanian yang mengakibatkan gagal panen, rusaknya bangunan dan fasilitas infrastruktur, serta rusaknya lingkungan. Kerugian nonmaterial berupa gangguan psikologis pada masyarakat terdampak maupun hilangnya kesempatan anak-anak untuk belajar di sekolah karena genangan banjir. Kondisi wilayah Kota Yogyakarta yang rentan banjir menuntut semua elemen masyarakat, termasuk sekolah untuk ikut berperan dalam kesiapsiagaan menghadapi bencana banjir. Komunitas sekolah, meliputi guru, karyawan, dan siswa merupakan *agent of change* yang potensial untuk

menyebarkan pengetahuan tentang fenomena banjir serta memotivasi masyarakat di sekitarnya untuk meningkatkan kesiapsiagaan agar dapat mengurangi risiko bencana.

Berdasarkan hasil observasi pra-lapangan, diketahui bahwa sekolah yang berada di Bantaran Sungai Code Kota Yogyakarta belum pernah terpapar banjir sehingga dapat dikatakan tidak rawan banjir. Mengacu pada kondisi tersebut, maka penelitian ini mengalami perubahan kajian, yang semula kajian kesiapsiagaan sekolah dalam menghadapi banjir di Bantaran Sungai Code Kota Yogyakarta diganti menjadi kajian kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi banjir dengan mengganti lokasi penelitian di Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul.

Bencana banjir pernah terjadi di Sub Daerah Aliran Sungai Celeng pada 17 Januari 2012 sebagai akibat dari kiriman air deras dari perbukitan di wilayah Imogiri dan Dlingo. Sungai Celeng meluap dan merendam 4 (empat) dusun di Desa Wukirsari, Kecamatan Imogiri. Luapan air sungai itu sempat merendam kantor Kepolisian Sektor Imogiri dan memutus akses jalan menuju pemakaman Raja Mataram di Wukirsari atau di dekat Jembatan Celeng (Koran Tempo, 20 Januari 2012).

Menurut catatan Pusat Peringatan Dini Siklon Tropis, pada Senin tanggal 27 November 2017 pukul 19.00 WIB telah terdeteksi Badai Cempaka yang merupakan siklon tropis yang tumbuh di perairan dekat pesisir selatan Pulau Jawa. Badai ini mengakibatkan hujan lebat di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta hampir selama 2 x 24 jam. Akibatnya beberapa sungai di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta meluap dan mengakibatkan banjir di beberapa wilayah, terutama di wilayah Kecamatan Imogiri akibat meluapnya Sungai Opak-Oyo. Kejadian ini terulang pada tanggal 17 Maret 2019, akibat badai magnetik, terjadi hujan deras hampir selama 24 jam, hal ini mengakibatkan banjir di wilayah Kecamatan Imogiri, salah satunya akibat meluapnya Sub DAS Celeng.

Sebanyak 579 kepala keluarga (KK) di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) terdampak bencana tanah longsor, banjir, dan angin kencang akibat

cuaca ekstrem yang dipicu fenomena siklon tropis Cempaka. Dari 579 KK terdampak bencana yang tercatat di Pusdalop BPBD DIY, sebagian besar ada di Kabupaten Gunung Kidul mencapai 513 KK akibat bencana banjir, disusul Kabupaten Bantul 34 KK, dan Kota Yogyakarta 32 KK. Sebagian besar warga terdampak tinggal di bantaran sungai. Berdasarkan data BPBD DIY, cuaca ekstrem yang dipicu siklon tropis Cempaka selama dua hari mengakibatkan 114 titik bencana di lima kabupaten/kota di DIY. Dari 114 titik bencana, yang paling mendominasi adalah bencana angin kencang sebanyak 68 titik yang teridentifikasi di Kabupaten Bantul 32 titik, Kulon Progo 12 titik, dan Gunung Kidul 24 titik (Republika.co.id, 29 November 2017).

Hujan dengan intensitas tinggi dan berlangsung seharian pada Minggu (17/3/2019) juga telah menyebabkan banjir di sejumlah wilayah di DIY. Banjir terparah terjadi di wilayah Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul. Beberapa lokasi di Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul juga mengalami longsor akibat hujan deras. Sejumlah warga yang terkena banjir mengungsi ke lokasi yang lebih aman. Sebagian wilayah Kecamatan Imogiri yang mengalami banjir tahun 2019 hampir sama dengan yang terjadi saat badai Siklon Cempaka yang melanda kawasan DIY pada tahun 2017 (HarianJogja.com, 17 Maret 2019).

Banjir yang terjadi di wilayah Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul akibat meluapnya Sungai Celeng dan Sungai Opak-Oyo dapat menimbulkan kerugian. Kerugian yang terjadi akibat banjir dapat berupa kerugian material maupun kerugian nonmaterial. Kerugian material berupa rusak dan hilangnya harta benda, rusaknya lahan pertanian yang mengakibatkan gagal panen, rusaknya bangunan dan fasilitas infrastruktur, serta rusaknya lingkungan. Kerugian nonmaterial berupa gangguan psikologis pada masyarakat terdampak maupun hilangnya kesempatan anak-anak untuk belajar di masyarakat karena genangan banjir.

Kondisi wilayah Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul yang rentan banjir menuntut semua elemen masyarakat untuk ikut berperan dalam kesiapsiagaan untuk antisipasi bencana banjir. Pendekatan pendidikan bencana

akan mempengaruhi kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir. Masyarakat meliputi perangkat desa/dusun, RT/RW, keluarga dan anggota masyarakat merupakan *agent of change* yang potensial untuk menyebarkan pengetahuan tentang fenomena banjir serta memotivasi masyarakat di sekitarnya untuk meningkatkan kesiapsiagaan agar dapat mengurangi risiko bencana. Pengetahuan yang dimiliki oleh masyarakat akan menentukan rencana tanggap darurat, sistem peringatan bencana, dan mobilisasi sumberdaya yang dilakukan. Kebijakan dan panduan yang dimiliki masyarakat diharapkan juga akan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terdampak dalam antisipasi bencana banjir.

Penyiapan lingkungan dengan kegiatan kesiapsiagaan bencana banjir sebaiknya dapat dilakukan secara kontinu. Masyarakat terdampak perlu diberikan pengetahuan untuk mengenali fenomena alam yang harus diwaspadai. Selain itu masyarakat terdampak juga harus memperoleh sosialisasi tentang perilaku manusia yang dapat menyebabkan terjadinya banjir, sehingga diharapkan masyarakat dapat berperan penting dalam menyiapkan diri untuk kesiapsiagaan terhadap bencana banjir. Dengan diketahuinya upaya-upaya yang telah dilakukan masyarakat terdampak dalam meningkatkan kesiapsiagaan untuk antisipasi bencana banjir diharapkan dapat meminimalisir korban jiwa, kerusakan infrastruktur, dan kerugian lainnya.

B. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang masalah, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Kecamatan Imogiri termasuk ke dalam wilayah rentan bencana banjir.
2. Banjir yang terjadi di Kecamatan Imogiri telah menimbulkan kerugian di bidang ekonomi, kerusakan fisik, dan lingkungan.
3. Belum diketahuinya kesiapsiagaan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri dalam antisipasi bencana banjir.

4. Belum diketahuinya upaya masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri untuk meningkatkan kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir.

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, maka perlu adanya pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Belum diketahuinya kesiapsiagaan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri dalam antisipasi bencana banjir.
2. Belum diketahuinya upaya masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri untuk meningkatkan kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir.

D. Rumusan Masalah

Dari batasan masalah di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana kesiapsiagaan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri dalam antisipasi bencana banjir?
2. Apa saja upaya yang dilakukan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri untuk meningkatkan kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis kesiapsiagaan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri dalam antisipasi bencana banjir.
2. Mengetahui upaya yang dilakukan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri guna meningkatkan kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan pada bidang geografi terutama pada bidang kajian geografi kebencanaan.
 - b. Dapat digunakan sebagai referensi bagi penelitian sejenis terutama tentang kesiapsiagaan bencana.
2. Manfaat Praktis
 - a. Dapat memberikan informasi tentang kesiapsiagaan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri dalam antisipasi bencana banjir.
 - b. Dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang tindakan yang tepat untuk dilakukan dalam rangka meningkatkan kesiapsiagaan untuk antisipasi bencana banjir.
 - c. Dapat menjadi sumber pertimbangan bagi pemerintah untuk menentukan upaya peningkatan kesiapsiagaan bencana lebih lanjut guna meminimalisir korban maupun kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh bencana banjir.

G. Roadmap Penelitian

Penelitian sebelumnya terkait penelitian yang diusulkan adalah penelitian tentang “Analisis Kerentanan Banjir dan Penanggulangan Bencana di Daerah Aliran Sungai Code Kota Yogyakarta” yang dilakukan oleh Nurhadi, Dyah Respati Suryo Sumunar, dan Nurul Khotimah (Jurnal Penelitian Saintek, Oktober 2016). Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah di bantaran Sungai Code yang memiliki tingkat kerentanan banjir kategori “sedang” adalah wilayah Cokrodiningratan dan Gowongan, sedangkan wilayah dengan tingkat kerentanan banjir kategori “rentan” adalah wilayah Sosromenduran, Suryatmajan, Prawirodirjan, Keparakan, Brontokusuman, dan Sorosutan. Arah penanggulangan banjir dengan perencanaan revitalisasi kawasan permukiman Sungai Code agar lebih terarah dan aman dari bencana, yaitu melalui revitalisasi vertikal dan horizontal.

Pada tahun 2018 telah dilakukan penelitian tentang “Estimasi Wilayah Terdampak Banjir di Sepanjang Aliran Sungai Code” yang dilakukan oleh Suhadi Purwantara, Nurul Khotimah, Dyah Respati Suryo Sumunar, Arif Ashari (Laporan Penelitian Research Group FIS UNY, 2018). Penelitian ini merupakan pengembangan penelitian sebelumnya, wilayah yang diteliti tidak hanya Sungai Code di Kota Yogyakarta, tetapi Sungai Code dari Kabupaten Sleman yang melewati Kota Yogyakarta hingga outletnya di Kabupaten Bantul. Hasil penelitian ini adalah: (1) besarnya hujan maksimum di Sungai Code yang diestimasi menggunakan Log Pearson Tipe III, diperoleh data hujan rencana dengan periode ulang $R5 = 106,83$ mm, $R10 = 116,67$ mm, $R25 = 127,30$ mm, $R50 = 134,25$ mm, $R100 = 140,57$ mm, dan $R200 = 146,39$ mm, (2) probabilitas banjir di Sungai Code yang diprediksi dari besarnya debit maksimum yang disebabkan hujan rencana, untuk periode ulang $Q5 = 2.269,637$ m³/detik, $Q10 = 4.957,381$ m³/detik, $Q25 = 13.522,640$ m³/detik, $Q50 = 28.521,829$ m³/detik, $Q100 = 59.729,066$ m³/detik, dan $Q200 = 124.404,041$ m³/detik, (3) daerah rawan banjir di Sungai Code yang diprediksi dari luas genangan daerah sasaran banjir memperlihatkan bahwa banjir akan terjadi pada semua periode ulang, yaitu 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 tahun. Genangan daerah sasaran banjir pada periode ulang 5 tahun seluas 24,09 km², periode ulang 10 tahun seluas 53,14 km², periode ulang 25 tahun seluas 145,74 km², periode ulang 50 tahun seluas 307,89 km², periode ulang 100 tahun seluas 645,27 km², dan periode ulang 200 tahun seluas 1.344,46 km².

Pada tahun 2019 dilakukan penelitian tentang “Kesiapsiagaan Masyarakat dalam Antisipasi Bencana Banjir di Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul”. Penelitian ini merupakan pengembangan 2 (dua) penelitian sebelumnya, wilayah yang diteliti adalah Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah: (1) untuk menganalisis kesiapsiagaan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri dalam antisipasi bencana banjir, dan (2) untuk mengetahui upaya yang dilakukan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri guna meningkatkan kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Kajian Bencana

Menurut Pasal 1 Ayat 1 Undang-Undang Republik Indonesia No. 24 Tahun 2007, bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Dari pengertian tersebut, bencana dapat diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu bencana alam, bencana nonalam, dan bencana sosial.

Banjir yang menjadi fokus penelitian ini dapat menjadi suatu bencana apabila fenomena tersebut menimbulkan kerugian dan kerusakan. Berdasarkan jenis bencana, banjir termasuk dalam klasifikasi bencana alam. Hal ini sesuai dengan definisi yang ada di Pasal 1 Ayat 2 Undang-Undang Republik Indonesia No. 24 Tahun 2007, yang menyebutkan bahwa bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam, antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Bencana alam akibat banjir yang umumnya terjadi secara tiba-tiba dapat menimbulkan dampak besar bagi manusia, baik korban jiwa, kerusakan infrastruktur, kerugian harta benda, maupun trauma psikologis. Oleh karena itu penting adanya kesiapsiagaan masyarakat dalamantisipasi bencana banjir.

2. Kajian Banjir

Banjir adalah meningkatnya jumlah air yang ada di dalam sumber air sehingga meluap dan menggenangi daratan di sekitarnya (Amsyari, 1981). Secara umum faktor penyebab terjadinya banjir dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) kategori, yaitu (a) banjir yang disebabkan oleh faktor alam, dan (b)

banjir yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Penyebab banjir karena faktor alam adalah curah hujan, pengaruh fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas sungai, kapasitas drainase yang tidak memadai, dan pengaruh air pasang, sedangkan penyebab banjir karena aktivitas manusia adalah perubahan kondisi daerah pengaliran sungai, kawasan kumuh, sampah, drainase lahan, kerusakan bangunan pengendali banjir, dan tidak tepatnya perencanaan pengendalian banjir (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002).

Bencana banjir dapat menimbulkan kerugian, baik secara langsung maupun tidak langsung. Kerugian yang ditimbulkan secara langsung adalah robohnya gedung masyarakat, rusaknya sarana prasarana, dan sebagainya. Kerugian secara tidak langsung adalah kerusakan di bidang pendidikan, terganggunya aktivitas belajar mengajar dan sebagainya. Oleh karena itu diperlukan adanya kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi banjir untuk meminimalisir kerugian yang diakibatkan oleh banjir.

3. Kajian Kerentanan

Kerentanan terkait dengan kemampuan masyarakat untuk melindungi dan menanggulangi komunitas masyarakat dari dampak bencana. Kerentanan terhadap banjir dihadapi masyarakat yang berada di daerah dataran banjir atau daerah yang lebih rendah daripada daerah aliran sungai. Kondisi bangunan atau infrastruktur di sekitar daerah aliran sungai secara tidak langsung juga menjadi faktor kerentanan lingkungan terhadap bahaya banjir (Wesnawa dan Christiawan, 2014). Semakin banyak jumlah masyarakat yang berada di daerah dataran banjir maka tingkat kerentanan terhadap bahaya banjir akan semakin tinggi. Upaya memperkecil tingkat kerentanan banjir perlu dilakukan untuk mengurangi risiko bencana.

4. Kajian Kapasitas

Kapasitas adalah elemen penting untuk mengurangi risiko bencana. Peningkatan kapasitas dapat dilakukan melalui penyebaran informasi kebencanaan. Penyebarluasan informasi kebencanaan memiliki potensi sangat

besar untuk meningkatkan kapasitas dalam menghadapi bencana, khususnya dari aspek kesiapsiagaan (Ritohardoyo, dkk., 2014). Peraturan Kepala BNPB No. 2 Tahun 2012 menyebutkan beberapa indikator yang dapat digunakan untuk menganalisis kapasitas, antara lain: (a) keberadaan organisasi penanggulangan bencana, (b) keberadaan dan jenis sistem peringatan dini (*early warning system*), (c) keberadaan sosialisasi kebencanaan, (d) keberadaan dan jenis pengurangan faktor risiko dasar, dan (e) pembangunan kesiapsiagaan. Hasil penelitian Nursa'ban, dkk., (2013) menyebutkan bahwa peningkatan kapasitas terhadap bencana banjir dapat dilakukan dengan memperhatikan: (a) keberadaan organisasi penanggulangan bencana (OPRB, BPBD, SAR), (b) kearifan lokal, (c) sistem peringatan dini, (d) jalur evakuasi, (e) petunjuk evakuasi, (f) lokasi evakuasi, dan (g) morfologi penyelamat berupa bukit atau menara.

5. Kajian Risiko

Risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta dan gangguan kegiatan masyarakat (Pasal 1 Ayat 17 Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007). Risiko bencana dipengaruhi oleh 3 (tiga) faktor, yaitu (a) ancaman, (b) kerentanan, dan (c) kapasitas.

6. Kajian Pengurangan Risiko

Pengurangan risiko bencana adalah kegiatan pengurangan ancaman dan kerentanan serta peningkatan kapasitas dalam menghadapi bencana. Beberapa kegiatan yang dapat dilakukan untuk pengurangan risiko bencana, antara lain: (a) pengenalan dan pemantauan risiko bencana, (b) perencanaan partisipatif penanggulangan bencana, (c) pengembangan budaya sadar bencana, (d) peningkatan komitmen terhadap perilaku penanggulangan bencana, dan (e)

penerapan upaya fisik, nonfisik, dan pengaturan penanggulangan bencana (Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008).

Pengurangan risiko bencana di Indonesia dituangkan dalam rencana aksi nasional dengan 5 (lima) prioritas, antara lain: (a) memasukkan pengurangan risiko bencana ke dalam kebijakan prioritas nasional dan daerah, (b) mengidentifikasi, menilai, dan memantau risiko bencana serta meningkatkan sistem peringatan dini, (c) membangun budaya keselamatan dan ketahanan di semua tingkat pemerintahan dan masyarakat melalui pengetahuan, inovasi, dan pendidikan, (d) mengurangi faktor-faktor risiko, dan (e) memperkuat kesiapsiagaan bencana untuk respons yang efektif di semua tingkatan (Kusumasari, 2014).

Pengurangan risiko bencana banjir dapat dilakukan dengan beberapa kegiatan atau program, antara lain: (a) membuat peraturan khusus dalam mendirikan bangunan, (b) mendirikan pusat informasi kebencanaan, (c) adanya partisipasi masyarakat dalam kegiatan penyuluhan bencana, (d) penyusunan kurikulum bencana di masyarakat, dan (e) membangun kembali kearifan lokal masyarakat (Wahyuni, dkk., 2015).

7. Kajian Kesiapsiagaan

Kesiapsiagaan adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi bencana melalui pengorganisasian serta melalui langkah yang tepat guna dan berdaya guna (Pasal 1 Ayat 7 Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007). Kesiapsiagaan merupakan tahapan awal manajemen bencana, sebelum mitigasi (*mitigation*), tanggap darurat (*respons*), dan rehabilitasi/pemulihan (*rehabilitation/recovery*). Kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bencana banjir perlu dipersiapkan oleh komunitas masyarakat (pamong desa/dusun, RT/RW, keluarga), karena masing-masing memiliki peran berbeda sehingga harus bekerjasama untuk mencapai kesiapsiagaan secara menyeluruh.

Krishna (2008) menyebutkan beberapa hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana, antara lain: (a)

pelatihan mengenai bagaimana menyelamatkan diri dan orang lain di sekitar saat terjadi bencana, (b) koordinasi dengan pihak terkait, siapa melakukan apa saat kondisi darurat, serta upaya evakuasi ke tempat aman, (c) menyiapkan perlengkapan darurat saat terjadi bencana, (d) bagaimana memberikan pertolongan pertama pada orang yang terluka saat terjadi bencana, dan (e) upaya yang dilakukan untuk pemulihan secara cepat, terutama pemulihan mental.

8. Indikator Penilaian Kesiapsiagaan

Indikator untuk menilai kesiapsiagaan terhadap bencana dapat mengacu pada LIPI UNESCO/ISDR (2006), meliputi variabel:

a. Pengetahuan dan sikap

Pengetahuan merupakan faktor utama untuk menilai kesiapsiagaan terhadap bencana. Pengetahuan akan mempengaruhi sikap dan kepedulian dalam menghadapi bencana.

b. Kebijakan

Kebijakan tentang kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana merupakan upaya konkrit untuk melaksanakan kegiatan siaga bencana.

c. Rencana tanggap darurat

Rencana tanggap darurat menjadi bagian penting kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana, terutama berkaitan dengan evakuasi serta pertolongan dan penyelamatan agar korban bencana dapat diminimalkan.

d. Sistem peringatan bencana

Sistem peringatan bencana meliputi tanda peringatan dan distribusi informasi akan terjadinya bencana sehingga masyarakat dapat melakukan tindakan yang tepat untuk mengurangi korban jiwa, kerugian harta benda dan kerusakan infrastruktur.

e. Mobilisasi sumberdaya

Sumberdaya yang tersedia, baik sumberdaya manusia, pendanaan maupun sarana prasarana dapat menjadi potensi atau sebaliknya menjadi kendala dalam kesiapsiagaan menghadapi bencana.

Dalam penelitian ini hanya akan menggunakan 4 (empat) indikator untuk menilai kesiapsiagaan terhadap bencana banjir, antara lain pengetahuan dan sikap, rencana tanggap darurat, sistem peringatan bencana, dan mobilisasi sumberdaya.

Tabel 1. *Framework* Kesiapsiagaan Masyarakat dalam Menghadapi Bencana Banjir

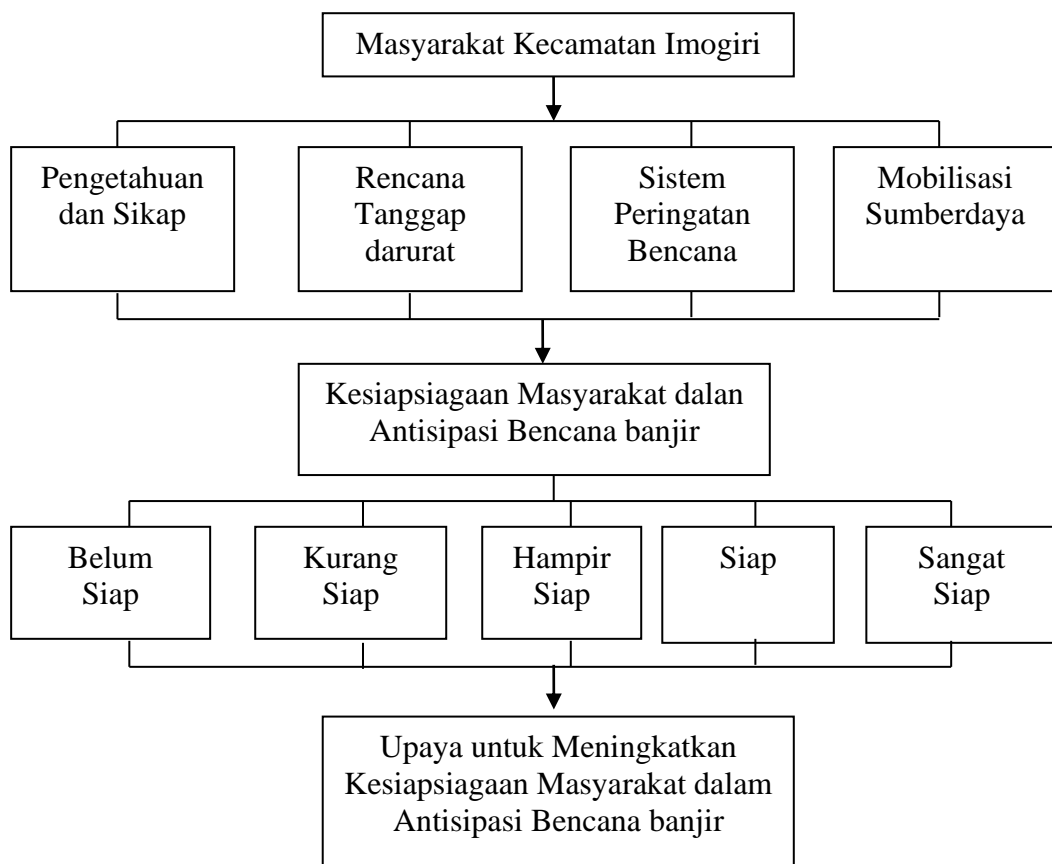
Variabel	Indikator	Sub Indikator
Pengetahuan dan sikap	Pengetahuan	<ul style="list-style-type: none"> • pengertian tentang bencana banjir • pengetahuan tentang penyebab dan tanda-tanda terjadinya banjir • pengetahuan tentang kerentanan wilayah terhadap bencana banjir • sumber informasi bencana banjir
	Sikap	<ul style="list-style-type: none"> • motivasi dalam antisipasi bencana banjir
Rencana tanggap darurat	Rencana merespon keadaan darurat	<ul style="list-style-type: none"> • rencana keluarga dalam kondisi darurat • tindakan yang dilakukan apabila ada tanda-tanda kondisi darurat
	Rencana evakuasi	<ul style="list-style-type: none"> • tersedianya tempat pengungsian sementara dalam kondisi darurat • tersedianya jalur evakuasi dan tempat berkumpulnya keluarga dalam kondisi darurat • tersedianya lokasi evakuasi dalam kondisi darurat yang mudah dijangkau
	Pertolongan pertama, penyelamatan, keselamatan dan keamanan	<ul style="list-style-type: none"> • tersedianya obat-obatan untuk pertolongan pertama saat kondisi darurat
	Ketersediaan kebutuhan pokok	<ul style="list-style-type: none"> • tersedianya kebutuhan pokok (makanan, minuman, dll) saat kondisi darurat • tersedianya alat komunikasi alternatif dalam keluarga (kentongan, HT, dll) saat kondisi darurat • tersedianya alat penerangan alternatif dalam keluarga (senter, lampu <i>emergency</i>, genset, dll) saat kondisi darurat

Variabel	Indikator	Sub Indikator
	Ketersediaan peralatan dan perlengkapan evakuasi	<ul style="list-style-type: none"> • keluarga setuju menyiapkan perlengkapan siaga saat kondisi darurat • tersedianya perlengkapan dan peralatan dalam kondisi darurat
	Fasilitas penting untuk keadaan darurat	<ul style="list-style-type: none"> • adanya nomor telepon penting dalam kondisi darurat (Rumah Sakit/Puskesmas terdekat, Badan Penanggulangan Bencana Daerah, Kantor Polisi, Balai Desa, PLN, dll) • adanya akses untuk fasilitas penting dalam kondisi darurat (RS/Puskesmas, BPBD, Kantor Polisi, Balai Desa, PLN, dll)
	Penyuluhan dan simulasi	<ul style="list-style-type: none"> • adanya anggota keluarga yang mengikuti penyuluhan atau simulasi untuk kondisi darurat • frekuensi penyuluhan atau simulasi untuk kondisi darurat adanya akses untuk mendapatkan penyuluhan atau simulasi untuk kondisi darurat • partisipasi keluarga dalam penyuluhan atau simulasi untuk kondisi darurat
Sistem peringatan bencana	Tradisional	<ul style="list-style-type: none"> • keluarga memiliki sumber informasi untuk peringatan bencana secara tradisional (kentongan)
	Teknologi	<ul style="list-style-type: none"> • keluarga memiliki sumber informasi untuk peringatan bencana yang berbasis teknologi
	Akses peringatan	<ul style="list-style-type: none"> • adanya akses untuk mendapatkan informasi peringatan bencana
Mobilisasi sumberdaya	Sumber Daya Manusia (SDM)	<ul style="list-style-type: none"> • pemahaman tentang kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir • keterampilan anggota keluarga untuk kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir • tersedianya alat transportasi untuk mobilisasi anggota keluarga
	Dana	<ul style="list-style-type: none"> • alokasi dana untuk kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir

Sumber: Kajian Kesiapsiagaan Masyarakat Kerjasama LIPI-UNESCO/ISDR, 2006 yang dimodifikasi.

B. Kerangka Pemikiran

Kecamatan Imogiri merupakan salah satu wilayah administratif di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta yang rawan mengalami bencana banjir. Wilayah ini dilalui oleh aliran Sungai Celeng, Sungai Opak-Oyo yang pada saat musim penghujan seringkali meluap dan membanjiri kawasan di bantaran sungai. Melihat dampak bencana banjir dapat menimbulkan korban jiwa, kerugian harta benda, dan kerusakan infrastruktur, maka masyarakat yang berada di bantaran sungai tersebut perlu meningkatkan kesiapsiagaan. Kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir dalam penelitian ini dapat dilihat dengan menggunakan variabel pengetahuan dan sikap, rencana tanggap darurat, sistem peringatan bencana, dan mobilisasi sumberdaya. Dengan diketahuinya upaya-upaya yang telah dilakukan masyarakat dalam meningkatkan kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir diharapkan dapat meminimalisir korban jiwa, kerugian harta benda, dan kerusakan infrastruktur.



Gambar 1. Skema Kerangka Pikir Penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Penelitian ini berusaha untuk menjelaskan kesiapsiagaan masyarakat di Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul dalam antisipasi bencana banjir serta menggambarkan upaya apa yang perlu dilakukan masyarakat untuk meningkatkan kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana tersebut.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2019 sampai dengan bulan Juli 2019. Lokasi penelitian adalah di masyarakat Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul.

C. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini adalah: (1) kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir, yang dilihat dari indikator: (a) pengetahuan dan sikap, (b) rencana tanggap darurat, (c) sistem peringatan bencana, dan (d) mobilisasi sumberdaya, serta (2) upaya-upaya yang dilakukan masyarakat dalam meningkatkan kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir.

D. Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini adalah seluruh masyarakat di Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul yang terdampak bencana banjir. Dalam penelitian ini yang menjadi responden penelitian adalah kepala keluarga. Sampel kepala keluarga ditentukan secara kuota sejumlah 150 orang yang selanjutnya didistribusikan secara *proportional* di masing-masing desa/dusun yang terdampak banjir. Sampel kepala keluarga kemudian diambil secara acak atau random di masing-masing dusun.

Tabel 2. Distribusi Sampel Penelitian di Kecamatan Imogiri Menurut Desa/Dusun

No	Desa	Dusun	Jumlah Sampel
1	Desa Imogiri		$\frac{2}{41} \times 150 = 7$ orang
		Dusun Kerten	4 orang
		Dusun Paduresan	3 orang
2	Desa Wukirsari		$\frac{6}{41} \times 150 = 22$ orang
		Dusun Tilaman	4 orang
		Dusun Pundung	4 orang
		Dusun Karangkulon	4 orang
		Dusun Nogosari 1	4 orang
		Dusun Nogosari 2	3 orang
		Dusun Gedungbuwen	3 orang
3	Desa Kebonagung		$\frac{3}{41} \times 150 = 11$ orang
		Dusun Kanten	4 orang
		Dusun Jayan	4 orang
		Dusun Tlogo	3 orang
4	Desa Sriharjo		$\frac{11}{41} \times 150 = 40$ orang
		Dusun Wunut	4 orang
		Dusun Sompok	4 orang
		Dusun Pengkol	4 orang
		Dusun Nrancak	4 orang
		Dusun Ketos	4 orang
		Dusun Jati	4 orang
		Dusun Mojohuro	4 orang
		Dusun Dugongan	3 orang
		Dusun Trukan	3 orang
		Dusun Gondosuli	3 orang
		Dusun Sungapan	3 orang
5	Desa Girirejo		$\frac{3}{41} \times 150 = 11$ orang
		Dusun Dronco	4 orang
		Dusun Kradenan	4 orang
		Dusun Payaman	3 orang
6	Desa Selopamioro		$\frac{9}{41} \times 150 = 33$ orang
		Dusun Lanteng 1	4 orang
		Dusun Lanteng 2	4 orang
		Dusun Siluk 1	4 orang
		Dusun Siluk 2	4 orang
		Dusun Kajor Wetan	4 orang

No	Desa	Dusun	Jumlah Sampel
		Dusun Kajor Kulon	4 orang
		Dusun Lemah Rubuh	3 orang
		Dusun Jetis	3 orang
		Dusun Pelemantung	3 orang
7	Desa Karangtalun		$\frac{1}{41} \times 150 = 4$ orang
		Dusun Salaman	4 orang
8	Desa Karangtengah		$\frac{6}{41} \times 150 = 22$ orang
		Dusun Numpukan	4 orang
		Dusun Mojolegi	4 orang
		Dusun Kemasan	4 orang
		Dusun Karangtengah	4 orang
		Dusun Pucunggrowong	3 orang
		Dusun Srunggan	3 orang
JUMLAH			150 orang

E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah: (1) observasi, dilakukan dengan pengamatan kondisi di sekitar lokasi penelitian untuk memperoleh gambaran umum lokasi penelitian, (2) wawancara, dilakukan kepada responden (kepala keluarga) dengan menggunakan kuesioner untuk memperoleh informasi tentang kesiapsiagaan masyarakat dilihat dari indikator pengetahuan dan sikap, rencana tanggap darurat, sistem peringatan bencana, dan mobilisasi sumberdaya. Wawancara terhadap informan kunci, yaitu tokoh masyarakat dan organisasi penanggulangan bencana (OPRB Kecamatan Imogiri) dengan menggunakan kuesioner untuk memperoleh informasi upaya-upaya yang telah dilakukan masyarakat untuk meningkatkan kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana banjir, dan (3) dokumentasi, dilakukan dengan mengambil data, seperti peta, data jumlah penduduk, data masyarakat, data-data lain, dan foto-foto kegiatan di lapangan yang dapat menunjang kegiatan penelitian.

F. Teknik Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Gambaran tentang kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bencana banjir diperoleh dari hasil skoring indikator kesiapsiagaan. Skoring dilakukan untuk mengubah informasi yang telah diperoleh menjadi data berupa angka. Jawaban "**sangat tahu** / paham / sering / sadar / ingin / mudah / memadai / setuju / bersedia / mampu / mencukupi / bisa / baik" pada masing-masing instrumen penelitian akan diberi nilai 5, jawaban "**tahu** / paham / sering / sadar / ingin / mudah / memadai / setuju / bersedia / mampu / mencukupi / bisa / baik" diberi skor 4, jawaban "**cukup tahu** / paham / sering / sadar / ingin / mudah / memadai / setuju / bersedia / mampu / mencukupi / bisa / baik" diberi skor 3, jawaban "**tidak tahu** / paham / sering / sadar / ingin / mudah / memadai / setuju / bersedia / mampu / mencukupi / bisa / baik" diberi skor 2, dan jawaban "**sangat tidak tahu** / paham / sering / sadar / ingin / mudah / memadai / setuju / bersedia / mampu / mencukupi / bisa / baik" diberi skor 1.

Analisis indeks kesiapsiagaan dalam penelitian ini menggunakan indeks kesiapsiagaan Jan Sopaheluwakan, 2006. Teknik penghitungan tingkat kesiapsiagaan: (1) menghitung skor total real hasil kuesioner, (2) menghitung nilai indeks dari total real hasil kuesioner.

$$\text{Indeks} = \frac{\text{total skor parameter}}{\text{skor maksimum parameter}} \times 100$$

Skor maksimum parameter diperoleh dari jumlah pertanyaan dalam parameter yang diindeks (masing-masing pertanyaan bernilai satu). Total skor riil parameter diperoleh dengan menjumlahkan skor riil seluruh pertanyaan dalam parameter yang bersangkutan. Indeks berada pada kisaran nilai 0 – 100, sehingga semakin tinggi nilai indeks, semakin tinggi pula tingkat kesiapsiagaannya.

Hasil perhitungan digunakan untuk menentukan tingkat Kesiapsiagaan berdasarkan indeks. Tingkat kesiapsiagaan masyarakat dapat dikategorikan menjadi lima indeks, yaitu: "**sangat siap**" (nilai indeks 80-100), "**siap**" (nilai

indeks 65-79), "**hampir siap**" (nilai indeks 55-64), "**kurang siap**" (nilai indeks 40-54), "**belum siap**" (nilai indeks 0-39).

Upaya-upaya yang dilakukan masyarakat di Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul dalam meningkatkan kesiapsiagaan untuk antisipasi bencana banjir diperoleh dari hasil analisis data secara kualitatif berdasarkan informasi dari tokoh masyarakat dan organisasi penanggulangan bencana.

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Kesiapsiagaan Masyarakat Terdampak Banjir di Kecamatan Imogiri dalam Antisipasi Bencana Banjir

Analisis indeks dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui tingkat kesiapsiagaan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri dalam antisipasi bencana banjir. Dalam penelitian ini telah dilakukan penyebaran kuesioner kepada 150 orang responden di 41 dusun dari 8 desa yang terdampak banjir. Ada 4 (empat) parameter mengenai kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir, yaitu (1) pengetahuan dan sikap terhadap bencana banjir dengan 9 pernyataan, (2) rencana tanggap darurat dengan 15 pernyataan, (3) sistem peringatan bencana dengan 2 pernyataan, dan (4) mobilisasi sumberdaya dengan 3 pernyataan.

1. Skor total hasil kuesioner

Tabel 3. Nilai Indeks Kesiapsiagaan per Parameter

No	Parameter Kesiapsiagaan	Total Skor Parameter Kesiapsiagaan	Skor Maksimum Parameter Kesiapsiagaan	Nilai Indeks
1	Pengetahuan dan sikap	4.734	6.750	70,13
2	Rencana tanggap darurat	5.682	11.250	50,51
3	Sistem peringatan bencana	780	1.500	52,00
4	Mobilisasi sumberdaya	2.156	2.250	95,82
Jumlah		13.352	21.750	61,38

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

2. Nilai indeks dari total hasil kuesioner

Perhitungan nilai indeks kesiapsiagaan menggunakan rumus:

$$\text{Indeks} = \frac{\text{total skor parameter}}{\text{skor maksimum parameter}} \times 100$$

Total skor parameter didapat dengan menjumlahkan skor riil seluruh pertanyaan dalam parameter yang bersangkutan. Indeks pada kisaran bernilai 0-100, sehingga semakin tinggi nilai indeks semakin tinggi pula tingkat

kesiapsiagaannya. Skor maksimum parameter diperoleh dari jumlah pertanyaan dalam parameter yang diindeks (menggunakan skala likert).

Total skor parameter kesiapsiagaan = 13.352

Total skor maksimum parameter kesiapsiagaan = 21.750

Nilai Indeks = $\frac{13.352}{21.750} \times 100 = 61,38$

3. Tingkat kesiapsiagaan berdasarkan indeks

Tabel 4. Kategori Tingkat Kesiapsiagaan Berdasarkan Nilai Indeks

No	Nilai Indeks	Kategori
1	80 - 100	Sangat siap
2	65 - 79	Siap
3	55 - 64	Hampir siap
4	40 - 54	Kurang siap
5	0 - 39	Belum siap

Sumber: Jan Sopaheluwakan, 2006

Berdasarkan hasil perhitungan nilai indeks kesiapsiagaan masyarakat di Kecamatan Imogiri dalam antisipasi bencana banjir diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir dilihat dari parameter **pengetahuan dan sikap** dengan nilai 70,13, dapat dikategorikan “**siap**”.
2. Kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir dilihat dari parameter **rencana tanggap darurat** dengan nilai 50,51, dapat dikategorikan “**kurang siap**”.
3. Kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir dilihat dari parameter sistem peringatan bencana dengan nilai 52,00, dapat dikategorikan “**kurang siap**”.
4. Kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir dilihat dari parameter mobilisasi sumberdaya dengan nilai 95,82, dapat dikategorikan “**sangat siap**”.
5. Kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir dilihat dari keseluruhan parameter dengan nilai 61,38, dapat dikategorikan “**hampir siap**”.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kesiapsiagaan masyarakat di Kecamatan Imogiri termasuk dalam kategori “hampir siap” dalam antisipasi bencana banjir berdasarkan indeks kesiapsiagaan. Kesiapsiagaan masyarakat termasuk dalam kategori “hampir siap” dikarenakan meskipun dilihat dari aspek pengetahuan dan sikap sudah “siap” dan dari aspek mobilisasi sumberdaya bahkan “sangat siap”, namun dari aspek rencana tanggap darurat dan sistem peringatan bencana masih “kurang siap”. Kurangnya kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir dilihat dari aspek rencana tanggap darurat dan sistem peringatan bencana karena ketersediaan berbagai kelengkapan kesiapsiagaan bencana yang masih terbatas, seperti posko kebencanaan, tenda darurat, tempat evakuasi, dan alat peringatan dini. Hal ini menyebabkan proses merespon keadaan darurat maupun evakuasi mengalami keterlambatan karena sebagian besar masyarakat tidak percaya bahwa banjir akan semakin meninggi. Masyarakat keberatan meninggalkan rumah untuk keselamatan karena khawatir terhadap keamanan harta benda yang ditinggalkan (rumah, perabot, hewan peliharaan, dan sebagainya).

Kondisi ini harus diperbaiki agar masyarakat lebih siap, bahkan sangat siap dalam antisipasi bencana banjir pada masa mendatang. Hal ini mengingat beberapa tanggul sungai yang jebol sudah diperbaiki, tetapi potensi banjir tetap terbuka di Kecamatan Imogiri jika curah hujan yang turun di Sub Das Celeng dan DAS Opak Oyo di atas normal. Kejadian curah hujan ekstrim di akhir tahun 2017 dan awal tahun 2019 telah mengakibatkan debit sungai sudah jauh melebihi kapasitas sungai untuk menampung luapan air sehingga ada beberapa tanggul sungai yang jebol dan luapan air akhirnya masuk ke persawahan dan perkampungan. Hal ini menjadi pelajaran berharga tentang pentingnya kesiapsiagaan terhadap bencana banjir. Desa-desa yang rawan bencana banjir di Kecamatan Imogiri perlu dikembangkan menjadi desa siaga bencana.

Penyebab banjir di beberapa wilayah di Kecamatan Imogiri selain cuaca (hujan) ekstrim, juga tidak bisa dilepaskan dari rusaknya lingkungan. Banyak wilayah di atasnya yang dulunya hutan sekarang sudah banyak beralih fungsi

menjadi lahan pertanian dan permukiman sehingga kurang mampu menyimpan air hujan, padahal seperti kita ketahui salah satu fungsi hutan adalah sebagai penahan air (*water holding capacity*).

B. Upaya yang Dilakukan Masyarakat Terdampak Banjir di Kecamatan Imogiri Guna Meningkatkan Kesiapsiagaan dalam Antisipasi Bencana Banjir

Kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir merupakan bagian dari konsep penanggulangan bencana yang bertujuan untuk mencegah atau meminimalisir korban jiwa manusia, kerusakan fisik dan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis yang ditimbulkan akibat bencana banjir. Kesiapsiagaan terhadap bencana banjir dapat dilakukan dengan mengurangi ancaman, mengurangi kerentanan, dan meningkatkan kapasitas wilayah terdampak.

Beberapa upaya yang perlu dilakukan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri guna meningkatkan kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir adalah:

1. Mengurangi ancaman, dengan:
 - a. Melakukan pengerukan drainase (sungai, saluran irigasi) yang mengalami sedimentasi. Pengerukan untuk peningkatan kapasitas drainase sehingga dapat menampung lebih banyak air hujan maupun air kiriman dari hulu. Tingginya curah hujan di Kecamatan Imogiri perlu diimbangi dengan kapasitas drainase yang baik sehingga dapat meminimalisir ancaman banjir.
 - b. Memperbanyak kawasan terbuka hijau untuk peningkatan kapasitas infiltrasi air hujan. Wilayah terdampak banjir di Kecamatan Imogiri didominasi oleh penggunaan lahan berupa bangunan sehingga lebih banyak air yang mengalir di permukaan daripada yang terserap ke dalam tanah. Adanya kawasan terbuka hijau di Kecamatan Imogiri dapat berfungsi sebagai daerah resapan air sehingga dapat mengurangi ancaman banjir.

- c. Memberikan sosialisasi kepada masyarakat melalui pemerintah maupun lembaga terkait (BPBD Kabupaten Bantul, OPRB, dll) agar tidak membangun permukiman maupun bangunan lainnya pada wilayah dekat sungai. Wilayah berjarak 0-25 m dari sungai memiliki tingkat bahaya banjir tinggi sehingga berdampak pada tingginya potensi kerusakan bangunan apabila terjadi banjir di wilayah tersebut.
2. Mengurangi kerentanan, dengan:
 - a. Menyediakan informasi mengenai bencana banjir yang relevan dan dapat diakses oleh semua masyarakat khususnya anak-anak, lansia, dan masyarakat berkebutuhan khusus. Memasukkan materi kebencanaan pada kurikulum sekolah juga perlu dilakukan agar pengetahuan tentang bencana dapat diketahui sejak usia dini. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kerentanan penduduk yang paling berisiko terkena dampak bencana banjir.
 - b. Menyediakan program asuransi bagi petani untuk meminimalisir kerugian akibat gagal panen dan hilangnya ternak, serta meletakkan barang-barang berharga pada posisi yang aman untuk meminimalisir kerugian ekonomi yang diakibatkan oleh banjir.
 - c. Membuat kebijakan tentang perencanaan dan pengelolaan permukiman dan fasilitas umum yang memuat unsur-unsur pengurangan risiko bencana termasuk pemberlakuan syarat dan izin mendirikan bangunan untuk mengurangi kerentanan fisik pada wilayah penelitian akibat banjir.
 - d. Membangun dan memperbaiki bangunan tanggul pada daerah aliran sungai yang berbatasan langsung dengan permukiman warga untuk menghalau masuknya aliran banjir ke kawasan permukiman. Penghijauan dan perluasan daerah resapan air pada kawasan permukiman juga perlu dilakukan untuk meminimalisir kerentanan lingkungan pada wilayah penelitian.
 3. Meningkatkan kapasitas, dengan:
 - a. Membangun OPRB tingkat desa dengan jumlah anggota yang memadai, melakukan berbagai kegiatan berkaitan dengan bencana

secara rutin bersama masyarakat, melakukan koordinasi dengan BPBD Kabupaten Bantul, dan membantu warga dalam proses evakuasi pada saat terjadi bencana banjir. OPRB tingkat desa yang berfungsi dengan baik dapat menjadikan desa tersebut sebagai desa tangguh bencana.

- b. Pengadaan sistem peringatan dini dengan alat yang lebih modern perlu dilakukan agar masyarakat tidak perlu melakukan peringatan secara manual dengan memukul kentongan sehingga seluruh masyarakat dapat segera melakukan penyelamatan.
- c. Melakukan sosialisasi kebencanaan secara berkala pada masyarakat dan siswa di sekolah untuk membangun kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana banjir. Sosialisasi tersebut dapat berupa media permanen yang dapat membangun kesadaran masyarakat untuk menjaga kebersihan lingkungan, pemaparan risiko bencana, dan pelatihan penyelamatan diri. Sosialisasi yang dilakukan secara rutin dapat menjadikan masyarakat lebih tenang dan siap apabila terjadi bencana banjir.
- d. Membuat aturan maupun kebijakan tentang lingkungan hidup yang berkaitan dengan bencana banjir. Kebijakan tersebut harus disertai dengan sanksi yang tegas bagi para pelanggarnya agar seluruh masyarakat mematuhi peraturan tersebut.
- e. Membuat dan menambah petunjuk evakuasi yang memuat informasi mengenai jalur dan lokasi evakuasi. Petunjuk evakuasi tersebut harus diletakkan pada lokasi yang strategis sehingga masyarakat tidak mengalami kesulitan pada saat melakukan evakuasi.
- f. Menyediakan dana alokasi khusus, cadangan logistik, dan mekanisme antisipasi yang siap mendukung upaya penanganan darurat yang efektif pada saat terjadi banjir maupun pemulihan pasca bencana banjir.
- g. Memperbaiki bangunan pengendali banjir seperti tanggul dan bronjong yang mengalami kerusakan akibat banjir untuk mengembalikan fungsi bangunan tersebut. Bangunan pengendali banjir dapat berfungsi untuk mencegah meluapnya air sungai yang masuk ke permukiman warga.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Kesiapsiagaan masyarakat di Kecamatan Imogiri termasuk dalam kategori “hampir siap” dalam antisipasi bencana banjir berdasarkan indeks kesiapsiagaan. Kurangnya kesiapsiagaan masyarakat karena karena kurang siapnya aspek rencana tanggap darurat dan sistem peringatan bencana dilihat dari ketersediaan berbagai kelengkapan kesiapsiagaan bencana yang masih terbatas, seperti posko kebencanaan, tenda darurat, tempat evakuasi, dan alat peringatan dini.
2. Upaya yang perlu dilakukan masyarakat terdampak banjir di Kecamatan Imogiri guna meningkatkan kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir adalah dengan mengurangi ancaman, mengurangi kerentanan, dan meningkatkan kapasitas wilayah terdampak. Mengurangi ancaman, dengan: (a) melakukan pengerukan drainase, (b) memperbanyak kawasan terbuka hijau, dan (c) memberikan sosialisasi kepada masyarakat. mengurangi kerentanan, dengan: (a) menyediakan informasi, (b) menyediakan program asuransi bagi petani, (c) membuat kebijakan, dan (d) membangun dan memperbaiki bangunan tanggul. meningkatkan kapasitas, dengan: (a) membangun OPRB tingkat desa, (b) pengadaan sistem peringatan dini, (c) melakukan sosialisasi kebencanaan, (d) membuat aturan, (e) membuat dan menambah petunjuk evakuasi, (f) menyediakan dana alokasi khusus, cadangan logistik, dan mekanisme antisipasi, dan (f) memperbaiki bangunan pengendali banjir.

B. Saran

1. Masyarakat di Kecamatan Imogiri hendaknya selalu memantau kondisi sungai dan kebersihan lingkungan serta menyiapkan peralatan untuk menyelamatkan diri jika terjadi bencana banjir kembali.

2. Pemerintah Kabupaten Bantul hendaknya lebih sering melakukan pelatihan dan sosialisasi kebencanaan dengan cakupan yang diperluas agar semua masyarakat memiliki kesiapsiagaan yang tinggi terhadap bencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Amsyari, F. (1981). *Prinsip-prinsip Masalah Pencemaran Lingkungan (Studi tentang Banjir, Karakteristik Desa dan Kota)*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Kusumasari, B. (2014). *Manajemen Bencana dan Kapabilitas Pemerintah Lokal*. Yogyakarta: Gava Media.
- LIPI-UNESCO/ISDR. (2006). *Kajian Kesiapsiagaan Masyarakat dalam Mengantisipasi Bencana Gempa Bumi dan Tsunami*.
- Nurhadi, Dyah Respati Suryo Sumunar, Nurul Khotimah. (2016). Analisis Kerentanan Banjir dan Penanggulangan Bencana di Daerah Aliran Sungai Code Kota Yogyakarta. *Jurnal Penelitian Saintek*, Volume 21, Nomor 2, Oktober 2016.
- Nursa'ban, M. dkk. (2013). Arahkan Penanggulangan Bencana Alam Melalui Analisis Multibahaya dan Multirisiko di Kabupaten Kulon Progo Yogyakarta. *Laporan Penelitian Hibah Bersaing*. Yogyakarta: UNY.
- Peraturan Kepala BNPB No. 2 Tahun 2012 tentang *Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*.
- Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008 tentang *Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana*.
- Ritohardoyo, S. dkk. (2014). *Aspek Banjir Genangan (ROB) di Kawasan Pesisir*. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Suhadi Purwantara, Nurul Khotimah, Dyah Respati Suryo Sumunar, Arif Ashari. (2018). Estimasi Wilayah Terdampak Banjir di Sepanjang Aliran Sungai Code. *Laporan Penelitian Research Group*. Yogyakarta: FIS UNY.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 24 Tahun 2007 tentang *Penanggulangan Bencana*.
- Wahyuni, Fatimah, E., & Azmeri. (2015). Analisis Tingkat Kerentanan dan Kapasitas Masyarakat terhadap Bencana Banjir Bandang Kecamatan Celala Kabupaten Aceh Tengah. *Jurnal Ilmu Kebencanaan*, 2, 33-40.
- Wesnawa, I.G.A & Christiawan, P.I. (2014). *Geografi Bencana*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wulandari, Meyriska. 2010. Aplikasi Sistem Informasi Geografi Untuk Zonasi Daerah Rawan Banjir (Studi Kasus Kabupaten Kudus, Provinsi Jawa Tengah). *Tugas Akhir Program Diploma*. Fakultas Geografi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Kuesioner Penelitian

KESIAPSIAGAAN MASYARAKAT DALAM ANTISIPASI BENCANA BANJIR DI KECAMATAN IMOIRI KABUPATEN BANTUL

Petunjuk :

Berilah tanda checklist (V) pada kolom yang tersedia.

Pertanyaan di bawah ini tidak ada jawaban benar atau salah. Supaya informasi ini dapat memberi manfaat, saya mengharapkan Bapak/Ibu/Saudara membaca setiap pertanyaan dengan seksama dan menjawab dengan akurat sesuai dengan kenyataan.

Setiap informasi yang didapatkan dari kuesioner ini murni hanya untuk riset, dan saya menjamin kerahasiaan identitas atas informasi yang diberikan.

Contoh

1. Apakah Bapak/Ibu/Sdr. Pahami perbedaan Bencana Alam, Bencana NonAlam, Bencana Sosial?

Sangat Pahami Pahami Cukup Pahami Tidak Pahami Sangat Tidak Pahami

I. DATA DIRI RESPONDEN DAN KELUARGA

Nama :

Dusun :

Desa :

Kecamatan :

Jenis Kelamin : Laki – Laki Perempuan

Umur : Tahun

Pendidikan : Tidak Tamat SD Diploma
 SD Sarjana
 SMP Pascasarjana
 SMA

Pekerjaan : Pegawai Negeri Petani
 Karyawan Swasta Buruh
 Wiraswasta Pensiunan
 Ibu Rumah Tangga Lainnya ...

Penghasilan : < 1 Juta > 3 – 5 Juta
 1 – 3 Juta > 5 Juta

Jumlah anggota keluarga: Laki-laki ... orang, perempuan ... orang

- Bayi dan balita (0-5 Tahun): ... orang
- Anak-anak (6-10 Tahun) : ... orang
- Remaja (10-24 Tahun) : ... orang
- Dewasa (25-59 Tahun) : ... orang
- Lanjut usia (60⁺ Tahun) : ... orang

Status dalam keluarga

Kepala Keluarga Istri Anak Lainnya ...

Apakah anggota keluarga ada yang mengalami difabel? Ya Tidak

Jika ya, berapa orang? ... orang

II. PENGETAHUAN DAN SIKAP TERHADAP BENCANA BANJIR

1. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui tentang bencana banjir?
 Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
2. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui penyebab banjir?
 Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
3. Menurut Bapak/Ibu/Sdr apakah curah hujan yang tinggi merupakan salah satu penyebab banjir?
 Sangat paham Paham Cukup Paham Tidak Paham Sangat tidak paham
4. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui tanda-tanda akan terjadinya bencana banjir?
 Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
5. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui bahwa bencana banjir menimbulkan dampak/kerugian yang cukup besar?
 Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
6. Berdasarkan pengalaman, di sekitar Bapak/Ibu/Sdr seberapa seringkah terjadi bencana banjir?
 Sangat sering Sering Cukup sering Jarang Tidak pernah
7. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui cara melakukan tindakan penyelamatan, jika terjadi bencana banjir?
 Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
8. Apakah Bapak/Ibu/Sdr menyadari bahwa tempat tinggal Bapak/Ibu/Sdr berada pada daerah rawan terhadap bencana banjir?
 Sangat sadar Sadar Cukup sadar Tidak Sadar Sangat tidak sadar
9. Melalui media apakah Bapak/Ibu/Sdr mendapat informasi tentang bencana banjir?
 Televisi Radio Surat kabar Aparat pemerintah lainnya ...
10. Apakah Bapak/Ibu/Sdr menginginkan untuk menghindari kegiatan yang dapat menimbulkan bencana banjir?
 Sangat ingin Ingin Cukup ingin Tidak ingin Sangat tidak ingin

III. RENCANA TANGGAP DARURAT

11. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui mengenai rencana yang harus dilakukan apabila terjadi bencana banjir?
 Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu

12. Apabila ada tanda-tanda akan terjadi bencana banjir, apa yang akan dilakukan bapak/Ibu/Sdr (bisa pilih lebih dari satu)
- Bertahan di tempat tinggal dan tetap waspada
 - Memberitahukan warga lain agar siap siaga
 - Segera melaporkan ke aparat yang berwenang
 - Mempersiapkan diri untuk evaluasi
 - Mengungsi di tempat yang aman
13. Apabila terjadi bencana banjir, apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui adanya tempat berkumpul yang ditetapkan oleh pemerintah? Kesepakatan bersama?
- Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
14. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui alternatif tempat pengungsian sementara apabila terjadi bencana banjir?
- Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
15. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui arah jalur evakuasi (jalur penyelamatan) jika terjadi bencana banjir?
- Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
16. Menurut Bapak/Ibu/Sdr apakah lokasi evakuasi (lokasi penyelamatan diri) mudah dijangkau?
- Sangat Mudah Mudah Cukup mudah Sulit Sangat Sulit
17. Menurut Bapak/Ibu/Sdr bagaimana persediaan obat-obatan penting untuk pertolongan pertama di rumah?
- Sangat memadai Memadai Cukup memadai Tidak Memadai Sangat tidak memadai
18. Apabila sewaktu-waktu bencana banjir terjadi, Bapak/Ibu/Sdr sudah menyiapkan apa saja? (bisa pilih lebih dari satu)
- Bahan makanan praktis/cepat saji
 - Persediaan air minum yang cukup
 - Alat komunikasi seperti handphone, HT, dll
 - Alat penerangan seperti senter, lampu emergency, genset, dll
 - Lainnya
19. Apakah Bapak/Ibu/Sdr setuju untuk menyiapkan perlengkapan siaga saat kondisi darurat secara mandiri? (senter, kantong, HT, dll)
- Sangat setuju Setuju Cukup setuju Tidak setuju Sangat tidak setuju
20. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui bahwa dokumen-dokumen/surat-surat penting dan berharga sebaiknya disimpan dalam tempat yang mudah dibawa jika sewaktu-waktu terjadi bencana banjir?
- Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
21. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui nomor telepon penting yang dapat dihubungi apabila terjadi bencana banjir? Seperti rumah sakit/puskesmas terdekat, Badan Penanggulangan Bencana Daerah, Kantor Polisi, Balai Desa, PLN, dll
- Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
22. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui cara menghubungi atau mendatangi fasilitas-fasilitas penting (RS/Puskesmas, BPBD, Kantor Polisi, Balai Desa, PLN, dll) apabila terjadi bencana banjir?
- Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
23. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui pernah dilaksanakan kegiatan penyuluhan bencana banjir di wilayah anda?
- Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu

24. Sepengetahuan Bapak/Ibu/Sdr berapa kali penyuluhan tentang bencana banjir dilakukan?
 1 kali 2 kali 3 kali 4 kali lainnya ...
25. Darimana Bapak/Ibu/Sdr mendapatkan penyuluhan bencana banjir? (bisa pilih lebih dari satu)
 Pemerintah LSM Ormas Keagamaan Perguruan Tinggi
 Lainnya, ...
26. Apakah Bapak/Ibu/Sdr sering menghadiri penyuluhan bencana banjir?
 Sangat sering Sering Cukup sering Tidak sering Sangat tidak sering
27. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui pernah dilakukan kegiatan simulasi menghadapi bencana banjir di wilayah tempat tinggal?
 Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
28. Sepengetahuan Bapak/Ibu/Sdr berapa kali kegiatan simulasi bencana banjir dilakukan?
 1 kali 2 kali 3 kali 4 kali Lainnya ...
29. Darimana Bapak/Ibu/Sdr mendapatkan kegiatan simulasi bencana banjir? (bisa pilih lebih dari satu)
 Pemerintah LSM Ormas Keagamaan Perguruan Tinggi
 Lainnya, ...
30. Apakah Bapak/Ibu/Sdr sering menghadiri kegiatan simulasi bencana banjir?
 Sangat sering Sering Cukup sering Tidak sering Sangat tidak sering
31. Apakah Bapak/Ibu/Sdr bersedia mengikuti penyuluhan atau simulasi bencana banjir?
 Sangat bersedia Bersedia Cukup bersedia Tidak bersedia Sangat tidak bersedia

IV. SISTEM PERINGATAN BENCANA

32. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui bahwa di wilayah Bapak/Ibu/Sdr terdapat alat peringatan bencana secara tradisional yang memberikan peringatan apabila akan terjadi bencana banjir? (misalnya kentongan)
 Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
33. Apakah Bapak/Ibu/Sdr mengetahui bahwa di desa Bapak/Ibu/Sdr terdapat alat peringatan bencana berbasis teknologi yang memberikan peringatan apabila akan terjadi bencana banjir?
 Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
34. Darimana Bapak/Ibu/Sdr mendapatkan informasi mengenai alat peringatan bencana banjir? (bisa pilih lebih dari satu)
 Televisi Radio Surat kabar Aparat pemerintah Lainnya ...

V. MOBILISASI SUMBERDAYA

35. Apakah Bapak/Ibu/Sdr memahami tentang kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir?
 Sangat Tahu Tahu Cukup tahu Tidak Tahu Sangat tidak tahu
36. Apakah anggota keluarga Bapak/Ibu/Sdr bisa mempraktekkan mengenai kesiapsiagaan dalam antisipasi bencana banjir?
 Sangat bisa Bisa Cukup bisa Tidak Bisa Sangat tidak bisa

37. Menurut Bapak/Ibu/Sdr alat transportasi (misalnya mobil, motor, dll) yang dimiliki dapat mengangkut seluruh anggota keluarga apabila terjadi bencana banjir?
- Sangat mencukupi Mencukupi Kurang mencukupi Tidak mencukupi
 Sangat tidak mencukupi
38. Untuk mengurangi dampak kerugian ekonomi yang ditimbulkan akibat bencana banjir, apakah Bapak/Ibu/Sdr mempersiapkan: (bisa pilih lebih dari satu)
- Tabungan untuk keadaan darurat
 Tabungan benda/perhiasan
 Asuransi untuk keadaan darurat bencana
 Investasi tanah/rumah yang aman dari bencana
 Lainnya ...

Kuesioner Penelitian

A. OPRB Kecamatan Imogiri

1. Sejauhmana peran OPRB Kecamatan Imogiri dalam membantu program BPBD Kabupaten Bantul dalam meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir?
2. Apakah masyarakat di Kecamatan Imogiri pernah mendapatkan penyuluhan dan simulasi untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir?
3. Apakah kegiatan tersebut dilakukan secara kontinu dan apakah telah dilakukan untuk seluruh wilayah desa yang terdampak?
4. Siapa saja narasumber yang telah memberikan kegiatan mendapatkan penyuluhan dan simulasi untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir?
5. Bagaimana alokasi dana untuk penyuluhan dan simulasi untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir?
6. Berapa jumlah anggota OPRB Kecamatan Imogiri yang dapat dialokasikan untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir?

B. Tokoh Masyarakat

1. Sejauhmana peran tokoh masyarakat dalam membantu program BPBD Kabupaten Bantul dalam meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam antisipasi bencana banjir?
2. Kegiatan apa saja yang dilakukan tokoh masyarakat untuk meningkatkan pengetahuan kebencanaan dalam rangka peningkatan kesiapsiagaan masyarakat untuk antisipasi bencana banjir?
3. Bagaimana peran tokoh masyarakat dalam rencana evakuasi (penyelamatan dan pengamanan korban) saat kondisi darurat bencana banjir?
4. Bagaimana peran tokoh masyarakat dalam membimbing dan mendampingi masyarakat untuk menyiapkan kebutuhan dasar (makanan, minuman, dll) saat kondisi darurat bencana banjir?
5. Bagaimana peran tokoh masyarakat dalam memfasilitasi masyarakat untuk mendapatkan akses pelayanan fasilitas-fasilitas penting (komunikasi/informasi, kesehatan, penerangan, dll) saat kondisi darurat bencana banjir?
6. Bagaimana peran tokoh masyarakat dalam memberikan informasi sistem peringatan bencana banjir kepada masyarakat terdampak? Bagaimana mekanisme penyebaran informasi, apakah dilakukan secara tradisional atau berbasis teknologi?
7. Berapa jumlah anggota OPRB Kecamatan Imogiri yang dapat dimobilisasi saat kondisi darurat bencana banjir?
8. Apakah tersedia dana untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat di Kecamatan Imogiri dalam antisipasi bencana banjir?

LAPORAN PENGEMBANGAN BIDANG ILMU



Judul:

KAPASITAS ADAPTIF MASYARAKAT PESISIR UTARA JAWA TENGAH
MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM: STUDI KASUS DI KECAMATAN
TULIS KABUPATEN BATANG

Diusulkan Oleh

Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si./NIP. 19591129 198601 1 001

Dr. Nurul Khotimah, M.Si./NIP. 19790613 200604 2 001

Prof. Dr. Mukminan/NIP. 19530906 197803 1 001

Oktavian Andre Kusuma/NIM. 19727251010

Garin Darpitamurti/NIM. 1972251002

PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
TAHUN 2020

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN PENGEMBANGAN BIDANG ILMU

1. Judul Penelitian : Kapasitas Adaptif Masyarakat Pesisir Utara Jawa Tengah Menghadapi Perubahan Iklim: Studi Kasus di Kecamatan Tulis Kabupaten Batang
2. Ketua Peneliti :
 - a. Nama lengkap : Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.
 - b. Jabatan : Lektor Kepala
 - c. Program Studi : Pendidikan Geografi - S2
 - d. Alamat : Perumahan Kavling UII No.20 Jl. Kaliurang Km. 14 Yogyakarta
 - e. Telepon : +6285226211591
 - f. e-mail : suhadi_p@uny.ac.id
3. Bidang Keilmuan : Sosial
4. Skim : Pengembangan Bidang Ilmu
5. Tema Penelitian Payung : Perubahan iklim, pelestarian dan pengendalian kualitas lingkungan
6. Sub Tema Penelitian Payung : Kearifan lokal, lokalitas, dan indigenous knowledge
7. Kelompok Peneliti :

No	Nama, Gelar	NIP	Bidang Keahlian
1.	Dr. Nurul Khotimah, M.Si.	19790613 200604 2 001	Geografi Fisik dan Lingkungan
2.	Prof. Dr. Mukminan	19530906 197803 1 001	Teknologi Pembelajaran Geografi
8. Mahasiswa yang terlibat :

No	Nama	NIM	Prodi
1.	Oktavian Andre K	197272 51010	Pendidikan Geografi
2.	Garin Darpitamurti	1972251002	Pendidikan Geografi
9. Lokasi Penelitian : Kecamatan Tulis Kabupaten Batang Provinsi Jawa Tengah
10. Waktu Penelitian : 1 Juni 2020 s/d 30 November 2020
11. Dana yang diusulkan : Rp. 20.000.000,00

Mengetahui,
Kaprosdi Pendidikan Geografi,



Prof. Dr. Mukminan
NIP 19530906 197803 1 001

Yogyakarta, 20 Mei 2020
Ketua Pelaksana



Dr. Suhadi Purwantara, M.Si.
NIP 19591129 198601 1 001

Menyetujui,
Direktur PPs,



Prof. Dr. Marsigit, M.A.
NIP 19550415 198502 1 001

KAPASITAS ADAPTIF MASYARAKAT PESISIR UTARA JAWA TENGAH MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM: STUDI KASUS DI KECAMATAN TULIS KABUPATEN BATANG

Oleh:

Suhadi Purwantara, Nurul Khotimah, Mukminan
suhadi_p@uny.ac.id

Abstrak

Kecamatan Tulis Kabupaten Batang adalah daerah pesisir yang rentan terhadap dampak perubahan iklim. Kapasitas adaptif masyarakat perlu ditingkatkan untuk menghadapi dampak perubahan iklim. Tujuan penelitian adalah untuk: (1) menilai kapasitas adaptif masyarakat pesisir Kecamatan Tulis dalam menghadapi perubahan iklim, (2) bentuk adaptif masyarakat pesisir Kecamatan Tulis dalam menghadapi perubahan iklim, (3) menyusun upaya yang perlu dilakukan masyarakat pesisir Kecamatan Tulis untuk meningkatkan kapasitas adaptif.

Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Lokasi penelitian ditentukan secara *purposive*, mewakili karakteristik wilayah pesisir di kawasan pantai utara Jawa Tengah. Kapasitas adaptif akan dinilai dengan menggunakan variabel fisik, sosial, dan ekonomi. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara dengan kuesioner, dan dokumentasi. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya dianalisis secara deskriptif.

Hasil analisis yang diharapkan adalah menghasilkan gambaran tentang: (1) Kapasitas adaptif masyarakat pesisir Kecamatan Tulis dalam menghadapi perubahan iklim: dilihat dari faktor fisik (jenis kelamin dan umur) berada pada kategori tinggi, dilihat dari faktor sosial (pendidikan) dan faktor ekonomi (pendapatan) berada pada kategori menengah, (2) Bentuk kapasitas adaptif masyarakat pesisir Kecamatan Tulis dalam menghadapi perubahan iklim, yaitu dengan meninggikan rumah, menanam mangrove, menyemprot hama wereng, memagari sawah untuk menghalau tikus, menanam berbagai tanaman palawija, melakukan pemupukan, menangkap ikan dengan jala, dan memanen tambak tanpa pengosongan kolam, dan (3) Upaya yang perlu dilakukan masyarakat pesisir Kecamatan Tulis untuk meningkatkan kapasitas adaptif: melakukan koordinasi kelembagaan antara pihak desa-dusun-gapoktan-kepala rukun nelayan.

Kata kunci: kapasitas adaptif, bentuk kapasitas adaptif, upaya peningkatan kapasitas adaptif

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan akan merasakan dampak perubahan iklim, termasuk masyarakat yang tinggal di kawasan pesisir utara Jawa Tengah. Secara fisik, pesisir adalah daerah pertemuan darat dan laut, dengan batas darat meliputi bagian daratan, baik kering maupun terendam air yang masih mendapat pengaruh sifat-sifat laut, seperti angin laut, pasang surut, dan intrusi air laut. Ke arah laut, perairan pesisir mencakup bagian batas terluar dari daerah paparan benua yang masih dipengaruhi oleh proses-proses alami yang terjadi di darat, seperti sedimentasi dan aliran air tawar (Ary Wahyono, dkk., 2013).

Masyarakat pesisir utara Jawa Tengah dengan mata pencaharian sebagian besar di sektor pertanian dan perikanan dimungkinkan akan mengalami gangguan mata pencaharian, kehilangan tempat tinggal, mengalami kerusakan infrastruktur dan fasilitas untuk menunjang kehidupan, bahkan hidup dalam kemiskinan dan termarginalisasi. Hal ini dikarenakan perubahan iklim pada saat ini telah mengakibatkan terjadinya perubahan musim dan kenaikan permukaan air laut sampai kenaikan gelombang pasang sehingga memberikan dampak bagi kelangsungan hidup masyarakat pesisir. Secara ilmiah, perubahan iklim dan dampaknya telah menimpa banyak wilayah dan berdampak buruk pada sektor pertanian, makanan, air, sosial dan sistem ekologi (IPCC, 2007).

Dampak dari perubahan iklim tersebut akan menimbulkan kerentanan bagi masyarakat pesisir utara Jawa Tengah. Untuk menghadapinya masyarakat pesisir perlu meningkatkan kapasitas adaptasi. Kapasitas adaptasi adalah kemampuan sistem untuk menyesuaikan dengan perubahan iklim melalui pengurangan potensi kerusakan dengan memanfaatkan sumberdaya sosial dan ekonomi, teknologi, akses informasi terkait dengan perubahan iklim dan kemampuan institusi dalam beradaptasi (Kumalasari, 2014).

Faktor yang mempengaruhi kapasitas adaptasi menurut IPCC (2007), meliputi sumberdaya ekonomi, teknologi, informasi dan keterampilan,

infrastruktur, tersedianya lembaga yang kuat dan terorganisasi dengan baik, serta pemerataan akses menuju sumber daya. Sumberdaya fisik, sosial dan ekonomi merupakan penentu kapasitas adaptasi. Gupta et al. (2010) menyebutkan ada 6 dimensi untuk penilaian kapasitas adaptasi, yaitu varietas, kapasitas pembelajaran, ketersediaan ruang untuk perubahan, kepemimpinan, ketersediaan sumberdaya, dan peran pemerintah dalam menentukan kemampuan kapasitas adaptasi masyarakat terhadap perubahan iklim baik di level lokal hingga nasional. Penilaian kapasitas adaptasi penting untuk mengurangi risiko akibat perubahan iklim. Pemerintah Indonesia juga telah menyusun rencana aksi nasional untuk adaptasi perubahan iklim sebagai dasar pembuatan rencana antisipasi, mulai dari penyebarluasan informasi, tindakan dan penanganan, hingga pelibatan masyarakat.

Masyarakat pesisir Kecamatan Tulis Kabupaten Batang yang merupakan masyarakat yang tinggal di wilayah pesisir utara Jawa Tengah tidak terlepas dari dampak perubahan iklim. Aktivitas sehari-hari dan pendapatan masyarakat pesisir tersebut rentan terhadap dampak perubahan iklim. Sebagai contoh kehidupan masyarakat petani dan nelayan di Kecamatan Tulis sangat tergantung dari kondisi alam dan dinamika musim yang semakin tidak menentu akibat perubahan iklim. Bagi masyarakat pesisir Kecamatan Tulis, dampak perubahan iklim adalah ancaman langsung bagi kelangsungan hidup rumah tangga sehingga memaksa mereka untuk terus bertahan hidup dengan melakukan berbagai upaya pada kondisi iklim yang tidak menentu. Berbagai upaya yang dilakukan masyarakat pesisir tersebut merupakan strategi adaptasi yang dilakukan dalam menghadapi perubahan iklim.

Berdasarkan uraian di atas, penting kiranya kajian penelitian tentang “Kapasitas Adaptif Masyarakat Pesisir Utara Jawa Tengah Menghadapi Perubahan Iklim”. Kapasitas adaptif dalam penelitian ini akan dilihat berdasarkan aspek fisik, sosial, dan ekonomi dengan memfokuskan pada Kecamatan Tulis Kabupaten Batang. Dari hasil penilaian kapasitas adaptif selain diketahui faktor-faktor yang mempengaruhinya, juga dapat dilihat bentuk kapasitas adaptif dan dapat disusun upaya yang perlu dilakukan masyarakat pesisir untuk meningkatkan kapasitas adaptif dalam menghadapi perubahan iklim.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, dapat dirumuskan berbagai permasalahan pokok yang ingin dijawab dalam penelitian ini. Permasalahan tersebut adalah:

1. Bagaimana kapasitas adaptif masyarakat pesisir Kecamatan Tulis dalam menghadapi perubahan iklim?
2. Apakah bentuk kapasitas adaptif masyarakat pesisir Kecamatan Tulis dalam menghadapi perubahan iklim?
3. Upaya apa yang perlu dilakukan masyarakat pesisir Kecamatan Tulis untuk meningkatkan kapasitas adaptif?

C. Tujuan Penelitian

Dari permasalahan tersebut di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menilai kapasitas adaptif masyarakat pesisir Kecamatan Tulis dalam menghadapi perubahan iklim.
2. Mengetahui bentuk kapasitas adaptif masyarakat pesisir Kecamatan Tulis dalam menghadapi perubahan iklim.
3. Menyusun upaya yang perlu dilakukan masyarakat pesisir Kecamatan Tulis untuk meningkatkan kapasitas adaptif.

D. Keutamaan Penelitian

Keutamaan dari penelitian ini adalah hasil akhir yang akan dicapai yaitu pengembangan ilmu geografi khususnya geografi fisik dan lingkungan. Pengembangan ilmu geografi fisik, dalam hal ini kajian penelitian adalah wilayah kepesisiran pantai utara Jawa Tengah. Wilayah tersebut memiliki karakteristik spasial tertentu dan dengan adanya dampak dari perubahan iklim terhadap kondisi musim yang tidak menentu membuat masyarakat pesisir melakukan strategi adaptasi. Pengembangan geografi lingkungan, dalam hal ini terkait dari identifikasi permasalahan wilayah pesisir yang cukup kompleks sebagai dampak perubahan iklim (dilihat dari faktor fisik, sosial, ekonomi) sehingga perlu adanya pengelolaan

lingkungan yang lebih berkelanjutan dan berkontribusi dalam mengurangi dampak pada masyarakat miskin.

Selain itu hasil akhir yang dicapai oleh penelitian juga dapat sebagai informasi bagi para pihak pengelola kawasan pesisir utara Jawa tengah khususnya kawasan pesisir Kecamatan Tulis Kabupaten Batang bahwa perubahan iklim berpengaruh terhadap aktivitas sehari-hari dan pendapatan masyarakat. Adanya penilaian kapasitas adaptif masyarakat pesisir di Kecamatan Tulis dalam menghadapi perubahan iklim akan menjadi penguatan kapasitas lokal dan peningkatan koordinasi dengan daerah dan pusat. Masyarakat pesisir yang rentan terhadap perubahan iklim selanjutnya dapat meningkatkan kapasitas adaptifnya.

E. Roadmap Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dari penelitian sebelumnya yang berjudul “Karakteristik Spasial Pengembangan Wilayah Pesisir DIY dalam Konteks UUK DIY” yang telah dilakukan oleh Suhadi Purwantara, Sugiharyanto, Nurul Khotimah pada tahun 2013-2014 dengan dana DIKTI, yang menghasilkan kesimpulan bahwa kawasan pesisir di ketiga kabupaten di DIY dapat dikembangkan sesuai karakteristik spasialnya. Kawasan pesisir Kulonprogo dapat dikembangkan dengan dengan konsep modern yaitu mempertimbangkan keberadaan Pelabuhan Tanjung Adhikarta, Pangkalan Angkatan Laut Republik Indonesia dan rencana pembangunan bandar udara internasional. Kawasan pesisir Kabupaten Bantul: (1) kawasan Pantai Parangtritis lebih diunggulkan pada sektor sejarah, kekomplekan bentuk lahan, dan museum geospasial gumuk pasir sebagai wisata minat khusus, (2) kawasan Pantai Samas lebih diunggulkan pada sektor pertanian lahan pasir sebagai sumber sosial ekonomi masyarakat kawasan pesisir, pengendalian kelestarian ekosistem laut yaitu pembudidayaan penyu atau tukik dan penanaman cemara laut, serta pengembangan sumber energi alternatif, (3) kawasan Pantai Kuwaru-Pandansimo lebih diunggulkan pada pengembangan obyek wisata baru sebagai wisata bahari berbasis masyarakat yang berkelanjutan. Kawasan pesisir Kabupaten Gunungkidul sesuai dengan peraturan daerah dan potensi karakteristik pantai maka model yang dikembangkan dalam penataan dan

pengelolaan kawasan pantai lebih ditekankan pada sosial ekonomi dan kelestarian ekosistem dengan mengunggulkan potensi keindahan alam dan kegiatan masyarakat nelayan sebagai nilai jual untuk pariwisata bahari.

Berdasarkan kesimpulan yang dihasilkan penelitian tersebut dilakukan penelitian lanjutan dengan mengambil judul “Kapasitas Adaptif Masyarakat Pesisir Utara Jawa Tengah Menghadapi Perubahan Iklim: Studi Kasus di Kecamatan Tulis Kabupaten Batang”. Judul ini diangkat mengingat bahwa iklim global saat ini telah berubah, sebagai bagian dari masyarakat peneliti tertarik untuk melakukan penelitian kapasitas adaptif masyarakat pesisir utara Jawa Tengah dengan mengambil wilayah yang lebih sempit yaitu Kecamatan Tulis Kabupaten Batang sebagai bentuk peran serta dalam menghadapi perubahan iklim.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Perubahan Iklim

Perubahan iklim yang terjadi dalam satu dekade terakhir menunjukkan hal yang mempresentasikan perubahan pola hidup masyarakat untuk mulai beradaptasi dengan kondisi tersebut. Perubahan iklim secara global telah mempengaruhi berbagai sendi kehidupan masyarakat di bumi. Perubahan iklim menunjukkan dampak secara nyata dalam aspek fisik, aspek sosial, dan aspek ekonomi.

Menurut *The National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2007), perubahan iklim adalah pergeseran jangka panjang dalam statistik dari cuaca (termasuk rata-ratanya). Sebagai contoh bisa muncul sebagai perubahan iklim normal (diharapkan nilai rata-rata suhu dan curah hujan) untuk tempat dan waktu tertentu tahun, dari satu dekade ke depan. Iklim didefinisikan sebagai sintesis dari kegiatan yang terkait dengan cuaca dalam jangka waktu yang panjang yang secara statistik cukup untuk menunjukkan perbedaan antara satu periode ke periode yang lain (BMKG).

Gibbs (1987) mendefinisikan iklim sebagai kesempatan statistik kondisi atmosfer, termasuk suhu, tekanan, angin, kelembaban, yang terjadi di daerah dalam jangka waktu yang panjang. Perubahan iklim sebagai implikasi dari pemanasan global telah mengakibatkan ketidakstabilan atmosfer dari lapisan bawah terutama yang dekat dengan permukaan bumi. Perubahan iklim baru dapat diketahui setelah periode waktu yang panjang. Hingga saat ini penelitian-penelitian terkait perubahan iklim telah banyak dilakukan dan sebagian besar mengindikasikan akan adanya kenaikan temperatur global walaupun besarnya belum dapat dipastikan.

2. Dampak Perubahan Iklim terhadap Masyarakat Pesisir

Perubahan iklim secara global memberikan dampak nyata dilihat dari aspek fisik, aspek sosial, dan aspek ekonomi. Sebuah fenomena yang akan berlangsung secara berkelanjutan jika tidak ada upaya masyarakat di bumi untuk menahan laju

terjadinya perubahan iklim. Perubahan iklim adalah fenomena terbaru dan faktor eksternal yang sangat berpengaruh terhadap masyarakat pedesaan saat ini, khususnya di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Secara ilmiah, perubahan iklim dan dampaknya telah menimpa banyak wilayah dan berdampak buruk pada sektor pertanian, makanan, air, sosial dan sistem ekologi (IPCC, 2007). Perubahan iklim akan menekan pilihan mata pencaharian yang ada, dan bahkan lebih penting lagi, membuatnya tidak dapat diprediksi karena ketidakstabilan dampak peningkatan iklim (Rosenzweig & Parry, 1994; Yohe & Tol, 2002).

Tantangan yang akan dihadapi masyarakat pesisir akibat perubahan iklim akan lebih mengkhawatirkan mengingat pengaruhnya yang multi-dimensional melampaui perubahan-perubahan lingkungan dan ekonomi politik yang selama ini telah membuat masyarakat pesisir dalam keadaan rentan (Howden et al. 2007; IPCC, 2007). Secara keseluruhan, masyarakat pesisir dapat hancur karena kerusakan infrastruktur, permukiman, dan fasilitas yang diperlukan untuk hidup dan kehidupan serta kemiskinan dan marginalisasi yang dialami masyarakat pesisir.

Identifikasi dampak perubahan iklim dapat dilakukan pada tiga aspek yaitu dampak pada aspek fisik, aspek sosial, dan aspek ekonomi. Dampak fisik dapat diamati langsung pada aspek-aspek fisik yang terlihat dan terukur secara kasat mata, misalnya abrasi, kerusakan jalan dan tembok penahan ombak sepanjang jalan yang merupakan pemandangan sepanjang menyusuri jalan pesisir pantai, dampak ekologis yang berakibat pada ekosistem pesisir, seperti ekosistem mangrove, ekosistem tambak, permukiman nelayan, kondisi tanaman pesisir seperti pohon-pohon besar sudah hampir tidak ada lagi karena terbawa air laut, kerusakan.

Kenaikan air laut dengan kondisi gelombang tinggi yang mempengaruhi kondisi kelautan mengakibatkan dampak secara sosial ekonomi masyarakat pesisir yang kehidupannya tergantung dari kondisi perairan laut. Dampak sosial-ekonomi yang ditimbulkan dari perubahan iklim yang diidentifikasi dari pemahaman nelayan lebih terfokus pada kegiatan mata pencaharian pokok mereka di laut. Perubahan iklim menyebabkan menurunnya hasil tangkapan nelayan yang dipicu oleh sulitnya menentukan musim dan wilayah tangkapan ikan, akibatnya biaya melaut membengkak terutama untuk biaya mengejar musim. Nelayan mengemukakan

bahwa perubahan cuaca yang tidak bisa diprediksi ketika mereka sedang berada di laut sering memaksa mereka untuk kembali ke daratan bahkan sebelum memperoleh hasil tangkapan.

Dampak gelombang ekstrim serta badai membuat nelayan lebih memilih tidak melaut untuk mencegah kemungkinan buruk yang dapat terjadi. Dalam 10 tahun terakhir periode musim gelombang ekstrim serta badai semakin sering berakibat pada semakin seringnya nelayan tidak melaut yang berarti tidak adanya pemasukan untuk kebutuhan hidup rumah tangga sehari-hari. Jarangnya frekuensi melaut dan semakin membengkaknya biaya operasional berimplikasi kepada semakin tergantungnya nelayan kepada pedagang pengumpul. Dari aspek struktur sosial, pengumpul berubah menjadi pengusaha lokal yang berstatus tinggi dalam masyarakat, sedangkan nelayan semakin terpuruk sebagai klien dengan tingkat ketergantungan yang tinggi.

3. Adaptasi Masyarakat Pesisir terhadap Perubahan Iklim

Adaptasi merupakan tindakan yang diambil untuk mengurangi kerentanan dan meningkatkan resiliensi (Smit & Wandel, 2006). Penekanan pada adaptasi diperlukan karena di Indonesia adaptasi diperlukan segera untuk mengurangi dampak perubahan iklim yang sudah berlangsung. Kapasitas adaptasi dimaksudkan sebagai kemampuan suatu masyarakat atau sistem untuk menyesuaikan pada perubahan iklim beserta variabilitasnya guna mengurangi potensi kerusakan, mendapatkan keuntungan dari atau menanggulangi dampak dari perubahan iklim (Frankel-Reed, 2011). IPCC (2007) menyebutkan ada beberapa faktor penentu kapasitas adaptasi, yaitu sumber daya ekonomi, teknologi, informasi dan keterampilan, infrastruktur, tersedianya lembaga yang kuat dan terorganisasi dengan baik, serta pemerataan akses menuju sumber daya.

Pada umumnya kapasitas adaptasi merupakan kemampuan sistem dalam menghadapi dampak buruk akibat gangguan. Perubahan iklim yang salah satu dampaknya adalah kondisi perairan laut yang berhubungan langsung dengan masyarakat pesisir. Salah satunya kenaikan air laut pada saat pasang mendorong terjadinya abrasi yang dapat menimbulkan kerusakan pada kondisi bangunan dan

infrastruktur yang berada di wilayah pesisir. Hal ini menunjukkan bahwa dibutuhkan kemampuan masyarakat dalam memperbaiki kondisi bangunan dan infrastruktur. Sebagaimana disebutkan oleh Dolan dan Walker (2004) bahwa salah satu penentu kapasitas adaptasi adalah adanya kemampuan pelaku adaptasi. Upaya yang dilakukan individu termasuk upaya untuk memperbaiki kondisi rumah. Handmer dan Dovers (1996) menyebutkan bahwa salah satu penentu kapasitas adaptasi adalah tersedianya sumber daya dan kemudahan akses ke sumber daya tersebut. Agar dapat mencapai sumber daya yang ada diperlukan jaringan infrastruktur. Satterthwaite, Hug, Pelling, Reid, dan Lankao (2007) menjelaskan bahwa kerusakan infrastruktur akan melemahkan kegiatan ekonomi karena diperlukan biaya untuk memperbaiki kerusakan infrastruktur.

Analisis sosial dengan perspektif kerentanan umumnya berfokus pada aspek-aspek negatif atau kelemahan dari sebuah komunitas. Tradisi pendekatan kerentanan terbatas karena tidak mampu sepenuhnya menangkap, memahami dan mengendalikan semua perubahan dan ancaman yang mungkin dihadapi masyarakat. Karena realitas sosial yang dinamis, terus berubah dan terdiri dari banyak proses yang saling terkait, sangat sulit untuk menangkap perubahan sosial melalui indikasi berbasis indeks kerentanan dan mustahil untuk memprediksi semua kemungkinan hasilnya (Kelly & Adger, 2000; Walker et al., 2002).

Sebaliknya, pendekatan resiliensi seimbang dalam hal yang mencakup kerentanan dalam masyarakat serta sumberdaya dan kapasitas adaptif yang memungkinkan masyarakat untuk mengatasi kerentanan dan mengelola perubahan dengan cara yang positif. Perspektif resiliensi menerima bahwa perubahan tidak bisa dihindari dan kadang tidak terduga (Maguire & Cartwright, 2008; Resilience Alliance, 2007).

B. Penelitian Relevan

Penelitian yang relevan dengan penelitian ini adalah penelitian yang berjudul “*Can fishing communities escape marginalisation? Comparing overfishing, environmental pressures and adaptation in Thailand and the Philippines, Asia Pacific Viewpoint*”, dilakukan oleh Andriesse, et.al pada tahun 2020. Penelitian

tersebut membandingkan empat wilayah berbasis perikanan di Thailand dan Filipina untuk memeriksa apakah dan bagaimana komunitas nelayan skala kecil dapat lolos dari marginalisasi. Ada 3 permasalahan yang dikaji, yaitu: (1) Bagaimana komunitas nelayan telah dipengaruhi oleh penangkapan ikan yang berlebihan, perubahan iklim dan tekanan lainnya?, (2) Strategi adaptif apa yang digunakan oleh komunitas ini untuk mengurangi tantangan sosial, ekonomi, dan lingkungan?, (3) Apa dampak strategi-strategi adaptasi sebagai jalan keluar dari marginalisasi?. Melalui survei terhadap 393 rumah tangga berbasis perikanan dan wawancara mendalam dengan 59 informan kunci, ditemukan faktor pendorong, strategi, dan dampak yang tidak merata. Responden dengan berbagai atribut menghubungkan penurunan tangkapan ikan dengan penangkapan ikan secara ilegal, penangkapan ikan berlebihan, peningkatan populasi, perubahan iklim dan polusi. Studi kasus menggambarkan berbagai tingkat keberhasilan adaptif yang dihasilkan dari integrasi inisiatif top-down dan bottom-up, dan ketersediaan akses ke mata pencaharian. Namun, dampak dari strategi adaptif untuk mengatasi marginalisasi tetap kecil dan terkendala oleh kekuatan penangkapan ikan ilegal dan komersial serta tidak adanya perencanaan tata ruang terintegrasi. Peneliti menyebutkan perlu intervensi kebijakan dan penelitian lebih lanjut yang mempertimbangkan integrasi lembaga top-down dan bottom-up, dan berbagai dimensi dan ruang pendorong yang membentuk marginalisasi nelayan.

Relevansi dengan penelitian yang akan dilakukan adalah tentang aspek fisik, sosial, dan ekonomi sebagai parameter dampak perubahan iklim. Aspek fisik, sosial, dan ekonomi yang diteliti dititikberatkan pada masyarakat pesisir yang terdampak perubahan iklim sehingga melakukan strategi adaptasi. Dalam penelitian ini tidak hanya diteliti bentuk adaptasinya, tetapi sekaligus dilakukan penilaian kapasitas adaptif masyarakat pesisir dalam menghadapi perubahan iklim.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Tulis Kabupaten Batang yang ditentukan secara *purposive*. Adapun pertimbangannya adalah wilayah penelitian dapat mewakili karakteristik desa pesisir di wilayah pantai utara Jawa Tengah. Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Juni hingga November 2020.

B. Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh masyarakat pesisir di Kecamatan Tulis Kabupaten Batang, yang meliputi 17 desa. Adapun sampel dalam penelitian ini ditentukan secara *purposive*. Dalam penelitian ini sampel yang diambil adalah masyarakat petani (petani tambak, petani sawah) dan nelayan yang menetap dan menggantungkan hidupnya di wilayah pesisir pantai utara Jawa Tengah, dalam satu rumah tangga diambil 1 responden. Berdasarkan hasil observasi awal di lapangan diperoleh responden penelitian melalui rekomendasi tokoh masyarakat setempat sejumlah 69 orang.

C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data meliputi teknik pengumpulan data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan observasi dan wawancara menggunakan kuesioner, sedangkan pengumpulan data sekunder dilakukan dengan telaah dokumen, baik dari buku, kajian ilmiah, jurnal penelitian maupun dokumen lainnya.

D. Teknik Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan analisis deskriptif. Penilaian kapasitas adaptif dilakukan dengan pertimbangan faktor-faktor yang mempengaruhi (faktor fisik, sosial dan ekonomi). Selanjutnya dilihat bentuk kapasitas adaptif masyarakat yang dilakukan dalam menghadapi perubahan iklim

sebagai pertimbangan penyusunan upaya peningkatan kapasitas adaptif.

E. Luaran Penelitian

Luaran penelitian yang ditargetkan adalah:

1. Pembicara di seminar internasional.
2. Publikasi artikel ilmiah yang diterbitkan dalam jurnal internasional (under review).

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Kapasitas Adaptif Responden dilihat dari Aspek Fisik, Sosial, dan Ekonomi

Berikut ini disajikan kapasitas adaptif responden yang menjadi subyek penelitian sebagai berikut:

1. Jenis kelamin responden

Tabel 1. Jenis kelamin responden

Jenis Kelamin					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Laki-Laki	66	95.7	95.7	95.7
	Perempuan	3	4.3	4.3	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

Sumber: Data primer, 2020

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa kebanyakan responden berjenis kelamin laki-laki (95,7%), responden perempuan hanya sejumlah 4,3%. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas adaptif masyarakat dalam menghadapi perubahan iklim dilihat dari aspek jenis kelamin pada kategori kapasitas adaptif tinggi, mengingat hanya sebagian kecil responden yang berjenis kelamin perempuan dan berstatus janda. Dapat kita ketahui bahwa perempuan memiliki tingkat kerentanan fisik lebih tinggi daripada laki-laki.

2. Umur responden

Tabel 2. Umur Responden

Umur					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	21-30	6	8.7	8.7	8.7
	31-40	13	18.8	18.8	27.5
	41-50	24	34.8	34.8	62.3
	51-60	20	29.0	29.0	91.3
	61-70	4	5.8	5.8	97.1
	71-80	2	2.9	2.9	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

Sumber: Data primer, 2020

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa kebanyakan responden berada pada kelompok umur produktif, yaitu 41-50 tahun (34,8%), diikuti kelompok umur 51-60 tahun (29,0%), kelompok umur 31-40 tahun (18,8%), dan kelompok umur 21-30 tahun (8,7%). Responden yang berada pada kelompok umur lansia atau usia lebih dari 60 tahun relatif sedikit, terdiri dari kelompok umur 61-70 tahun sebesar 5,8% dan kelompok umur 71-80 tahun sebesar 2,9%. Hal ini menunjukkan kapasitas adaptif masyarakat dalam menghadapi perubahan iklim dapat dikatakan pada kategori tinggi dilihat dari aspek umur karena jumlah masyarakat yang berada dalam kelompok rentan (lansia) relatif sedikit.

3. Tingkat pendidikan responden

Tabel 3. Tingkat Pendidikan Responden

Tingkat Pendidikan					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak Sekolah	6	8.7	8.7	8.7
	Tidak Tamat SD	6	8.7	8.7	17.4
	SD	25	36.2	36.2	53.6
	SMP	27	39.1	39.1	92.8
	SMA	4	5.8	5.8	98.6
	D1-D2-D3	1	1.4	1.4	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

Sumber: Data primer, 2020

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa tingkat pendidikan responden didominasi tingkat pendidikan SMP (39,1%) dan diikuti tingkat pendidikan SD (36,2%). Tingkat pendidikan SMA dan perguruan tinggi (D1/D2/D3) masih rendah dan masih ada beberapa responden yang tidak tamat SD (8,7%), bahkan tidak sekolah (8,7%). Kondisi ini memungkinkan tingkat kapasitas adaptif masyarakat dalam menghadapi perubahan iklim dapat dikategorikan pada kategori menengah dilihat dari aspek pendidikan, mengingat masih ada beberapa responden yang belum dapat mengakses pendidikan dasar 6 tahun. Keterbatasan akses pendidikan tersebut memungkinkan masyarakat memiliki tingkat kerentanan tinggi untukantisipasi dampak perubahan iklim mengingat pengetahuan dan wawasan yang terbatas.

4. Pendapatan masyarakat

Tabel 4. Pendapatan Responden

Pendapatan Responden					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	< 3 juta rupiah/bulan	24	34.8	34.8	34.8
	3-5,5 juta rupiah/bulan	39	56.5	56.5	91.3
	> 5,5 juta rupiah/bulan	6	7.6	7.6	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

Sumber: Data primer, 2020

Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa pendapatan responden kebanyakan pada tingkat menengah, dengan pendapatan sebesar 3 – 5,5 juta rupiah/bulan (56,5%) dan diikuti pendapatan tingkat rendah < 3 juta rupiah/bulan (34,8%), dan sisanya pendapatan tingkat tinggi > 5,5 juta rupiah/bulan (7,6%). Kondisi ini memungkinkan kapasitas adaptif masyarakat dalam menghadapi perubahan iklim juga dapat dikategorikan tingkat menengah dilihat dari aspek pendapatan. Pendapatan responden akan mempengaruhi kemampuan adaptasi mereka dalam menghadapi dampak dari perubahan iklim.

B. Bentuk Adaptasi Responden dalam Menghadapi Perubahan Iklim

1. Perilaku adaptasi responden untuk meninggikan rumah

Meninggikan Rumah					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ya	33	47.8	47.8	47.8
	Tidak	36	52.2	52.2	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

2. Ketinggian rumah yang ditingkatkan oleh responden sebagai perilaku adaptasi

Ketinggian dalam Meninggikan Rumah					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak meninggikan rumah	36	52.2	52.2	52.2

	<10 cm	1	1.4	1.4	53.6
	10-30 cm	18	26.1	26.1	79.7
	>30 cm	14	20.3	20.3	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

3. Perilaku adaptif masyarakat untuk menanam mangrove di sepanjang garis pantai

Menanami mangrove di sepanjang pantai pada lahan timbul					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ya	32	46.4	46.4	46.4
	Tidak melakukan, karena petani tambak	4	5.8	5.8	52.2
	Tidak melakukan, karena petani sawah	33	47.8	47.8	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

4. Perilaku adaptif masyarakat untuk mengganggu adanya abrasi di pantai

Upaya lainnya yang dilakukan dalam usaha nelayan					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Penanaman pohon lainnya: cemara, ketapang	32	46.4	46.4	46.4
	Tidak melakukan, karena petani tambak	4	5.8	5.8	52.2
	Tidak melakukan, karena petani sawah	33	47.8	47.8	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

5. Perilaku masyarakat untuk menaggulangi perubahan iklim dengan melakukan penyemprotan hama wereng

Penyemprotan hama wereng					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ya	33	47.8	47.8	47.8
	Tidak	2	2.9	2.9	50.7
	Tidak melakukan, karena petani tambak	4	5.8	5.8	56.5
	Tidak melakukan, karena nelayan	30	43.5	43.5	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

6. Perilaku masyarakat untuk memagari sawah dengan plastik mulsa untuk menghalau hama tikus

Memagari sawah untuk menghalau tikus					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak	35	50.7	50.7	50.7
	Tidak melakukan, karena petani tambak	4	5.8	5.8	56.5
	Tidak melakukan, karena nelayan	30	43.5	43.5	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

7. Perilaku masyarakat untuk menaggulangi perubahan iklim dengan melakukan penanaman palawija

Menanami berbagai tanaman palawija					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak	35	50.7	50.7	50.7
	Tidak melakukan, karena petani tambak	4	5.8	5.8	56.5
	Tidak melakukan, karena nelayan	30	43.5	43.5	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

8. Perilaku masyarakat untuk menaggulangi perubahan iklim dengan melakukan pemupukan palawija

Melakukan pemupukan pada palawija agar hasil maksimal					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak	35	50.7	50.7	50.7
	Tidak melakukan, karena petani tambak	4	5.8	5.8	56.5
	Tidak melakukan, karena nelayan	30	43.5	43.5	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

9. Perilaku masyarakat untuk menaggulangi perubahan iklim dengan melakukan penangkapan ikan di tambak menggunakan jala

Menangkap ikan dengan menggunakan jala					
-----------------------------------------------	--	--	--	--	--

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ya	4	5.8	5.8	5.8
	Tidak melakukan, karena petani sawah	35	50.7	50.7	56.5
	Tidak melakukan, karena nelayan	30	43.5	43.5	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

10. Perilaku masyarakat untuk menaggulangi perubahan iklim dengan melakukan memanen tambak tanpa mengosongkannya

Memanen tambak tanpa melakukan pengosongan kolam					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ya	4	5.8	5.8	5.8
	Tidak melakukan, karena petani sawah	35	50.7	50.7	56.5
	Tidak melakukan, karena nelayan	30	43.5	43.5	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

11. Perilaku masyarakat untuk menaggulangi perubahan iklim dengan melakukan penanaman mangrove di sekitar tambak

Menanami mangrove disekitar kolam tambak sebagai langkah antisipasi kerusakan tambak akibat rob/ banjir					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ya	1	1.4	1.4	1.4
	Tidak	3	4.3	4.3	5.8
	Tidak melakukan, karena petani sawah	35	50.7	50.7	56.5
	Tidak melakukan, karena nelayan	30	43.5	43.5	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

12. Respon masyarakat bahwa perubahan iklim dapat memberikan dampak pada sumberdaya perikanan maupun pertanian

Perubahan iklim membawa dampak pada perikanan dan pertanian					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Setuju	69	100.0	100.0	100.0

13. Dampak yang dirasakan masyarakat akibat perubahan iklim pada sumberdaya perikanan maupun pertanian

Dampak perubahan iklim yang ditimbulkan					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Hasil Produksi Menurun	69	100.0	100.0	100.0

14. Respon masyarakat bahwa perubahan iklim dapat memberikan dampak pada kondisi kesehatan dan ketenangan jiwa

Perubahan iklim dapat mengganggu kondisi kesehatan masyarakat					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Setuju	68	98.6	98.6	98.6
	Tidak Setuju	1	1.4	1.4	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

15. Dampak yang dirasakan masyarakat akibat perubahan iklim pada kondisi kesehatan dan ketenangan jiwa

Dampak perubahan iklim pada kesehatan masyarakat					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Daya imun menurun, trauma, khawatir	69	100.0	100.0	100.0

16. Respon masyarakat bahwa perubahan iklim dapat memberikan dampak pada kerusakan harta benda maupun korban jiwa

Perubahan iklim dapat menimbulkan kerusakan pada harta benda dan korban jiwa					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Setuju	58	84.1	84.1	84.1
	Tidak Setuju	11	15.9	15.9	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

17. Dampak yang dirasakan masyarakat akibat perubahan iklim pada kerusakan harta benda maupun korban jiwa

Dampak perubahan iklim yang ditimbulkan pada kerusakan harta benda dan korban jiwa					
-------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Rusaknya alat elektronik	3	4.3	4.3	4.3
	Lainnya (Kapal Rusak)	22	31.9	31.9	36.2
	Lainnya (Hasil Pertanian Menurun/ Rusaknya Tanaman Pertanian)	33	47.8	47.8	84.1
	Tidak menyebabkan kerusakan harta benda maupun korban jiwa	11	15.9	15.9	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

18. Respon masyarakat terkait adanya perubahan iklim, maka diperlukan adaptasi

Diperlukan adaptasi pada perubahan iklim yang terjadi					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Setuju	68	98.6	98.6	98.6
	Tidak Setuju	1	1.4	1.4	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

19. Bentuk adaptasi yang dilakukan masyarakat terhadap perubahan iklim

Bentuk adaptasi yang dilakukan pada perubahan iklim					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Menanam tanaman yang lebih toleran terhadap perubahan musim	2	2.9	2.9	2.9
	Melindungi hasil panen pertanian/perikanan	35	50.7	50.7	53.6
	Nelayan berhenti melaut sementara ketika gelombang tinggi	31	44.9	44.9	98.6
	Tidak memerlukan adaptasi	1	1.4	1.4	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

20. Respon masyarakat terkait adanya perubahan iklim, maka diperlukan akses informasi terkait adanya perubahan iklim

Masyarakat mendapatkan akses informasi terkait perubahan iklim					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ya	66	95.7	95.7	95.7
	Tidak	3	4.3	4.3	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

21. Sumber informasi masyarakat untuk mengetahui terkait adanya perubahan iklim

Sumber informasi yang digunakan masyarakat untuk mendapatkan informasi perubahan iklim					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Media elektronik (televisi, radio)	10	14.5	14.5	14.5
	Media elektronik (televisi, radio) dan media massa internet (media online)	56	81.2	81.2	95.7
	Tidak mendapatkan akses informasi	3	4.3	4.3	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

22. Masyarakat mendapatkan pelatihan dari pemerintah setempat untuk meningkatkan pendapatan

Masyarakat mendapatkan pelatihan keterampilan dari pemerintah untuk meningkatkan pendapatn					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ya	55	79.7	79.7	79.7
	Tidak	14	20.3	20.3	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

23. Bentuk pelatihan yang diberikan pemerintah setempat untuk meningkatkan pendapatan masyarakat

Pelatihan yang didapatkan masyarakat untuk meningkatkan pendapatan					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Pelatihan ternak udang windu	2	2.9	2.9	2.9
	Pelatihan Nelayan	22	31.9	31.9	34.8

	Pelatihan Pertanian	28	40.6	40.6	75.4
	Pelatihan Tambak	3	4.3	4.3	79.7
	Tidak mendapatkan pelatihan	14	20.3	20.3	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

24. Masyarakat melakukan diversifikasi pendapatan sebagai cadangan pendapatan dari pekerjaan utama

Masyarakat melakukan diversifikasi pendapatan					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ya	16	23.2	23.2	23.2
	Tidak	53	76.8	76.8	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

25. Upaya diversifikasi pendapatan sebagai cadangan pendapatan dari pekerjaan utama yang dilakukan masyarakat

Diversifikasi pendapatan yang dilakukan oleh masyarakat					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Pertanian (petani tambak/ petani sawah) - kelautan (nelayan)	1	1.4	1.4	1.4
	Pertanian (petani tambak/ petani sawah) - non pertanian	8	11.6	11.6	13.0
	Kelautan (nelayan) - pertanian (petani tambak/ petani sawah)	1	1.4	1.4	14.5
	Kelautan (nelayan) - nonpertanian	1	1.4	1.4	15.9
	Lainnya	5	7.2	7.2	23.2
	Tidak melakukan diversifikasi pendapatan	53	76.8	76.8	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

26. Sebagai langkah antisipasi perubahan iklim, masyarakat

Masyarakat melakukan penyesuaian jadwal kegiatan usaha sebagai langkah adaptasi pada perubahan iklim					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ya	45	65.2	65.2	65.2
	Tidak	24	34.8	34.8	100.0
	Total	69	100.0	100.0	

C. Upaya yang Diperlukan dalam Peningkatan Kapasitas Adaptif Masyarakat Pesisir dalam Menghadapi Perubahan Iklim

Pak Kades (Rosbad 66th)

1. 1-2 tahun yang lalu masih sangat banyak pohon cemara dan mangrove di bibir pantai, namun sekarang beberapa pohon tersebut telah terkikis oleh abrasi dari laut. Abrasi sudah menjorok kurang lebih 30an meter ke daratan dan sudah mengikis jalan. Masyarakat sekarang sudah melakukan penanaman pohon mangrove dan cemara di bibir pantai guna menghalangi air yang masuk dalam daratan dan sebagai perilaku adaptif masyarakat untuk mengurangi dampak abrasi.
2. Rata-rata rumah penduduk belum ditinggikan, namun pembuatan rumah baru baru ini sudah ditinggikan kurang lebih ya 30-50cm karena tau akan bahaya banjir rob.
3. Penyemprotan hama dengan pengobatan pada padi gampang diakses, yang lumayan sulit adalah pupuknya (Mes).
4. Mengelola tambak menggunakan jala.
5. Untuk menghalang air rob yang masuk kedalam tambak biasanya menggunakan tanggul seperti papan yang bisa dibuka tutup untuk mengurangi dan menghalang air.
6. Ketika terjadi perubahan musim yang tidak menentu seperti musim hujan tapi kering dan sebaliknya seperti musim kemarau tapi hujan perilaku masyarakat petani secara keseluruhan tidak mendapatkan dampak yang besar karena pengairan / irigasi daerah tersebut sudah baik. Hal tersebut didukung dengan pembuatan bendungan air. Namun cuaca tidak bagus menjadikan kualitas udang tidak bagus seperti terkena penyakit dan hasil produksi menurun. Tahun ini banyak sekali kepanikan di penambak udang karena cuaca yang ekstrem. Penambak udang banyak sekali yang gagal panen. Pak kades sendiri saja telah mengalami gagal panen sebanyak 3x.
7. Nelayan di wilayah ini juga banyak terpengaruh karena musim yang tidak menentu, banyak sekali ikan yang tidak berada dalam wilayah bibir pantai atau dekat dengan daratan, ikan-ikan pada tahun ini banyak berada pada

wilayah laut yang jarak dengan daratan bisa mencapai 2 jam perjalanan perahu.

8. Penyakit yang sering diderita ketikan perubahan iklim biasanya adalah demam flu biasa.
9. Ketika terjadi banjir rob rata-rata barang elektronik dan kendaraan bermotor tidak rusak, karena banjir rob terjadi tidak lama, masyarakat sudahantisipasi ketika mau terjadi banjir rob dengan meletakkan barang berharga seperti barang elektronik dan kendaraan bermotor di tempat yang lebih tinggi.
10. Akses informasi iklim dan gelombang tinggi di wilayah ini rata-rata berasal dari TV dan HP (media sosial).
11. Pelatihan-pelatihan dari Desa Kedungsegog sudah dilakukan untuk mensejahterakan masyarakat seperti pemberdayaan pembibitan lele dan kelinci. Pemerintah desa juga sudah menjalin kerjasama dengan pihak ketiga seperti CSR BPI, kerjasama tersebut meliputi banyak kegiatan seperti pembibitan mangrove di pesisir pantai. Kolaborasi dengan PMI, Pokdarwis, CSR dan BPI. Sudah terdapat pengusula pembuatan tanggul ke BPI sebagai upaya pencegahan abrasi diwilayah tersebut, namun karena pada masa pandemi ini penurunan anggaran lumayan sulit.
12. Ketika terjadi perubahan iklim yang ekstrem masyarakat petani sudah membuat jadwal yang dikelola oleh gapoktan, pembuatan jadwal tersebut merupakan upaya perilaku adaptif untuk penyesuaian penanaman dan panen padi. Pembuatan jadwal juga bertujuan untuk masyarakat petani menanam padi dengan serentak serta penyesuaian penanaman dan panen padi. Penyesuaian penanaman padi juga memperhitungkan cuaca dengan harapan ketika hasil panen mendekati pemuahan tidak akan terkena angin, hujan yang deras atau banjir yang menyebabkan kerugian pada petani.
13. Upaya perlindungan tanaman padi didaerah ini hanya menggunakan obat-obatan kimia seperti insektisida, karena masyarakat daerah ini rata-rata mengerjar panen padi. Ketika masyarakat menggunakan obat-obatan berbahan dasar organik maka panen cenderung lebih lama.

Pak Kadus (Rabani)

1. Rumah dekat pesisir sudah pada ditinggikan rata-rata setengah meter.
2. Karena pada tahun-tahun ini perubahan cuaca ekstrem dan sering terjadi banjir rob.
3. Sudah terdapat penanaman cemara dan ketapang, karena pohon yang cocok ditanam di bibir pantai adalah cemara dan ketapang hal tersebut disebabkan oleh wilayah ini adalah berpasir.
4. Penanaman tanaman pangan disawah hanya padi, dan penanaman tersebut sudah terjadwal berkelompok dan dilakukan bersama.
5. Petani sudah diberikan fasilitas terkait kartu tani, namun kartu tani memberikan dampak negatif terhadap petani karena tidak dapat dengan leluasa membeli pupuk dan obat untuk padi, karena tiap petani sudah mendapatkan jatah masing-masing.
6. Perubahan iklim menyebabkan beberap kerugian kepada petani, terlebih mongso ketiga. Karena pada masa itu banyak sekali padi yang terkena penyakit. Cuaca ekstrem yang tidak menentu dapat memberikan dampak negatif pula seperti angin yang kencang dan hujan yang deras.
7. Perubahan iklim juga berdampak pada nelayan, dimana sekarang untuk mendapatkan ikan sulit, karena ikan baru didapatkan ketika melaut kurang lebih 2 jam dari daratan.
8. Perubahan iklim sudah menjadikan perilaku masyarakat menjadi terbiasa dan sudah tidak khawatir lagi.
9. Masyarakat juga sudah mengantisipasi seperti mengamankan barang elektronik dan kendaraan bermotor demi menghindari kerusakan harta benda.
10. Informasi terkait cuaca dan perubahan iklim rata-rata didapatkan di HP (WA dan sosial media lainnya)
11. Pada pertanian juga sudah terdapat bendungan yang mengairi sawah-sawah dan juga sebagai antisipasi air tidak meluap ke sawah ketika hujan deras.
12. Pada nelayan sudah terdapat pelatihan di Bandar seperti navigasi, antisipasi kecelakaan.

13. Rata-rata masyarakat roban barat cenderung menekuni satu pekerjaan pokok, yang muda melaut yang tua menjadi petani atau buruh.

Pak Ketua Gapoktan (Budi Santosa)

1. Petani wilayah ini sudah dikelompokkan menjadi 4 blok (Utara, Timur, Barat, Selatan) setiap blok diketua masing2 ketua. Setiap kelompok tani sudah terjadwal dengan baik dan tersusun rapi, jadi setiap penanaman dan panen teratur. Biasanya pembagian penanaman padi perkelompok terdiri dari kelompok (1 dan 2) dan (3 dan 4).
2. Bulan 9 dan bulan 10, hasil panen petani sangat baik.
3. Petani menggunakan blower digunakan untuk memanen padi.
4. Petani dulu mendapatkan bantuan mesin (grandong) untuk menjadikan petani modern dari pemerintah untuk meringankan pekerjaan petani, namun petani tidak mau karena asumsi mereka ketika ada mesin, pekerjaan mereka menjadi petani akan hilang atau takut tidak bisa bekerja menjadi petani lagi. Karena mereka tidak punya pekerjaan pokok lagi selain menjadi petani.
5. Petani melakukan penyemprotan hama dan wareng dilakukan dengan melihat kondisi tanaman ketika melihat padi terkena penyakit baru disemprot. Penyemprotan dilakukan secara pribadi.
6. Masyarakat diberikan kartu tani dengan tujuan untuk menyediakan pupuk untuk pertanian.
7. Penghilangan hama tikus dilakukan dengan disel air dan berkolaborasi dengan gapoktan dan petani2 lainnya. Lobang tikus disemprot dengan air memakai disel sehingga tikus yang didalam taah keluar semua dan dibunuh. Setelah itu lubang2 ditutup dengan tanah hingga rapat.
8. Petani di wilayah kedungsegog ini hanya menanam padi saja. Tidak ada tumpang sari atau metode lainnya, karena wilayah ini sudah tercukupi airnya karena bendungan. Sehingga setiap musim airnya selalu melimpah untuk pertanian.
9. Perubahan iklim seperti hujan deras dan angin yang kencang mempengaruhi produksi padi, produksi menjadi menurun dan kualitas beras lebih menurun.

Maka dari itu tahap panen dipercepat menjadi 4 bulan (dari membajak sampai panen).

10. Petani juga merasa rugi karena saat ini cuaca sulit diramal,
11. Terdapat sawah yang berlokasi di bibir pantai yang terdampak karena perubahan iklim seperti banjir rob, banjir tersebut tidak menghempas melalui permukaan tanah namun dari bawah tanah naik sehingga menggenangi sawah.
12. Petani di wilayah pesisir biasanya menanam pohon cemara untuk menanggulangi banjir rob dan angin yang kencang dari laut.
13. Masyarakat sudah merasakan jika terjadi perubahan iklim seperti menam sudah dll. Usaha untuk melindungi hasil pertanian masih tradisional.
14. Petani daerah ini juga pernah gagal panen, ena penyakit dan hama seperti tikus dan wereng.
15. Penyakit kresek sering melanda petani wilayah ini, yang menyerang ros ros tanaman padi sehingga padi menguning dan mati. Penyakit ini sulit diantisipasi oleh masyarakat petani. Sudah terdapat penyuluhan untuk mengatasi penyakit ini namun masyarakat kurang antusias dan sulit mengikuti ajaran tersebut.
16. Terdapat fenomena lucu yang melanda petani. Fenomena tersebut adalah angin yang bergelombang, ketika gelombang angin tersebut kebawah dan mengenai padi maka padi akan garing atau kering. Jadi sawah yang terkena gelombang angin tersebut rusaknya selang-seling. Ada yang kering, ada yang biasa saja, kemudian terdapat yang kering lagi. Sehingga fenomena angin tersebut susah diantisipasi.
17. Petani disini juga sudah membuat aksesibilitas sendiri seperti jalan usaha tani untuk mempermudah akses petani dalam bertransportasi dari sawah ke permukiman. Jalan tersebut dibuat dari pemerintah desa serta masyarakat.
18. Petani dikedung segong sangat diuntungkan dengan adanya bendungan kenconorejo, karena air tidak pernah kekurangan, dan wilayah sawah kedungsegong dialiri oleh bendungan pertama kali dari wilayah lain.

19. Sudah terdapat kerjasama dengan Dinas pertanian seperti penyuluhan penanaman dan jarak tanam atau bisa disebut dengan penyuluhan tata cara petani padi.

Kepala Rukun Nelayan (Pak Suroso)

1. Dampak perubahan iklim juga menyerang ekonomi, perubahan iklim menyebabkan pendapatan ikan menurun dan penjualan lebih sulit.
2. Nelayan sudah melakukan pembibitan pohon seperti cemara dan ketapang sebagai upaya pengurangan abrasi. Pohon mangrove sudah jarang ditanam karena tanah yang tidak cocok (berpasir).
3. Perubahan iklim seperti setelah angin besar dan ombak yang besar menyebabkan hasil produksi penangkapan ikan naik, karena ikan cenderung berada di dekat daratan dan menggerombol. Ketika ombak landai ikan cenderung jauh ketengah laut dan sulit ditangkap.
4. Masyarakat nelayan sudah beradaptasi terhadap perubahan iklim, mereka tidak khawatir dan cemas karena sudah dapat diantisipasi.
5. Barang elektronik dan kendaraan bermotor sudah dievakuasi ke tempat yang lebih tinggi sehingga tidak menimbulkan kerugian harta benda.
6. Nelayan rata-rata menunggu ombak dan angin yang besar sampai lebih reda dan baru melaut, ketika gelombang tinggi sehari-hari masyarakat nelayan tidak melaut. Mereka mengandalkan hasil dagangan dan menyambi pekerjaan lain seperti bedagang untuk bertahan hidup.
7. Nelayan mendapatkan informasi perkiraan cuaca dan perubahan iklim rata-rata dari media sosial.
8. Praktik-praktik pelatihan nelayan juga pernah dilakukan seperti pengolahan ikan asin (Penggerehan).
9. Perubahan iklim menyebabkan nelayan sulit dalam menjual ikannya karena produksi penangkapan ikan menurun dan stock ikan yang diminta kadang tidak didapatkan atau kekurangan hasil.

BAB V

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kapasitas adaptif masyarakat pesisir Kecamatan Tulis dalam menghadapi perubahan iklim: dilihat dari faktor fisik (jenis kelamin dan umur) berada pada kategori tinggi, dilihat dari faktor sosial (pendidikan) dan faktor ekonomi (pendapatan) berada pada kategori menengah.
2. Bentuk kapasitas adaptif masyarakat pesisir Kecamatan Tulis dalam menghadapi perubahan iklim, yaitu dengan meninggikan rumah, menanam mangrove, menyemprot hama wereng, memagari sawah untuk menghalau tikus, menanam berbagai tanaman palawija, melakukan pemupukan, menangkap ikan dengan jala, dan memanen tambak tanpa pengosongan kolam.
3. Upaya yang perlu dilakukan masyarakat pesisir Kecamatan Tulis untuk meningkatkan kapasitas adaptif: melakukan koordinasi kelembagaan antara pihak desa-dusun-gapoktan-kepala rukun nelayan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriesse, E., Kittitornkool, J., Saguin, K., and Kongkaew, C. (2020). Can Fishing Communities Escape Marginalisation? Comparing Overfishing, Environmental Pressures and Adaptation in Thailand and The Philippines. *Asia Pacific Viewpoint*, DOI: 10.1111/apv.12270.
- Ary Wahyono, Masyhuri Imron, Ibnu Nadzir. (2013). Kapasitas Adaptif Masyarakat Pesisir Menghadapi Perubahan Iklim: Kasus Pulau Gangga, Minahasa Utara. *J. Kebijakan Sosek KP*, Vol. 3, No. 2, Tahun 2013.
- Frankel-Reed, J., Barbara, F.T., Ilona, P., Alfred, E., & Mark, S. (2011). *Integrating Climate Change Adaptation Into Development Planning*. Eschborn: Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- Gupta, J., Termeer, C., Klostermann, J., Meijerink, S., van den Brink, M., Jong, P., Bergsma, E. (2010). The Adaptive Capacity Wheel: A Method to Assess The Inherent Characteristics of Institutions to Enable The Adaptive Capacity of Society. *Environmental Science & Policy*, 13 (6), 459-471. doi:10.1016/j.envsci.2010.05.006.
- Hilma Qoniana Purifyningtyas, Holi Bina Wijaya. (2016). Kajian Kapasitas Adaptasi Masyarakat Pesisir Pekalongan terhadap Kerentanan Banjir Rob. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, Volume 4 Nomor 2, Agustus 2016, 81-94 <http://dx.doi.org/10.14710/jwl.4.2.81-94>.
- IPCC. (2007). Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. A *Special Report of Working Group II of the Inter-governmental Pannel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kumalasari, N. R. (2014). Kapasitas Adaptasi terhadap Kerentanan Perubahan Iklim di Tambak Lorok, Kelurahan Tanjung Mas Semarang. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 10 (4), 476-487.
- Rosenzweig, C., and M. Parry. (1994). Potential Impact of Climate Change on World Food Supply. *Nature*, 367: 133-138.
- Subair, Lala M. Kolopaking, Soeryo Adiwibowo, M. Bambang Pranowo. (2014). Adaptasi Perubahan Iklim Komunitas Desa: Studi Kasus di Kawasan Pesisir Utara Pulau Ambon. *Jurnal Komunitas* 6 (1): 57-69. DOI: 10.15294/komunitas.v6i1.2943.

KISI-KISI INSTRUMEN PENELITIAN

NO	KAPASITAS ADAPTIF
1	Aspek Fisik
a	Kemampuan melakukan perbaikan jaringan infrastruktur (jalan, air bersih, drainase, telekomunikasi, listrik)
b	Kemampuan meninggikan rumah (< 10 cm, 10-30 cm, > 30 cm)
c	Kemampuan menerapkan teknologi dalam mengurangi genangan (penanaman mangrove di sepanjang pematang tambak dan di pantai pada lahan timbul)
d	Kemampuan menerapkan teknologi pertanian (penyemprotan hama wereng dengan insektisida, memagari sawah dengan plastik untuk mengatasi serangan tikus, menanam bermacam-macam palawija pada waktu yang sama untuk memanfaatkan hujan, melakukan pemupukan untuk meningkatkan hasil palawija)
e	Kemampuan menerapkan teknologi perikanan (memanen ikan tanpa mengosongkan tambak, menangkap ikan dengan menggunakan jala)
2	Aspek Sosial
a	Masyarakat memiliki kemampuan membangun hubungan dan kerjasama yang baik dengan pihak luar (pemerintah, swasta, LSM)
b	Masyarakat memiliki jaringan sosial yang kuat yang dapat dijadikan sumber dukungan sosial (pemerintah, swasta, LSM)
c	Masyarakat memiliki pengetahuan dan pemahaman dampak perubahan iklim pada sumberdaya perikanan dan pertanian, kesehatan dan ketenangan jiwa masyarakat, kerusakan harta benda dan korban jiwa
d	Masyarakat memiliki pengetahuan dan pengalaman dalam adaptasi perubahan iklim terhadap perubahan musim
e	Masyarakat memperoleh pendampingan kegiatan mengurangi dampak genangan sehingga lingkungan tempat tinggal sehat dan sumberdaya air juga sehat dan cukup
f	Peran lembaga (pemerintah dan LSM) dalam meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya mangrove bagi perekonomian dan perlindungan lingkungan/desa, misal melalui siaran radio
g	Masyarakat memiliki akses informasi tentang perubahan iklim dan prakiraan cuaca agar dapat melakukan adaptasi dengan baik
3	Aspek Ekonomi
a	Ketersediaan dana dari pemerintah untuk perbaikan jaringan infrastruktur
b	Adanya kegiatan pelatihan keterampilan untuk peningkatan ekonomi (praktik ternak udang windu, praktik bandeng tambak)
c	Adanya diversifikasi sumber penghasilan (pertanian-kelautan, pertanian-nonpertanian, kelautan-pertanian, kelautan-non pertanian)
d	Adanya ekstensifikasi tambak (sewa kavling lahan timbul pada aparat desa setempat)
e	Penyesuaian jadwal kegiatan usaha (petani padi sawah, petani tambak) dengan perkiraan musim
f	Melakukan alih profesi menjadi pemandu wisata (pengembangan ke sektor pariwisata)

LAPORAN PENELITIAN KERJASAMA INTERNATIONAL



Judul:

THE IMPACT OF COVID-19 ON SOUTH-EAST ASIA: A COMPARATIVE STUDY ON
SINGAPORE AND INDONESIA

Diusulkan Oleh

Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si./NIP. 19591129 198601 1 001

Pandhu Yuanjaya, S.Sos., MPA./NIP. 19900713 201803 1 001

Arif Ashari, S.Pd., M.Sc./NIP. 19860302 202012 1 003

Sulfikar Amir, Ph.D./Nanyang Technological University

Agus Setiawan/NIM. 18406241050

Galuh Muhammad Fathurrahman/NIM. 18406244011

Ada Kurnia/NIM. 19718251038

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
TAHUN 2021

VALIDITY

LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL PENELITIAN PENELITIAN KERJASAMA INTERNATIONAL

1. Judul Penelitian : The Impact of COVID-19 on South-East Asia: A Comparative Study on Singapore and Indonesia
2. Ketua Peneliti :
 - a. Nama lengkap : Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.
 - b. Jabatan : Lektor Kepala
 - c. Program Studi : Pendidikan Geografi - S1
 - d. Alamat : Perumahan Kavling UII No.20 Jl. Kaliurang Km. 14 Yogyakarta
 - e. Telepon : +6285226211591
 - f. e-mail : suhadi_p@uny.ac.id
3. Bidang Keilmuan : Sosial
4. Skim : PENELITIAN KERJASAMA INTERNATIONAL
5. Tema Penelitian Payung : Sosial – hukum
6. Sub Temap Penelitian Payung :
7. Kelompok Peneliti :

No	Nama, Gelar	NIP	Bidang Keahlian
1.	Pandhu Yuanjaya, S.Sos., MPA.	19900713 201803 1 001	
2.	Sulfikar Amir, Ph.D		Sosiologi
3.	Arif Ashari, S.Pd., M.Sc.	19860302 202012 1 003	Geografi
4.	Sulfikar Amir, Ph.D		Sosiologi

8. Mahasiswa yang terlibat :

No	Nama	NIM	Prodi
1.	Agus Setiawan	18406241050	Pendidikan Sejarah
2.	Galuh Muhammad Fathurrahman	18406244011	Pendidikan Sejarah
3.	Ada Kurnia	19718251038	Pendidikan Sejarah


9. Lokasi Penelitian : Indonesia Singapura
10. Waktu Penelitian : 25 April 2021 s/d 25 Oktober 2021
11. Dana yang diusulkan : Rp. 50.000.000,00

Mengetahui,
Dekan FIS,



Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.
NIP 19591129 198601 1 001

Yogyakarta, 6 April 2021
Ketua Pelaksana



Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.
NIP 19591129 198601 1 001

Menyetujui,
Ketua LPPM,



Dr. Drs. Siswanto, S.Pd., M.Kes.
NIP 19770310 199903 1 002

ABSTRACT AND SUMMARY

The global outbreak of Covid-19 has brought major impact in almost every field, especially social and economy. The effect is devastating and countries all over the world suffered from it. The countries in the proximity of the place where it began to spread get the most severe effect. As countries within the region of Southeast Asia, Indonesia and Singapore should deal with this condition and each has the method to response the disaster.

This research uses qualitative-descriptive method to study the effect of Covid-19 in Indonesia and Singapore. This research would mainly focus on the social and economic condition of the two countries since the pandemic affects those two sectors the most. The subjects of this research are people from various social backgrounds.

The aims of this research is to give a discourse which determine the social and cultural effects of the pandemic by comparing the premise between two countries. Although Indonesia and Singapore resided within the same region, both have unique method in facing, mitigating and resolving the problem from the disease.

Keywords: *Covid-19, social, culture, Indonesia, Singapore*

TABLE OF CONTENT

VALIDITY	i
ABSTRACT AND SUMMARY	ii
TABLE OF CONTENT	iii
CHAPTER I. INTRODUCTION.....	1
A. Background of the Research	1
B. Problem Formulation	4
C. Objective of the Research	5
D. Significances of the Research	5
E. Research Road-map	5
CHAPTER II. LITERATURE STUDY.....	7
A. State of the Art	7
B. Importance of This Research	10
C. Contribution of This Research	10
CHAPTER III. INTRODUCTION	11
A. Type of Research	11
B. Place and Time of Research.....	11
C. Sampling Technique	11
D. Data Collection Technique	12
E. Data Analysis Method.....	13
F. Research Output.....	14
G. Research Flow Diagram.....	14
CHAPTER IV. PERSONALIA	15
A. Researcher Team.....	15
B. Budgeting.....	16
CHAPTER V. SCHEDULE.....	18
CHAPTER VI. RESULT AND DISCUSSION.....	19
A. Education	19
B. Social Culture.....	30
C. Tourism.....	38
D. Environment.....	41
BIBLIOGRAPHY.....	48
ATTACHMENT	

CHAPTER I. INTRODUCTION

A. Background of the Research

Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) is spreading around the world at an alarming rate. Until April 2021, 129 million people worldwide are infected with this virus (Johns Hopkins University, 2021). The crisis due to COVID-19 is unprecedented and requires steps that have not been taken before. Walker, et al (2020) estimate that global mortality will be at 40 million without any mitigation, and will decrease to 2 million people if governments in all countries can reduce human-to-human contact by up to 75 percent.

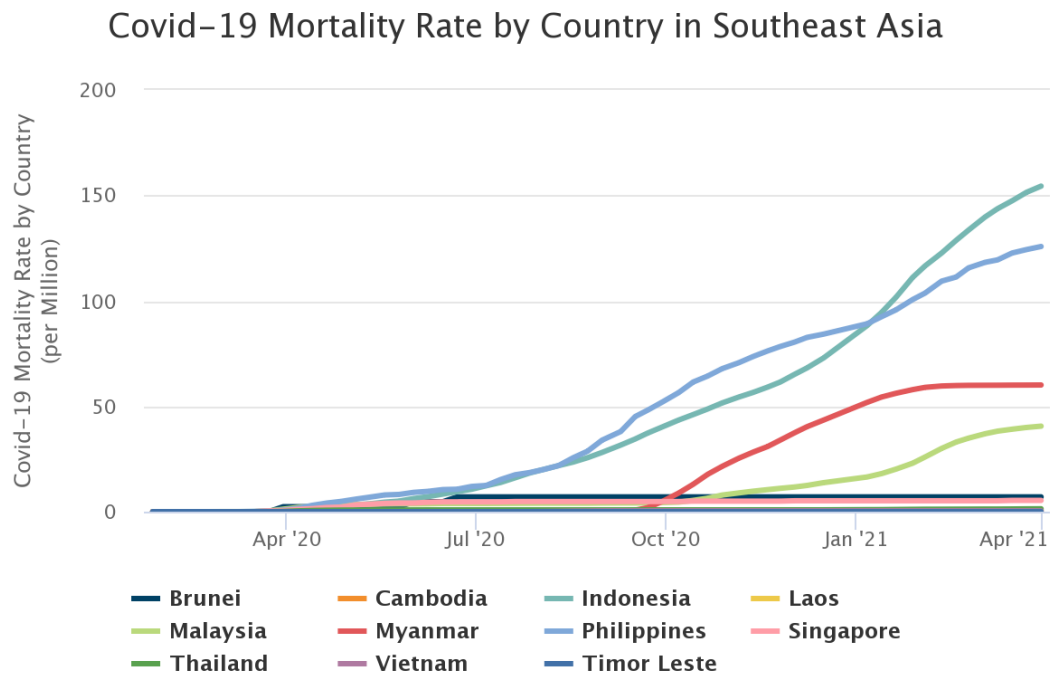
Covid-19 is a term used to describe acute respiratory disease caused by the Corona virus and the naming is officially issued by the World Health Organization (WHO). The most common symptoms of COVID-19 are fever, dry cough and fatigue. Some patients may have aches and pains, nasal congestion, sore throat or diarrhoea. These symptoms are usually mild and start gradually. Some people become infected but they only have very mild symptoms. Most people (about 80%) recover from the disease without the need for hospital treatment. About 1 in 5 people who have COVID-19 becomes seriously ill and has difficulty breathing. Older people, and those with underlying medical problems such as high blood pressure, heart and lung problems, diabetes, or cancer, are at a higher risk of developing serious illnesses. However, anyone can catch COVID-19 and become seriously ill. Even, people with very mild symptoms of COVID-19 can spread the virus. People of all ages who have fever, cough and difficulty breathing should seek medical treatments. The big threat from Covid-19 is its very fast spreading ability. People can catch COVID-19 from other people who have the virus. As a result, many parties have issued physical distancing policies at the individual and community levels, even up to large-scale social restrictions or in Indonesia it is called Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB). The space for movement is limited to stop the spread of Covid-19 so that the case can be reduced to recovery or disappear altogether. To do this, strict rules for human mobility are also applied to areas with a number of Covid-19 sufferers. As a consequence, human movement is limited and they are warned to do any activities from home. Many government and private organizations employ employees from home. This condition is not favorable for low-income groups of people who rely on daily income. Income is low and there is a shortage of costs to meet household needs. They rely on government assistance

to get through this critical period due to restrictions on human movement and mobility due to Covid-19.

The implication is clear, the COVID-19 crisis is no longer limited to health issues, but has become a multidimensional life, especially the economy. The Covid-19 crisis had a major negative impact on the economy (Hausmann, 2020), hitting all industrial and service sectors with a major impact on the workers. When 10 percent of the population is infected, the production capacity will experience a large deficiency that will have an impact on the reduction of employees (Atkeson, 2020). The long-term effect will lead to a massive wave of unemployment as well as a very bad economic recession. An economic recession will drive millions of people into poverty. Simulations covering 138 developing countries and 26 high-income countries found that even in the mildest scenario, COVID-19 could impoverish an additional 85 million people (Sumner, Hoy, and Ortiz-Juarez, 2020).

The COVID-19 pandemic in Southeast Asia is one of the cases that need attention. The virus was confirmed to have spread to Southeast Asia on January 13, 2020, when a 61-year-old woman from Wuhan tested positive in Thailand. The first death, on February 2, 2020, was a 44-year-old Chinese man in the Philippines, also the first outside China. On March 24, all states in the Southeast Asia region have announced at least one case. On April 2, 2021, Indonesia has the highest number of cases and deaths, ahead of the Philippines in second place. No deaths were reported in Timor Leste and Laos. These, along with Brunei, are the three least affected countries in Asia (excluding the special

administrative region of Macau). The increase in mortality in Southeast Asia is also quite alarming due to the increasing trend (Figure 1)



CSIS Southeast Asia Program | Source: Johns Hopkins University

The economic impact is more severe than the baseline projections for annual growth across Southeast Asia. Various studies estimate that COVID-19 will reduce the region's economic growth rate to between 1 and 4 percent, even though some have experienced deep recessions. Vulnerable individuals and households that are already bordering poverty can widen inequalities and even make people poor. The impact of COVID-19 in Southeast Asia is huge because of the concentration of economic activity, demography and urbanization, especially the flow of mobility that can make the situation worse. In Indonesia, for example, as a country with the largest number of people infected with COVID-19 in Southeast Asia, the condition of poverty in Indonesia before the COVID-19 pandemic is actually still an unsolved problem. The poverty rate is still high, namely 25.14 million people or 9.22 percent of the total population (BPS, 2019). The large poverty rate in Indonesia is also the cause of inequality, which is still high at 0.38 in 2019 (BPS, 2019). Meanwhile, Singapore with the ability to handle COVID-19 through capacity, resources and government systems is able to show a fast response and provide a broad stimulus package so that it shows signs of early recovery (UNDP, 2020). Even though, the Singapore government must also face the global impact of the pandemic in a socio-economic context.

Countries in Southeast Asia have carried out various efforts in dealing with the COVID-19 pandemic. However, there is a wider impact, including on jobs, livelihoods, education and social welfare. COVID-19 and regulations are implemented to decrease the spread of the virus affecting everyone, regardless of socioeconomic status, but there are still certain populations that are affected by the virus and disproportionately have an economic impact.

The increase in the poverty rate directly has an impact on welfare which affects the fulfillment of basic needs in society (Sen, 1981), and further causes social vulnerability (Kakwani and Silber, 2008). Moreover, the World Bank (2019) estimates that people in developing countries are at the poverty line, tend to falling back below the poverty line if inflation and economic stabilization are not maintained. The COVID-19 pandemic, which has infected more than two million people by April 2020 in Southeast Asia, will certainly accelerate the vulnerable population to return to below the poverty line.

Pandemics could increase inequality and undermine progress on poverty reduction in the Southeast Asia region (asean.org). Poverty, seen from the income of millions of people, remains vulnerable to poverty due to economic shocks due to the pandemic. Moreover, multiple vulnerabilities, including age, gender, disability, and minority or nationality status, could make the accessibility of social safety nets, education and health care worse during the pandemic.

This research will highlight the problem of the COVID-19 pandemic in Indonesia and Singapore. Comparative analysis of the effects of the COVID-19 pandemic in the political, social and educational contexts, both in Indonesia and Singapore, is a focus of this research. Thus, this research will show a more effective and efficient policy pattern for handling COVID-19 in the two countries. Furthermore, this research is expected to be able to provide a broader and deeper overview of the impact of the COVID-19 pandemic in Indonesia and Singapore.

B. Problem Formulation

The formulation of the problem in this research as follows:

1. How is the development of COVID-19 in Indonesia and Singapore?
2. How are the policies made handling the COVID-19 pandemic in Indonesia and Singapore?

3. How are the impacts of the COVID-19 pandemic on the social and education sectors in Indonesia and Singapore?

C. Objective of the Research

In relation to the research questions formulated above, the objectives of the research are:

1. To describe the development of the COVID-19 pandemic in Indonesia and Singapore.
2. To describe how the policies made handle the COVID-19 pandemic in Indonesia and Singapore.
3. To provide an overview of the social and educational impacts of the COVID-19 pandemic in Indonesia and Singapore.

D. Significances of the Research

This study provides empirical data on the development, handling and impact of a pandemic. Thus, data and analysis of data in this research can be used by the government to make policies on managing pandemics in the long term. This research can also be used by other researchers to compare the development, handling and impact of a pandemic in comparison in the Southeast Asian region.

E. Research Road-map

Covid-19 effect on the society in various countries has become a common topic among researchers. Most of those researches focused in Asian countries like Indonesia (Parwoto, et al., 2020), (Hadiwardoyo, 2020), (Hanoatubun, 2020), (Ngadi, et al., 2020), (Aji, 2020) Korea Selatan (Chun & Kim, 2020), (Chairani, 2020), Nepal (Poudel & Subedi, 2020), Thailand (Komin & Thepparp, 2021) and Malaysia (Rauf, et al., 2020). Others took a multinational approach around Europe and Asia (Apresian, 2020). From those researches, we can infer the points about Covid-19 effects towards a vast aspect of social and economical life. In regards of this complex problem which threatens the society, it is an imperative to find a series of study to identify and explain the effect of the pandemic in Indonesia and Singapore. The following premises which should also become a cause for concern are the treatment and mitigation of the disease

which requires a deep analysis on government's policy and people's response, both in Indonesia and Singapore

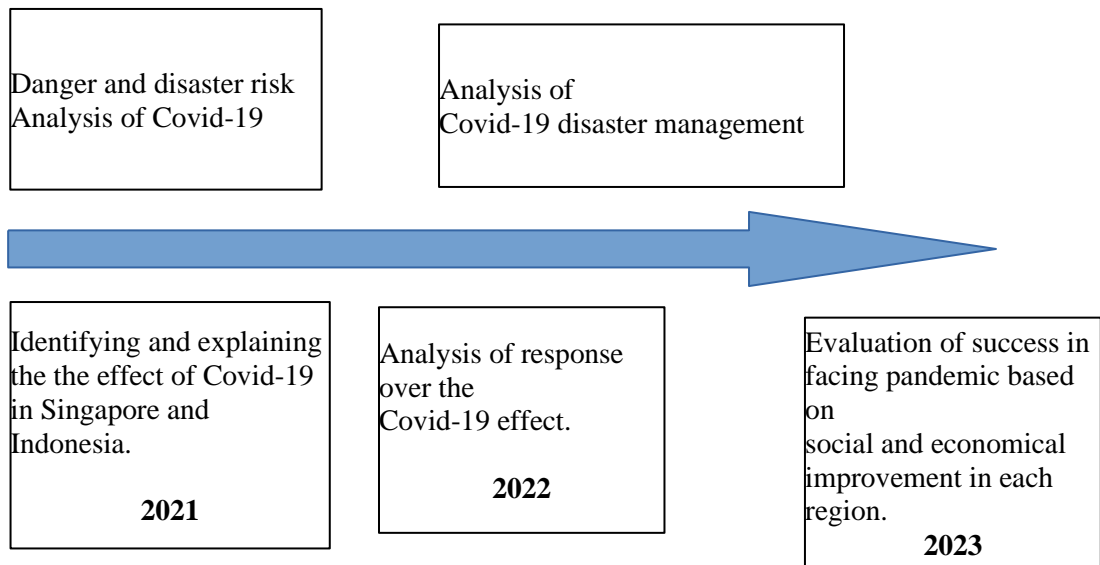


Figure 2. Research Road-map

CHAPTER II. LITERATURE REVIEW

A. State of the Art

The COVID-19 pandemic was firstly reported in Wuhan, China in December 2019 (Santos, 2020) and was then declared a global pandemic by WHO on March 11, 2020 (Chaudry et al, 2020; Parry and Gordon, 2020). In the span of one year, the COVID-19 pandemic has had many impacts on the lives of the global community. After the determination of COVID-19 as a global pandemic, many studies related to the impact of this pandemic have also been carried out. Tisdell (2020) presents issues in the economic, social and political fields that have arisen due to the COVID-19 pandemic. The results of the studies conducted show that the entire global economic, social and political framework has experienced shocks due to the pandemic. In particular, there are several aspects that are in the spotlight, among others: (1) social relations that have experienced a lot of movements due to the impact of the pandemic, (2) socio-economic losses due to the lockdown of educational institutions, (3) the economic impact imposed on psychological-psychiatric effects, (4) an increase of unemployed and reduced employment opportunities due to the pandemic, (5) determination of policies related to the handling of the pandemic and the response of various community groups, (6) the impact on the decrease in research funding in various fields, especially at universities.

Tisdell (2020) further explains that various economic, social and political aspects as described above, also still require further study. In this regard, this research will also conduct a study to elaborate on the economic impact of the pandemic, policies on handling COVID-19 and community responses, as well as the impact of the pandemic in the education sector, in Indonesia and Singapore. Santos (2020) explains that the COVID-19 pandemic has an impact on isolation, social stress, low socioeconomic status, that then has an impact on decreased immunity. This study tends to look at the impact of a pandemic on health which then needs to be followed up with appropriate policy making and handling to minimize the impact. Noda (2020) also stated socioeconomical transformation and mental health get impacts of COVID-19. The important point conveyed from this presentation is how to prepare for the new normal situation by referring to the socioeconomic transformation that occurs as a result of the pandemic. Compared to studies from Santos (2020) and Noda (2020), the research to be carried out is different because it will focus on identifying and

elaborating on the impact of the COVID-19 pandemic on socio-economic conditions in Indonesia and Singapore. However, studies related to the policy making and preparation for the new normal situation in the two countries are also considered aspects to discuss recommendations that can be given as a follow-up to the findings obtained from the research.

There have also been extensive studies highlighting the combined social and economic impacts of the COVID-19 pandemic. Abbasi-Shavazi (2020) conducted a study on the impact of the pandemic on the economic recession and the condition of refugees in Iran. The pandemic situation is very difficult for refugees because of economic weakness and limited space for movement. Meanwhile, Martin et al (2020) highlighted the socio-economic impact of the COVID-19 pandemic on household consumption and poverty. The results of this study indicate that the pandemic has an impact on income, causing the use of savings to sustain consumption, and the poverty rate to increase. This model is the first step in measuring the impact of COVID-19 at the household level on a regional scale. Noy et al (2020) specifically conducted a study of economic impacts with detailed geo-spatial resolution. The results of the study show that the economic risk from this pandemic is very high in large parts of Sub-Saharan Africa, South Asia and Southeast Asia. This study conducted by Abbasi-Shavazi (2020) and Martin et al (2020) provides a reference for future research to highlight the socio-economic impact of the pandemic on various groups of people in Indonesia and Singapore. Meanwhile, a study conducted by Noy et al (2020) shows that economically, Southeast Asia is a high-risk region for a pandemic. For this reason, the research that will be carried out will also pay more attention to the economic impact, especially in Indonesia and Singapore.

Socially, there are interesting study results related to the impact of the COVID-19 pandemic, namely the issue of gender and ethnic equality in relation to the pandemic. Hupkau and Petrongolo (2020) in their study in the United Kingdom show that the work of men and women are equally affected widely when measured by job loss and annual leave. Women tend to be less to suffer from changes in working hours and income, but have an increased need for childcare. In South Africa, Parry and Gordon (2020) found that gender inequality during the pandemic had a negative impact on women both in the economy in general, at work and at home. Platt and Warwick (2020) found that the impact of the economic and public health crisis caused by the COVID-19 pandemic has revealed inequality between ethnic groups in England and Wales. The study's findings

show that most minority groups suffer more deaths than the majority white British group. Differences in underlying health conditions such as diabetes may play a role, as many works exposed to the virus, given the very different job market profiles of ethnic groups. The fact of gender and ethnic inequality seems to be an interesting problem to study in future research, knowing that Indonesia and Singapore have ethnic diversity and gender equality issues that are still relevant to be discussed.

Studies related to the impacts of the COVID-19 pandemic on the socio-economic conditions of the population within the territory of the country have also been widely carried out. These various studies provide direction, inspiration, and guidance for the research to be carried out, where this research will also examine the impact of the pandemic in a broad sense within the scope of Indonesia and Singapore. In the scope of the country, Ceylan (2021) in his research in Turkey shows that due to the implementation of the lockdown, the demand for electrical energy in the business world and industry has dropped dramatically so that a solution is needed by finding reliable models to continue safe, secure, and reliable power. In India, Sharma et al (2020) conducted a study of policies in the economic sector as a result of a pandemic. The study shows that in developing countries like India, the impact of the crisis is higher due to slower growth rates, poor health infrastructure, and significant populations living in extreme poverty. While the government is taking steps to deal with this crisis, no one can be sure whether these measures are adequate or not, as this will depend on how quickly the spread of the virus can be contained. Sharma et al (2021) even compared it with the 1918 Spanish Flu pandemic. In this case there are similarities in the socio-economic impacts experienced in which developing countries suffer more than developed countries. However, the current digital era is very helpful in reducing the massive economic impact.

Rasheed et al (2021) conducted a study on the socio-economic and environmental impacts of the COVID-19 pandemic in Pakistan. The study analyzes the short-term and long-term effects of the peak of COVID-19 on the socio-economic and environmental aspects of Pakistan. This study also calculates the economic impact of the lockdown imposed by the government, increased poverty, and identifies the primary, secondary and tertiary economic sectors that were most affected during the peak of the pandemic. Gounder (2020) conducted a study on the impact of the pandemic on the island states of Fiji and Vanuatu. This study shows the economic impact of the pandemic through the tourism sector. In Oceania nations, restrictions on tourism travel

have led to a halt in tourism and the economy in Small Islands Developing States (SIDS). Meanwhile in Hungary, Benedek et al (2021) found that the Covid pandemic has created chaos in the local food system. There were problems and challenges that have never appeared before. The restrictions on movement and the closure of established retail outlets resulted in the separation of consumers and producers. In the end, small producers are receiving the broad impact of this pandemic. Food security problems are also found in the United Kingdom as discovered by Rivington et al (2021).

B. Importance of This Research

The importance of this international joint-research is to know the impact of the Covid-19 pandemic that occurred in Indonesia-Singapore. The Covid-19 pandemic hit almost all countries in the world including Indonesia-Singapore. It caused tremendous panic for the entire community, as well as disrupting all sectors of life based on the economy, socio-culture, tourism and education. The various restrictions imposed have an impact on all sectors of life, especially the economic sector, which indirectly causes economic slowdowns. Beside that, the education sector was also hit by a quite fatal impact. Teaching and learning activities have to be done remotely. However, from this policy there are also many parties who aren't ready to carry out distance learning. It isn't only the readiness that still needs to be addressed from this distance learning, many people are apparently unable to participate in distance learning activities due to the limited capacity of the community, many of them didn't have devices that it can support distance learning.

C. Contribution of This Research

This research aims to become:

1. From this results of the research, it is hoped to get good benefits for all parties that related to handle the impact of Covid-19 in various sectors, especially the education sector between Indonesia and Singapore.
2. It provides policy recommendations for handling the impact of covid-19 in Indonesia-Singapore, especially in the education sectors.
3. It accelerates to recover in various sectors of life due to the Covid-19 pandemic.

CHAPTER III. RESEARCH METHOD

A. Type of Research

Bogdan and Taylor (2015: 3) This research uses qualitative-descriptive method which aims to depict the effect of Covid-19 in Indonesia and Singapore. This research method is suitable for studying the fact behind the phenomenon of the pandemic that affected the two different countries which social background and culture are very different.

B. Place and Time of Research

This research was conducted in Singapore and Indonesia simultaneously from April to October, 2021. Both countries are selected for the research because each possesses unique characteristics in regard of this outbreak. Singapore which is well-known as a well-developed country is relatively ready in dealing with the pandemic. The available technology and the awareness of the citizens takes a main role during this time. On the other hand, Indonesia which has far greater heterogeneity in social and economic aspects has a very different method in facing this phenomenon compared to her developed neighbor. Thus, the fact gained from comparing these two countries is essential to study people's reaction (Noeng Muhadjir, 2012: 13).

C. Sampling Technique

Sample selection in this research requires two techniques. The first is Snowball method in which a main informant would lead to other informants, resulting in a wider range of data from a net of samples Bogdan and Taylor (2015: 48). The other is purposive sampling with some criteria based on social background for filtering the informants. The criteria are as follows:

1. people who run micro-scale businesses like traditional vendors and online-shops
2. people work and spend time in educational institutions like teachers and lecturers
3. workers within industry and corporation circle
4. stakeholders and governmental servants in some certain regions
5. people based on social-economical classes (lower, middle, upper).

D. Data Collection Technique

Data for this research was collected through observation, interview, documentation and document study. To record the situation of environments within the two countries, this research uses observation sheet as a guide for both direct and indirect observations. The situation of the pandemic also becomes a consideration for the data collection since it will affect the comprehensiveness of this research into some extent.

To overcome the disadvantage in this data collection process, interview would come in. The interview general guide will help the interviewers in developing the questions to ask, so it allows immense flexibility in the data collection process. The interview is open to notify the interviewees that they are being involved in this research for the sake of transparency. The interview would also follow the safety protocol during pandemic while online applications for video calls like Zoom and Whatsapp would be used as an alternative to reach several informants.

This research also used documents from several sources like government's office and those which belong to informants to support the data. The documents can be photographs and notes. To further add the data, this research took various article from journals and books as supporting references. This literary study would reveal more details to give insight about the condition in Singapore and Indonesia.

E. Data Analysis Method

This research is qualitative in nature, so to analyze the data and describe it holistically, we chose the interactive model from Miles and Huberman (2014: 167). The steps in this model are data reduction, data serving and conclusion. The qualitative data in the interview result and field notes are processed through reduction, served to give meaning and lastly concluded to give insights about problem. The interactive model of Miles and Huberman is as follows:

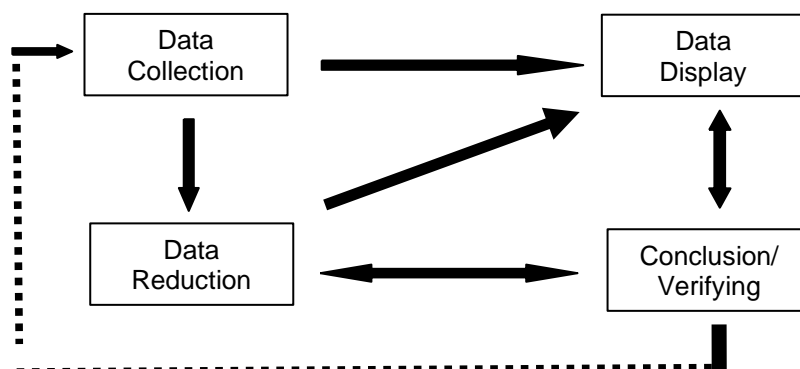


Figure 3. Interactive Model of Miles and Huberman.

The steps in this research are:

1. Planning Process

- a. Selection the case
- b. Research topic selection
- c. Determining the approach and design of the research
- d. Writing proposal

2. Research Process

a. Data collection

Miles and Huberman (2014: 172) Before researchers go to the field to collect data, they should make a research instrument. The instrument is an essential part for guiding the data collection through an interview, documentation and literary study. Prior to this field study, an observation should be conducted in advance to assess the situation on the place for research, both participatory and non-participatory.

b. Data Analysis

This step is to organize the acquired data by sorting and categorizing it in order to form an explanation about the goal of this research Miles and Huberman (2014: 173). The following process is to draw a conclusion from the analyzed data. The analysis drawn from two different countries would give a depiction about the general premise which describes the problems Covid-19 has brought.

c. Writing the Research Report

The last part of this research is to write it as a report based on the analysis results from all the data. The writing would follow scientific rules to ensure its credibility. The result of this research might provide a qualitative discourse for the base of further research in the same disciplinary Miles and Huberman (2014: 176)

F. Research Output

1. Scientific article in an international journal and accredited national journal.
2. Intellectual Property Rights.
3. Pocketbook or module about the effect of Covid-19 in the two countries.

G. Research Flow Diagram

The following diagram explains the flow of this research.

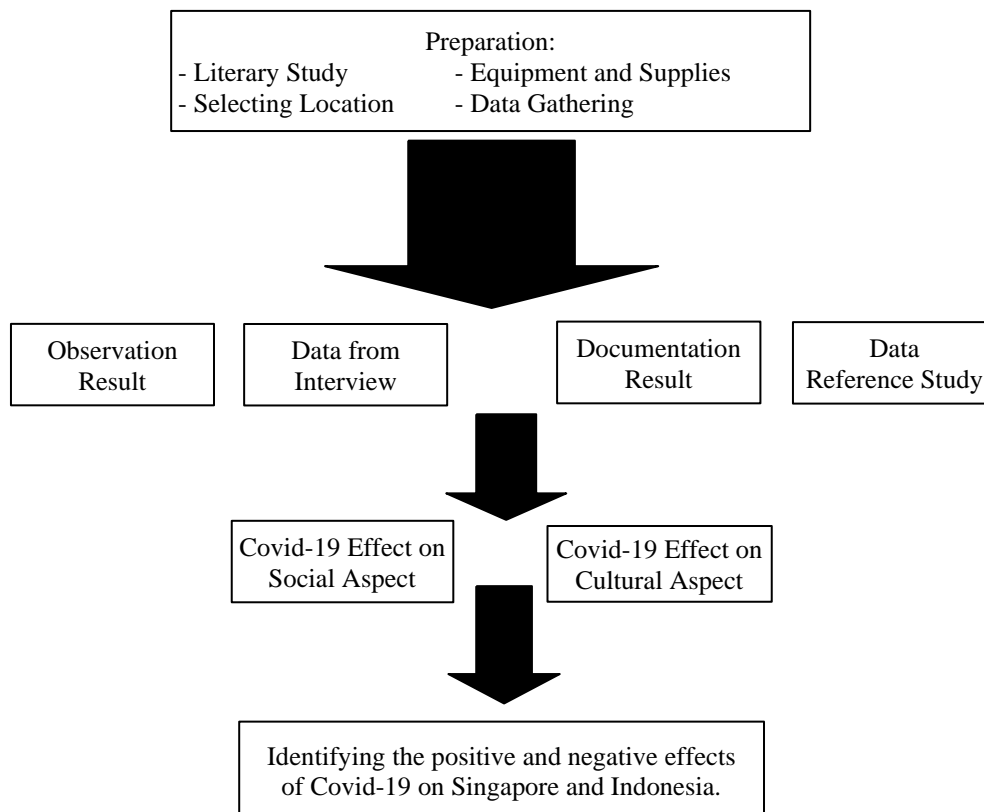


Figure 4. Research Flow Diagram.

CHAPTER IV. PERSONALIA

A. Researcher Team

1. Research Leader

- a. Name : Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.
- b. NIP 19591129 198601100
- c. Spesification : GIS Analysis and Disaster Management
- d. Fakultas/departement : Social Sciences/Department of Geography Education
- e. Task : To coordinate all activities from writing proposal, seminar of proposal, conducting field research, validation, data analysis, research result seminar to research reporting.
- f. Time to research : 12 hours / weeks

2. Member I

- a. Name : Pandhu Yuanjaya, S.Sos., MPA.
- b. NIP 19900713 2018031001
- c. Spesification : Policy Analysis
- d. Fakultas/departement : Social Sciences/Department of Public Administration
- e. Task : Participating in writing the article for Scopus-indexed international journal and textbook with ISBN.
- f. Time to research : 10 hours / weeks

3. Member II

- a. Name : Arif Ashari, S.Pd., M.Sc.
- b. NIP 19860302 2020121003
- c. Spesification : Landscape Analysis
- d. Fakultas/departement : Social Sciences/Department of Geography Education
- e. Task : To contribute and prepare the research administration, helping proposal seminar, collecting data in early study, planning, collecting data to research reporting.
- f. Time to research : 10 hours / weeks

4. Student I
- Name : Agus Setiawan
 - NIM : 18406241050
 - Fakulty/department : Social Sciences/Department of History Education
 - Task : To help in preparing research administration to research reporting.
5. Student II
- Name : Galuh Muhammad Fathurrahman
 - NIM : 18406244011
 - Fakulty/department : Social Sciences/Department of History Education
 - Task : To help in preparing research administration to research reporting.
6. Student III
- Name : Ada Kurnia
 - NIM : 19718251038
 - Fakulty/department : Social Sciences/Department of History Education
 - Task : To help in preparing research administration to research reporting.

B. Budgeting

No	Materials	Volume	Unit Cost (IDR)	Cost (IDR)
<i>Consumable Materials</i>				
1.	HVS Paper	3 rim	50.000	150.000
2.	Pen	2 dos	30.000	60.000
3.	Books of Reference	20 eksp	300.000	6.000.000
4.	Materai	2 eksp	7.500	15.000
5.	Block note	2 dos	60.000	120.000
6.	Map	1 dos	20.000	20.000
7.	flashdisk	5 unit	150.000	750.000
8.	Rent laptop	4 unit	250.000	1.000.000
9.	Rent printer	2 unit	200.000	400.000
10.	Sewa LCD	1 unit	300.000	300.000
11.	Rent Camera	1 unit	200.000	200.000
12.	Catridge	3 packages	350.000	350.000
13.	Documentation	1 packages	1.000.000	1.000.000

14.	Copy of literatures	3 packages	1000.000	3.000.000
15.	Internet services	6 months	600.000	3.600.000
16.	Communication	6 months	500.000	3.000.000
Total Cost				18.625.000
<i>Data Collected, Data Analyses, Publication, Seminar, etc</i>				
17.	Honorarium FGD	4 packages	1.000.000	4.000.000
18.	Analyzing Data	1 packages	1.500.000	1.500.000
19.	Writing the research report	1 packages	2.000.000	2.000.000
20.	Copy of research instrument	1 packages	575.000	575.000
21.	Copy of research proposal	10 packages	50.000	500.000
22.	Seminar proposal	1 packages	500.000	500.000
23.	Research result seminar	1 packages	500.000	500.000
25.	Copy of research report	20 eksp	100.000	2.000.000
26.	Attending the seminars	4 packages	2.125.000	9.000.000
27.	Publication on International Journal	2 packages	4.500.000	9.000.000
28.	Narasumber/speakers	3 packages	800.000	2.400.000
Total Cost				31.375.000
Grand Total Cost				50.000.000

CHAPTER V. SCHEDULE

Activity	Years: 2021																									
	Apr		May				Jun				Jul				Aug				Sep				Oct			
	1	2	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Writing proposal																										
Instrument research seminar																										
Study literature																										
Researching																										
Analyzing data																										
Monitoring & evaluation																										
Writing report																										
Research final seminar																										
Uploading the research report																										
Sending the research report																										

CAPTURE VI RESULT AND DISCUSSION

A. Education

The Covid-19 pandemic has caused changes in various sectors, including education. Education that initially ran conventionally using offline or blended learning has to be carried out with a completely online system. This sudden change was not followed by the readiness of schools to implement an online learning system so that the learning process could not run as it should. Thus, to continue to carry out practical learning activities, schools began to make many innovations in technology to support the creation of effective, efficient, and conducive learning activities. Various learning media platforms are used, such as google classroom, google meet, zoom, google form, kahoot, quiziz, and several other learning media applications.

In Indonesia, based on the Joint Decree of the Minister of Education and Culture, the Minister of Religion, the Minister of Health, and the Minister of Home Affairs of the Republic of Indonesia concerning Guidelines for the Implementation of Learning during the Covid-19 Pandemic. Limited face-to-face learning in education units is carried out through two phases as follows: first, transition period Lasts for two months from the start of little face-to-face learning in education units; second, New Normal namely after the transition period is complete, face-to-face learning is limited to entering a new habit.

If face-to-face learning is limited, but educators or education personnel have not been vaccinated against COVID-19, the educators or education personnel are advised to provide distance learning services from home. Local governments, provincial Ministry of Religion regional offices, provincial Ministry of Religion offices according to their respective authorities, and heads of education units may temporarily suspend limited face-to-face learning in education units and conduct distance learning if confirmed cases of COVID-19 are found in education units. The temporary suspension of little face-to-face learning in academic departments is carried out for a minimum of 3 x 24 hours.

Meanwhile, following the policy of the Singapore Ministry of Education (MoE), teaching from the lower level (essential) to tertiary institutions is carried out online with a home based-learning (HBL) policy. In college, there are exceptions to applied and practical learning. Face-to-face activities in laboratories and practices (e.g., nursing and mechanical engineering) are still carried out with strict health protocols. Meanwhile, students and teaching staff in primary to secondary schools fully implement the HBL policy differently. The school will remain open to students who need extra support. In particular, parents who are unable to work from home or cannot obtain alternative care

arrangements can contact their child's school for assistance. Kindergartens and daycare centers, including care centers for students with special needs, will also remain open during the pandemic to support parents who need to work outside the home.

1. Education Policy

A) Education Policy in Indonesia

Based on the Joint Decree of the Minister of Education and Culture, Minister of Religion, Minister of Health, and Minister of Home Affairs of the Republic of Indonesia Number 03/KB/2021; Number 384 of 2021; Number HK.01.08/MENKES/4242/2021; Number 440-717 YEAR 2021 concerning Guidelines for the Implementation of Learning during the Corona Virus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic. Limited face-to-face learning in education units is implemented through 2 (two) phases as follows:

1) Transition period

Lasts for 2 (two) months from the start of limited face-to-face learning in educational units.

2) New Habit Time

After the transition period is complete, face-to-face learning is limited to entering a new habit.

Boarding schools and madrasas can open dormitories and conduct limited face-to-face learning in educational units in stages with the following conditions:

Transition period	New Habit Time
Month 1: 50%	100%
Month 2: 50%	

In the event that face-to-face learning is limited but there are educators and/or education personnel who have not been vaccinated against COVID-19, then educators and/or education personnel are advised to provide distance learning services from home. Regional governments, provincial Ministry of Religion regional offices, district/city Ministry of Religion offices in accordance with their respective authorities, and/or heads of education units may temporarily suspend limited face-to-face learning in education units and conduct distance learning if confirmed cases of COVID-19 are found in education units. . The temporary suspension of limited face-to-face learning in educational units is carried out for a minimum of 3 x 24 hours.

Limited face-to-face learning in education units must be carried out with strict health protocols and monitored by local governments, provincial offices of the Ministry of Religion, and/or district/city Ministry of Religion offices according to their authority by cultivating a clean and healthy lifestyle in the context of preventing and controlling COVID -19 by using the following procedure:

Regarding	Transition period	New Habits
Class Condition	<p>1. SMA, SMK, MA, MAK, SMP, MTs, SD, MI, and equality program: keep a minimum distance of 1.5 (one point five) meters and a maximum of 18 (eighteen) students per class.</p> <p>2. SDLB, MILB, SMPLB, MTsLB and SMLB, MALB: keep a minimum distance of 1.5 (one point five) meters and a maximum of 5 (five) students per class.</p> <p>3. PAUD: keep a minimum distance of 1.5 (one point five) meters and a maximum of 5 (five) students per class.</p>	
Number of days and hours Face-to-face learning limited by group division study (shift)	The number of days and hours of face-to-face learning is limited with the division of study groups (shifts)	
Mandatory behavior throughout educational unit environment	<p>1. Using a 3 (three) layer cloth mask or disposable masks/surgical masks cover the nose and mouth to the chin. Cloth masks are used every 4 (four) hours or before 4 (four) hours when already damp/wet.</p> <p>2. Wash hands with soap (CTPS) with water running or hand sanitizer sanitizers).</p> <p>3. Maintain a minimum distance of 1.5 (one point five) meters and do not make physical contact like</p>	

	shake hands and kiss hands. 4. Apply cough/sneeze etiquette.	
Medical conditions unit citizen Education	1. Healthy and if you have comorbidities (comorbid) must be under controlled conditions. 2. Have no symptoms of COVID-19, including people who live in the same house with unit residents education.	
Canteen	Not allowed. Inhabitant unit education recommended bring food/drink with menu nutrition balanced.	Can operate with keep the protocol health.
Activity Sports and Extracurricular	Not allowed in unit education, but still recommended do activity physical at home.	Allowed with keep the protocol health
Other Activities Learning in Environment Unit Education	Not allowed activity Besides learning, as parent waiting students in the unit education, rest in outside class, meeting student parents, environmental introduction education unit, and etc.	Allowed with keep the protocol health.
Activity Learning in Outside environment Unit Education	Allowed while maintaining protocol health.	

B) Education Policy in Singapore

In accordance with the policy of the Singapore Ministry of Education (MoE), teaching from the lower level (basic) to tertiary institutions is carried out online with a home based-learning (HBL) policy. In college there are exceptions to applied and practical learning. Face-to-face activities in laboratories and practices (eg nursing and mechanical engineering) are still carried out with strict health protocols. Meanwhile

students and teaching staff in primary to secondary schools fully implement the HBL policy with an additional policy whereby the school will remain open to students who need additional support. In particular, parents who are unable to work from home or who are unable to obtain alternative care arrangements can contact their child's school for assistance. Kindergartens and day care centers, including day care centers for students with special needs, will also remain open during the pandemic to support parents who need to work outside the home.

2. Learning Model and Inovation

A) Learning Model an Inovation in Indonesia

The blended learning system has indeed become an alternative solution for universities in organizing Civics general course lectures, because it is considered capable of increasing effectiveness and efficiency in its implementation. The success of blended learning requires support between the faculty and related parties within the institution (Porter et.al., 2014). Administrative support staff contribute to developing a common vision in implementing blended learning, expanding communication, and seeking funding, as well as other necessary resources (Garrison & Kanuka, 2004). Based on the problem above, it can be interpreted that interaction in blended learning must require students to be active rather than passively absorbing information. Established access to technology is needed to prepare students to face the challenges of learning by increasing access to online information. In blended learning, the prowess of educators and their actual use are influential factors in seeing their usefulness. Therefore, according to Ellis, Pardo, & Han (2016) there are several variables that are of concern in evaluating the quality of student learning in a blended learning environment, namely the evaluation of material aspects. It is not only a matter of the technology used, but the students' understanding of the learning objectives, how students approach its use and how students see their role in the learning environment. Referring to the opinion of Ellis, Pardo, & Han (2016), the researcher will evaluate the implementation of the blended learning system in Civics University courses which includes an evaluation of students' understanding of the achievement of learning objectives, as well as the role of students in the learning environment.

1) Basic Concepts of Blended Elearning

a) Definition of Blended Learning

The term *blended learning* (learning with a mixed approach) became popular in 2000 and is currently widely used in North America, England, Australia and even in Indonesia, both in academics and training. The original meaning of blended learning is a combination of online learning and face-to-face learning. Although there are other definitions that explain that blended learning can also be used to define the concept of a combination of technology, location or other pedagogical approaches. Blended learning combines the power and effectiveness of the classroom approach with the flexibility and nature of e-learning (anytime, anywhere) that is in accordance with the wishes of the learner and certainly more individualistic (Mason & Rennie, 2010: 16-17). Graham (Wahyudi, 2017: 5) once made a description of the trend of learning development. The picture shows that blended learning is the last learning development trend after *virtual classroom*.

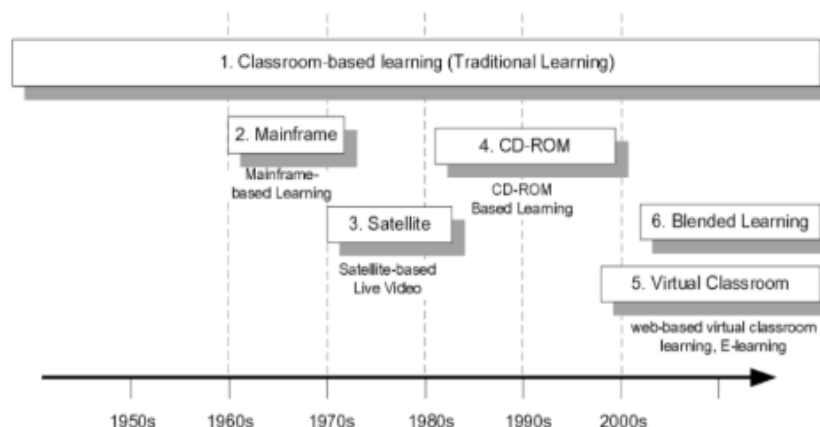


Figure.1. Learning Development Trends

b) Implications of Blended Learning

Blended learning (Mason & Rennie, 2010: 19) has implications for the learning process, including:

- 1) Having a variety of opportunities to provide learning resources and ways of communication between tutors and students are more flexible and more desirable. This is a solution to conventional learning methods
- 2) Encourage an active role in developing individual education in learning such as choosing sources and learning media that are diverse and more comfortable according to the situation and conditions of each individual. These options include an alternative (or substitute) for lectures with webcasts or CD

recordings of real discussions with online (*asynchronous*) discussions, from various journal articles that allow them to be accessed digitally.

Blended learning provides advantages including great flexibility and can reduce costs compared to traditional classes especially when it comes to teaching large numbers of students. Blended learning has implications including, a) having a positive effect on student performance; b) enabling the promotion of a flexible learning environment and strengthening student autonomy, reflection and motivation; c) facilitating the review and control of learning (Boyle 2003; Toole & Douglas, 2010; So & Brush, 2008). Blended learning enhances pedagogy and creates a gradual fundamental paradigm shift. This depends on the level of active interaction in a particular context. Blended learning has different effects in different learning methods so that it can encourage educators to make learning with various methods.

c) Blended Learning Models

Blended learning in its implementation has various types of models that can be adapted to the conditions of the learner, so blended learning has become widely used lately because it still presents conventional (synchronous) methods in the learning process. Valiathan (2002) divides blended learning into three models, as follows.

1) Skill-driven model

Blended learning based on skills in combining interactions with facilitators in the form of email, discussion forums; face-to-face meetings and self-study, such as web-based courses and books. The relationship between the instructor or facilitator is a means in achieving learning objectives. Skill-based blended learning techniques, namely a) making a group lesson plan that is regularly scheduled; b) using instructor-led overviews and closing sessions; c) using a synchronous learning laboratory; d) provide support to students via email.

This approach combines traditional classroom-based learning with online collaborative learning. Sometimes the nature, content and desired outcomes (developing attitudes and behaviors) necessitate the inclusion of collaborative learning facilitated through face-to-face sessions or technology-supported collaboration events. Developers should use this approach to teach content that requires students to try new behaviors in a risk-free environment. For example, a soft skills course that requires a role in performance evaluation or negotiating. Activities that should fit into the

overall learning experience include discussion forums, webinars, group projects, and online debates using the chat module.

2) *Attitude-Driven Blended Learning Plan* (Attitude-Based Blended Learning)

This model deals with the development of new attitudes and behaviors that require peer interaction and a risk-free environment. Hold synchronous web-based meetings (Webinars), assign group projects (to be completed offline), and perform role-playing simulations

3) *Competency-driven models* (Model-driven competencies)

Learning that facilitates knowledge transfer requires a competency-based approach. Because people absorb knowledge silently by observing and interacting with experts at work. Activities may include a mix of online performance support tools with hands-on guidance.

Conditions in the era of the COVID-19 pandemic caused changes in various sectors, including in the field of education. Education that initially ran conventionally using an offline system (outside the network) or blended learning, now has to be carried out with a full system online (in a network). This sudden change is not followed by the readiness of schools to implement an online learning system, so that the learning process has not been able to run optimally as it should. Thus, in order to continue to be able to carry out effective learning activities, schools began to make many innovations in the field of technology to support the creation of effective, efficient, and conducive learning activities. Various learning media platforms are used such as google classroom, google meet, zoom, google form, kahoot, quiziz, and several other learning media applications.

B) Learning Model and Innovation in Singapore

Singapore is developing an online learning model. During Home-Based Learning (HBL) activities, schools will continue to provide instructions and support to students to access various HBL materials both online and physical (hardcopy) materials. During this period, students can count on the ongoing support of their teachers. Teachers and students are provided with an online learning platform service, the Singapore Student Learning Space (SLS), to monitor learning progress and submit school assignments. In addition, teachers can use live video conferencing platforms to conduct some of their lessons. The Singapore Ministry of Education encourages students to exercise self-discipline in following instructions and completing their lessons and assignments. Teachers are asked to keep in regular contact with students and parents for support. For students who do not have a computing device or internet access, the

school lends the device to students. Teachers use a variety of video conferencing tools. Zoom and Google Meet are the two most commonly used platforms, but teachers also use other platforms such as Facebook Live, Cisco WebEx and Microsoft Teams.

The Singapore Ministry of Education emphasizes the active role of parents in guiding children in learning activities, parents are asked to be able to manage their children's time and discipline. The Ministry provides guidance on guiding children in setting goals (Resilience Boosters), including providing guidelines for the use of healthy digital technology for children (Cyber Wellness for Your Child) and providing parenting services in online child education (<https://www.moe.gov.sg/parentkit>)

Conceptually, online learning is not entirely the same as HBL. Sometimes HBL doesn't necessarily involve online learning and it's clear that online learning doesn't have to be done entirely from home. But all of them require a strong infrastructure which Singapore also has concerns about online learning as a whole. This includes the implementation of blended learning because of the "digital divide". Poor families do not have a computer at home and the condition of a small house or flat does not provide a conducive learning situation. On the other hand, wealthy families have concerns about the quality of online learning. Thus face-to-face learning is still needed. The Ministry of Education pays attention to broad digital access and individual facilities for high school students and the application of mixed learning. As the pandemic develops, the ministry of education will make blended learning a new landscape of Singapore education (Pak Tee Ng, 2021: 21-22).

The implementation of Singapore's blended learning (BL) is carried out in stages (MOE press releases 29 December 2020). Starting 2021, all middle and junior high schools will start implementing BL at some level. By 2022, all secondary schools will implement BL at all levels. As part of BL, students will learn what the curriculum dictates through a mix of home and school based activities utilizing online and offline learning approaches (Kwong Tung Chan, 2021: 2-3). This will give students more opportunities to learn at their own pace and be empowered to take responsibility for their learning. The school will plan the HBL with flexibility in the following parameters: (a) *Frequency*: the time (days) of the HBL will be regularly scheduled throughout the year so that self-study skills can become a habit. (b) *Structure*: HBL time (days) will be less structured than regular school time (days) to give students space to practice independent learning. (c) *Subjects*: the school will determine the subjects and topics to be delivered on the HBL day, taking into account factors such as the time available for

the subjects, discipline and the suitability of the activities to be delivered. In BL, students who need to come to school are allowed to consult with the school and their teacher. This includes students with special needs, students who require closer supervision, and those who do not have a home environment conducive to learning. But everything is adjusted to the school's planned schedule (<https://www.moe.gov.sg>)

3. Education Evaluation

A) Educational Evaluation in Indonesia

Based on Circular Letter Number 4 of 2020 concerning the Implementation of Education Policies in the Emergency Period for the Distribution of Co Ro Naviru SD/Sease (Covid-19), there are several substances related to educational evaluation, including:

1) National Examination (UN)

- a. The 2020 National Examination is canceled, including the 2020 Skills omCpetency Test for Middle Schools Vocational;
- b. With the cancellation of the 2020 National Examination, UN participation is not a requirement for graduation or graduation selection to enter higher education level;
- c. With the cancellation of the 2020 National Examination, the equalization process for graduates of the Package A program, Package B programs, and Package C programs will be determined later.

2) School exams for graduation are carried out with the following conditions:

- a. School exams for graduation in the form of tests that collect students may not be carried out, except those that have been carried out before the issuance of this circular;
- b. School exams can be carried out in the form of a portfolio of report cards and achievements previously obtained, assignments, online tests, and/or other forms of remote assessment;
- c. School Exams are designed to encourage meaningful learning activities, and do not need to measure the completeness of the overall curriculum achievement;

d. Schools that have implemented the School Exams can use the School Exam scores to determine student graduation. For schools that have not carried out the School Examination, the following provisions apply:

- Elementary school graduation (SD)/equivalent is determined based on the value of the last five semesters (grade 4, grade 5, and grade 6 odd semesters). Grade 6 even semester grades can be used in addition to passing grades;
- graduation of Junior High School (SMP)/equivalent and High School (SMA)/equivalent is determined based on the value of the last five semesters. Grade 9 and grade 12 even semester scores can be used in addition to passing grades; and
- Vocational High School (SMK)/equivalent graduation is determined based on report cards, field work practices, portfolios and practice scores for the last five semesters. Last year's even semester scores can be used in addition to passing grades.

B) Education Evaluation in Singapore

National exams are still being implemented with policy changes. Since June 1, 2021 more than 310,000 eligible students (approximately 90%) have registered for vaccination (approximately 297,000 students took their first dose of vaccination on June 27, 2021). This broad vaccination measure for students is important because then the ministry of education (MOE) and the Singapore Examinations and Assessment Board (SEAB) can then implement a policy to conduct the 2021 national oral exam directly. Health protocols (wearing masks etc.) remain in place during oral exams for primary and secondary schools. In its development, the Singapore Ministry of Education on August 19, 2021 updated information on the policy for eliminating CLT from the Singapore-Cambridge GCE primary and secondary school examinations at the N(A)/general, N(T)/technical, O/ordinary and A/high levels. Earlier in 2020, CLT was also removed from the national exam due to the pandemic that disrupted the education process in Singapore. (<https://www.moe.gov.sg/faqs-covid-19-infection>).

B. Social Culture

1. Crime in Indonesia

Cases of cybercrime increased considerably during the pandemic, as revealed in a webinar series with speaker Bhakti Eko Nugroho, MA, namely According to data from the Indonesian National Police, from April 2020 to this month, there were at least 937 cases reported. Of the 937 cases, there were three cases with the highest number, namely *provocative cases*, *hate content* and *hate speech* which were reported the most, around 473 cases. Then followed by *online* fraud with 259 cases and pornographic content with 82 cases. He reviewed the situation of the Covid-19 pandemic that hit Indonesia, causing some people to have to lose many things from all aspects of life. One of them is work, this is one of the factors that increase the crime rate. ... case *This provocative, hate content and hate speech* is the highest, this is influenced by the political residues in Indonesia that occurred some time ago, both regional and national elections which divided the community into two. This has carried over to this day where during the pandemic. There is a new crime during this pandemic, namely using medical goods and equipment by raising prices above normal or even hoarding them which creates scarcity in the general public. In addition, hoax information about the Covid-19 pandemic was disseminated by several figures and then arrested by the police. These actors take advantage of and take advantage of the vulnerability, powerlessness and limitations of society during this pandemic. (<https://fisip.ui.ac.id/bhakti-cybercrime-menjadi-type-kejah-an-yang-mengalami-enhanced-sufficient-high/> accessed on 24 august 2021 at 0.34 wib)

Likewise, according to the results of Situmeang's (2021) research which states that *cybercrime* and street crimes are a crime phenomenon during the COVID-19 pandemic. These crimes are motivated by problems of poverty, lack of education, high unemployment, overcrowding, and weak social control. The government has provided assimilation programs during the COVID-19 pandemic, such as issuing the Minister of Law and Human Rights Regulation Number 10 of 2020 concerning the terms of granting assimilation and integration rights for prisoners and children in the context of preventing and controlling the spread of Covid-19. Regulations issued by the government include employing prisoners to third parties according to their expertise, strengthening faith and piety, and fostering good communication between parents and children. (Situea, Sahat Maruli, 2021. The Phenomenon of Crime in the Time of the Covid-19 Pandemic: Criminology Perspective. *UNIKOM Scientific Magazine*. Vol.19(1): 35-43 accessed on August 23, 2021, at 21:54 WIB)

Crimes that occur on a smaller scale, for example in the pandemic era, have increased from the previous year.

CRIMINALITY DATA FOR 2016 - 2020 PER DISTRICT OF YOGYAKARTA CITY.

NO	Unity	Number of Reports	
		2019	2020
1	Yogyakarta City Resort	147	282
2	Gondomanan	15	22
3	Display	5	9
4	Gedongtengen	3	12
5	Jetis	15	34
6	Tegalrejo	9	16
7	Wirobrajan	11	12
8	Kraton	10	21
9	Mantrijeron	7	20
10	Gangbang	10	27
11	Umbul Harjo	8	51
12	Big City	9	38
13	Gondokusuman	27	35
14	Danurejan	7	35
15	Pakualaman	6	7
Total		289	621

source: POLRESTA Yogyakarta, May 2021

2. Local Wisdom in Indonesia

Covid-19 has changed the social fabric a lot. Changes in social order need to be saved with the spirit of local tradition/local wisdom, or the noble values of Indonesianness. The nation's history has left a legacy of unity and brotherhood. Unity is the basic value in Pancasila. Unity of Indonesia is one of the main pillars in the five precepts of Pancasila. Even the word Unity of Indonesia is placed on the Third Precept of the five Precepts. This shows that unity is the middle value (wasathiyah). Unity is the main symbol of Indonesia. Unity is the glue that holds the values of Religion and Humanity on the one hand, and

democracy/state life and social justice on the other. Gluing unity thus becomes the main thing in life.

When the Covid-19 Pandemic has hit Indonesia since March 2020, the nation needs to be strong with the value of unity. That is, by helping each other. Unity means that whenever there is something difficult we need to help. Every citizen of the nation who is experiencing problems, then as fellow life needs to take care of each other. This is the spirit of guarding the stairs (jogo tonggo) which has strengthened in the era of the Covid-19 pandemic.

Jogo Tonggo is a noble value of the Indonesian people. Jogo Tonggo in Javanese repertoire is often described as a "bowl pager". That is, the security of our family lies in how closely we live in society. Panger bowl also means that what we cook/eat should also be shared with the nearest neighbors. Neighbors in Indonesian tradition are those whose homes are about 40 of us. Realize close neighbors with 40 houses that make a person an integral part of life. The bowl pager teaches us to share life with neighbors (read, closest relatives).

Pager Mangkok has been a tradition in Indonesian life. This strengthens the sense of unity and humanity in life. "Urip kuwi urup", life is life. Life is not just a selfish life. However, we need to realize that this life is brothers. Brothers means the same weight to be carried, light to carry. Brothers participate in feeling the presence of others in our lives. When other people are in trouble, then we need to be a solution for them. When others are happy, we feel that joy too.

When our neighbors suffer from Covid-19, then our humanity should be called to save them. Partisanship is important, because saving one life means living a life. However, this good practice is often forgotten. When Covid-19 hit the Indonesian nation, there were still citizens of the nation who had not been called to save that life. They even often ignore and even sneer—not to mention stay away from—who is sick. "My experience during Covid-19. The neighbors don't even care. In fact, Ono Sing kept his mouth shut when he saw we were huddled together. Some even looked away when they saw our house" (Interview, HP, 37, Covid-19 survivor).

Of course HP is not alone. Many Covid-19 survivors feel the same way. This indifferent attitude does not only occur in urban areas, but also in rural areas. "How come I'm even peaceful in the city, sir. Neng deso people are even indifferent, don't care, even they isolate our family? (Interview, UH, 35, Survivors of Covid-19).

UH's experience shows that life in the village does not always get along in harmony. UH described when he lived in the city, more harmonious than in the village. This needs to be a common concern, how social life in Indonesia is quite alarming. This is

because, when a person is sick, the mind, heart, and Actions have not been moved to save life. The spirit of Jogo Tonggo has not yet become a practice of life. People often think of their lives only for themselves. In fact, living in society is knowing each other and helping each other.

Covid-19 tells how social life can be tenuous because of this pandemic issue. Brotherhood—friendship—knows no specific geographic boundaries—villages and cities. But the closeness lies in how we respond to life lightly to help others. The concept of Jogo Tonggo which is closer in the village is also not all villages are able to implement it in life. However, it is possible if Jogo Tonggo is also running well in the area. As admitted by HT (54 years old, Head of RT).

“When one of our neighbors was affected by Covid-19, I coordinated the residents to help. Then I asked one of the residents for help to meet their daily needs, by sending food three times a day. We also guarantee meals for non-isoman families.”

The same thing happened to IA (38 years old, Covid-19 survivor).

“I am grateful, because as long as I am self-isolating, I have never eaten less. Almost every day in front of the house there is always enough food and drink for our family to consume. We are very grateful, to the residents of the complex who care.”

The residents' concern for Covid-19 survivors cannot be separated from the support of village elders. Community leaders are the key to building awareness. When community leaders move, the guarantee for the nutrition/nutrition of those who are self-isolating is fulfilled. The communication skills of community leaders can ensure the running of Jogo Tonggo. Social movements initiated by community leaders can become the pillars of human life.

a. Indonesian Local Wisdom

According to Nugraha (2020), Indonesia has local wisdom in solving the Covid disaster that hit. The Indonesian state has its own challenges to overcome Covid-19, for example challenges in remote areas. Remote areas in Indonesia overcome these challenges by using local wisdom, where local wisdom in Indonesia has an important role in disaster mitigation. One of the communities described in this article is the Baduy community. The Baduy community is a community located in Banten Province, precisely in Kenekes Village, Leuwidamar District, Lebak Regency. This village has two groups, namely the

Inner Baduy and the Outer Baduy. This tribe still adheres to customs as a philosophy of life.

Some of the local wisdom maintained by the Baduy community:

1) Cultivation Tradition

Planting on is the main activity of the Baduy community as their livelihood. The tradition of farming as the livelihood of the Baduy community has not been disrupted due to the Covid-19 outbreak. This is evidenced that the Baduy people still feel the same even during the harvest season. With the PSBB policy, the Baduy community still has a supply of food from their agricultural products. Usually the agricultural products of the Baduy are sold and some are stored. With the availability of food, the Baduy people do not need to worry about food shortages.

2) Rules for Building

For their adherence to the Baduy pikukuh, the Baduy people build buildings but do not use modern tools, for example in the houses of the Inner Baduy people do not use lighting, they are loyal by only using resin lamps. This has an effect during the pandemic, where city residents complain that electricity usage rates increase during the pandemic, but the Baduy community by using the principle of simplicity of life can produce peace and avoid the complaints of life.

3) Forests as a Form of Ecosystem Preservation and a Shelter

For the Baduy people, the forest is like a living pharmacy. Baduy forest has 3 types based on its function, namely forbidden forest, dudungusan forest, and cultivated forest. Judging from the type and function of the forest, it illustrates that the Baduy customary area is surrounded by a large forest, so to access it it can only be accessed by footpaths surrounded by forest. This is an advantage in mitigating the COVID-19 pandemic because it can minimize human mobility. (Nugraha, Aji Satria.(2020). Local Wisdom in Facing the Covid-19 Pandemic A Literature Review. *Societas Journal of Sociology Education* . Vol.10(1): 745-753)

This local wisdom in Baduy is also supported by the writing of an article at the Ministry of Education and Culture (2021) which says that the granary mechanism in Baduy is one of the local wisdoms that is useful for food security during the covid pandemic. Some of these local wisdom innovations can be the basis for building a new

order. (<https://www.kemdikbud.go.id/main/blog/2021/08/kearifan-lokal-kultur-indonesia-berperan-dalam-membangun-tatanan-normal-baru> article Kemendikbud, 18 August 2021 | UI Campus Article , accessed on 24 August 2021).

3. Local Wisdom in Singapore

Singapore takes the COVID-19 pandemic seriously, this can be seen from the response of the Singaporean health minister who implemented an increase in the alert level in Singapore. Since then, various efforts and development of health protocols have been carried out in Singapore. This success is due to three reasons, namely responsive health disaster mitigation, high government legitimacy and the existence of social capital in the community.

Singapore's handling of COVID-19 raises lessons for the handling of COVID-19 in Indonesia. Government legitimacy as measured by responsiveness and transparency helps in the rapid handling of the pandemic. The Indonesian government at the beginning was not transparent about the existence of COVID-19 and treated it as a harmless virus. The Indonesian government has also contributed to spreading misinformation regarding the handling of the virus, such as giving traditional ingredients, allowing the mobility of residents during religious holidays, and promoting tourism when other countries close their borders. This action shows the government's lack of seriousness in a crisis situation, as a result the public does not take the spread of the virus seriously. Other lessons that can be learned are also related to handling densely populated clusters. Singapore found it Citra Hennida Global Strategic, Th. 14, No. In the migrant worker dormitory cluster, in Indonesia this situation is easy to find in urban villages. This case shows that in handling the pandemic, alienating the poor and marginalized groups does not actually make society as a whole immune to the spread of the virus.

Singapore's policies:

Stimulus Sector	Type
Household	Subsidy for household needs: intensive for unemployment (100-300 Singapore dollars for age 21 and over); Child care subsidies
Entrepreneurs and recent graduates	Business capital assistance; income subsidies for working at home; training for new graduates
Business	Incentive packages for businesses and workers (the government subsidizes 8 percent of salary for three months); loans for MSMEs; trade credit assistance (the government subsidizes 30 percent of trade credits)

Sectoral	Increased budget for health; incentive and training assistance for the hotel, tourism and transport sectors; additional bonus for health workers
Taxes and loans	government tax freeze from April 1, 2020 to March 31, 2021; deferral of payment of Education loans and their interest from April 1, 2020 to March 31, 2021; suspension of corporate and individual income tax payments; commercial property tax deductions; waiver of contract tax; tax waivers for foreign workers.

Source: Liu et. al. 2020, 288; Baldwin and Mauro 2020, 27; Quah 2020, 109 (Henida, Citra.(2020) Successful Handling of COVID-19 in Singapore: Migrant Worker Cluster Cases and Economic Recession. *Strategic Global*. Year . 14(2): 241-256)

4. Social Stigma in Indonesia

These cases include a biased view of Chinese descent, COVID-19 patients, and even medical personnel. In Indonesia, the stigma is only shown by descendants and patients with COVID-19. But also to the patient's family and medical workers. The concept of stigma has at least five factors, namely 1. Labeling Where Society Gives Bad Labels to Conditions That Occur 2. Negative Associations, Namely Mentioning People Who Have Diseases Or Even Families Of Infected Patients And Confirmed Cases 3. Separation, where there is an attempt to decide contact with covid-19 patients 4. Loss of status shows the status when the patient or his family loses their privileges or social status, including housing, education, work and health care due to being infected with COVID-19 5. Ability to control. This is related to a person's capacity to control the situation in order to avoid unfavorable conditions, including the responsibility to avoid being infected with COVID-19. <https://theconversation.com/riset-covid19-sikap-menyalahkan-orang-lain-dominan-di-percakapan-twitter-di-indonesia-danmalaysia-137385> (Nilam Fitriany Dai in the Proceedings of social problems NATIONAL SEMINAR ON PANDEMIC COVID-19 " Building Optimism Amid the Covid-19 Pandemic" ISBN: 978-602-5722-33-2, Kendari May 20, 2020 <https://ojs.literacyinstitute.org/index.php/prosiding-covid19> accessed on 24 August 2021 at 00.30 WIB).

Social stigma is a person's point of view on phenomena that occur in society. According to Livana (2020), the results of 8 journal articles obtained show that COVID-19 is a disease that can be transmitted. Stigma appears in social behavior, such as ostracizing patients who have recovered, refusing and ostracizing people who move from one area to another, ostracizing certain ethnicities because they are considered carriers of the

virus. In the case of COVID-19, there is an increasing amount of public stigmatization of people from areas affected by the pandemic. In Indonesia, the stigma appears in the following forms of social behavior:

- a. Exclude patients who have recovered from Covid-19, because they are considered to still be able to transmit the disease
- b. Rejecting and isolating people who move from one area to another
- c. Exclude certain ethnic groups because they are considered as carriers of the virus
- d. Isolating medical/health workers who work in hospitals because they are considered to be transmitting the corona virus
- e. Refuse the corpse because it is considered that there is still a virus that can be transmitted to other people.

The stigmatization that occurs in the community certainly has an impact, including:

- a. The existence of stigmatization encourages someone to hide their illness to avoid discrimination
- b. Prevent people from seeking immediate health care when experiencing symptoms

The existence of this stigma makes a person not care and ignore the condition he has at this time, so that attention to his health is ignored for fear of being discriminated against.

Then, the efforts made in dealing with the stigma include:

- a. Spread the right information about Covid -19 based on facts
- b. Provide support to stigmatized people
- c. Spread news that can play a role in reducing stigma
- d. Amplify voices, pictures or stories from people who have recovered from Covid-19 or groups of people/families who have been supporting patients to recover
- e. Ask for stories from various ethnic groups to illustrate that their efforts to heal are all the same
- f. Media reporting must be balanced and contextual, disseminated based on evidence and information and help combat rumors that lead to stigmatization (PH, Livana.(2020). Stigma and Community Behavior in Positive Covid-19 Patients. *Journal of Emergency* . Vol.2(2): 95-100)

Negative stigma in Covid-19 sufferers and their families arose as a result of the global pandemic in early 2020. COVID-19 is an infectious disease with a very fast transmission process and can result in death. Many patients find it difficult to reveal their history because of the stigma against COVID-19 patients and social conditions. For now, there is no cure for

the COVID-19 virus. 5 Even the patient's family is not happy if the medical officer asks about the contact history. In an effort to prevent the spread of Covid-19 and the importance of identifying patients, most people choose to hide the real situation, making it difficult for medical personnel to carry out their duties. One of the reasons they lie is the massive flow of information about the corona virus. There are 2 types of information, namely negative and positive information. Negative information has the purpose of educating the public, but there are some people who cannot distinguish between negative and positive information. Psychologically, negative information is more easily absorbed so that people believe it to be true. This is related to the lack of community potential in managing and understanding health-related information, because unbalanced data circulates in the community. In the world of public health lack of actual information. People are used to the teachings about cause and effect if someone is exposed to a disease and what impact it has. This has led to the emergence of the term stigma, where stigma is the ability to balance positive and negative information as well as the lack of community potential in managing and understanding health information. will transmit to others what happens in the community, namely the goodness of help seeking, in other words, patients should seek help from health facilities. This is marked by rejection from society, lies, and rejection of the corpse. This virus has provided knowledge to the public regarding health in a fast time. (Ramly Abudi¹, Yasir Mokodompis Allika Nurfadiaz Magulili³ 1.23 State University of Gorontalo, Gorontalo. STIGMA ON COVID-19 POSITIVE PEOPLE Stigma Against Positive People Covid-19. Jambura Journal of Health Sciences and Research Vo. 2 No. 2 (Year 2020) : July. Accessed on August 24, 2021 at 11.00 WIB.

C. Tourism

1. Tourism Sector in a Pandemic Period in Indonesia

The tourism sector is one of the important sectors that contribute to the national economy. In Indonesia, tourism is included in the leading sector that gets special attention in national development. This is reflected in the National Mid-Term National Development Plan for the 2015-2019 period and the 2020-2024 period. The tourism sector, which is supported by the accommodation industry, such as hotels and restaurants, transportation, handicrafts, entertainment and so on, has a large multiplier effect. The course of the tourism sector will accelerate job creation, increase the circulation of money, as a source of regional income, foreign exchange, and absorption of investment. Then the development of the tourism sector will support accelerated economic growth. In line with that, the government is seriously developing the tourism sector. Through the 2020-2024 National Medium-Term

Development Plan, it is targeted that the tourism sector contributes 4.8% of GDP in 2020 and in 2024 it is hoped that the tourism sector will contribute 5.5% of total GDP.

The Covid-19 pandemic that has hit the world since the end of 2019 has inevitably become a separate obstacle for the world tourism sector, also in Indonesia and Singapore. The implementation of health protocols that require social restrictions, physical restrictions, drastically reducing human mobility has an impact on the lack of tourist visits in various places, even the closure of tourist attractions for a long time. Of the many sectors of life affected by the pandemic, the tourism sector is one of the sectors most affected.

Various efforts have been made by the government to control the pandemic. The implication is that tourism development is experiencing obstacles, including tourism supporting industries such as hotels, the entertainment industry, tour service businesses and event organizers, restaurants, to MSMEs. The decline in the number of tourists has a direct impact on the decline in the income received by tourism sector workers, up to termination of employment because the business owner is no longer able to provide salaries. In proportion to the magnitude of the multiplier effect of the tourism sector, the decline in tourism also has an impact on the decline in the pace of the economy.

Indications of a decline in tourism sector activity in Indonesia can be seen from the decline in the number of foreign tourists entering Indonesia. According to BPS data, cumulative foreign tourist visits to Indonesia during the January-November 2020 period only reached 3.89 million visits, lower than the same period in the previous year of 14.73 million tourists or a sharp decline of 73.60 percent. The number of foreign tourist visits consists of foreign tourists entering through the air gate of 1.68 million visits, the sea entrance is 972.02 thousand visits, the land entrance is 1.23 million visits. The number of foreign tourists in November 2020 reached 173.31 thousand visits. This figure is lower than the same period in 2019 of 1.28 million visits. The number of foreign tourist visits in November 2020 experienced a sharp decline of 86.31 percent. On the other hand, when compared to the previous month, October 2020, the number of foreign tourist visits in November 2020 increased by 13.90 percent. This number consists of foreign tourists visiting through air entrances as many as 43.39 thousand visits, sea entrances as many as 43.34 thousand visits, and land entrances as many as 88.58 thousand visits.

As an essential service in the tourism sector, accommodation such as hotels and inns as a sector that is directly related to tourists also suffered a heavy blow. From BPS data (2020) it is known that the occupancy rate of five-star hotel rooms in Indonesia in December 2020 averaged 31.76 with the largest percentage in Lampung province, which was 59.32. TPK in

December 2019 reached an average of 41.70 percent with the largest province average being the Special Region of Yogyakarta at 72.43. or decreased by 0.36 points compared to the TPK in December 2018 which was 59.75 percent. From this data, it is known that the room occupancy rate in December 2020 decreased by 21% less than the TPK in December 2019. This decline in TPK almost occurred in all provinces. This means that the decline in tourists is felt widely in all places in Indonesia.

The decrease in the number of tourists does not only have an impact on the decline in TPK. Other supporting sectors were also affected, such as the transportation, processing, food and beverage, entertainment, and so on. According to data from the Ministry of Tourism and Creative Economy (2020) in April 2020 there were 10,946 tourism businesses affected. This further has an impact on reducing the workforce in the tourism sector. Data from the Ministry of Tourism and Creative Economy in 2020 quoted in the news (CNN 27/4/2020) explains that in 2019 the employment of the tourism sector reached 14.96 million people. In 2020, along with the pandemic, the number of workers in the tourism sector fell to 13.96 million people.

From these conditions, it is not surprising that the decline in tourism that occurred in Indonesia was also reflected in the decline in the contribution of tourism sector income to annual GDP. Quoted from data submitted by Sandiaga Uno, Minister of Tourism and Creative Economy, if the contribution of the tourism sector in Indonesia in 2020 is at 4.1%.. It misses the planning written in the RPNJMN 2020-2024 which predicts the contribution of tourism to be 4.8 %.

2. The decline in the tourism sector during the pandemic in Singapore

Before the pandemic hit the world, tourism was also one of the leading sectors that supported the Singaporean economy. The tourism sector continues to increase from year to year, which is marked by an increase in foreign tourist arrivals which increases by around 4.5% to 5% per year. In the Southeast Asian region, Singapore's tourism sector revenues are ranked third after Thailand and Malaysia. According to World Bank data in 2019, Singapore's tourism sector revenue reached USD 20.4 billion. The contribution of the tourism sector in Singapore to the national economy by increasing the demand for goods and services related to the tourism sector. For example accommodation services such as hotels and inns, restaurants (food and beverages), shopping, sightseeing tours, entertainment and gaming (SEG) and others. Of these five aspects, the shopping aspect is the biggest added value in Singapore's tourism sector.

Due to the pandemic that has hit the world and has entered Singapore, the Singaporean government has imposed a policy of restricting the mobility of its citizens. Not only limiting the gates of arrival from outside Singapore, but also implementing domestic travel restrictions. As is the case in other countries, this condition has an impact on all aspects of life in Singapore, including the tourism sector. The number of incoming foreign tourists has also decreased, according to data from the Ministry of Trade and Industry Singapore, the total number of tourists in 2017 was 17,424,600 people, in 2018 there were 18,508,300 people, then in 2019 it rose to 19,116,000 people. In 2020 the number of tourists fell drastically to 2,742,400 tourists, and in the first quarter of 2021 the number of tourists entering Singapore was 68,700 people. This decrease in the number of tourists then has implications for the impacts felt by several sub-sectors, such as a decrease in income from the tourism sector, a decrease in the tourist accommodation business, to a decrease in the tourism sector workforce.

Data from the Economic Survey of Singapore First Quarter 2020 explained that the decline in the number of foreign tourist arrivals and the decline in local consumption had a significant impact on tourism supporting industries. The industries most affected by this are accommodation, air transportation, arts, entertainment and recreation industries. The decline in the accommodation aspect was reflected in a decrease in the occupancy rate of star hotel rooms. Quoted from the 2019 Tourism Sector Performance report, in 2019 the room occupancy rate in star hotels was at 91.2%. In 2020, in the Tourism Sector Performance 2020, it is known that the room occupancy rate drops to 56.7%.

The decline in tourism activity has an impact on the increase in the number of workers in the tourism sector who must be laid off. Based on the data, it is known that the number of unemployed in 2020 increased from 2.3% from last year. The contribution of tourism to the national GDP in 2019 was 10%. In 2020, this figure has fallen again to 10.0%. The data on the decline in income from the tourism sector is sufficient to illustrate that tourism is one of the sectors that has been deeply affected during the pandemic.

D. Environment

The Covid-19 outbreak was first reported in Wuhan in December 2019 [1], [2], then developed into an epidemic in mainland China during 16 January to 6 February 2021 [3]. In subsequent developments, this outbreak spread to various countries quickly and was declared a pandemic by WHO on March 11, 2020 [4]–[7]. In July 2021, COVID-19 had an impact on 223 countries, including Indonesia and Singapore in the Southeast Asia Region. WHO data

on July 29, 2021 shows that there have been 195 million confirmed cases worldwide with 4.1 million deaths. Southeast Asia is included in the top three with the highest number of cases and deaths. Various efforts have been made to stop the spread of the virus which has developed into various variants and end the pandemic. One way is to do a lockdown to limit people's mobility and activities. Restrictions on mobility in Indonesia have been carried out several times between April 2020 to July 2021. These restrictions have been imposed in all provinces, the Java and Bali islands, the National Capital Territory of Jakarta, to the micro-scale. Meanwhile in Singapore, rapid response took various forms including the imposition of strict health regulations and restrictions on mobility [8]. The rapid response to the events in Wuhan proved successful in bringing the death toll down to a very low level in July 2020 [9].

Restrictions on population mobility during the COVID-19 pandemic on the other hand turned out to have a positive impact on improving environmental quality. Studies conducted in various countries show that lockdowns reduce electricity demand, fuel supply, and demand for coal fuel [10]. Various pollutants that occur in air, water, soil, and noise also show significant decreasing symptoms [11]. The reduced mobility of the population leads to a reduction in emissions from the transportation sector. Air quality is an aspect that was greatly improved during the lockdown with the reduction of various pollutants and aerosols as well as the increase in ozone concentration [12], [13]. Studies on the positive impact of lockdowns on improving urban air quality around the world have been extensively carried out [14]–[17]. Among these studies, few have analyzed or provided recommendations to learn more about the climatic implications of reducing pollutants and aerosols during lockdown [18]–[21]. This topic is very interesting to study further, including in cities in the Southeast Asia region that are vulnerable to the spread of COVID-19.

Emissions from transportation are known to be the main cause of urban heat islands, following changes in urban albedo due to land use and industrial conversion. In this regard, the reduction in emissions that occurred during the lockdown should also have a positive impact on reducing urban temperatures. This assumption was confirmed by the results of studies from various regions. A study conducted by El Kenawi et al [22] in 21 major Middle Eastern cities showed that during the lockdown there was a decrease in the concentration of atmospheric pollutants. In metropolitan cities this decline is more pronounced than in megacities. As a result, there is a decrease in the surface urban heat island, especially at night. Another study from Tehran [23] also confirmed that the air temperature during the lockdown period 20 March – 20 April 2020 was lower than the 1950-2020 average air

temperature. Similar conditions were also found in Pakistan during the lockdown period 23 March – 15 April 2020 [24], United Arab Emirates on 1 March – 30 June 2020 [25], India between March – May 2020 [26], [27], and China. [28]. Learning from this experience, many studies actually recommend lockdown as a solution to improve air quality in urban areas [25], [27]. Surface urban heat island is also an interesting problem to be studied further in the context of Indonesia and Singapore.

Indonesia and Singapore are countries in the Southeast Asia region that have implemented a policy of limiting community activities to suppress the spread of the pandemic. There are various cities in the area with varying demographic characteristics and population activities. It is interesting to study further how the impact of the lockdown on the meteorological conditions and air quality of the city, in relation to the physical and socio-cultural characteristics of the city. Jakarta, the capital city of Indonesia is a metropolitan city. In addition, there are megacities, including industrial centers, and culturally based cities such as Yogyakarta. Meanwhile, Singapore is a city-state with a large population and high density. There are spatiotemporal variations in meteorological conditions and air quality that can be studied in more depth from various cities in this region during the period during the pandemic, as a result of the implementation of several restrictions on community activities.

In this paper, we describe the spatio-temporal variations in air temperature in several cities in Indonesia and Singapore during the pandemic. This condition is seen from the perspective of the impact of the Covid-19 pandemic, namely as a result of reduced population mobility during the implementation of the activity restriction policy by the government. The objectives of this paper are to analyze as follows: (1) land surface temperature in various cities during the COVID-19 pandemic, (2) surface air temperature as indicated by the monthly average temperature, (3) spatial and temporal variations between cities and between the time before and after the COVID-19 pandemic. This study intends to explain that the Covid-19 pandemic also affects environmental conditions, especially the air environment. This paper provides alternative information regarding the impact of the pandemic on environmental conditions so that it can be considered in the environmental management of post-pandemic urban areas as proposed in other areas in various previous studies.

The COVID-19 pandemic has had a very broad impact on various aspects of global community life. In the recent period when the pandemic has begun to be controlled, especially after vaccinations have been implemented throughout the world, many studies have been conducted to see the positive impact of this pandemic. Improvements in

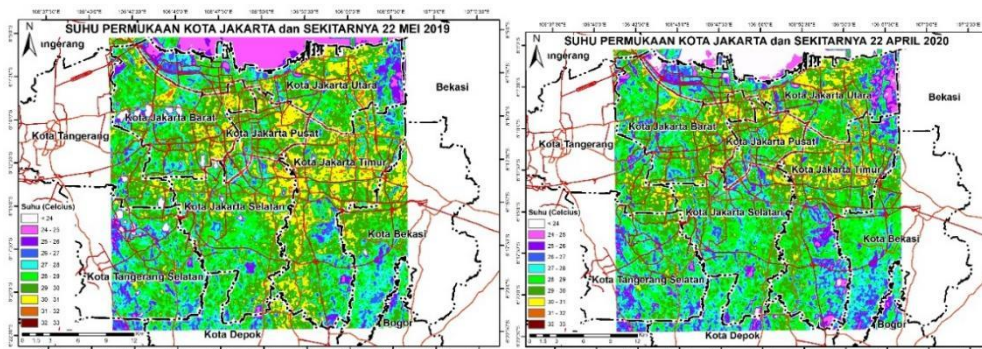
environmental quality are known to have occurred in various countries after the wave of the COVID-19 pandemic. The implementation of the lockdown, especially in urban areas, has reduced the level of air pollution, water pollution, and noise levels. Air quality improvement occurred significantly. Interestingly, better air quality with reduced anthropogenic emissions and aerosols also brings climatic consequences to temperature reductions in urban areas.

This study has also obtained findings showing symptoms of a decrease in air temperature in five cities selected from Indonesia and Singapore, namely Jakarta, Surabaya, Yogyakarta, Bandung, and Singapore. In this study, we analyzed the Landsat 8 OLI/TIRS imagery with samples taken in the driest months in order to obtain accurate data. In each city, paired satellite images have been taken where one satellite image represents the conditions before the pandemic and the other image represents the post-pandemic conditions. These various images are then processed and analyzed to determine the land surface temperature before and after the COVID-19 pandemic.

Land surface temperature in the city of Jakarta is showing signs of a decline after the pandemic. Image analysis for May 2019 shows that the surface temperature in Jakarta in that period was dominated by temperatures of 29°C to 31°C . These surface temperatures are widespread in the Jakarta area and dominate in the southern and eastern parts of the city. Lower surface temperatures are scattered in various places, especially in the border areas of Jakarta (Figure 1a). Population mobility seems to greatly affect the land surface temperature in the city of Jakarta in the pre-pandemic period. Data from the 2019 commuter survey from the Central Statistics Agency (2019) shows that South Jakarta is the main destination for commuters. This commuter movement does not only come from residents who live in Jakarta but also surrounding cities such as Depok, Tangerang, South Tangerang, and Bekasi. The high level of commuting activity affects the dominance of high land surface temperatures in this region in the pre-pandemic period.

Land surface temperature in Jakarta has decreased after the pandemic. Data from image processing in April 2020 showed that quite a number of parts of Jakarta experienced a decrease in surface temperature even though it was only one or two degrees, namely from 30°C - 31°C to 29°C - 30°C . The zone that was clearly experiencing a decrease temperature is the area of the commuter route along the South and East Jakarta routes. There are several points that do not show a decrease in temperature but these areas are very limited and scattered, especially in downtown Jakarta (Figure 1b). The southern part of the city which was previously the hottest dominant area experienced a spatially significant temperature change. As an area with strong commuting activities, the imposition of

restrictions on community activities has proven to have an effect on reducing land surface temperatures in this area. Reduced anthropogenic emissions from commuting activities lead to lower surface temperatures. Image analysis on April 22 when the Large-Scale Social Restrictions was implemented shows that there has been a large decrease in surface temperature.

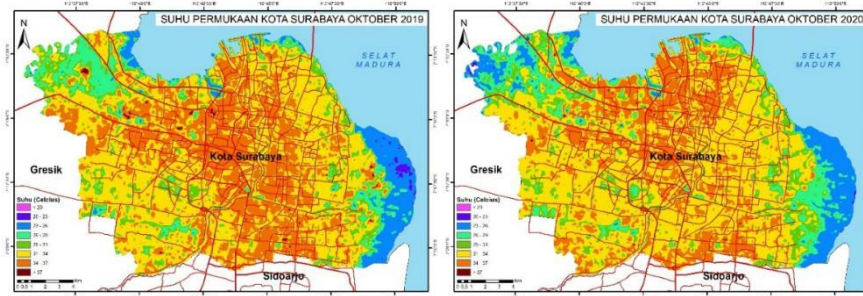


Picture 1. Land surface temperature in Jakarta City. (a) before Pandemic Covid-19 based on image in July, 2019, (b) after pandemic Covid-19 based on image in May, 2021

The city of Surabaya also experienced a decrease in land surface temperature after the pandemic. Spatially, the pattern of decreasing surface temperature in Surabaya is simpler than Jakarta. Image analysis for October 2019 shows that the highest surface temperatures are found in the city center with an expansion to the north and south. The northern part of Surabaya is the port area of Tanjung Perak so it has busy transportation activities. This port is the base port that serves the most shipping routes in Indonesia. Meanwhile, the southern part of Surabaya is a commuter zone just like Jakarta. Data from BPS (2017) shows that most commuters in Surabaya come from Sidoarjo Regency which is in the south. The second commuter zone is in the west of the city with commuter flows coming from Gresik Regency. The spatial distribution of surface temperatures shows that high temperatures of 34⁰C-37⁰C are found in city centers, ports, and the southern and western commuter zones. The area of high surface temperature in the southern part is wider than the western part due to higher population mobility in this area (Figure 2a)

After the pandemic, there was a decrease in surface temperature in Surabaya. Based on image analysis in October 2020 when the Transitional Large-Scale Social Restrictions were implemented, it appears that there was a decrease in temperature in the downtown area and the two commuter lines, namely from 34⁰C-37⁰C in the pre-pandemic period to 31⁰C-34⁰C after the pandemic. The decrease in surface temperature was not found in the port area. Meanwhile, on the eastern and western edges there are zones that do not experience much change in surface temperature between before and after the pandemic, which is still at

a temperature of 31 °C-34 °C (Figure 2b). The lowest surface temperature is found in the mangrove area in the eastern part of Surabaya. This area did not experience changes in surface temperature between before and after the pandemic, namely 26 °C-29 °C. Apart from the mangrove vegetation factor, this area is also not a busy transportation zone so there is no change between before and after the pandemic.

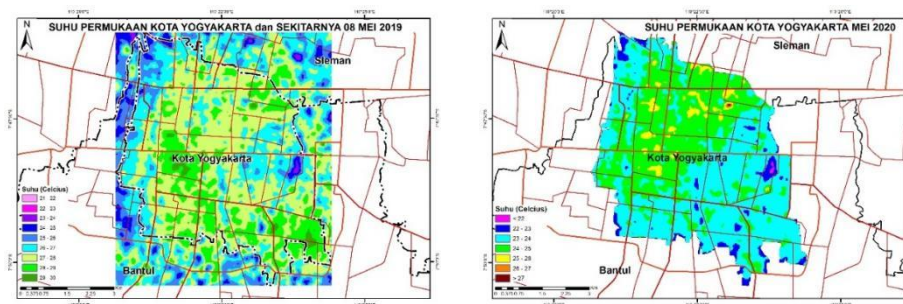


Picture 2. Land surface temperature in Surabaya City. (a) before Pandemic Covid-19 based on image in October, 2019, (b) after pandemic Covid-19 based on image in October, 2021

Bandung city has land surface temperature characteristics that are different from Jakarta and Surabaya. The results of the May 2019 image analysis show that the highest surface temperature is found in the city center, with expansion following the pattern of the main road network. The surface temperature in the city center reaches 31 °C and then decreases gradually towards the edge of the city. In addition to the city center, high surface temperatures are also found in the eastern and northeastern city center circumferences (Figure 3a). All areas with high surface temperatures are densely populated areas and centers of high economic activity, including industrial, trade and residential areas. The commuting pattern in Bandung is also different from Jakarta and Surabaya. Commuter lines that tend to be dominant on certain routes, as happened in Jakarta and Surabaya, are not found in Bandung. BPS data (2017) show that most commuters in Bandung City come from Cimahi City which is in the west, and Bandung Regency which limits Bandung City to the south, east, and most of the north. This condition causes commuters to be not concentrated on certain lines but are spread evenly throughout the region.

The city of Yogyakarta experienced a spatially significant decrease in land surface temperature. Yogyakarta is a relatively small city with a small population. The city is synonymous with education and tourism activities. Berdasarkan image of the Month in May 2019, the highest surface temperatures encountered in the city center, tourist areas, as well as the industrial area in the southeast with a temperature between 28 °C to 30 °C. The area of high temperature to the same temperature is also found in the northern part of the adjacent with the university area in the Seman Regency area. Outside the two regions, there is a spatial dominance of the lower surface temperature at 27 °C-28 °C (Figure 3a). During a pandemic,

tourism activities cannot take place due to the implementation of restrictions on community activities to stop the spread of COVID-19. Educational activities are also carried out online. In this period there was not much movement from outside the city into the city or within the city itself. As a result, in May 2020 the surface temperature in the city center and the center of economic activity decreased to 24 °C-25 °C. The temperature of 30 °C which previously dominated the city center and southeastern part decreased by three degrees after the implementation of Large-Scale Social Restrictions on the Moon. April. High temperature areas are scattered in the central and northern parts of the city. Interestingly, the temperature of the southeast region experienced the most significant decrease (Figure 3b).



Picture 3. Land surface temperature in Yogyakarta City. (a) before Pandemic Covid-19 based on image in June, 2019, (b) after pandemic Covid-19 based on image in May, 2021

BIBLIOGRAPHY

- Abbasi-Shavazi, M.J. (2021). COVID-19 economic recession and the refugee situation. *International Migration* 2021 (59): 289-292.
- Atkeson, Andrew (2020) 'What Will be the Economic Impact of COVID-19 in the US? Rough Estimates of Disease Scenarios.' NBER Working Paper No. 26867. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/dynamic/table/2016/08/18/1219/persentase-penduduk-miskin-menurut-provinsi-2007---2019.html>
- Bauer, P. T. 1965. *The Vicious Circle of Poverty*. Weltwirtschaftliches Archive, Bd. 95, Published by: Springer, 4-20
- Benedek, Z., Balogh, P.G., Barath, L., Ferto, I., Lajos, V., Prban, E., Szabo, G.G., dan Nemes, G. (2021). The kings of the corona crisis: the impact of the outbreak of Covid-19 on small-scale produces in Hungary. *EuroChoices* 19 (3): 53-59
- Bogdan dan Taylor. 2015. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: Remadja Karya
- Ceylan, Z. (2021). The Impact of COVID-19 on the electricity demand: a case study for Turkey. *International Journal of Energy Research*. 2121: 1-18.
- Chaudry, R., Dranitsaris, G., Mubashir, T., Batroszko, J., Riazi, S. (2020). A country level analysis measuring the impact of government actions, country preparedness and socioeconomic factors on COVID-19 mortality and related health outcomes. *EClinicalMedicine* 25: 100464
- Gounder, R. (2020). Economic vulnerabilities and livelihoods: impact of COVID-19 in Fiji and Vanuatu. *Oceania* 90 suppl. 1: 107-113.
- Hupkau, C. dan Petrolongo, B. (2020). Work, care and gender during the COVID-19 crisis. *Fiscal Studies* 41: 623-651.
- Hausmann, Ricardo (2020) 'Flattening the COVID-19 Curve in Developing Countries.' <https://www.project-syndicate.org/commentary/flattening-covid19-curve-in-developing-countries-by-ricardo-hausmann-2020-03> (accessed on April 9th, 2020).
- Kakwani N, Silber J. *The many dimensions of poverty*. New York, USA: Pal- grave Macmillan; 2008.
- King, Peter. 2014. *West Papua and Indonesia Since Suharto: Independence, Autonomy, or Chaos?*. UNSW Press.
- Martin, A., Markhvida, M., Hallegatte, S., Walsh, B. 2020. Socio-economic impacts of COVID-19 on household consumption and poverty. *Economics of Disasters and Climate Change* 4: 453-479.
- Miles and Huberman. 2014. *Data Analysis*. London: Sage Publication
- Noda, Y. (2020). Socioeconomic transformation and mental health impact by the COVID-19's ultimate VUCA era: toward the New Normal, the New Japan, and the New World. *Asian Journal of Psychiatry* 54: 102262
- Noeng Muhadjir, 2012. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Yogyakarta: Penerbit Rake Sarasin
- Noy, I. dan Doan, N. (2020). Measuring the economic risk of COVID-19. *Global Policy* 11 (4): 413-432.
- Parry, B.R. dan Gordon, E. (2020). The shadow pandemic: inequitable gendered impacts of COVID-19 in South Africa. *Gender, Work and Organization* 2020: 1-12.
- Platt, L. dan Warwick, S. (2020). COVID-19 and ethnic inequalities in England and Wales. *Fiscal Studies* 41 (2): 259-289
- Rasheed, R., Rizwan A., Haved H., Sharif F., Zaidi, A. (2021). Socio-economic and environmental impacts of COVID-19 pandemic in Pakistan – an integrated analysis. *Environmental Science and Pollution Research*
- Rivington, M. et al (2021). UK food and nutrition security during and after the COVID-19 pandemic. *Nutrition Bulletin* 46: 88-97.

- Santos, R.M.d. (2020). Isolation, social stress, low socioeconomic status and its relationship to immune response in Covid-19 pandemic context. *Brain, Behavior, & Immunity – Health* 7: 100103
- Sen A. 1981. *Poverty and famines. essay on entitlements and deprivation*. Oxford, UK: OIT-Clarendon Press.
- Sharma, A., Gosh, D., Divekar, N., Gore, M., Gochhait, S., Shiresi, S.S. (2021). Comparing the socio-economic implications of the 1918 Spanish flu and the COVID-19 pandemic in India: A systematic review of literature. *International Social Science Journal, Special Issue 2021*: 1-14
- Sharma, G.D., Talan, G., dan Jain, M. (2020). Policy response to the economic challenge from COVID-19 in india: A qualitative inquiry. *Journal of Public Affairs* 20: 2-16
- Shidiq, Ahmad Rizal (2020) ‘Our Health System Capacity vs the Demand from a Large-Scale Social Distancing Policy.’ CSIS Commentaries DMRU-041-EN. Jakarta: Centre for Strategic and International Studies.
- Sumner, Andy, Chris Hoy, and Eduardo Ortiz-Juarez (2020) ‘Estimates of the Impact of COVID-19 on Global Poverty.’ WIDER Working Paper No. 2020/43. Helsinki: United Nations University, World Institute for Development Economics Research.
- Tisdell, C.A. (2020). Economic, social and political issues raised by COVID-19 pandemic. *Economic Analysis and Policy* 68: 17-28
- World Bank. 2019. <https://www.worldbank.org/en/country/indonesia/overview>
- UNDP, “The Social and Economic Impact of Covid-19 in The Asia-Pacific Region”, Position Note, UNDP Regional Bureau for Asia and the Pacific, April 2020.
- Boyle, Tom., et al. (2003). Using Blended Learning to Improve Student Success Rates in Learning to Program. November 2003 *Journal of Educational Media* 28(2-3):2-3. DOI:10.1080/1358165032000153160
- Chan, KT Embedding Formative Assessment in Blended Learning Environment: The Case of Secondary Chinese Language Teaching in Singapore. *Educ. science*. 2021, 11, 360. <https://doi.org/10.3390/educsci11070360>
- Ellis, Robert A., Abelardo Pardo, & Feifei Han. (2016). “Quality in Blended Learning Environments- Significant Differences in How Student Approach Learning Collaborations. *Computers & Education*, 102, 90-102. 10.1016/j.compedu.2016.07.006
- Garrison, D. Randy, & Heather Kanuka. (2004). “Blended Learning; Uncovering Its Transformative Potential in Higher Education. *The Internet and Higher Education*. Volume 7, Issue 2, 2nd Quarter 2004, 95-105. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2004.02.001>
- MEO, Blended Learning to Enhance Schooling Experience and Further Develop Students into Self-Directed Learners. 29 December 2020. <https://www.moe.gov.sg/news/press-releases/20201229-blended-learning-to-enhance-schooling-experience-and-further-develop-students-into-self-directed-learners>
- MEO, Updates to the 2021 National Examinations and Resumption of Co-Curricular Activities in Schools. 23 June 2021. <https://www.moe.gov.sg/news/press-releases/20210623-updates-to-the-2021-national-examinations-and-resumption-of-co-curricular-activities-in-schools>
- Mr. Tee Ng (2021). “Timely change and timeless constants: COVID-19 and educational change in Singapore” . *Educational Research for Policy and Practice* (2021) 20:19–27. <https://doi.org/10.1007/s10671-020-09285-3>

ATTACHMENT

LAPORAN
PENELITIAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI 2022



Judul:
EVOLUSI PALEOGEOGRAFIS AREA VULKANIK WONOSOBO DAN
PENGARUHNYA TERHADAP KEHIDUPAN KUNO DI TEMPAT KELAHIRAN
PERADABAN JAWA

Disusun Oleh

Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si./NIP. 19591129 198601 1 001
Arif Ashari, S.Pd., M.Sc./NIP. 19860302 202012 1 003
Kuncoro Hadi, S.S., M.A./NIP. 19840410 201903 1 010
Eko Prasetyo Nugroho Saputro, S.Pd, M.Hum, M.I.Kom./NIP. 21007861 220055
Bagas Syarifudin/NIM. 19405241008
Irvan Maulana/NIM. 19407144007
Birawa Pramudiya Jati Nugroho/NIM. 20407144020
M. Rizal Fathoni/NIM. 20405241002
Zuraidah Rizka Permata/NIM. 20405241026

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
TAHUN 2022

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Evolusi Paleogeografis Area Vulkanik Wonosobo dan Pengaruhnya Terhadap Kehidupan Kuno di Tempat Kelahiran Peradaban Jawa

Peneliti/Pelaksana

Nama lengkap : Dr. Drs. Suhadi Purwantara, M.Si.

Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta

NIDN : 0029115912

Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

Program Studi : Pendidikan Geografi - S1

Nomor HP : +6285226211591

Alamat surel (e-mail) : suhadi_p@uny.ac.id

Anggota (1)

Nama Lengkap : Arif Ashari, S.Pd., M.Sc.

NIDN : 0002038603

Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta

Anggota (1)

Nama Lengkap : Kuncoro Hadi, S.S., M.A.

NIDN : 0010048404

Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta

Anggota (1)

Nama Lengkap : Eko Prasetyo Nugroho Saputro, S.Pd, M.Hum, M.I.Kom.

NIDN : 0020128609

Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta

Institusi Mitra (jika ada)

Nama Institusi Mitra :

Alamat Institusi Mitra :

Penanggung Jawab :

Tahun Pelaksanaan :

Biaya Tahun Berjalan : Rp. 20.000.000,00

Mengetahui,
Ketua LPPM,



Prof. Dr. Samsul Hadi, M.Pd., M.T.

NIP 19600529 198403 1 003

Yogyakarta, 4 April 2022
Ketua Pelaksana

Dr. Suhadi Purwantara, M.Si.

NIP 19591129 198601 1 001

ABSTRAK

Peradaban Jawa lahir di area bentanglahan vulkanik. Selama ribuan tahun, kehidupan manusia sangat dipengaruhi oleh evolusi pada bentanglahan vulkanik ini. Studi ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh evolusi bentanglahan vulkanik di Area Vulkanik Wonosobo terhadap kehidupan manusia pada masa Mataram Kuno. Terdapat dua tujuan yang lebih spesifik dari studi ini yaitu: (1) Menganalisis evolusi paleogeografis yang terjadi dan (2) Menganalisis pengaruh evolusi paleogeografis terhadap kehidupan kuno. Pengumpulan data dalam studi ini dilakukan melalui observasi, interpretasi citra penginderaan jauh, studi pustaka, dan dokumentasi. Analisis data dilakukan dengan analisis deskriptif analitik dengan memperhatikan aspek kausalitas. Untuk mengetahui evolusi bentuklahan yang telah terjadi, analisis deskriptif dilakukan dengan pendekatan geomorfologi. Sementara itu untuk mengetahui kehidupan masa lampau digunakan metode analisis sejarah. Hasil studi menunjukkan bahwa proses alam yang terjadi di lingkungan vulkan sangat berperan dalam menentukan kemunculan, kemajuan, kemunduran, hingga lenyapnya suatu peradaban. Evolusi bentanglahan terjadi melalui erupsi vulkan maupun denudasi morfologi vulkan oleh iklim. Pada area Stratovulkano Sundoro yang masih aktif di masa Mataram Kuno, letusan vulkan menimbulkan bencana bagi kehidupan masyarakat kuno sebagaimana terbukti dalam berbagai temuan arkeologis yang tertimbun oleh material vulkanik. Sementara itu pada area vulkan yang telah lama tidak aktif seperti di Stratovulkano Sumbing dan Kompleks Vulkan Dieng, evolusi bentanglahan yang mempengaruhi kehidupan manusia berasal dari proses denudasi morfologi vulkan yang dilakukan oleh iklim. Jejak antropogenik dalam bentuk alih fungsi lahan yang dilakukan sejak jaman kuno ternyata juga turut berperan dalam menentukan kecepatan proses denudasi. Secara ringkas, studi ini memberikan wawasan baru mengenai pengaruh evolusi paleogeografis terhadap peradaban manusia dalam rentangan abad.

Kata kunci: Paleogeografis, evolusi bentanglahan, vulkan, Mataram Kuno

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. State of the Art	5
B. Roadmap Penelitian	7
BAB III METODE PENELITIAN	9
A. Desain Penelitian	9
B. Subjek dan Objek Penelitian	9
C. Teknik Pengumpulan Data	9
D. Teknik Analisis Data	11
E. Sistematika Penulisan	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
A. Deskripsi Daerah Penelitian	13
B. Evolusi Paleogeografis Area Vulkanik Wonosobo	15
C. Pengaruh Evolusi Fisikal terhadap Kehidupan Kuno di Area Vulkanik Wonosobo	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	44
A. Kesimpulan	44
B. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Manfaat Penelitian Sebagai Bahan Ajar untuk Beberapa Mata Kuliah Terkait	4
Tabel 2. Jenis data, metode pengumpulan data, dan instrument/sumber data	10

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Roadmap studi evolusi bentuklahan di Pulau Jawa 2000-2021	8
Gambar 2. Prosedur penelitian	12
Gambar 3. Daerah penelitian	13
Gambar 4. Zonasi eksplorasi dan analisis di WVA	15
Gambar 5. (A) Stratigrafi batuan di Zona Kaliangkrik yang berkaitan dengan kronologi perkembangan bentuklahan. (B) Material endapan lahar di dataran kaki Vulkan Sumbing bagian tenggara.....	19
Gambar 6. (A) Stratigrafi batuan di Zona Pulosaren-Potorono. (B) Material piroklastik jatuhan di peralihan lereng bawah dan kaki vulkan Sumbing bagian baratdaya	21
Gambar 7. (A) Stratigrafi batuan di Zona Windusari. (B) Material piroklastik jatuhan di peralihan lereng bawah dan kaki vulkan Sumbing bagian baratdaya	23
Gambar 8. Stratigrafi batuan di Zona Butuh-Batursari.....	23
Gambar 9. Stratigrafi batuan di Zona Kledung	28
Gambar 10. Stratigrafi batuan di Zona Garung-Watumalang	29
Gambar 11. Stratigrafi batuan di Zona Liyangan	31
Gambar 12. Stratigrafi batuan di Zona Tambi-Telerejo	32

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Vulkan aktif adalah salah satu karakter utama dari bentang alam di Kepulauan Indonesia. Kondisi ini ditunjukkan oleh banyaknya jumlah vulkan dengan sebaran yang luas di berbagai wilayah. Tidak kurang dari 13% vulkan aktif di dunia terdapat di Indonesia (Zaennudin, 2010) sehingga menjadikannya sebagai negara dengan tingkat vulkanisme tertinggi di dunia (Verstappen, 2013). Diantara berbagai wilayah Indonesia, peristiwa vulkanisme paling banyak terjadi di Pulau Jawa. Catatan sejarah erupsi menunjukkan bahwa 47% erupsi di Indonesia terjadi di Pulau Jawa. Vulkanisme di Jawa telah berlangsung lama sejak awal pembentukan pulau pada Kala Eosen (Hall, 2009) dan masih dapat terus berlangsung hingga masa mendatang, mengingat setting geologi regional sekitar Jawa memang mengarahkan demikian (Verstappen, 2010). Bentanglahan vulkanik, bersama dengan pegunungan, mengisi sekitar 60% lahan di Pulau Jawa sebagai hasil dari proses geologis ini (Hadmoko et al., 2017), dengan stratovolkano sebagai tipe morfologi yang paling lazim dijumpai.

Sebagai bentanglahan yang penting, area vulkanik telah lama ditempati oleh penduduk bahkan menjadi sumber inspirasi berbagai peradaban kuno di Pulau Jawa. Lavigne et al. (2008) menjelaskan bahwa selama ribuan tahun lereng-lereng vulkan ini telah ditempati oleh penduduk. Bentanglahan vulkanik menjadi pusat dari peradaban kuno tersebut. Sebuah studi yang dilakukan oleh Degroot (2009) berhasil melacak ratusan candi di Jawa Tengah sebagai jejak peninggalan kebudayaan masa lampau. Lokasi candi tersebut ternyata paling banyak terdapat di bentanglahan vulkanik dibandingkan wilayah lainnya. Bahkan wilayah Borobudur dan Prambanan yang menjadi pusat aglomerasi candi dan disebut sebagai ibukota kuno, juga berada di wilayah vulkanik dan terpengaruh oleh vulkanisme. Bentanglahan vulkanik sendiri disisi lain terus mengalami evolusi secara alami dari waktu ke waktu. Proses yang terjadi secara alami ini tidak jarang menimbulkan dampak negatif terhadap kehidupan manusia.

Bertempat tinggal di wilayah vulkan aktif memang memberikan banyak manfaat bagi manusia, baik karena keberadaan berbagai potensi sumberdaya alam maupun manfaat sosial-spiritual yang terbentuk dari hubungan manusia-vulkan (Bachri et al., 2015; Sutikno et al., 2007). Disisi lain aktivitas vulkanisme juga tidak jarang menimbulkan dampak negatif yang massif terhadap kehidupan manusia. Situs desa kuno Liyangan di lereng timur Vulkan

Sindoro (Riyanto, 2015) dan Kompleks Candi Asu di lereng barat Vulkan Merapi (Ashari, 2013), keduanya terkubur oleh material piroklastik, merupakan contoh yang menunjukkan dampak yang ditimbulkan oleh erupsi vulkan terhadap peradaban masa lampau. Dengan kata lain, evolusi bentuklahan vulkanik menjadi faktor penting yang menentukan kemunculan, perkembangan, dan lenyapnya peradaban kuno di Pulau Jawa. Evolusi bentuklahan vulkanik dapat berlangsung akibat erupsi maupun proses denudasi bentanglahan yang dikendalikan oleh tenaga eksogen. Permasalahannya adalah, evolusi bentuklahan vulkanik dan pengaruhnya terhadap kehidupan kuno belum banyak diketahui. Diperlukan suatu studi yang dapat mengungkap proses alami dari evolusi bentuklahan vulkanik serta dampak yang ditimbulkannya terhadap kehidupan manusia dari waktu ke waktu.

Area Vulkanik Wonosobo (AVW) merupakan salah satu kawasan vulkanik di Jawa Tengah. Terdapat tiga morfologi vulkan utama yang mendominasi area AVW yaitu Stratovolcano kembar Sumbing dan Sindoro, serta Dieng Volcanic Complex (DVC). Pada tahun 2021 tidak kurang dari satu juta penduduk bertempat tinggal di wilayah ini. Apabila dirunut lebih jauh, penghunian penduduk di wilayah ini telah berlangsung selama ribuan tahun. Bahkan, wilayah ini disebut-sebut sebagai tempat kelahiran peradaban Jawa (Degroot, 2009). Selama kurun waktu tersebut telah banyak terjadi proses alami yang mengubah kondisi bentuklahan. Dengan penghunian yang telah berlangsung lama, sangat mungkin proses alami tersebut menimbulkan dampak bagi kehidupan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap evolusi paleogeografis yang terjadi di AVW dan pengaruhnya terhadap kehidupan kuno. Penelitian ini merupakan *indigeneous study*, yang diharapkan dapat memberikan informasi alternatif mengenai karakteristik interaksi manusia-lingkungan di wilayah vulkanik Indonesia. Lebih lanjut studi ini diharapkan dapat meningkatkan perbendaharaan sosial-budaya masyarakat sebagai keunggulan komparatif bangsa di lingkup global.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, permasalahan dalam penelitian ini selanjutnya dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana evolusi paleogeografis yang terjadi di Area Vulkanik Wonosobo?
2. Bagaimana pengaruh evolusi paleogeografis terhadap kehidupan kuno di Area Vulkanik Wonosobo?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis evolusi paleogeografis yang terjadi di Area Vulkanik Wonosobo
2. Menganalisis pengaruh evolusi paleogeografis terhadap kehidupan kuno di Area Vulkanik Wonosobo

D. Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam menemukan informasi alternatif mengenai evolusi paleogeografis yang terjadi di berbagai bentuklahan vulkanik dalam Area Vulkanik Wonosobo. Evolusi paleogeografis pada bentuklahan vulkanik dapat terjadi akibat proses vulkanisme maupun pengaruh denudasi bentuklahan oleh proses eksogen. Lebih lanjut, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan informasi alternatif mengenai pengaruh evolusi paleogeografis terhadap kehidupan kuno di Area Vulkanik Wonosobo. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam topik *indigeneous study*, yaitu mengenai kehidupan masyarakat Indonesia dibawah pengaruh kondisi alam di Indonesia.

Studi yang mempelajari paleogeografis telah banyak dilakukan oleh penulis di seluruh dunia. Bahkan, studi mengenai paleogeografis di wilayah Indonesia juga telah banyak dilakukan. Namun demikian, studi paleogeografis dalam konteks dampaknya terhadap kehidupan kuno belum cukup banyak dipublikasikan dalam jurnal internasional bereputasi tinggi. Disisi lain, studi mengenai sejarah kehidupan era Mataram Kuno juga telah banyak dilakukan. Hasil penulisan sejarah terdahulu menunjukkan bahwa pusat pemerintahan era mataram kuno telah mengalami perpindahan. Salah satu penyebab perpindahan tersebut adalah faktor alami yang berkaitan dengan terjadinya bencana alam. Para penulis terdahulu telah banyak memberikan argumentasi mengenai hal ini, namun studi yang dilakukan untuk mengungkap pengaruh proses alami secara detail juga belum banyak dilakukan. Dengan demikian, studi ini diharapkan dapat berkontribusi dalam memberikan wawasan baru mengenai pengaruh evolusi bentuklahan terhadap kehidupan di era Mataram Kuno.

Selain manfaat teoritis tersebut, studi ini juga diharapkan dapat memberikan manfaat praktis berupa penyediaan informasi mengenai karakteristik geografis aktual dan paleogeografis pada berbagai situs sejarah era Mataram Kuno. Penyediaan informasi ini diharapkan dapat membantu penelitian lebih lanjut mengenai korelasi kondisi geografis dengan berbagai peristiwa sejarah di era tersebut. Penyediaan informasi ini diharapkan juga dapat memberikan referensi untuk eksplorasi lebih lanjut dalam bidang geografi, sejarah,

arkeologi, dan lainnya. Selain memberikan informasi yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber referensi dalam pengambilan kebijakan dan pengembangan wilayah, penelitian ini juga diharapkan dapat menghasilkan luaran bahan ajar untuk beberapa mata kuliah terkait, antara lain ditunjukkan oleh Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Manfaat Penelitian Sebagai Bahan Ajar untuk Beberapa Mata Kuliah Terkait

Program Studi (jenjang)	Nama Mata Kuliah	Kontribusi Bahan Ajar
Pendidikan Geografi (S1)	Geomorfologi	Implementasi analisis berbagai aspek geomorfologi dalam pengungkapan evolusi bentuklahan
Pendidikan Geografi (S1)	Geologi	Implementasi informasi stratigrafi dan litologi untuk merekonstruksi kondisi paleogeografi
Pendidikan Geografi (S1)	Sistem informasi geografis	Memberikan contoh implementasi teknik analisis average nearest neighbour, buffering, dan overlay dalam studi geografi fisik dan manusia
Pendidikan Geografi Program Magister (S2)	Fisiografi Indonesia	Memberikan deskripsi fisiografis wilayah vulkanik di Jawa Tengah dan kaitannya dengan kehidupan jaman kuno
Ilmu Sejarah (S1)	Sejarah Indonesia Masa Hindu Buddha	Memberikan deskripsi hubungan kondisi geografis dengan sejarah sosial ekonomi masa Mataram Kuno periode Jawa Tengah, terutama rekonstruksi sejarah pemukiman Mataram Kuno di wilayah Kedu dan sekitarnya abad 8-10 Masehi
Ilmu Komunikasi (S1)	Media Kehumasan dan Iklan	Memberikan contoh implementasi dalam mengiklankan atau mempromosikan tempat wisata dan situs sejarah dari informasi geografis dan sejarah yang telah diungkap

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. State of the Art

Studi mengenai evolusi landform telah banyak dilakukan oleh para penulis terdahulu. Muniz et al. (2018) melakukan studi di Pulau Deception, Antarktika, untuk merekonstruksi ulang evolusi bentuklahan yang terjadi pasca-kaldera. Hasil studi yang dilakukan menunjukkan bahwa pasca-kaldera wilayah pesisir pulau ini mengalami perubahan bentuklahan dari waktu ke waktu yang diakibatkan oleh proses erosi glasial dan/atau letusan gunung berapi subglasial. Sementara itu Harris et al. (2003) melakukan studi di Santiaguito, Guatemala, dan berhasil merekonstruksi sifat erupsi vulkan tersebut dalam kurun waktu 78 tahun. Sifat erupsi vulkan yang bervariasi dari waktu ke waktu ternyata berdampak terhadap morfologi vulkan yang terbentuk. Studi dengan pendekatan yang relatif berbeda dilakukan oleh Kovacs et al (2020), yang tidak hanya merekonstruksi evolusi bentuklahan tetapi juga melihat pengaruhnya terhadap ekosistem alami. Temuan dari studi ini menunjukkan bahwa perubahan kondisi landform maar pasca periode erupsi memungkinkan berkembangnya suatu environment baru yang memicu berkembangnya ekosistem yang spesifik.

Di Indonesia, studi mengenai evolusi bentuklahan juga telah banyak dilakukan. Murwanto et al. (2004), Gomez et al. (2010), Murwanto dan Purwoaminta (2015), melakukan studi untuk merekonstruksi evolusi bentuklahan yang terjadi di Danau Borobudur Purba, Jawa Tengah. Murwanto et al. (2004) menemukan bukti evolusi Danau Borobudur Purba menjadi dataran. Sejarah Danau Borobudur Purba direkonstruksi melalui kenampakan dari stratigrafi batuan. Proses geomorfologi berupa pengendapan vulkanik di bagian timur laut dan barat laut danau yang diangkut oleh aliran sungai, merupakan proses utama. Selain itu terdapat pula sedimen dari Perbukitan Menoreh di sebelah barat yang dibawa oleh gerakan massa. Endapan tersebut memberikan perubahan bentuk lahan danau secara bertahap. Gomez et al. (2010) menunjukkan bahwa proses vulkanisme memang berpengaruh sangat penting dalam evolusi bentuklahan di wilayah Borobudur. Selama 119.000 tahun setidaknya ada dua peristiwa vulkanik besar di cekungan Borobudur. Vulkan di sekitar wilayah ini mengalami beberapa erupsi besar dan menghasilkan aliran piroklastik yang diendapkan di basin. Material erupsi tersebut kemudian membendung jaringan hidrografi dan menghasilkan sedikitnya enam *paleolake*. Dalam perkembangan selanjutnya jaringan hidrografi sangat terganggu oleh erupsi gunung berapi sehingga sistem fluviale dan lakustrin di basin Borobudur berakhir. Murwanto dan Purwoaminta (2015) memperkuat

pendapat mengenai evolusi bentanglahan danau Borobudur berdasarkan hasil uji serbuk-sari/pollen dan uji radiocarbon. Pada uji pollen menunjukkan hasil bahwa endapan lumpur hitam mengandung pollen yang berasal dari tanaman rawa.

Studi mengenai evolusi bentuklahan lainnya dilakukan oleh Newhall et al. (2000), Andreastuti et al. (2000), Gertisser et al. (2012), serta Ashari et al. (2021) di Vulkan Merapi, Jawa Tengah, serta Mutaqin et al. (2019) di Lombok Timur dalam kaitannya dengan aktivitas Vulkan Samalas. Newhall et al. (2000) berdasarkan hasil studinya menemukan bahwa Vulkan Merapi mengalami evolusi landform yang ditandai oleh empat tahap perkembangan yaitu Proto Merapi, Merapi Tua, dan Merapi Baru. Masing-masing tahap perkembangan ditandai oleh karakteristik letusan yang berbeda dan menghasilkan morfologi yang juga bervariasi. Andreastuti et al. (2000) berdasarkan stratigrafi dari Vulkan Merapi berhasil menemukan variasi karakteristik aktivitas vulkanik, frekuensi erupsi, magnitudo relatif erupsi, sifat erupsi, serta siklus erupsi. Studi stratigrafi ini menunjukkan bahwa Merapi memiliki erupsi yang tidak konstan dari skala kecil hingga besar. Riwayat letusan Merapi beserta dampaknya terhadap perkembangan morfologi secara lebih detail kemudian dielaborasi oleh Gertisser et al. (2012). Ashari et al. (2021) menemukan bahwa aktivitas vulkanisme tidak hanya menyebabkan perubahan bentuklahan pada kerucut vulkanik saja tetapi juga di area yang luas sepanjang masih terdampak oleh vulkanisme. Sementara itu Mutaqin et al. (2019) dalam studinya menunjukkan sifat erupsi Vulkan Samalas dan dampaknya terhadap perkembangan landform, terutama berkaitan dengan deposisi material yang dihasilkan dari erupsi.

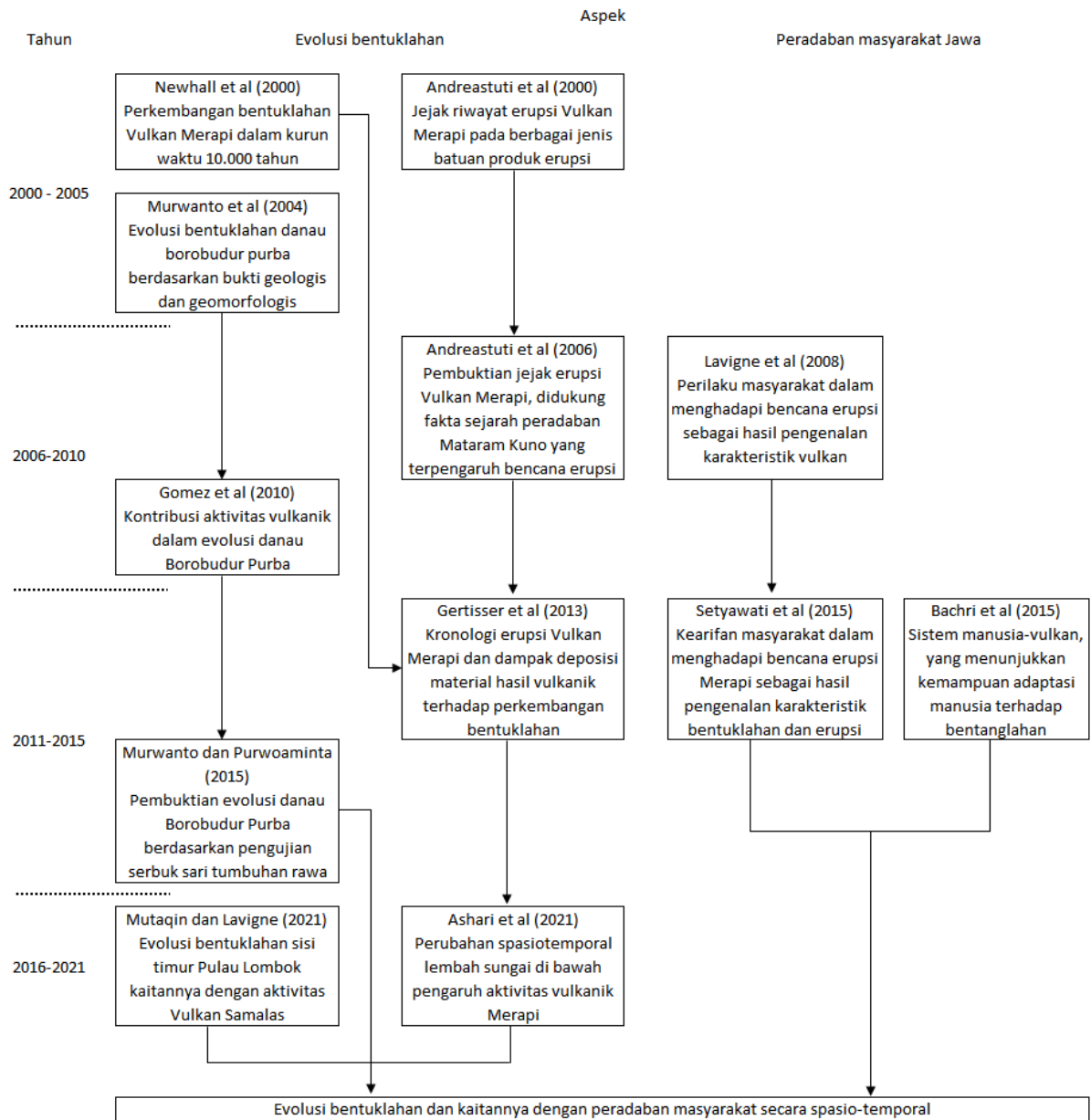
Walaupun studi mengenai evolusi landform telah banyak dilakukan, namun studi yang melihat evolusi landform dalam perspektif interaksi manusia-lingkungan relatif belum banyak. Disisi lain, studi mengenai peradaban manusia pada suatu bentanglahan juga telah banyak dilakukan namun masih relatif kurang membahas hubungannya dengan kondisi bentanglahan tersebut. Dengan demikian masih dibutuhkan kontribusi lebih lanjut dari studi yang mengkaitkan karakteristik peradaban manusia dengan kondisi lingkungan fisik tempat tinggalnya. Dengan kata lain diperlukan studi yang menjembatani dua bagian untuk membahas tema yang beririsan. Selama ini pengaruh kondisi fisik terhadap kehidupan manusia juga telah mulai dibahas sebagai implikasi dari evolusi bentuklahan. Murwanto et al. (2004) serta Gomez et al. (2010), sebagai contoh, mengkaji tentang peluang pemanfaatan lahan di basin Borobudur sejalan dengan lenyapnya danau dan berubah menjadi morfologi dataran. Mutaqin dan Lavigne (2019) mengkaji dampak erupsi vulkan terhadap pengungsian penduduk dan pemilihan lokasi tempat tinggal. Andreastuti et al. (2006) mengkaji

kemungkinan keterkaitan antara erupsi Vulkan Merapi masa lampau dengan berpindahnya pusat Kerajaan Mataram Kuno. Sementara itu studi dengan perspektif yang lebih menitikberatkan pada perilaku manusia dibawah pengaruh bentanglahan telah dilakukan oleh Lavigne et al. (2008), Setyawati et al. (2015), dan Bachri et al. (2015). Lavigne et al. (2008) dan Setyawati et al. (2015) menunjukkan bahwa pengenalan manusia terhadap aktivitas vulkanik akan membentuk kearifan lokal yang bermanfaat dalam mitigasi bencana. Sementara itu Bachri et al. (2015) menunjukkan bahwa antara manusia dengan bentanglahan vulkanik terdapat hubungan yang unik dimana manusia selain menghadapi dampak negatif akibat bencana erupsi juga menikmati berbagai dampak positif dari bentanglahan.

Dengan memperhatikan capaian studi terdahulu dalam bidang hubungan manusia-lingkungan di Pulau Jawa sebagaimana deskripsi diatas, penelitian ini bermaksud untuk memberikan kontribusi pada aspek yang masih memerlukan pengkajian lebih lanjut. Aspek yang dimaksud adalah studi yang menunjukkan keterkaitan spasiotemporal antara evolusi bentuklahan terhadap kebudayaan manusia. Bagian inilah yang ingin diisi dengan kontribusi dari pencapaian hasil studi ini.

B. Roadmap penelitian

Bidang strategis nasional atau bidang unggulan perguruan tinggi yang diangkat dalam penelitian ini adalah Sosial Budaya-Seni Budaya-Pendidikan. Tema penelitian ini tentang Kajian Pembangunan Sosial Budaya, sedangkan topik penelitian adalah *indigeneous study*. Penelitian ini dilandasi oleh hasil penelitian terdahulu yang membahas tentang evolusi bentuklahan di Indonesia maupun peradaban masyarakat Jawa, baik yang ditulis oleh anggota tim penelitian ini maupun peneliti lain. Studi tentang evolusi bentuklahan di Indonesia yang mendasari penelitian telah banyak dilakukan. Pada era 2000-2005 terdapat studi yang dilakukan oleh Newhall (2000), Andreastuti (2000), serta Murwanto et al. (2004). Pada era 2006-2010 terdapat studi evolusi bentuklahan yang dilakukan oleh Gomez et al (2010), era 2011-2015 terdapat studi dari Murwanto dan Purwoaminta (2015), dan pada era 2016-2021 terdapat studi yang dilakukan oleh Muttaqin dan Lavigne (2019) serta Ashari et al. (2021). Berbagai studi tersebut menunjukkan bahwa evolusi bentuklahan di Indonesia telah menjadi perhatian para peneliti sejak lama dan masih relevan untuk dipelajari. Disisi lain para peneliti juga telah melakukan studi mengenai peradaban masyarakat Jawa. Pada era 2016-2020 terdapat studi yang dilakukan oleh Lavigne et al. (2008), pada era 2011-2015 terdapat studi dari Setyawati et al. (2015) serta Bachri et al. (2015) Kedudukan penelitian ini dalam roadmap studi evolusi bentuklahan di Pulau Jawa ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Roadmap studi evolusi bentuklahan di Pulau Jawa 2000-2021]

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif-eksploratif dengan pendekatan spasial, yang bertujuan untuk menjelaskan berbagai gejala yang dijumpai secara terperinci. Penelitian ini menekankan implementasi tema-tema geografi dalam menganalisis permasalahan, terutama tema lokasi (*location*), tempat (*place*), dan interaksi manusia-lingkungan (*human-environment interaction*). Tema lokasi berkaitan dengan letak keberadaan dari subjek penelitian yang memiliki kedudukan tertentu di permukaan bumi. Tema tempat berkaitan dengan karakteristik fisik dan sosial dari subjek penelitian tersebut. Sementara itu tema interaksi manusia-lingkungan merupakan aspek utama yang menjadi perhatian dari penelitian ini. Terkait dengan populasinya, penelitian ini merupakan penelitian sampling yang menggunakan sebagian dari anggota populasi untuk menggali karakteristik populasi secara keseluruhan. Terkait dengan karakteristik objeknya, penelitian ini merupakan penelitian survei yang dicirikan penggunaan lembar observasi dan pedoman wawancara dalam survei terencana.

B. Subjek dan Objek penelitian

Subjek dalam penelitian ini adalah seluruh bentuklahan vulkanik di Area Vulkanik Wonosobo (AVW), Jawa Tengah. Wilayah AVW yang dimaksud terbentang mulai dari Vulkan Sumbing di bagian tenggara hingga Kompleks Vulkan Dieng di bagian barat laut. Morfologi utama yang mendominasi AVW adalah Vulkan Sumbing, Vulkan Sindoro, dan Kompleks Vulkan Dieng. Objek dalam penelitian ini adalah evolusi bentuklahan serta berbagai fakta sejarah yang menunjukkan hasil interaksi/adaptasi manusia terhadap kondisi bentuklahan yang ditempati. Seluruh wilayah AVW merupakan populasi dalam penelitian ini. Penentuan sampel untuk unit analisis ditentukan dengan cara sistematis sampling yaitu dengan membagi unit bentuklahan ke dalam beberapa zonasi.

C. Teknik Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan observasi. Sementara itu pengumpulan data sekunder dilakukan dengan interpretasi citra penginderaan jauh, studi pustaka, dan dokumentasi. Observasi dilakukan untuk memperoleh data mengenai kondisi geologis dan geomorfologis yang

diperlukan untuk memprediksikan genesis dan kronologi dalam evolusi bentuklahan. Observasi dilakukan dengan survei geomorfologikal-sintetis mengacu kepada metode Verstappen (2014). Instrumen untuk observasi lapangan dikembangkan dengan mengacu kepada standar instrumen menurut Van Zuidam dan Cancelado (1979).

Interpretasi citra penginderaan jauh digunakan untuk memperoleh data kondisi geomorfologis. Pengumpulan data dilakukan dengan Citra Landsat 8 OLI serta memanfaatkan teknologi Google Earth Engine. Data kondisi geomorfologis ini bersifat saling melengkapi dengan hasil observasi. Bahkan penginderaan jauh memungkinkan untuk memperoleh data di area yang tidak dapat dijangkau dengan survei terestrial. Dokumentasi merupakan sumber data sekunder yang sangat penting. Data mengenai fakta sejarah dan arkeologis diperoleh dari berbagai sumber dokumen. Selain itu metode dokumentasi juga memungkinkan perolehan data geologis dari Peta Geologi serta data geomorfologis dari Peta Rupabumi Indonesia. Studi pustaka digunakan untuk memperoleh data dari studi terdahulu yang berkaitan dengan evolusi bentuklahan dan kehidupan masyarakat era Maratam Kuno (Tabel 2)

Tabel 2. Jenis data, metode pengumpulan data, dan instrumen/sumber data

No	Variabel	Metode pengumpulan data	Instrumen/sumber data
1	Kondisi geomorfologis - Morfografi - Morfometri - Morfogenesis - Morfo kronologi - Morfoaransemen	Observasi	Lembar observasi, GPS, kompas geologi, abney level, yallon, roll meter, kamera digital
		Interpretasi citra penginderaan jauh	Citra Landsat 8 OLI dan Google Earth Engine
		Dokumentasi	Peta Rupabumi Indonesia Lembar Wonosobo, Parakan, Temanggung, Kertek, Kaliangkrik, Magelang, Watumalang, Batur, dan Kejajar
		Studi pustaka	Ashari (2014), Ashari (2019), Wardoyo et al (2021)
2	Kondisi geologis - Litologi - Stratigrafi	Observasi	Lembar observasi, GPS, palu geologi, kompas geologi, kamera digital
		Dokumentasi	Peta Geologi Lembar Magelang-Semarang dan Banjarnegara-Pekalongan
		Studi pustaka	Harijoko et al (2016), Harijoko et al (2010)
3	Sejarah dan peninggalan arkeologis	Studi pustaka	Riyanto (2015), Riyanto (2017), Tanudirdjo et al (2019), Hermanto dan Hendriani, (2018), Santiko (2013)
4	Kearifan lokal dan toponimi	Studi pustaka	Lavigne et al (2008)

D. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif-analitik dengan memperhatikan aspek kausalitas. Untuk mengetahui evolusi bentuklahan yang telah terjadi, analisis deskriptif dilakukan dengan pendekatan geomorfologi. Evolusi bentuklahan merupakan informasi kronologi kejadian alami di masa lampau. Kondisi tersebut dapat diprediksikan berdasarkan gejala yang ada saat ini sesuai dengan konsep dasar *the present is the key to the past*.

Tahapan yang dilakukan dalam analisis adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan seluruh aspek geomorfologi pada bentuklahan yang ada pada saat ini. Aspek geomorfologi yang digunakan adalah morfologi, material, proses, genesis, iklim, dan tektonik, yang merupakan kombinasi dari metode King, Davis, Penck dan Penck, serta Verstappen
2. Menginterpretasi genesis dan perkembangan bentuklahan berdasarkan konsep *the present is the key to the past*. Kondisi geomorfologis tertentu merupakan hasil dari proses masa lampau. Proses ini didukung dengan interpretasi proses pembentukan berbagai jenis batuan di wilayah yang dianalisis tersebut.

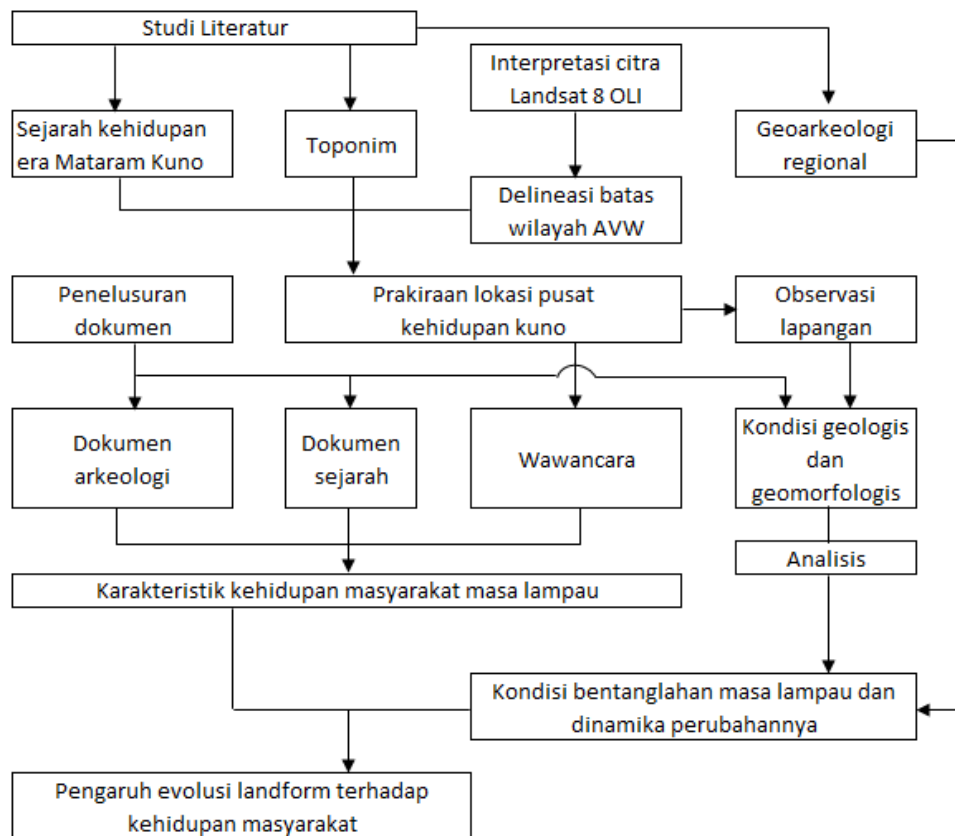
Contoh: Situs liyangan terletak di kaki Vulkan Sindoro. Di wilayah tersebut terdapat endapan piroklastik dan tuff. Endapan piroklastik merupakan produk luncuran awan panas sedangkan tuff merupakan akumulasi tefra jatuhan dari hujan abu dan pasir. Dengan demikian wilayah tersebut pernah terdampak langsung dari letusan vulkan yang eksplosif. Ketebalan lapisan menunjukkan volume material letusan. Sedangkan jenis mineral pada batuan menunjukkan sifat magma yang berkorelasi dengan magnitude letusan.

3. Untuk memastikan akurasi interpretasi tersebut, penggunaan konsep geomorfologi "*the present is the key to the past*", juga didukung dengan sembilan konsep lainnya. Seluruh konsep ini berfungsi sebagai kunci dan formula untuk mendiagnosis kondisi bentuklahan pada saat ini maupun masa lampau.
4. Penentuan kronologi kejadian dilakukan dengan *relative dating*. Namun lebih diutamakan apabila terdapat data sekunder yang memungkinkan untuk *absolute dating*. Untuk mengetahui kehidupan masa lampau digunakan metode analisis sejarah. Terdapat empat langkah dalam analisis ini yaitu pengumpulan sumber (heuristik), kritik sumber (verifikasi), kemudian interpretasi dan penulisan (historiografi). Kritik sumber atau verifikasi dilakukan dengan analisis atas sumber sejarah, melalui kritik eksternal dan internal. Eksternal berkaitan dengan otentifikasi aspek luar sumber. Sementara itu kritik

internal berkaitan dengan isi atau substansi yang ada pada sumber sejarah. Setelah tahap kritik akan didapat fakta-fakta sejarah yang selanjutnya dirangkai dengan interpretasi atau penafsiran dan menghasilkan tulisan sejarah (historiografi).

E. Sistematika Penelitian

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur untuk memperoleh gambaran awal mengenai sejarah era Mataram Kuno yang berkembang di wilayah AVW. Studi literatur juga dilakukan untuk mengidentifikasi toponimi wilayah di AVW yang berkaitan dengan kehidupan Mataram Kuno. Untuk menentukan batas wilayah AVW dilakukan interpretasi Citra Landsat 8 OLI didukung dengan Google Earth Engine kemudian dilakukan delineasi. Di dalam wilayah AVW yang telah didelineasi terdapat lokasi pusat kehidupan masyarakat kuno yang diidentifikasi dari informasi sejarah dan toponim. Selanjutnya lokasi pusat kehidupan masyarakat kuno menjadi unit analisis. Di lokasi tersebut dilakukan pengumpulan data dengan observasi. Data yang telah diperoleh kemudian diinterpretasi dengan dukungan data sekunder dari dokumentasi dan studi pustaka. Tahap terakhir adalah melakukan analisis untuk menentukan temuan penelitian, berupa pengaruh evolusi bentanglahan terhadap kehidupan masa lampau (Gambar 2).

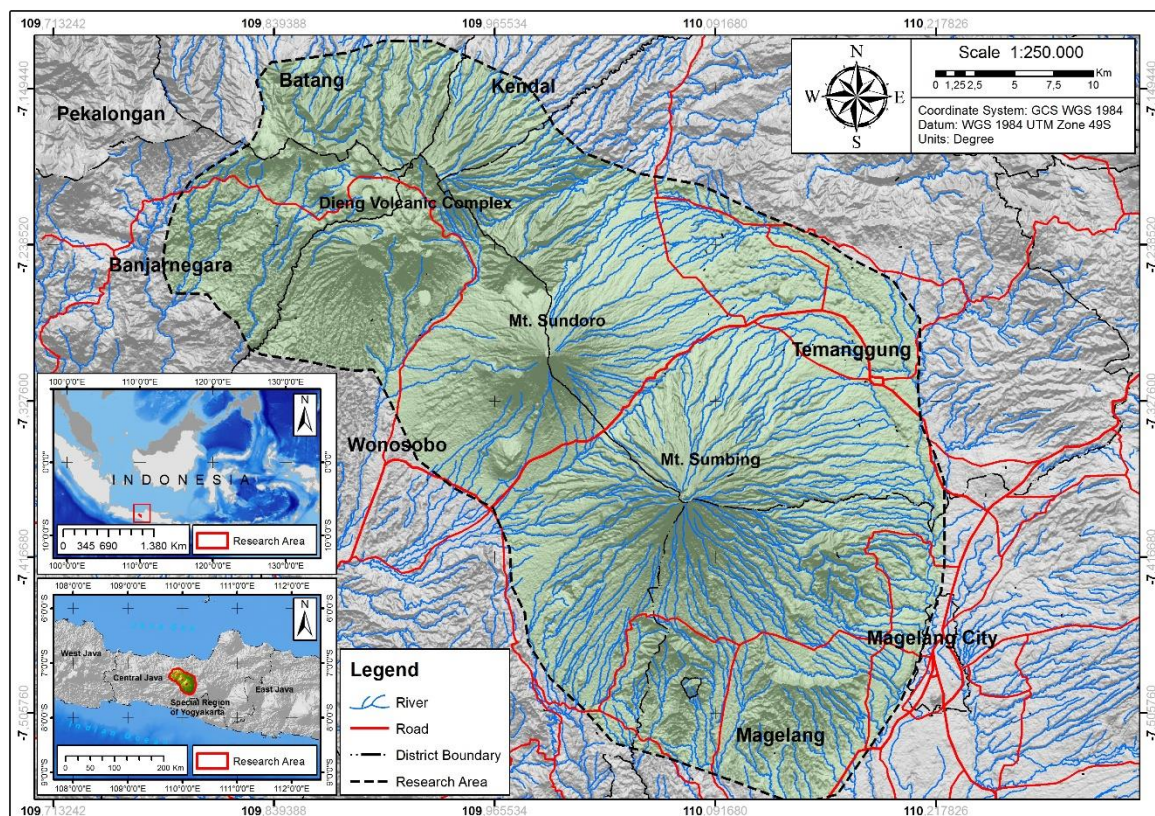


Gambar 2. Prosedur penelitian

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Daerah Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah fisiografis Area Vulkanik Wonosobo (AVW), yang meliputi beberapa fitur vulkanik yaitu Stratovolkano Sumbing, Stratovolkano Sundoro, dan Kompleks Vulkan Dieng (KVD). Secara astronomis daerah penelitian terletak pada koordinat 381949 MT hingga 404998 MT serta 9198256 MU hingga 9184568 MU dalam zona 49S menurut sistem Universal Transverse Mercator (UTM). Secara geografis daerah penelitian terletak di bagian tengah Pulau Jawa. Mengacu kepada teori klasik mengenai zonasi fisiografi Pulau Jawa yang dibuat oleh Pannekoek (1949), daerah penelitian berada di zona utara Jawa Tengah yang merupakan zona vulkanik. Sebenarnya zona vulkanik yang terletak di sisi utara ini merupakan anomali terhadap zona vulkanik Pulau Jawa yang menempati bagian tengah pulau. Berbagai fitur vulkanis di AVW membentuk pola kelurusan dengan arah SE-NW. Stratovolkano Sumbing menempati bagian ujung SE berbatasan dengan zona tengah sedangkan KVD sepenuhnya berada di zona utara Jawa Tengah (Zaennudin, 2010). Perhatikan Gambar 3 berikut ini.

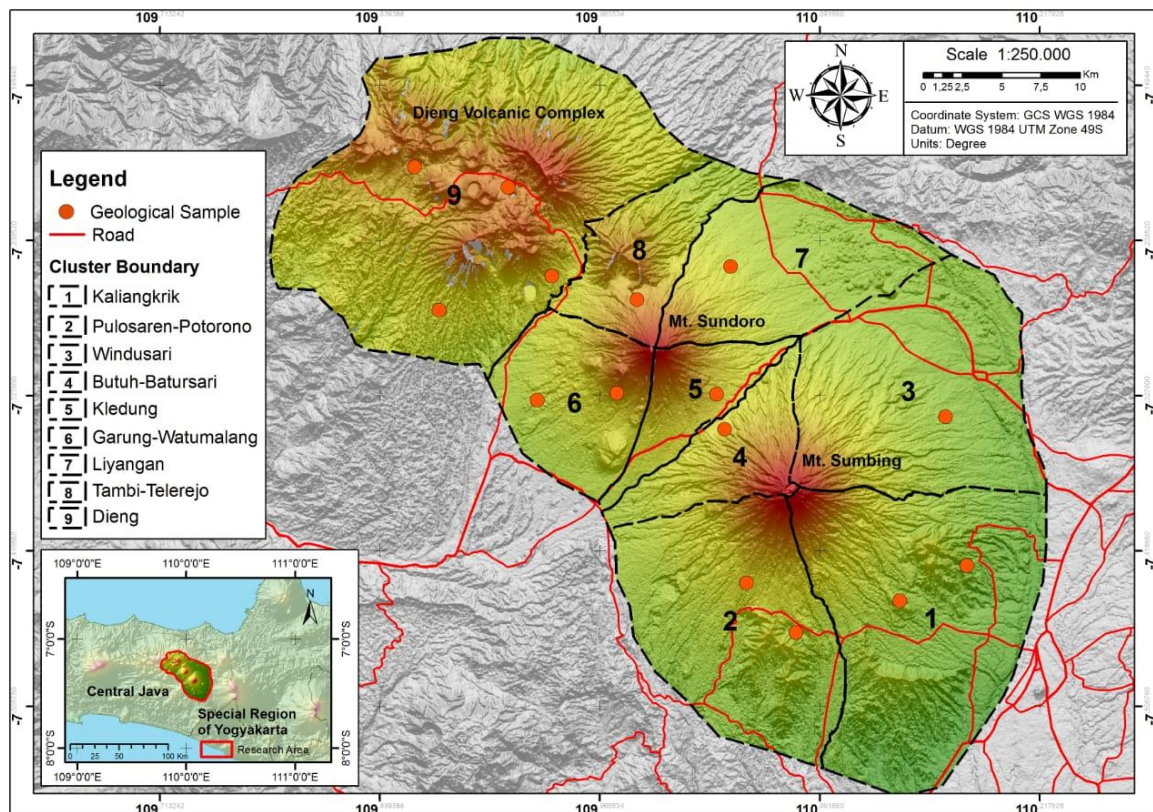


Gambar 3. Daerah Penelitian

Secara administratif, daerah penelitian meliputi enam wilayah kabupaten di Provinsi Jawa Tengah yaitu Magelang, Temanggung, Wonosobo, Banjarnegara, Kendal, dan Batang. Luas total daerah penelitian adalah 1.326 km². Daerah penelitian secara administratif dibatasi oleh bagian lain dari keenam kabupaten yang disebutkan diatas, ditambah dengan Kota Magelang (Gambar 3). Sementara itu, secara fisiografis daerah penelitian dibatasi oleh Pegunungan Serayu Utara, Pegunungan Serayu Selatan, serta rangkaian vulkan yang di sebelah timur AVW yang membentuk pola kelurusan S-N, yaitu Merapi, Merbabu, Telomoyo, dan Ungaran. AVW memiliki kedudukan yang penting dalam sistem hidrologi karena ada tiga daerah aliran sungai besar di Jawa Tengah yang berhulu dari wilayah ini, yaitu Serayu, Progo, dan Bogowonto. Wilayah AVW pada tahun 2021 ditempati oleh tidak kurang dari satu juta penduduk. Sebagian besar penduduk ini bekerja sebagai petani lahan kering. Lingkungan vulkanik seperti AVW dianugerahi lahan yang subur sehingga menjadi penghasil hortikultura yang produktif. Sementara itu di wilayah pertemuan vulkan Sumbing dan Sundoro dan sebelah timur laut kedua stratovolkano ini telah lama menjadi pusat produksi tembakau.

Untuk mempelajari lebih lanjut mengenai evolusi paleogeografis AVW dan dampaknya terhadap kehidupan, kami membagi daerah penelitian menjadi sembilan zona. Pembuatan zonasi ini bertujuan agar dapat dilakukan eksplorasi yang detail dan analisis yang mendalam dengan fokus perhatian yang spesifik di masing-masing zona. Stratovolkano Sumbing dan Sundoro masing-masing terbagi ke dalam empat zona yang mewakili semua sektor lereng yaitu tenggara, barat daya, barat laut, dan timur laut. Sementara itu KVD diklasifikasikan sebagai satu zona tersendiri. Sembilan zona yang ada di daerah penelitian berturut-turut adalah: (1) Kaliangkrik, (2) Pulosaren-Potorono, (3) Windusari, (4) Butuh-Batursari, (5) Kledung, (6) Garung-Watumalang, (7) Liyangan, (8) Tambi-Telerejo, dan (9) Dieng. Zona nomor satu hingga empat berada pada unit Stratovolkano Sumbing, zona nomor lima hingga delapan berada pada unit Stratovolkano Sundoro, dan zona sembilan berada di Kompleks Vulkan Dieng (Gambar 4).

Pada masing-masing zona dilakukan observasi untuk memperoleh data primer mengenai kondisi geologis, geomorfologis, situs arkeologi, serta jejak sejarah kehidupan masa lampau. Pengukuran kondisi geologis dan geomorfologis minimal dilakukan satu kali pada setiap zona. Pada medan yang semakin kompleks dilakukan observasi pada titik yang lebih banyak agar dapat memperoleh hasil yang akurat, yang merepresentasikan keberagaman tersebut. KVD merupakan zona yang paling banyak memiliki titik observasi yaitu sembilan lokasi yang tersebar di seluruh bagian kompleks vulkan ini.



Gambar 4. Zonasi Eksplorasi dan Analisis di WVA

B. Evolusi Paleogeografis Area Vulkanik Wonosobo

Pembahasan mengenai evolusi paleogeografis di Area Vulkanik Wonosobo tidak terlepas dari karakteristik berbagai unit vulkan yang ada di wilayah ini. Tiga unit vulkan yang utama adalah Stratovulkano Sumbing, Stratovulkano Sundoro, dan Kompleks Vulkan Dieng (Gambar 3). Berbagai unit vulkan ini tidak terlepas dari *tectonic* setting wilayah Pulau Jawa yang berada pada zona subduksi antara Lempeng Indo-Australia yang berkarakter oseanik dengan Lempeng Asia Tenggara yang berkarakter kontinental (Verstappen, 2010). Proses subduksi ini sebenarnya telah berlangsung lama (Hall, 2009) dan masih terus berlangsung sehingga berdampak terhadap aktivitas vulkanisme, baik di Pulau Jawa pada umumnya maupun di wilayah AVW. Pembahasan dari karakteristik geologis dan geomorfologis serta evolusi paleogeografis masing-masing unit vulkan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Stratovulkano Sumbing

Vulkan Sumbing merupakan stratovulkano dengan ketinggian 3371 mdpal. Berdasarkan aktivitasnya, Sumbing termasuk dalam kelompok vulkan tipe A yaitu vulkan yang sejak tahun 1600 menunjukkan peningkatan aktivitas dan erupsi magmatik,

atau bahkan hanya sekedar erupsi freatik (Bemmelen, 1949; Padang, 1983). Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) dalam Data Dasar Gunungapi (2014a) menyebutkan bahwa bibir kawah bagian timur laut mengalami penghancuran akibat erupsi sehingga nampak seolah-olah sobek sehingga disebut sebagai Gunung Sumbing. Balai Pelestarian Cagar Budaya (BPCB) Jawa Tengah memberikan penjelasan yang berbeda dimana nama Gunung Sumbing ini berasal dari Wukir Sumving, yaitu sebutan bagi Gunung Sumbing pada masa Mataram Kuno sebagaimana disebutkan dalam Prasasti Mantyasih I, yang berangka tahun 829 çaka (Sukronedi et al., 2018). Wilayah Vulkan Sumbing banyak ditempati oleh penduduk. Catatan dari Global Volcanism Program yang dipublikasikan oleh Smithsonian Institution (2013a) menunjukkan bahwa jumlah penduduk pada radius 5 km sebanyak 15.294 jiwa, pada radius 10 km sebanyak 310.361 jiwa, dan pada radius 30 km sebanyak 2.425.607 jiwa.

Vulkan Sumbing merupakan tipe stratovulkano yang sangat khas dengan bentuk kerucut sempurna yang terbagi dalam tiga sektor sebagaimana dijelaskan oleh Verstappen (2013), yaitu bagian kerucut sebagai sektor pertama, lereng sebagai sektor kedua, dan kaki sebagai sektor ketiga. Masing-masing sektor dibatasi oleh takik lereng (*break of slope*) yang menunjukkan perubahan kemiringan lereng secara mendadak. PVMBG (2014a) menjelaskan bahwa pada ketinggian 2000-3000 meter dijumpai kemiringan lereng paling curam yaitu 25° - 30° , sedangkan lereng yang lebih landai dengan kemiringan sekitar 15° dijumpai pada ketinggian 1500-2000 meter.

Data dari Global Volcanism Program (2013a) menunjukkan bahwa batuan Vulkan Sumbing yang utama adalah andesit, basalt, dan dasit. Hasil pemeriksaan pada Peta Geologi Vulkan Sumbing menunjukkan bahwa wilayah kerucut vulkan tersusun oleh endapan lava. Sebagaimana stratovulkano pada umumnya, sebaran lava terbatas pada jarak 1 hingga 6 km dari puncak pada ketinggian diatas 1000 meter (Sutikno et al., 2007). Endapan lava yang ada di berbagai sektor kerucut Vulkan Sumbing sangat kompleks dan tidak terbentuk pada periode yang sama. Pengendapan lava ini menyebabkan kondisi di lereng atas sangat gersang sehingga hanya ditumbuhi oleh semak dan tumbuhan pionir. Kawah Vulkan Sumbing memiliki bentuk tapal kuda yang membuka ke sisi timur laut. Pada sisi yang terbuka ini terjadi leleran lava yang membentuk lidah lava hingga mencapai ketinggian 2400 meter. Bagian lereng vulkan tersusun oleh batuan hasil letusan yang relatif lunak terdiri dari lapili, tuf, tuf pasir, sampai tuf halus berbatu apung.

Vulkan Sumbing telah lama tidak mengalami aktivitas. Data dari PVMBG (2014a) menunjukkan bahwa letusan yang terjadi dalam sejarah hanya tercatat satu kali pada

tahun 1730. Letusan ini terjadi di kawah puncak dimana kubah lava dengan aliran lava ke arah bibir kawah terendah diperkirakan terjadi pada periode ini. Pada saat ini aktivitas kawah terutama adalah asap solfatara dan fumarola sebagaimana dilaporkan dalam pengamatan di tahun 1937, 1977, dan 1989. Data dari Global Volcanism Program (2013a) juga mengkonfirmasi bahwa letusan terakhir vulkan ini terjadi pada tahun 1730. Demikian pula Lavigne et al. (2008), menjelaskan bahwa Vulkan Sumbing hanya memiliki satu letusan bersejarah pada tahun 1730, dimana letusan ini membentuk kubah lava yang eksis hingga saat ini dan aliran piroklastik yang terbentuk akibat runtuhnya di salah satu sektor kubah tersebut.

Catatan sejarah erupsi Vulkan Sumbing yang sangat terbatas menunjukkan bahwa aktivitas di vulkan ini telah berlangsung pada masa lampau sebelum periode kehidupan manusia modern. Pemeriksaan litologi dan stratigrafi pada Peta Geologi Vulkan Sumbing menunjukkan bahwa aktivitas vulkanik tersebut berlangsung dalam periode panjang, namun seluruhnya terjadi pada masa lampau. Selain itu, aktivitas vulkanik yang terjadi pada berbagai tahap tidak selalu menimbulkan dampak yang sama di seluruh sektor lereng Vulkan Sumbing. Aktivitas vulkanik paling awal membentuk batuan pada salah satu sektor tertentu saja, demikian pula aktivitas vulkanik terakhir yang juga memiliki kecenderungan yang sama. Kerucut parasiter yang ada di kaki Vulkan Sumbing ternyata merupakan pusat aktivitas vulkanik lain yang justru berusia lebih tua daripada Vulkan Sumbing.

Pada area lereng dan kaki Vulkan Sumbing telah banyak terbentuk lembah-lembah radial. Morfometri lembah dicirikan oleh dasar lembah yang dalam dan kemiringan lereng lembah yang curam. Lembah-lembah radial ini dijumpai di seluruh sektor yang menandakan telah berlangsungnya proses denudasi terhadap struktur kerucut Vulkan Sumbing. Proses denudasi diawali oleh pelapukan yang selanjutnya diikuti oleh erosi dan gerakan massa. Seluruh proses ini dikendalikan oleh tenaga eksogen dari iklim tropis basah dengan suhu udara dan curah hujan tinggi di wilayah Jawa Tengah. Proses denudasi yang berlangsung intensif menunjukkan bahwa proses vulkanisme sudah tidak berlangsung lagi untuk mengimbangi proses denudasi, sehingga morfologi kerucut stratovulkano termodifikasi oleh pembentukan lembah radial. Proses ini menyebabkan timbulnya bahaya erosi, sedimentasi, serta gerakan massa, alih-alih erupsi vulkanik.

a. Zona Kaliangkrik

Zona Kaliangkrik menempati sisi sebelah tenggara dari Kerucut Vulkan Sumbing. Kami memberikan penamaan ini mengacu kepada kota kecil Kaliangkrik,

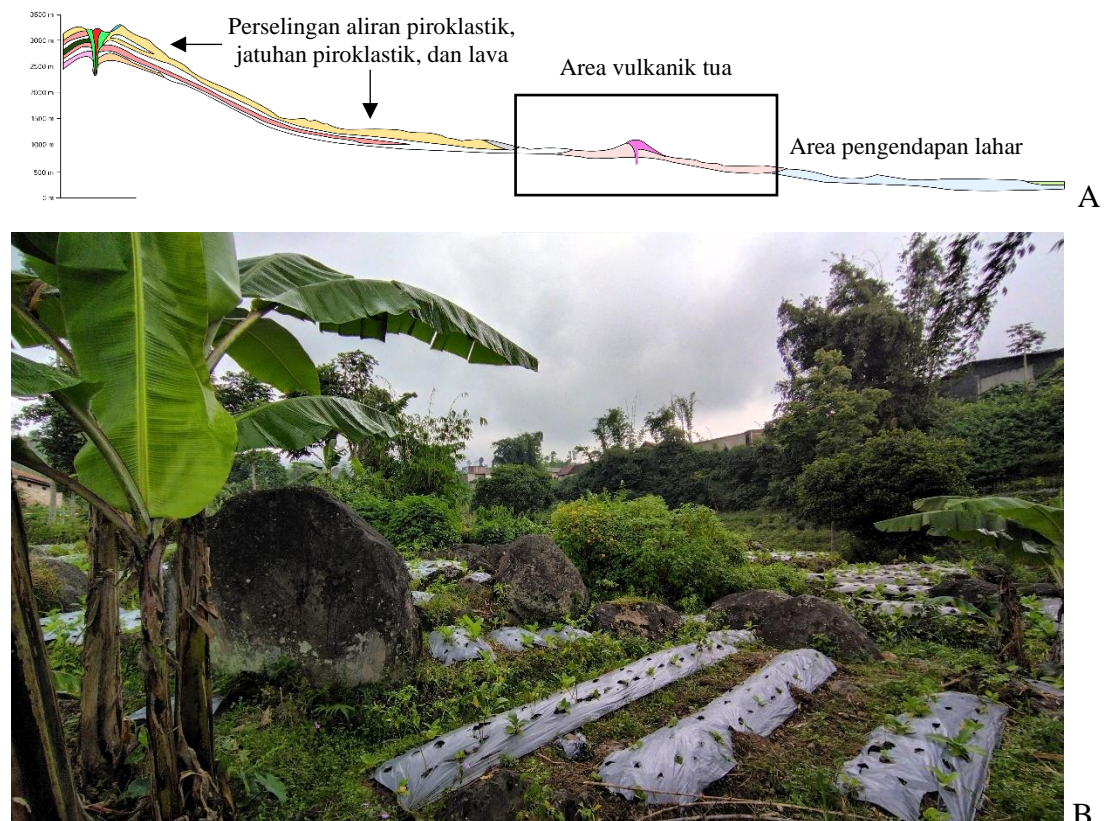
sebuah ibukota kecamatan yang menjadi pusat aktivitas di area ini. Area ini terbentuk oleh vulkanisme Sumbing yang sangat kompleks. Pada area dataran kaki terdapat kerucut parasiter Gunung Giyanti, yang batuanya terbentuk pada periode tertua Sumbing (periode 1) berlanjut ke periode 2, sehingga usianya lebih tua dibandingkan kerucut Vulkan Sumbing. Struktur kerucut Vulkan Sumbing pada zona ini terbentuk oleh perselingan erupsi eksplosif dan efusif yang terjadi berulang kali, ditunjukkan oleh endapan aliran piroklastik dan jatuhan piroklastik, diakhiri oleh erupsi efusif membentuk endapan lava yang menutupi bagian permukaan tubuh gunungapi ini. Proses geomorfik yang berlangsung saat ini adalah erosi, gerakan massa, dan deposisi.

Pada satuan bentuklahan kerucut gunungapi, lereng gunungapi, dan kaki gunungapi, terdapat endapan aliran piroklastik, endapan jatuhan piroklastik, dan endapan aliran lava. Endapan aliran piroklastik ini merupakan batuan tertua dari kelompok endapan Vulkanik Sumbing. Endapan jatuhan piroklastik berupa perulangan lapisan piroklastik dan ash fall, tersebar luas terutama di area lereng dan kaki dengan ketebalan 30 meter. Setelah pengendapan material jatuhan piroklastik ini kembali terjadi pengendapan aliran piroklastik dengan ketebalan 25 meter. Material paling muda adalah aliran lava andesit yang memanjang di jalur sempit aliran sungai dengan ketebalan 12 meter dan aliran lava yang membentuk dinding kawah. Khusus pada area kaki gunungapi terdapat pengendapan piroklastik pasca pengendapan lava. Endapan ini merupakan produk letusan eksplosif yang mengandung fragmen litik andesitik dan batuapung, dengan ketebalan 15 meter.

Situasi berbeda dijumpai pada satuan bentuklahan dataran kaki gunungapi. Pada area ini terdapat endapan Lava Kekep, Lahar Kekep, Lava Giyanti, dan Lava Condong, yang merupakan produk erupsi dari beberapa kerucut parasiter. Lava Kekep merupakan lava andesit basaltik penyusun tubuh gunung kekep yang memiliki kawah di bagian tengahnya. Lahar Kekep berisi perulangan lapisan lahar dan jatuhan piroklastika dengan ketebalan 20 meter. Lava Giyanti merupakan kubah lava andesit amphibol berkomposisi andesitik, sedangkan Lava Condong merupakan kerucut lava andesit piroksen yang muncul di dalam kawah Gunung Kekep dan membentuk dua kerucut yang menyerupai kubah lava.

Kronologi perkembangan bentuklahan di Zona Kaliangkrik berawal dari kemunculan dan aktivitas Gunung Kekep pada periode pertama aktivitas Sumbing. Produk dari Gunung Kekep adalah lava andesit basaltik dan rombakkannya membentuk endapan lahar kekep (klh) yang tersebar luas ke dataran kaki sebelah timur hingga

mencapai tepi Sungai Progo di dekat Kota Magelang. Pasca aktivitas Gunung Kekep, pada periode kedua terjadi lagi aktivitas vulkanik di dalam area Gunung Kekep yang membentuk kubah lava andesit Gunung Giyanti. Kubah lava ini terbentuk di sisi baratdaya kawah Gunung Kekep. Selanjutnya, masih dari periode kedua, terjadi aktivitas vulkanik yang membentuk kerucut lava andesit Condong. Aktivitas vulkanik yang membentuk kerucut Stratovolkano Sumbing sendiri terjadi pada periode ketiga ditandai oleh pengendapan material piroklastik aliran dan jatuhnya yang berulang kali terjadi serta aliran lava dari periode terakhir aktivitas Sumbing. Secara umum, zona ini paling banyak terdampak erupsi Sumbing mulai dari periode pertama hingga terakhir. Batuan hasil aktivitas Sumbing yang tertua hingga termuda, semuanya dijumpai di area ini sehingga menandakan erupsi yang terus menerus terjadi dan berdampak terhadap perkembangan bentuklahan di area ini. Erupsi pada masa-masa terakhir cenderung bersifat efusif menghasilkan endapan lava yang terdapat di kerucut gunungapi terutama sekitar kawah. Perhatikan Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. (A) Stratigrafi batuan di Zona Kaliangkrik yang berkaitan dengan kronologi perkembangan bentuklahan (Sumber: Peta Geologi Gunung Sumbing, Jawa Tengah). (B) Material endapan lahar di dataran kaki Vulkan Sumbing bagian tenggara (Sumber: Data lapangan, 2022).

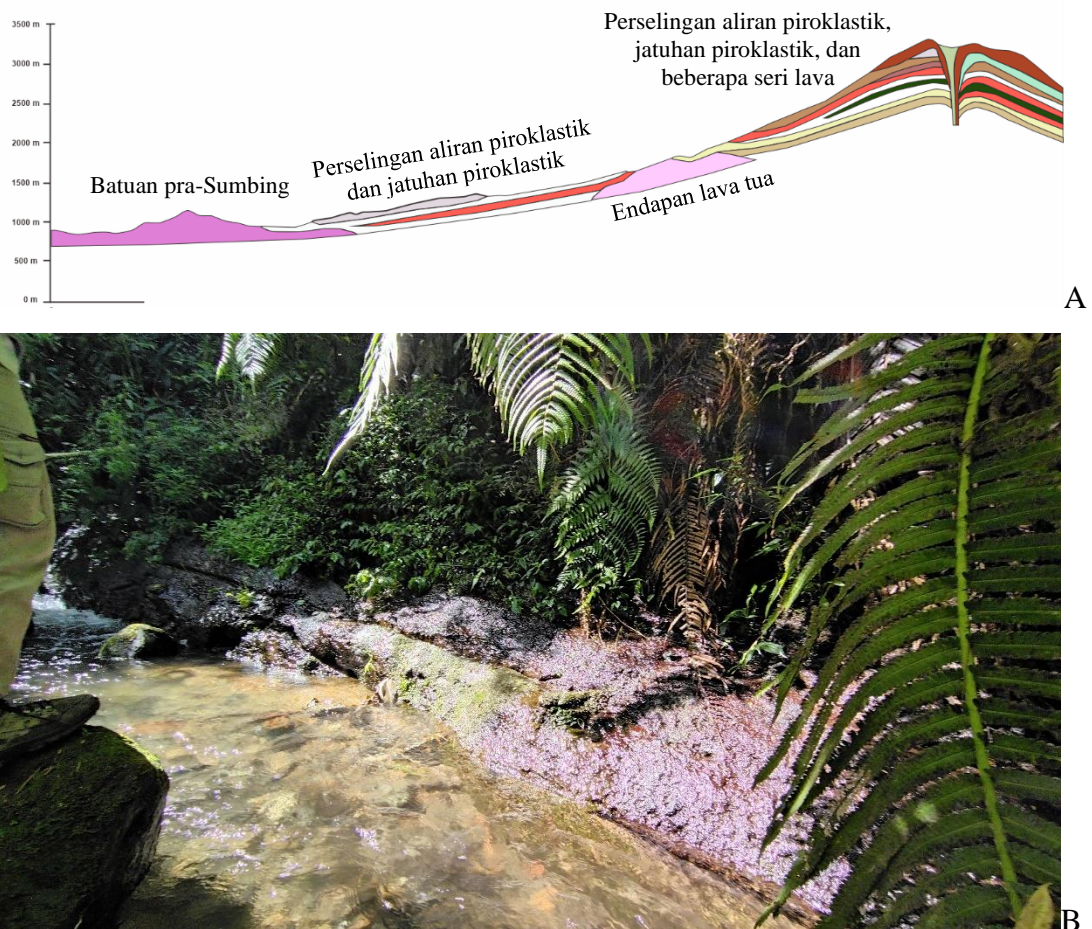
b. Zona Pulosaren-Potorono

Zona Pulosaren-Potorono menempati sisi sebelah baratdaya dari kerucut stratovulkano sumbing. Area ini terbentuk dari letusan eksplosif yang menghasilkan pengendapan tefra dan piroklastik aliran didahului oleh erupsi efusif yang menghasilkan lava andesit. Terdapat tiga generasi aktivitas vulkanik yang semuanya terjadi pada kuartar. Periode ketiga yang terjadi di area ini termasuk dalam bagian yang muda, tetapi tidak terdampak aktivitas Vulkanik Sumbing yang terakhir/terbaru. Secara umum, zona ini relatif lebih tua dibandingkan bagian lereng sumbing yang lain. Unit sumbing tua yang berasal dari periode pertama aktivitas Vulkanik Sumbing terdapat di zona ini dan membentuk morfologi Bukit Potorono. Kami menamai Zona Pulosaren-Potorono ini berdasarkan nama Desa Pulosaren yang berada di tengah zona dengan Bukit Potorono di bagian bawahnya.

Litologi pada zona Pulosaren-Potorono sangat bervariasi. Pada satuan bentuklahan kerucut gunungapi terdapat endapan piroklastik, endapan jatuhnya piroklastik, serta lima unit endapan lava. Pada satuan bentuklahan lereng gunungapi terdapat batuan pra sumbing, endapan jatuhnya piroklastik, dan endapan aliran piroklastik. Sementara itu pada satuan bentuklahan kaki gunungapi terdapat batuan Pra-Sumbing yang terbentuk pada peralihan tersier-kuarter, endapan jatuhnya piroklastik, dan endapan aliran piroklastik. Diantara berbagai batuan tersebut, batuan tertua adalah endapan lava andesit piroksen di Bukit Potorono. Batuan ini terbentuk paling awal di periode pertama, karena merupakan batuan Pra-Sumbing. Lava andesit piroksen ini tersebar luas di bagian selatan dan tenggara dataran kaki Sumbing yang membentuk perbukitan tua Potorono. Batuan berikutnya yang berusia tua adalah endapan lava Namu-Namu terbentuk paling awal di periode kedua. Endapan lava ini berkomposisi andesitik. Endapan aliran piroklastik, jatuhnya piroklastik, dan lava berusia lebih muda dari Lava Potorono dan Namu-Namu.

Kronologi perkembangan bentuklahan vulkanik pada zona ini terbagi ke dalam tiga periode. Periode pertama terjadi pada peralihan antara tersier dengan kuartar ditandai oleh pengendapan lava andesit piroksen yang membentuk Bukit Potorono. Proses ini terjadi pada tahap paling awal di periode pertama. Selanjutnya pada periode kedua terjadi pengendapan Lava Namu-Namu. Proses ini mirip dengan pengendapan lava andesit piroksen, yaitu terjadi pada tahap paling awal dari periode kedua. Terakhir, pada periode ketiga terjadi banyak erupsi yang menghasilkan berbagai macam batuan, mulai dari yang paling awal berturut-turut adalah aliran piroklastik

yang menempati area kerucut dan lereng, jatuhnya piroklastik yang dijumpai dari kerucut hingga kaki gunungapi, pengendapan lava di bagian kerucut vulkan, pengendapan material aliran piroklastik di area kerucut hingga kaki, serta pengendapan lava di area kerucut yang sempat diselingi oleh pengendapan aliran piroklastik di kerucut dan kaki vulkan. Batuan yang terbentuk pada periode akhir di sisi baratdaya ini bukanlah yang paling muda karena di atas itu masih ada batuan yang usianya lebih muda. Namun demikian, batuan termuda dari aktivitas vulkanik Sumbing absen di lereng selatan ini. Perhatikan Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. (A) Stratigrafi batuan di Zona Pulosaren-Potorono (Sumber: Peta Geologi Gunung Sumbing, Jawa Tengah). (B) Material piroklastik jatuhnya di peralihan lereng bawah dan kaki vulkan Sumbing bagian baratdaya (Sumber: Data lapangan, 2022).

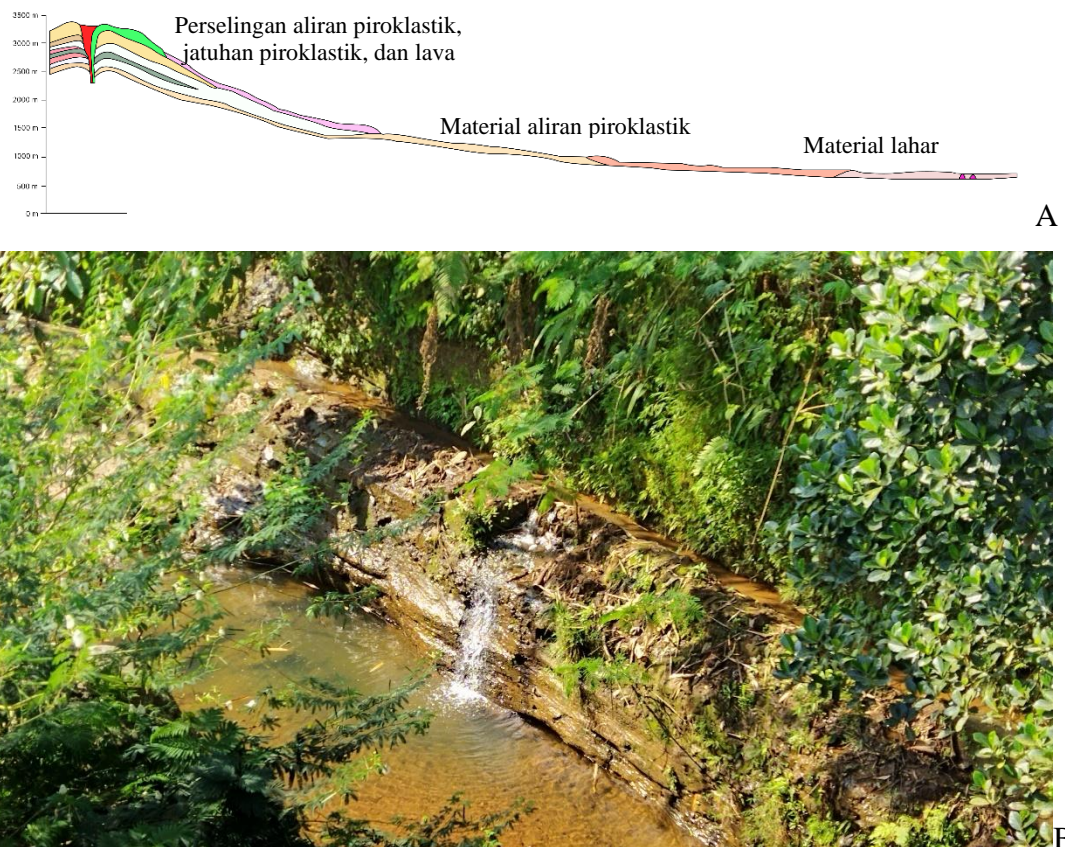
c. Zona Windusari

Zona Windusari menempati sisi bagian timur laut dari kerucut Vulkan Sumbing. Penamaan ini mengacu kepada kota kecamatan Windusari yang menjadi pusat aktivitas di area ini. Zona ini terbentuk dari erupsi Vulkan Sumbing. Berbagai batuan

yang ada menunjukkan bahwa tipe erupsi didominasi oleh erupsi yang eksplosif yang menghasilkan material jatuhan piroklastik (tefra) dan aliran piroklastik. Material ini tersebar luas dari kerucut hingga kaki. Beberapa periode efusif menyelingi letusan eksplosif dan menghasilkan pengendapan material lava yang terbatas di sekitar kerucut vulkan. Secara umum zona ini termasuk bagian vulkan sumbing yang paling muda. Seluruh batuan termasuk dalam generasi ketiga aktivitas sumbing.

Litologi zona ini dicirikan oleh keberadaan berbagai produk aktivitas vulkanik, yaitu berupa endapan lava, endapan aliran piroklastik, dan endapan jatuhan piroklastik. Berbagai jenis material ini terendapkan secara luas mulai dari kerucut vulkan hingga kaki vulkan. Secara total di zona ini terdapat tiga seri aliran piroklastik, satu endapan tefra, tiga endapan lava, dan satu endapan kubah lava. Seri material aliran piroklastik yang paling bawah merupakan material paling tua yang termasuk dalam generasi ketiga Sumbing. Endapan aliran piroklastik sebagai material tertua di zona ini berasal dari generasi ketiga Sumbing. Material ini usianya paling tua di generasi ketiga dimana proses pengendapannya hanya berlangsung sebentar. Material jatuhan piroklastik yang menunjukkan letusan eksplosif pengendapannya berlangsung secara bertahap dalam waktu lama sehingga sempat diselingi oleh pengendapan aliran piroklastik dan lava. Secara umum proses pengendapan piroklastik dan lava terjadi secara berselang-seling. Pengendapan lava merupakan produk aktivitas yang paling akhir yang ditutup dengan pembentukan kubah lava dan runtuh kubah lava.

Deskripsi geokronologi di Zona Windusari adalah sebagai berikut. Zona ini secara umum menunjukkan bagian termuda dari aktivitas Sumbing. Seluruh batuan yang ada di wilayah ini berasal dari generasi ketiga Sumbing. Sifat letusannya didominasi oleh letusan eksplosif yang menghasilkan tefra dan aliran piroklastik, diselingi oleh lava efusif. Wilayah ini menunjukkan kondisi stratovulkano yang sangat ideal seperti dalam teori (Sutikno et al., 2007; Verstappen, 2013) dimana pengendapan lava terbatas di area kerucut vulkan, pengendapan piroklastik meluas hingga lereng vulkan, dan bagian paling bawah sebagai zona ketiga terisi oleh endapan lahar. Erupsi vulkan sumbing juga menghasilkan kubah lava. Ketika kubah lava ini runtuh, terbentuk aliran piroklastik hingga area lereng. Semua material piroklastik yang ada selanjutnya dirombak oleh hujan menjadi lahar dan diendapkan di bagian kaki. Perhatikan Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. (A) Stratigrafi batuan di Zona Windusari (Sumber: Peta Geologi Gunung Sumbing, Jawa Tengah). (B) Material endapan aliran prioklastik dan jatuhnya piroklastik kaki Vulkan Sumbing bagian timur laut (Sumber: Data lapangan, 2022).

d. Zona Butuh-Batursari

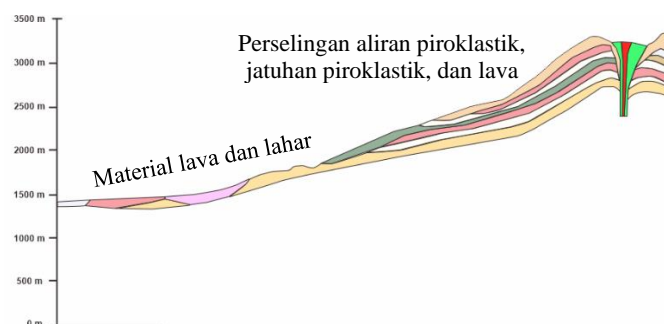
Zona Butuh-Batursari menempati sisi bagian barat laut dari kerucut Vulkan Sumbing. Penamaan ini mengacu kepada Desa Butuh dan Batursari yang terkenal dan menjadi ikon dari area ini. Hasil aktivitas vulkanik zona ini sangat khas sebagai stratovulkano / vulkan komposit, yaitu terbentuk oleh letusan eksplosif dan efusif yang berselang-seling. Stratigrafi di area kerucut vulkan yang paling menunjukkan kekhasan ini dimana terdapat peralihan material lava, aliran piroklastik, jatuhnya piroklastik, lava kembali, dst. Pada bagian kaki dijumpai endapan lahar yang terbentuk dari rombakan material di atasnya. Karakteristik khas stratovulkano secara morfologis yang terdiri dari 3 segmen sebagaimana dijelaskan oleh Verstappen (2013) juga teridentifikasi dengan jelas di area ini.

Litologi zona ini cukup kompleks dengan keberadaan berbagai produk aktivitas vulkanik yang berupa endapan lava, endapan aliran piroklastik, dan endapan jatuhnya piroklastik. Satuan bentuklahan kerucut vulkan didominasi oleh tiga seri endapan lava

bersama dengan satu seri endapan piroklastik aliran dan piroklastik jatuhan. Satuan bentuklahan lereng gunungapi berisi dua seri endapan lava. Satuan bentuklahan kaki gunungapi terdapat endapan lava, endapan aliran piroklastik, endapan lahar, bahkan terdapat endapan jatuhan piroklastik yang berasal dari Sundoro.

Batuan tertua di zona ini adalah lava andesit piroksen ditindih langsung oleh aliran piroklastika Sumbing. Selanjutnya terdapat endapan jatuhan piroklastika yang tersebar luas di bagian lereng dan kaki. Endapan ini terbentuk dari perulangan endapan jatuhan piroklastika dan ash fall berukuran abu lapili. Lebih muda dari jatuhan piroklastika terdapat endapan aliran piroklastik yang dengan ketebalan 25 meter berusia 27.400 ± 550 tahun. Terakhir adalah endapan lava yang lebih muda, termasuk pengendapan lava andesit piroksen dengan ketebalan 20 meter. Pada bagian kaki vulkan terdapat endapan jatuhan piroklastika Sundoro dengan ketebalan 5 meter, abu lapili, didominasi fragment batu apung. Selain itu terdapat pula fragmen litik andestik berdiameter 2-80 cm dalam matriks pasir dan lumpur, telah mengalami pelapukan kuat.

Geokronologi di Zona Butuh-Batursari terbentuk dari serangkaian proses erupsi eksplosif dan efusif. Erupsi eksplosif ditandai oleh material jatuhan piroklastik berukuran abu-lapili, ada pula aliran piroklastika. Sementara itu, erupsi efusif ditandai oleh aliran lava. Secara umum proses erupsi ditandai oleh perselingan antara erupsi yang efusif dan eksplosif sesuai dengan karakteristik yang khas dari stratovolcano. Aktivitas vulkanik di bagian ini termasuk kategori muda, karena seluruhnya berasal dari generasi ketiga vulkanisme Sumbing. Namun demikian hasil vulkanik di wilayah ini bukan merupakan yang tertua di generasi ketiga. Selain itu hasil aktivitas terbaru/termuda tidak dijumpai. Hanya ada satu satuan lava yang mendekati kelompok termuda namun sebarannya sangat terbatas di area kerucut dan kawah. Perhatikan Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Stratigrafi batuan di Zona Butuh-Batursari (Sumber: Peta Geologi Gunung Sumbing, Jawa Tengah).

2. Stratovolkano Sundoro

Vulkan Sundoro merupakan salah satu stratovolkano di Area Vulkanik Wonosobo (AVW) yang letaknya berdampingan dengan Vulkan Sumbing, sehingga oleh Lavigne et al. (2008) kedua vulkan ini disebut sebagai stratovolkano kembar. Vulkan Sundoro memiliki ketinggian 3153 mdpal, dengan bentuk kerucut sempurna yang disebut-sebut sebagai salah satu morfologi paling simetris di Pulau Jawa. Neumann Van Padang (1951) menyebut sebagai kerucut gunung berapi yang sangat teratur, dipisahkan dari Vulkan Sumbing oleh Pelana Kledung. Bentuk lereng cekung ini menandai tiga sektor yang dibatasi oleh takik lereng, sebagaimana lazimnya dijumpai pada morfologi stratovolkano. Sebagian dari masyarakat setempat menyebut Vulkan Sundoro sebagai Sindoro, sedangkan nama kuno sebagaimana disebutkan dalam Prasasti Mantyasih I adalah Wukir Susundara (Sukronedi et al., 2018). Mengacu kepada data dari Global Volcanism Program (2013b), jumlah penduduk yang menempati area Vulkan Sindoro pada radius 5 km adalah 52.462 jiwa, pada radius 10 km adalah 496.751 jiwa, dan pada radius 30 km adalah 2.086.299 jiwa.

Vulkan Sundoro memiliki catatan sejarah erupsi yang jauh lebih banyak dibanding Vulkan Sumbing. Data Dasar Gunungapi Indonesia (2014b) mencatat 11 kali letusan telah terjadi di Vulkan Sundoro antara tahun 1806 hingga 1970. Letusan terakhir terjadi pada tahun 1970 – Global Volcanism Program mencatat tahun 1971. Letusan Sundoro yang tercatat dalam sejarah terjadi pada 1806, 1818, 1882, 1883, 1887, 1902, 1903, 1906, 1908, 1910, dan 1970. Berbagai letusan ini cenderung lemah menghasilkan hujan abu, lontaran material, serta leleran lava yang jaraknya relatif terbatas dari pusat erupsi baik kawah utama Sundoro maupun dari kerucut parasiter Gunung Kembang. Di sebelah timur laut Vulkan Sundoro terdapat ratusan bukit yang diduga merupakan hasil longsoran atau lahar Sundoro pada masa prasejarah. Peningkatan aktivitas vulkanik terakhir kali terjadi pada tahun 2011-2012. Pengamatan visual selama Oktober - 4 Desember 2011 menunjukkan asap dari fumarol di sekitar kawah puncak. Pada 2 November, ketinggian asap telah melewati tepi kawah gunung berapi. Aktivitas kegempaan, khususnya gempa vulkanik, mulai meningkat pada November 2011. Pada 5 Desember 2011, status dinaikkan dari Normal (Level I) ke Siaga (Level II). Kegempaan tetap meningkat hingga minggu pertama Januari 2012. Sepanjang sisa Januari, Februari, dan hingga Maret 2012, tercatat penurunan signifikan gempa vulkanik sehingga status diturunkan menjadi Level I pada 30 Maret 2012.

Dalam kaitannya dengan potensi bahaya erupsi ini, Lavigne et al. (2008) menjelaskan bahwa hanya sedikit orang yang sadar akan ancaman gunung berapi. Tak seorang pun anggota masyarakat yang takut terhadap ancaman gunung berapi. Akibatnya, 84% orang yang ditanyai tidak mengetahui keberadaan pos pengamatan Vulkan Sundoro dan Sumbing padahal letaknya hanya 15 km dari desa tempat tinggal mereka. Memori kolektif telah hilang seiring berjalannya waktu dan risikonya telah dilupakan, antara lain karena letusan freatik yang secara berkala terjadi di dalam kawah Sundoro terlalu kecil untuk dirasakan oleh penduduk desa. Di sini persepsi risiko sangat tergantung pada hambatan visual antara masyarakat lokal dan kawah aktif.

Jenis batuan utama penyusun Vulkan Sundoro menurut data Global Volcanism Program (2013b) adalah andesit (basaltik-andesit) dan basal (pikro-basalt), sama dengan Vulkan Sumbing kecuali keberadaan dasit yang absen di vulkan ini. Endapan material vulkanik Sundoro merupakan hasil erupsi sentral, samping, dan endapan sekunder. Hasil erupsi sentral terdiri atas lava, aliran piroklastik, jatuhnya piroklastik, dan endapan freatik. Sementara itu erupsi samping, termasuk yang terjadi di kerucut parasiter Gunung Kembang umumnya berupa aliran lava dan hasil proses sekunder berupa lahar. Hasil pemeriksaan Peta Geologi Vulkan Sundoro menunjukkan beberapa temuan penting. Pertama, material piroklastik jatuhnya ternyata dijumpai secara luas dan merata di seluruh sektor lereng vulkan. Hal ini menunjukkan bahwa letusan eksplosif yang terjadi pada kawah utama tersebar secara merata ke seluruh sektor dan tidak bersifat sebagai letusan terarah yang berdampak ke sektor tertentu saja. Selain itu, terdapat pula endapan piroklastik berusia 1720 tahun yang lalu di semua sektor lereng. Kedua, material hasil erupsi Sundoro ternyata menutupi area yang luas di lereng Vulkan Sumbing. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua vulkan yang berdekatan ini memiliki periode aktivitas yang tidak bersamaan. Vulkan Sumbing lebih dahulu aktif dan tidak lagi mengalami aktivitas yang penting pada saat Vulkan Sundoro berada pada puncak aktivitasnya.

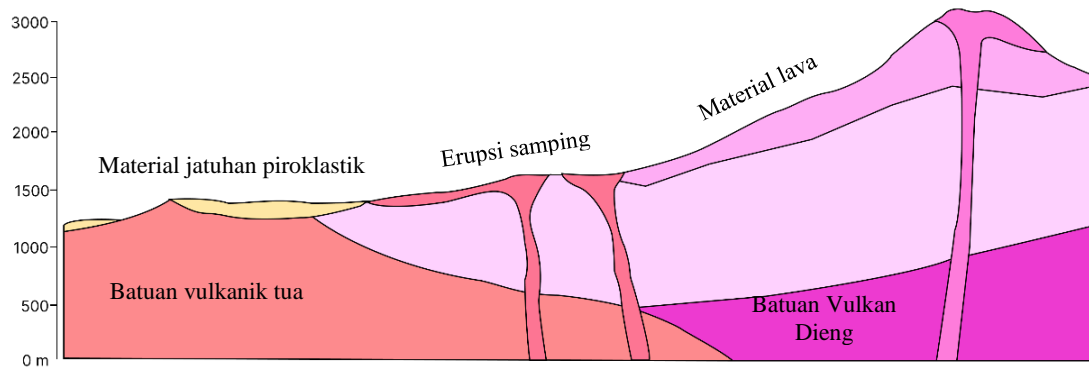
Proses geomorfik oleh tenaga eksogen di Vulkan Sundoro juga berada pada stadium yang lebih awal dibandingkan Vulkan Sumbing. Lembah radial belum banyak terbentuk di lereng dan kaki Vulkan Sundoro. Dengan kata lain, kerucut stratovolcano Sundoro ini belum banyak termodifikasi oleh pembentukan lembah radial akibat bekerjanya tenaga eksogen. Beberapa lembah radial yang telah terbentuk juga tidak memiliki morfometri kedalaman dasar lembah dan kemiringan lereng lembah yang signifikan seperti di Sumbing. Kondisi ini disebabkan karena aktivitas vulkanik Sundoro relatif lebih baru dan mampu mengimbangi proses denudasi oleh iklim. Sangat berbeda

dengan Sumbing yang aktivitasnya tidak lagi berlangsung untuk memberikan material baru yang dapat mengimbangi jumlah yang hilang akibat pengikisan. Dengan karakteristik proses geomorfik semacam ini, Vulkan Sundoro masih menghadapi ancaman bahaya erupsi sementara Vulkan Sumbing pada saat yang sama justru cenderung menghadapi ancaman erosi, sedimentasi, dan gerakan massa.

a. Zona Kledung

Zona Kledung menempati sisi tenggara dari kerucut Vulkan Sundoro. Penamaan ini mengacu kepada Kota Kledung, sebuah kota kecamatan yang menjadi pusat kegiatan di area ini. Vulkan Sundoro di Zona Kledung tumbuh diatas pondasi batuan hasil vulkanik Dieng. Aktivitas Sundoro di area ini ditandai oleh perselingan antara erupsi efusif dan eksplosif. Erupsi efusif menghasilkan berbagai seri pengendapan aliran lava antara lain Sl 3, Sl 6, Sl 7, dan Sl 8. Berbagai lava tersebut diselingi oleh endapan jatuhan piroklastik dari letusan yang berulang kali terjadi. Litologi bagian kerucut terusun oleh tiga endapan lava, bagian lereng tersusun oleh lava dan jatuhan prioklastik, sedangkan bagian kaki lebih kompleks karena terusun oleh lava, jatuhan piroklastik, dan aliran piroklastik.

Endapan lava tertua yang menyusun bagian kerucut Vulkan Sundoro di zona ini adalah lava andesit berkomposisi piroksen, plagioklas, hipersten, augit, magnetit, tertutupi oleh endapan jatuhan prioklastik di atasnya. Lava yang lebih muda juga bersusunan andesit. Pada bagian lereng, endapan lava tertutupi oleh endapan jatuhan piroklastik di atasnya yang tersusun oleh skorja berukuran abu dan lapili dengan ketebalan lebih dari 8 meter. Sementara itu pada bagian kaki, endapan lava merupakan unit yang paling tua dan di atasnya terdapat endapan aliran piroklastika dengan ketebalan lebih dari 4 meter dengan usia 1720 tahun. Geokronologi Zona Kledung ditandai oleh erupsi yang berulang kali terjadi dengan sifat letusan efusif dan eksplosif. Pengendapan berbagai satuan lava dan satuan jatuhan piroklastik (sjp) yang sangat mendominasi menunjukkan bahwa letusan telah terjadi berulang kali dengan sifat yang berselang-seling. Pada bagian kaki juga tersingkap endapan aliran piroklastik yang tebal sebagai indikator lain dari aktivitas vulkanik yang pernah terjadi. Perhatikan Gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Stratigrafi batuan di Zona Kledung (Sumber: Peta Geologi Gunung Sundoro, Jawa Tengah).

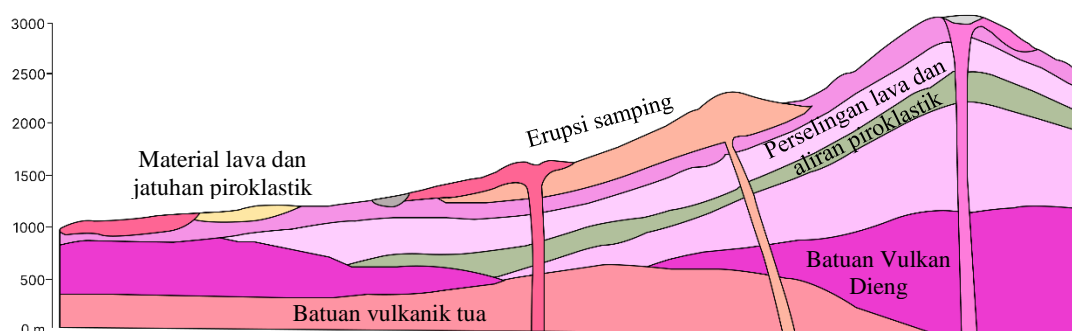
b. Zona Garung-Watumalang

Zona Garung-Watumalang menempati sisi baratdaya kerucut Vulkan Sundoro. Penamaan ini mengacu kepada Kota Garung yang merupakan pusat aktivitas di kawasan ini serta nama Kecamatan Watumalang. Toponim Garung dan Watumalang sendiri berkaitan dengan nama raja-raja Mataram Kuno. Vulkan Sundoro di Zona Garung-Watumalang tumbuh diatas pondasi batuan hasil volkanik Dieng dan unit vulkanik yang lebih tua. Secara genesis, zona ini terbentuk oleh proses vulkanisme yang sangat kompleks, meliputi tahap erupsi sentral dan erupsi tepi (flank). Erupsi sentral ditandai oleh perselingan antara erupsi efusif dan eksplosif membentuk kerucut vulkan. Erupsi tepi terjadi pasca erupsi sentral. Terdapat tiga erupsi tepi yang tidak berlangsung bersamaan. Erupsi pertama membentuk Kerucut Parasiter Watu, yang kedua membentuk Kerucut Parasiter Kembang, dan yang ketiga membentuk Kerucut Parasiter Kekep. Kerucut parasiter ini secara genesis murni memenuhi kriteria sebagai kerucut parasiter karena terbentuk dari erupsi tepi. Berbeda dengan kerucut parasiter di Vulkan Sumbing yang sebenarnya adalah unit vulkan lebih tua dari kerucut utamanya.

Litologi Zona Garung-Watumalang sangat kompleks. Pada bagian kerucut terdapat beberapa pengendapan aliran lava antara lain satuan lava (Sl) 1, Sl 2, Sl 6, dan Sl 8 serta pengendapan aliran piroklastik. Pada bagian lereng terdapat pengendapan aliran lava Sl 1, Sl 2 dan Sl 6 serta pengendapan aliran piroklastik yang diterobos oleh tiga satuan lava hasil erupsi tepi. Sementara itu pada bagian kaki terdapat endapan aliran lava dari Sl1, Sl 2, dan Sl 6, jatuhan piroklastik, serta endapan aliran piroklastik. Satuan lava 1 berusia paling tua diikuti oleh aliran piroklastik dan berbagai unit lava lainnya. Satuan aliran piroklastik yang terdapat di

area ini merupakan endapan piroklastik berumur 1720 tahun dengan ketebalan lebih dari 4 meter. Sementara itu satuan jatuhnya piroklastik merupakan endapan jatuhnya yang menutupi 75% tubuh Vulkan Sundoro dengan ketebalan lebih dari 8 meter, tersusun oleh skoria berukuran abu dan lapili.

Geokronologi zona ini sangat kompleks. Kerucut vulkan Sundoro tumbuh diatas batuan dasar Dieng sebagai pondasinya sedangkan lereng dan kakinya tumbuh melebar hingga menimbun batuan pagerluhur yang setara dengan batuan vulkanik Rogojembangan di sebelah barat Dieng. Terdapat tahap pembentukan kerucut vulkan utama dan kerucut parasiter. Kerucut utama terbentuk lebih dulu oleh erupsi yang berselang seling antara eksplosif dengan efusif. Letusan eksplosif menghasilkan endapan piroklastik sedangkan letusan efusif menghasilkan beberapa seri endapan lava. Setelah kerucut utama terbentuk, terjadi aktivitas magma yang menerobos lereng di area ini dan membentuk kerucut parasiter. Fenomena menarik di area ini adalah erupsi tepi yang membentuk kerucut parasiter ini. Terdapat tiga kerucut parasiter. Terobosan magma yang pertama menyebabkan letusan tepi yang membentuk Gunung Kembang. Pasca terbentuk, Gunung Kembang juga mengalami penerobosan sehingga membentuk Gunung Kekep. Terobosan terakhir membentuk Gunung Waktu. Semua kerucut parasiter ini usianya lebih muda daripada kerucut utama. Gunung Kembang adalah salah satu kerucut parasiter aktif yang menghasilkan material lava dan hujan abu. Usia Gunung Kembang terpaut cukup jauh dengan Gunung Kekep, sedangkan Gunung Kekep relatif dekat dengan Gunung Watu. Perhatikan Gambar 10 berikut ini.



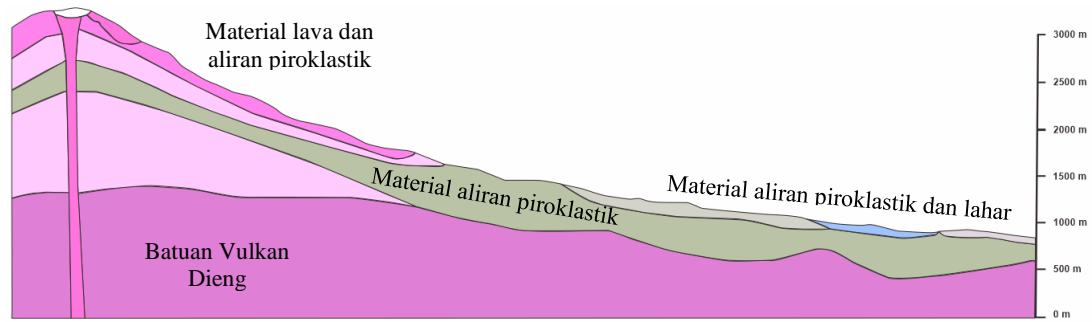
Gambar 10. Stratigrafi batuan di Zona Garung-Watupalang (Sumber: Peta Geologi Gunung Sundoro, Jawa Tengah).

c. Zona Liyangan

Zona Liyangan menempati sisi timur laut kerucut Vulkan Sundoro. Penamaan zona ini didasarkan pada keberadaan situs liyangan yang merupakan situs arkeologi penting di zona ini. Secara genesis, zona ini terbentuk dari erupsi Vulkan Sundoro dengan sifat berselang seling antara letusan eksplosif dan efusif. Letusan eksplosif ditandai oleh keberadaan endapan jatuhnya piroklastika yang tersebar luas, serta aliran piroklastika yang membentuk endapan tebal terutama di bagian lereng. Erupsi efusif ditandai oleh beberapa seri endapan lava dan kubah lava yang mendominasi area kerucut vulkan. Erupsi di bagian ini terjadi berselang seling antara lava, aliran piroklastik, dan jatuhnya piroklastik.

Sama seperti kedua zona sebelumnya, litologi Zona Liyangan dicirikan oleh produk aktivitas vulkanik yang berupa endapan lava, aliran piroklastik, dan jatuhnya piroklastik. Endapan lava banyak dijumpai di bagian kerucut yaitu terdiri dari empat unit Sl 2, Sl 4, Sl 7, dan Sl 11 ditambah dengan endapan aliran piroklastik. Endapan lava dari Sl 2 berselang seling dengan endapan jatuhnya piroklastik dan di atasnya terdapat tiga unit endapan lava lainnya yang lebih muda. Bagian lereng terbentuk oleh dua endapan aliran piroklastik serta jatuhnya piroklastik. Pada bagian kaki terdapat endapan aliran piroklastik serta aliran lahar. Material lahar ini berusia paling muda karena merupakan hasil perombakan dari material yang berada di atasnya.

Geokronologi Zona Liyangan adalah sebagai berikut. Zona ini terbentuk dan terpengaruh oleh proses vulkanisme yang berselang seling antara eksplosif dengan efusif. Letusan efusif menghasilkan produk endapan lava yang terutama terkonsentrasi di kerucut vulkan, sedangkan letusan eksplosif menghasilkan aliran piroklastik dan jatuhnya piroklastik yang tersebar luas dan tebal. Di Zona ini terdapat singkapan batuan yang menunjukkan pengendapan material piroklastik baik aliran maupun jatuhnya, yaitu di sekitar Liyangan. Material ini menimbun Desa Kuno Liyangan sehingga dapat diketahui bahwa erupsi masih terjadi pasca abad ke 8 dengan sifat erupsi yang selalu berselang-seling. Jenis material di Zona ini pada dasarnya sama dengan Zona lain di Sundoro sehingga dapat diketahui bahwa dampak erupsi Sundoro relatif sama ke seluruh sektor pada setiap periode erupsi (Gambar 11).

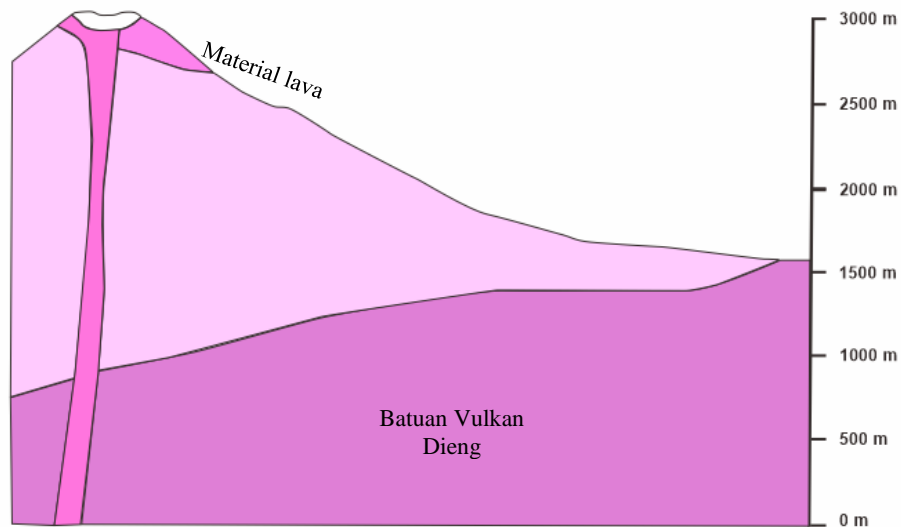


Gambar 11. Stratigrafi batuan di Zona Liyangan (Sumber: Peta Geologi Gunung Sundoro, Jawa Tengah).

d. Zona Tambi-Telerejo

Zona Tambi-Telerejo menempati sisi barat laut kerucut Vulkan Sundoro. Zona ini tidak terlalu luas karena terbatas oleh struktur Vulkan Telerejo yang berada di sebelah utara Sundoro. Penamaan zona ini mengacu kepada Desa Tambi dan Vulkan Telerejo itu sendiri. Zona ini terbentuk oleh pengendapan lava yang sangat dominan. Pengendapan lava membentuk jalur-jalur lava yang mengalir ke utara kemudian berbelok ke timur laut karena menabrak morfologi Vulkan Telerejo yang telah eksis sebelumnya. Sementara itu aliran piroklastik bergerak ke arah barat laut dan juga mengalami pembelokan karena pengaruh morfologi Telerejo. Pada bagian kerucut vulkan terdapat banyak pengendapan lava antara lain SI 3, SI 4, SI 9, SI 10, dan kubah lava SI 11. Pada bagian lereng vulkan terdapat pengendapan lava SI 3, SI 4, serta pita endapan lava SI 9 dan SI 10 diselingi oleh tiga produk aliran piroklastik, serta jatuhnya piroklastik.

Geokronologi zona Tambi-Telerejo paling banyak berkaitan dengan aliran lava. Area ini terdiri dari unit morfologi kerucut dan lereng gunungapi. Morfologi kaki gunungapi tidak berkembang karena berbatasan langsung dengan vulkan Telerejo yang telah eksis lebih dahulu dan membentuk dataran antar gunungapi. Erupsi efusif menghasilkan beberapa seri aliran lava yang mengalir ke utara kemudian berbelok ke timur laut karena terhalang oleh morfologi Telerejo. Pengendapan lava SI 9 dan SI 10 menyerupai pita memanjang yang membentuk morfologi unik. Erupsi eksplosif menghasilkan endapan piroklastik di sisi barat laut. Perhatikan Gambar 12.



Gambar 12. Stratigrafi batuan di Zona Tambora-Telerejo (Sumber: Peta Geologi Gunung Sundoro, Jawa Tengah).

3. Kompleks Vulkan Dieng

Dieng merupakan kompleks vulkan yang sangat terkemuka di Indonesia, menempati bagian ujung barat laut dari Area Vulkanik Wonosobo. Kompleks vulkan ini terbentuk dari proses vulkanisme yang sangat kompleks disertai dengan tektonisme. Verstappen (2013) menjelaskan bahwa Kompleks Vulkan Dieng (KVD) merupakan kumpulan kenampakan vulkanik berukuran kecil-menengah yang berkembang dalam kaldera gunungapi tua. Pinggiran kaldera yang curam nampak jelas di bagian utara yang kearah timur berbatasan dengan lereng Vulkan Sundoro. Bingkai kaldera ini terbentuk dari runtuh bagian selatan lereng Gunung Prahau. Lebih ke arah selatan dari gawir kaldera ini terdapat aktivitas vulkanik Kala Holosen yang terkini. Kepundan muda dan masih aktif dari daerah Dieng menghasilkan bentuklahan vulkanik yang bervariasi, antara lain kawah letusan, kawah cincin tuf, kerucut scoria, stratovulkano kecil, dan aliran lava. Erupsi yang terjadi di Zona ini bervariasi antara eksplosif, efusif, dan freatik. Secara umum aktivitas efusif terjadi di bagian timur, letusan eksplosif terjadi di bagian tengah, dan letusan freatik dijumpai di bagian barat.

Harijoko et al. (2016) memberikan pandangan yang agak berbeda mengenai struktur busur (arcuate) Gunung Prahau. Struktur busur Prahau merupakan morfologi yang sangat menonjol dan menjadi penciri KVD. Struktur busur ini sebelumnya diinterpretasikan sebagai struktur kaldera yang hanya tersisa di bagian utaranya saja. Namun, jika KVD dianggap terletak di atas perpotongan sesar, dapat diinterpretasikan secara alternatif bahwa struktur busur Gunung Prahau terbentuk akibat keruntuhan

vulkano-tektonik yang disebabkan oleh letusan dan tidak murni dibentuk oleh letusan pembentuk kaldera.

Lebih lanjut Harijoko et al. (2016) berdasarkan temuan hasil studinya menunjukkan bahwa di KVD terdapat 12 unit vulkan, ditambah dengan empat unit vulkan lain yang letaknya di area luar KVD namun berbatasan secara langsung. Unit-unit vulkan yang ada di dalam KVD dari yang paling tua adalah Prahu, Nagasari, Sidede, Bisma, Pagerkandang, Bucu, Panganan-Merdada, Kendil, Pakuwaja, Sikunir, Prambanan, dan Seroja. Empat unit vulkan di luar KVD antara lain Rogojembangan, Jimat, Kendang, dan Telerejo.

Aktivitas vulkanik di KVD secara umum dibedakan menjadi tiga tahap yaitu episode pra-kolaps, episode kedua, dan episode termuda. Episode pra-kolaps diwakili oleh beberapa stratovolcano yang sekaligus menjadi batas KVD yaitu Prahu, Telerejo, Sidede, Bisma, Nagasari, dan Jimat. Semua stratovolcano ini terdiri dari endapan batuan piroklastik dan aliran lava. Subsidence di sisi SW dari stratovolcano Prau (2565 mdpl) menghasilkan struktur arcuate dan berperan terhadap pembentukan morfologi dataran tinggi. Telerejo dan Bisma keduanya memiliki kawah terbuka ke arah selatan. Kawah tapal kuda yang terbuka ini menurut pengalamanan dari Bronto et al. (2014) merupakan gejala runtuh salah satu lereng stratovolcano. Stratovolcano Rogojembangan dan Kendang, yang terletak lebih jauh ke barat Nagasari, muncul sebelum episode ini. Selama episode kedua, empat stratocone muncul, menutupi depresi dengan produk vulkanik mereka. Panganan dan Merdada, dua stratocone yang bertetangga di sebelah timur Nagasari, keduanya memiliki kawah, dengan diameter masing-masing sekitar 0,8 dan 1 km. Pagerkandang adalah stratocone dengan kawah ~0,5 km di atasnya yang terletak di utara Merdada. Seroja, dengan ukuran kawah ~0,7 km, terletak di tepi tenggara KVD. Stratocone ini sebagian besar terdiri dari endapan jatuhan piroklastik dan lava. Aktivitas episode kedua ini diyakini sebagai sumber utama tephra Dieng, yang menyelimuti depresi Dieng dan Batur. Selain itu, stratocone Bucu yang terletak di baratdaya Prahu juga merupakan bagian dari kelompok episode kedua.

Produk vulkanik dari episode termuda mencakup area tenggara KVD. Pakuwaja, dengan kawah puncak 0,2 km dan 0,5 km, terdiri dari aliran lava dan endapan jatuhan piroklastik. Kubah Sikunir dan Prambanan terletak di antara Seroja dan Pakuwaja. Kubah Kendil yang berasosiasi dengan aliran lava yang meluas, terletak di utara Pakuwaja. Usia berbagai unit vulkanik ini berdasarkan penanggalan usia radiometrik menggunakan metode K-Ar menunjukkan bahwa Prahu merupakan sebagai vulkan tertua yang

terbentuk pada 3,6 Ma, diikuti oleh Nagasari (2,99 Ma), Bisma (2,53 Ma), Pangonan–Merdada (0,37 Ma), Kendil (0,19), Pakuwaja (0,13), dan Seroja (0,07 Ma). Aktivitas terbaru KVD ditandai dengan kejadian eksplosif freatik. Beberapa aktivitas yang tercatat sejak abad ke-18 terjadi di daerah panas bumi seperti: Sileri, Pakuwaja, Sikidang, dan Candradimuka.

Dalam studi ini dilakukan observasi ke beberapa stratocone sebagai sampel yaitu Bisma, Seroja, Pakuwaja, Pangonan, Prahu, dan Pagerkandang. Pada area Vulkan Bisma terdapat berbagai material vulkanik yang terdiri dari lava andesitik, aphanitis, dan piroklastik fall. Zona deposisi material vulkanik hasil aktivitas Vulkan Bisma membentuk dataran kaki yang landai/miring. Proses denudasi mulai berlangsung kuat menyebabkan pendalaman lembah. Di dalam bingkai tapal kuda Bisma terdapat aluvium yang tebal, terbentuk dari pengendapan material hasil erosi lereng kaldera yang batuanya telah terlapukkan kuat. Pada area Vulkan Seroja terdapat material lava andesit piroksen porfirik, sebagian bertekstur afanitik, dan endapan piroklastik jatuhan. Berbagai material ini merupakan produk dari aktivitas vulkanik Seroja yang termasuk dalam stratocone termuda di DVC. Seroja memiliki kawah berukuran 0,7 km. Terdapat endapan debris diduga terbentuk dari bagian tubuh vulkan yang kolaps pada saat erupsi.

Pada sisi lereng dan kaki Vulkan Prahu yang mengalami subsidence, terdapat material lava hasil aktivitas Prahu yang di atasnya banyak terisi oleh material dari Dieng tephra. Material Dieng tephra ini mengisi depresi yang terbentuk akibat amblesan lereng dan kaki Vulkan Prahu bagian selatan. Pada area Vulkan Pagerkandang terdapat material tephra yang tersebar luas. Vulkan Pagerkandang sendiri merupakan stratocone dengan kawah 0,5 km dan termasuk kontributor dieng tephra. Pada area Sikunir-Pakuwaja terdapat hasil aktivitas vulkanik Prambanan, Sikunir, dan Pakuwaja, terutama Prambanan dan Pakuwaja. Material lava sangat dominan dan beberapa diantaranya telah terlapukkan kuat dan menjadi bongkahan yang tersebar tidak beraturan. Pada area Vulkan Pangonan terdapat hasil aktivitas vulkanik Pangonan dan Merdada yang menghasilkan kawah lebar yaitu 0,8 km (Pangonan) dan 1 km (Merdada). Material piroklastik jatuhan Dieng tephra yang berasal dari kedua vulkan ini tersebar luas di berbagai basin. Bahkan, kedua vulkan ini termasuk penghasil utama Dieng tephra.

C. Pengaruh Evolusi Fisikal terhadap Kehidupan Kuno di Area Vulkanik Wonosobo

1. Sejarah Singkat Kerajaan Mataram Kuno

Mataram Kuno, secara implisit, muncul sekitar abad 8 M dengan adanya Prasasti Canggal (732 M) yang menyebut pendirian lingga di Bukit Sthirangga atau saat ini dikenal sebagai Gunung Wukir yang berlokasi di Kecamatan Salam Kabupaten Magelang, serta nama Sanjaya sebagai penguasa (Poerbatjaraka, 1951; Soejono dan Leirissa, 2010; Santiko, 2012). Nama Sanjaya menjadi petunjuk penting keberadaan Mataram Kuno, karena namanya terkait dengan identitas wilayah dalam Prasasti Mantyasih I (907 M—dikeluarkan oleh Rakai Watukura Dyah Balitung), yaitu Mataram (*rahyangta rumuhun ri mdang ri poh pitu rakai matarām*). Sanjaya menjadi *rakai* di Mataram dan dinyatakan sebagai raja (*sang ratu*). Dalam prasasti Wanua Tengah III (908 M), nama Sanjaya tidak dituliskan dan hanya disebut *rahyangta ri mdang*. Nama Medang (*mdang*) identik dengan Mataram, dimana hingga akhir abad 16 M, kedua nama itu—Medang dan Ma(ta)ram—masih disebut dalam naskah *Bujangga Manik* [Noorduyn, 2019, hlm.32, 58-59; Hawe Setiawan, hlm.25,29].

Medang (*mdang*) merupakan nama ibukota Mataram dengan keraton yang berpindah-pindah. Pada periode Jawa Tengah, ibukota kerajaan Medang yang berkuasa atas tanah Mataram berada di Poh Pitu (*ri mdang ri poh pitu*) dan Mamratipura (*kadatwan I mdang i bhumi matarām i mamratipura*—seperti dalam prasasti Siwagrha, 856 M) (Tjahjono, 2013). Dua keraton itu tidak lagi bisa dilacak dimana keberadaannya. Tetapi berdasar sebaran temuan arkeologis masa Mataram kuno Jawa tengah, pusat peradaban ada di sekitar dataran Kedu dan Kuwu (Prambanan) yang dikelilingi pegunungan. Wilayah ini menjadi kawasan inti (*core*) kerajaan yang ditopang oleh kawasan pinggiran (*periphery*). Desa (*wanua*) dan wilayah administratif di atasnya (*watak*)—dimana banyak terdapat bangunan suci—yang berada disekitar Gunung Merapi, Merbabu, Sundoro dan Sumbing menjadi kawasan inti/pusat, ditopang dengan *wanua* dan *watak*—yang juga terdapat bangunan suci—di sekitar Gunung Dieng, Ungaran dan perbukitan selatan yang merupakan kawasan periferi penting (Kusen, 1994; Tjahjono, 2008; Degroot, 2009).

Sanjaya dianggap sebagai penguasa awal kerajaan Mataram kuno Jawa tengah. Penguasa Mataram yang berpangkal pada Sanjaya berturut-turut adalah (Dyah Sangkara) rakai *watak* Panangkarana, rakai *watak* Panaraban, Dyah Manara rakai *watak* Warak, Dyah Gula, rakai *watak* Garung, Dyah Saladu rakai *watak* Pikatan, Dyah Lokapala rakai *watak* Kayuwangi, Dyah Tagwas, Dyah Dewendra rakai *watak*

Panumwangan, Dyah Bhadra rakai *watak* Gurunwangi, Dyah Jbang rakai *watak* Wungkalhumalang, Dyah Balitung rakai *watak* Watukura. Sementara prasasti-prasasti lain, setidaknya seperti prasasti Sojomerto (725 M), prasasti Kalasan (778 M), prasasti Kelurak (782 M), prasasti Abhayagiriwihara (792 M), prasasti Karangtengah (824 M), prasasti Kayumwungan (824 M) serta prasasti Nalanda (pertengahan abad IX M) menyebutkan Sailendra sebagai penguasa sekaligus wangsa di Mataram kuno. Nama Dapunta Selendra dianggap sebagai cikal bakal wangsa Sailendra dan penguasa setelahnya yang dihubungkan dengan Sailendra adalah Śrī Warawīramardana (Śrī Wirawairimathana/Wiṣṇurata), Samaragrāwīra (Samaratungga), Prāmodāwarddhanī, serta Bālaputradewa. Nama lain yang tidak kalah penting adalah Bhanu, Dharmaseta, Rakai *watak* Patapan dan Rakai *watak* Walaing. Serta selepas kuasa Dyah Balitung dan sebelum pusat Mataram kuno berpindah ke bagian timur Jawa, masih ada pu Dakṣa, Dyah Tlodhong rakai *watak* Layang serta Dyah Wawa rakai *watak* Sumba (Soejono dan Leirissa, 2010; Boechari, 2012).

Terlepas dari perdebatan tentang apakah ada dua atau hanya satu dinasti (wangsa) di Mataram kuno periode Jawa tengah, nama-nama penguasa di atas—beberapa maharaja dan beberapa hanya penguasa daerah yang otonom—menunjukkan wilayah (*watak*) kekuasaannya yang tersebar di dataran Kedu-Kuwu (Prambanan). Seperti *watak* Garung, Wungkalhumalang (Watuhumalang), dan Patapan yang berada di sekitar Sindoro-Sumbing; *watak* Walaing yang berada di sekitar Bukit Boko Prambanan; serta *watak* Watukura yang berada di Kedu Selatan (tepi sungai Bogowonto dekat pantai selatan). Beberapa wilayah ini saling terhubung, misalnya Garung, Wungkalhumalang dan Patapan seperti yang dijelaskan Boechari, “...sejak dahulu ada jalan di ‘celah Kledung’ yang menghubungkan dataran Kedu dengan Wonosobo, yang melalui Garung dan pegunungan Dieng menembus ke pantai utara...” (Boechari, 2012).

Naskah abad 16 M, *Tantu Panggelaran*, menunjukkan pentingnya posisi Gunung Dieng, tempat suci dimana “Bhatara Guru pergi ke sana untuk semedi dan meminta Dewa Brahma serta Wisnu memberikan penghuni”. Dieng dimaknai sebagai daerah gunung tempat para dewa bersemayam (Lombard, 2005). Memang kata Dieng—yang bentuk aslinya adalah Di Hyang—melambangkan kata Sanskerta *Devālaya* yang berarti “kediaman dewa” (Coedès, 1975). Dalam sastra, Zoetmulder menyebut—umumnya berbasis pada kenyataan—pegunungan menjadi tempat desa-desa berpenghuni dan beraktivitas serta dekat dengan bangunan suci/pertapaan (Zoetmulder, 1983). Dari wilayah inilah, wilayah Kedu, seperti catatan Lombard, mula-mula kerajaan Mataram

Kuno hadir pada abad ke-7 dan 8 Masehi (Lombard, 2000). Nama gunung Dieng (Diheng), Sindara (Sundara) serta Kedu (yang dimaksud mungkin Sumbing) juga masih disebut dalam *Bujangga Manik*, sebagai tempat-tempat suci yang berpenghuni (Noorduyn, 2019).

Tiga gunung yang dianggap suci ini (Dieng-Sindoro-Sumbing) juga termaktub dalam prasasti Kuti (840 M). Dalam prasasti ini disebut nama *śataśrngga* yang mungkin dekat dengan Dieng (Museum Nasional,1985/1986, hlm. 20). *Śataśrngga* disebutkan dalam prasasti Tělang II (Wanagiri II) (904 M) serta Randusari I (Poh) (905 M) sebagai tempat “pemakaman” seorang maharaja (*mahārāja lumāḥ ing çataçrngga*). Dalam wiracarita Mahabarata, satrasrengga (saptaarga) merupakan tempat pertapaan begawan Wiyasa. Penggambaran bahwa wilayah pegunungan menjadi tempat bangunan suci sekaligus tempat desa-desa berpenghuni diperkuat dengan penjelasan prasasti Randusari I yang menyebutkan tentang petugas pemeliharaan bangunan suci (*marhyang*) di desa perdikan (*sīma*) pemelihara wilayah suci maharaja di *çataçrngga (...i marhyang i sīma mahārāja...)* (Stutterheim, 1940; Suhadi dan Soekarto, 1986; Soejono dan Leirissa, 2010).

Desa *sīma* atau desa biasa umumnya tidak berdiri sendiri secara terpisah, tetapi terdapat desa-desa lain sekelilingnya (*wanua tpi siring*) yang membentuk pemukiman terstruktur. Sistem pemukiman masa Mataram Kuno disebut dengan *pañatur deśa* dan *pañasta deśa*. Pemukiman seperti ini kemudian dikenal dengan konsep *mancapat* atau *mancalima*, yaitu pola perkembangan desa (*wanua*) yang bermula dengan satu desa induk dikelilingi oleh empat atau bahkan delapan desa lain atau anak desa (*anakwanua*) yang terletak di keempat penjuru mata angin (van Ossenbruggen,1975; Nastiti, 2003). Dalam perkembangannya, pembentukan *watak* juga mengikuti pola perkembangan pembentukan desa-desa ini. Desa-desa Mataram kuno memiliki dinamika (sosial-politik, religi, dan struktur agraria) yang terkait dengan kondisi ekologi (terutama terkait aktivitas gunung api), seperti yang muncul pada Rukam, situs Liyangan dan lingkungan sekitar situs Dieng.

2. Karakteristik Kehidupan Kuno dibawah Pengaruh Evolusi Fisikal

a. Area Stratovolcano Sumbing

Vulkan Sumbing merupakan unit vulkan di WVA yang telah sangat lama tidak mengalami aktivitas erupsi yang eksplosif. Sebagai stratovolkano yang tinggi dan besar, aktivitas vulkanik Sumbing pada saat ini hanya berupa hembusan gas yang

terbatas di area kepundan. Kondisi ini bahkan telah berlangsung sejak lama, mengacu kepada laporan pengamatan aktivitas vulkanik Sumbing pada tahun 1937. Aktivitas vulkanik eksplosif yang tidak berlangsung dalam waktu lama ternyata mempengaruhi persepsi penduduk sekitarnya terhadap ancaman bencana vulkanik. Lavigne et al. (2008) menjelaskan bahwa penduduk di sekitar Vulkan Sumbing, dan juga Vulkan Sundoro di sebelahnya yang lebih aktif, beranggapan bahwa vulkan-vulkan ini hanyalah gunung biasa yang tidak memiliki ancaman bahaya erupsi. Satu-satunya letusan yang tercatat dalam sejarah terjadi pada tahun 1973, itupun berupa aliran lava yang terjadi di sekitar kawah puncak. Tidak menutup kemungkinan bahwa aktivitas vulkanik Sumbing sejak era Mataram Kuno di abad ke-8 memang tidak lagi berdampak signifikan dalam mempengaruhi kehidupan manusia. Pengaruh evolusi bentuklahan terhadap kehidupan terjadi akibat pengaruh denudasi landform terhadap morfologi stratovulkano, alih-alih erupsi vulkan.

Jejak peninggalan arkeologis di wilayah Sumbing lebih sedikit dibandingkan wilayah lain di WVA. Berbagai temuan arkeologis terutama dijumpai di sisi timur laut (Zona Windusari), yang berdekatan dengan pusat kehidupan masa Mataram Kuno di area Kedu dan Lembah Progo. Temuan arkeologis ini pada dasarnya merupakan bagian atau kelanjutan dari berbagai situs lainnya yang terdapat di wilayah Vulkan Sundoro. Satu-satunya situs arkeologi yang dijumpai di luar Zona Windusari adalah Gua Rong yang ada di Zona Kaliangkrik. Gua ini dibuat dengan memahat batu pada lereng Bukit “Gunung Besar”, yang merupakan unit vulkan pra-Sumbing. Di dalam gua terdapat lingga yoni yang dipahat diantara dua kolam sederhana. Sementara itu di Zona Windusari terdapat berbagai situs antara lain Candi Selogriyo, Candi Batur, Candi Wonokerso, Candi Brongkol, Candi Pikatan, dan Candi Gondosuli.

Candi Selogriyo telah dipugar dan masih utuh hingga ke superstructure walaupun bagian dasarnya jelek dan tidak berbentuk. Hal ini menunjukkan bahwa area ini tidak terdampak proses alam yang drastis dan mempengaruhi kehidupan secara massif. Walaupun posisi candi ada di ketinggian yang jaraknya relatif dekat dengan Vulkan Sumbing namun struktur bangunannya candi ini relatif masih utuh seluruh bagiannya. Selain itu dan tidak ada bagian yang lenyap akibat pengaruh erupsi Vulkan Sumbing, seperti yang terjadi pada beberapa situs di wilayah Sundoro, atau Kompleks Candi Asu di kaki Vulkan Merapi yang berada jauh di timur WVA. Keberadaan struktur Massif Giyanti sebagai vulkan tua yang tidak aktif justru

berperan dalam melindungi Candi selogriyo dari kemungkinan dampak yang ditimbulkan oleh erupsi Sumbing. Candi Batur juga terletak diatas bukit, di salah satu dari puncak Massif Giyanti. Puncak bukit telah diratakan untuk membentuk ruang yang luas. Candi ini tinggal tersisa struktur pondasinya tetapi tidak terkubur oleh material vulkanik.

Candi Wonokerso dan Candi Brongkol hanya tinggal tersisa puing-puing bekas bangunan candi. Beberapa bekas batu candi juga dimanfaatkan oleh penduduk untuk membuat bangunan modern. Candi pikatan berupa jejak pondasi candi yang berada di lingkungan kolam pemandian Pikatan. Sementara itu Candi Gondosuli meliputi ratusan batu candi tetapi tidak in situ. Terdapat arca seekor banteng, yoni besar, sembilan alas batu, serta prasasti Gondosuli tertanggal 827 M. Situs Candi Gondosuli ini terletak sedikit lebih rendah dari lahan di sekitarnya, namun tidak tertimbun secara massif. Berbagai material bekas candi cenderung tertimbun oleh deposisi sedimen aluvium karena letaknya berada di kaki vulkan yang menjadi zona deposisi dari hasil erosi di lereng atas. Secara umum, berbagai situs arkeologi di area Sumbing cenderung tidak menunjukkan kerusakan akibat dampak erupsi yang eksplosif, namun lebih pada dinamika proses eksogen dalam bentuk erosi dan deposisi aluvium.

b. Area Stratovolcano Sundoro

Stratovolcano Sundoro merupakan vulkan yang paling aktif diantara semua unit bentuklahan vulkanik yang ada wilayah AVW. Sekalipun aktivitas vulkanik ini tidak berlangsung secara massif pada saat sekarang, misalnya dibandingkan dengan Stratovolcano Merapi yang terletak 56 km sebelah timurnya, Vulkan Sundoro merupakan vulkan yang paling akhir mengalami erupsi eksplosif di AVW. Erupsi Vulkan Sundoro bahkan tidak hanya terpusat pada kawah utama tetapi juga erupsi samping yang terjadi pada kerucut parasiter. Dengan demikian, evolusi landform yang dikendalikan oleh aktivitas vulkanisme ini sangat mungkin menimbulkan banyak pengaruh terhadap kehidupan manusia pada masa Mataram Kuno.

Peta geologi yang dipublikasikan oleh Badan Geologi Republik Indonesia memberikan informasi bahwa dalam kurun waktu 1.720 tahun yang lalu masih berlangsung pengendapan material jatuhan piroklastik dan aliran piroklastik. Pengendapan material tersebut tersebar secara merata di seluruh sektor Vulkan Sundoro. Pada saat yang sama terjadi aliran piroklastik di sektor utara (Zona Tambi-Telerejo) yang menuruni lereng utara kemudian berbelok ke timur laut karena

terhalang oleh struktur Vulkan Telerejo. Proses vulkanisme yang mengendapkan material piroklastik jatuhan, piroklastik aliran, dan lava, masih terus berlangsung hingga periode pembentukan kubah lava yang menandai akhir dari aktivitas magmatik pada 1.480 juta tahun yang lalu. Aktivitas vulkanik yang melanda seluruh sektor Vulkan Sundoro pada masa tersebut sangat mungkin berpengaruh terhadap kehidupan kuno yang telah berkembang di wilayah Vulkan Sundoro.

Di wilayah Vulkan Sundoro banyak dijumpai peninggalan arkeologis terutama berupa candi. Sisi timur laut (Zona Liyangan) merupakan area yang paling kaya akan peninggalan arkeologis. Setidaknya terdapat empat belas situs arkeologi dari era mataram kuno dijumpai di zona ini yaitu Karangbendo, Gunung Kembang, Candi, Bumen, Bongkol, Gunung Pertapan, Butuh, Jamus, Traji, Nglarangan, Pringapus, Perot, Argapura, dan Liyangan. Peninggalan arkeologis juga dijumpai di sektor lain namun dalam jumlah yang lebih terbatas, termasuk diantaranya adalah Candi Bongkotan di sisi baratdaya (Zona Garung-Watumalang) dan jalan kuno Tlahab yang berada di sisi tenggara Vulkan Sundoro (Zona Kledung).

Situs arkeologi yang terdapat di area Vulkan Sundoro umumnya berupa reruntuhan bekas candi. Banyak candi yang hanya tersisa pondasinya saja seperti Argapura, Gunung Pertapan, Bumen, dan Bongkotan. Bahkan lebih banyak lagi yang hanya ditemukan sisa batu candi atau arca seperti di Karangbendo, Gunung Kembang, Candi, Bongkol, Traji, Jamus, Nglarangan, dan Butuh. Candi Pringapus di ketinggian 956 meter lereng timur laut Sundoro merupakan satu-satunya candi yang telah direstorasi sampai ke superstructure. Disisi lain, Candi Perot yang terletak 300 meter dari Pringapus telah menghilang bahkan beberapa bagian dari struktur batu candinya terpindahkan ke Pringapus (Degroot, 2009).

Candi-candi yang tidak utuh kebanyakan pondasinya lebih rendah dari permukaan lahan di sekitarnya, dengan pengecualian di Candi Gunung Pertapan yang terletak di atas bukit. Kedudukan pondasi yang lebih rendah dari lahan saat ini serta reruntuhan candi yang ditemukan tidak utuh, menunjukkan kemungkinan candi-candi ini rusak karena diterjang oleh material erupsi. Sebagai referensi pembandingan, Candi Pendem di sisi barat laut Vulkan Merapi ditemukan setelah menggali material erupsi dengan kedalaman mencapai 2 meter. Hasil penggalian memperoleh struktur pondasi dan kaki candi sedangkan struktur di atasnya telah hancur dan materialnya tersebar di lahan sekitar candi ini. Dua candi lain yang terletak satu kompleks dengan Candi Pendem, yaitu Candi Asu dan Candi Lumbang,

juga hanya menyisakan struktur pondasi dan kakinya. Candi Sambisari di dataran kaki Vulkan Merapi bagian tenggara juga terletak lebih rendah dari lahan sekitarnya namun telah direkonstruksi sampai dengan superstructure.

Situs Liyangan (terletak di Zona Liyangan, sisi barat laut Vulkan Sundoro) adalah temuan paling penting yang menunjukkan dampak vulkanisme terhadap kehidupan pada masa mataram kuno. Situs Liyangan merupakan proxy bagi kemungkinan kejadian yang sama, yang juga terjadi di sektor lain Vulkan Sundoro. Hal ini didukung oleh fakta geologis bahwa material jatuhan piroklastik dan endapan piroklastik generasi terakhir sebagaimana dijumpai di liyangan juga tersebar di semua sektor Vulkan Sundoro. Kondisi di Situs Liyangan menguatkan dugaan mengenai kerusakan candi di area Vulkan Sundoro yang diakibatkan oleh terjangan material hasil erupsi. Sementara itu kerusakan candi akibat material erupsi menunjukkan bahwa kehidupan masa lampau di area ini terpengaruh oleh letusan vulkan.

Liyangan, dalam beberapa literatur juga ditulis Liangan, merupakan desa kuno yang didalamnya terdapat area permukiman, pertanian, dan pemujaan berlatar Hindu. Permukiman ini berkembang antara abad ke-2 hingga abad ke-9, sejak masa pra-Hindu hingga era kejayaan Mataram Kuno (Riyanto, 2015, 2017) Desa kuno ini tertimbun awan panas erupsi Vulkan Sundoro. Penggalan material piroklastik yang telah dilakukan berhasil memperoleh temuan berupa batur, altar pemujaan, talud batu, petirtaan, serta sisa bangunan kayu yang terbakar (Riyanto, 2015; Tanudirjo et al., 2019). Dalam radius 10 km dari Liyangan juga terdapat 8 candi baik yang dengan struktur lengkap maupun yang tinggal sisa batu dan arca (Degroot, 2017). Di area Situs Liyangan terdapat dua jenis batuan yaitu jatuhan piroklastik dan aliran piroklastik. Material jatuhan piroklastik berwarna kuning kecoklatan terdiri dari fragmen scoria dan litik berkomposisi andesit yang masif dan terlapukkan secara kuat mengubur bagian bawah candi di Liyangan. Sementara itu material yang mengubur bagian atas candi adalah endapan aliran piroklastik berwarna abu-abu agak gelap terdiri dari fragmen bom kerak roti berkomposisi andesitik dan di dalamnya terdapat arang kayu yang berusia 1720 tahun (Nurnusanto, 2014).

c. Area Kompleks Vulkan Dieng

Dieng merupakan titik awal perkembangan peradaban Mataram Kuno. Berbagai prasasti yang menceritakan tentang riwayat kehidupan Mataram Kuno menunjukkan bahwa disinilah lokasi tempat keberadaan raja dan pusat pemerintahan

yang paling awal. Prasasti yang paling tua berangka tahun 809 AD sedangkan yang paling muda berangka tahun 1210 AD. Jejak kehidupan kuno di wilayah Dieng dapat diidentifikasi berdasarkan keberadaan candi yang dibangun pada periode 730-750 AD (Harriyadi, 2019). Candi Dieng merupakan peninggalan utama dari kehidupan di zona ini. Candi ini sebenarnya terdiri dari beberapa kompleks yang tersebar dalam cekungan dieng, meliputi enam unit candi yaitu kelompok Arjuna yang berada di tengah, kelompok candi timur laut, kelompok candi timur, kelompok candi selatan, kelompok candi barat, dan struktur di utara kelompok Arjuna. Candi-candi kelompok Arjuna, Candi Dwarawati, Gatokaca, dan Bima semuanya telah direstorasi (Degroot, 2009). Selain candi, Zona Dieng memiliki beberapa tinggalan arkeologi yang beragam antara lain jalan kuno, arca, struktur bekas bangunan, saluran air, prasasti, fragmen gerabah, fragmen keramik, dan benda-benda logam (Harriyadi, 2019).

Keenam candi dalam Kompleks Candi Dieng semuanya tersebar di cekungan Dieng, sebuah cekungan antar stratocone yang secara populer sering dipandang sebagai plateau. Stratocone di sekitar Kompleks Candi Dieng pada masa lampau pernah mengalami erupsi eksplosif yang menghasilkan dieng tephra, tetapi periode erupsi ini terjadi sebelum masa penghunian penduduk yang membangun candi. Harijoko (2016) menjelaskan bahwa erupsi eksplosif di Dieng terjadi dalam berbagai periode dimana periode kedua merupakan sumber utama dari Dieng Tephra yang menyelimuti depresi Dieng dan Batur. Erupsi eksplosif ini melibatkan beberapa stratocone dan kaldera di sebelah barat kompleks Candi Dieng, antara lain Vulkan Pagonan, Merdada, dan Pagerkandang yang usianya 0,37 Ma.

Peninggalan candi di Kompleks Candi Dieng juga mengalami kerusakan, sebagian diantaranya telah direstorasi. Kerusakan bangunan candi dapat disebabkan oleh berbagai faktor, salah satu kemungkinan adalah karena gempabumi. Beberapa reruntuhan candi juga ditemukan terkubur oleh material aluvium, alih-alih tefra, sebagaimana telah ditemukan dan digali di sebelah utara Candi Arjuna maupun situs Candi Kunthi di sebelah barat Candi Arjuna yang masih dalam proses ekskavasi. Puing-puing bangunan candi yang digali ini posisinya 1-1,5 meter lebih rendah dari lantai Candi Arjuna. Bahkan, Candi Kunthi yang terletak di kaki stratocone terkubur oleh material dengan ketebalan mencapai 2 meter. Situasi ini menunjukkan bahwa evolusi landform yang terjadi di wilayah Dieng juga telah banyak mempengaruhi kehidupan manusia. Namun demikian, alih-alih erupsi vulkanik yang eksplosif,

proses alam yang mempengaruhi kehidupan manusia pada zona ini adalah proses denudasi bentuklahan oleh pengaruh iklim. Erosi dengan kecepatan tinggi serta gerakan massa yang terjadi pada lereng stratocone, bertanggungjawab terhadap pemindahan material dalam jumlah banyak ke kaki stratocone dan basin sehingga menimbun sebagian material candi.

Evolusi landform yang berupa denudasi bentuklahan oleh tenaga eksogen tidak terlepas dari karakteristik iklim di wilayah Dieng yang memiliki curah hujan tinggi. Tingginya curah hujan dapat mempercepat pelapukan serta memicu erosi dan gerakan massa. Disisi lain eksplorasi hutan telah lama dilakukan oleh penduduk. Perkembangan peradaban kuno pada abad ke-8 berdampak terhadap pembukaan hutan untuk permukiman selama abad 8-13, yang didahului oleh pemanfaatan hutan secara terbatas pada empat abad sebelumnya. Pada masa yang sama dengan pembangunan candi terjadi eksplorasi hutan yang intensif sehingga menyebabkan perubahan kondisi hutan dari hutan primer ke hutan sekunder (Harriyadi, 2019). Perubahan kondisi hutan memperbanyak limpasan air hujan yang masuk ke basin dan mendeposisi sedimen. Pada masa lampau telah ada upaya untuk mengatasi banyaknya air yang masuk ke dalam basin yaitu dengan membuat saluran air yang pada saat ini dikenal sebagai situs Gangsiran Aswatama. Secara umum di Zona Dieng banyak terdapat tinggalan arkeologi yang masih teridentifikasi dengan jelas seperti struktur candi, jalan kuno, serta saluran drainase kuno. Beberapa diantara tinggalan arkeologis masih eksis di lereng stratocone sebagai indikator bahwa vulkan tersebut tidak mengalami erupsi eksplosif yang merusak situs. Namun demikian, kehidupan masa lampau di zona ini tidak terlepas dari pengaruh evolusi landform yang berupa denudasi bentuklahan oleh tenaga eksogen.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kehidupan manusia sejak masa lampau tidak terlepas dari kondisi bentanglahan yang menjadi tempat tinggalnya. Evolusi bentanglahan yang terjadi dari waktu ke waktu banyak berpengaruh terhadap kehidupan manusia. Manusia dengan kemampuan akal pikiran dan budayanya mampu beradaptasi dan memanfaatkan peluang yang disediakan oleh alam namun tidak dapat sepenuhnya terlepas dari kondisi alam, sebagaimana disampaikan oleh Griffith Taylor dalam teori neo-determinism atau stop and go determinism. Studi yang dilakukan di Area Vulkanik Wonosobo (AVW) yang merupakan tempat kelahiran peradaban Jawa, menunjukkan bahwa evolusi bentuklahan vulkan berpengaruh terhadap kehidupan sejak era Mataram Kuno. AVW sendiri terdiri dari Stratovulkano Sumbing yang telah lama tidak aktif, Stratovulkano Sundoro yang lebih akhir mengalami aktivitas, dan Kompleks Vulkan Dieng yang merupakan area vulkan aktif pasca era erupsi eksplosif, dicirikan oleh pelepasan gas dari kawah aktif.

Evolusi bentanglahan vulkanik yang mempengaruhi kehidupan manusia tidak selalu berupa letusan vulkan. Pada area Stratovulkano Sundoro yang masih mengalami aktivitas di masa Mataram Kuno, letusan vulkan merupakan bentuk evolusi bentanglahan yang berdampak massif terhadap kehidupan manusia. Letusan vulkan menyebabkan bencana bagi kehidupan masyarakat kuno sebagaimana terbukti dalam berbagai temuan arkeologis yang tertimbun oleh material vulkanik. Pada area Stratovulkano Sumbing yang telah lama tidak aktif, dampak vulkanisme absen. Evolusi bentanglahan yang mempengaruhi kehidupan manusia berasal dari proses denudasi morfologi vulkan yang dilakukan oleh iklim. Kondisi yang sama dengan di Stratovulkano Sumbing dijumpai di Kompleks Vulkan Dieng. Vulkanisme eksplosif di area ini telah berlangsung jauh sejak sebelum peradaban manusia. Banyak peninggalan arkeologis di area ini yang tertimbun oleh material aluvium, alih-alih erupsi vulkanik yang eksplosif. Kondisi ini menunjukkan bahwa erosi dengan kecepatan tinggi serta gerakan massa yang terjadi pada lereng stratocone merupakan faktor yang berdampak terhadap peradaban di wilayah ini. Jejak antropogenik dalam bentuk alih fungsi lahan yang dilakukan sejak jaman kuno ternyata juga turut berperan dalam menentukan kecepatan proses denudasi ini

B. Saran

Sebagai evaluasi, dalam studi ini masih terdapat beberapa keterbatasan. Analisis kronologi dalam evolusi bentanglahan masih didasarkan pada *relative dating* berdasarkan urutan proses yang jejaknya teridentifikasi di lapangan. Studi yang akan datang sangat direkomendasikan untuk menganalisis kronologi *absolute dating* yang dapat menghasilkan penanggalan absolut. Hal ini akan memberikan hasil yang lebih akurat sekaligus menghubungkan dengan penanggalan sejarah yang diungkap dari prasasti dan berbagai sumber sejarah lainnya. Selain itu, penelitian ini juga dapat ditindaklanjuti dalam konteks praktis. Berbagai lokasi yang menunjukkan adanya pengaruh evolusi bentuklahan terhadap kehidupan manusia dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai sumber belajar maupun destinasi wisata berbasis budaya, pendidikan, maupun ekowisata.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreastuti, S. D., Alloway, B. V., & Smith, I. E. M. (2000). A detailed tephrostratigraphic framework at Merapi Volcano, Central Java, Indonesia: implications for eruption predictions and hazard assessment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, *100*, 51–67.
- Andreastuti, S. D., Newhall, C., & Dwiyatno, J. (2006). Menelusuri kebenaran letusan Gunung Merapi 1006. *Jurnal Geologi Indonesia*, *1*(4), 201–207.
- Ashari, A. (2013). Kajian Fasies Gunungapi di Kompleks Candi Asu untuk Pendugaan Bencana Erupsi Merapi. *Socia*, *10*(2), 129–138.
- Ashari, A. (2014). Distribusi Spasial Mataair Kaitannya dengan Keberadaan Situs Arkeologi di Kaki Lereng Timur Gunungapi Sindoro antara Parakan dan Ngadirejo Kabupaten Temanggung. In D. R. S. Sumunar & N. Khotimah (Eds.), *Mega Seminar: Geografi Untukmu Negeri* (pp. 169–179). Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ashari, A. (2019). Understanding geomorphological hazard in Watumalang Area post Bisma volcanic era. Denudational or multihazard? *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *271*(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/271/1/012006>
- Ashari, A., Purwantara, S., Arif, N., & Widodo, E. (2021). Spatial Evolution of the River Valleys under the Influence of Active Volcano: A Case of Merapi Volcanic Plain. *Quaestiones Geographicae*, *40*(3), 45–64. <https://doi.org/10.2478/quageo-2021-0023>
- Bachri, S., Stötter, J., Monreal, M., & Sartohadi, J. (2015). The calamity of eruptions, or an eruption of benefits? Mt. Bromo human-volcano system a case study of an open-risk perception. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *15*(2), 277–290. <https://doi.org/10.5194/nhess-15-277-2015>
- Bemmelen, R. W. van. (1949). *The Geology of Indonesia, Vol IA General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. Government Printing Office.
- Boechari. (2012). *Melacak Sejarah Kuno Indonesia lewat Prasasti*, Jakarta: Kepustakaan Populer Gramedia.
- Bronto, S., Ratdomopurbo, A., Asmoro, P., & Adityarani, M. (2014). Longsor Raksasa Gunung Api Merapi Yogyakarta - Jawa Tengah. *J.G.S.M.*, *15*(4), 165–183.
- Center of Volcanology and Geological Hazard Mitigation, R. of I. (2014a). *Mount Sumbing, Central Java. Database of Volcano in Indonesia*. <https://vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar-gunungapi/543-g-sumbing>

- Center of Volcanology and Geological Hazard Mitigation, R. of I. (2014b). *Mount Sundoro, Central Java. Database of Volcano in Indonesia.*
<https://vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar-gunungapi/534-g-sundoro>
- Degroot, V. (2009). *Candi, Space and Landscape: A Study on the Distribution, Orientation and Spatial Organization of Central Javanese Temple Remains.* Leiden University.
<https://books.google.com/books?id=u2HzduME8OcC&pgis=1>
- Degroot, V. (2017). The Liangan Temple Site in Central Java. *Archipel*, 94, 191–209.
<https://doi.org/10.4000/archipel.456>
- Gertisser, R., Charbonnier, S. J., Keller, J., & Quidelleur, X. (2012). The geological evolution of Merapi volcano, Central Java, Indonesia. *Bulletin of Volcanology*, 74, 1213–1233.
<https://doi.org/10.1007/s00445-012-0591-3>
- Gomez, C., Janin, M., Lavigne, F., Gertisser, R., Charbonnier, S., Lahitte, P., Hadmoko, S. R., Fort, M., Wassmer, P., Degroot, V., & Murwanto, H. (2010). Borobudur, a basin under volcanic influence: 361,000 years BP to present. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 196(3–4), 245–264. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2010.08.001>
- Hadmoko, D. S., Lavigne, F., Sartohadi, J., & Gomez, C. (2017). Spatio-Temporal Distribution of Landslides in Java and The Triggerring Factors. *Forum Geografi*, 31(1), 1–15.
<https://doi.org/10.23917/forgeo.v31i1.3790>
- Hall, R. (2009). Southeast Asia's changing palaeogeography. *Blumea*, 54, 148–161.
<https://doi.org/10.3767/000651909X475941>
- Harijoko, A., Uruma, R., Wibowo, H. E., Setijadji, L. D., Imai, A., & Watanabe, K. (2010). *Long-Term Volcanic Evolution Surrounding Dieng Geothermal Area , Indonesia.* 2, 25–29.
- Harijoko, A., Uruma, R., Wibowo, H. E., Setijadji, L. D., Imai, A., Yonezu, K., & Watanabe, K. (2016). Geochronology and magmatic evolution of the Dieng Volcanic Complex, Central Java, Indonesia and their relationships to geothermal resources. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 310, 209–224.
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.12.010>
- Harris, A. J., Rose, W. I., & Flynn, L. P. (2003). Temporal trends in lava dome extrusion at Santiaguito 1922-2000. *Bulletin of Volcanology*, 65(2), 77–89.
<https://doi.org/10.1007/s00445-002-0243-0>
- Harriyadi. (2019). Pertimbangan Pemilihan Lokasi Kompleks Candi Dieng. *Amerta, Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Arkeologi*, 37(2), 123–138.

- Hermanto, H., & Hendriani, A. S. (2018). Bagenen-Botolan Sebagai Konsep Dasar Pembentukan. *Tesa Arsitektur*, 16(2), 117–129.
- Kovács, J., Németh, K., Szabó, P., Kocsis, L., Kereszturi, G., Újvári, G., & Vennemann, T. (2020). Volcanism and paleoenvironment of the pula maar complex: A pliocene terrestrial fossil site in Central Europe (Hungary). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 537, 109398. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.109398>
- Lavigne, F., de Coster, B., Juvin, N., Flohic, F., Gaillard, J. C., Texier, P., Morin, J., & Sartohadi, J. (2008). People's behaviour in the face of volcanic hazards: Perspectives from Javanese communities, Indonesia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172(3–4), 273–287. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2007.12.013>
- Lombard, D. (2000). *Nusa Jawa: Silang Budaya. Batas-batas Pembaratan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Lombard, D. (2005). *Nusa Jawa: Silang Budaya. Warisan Kerajaan-kerajaan Konsentris*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Muniz, M. C., Anjos, R. M., Cardoso, R. P., Rosa, L. H., Vieira, R., Marotta, H., Macario, K., Ayres Neto, A., Felizardo, J. P., Barboza, C. D. N., Rodrigues, L. F., & Alves, E. Q. (2018). Post-caldera evolution of Deception Island (Bransfield Strait, Antarctica) over Holocene timescales. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 501(April), 58–69. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.04.010>
- Murwanto, H., Gunnell, Y., Suharsono, S., Sutikno, S., & Lavigne, F. (2004). Borobudur monument (Java, Indonesia) stood by a natural lake: chronostratigraphic evidence and historical implications. *The Holocene*, 3(2004), 459–463.
- Murwanto, H., & Purwoaminta, A. (2015). Rekonstruksi Danau Purba Borobudur dengan Pendekatan Spasiotemporal. *Limnotek*, 22(2), 106–117.
- Mutaqin, B. W., & Lavigne, F. (2019). Oldest description of a caldera-forming eruption in Southeast Asia unveiled in forgotten written sources. *GeoJournal*, 5. <https://doi.org/10.1007/s10708-019-10083-5>
- Mutaqin, B. W., Lavigne, F., Sudrajat, Y., Handayani, L., Lahitte, P., Virmoux, C., Hiden, Hadmoko, D. S., Komorowski, J. C., Hananto, N. D., Wassmer, P., Hartono, & Boillot-Airaksinen, K. (2019). Landscape evolution on the eastern part of Lombok (Indonesia) related to the 1257 CE eruption of the Samalas Volcano. *Geomorphology*, 327, 338–350. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.11.010>
- Nastiti, T.S. dkk. (1982). *Tiga Prasasti dari Masa Balitung*, Jakarta: Departemen P dan K

- Newhall, C. G., Bronto, S., Alloway, B., Banks, N. G., Bahar, I., del Marmol, M. A., Hadisantono, R. D., Holcomb, R. T., McGeehin, J., Miksic, J. N., Rubin, M., Sayudi, S. D., Sukhyar, R., Andreastuti, S., Tilling, R. I., Torley, R., Trimble, D., & Wirakusumah, A. D. (2000). 10,000 Years of explosive eruptions of Merapi Volcano, Central Java: Archaeological and modern implications. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 100(1–4), 9–50. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(00\)00132-3](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(00)00132-3)
- Noorduyn, J. (2019). *Perjalanan Bujangga Manik Menyusuri Tanah Jawa*. Yogyakarta: Ombak
- Nurnusanto, I. (2014). Catatan Geologis Geologi Situs Candi Liangan. In N. Abbas (Ed.), *Liangan, Mozaik Peradaban Mataram Kuno di Lereng Sindoro* (pp. 117–122). Kepel Press.
- Padang, M. N. van. (1983). History of the volcanology in the former Netherlands East Indies. *Scripta. Geol*, 71, 1–76.
- Pannekoek, A. J. (1949). *Outline of the geomorphology of Java*. E.J. Brill.
- Poerbatjaraka. (1951). *Riwajat Indonesia I*. Jakarta: Jajasan Pembangunan
- Riyanto, S. (2015). Situs Liangan: Ragam Data, Kronologi, dan Aspek Keruangan. *Berkala Arkeologi*, 31(1), 33–58.
- Riyanto, S. (2017). Situs Liangan Dalam Bingkai Sejarah Matarām Kuno. *Berkala Arkeologi*, 37(2), 141–158. <https://doi.org/10.30883/jba.v37i2.177>
- Santiko, H. (2013). Dua Dinasti di Kerajaan Mataram Kuna: Tinjauan Prasasti Kalasan. *Sejarah Dan Budaya*, 7(2), 1–7.
- Santiko, H. (2012). Dua Dinasti di Kerajaan Mataram Kuno: Tinjauan Prasasti Kalasan”, *Makalah Seminar Internasional Epigrafi dan Sejarah Kuno Indonesia*, Universitas Indonesia.
- Setyawati, S., Pramono, H., & Ashari, A. (2015). Kecerdasan Tradisional dalam Mitigasi Bencana Erupsi pada Masyarakat Lereng Baratdaya Gunungapi Merapi. *Socia*, 12(2), 100–110.
- Smithsonian Institution. (2013a). *Sumbing*. Global Volcanism Program. <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=263220>
- Smithsonian Institution. (2013b). *Sundoro*. Global Volcanism Program.
- Soejono, R.P. dan Leirissa, R.Z. (ed). (2010). *Sejarah Nasional Indonesia Zaman Kuno (Edisi Pemutakhiran)*. Jakarta: Balai Pustaka
- Sukronedi, Widodo, S., Wardhani, S., Wijanarka, Y., Purbasari, R., Ula, K., Dananjaya, P., & Sunarno. (2018). *Peninggalan Arkeologi di Pereng Wukir Susundara-Sumving*. Direktorat Jenderal Kebudayaan. <https://repositori.kemdikbud.go.id/15331/>

- Sutikno, Santosa, L. W., Widiyanto, Kurniawan, A., & Purwanto, T. H. (2007). “*Kerajaan Merapi*”, *Sumberdaya Alam dan Daya Dukungnya*. BPFM UGM.
- Tanudirjo, D. A., Yuwono, J. S. E., & Adi, A. M. W. (2019). Lanskap Spiritual Situs Liyangan. *Berkala Arkeologi*, 39(2), 97–120. <https://doi.org/10.30883/jba.v39i2.474>
- van Padang, M. N. (1951). *Catalogue of the Active Volcanoes of the World Including Solfataras Fields Part I Indonesia*. International Volcanological Association.
- Verstappen, H. Th. (2010). Indonesian Landforms and Plate Tectonics. *Jurnal Geologi Indonesia*, 5(3), 197–207.
- Verstappen, H. Th. (2013). *Garis Besar Geomorfologi Indonesia* (Suratman, Ed.; 1st ed.). Gadjah Mada University Press.
- Verstappen, H. Th. (2014). *Geomorfologi Terapan: Survei Geomorfologikal untuk Pengembangan Lingkungan* (Sutikno, Ed.). Penerbit Ombak.
- Wardoyo, M. A. I., Prayuda, R., Susena, Y., Baradi, F. A. W., Ashari, A., & Imamah, L. F. (2021). Geomorphological hazard at some area of the Outer Dieng Volcanic Complex post explosive eruption era. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 884(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/884/1/012007>
- Zaennudin, A. (2010). The characteristic of eruption of Indonesian active volcanoes in the last four decades. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 1(2), 113–129.
- Zoetmulder, P.J. (1983). *Kalangwan. Sastra Jawa Kuno Selayang Pandang*. Jakarta: Djambatan
- Zuidam, R. A. van, & Zuidam-Cancelado, F. I. van. (1979). *Terrain analysis and classification using aerial photographs, a geomorphological approach*. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences.