

## RANCANG BANGUN RANGKAIAN SENSOR *COMPASS* DAN *ACCELEROMETER* BERBASIS MIKROKONTROLER SEBAGAI MODUL PRAKTEK MATA KULIAH SENSOR DAN TRANSDUSER

Ilmawan Mustaqim<sup>1</sup> dan Yuwono Indro Hatmojo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta  
Jalan Colombo No. 1 Yogyakarta 55281 Telp (0274) 586168

<sup>1</sup>Email:ilmawan@uny.ac.id

<sup>2</sup>Email:hatmojo.yu@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu rangkaian sensor menggunakan sensor kompas untuk mendeteksi perubahan arah benda dan sensor accelerometer untuk mendeteksi perubahan posisi benda yang mampu dimonitor secara langsung pada layar monitor komputer menggunakan peranti mikrokontroler dan bantuan software pemrograman berbasis objek.

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan mengikuti model Linier Sequential Model (LSM) yang terdiri dari 5 tahapan yaitu tahap analisis dan studi literatur, desain perancangan, perakitan (*assembly-hardware*), pengkodean (*coding-software*), dan pengujian. Instrumen yang digunakan untuk mengambil data adalah instrumen pengujian dengan teknik *black box testing* dan instrumen pengukuran fungsionalitas sistem. Instrumen disusun mengacu pada kisi-kisi perancangan hasil sistem yang telah ditetapkan. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif yaitu mencoba memaparkan produk hasil rekayasa setelah diimplementasikan dalam bentuk *hardware* dan *software*, dan menguji tingkat kehandalan sistem untuk diujicobakan di lapangan.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, rangkaian sensor kompas dan accelerometer dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan *datasheet*. Pada sensor kompas dapat digunakan sesuai dengan penunjukan arah mata angin secara benar. Ditunjukkan dengan data pengambilan berhasil mengenali posisi arah mata angin dengan ketepatan sebesar 100% dari 40 kali percobaan. Pada sensor accelerometer dapat menunjukkan nilai yang sesuai dengan nilai pada *datasheet*. Unjuk kerja dari program monitoring pada komputer berdasarkan percobaan dapat merespon perubahan-perubahan yang dilakukan pada sensor dan termonitor dengan baik. Fungsi tombol dapat bekerja dengan baik berdasarkan pengamatan dan percobaan sebanyak 40 kali percobaan menunjukkan hasil 100% berfungsi dengan baik dan mampu menampilkan perubahan yang terjadi pada sensor dengan baik.

*Kata kunci: Mikrokontroler, Sensor Accelerometer, Sensor Kompas.*

### Pendahuluan

Mata kuliah Sensor dan Transduser merupakan mata kuliah wajib yang harus ditempuh oleh mahasiswa Bidang Studi Mekatronika di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Mata kuliah ini dilaksanakan sebesar 3 sks yang terdiri dari 1 sks praktikum dan 2 sks teori. Mata kuliah ini membahas ilmu dasar tentang sensor beserta transduser. Pentingnya mata kuliah ini ditempuh karena banyak sekali penerapan teknologi sensor dalam peralatan-peralatan modern saat ini.

Pengamatan karakteristik suatu sensor merupakan salah satu kegiatan dalam mata kuliah Sensor dan Transduser. Tiap mahasiswa diharapkan mengetahui karakteristik dari suatu sensor sehingga mampu menganalisis respon yang terjadi pada sensor dengan tujuan dapat memanfaatkan fungsi dari sensor tersebut. Sensor sendiri dibuat dengan tujuan untuk mencontoh kemampuan dari indera yang ada pada manusia. Banyaknya sensor yang harus dipelajari membutuhkan dukungan sarana berupa perangkat-perangkat sensor yang banyak pula.

Sejauh ini peralatan praktikum yang digunakan untuk praktek masih sangat terbatas baik secara jumlah maupun kualitas, sehingga diperlukan tambahan peralatan yang memadai. Modul praktek sensor yang digunakan sebagai media praktikum mata kuliah sensor dan transduser di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, selama ini aplikasinya masih sangat terbatas pada aplikasi sensor suhu LM35, sensor kelembaban HG-20, sensor infra merah, dan sensor gas FIGARO. Untuk mengikuti perkembangan teknologi dan juga memperluas pengetahuan mahasiswa maka dirasa perlu untuk menambah beberapa jenis sensor dan aplikasinya dalam mata kuliah praktek sensor dan transduser.

Beberapa diantara sensor-sensor tersebut yang menarik untuk diteliti adalah sensor compass dan accelerometer. Selain faktor dari belum adanya modul praktek mengenai kedua sensor ini, karakteristik bentuk dan sifat dari sensor kompas dan accelerometer ini merupakan daya tarik tersendiri bagi peneliti untuk mempelajari sekaligus menerapkannya dalam bentuk modul praktek. Sensor kompas CMPS03 merupakan sensor medan magnet sumbu rangkap yang dapat menunjukkan arah pada alat elektronik. Sensor kompas CMPS03 memiliki dua sumbu, x dan y yang dengan formulasi tertentu dapat menghasilkan besaran derajat yang searah jarum jam. Sensor Accelerometer Memsic 2125 dapat memberikan data percepatan dalam ruang 2D (sumbu x,y) yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengenali gerakan. Data percepatan yang dihasilkan tergantung dari cara memposisikan sensor. Sensor dapat mendeteksi pergerakan maju/mundur maupun pergerakan ke kiri/ke kanan, pada posisi yang berbeda sensor dapat mendeteksi pergerakan ke atas/ke bawah maupun pergerakan ke kiri/ke kanan. Sensor kompas dan accelerometer merupakan sensor yang banyak sekali digunakan pada peralatan-peralatan yang memerlukan pendeteksian arah atau posisi suatu benda, misalnya: sistem navigasi robot, aeromodelling, RC dan lain-lain.

Dengan mempelajari karakteristik dari sensor kompas dan Acceleromoter melalui modul praktek yang akan dihasilkan pada penelitian ini, diharapkan mampu memberikan

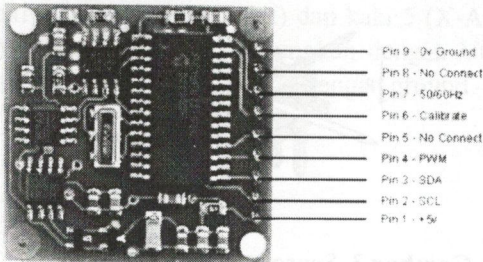
tambahan pengetahuan bagi mahasiswa sekaligus memberikan tambahan ilmu dan peralatan baru pada modul praktek kuliah sensor dan transduser di jurusan pendidikan teknik elektro khususnya program studi pendidikan teknik mekatronika. Karakteristik dari suatu sensor kurang lengkap jika hanya dipelajari melalui pengukuran secara langsung menggunakan alat ukur multimeter dan sejenisnya. Peneliti merasa tertarik untuk membuat rangkaian sensor yang mampu dilihat dan dimonitoring sekaligus melalui layar monitor komputer agar dapat diamati reaksi yang terjadi selama proses pendeteksian berlangsung.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu rangkaian sensor menggunakan sensor kompas untuk mendeteksi perubahan arah benda dan sensor accelerometer untuk mendeteksi perubahan posisi benda yang mampu dimonitor secara langsung pada layar monitor komputer menggunakan peranti mikrokontroler dan bantuan software pemrograman berorientasi objek.

### **Sensor Kompas CMPS03**

Modul kompas CMPS03 secara khusus dirancang untuk digunakan dalam robot sebagai bantuan navigasi. Tujuannya adalah untuk menghasilkan nilai ukuran tertentu atau khusus yang mewakili arah depan robot. Berdasarkan referensi datasheet CMPS03, modul kompas ini menggunakan sensor medan magnet Philips KMZ51, yang cukup sensitif untuk mendeteksi medan magnet Bumi. Output dari kedua sensor yang terpasang di sudut kanan satu sama lain digunakan untuk menghitung arah komponen horisontal medan magnet Bumi.

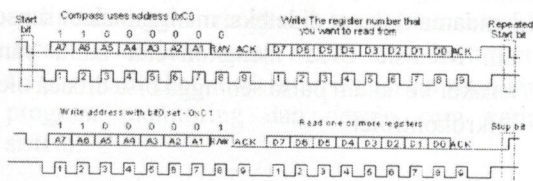
Modul kompas membutuhkan power supply 5V pada nominal arus 15mA. Ada dua cara untuk mendapatkan koneksi dari modul. Sebuah sinyal PWM tersedia pada pin 4, atau antarmuka I2C disediakan pada pin 2 dan 3.



**Gambar 1.** Modul Kompas CPMS03  
(Sumber: Datasheet CMPS03)

Menurut keterangan dalam datasheet CMPS30, Sinyal PWM adalah lebar pulsa sinyal termodulasi dengan lebar positif dari pulsa yang mewakili sudut. Lebar pulsa bervariasi dari 1mS ( $0^\circ$ ) ke 36.99mS ( $359,9^\circ$ ) - dengan kata lain  $100\mu\text{S} / ^\circ$  dengan + 1mS offset. Sinyal menuju rendah selama 65mS antar pulsa, sehingga waktu siklus adalah 65mS + lebar pulsa, yaitu sebesar 66ms sampai dengan 102ms. Pulsa dihasilkan oleh pewaktu 16 bit pada prosesor sehingga memberikan resolusi 1 $\mu\text{S}$ . Kompas ini tidak direkomendasikan untuk mengukur dengan ketelitian lebih dari  $0,1^\circ$  (10 $\mu\text{s}$ ). Pin I2C, SCL dan SDA, harus terhubung dengan tegangan 5VDC jika akan menggunakan koneksi PWM, karena tidak ada resistor pull-up pada pin ini.

Pin 2,3 adalah antarmuka I2C dan dapat digunakan untuk mendapatkan pembacaan langsung dari koneksi. Jika antarmuka I2C tidak digunakan maka pin ini harus diberi pull up (tegangan 5VDC) menggunakan beberapa resistor.



**Gambar 2.** Timing diagram pengiriman data  
(Sumber: Datasheet CMPS03)

Protokol komunikasi I2C pada modul kompas sama dengan IC EEPROM seperti pada IC24C04. Langkah pertama yaitu mengirim start bit, alamat modul ( $0xC0$ ) dengan membaca/menulis bit rendah, kemudian nomor register yang ingin dibaca. Selanjutnya diikuti dengan pengulangan start bit dan alamat modul lagi dengan membaca/menulis bit tinggi ( $0xC1$ ). Langkah selanjutnya membaca satu atau dua

byte untuk 8bit atau 16bit register masing-masing. Register 16bit dibaca melalui byte tinggi pertama. Kompas memiliki array 16 byte dari register, beberapa di antaranya ganda seperti yang terlihat dalam tabel 16 bit register CMPS03.

Register 0 adalah angka revisi Software (8 pada saat menulis). Register 1 adalah koneksi dikonversi ke nilai 0-255. Hal ini memudahkan untuk beberapa aplikasi dibandingkan dengan penggunaan nilai 0-360 yang membutuhkan dua byte. Penggunaan kompas yang membutuhkan resolusi yang lebih baik maka register 2 dan 3 (byte tinggi pertama) digunakan, yaitu 16 bit unsigned integer dalam kisaran 0-3.599 atau merepresentasikan nilai 0-359,9  $^\circ$ . Register 4 sampai 11 adalah register uji internal dan 12,13 tidak terpakai. Register 14 tidak terdefinisi. Register 15 digunakan untuk mengkalibrasi kompas.

Antarmuka I2C tidak memiliki resistor pull-up di papan PCB, sehingga harus disediakan di tempat lain. Resistor pull-up dipasang pada kedua jalur SCL dan SDA, cukup satu saja untuk semua koneksi, bukan pada setiap jalur. Sangat disarankan nilai resistansi sebesar 1K8 jika akan bekerja hingga 400kHz dan 1K2 atau bahkan 1k jika akan sampai 1MHz. Kompas dirancang untuk bekerja sampai dengan standar clock speed (SCL) dari 100KHz. Kecepatan clock dapat ditingkatkan sampai 1MHz dengan melakukan hal sebagai berikut: Pada kecepatan di atas sekitar 160KHz CPU tidak bisa merespon cukup cepat untuk membaca data I2C. Oleh karena itu penundaan waktu sebesar 50 $\mu\text{s}$  harus dimasukkan pada kedua sisi penulisan alamat register. Tidak ada penundaan yang diperlukan di tempat lain dalam urutan. Dengan melakukan hal tersebut modul kompas ini telah diuji hingga 1.3MHz SCL clock speed.

Pin 7 adalah pemilihan frekuensi input pin yaitu 50Hz (low) atau 60Hz (tinggi). Pin 6 digunakan untuk mengkalibrasi kompas. Kalibrasi input (pin 6) memiliki pull-up resistor on-board dan dapat dibiarkan tidak terhubung setelah kalibrasi. Pin 5 dan 8 adalah No Connect.

**Tabel 1.** Register 16 bit pada sensor CMPS03

Register	Function
0	Software Revision Number
1	Compass Bearing as a byte, i.e. 0-255 for a full circle
2,3	Compass Bearing as a word, i.e. 0-3599 for a full circle, representing 0-359.9 degrees.
4,5	Internal Test - Sensor1 difference signal - 16 bit signed word
6,7	Internal Test - Sensor2 difference signal - 16 bit signed word
8,9	Internal Test - Calibration value 1 - 16 bit signed word
10,11	Internal Test - Calibration value 2 - 16 bit signed word
12	Unused - Read as Zero
13	Unused - Read as Zero
14	Unused - Read as Undefined
15	Calibrate Command - Write 255 to perform calibration step. See text.

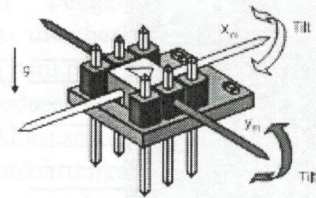
### Sensor Accelerator Memsic 2125

Accelerometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran (vibrasi), dan mengukur percepatan akibat gravitasi (inklinasi). Sensor accelerometer mengukur percepatan akibat gerakan benda yang melekat padanya.

Accelerometer dapat digunakan untuk mengukur getaran pada mobil, mesin, bangunan, dan instalasi pengamanan. Sensor accelerometer juga dapat diaplikasikan pada pengukuran aktivitas gempa bumi dan peralatan-peralatan elektronik, seperti permainan 3 dimensi, mouse komputer, dan telepon. Untuk aplikasi yang lebih lanjut, sensor ini banyak digunakan untuk keperluan navigasi.

Percepatan merupakan suatu keadaan berubahnya kecepatan terhadap waktu. Bertambahnya suatu kecepatan dalam suatu rentang waktu disebut juga percepatan (acceleration). Jika kecepatan semakin berkurang daripada kecepatan sebelumnya, disebut deceleration. Percepatan juga bergantung pada arah/orientasi karena merupakan penurunan kecepatan yang merupakan besaran vektor. Berubahnya arah pergerakan suatu benda akan menimbulkan percepatan pula.

Memsic 2125 adalah sensor accelerometer thermal yang dapat mengukur kemiringan, tabrakan, percepatan statis dan dinamis, rotasi dan getaran dengan range  $\pm 3$  g pada dua sumbu. Jarak antar kaki Memsic 2125 didesain sesuai dengan jarak lubang breadboard sehingga memudahkan dalam membuat prototype. Sensor accelerometer Memsic 2125 banyak digunakan pada sistem navigasi robot, sistem navigasi RC baik yang terkontrol atau "auto pilot", maupun sebagai pengindera pada human interface device (HID).



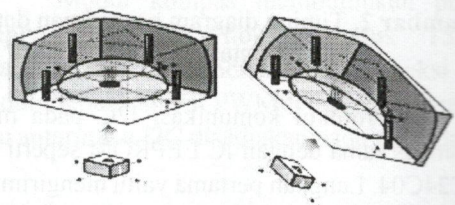
Gambar 3. Sensor accelerator Memsic 2125  
(Sumber: Parallax.Inc, 2009)

Sensor accelerator Memsic 2125 memiliki fitur sebagai berikut :

- - Dapat mengukur  $\pm 3$  g pada setiap sumbu
- - Pulsa output sederhana untuk setiap sumbu
- - Desain 6-pin modul
- - Output Analog suhu (TOut pin)
- - Dapat bekerja pada suhu 0 hingga 70 °C

### Teori Operasi Sensor Accelerometer Memsic 2125

Memsic 2125 memiliki ruang gas dengan elemen pemanas di tengah dan empat sensor suhu dibagian tepi. Ketika accelerometer pada "on", panas kantong gas naik ke atas-tengahruang sensor, dan semua sensor akan mengukursuhu yang sama. Dengan memiringkan accelerometer, gas panas akan lebih dekat dengan beberapa sensor suhu. Dengan membandingkan suhu pada sensor, akselerasi statik (misal gravitasi dan guncangan) dan akselerasi dinamis (misal pergerakan kendaraan) dapat dideteksi menggunakan sensor ini. Memsic 2125 mengkonversi suhu yang terukur ke dalam pulsa sehingga bisa dibaca oleh mikrokontroler.



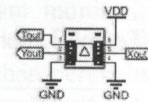
Gambar 4. Sensor accelerometer bekerja dengan membandingkan perubahan suhu pada keempat sensornya

(Sumber: Parallax.Inc, 2009)

Kaki-kaki yang dihubungkan antara sensor accelerometer dan mikrokontroler adalah

kaki 2 (Y-Axis PWM Out) dan kaki 5 (X-Axis PWM Out), kaki 6 dihubungkan dengan VCC dan kaki 3 & 4 dihubungkan dengan ground.

Pin	Name	Function
1	Tout	Temperature Out
2	Yout	Y-axis PWM output
3	GND	Ground -> 0 V
4	GND	Ground -> 0 V
5	Xout	X-axis PWM output
6	VDD	Input voltage: +3.3 to +5 VDC



**Gambar 5.** Kaki-kaki Memsic 2125  
Sumber: Parallax.Inc, 2009

### Metode Penelitian

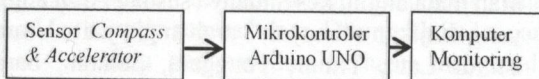
Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan mengikuti model Linier Sequential Model (LSM) yang terdiri dari 5 tahapan yaitu tahap analisis dan studi literatur, desain/perancangan, perakitan (assembly-hardware), pengkodean (coding-software), dan pengujian. Kegiatan yang dilakukan untuk setiap tahap dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 1. Tahap analisis dan studi literatur:

Pada tahapan ini peneliti akan melakukan analisa dan studi literatur mengenai karakteristik sensor Compas dan Accelerator, teknik akuisisi data, teknik pembuatan prototipe PCB, dan pemrograman berorientasi objek. Peneliti mengumpulkan informasi penting baik berupa data primer maupun sekunder termasuk menganalisis kebutuhan komponen-komponen yang akan digunakan dalam penelitian serta menyusunnya sehingga menghasilkan acuan dalam mendesain sistem.

#### 2. Tahap Desain Perancangan sistem

Pada tahapan ini, peneliti akan merancang perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan sistem. Desain perangkat keras meliputi desain rangkaian pengolah sinyal, desain rangkaian antar muka mikrokontroler. Desain perangkat lunak meliputi desain tampilan program monitoring dan desain cara kerja sistem.



**Gambar 6.** Desain Sistem

#### 3. Tahap Perakitan perangkat keras dan Pengkodean perangkat lunak

Setelah desain selesai, dilakukan implementasi perangkat keras dan perangkat lunak. Pada perangkat keras dihubungkan sensor Compass dan Accelerator dengan mikrokontroler Arduino UNO. Pada

implementasi perangkat lunak dibuat tampilan program menggunakan software C#.

#### 4. Tahap pengujian

Setelah tahapan implementasi perakitan perangkat keras dan perangkat lunak selesai selanjutnya dilakukan pengujian kinerja alat dan troubleshooting, hingga sistem bekerja sempurna seperti yang direncanakan

### Hasil dan Pembahasan

Instrumen yang digunakan untuk mengambil data adalah instrumen pengujian dengan teknik black box testing dan instrumen pengukuran fungsionalitas sistem. Instrumen disusun mengacu pada kisi-kisi perancangan hasil sistem yang telah ditetapkan.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif yaitu mencoba memaparkan produk hasil rekayasa setelah diimplementasikan dalam bentuk hardware dan software, dan menguji tingkat kehandalan sistem untuk diujicobakan di lapangan.

Tabel hasil pengujian alat adalah sebagai berikut:

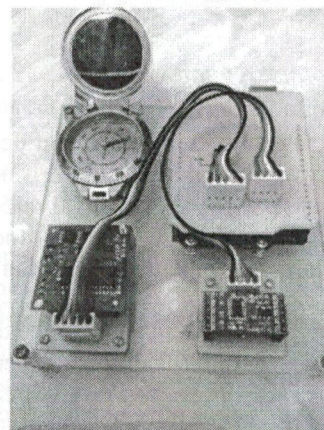
**Tabel 2.** Pengujian Sensor Kompas

No	Arah Mata Angin	Penunjuk-an Derajat	Jumlah Percoba-an	KET
1	Utara	0	5	Sesuai
2	Timur Laut	45	5	Sesuai
3	Timur	90	5	Sesuai
4	Tenggara	135	5	Sesuai
5	Selatan	180	5	Sesuai
6	Barat Daya	225	5	Sesuai
7	Barat	270	5	Sesuai
8	Barat Laut	360	5	Sesuai

**Tabel 3.** Pengujian Sensor Accelerometer

No	Sumbu	Posisi Sensor	Data	Keterangan
1	X		1,0312 g	Sesuai datasheet
			-0,9687 g	Sesuai datasheet
2	Y		1,0625 g	Sesuai datasheet
			-0,9375 g	Sesuai datasheet
3	Z		1 g	Sesuai datasheet
			-1 g	Sesuai datasheet

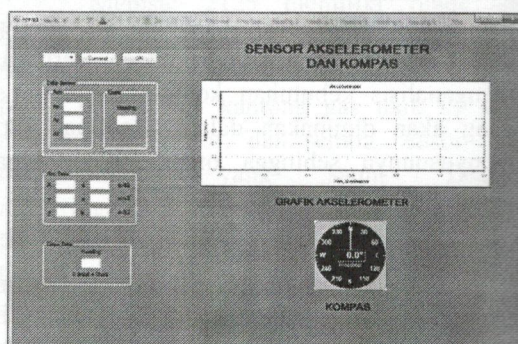
No	Pengamatan Software	Keterangan (YA/TIDAK)
8	Tombol instruksi pada program dapat berfungsi sesuai dengan fungsinya.	YA



**Gambar 7.** Tampilan Hardware

**Tabel 4.** Pengujian Software Monitoring Sensor Kompas.

No	Pengamatan Software	KET (YA/TIDAK)
1	Program dapat menampilkan nilai perubahan posisi derajat arah mata angin.	YA
2	Program dapat menampilkan keterangan arah mata angin	YA
3	Tombol instruksi pada program dapat berfungsi sesuai dengan fungsinya.	YA



**Gambar 8.** Tampilan Software

**Tabel 5.** Pengujian Software Monitoring Sensor Accelerometer.

No	Pengamatan Software	Keterangan (YA/TIDAK)
1	Program dapat menampilkan nilai perubahan posisi Koordinat X	YA
2	Program dapat menampilkan nilai perubahan posisi Koordinat Y	YA
3	Program dapat menampilkan nilai perubahan posisi Koordinat Z	YA
5	Program dapat menampilkan grafik perubahan percepatan sumbu X.	YA
6	Program dapat menampilkan grafik perubahan percepatan sumbu Y.	YA
7	Program dapat menampilkan grafik perubahan percepatan sumbu Z.	YA

Berdasarkan hasil penelitian ini, data yang dikumpulkan menunjukkan bahwa pengujian sensor kompas menunjukkan dari lima kali pengambilan data untuk masing-masing arah mata angin, kesemuanya sesuai. Arah angin yang diujikan sebanyak 8 arah angin yaitu Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan, barat Daya, Barat dan Barat Laut. Dengan tingkat akurasi 100% dari masing-masing arah mata angin tersebut.

Pengujian sensor Accelerometer, digunakan guna menguji ketepatan posisi untuk 3 sumbu yaitu X, Y dan Z. Pengujian sensor tersebut menunjukkan bahwa penunjukan nilai dari sensor untuk arah X, -X, Y, -Y, Z dan -Z memperoleh nilai yang sesuai dengan datasheet pada sensor tersebut. Hal ini dapat disimpulkan

bahwa penunjukan tersebut sesuai dengan tingkat keberhasilan 100%.

Pengujian untuk software tampilan posisi sensor kompas menunjukkan bahwa program tersebut dapat menunjukkan perubahan nilai derajat yang sesuai dari masing-masing delapan posisi arah mata angin. Program juga dapat memberikan keterangan tentang identitas arah mata angin. Program tersebut juga memiliki beberapa tombol fungsi dan kesemuanya dapat bekerja sesuai dengan desain yang dibuat.

Pengujian untuk software monitoring sensor Accelerometer menunjukkan bahwa program dapat menampilkan nilai perubahan posisi Koordinat X, program dapat menampilkan nilai perubahan posisi Koordinat Y, program dapat menampilkan nilai perubahan posisi Koordinat Z, program dapat menampilkan grafik perubahan percepatan sumbu X, program dapat menampilkan grafik perubahan percepatan sumbu Y, program dapat menampilkan grafik perubahan percepatan sumbu Z dan tombol instruksi pada program dapat berfungsi sesuai dengan fungsinya.

### Simpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan:

1. Rangkaian elektronik pendeteksi arah menggunakan sensor kompas dan posisi menggunakan sensor accelerometer dapat dirangkai dengan menghubungkan modul kompas CMPS03 dan Accelerometer dengan mikrokontroler Arduino UNO.
2. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, rangkaian sensor kompas dan accelerometer dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan datasheet. Pada sensor kompas dapat digunakan sesuai dengan penunjukan arah mata angin secara benar. Ditunjukkan dengan data pengambilan berhasil mengenali posisi arah mata angin dengan ketepatan sebesar 100% dari 40 kali percobaan. Pada sensor accelerometer dapat menunjukkan nilai yang sesuai dengan nilai pada datasheet.

3. Unjuk kerja dari program monitoring pada komputer berdasarkan percobaan dapat merespon perubahan-perubahan yang dilakukan pada sensor dan termonitor dengan baik. Fungsi tombol dapat bekerja dengan baik berdasarkan pengamatan dan percobaan sebanyak 40 kali percobaan menunjukkan hasil 100% berfungsi dengan baik dan mampu menampilkan perubahan yang terjadi pada sensor dengan baik.

### Daftar Pustaka

#### Datasheet

CMPS03, <http://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/83166/ETC/CMPS03.html>  
diakses pada tanggal 23 Oktober 2014

- Heryanto, M. Ary & Wisnu Adi P (2008), "Pemrograman Bahasa C Untuk Mikrokontroler ATMEGA8535", Penerbit Andi, Yogyakarta
- Kadir, Abdul (2006). "Dasar Pemrograman Delphi". Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Seung Min Lee, Wei Phing Ang, Stephanie Sumcad, and Charles Tytler, "Unmanned Ground Vehicle System Identification and Control", Purdue University, Department of Aeronautics and Astronautics.
- Sjachriyanto, Wawan. (2010). "Teknik Pemrograman Delphi". Yogyakarta: Penerbit Andi
- Wardana, Lingga. 2006 . "Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega 8535". Yogyakarta: Andi.
- Zhao Zhang, "Automatic North-Facing Robot with Compass Module And Closed-Loop Control", Missouri Western State University