

VOLTAMOGRAM SIKLIK *STAINLESS STEEL* DALAM MEDIA TEPUNG UBI JALAR (*IPOMOEA BATATAS L*)

Isana SYL, Heru Pratomo Al dan Sulistiyani
Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta
Jl. Kolombo No. 1 Yogyakarta, email: isana_supiah@uny.ac.id

ABSTRAK

Pemecahan molekul air dapat dipelajari dengan mempelajari voltamogram siklik elektroda kerja, yakni dengan memperhatikan puncak arus katodik dan anodik. Laju evolusi gas hidrogen dan oksigen sebagai produk pemecahan molekul air secara elektrolisis dapat dipelajari melalui puncak katodik dan anodik dari voltamogram elektroda kerja. Pada penelitian ini dipelajari voltamogram *stainless steel* pada elektrolisis air dalam suasana basa (penambahan 5 gram NaHCO_3 per liter air) dan penambahan media tepung ubi jalar sebanyak 0 – 10 gram per liter air; dengan laju penyapuan 50 mV/sekon. Ada tiga macam elektroda yang digunakan, yakni *stainless steel* sebagai elektroda kerja, platinum sebagai elektroda kontra dan Ag/AgCl sebagai elektroda referensi. Berdasarkan voltamogram siklik 11 sampel menunjukkan bahwa media tepung ubi jalar dapat menyebabkan *covering* permukaan elektroda sehingga proses elektrolisis menjadi kurang efektif. Media tepung ubi jalar menyebabkan ion-ion dalam larutan kurang leluasa bergerak, aktivitas ion H^+ menjadi terhalang, sehingga proses adsorpsi dan desorpsi ion H^+ pada permukaan elektroda menjadi lebih lambat dan laju evolusi hidrogen juga menjadi lebih lambat. *Covering* permukaan elektroda optimum pada penambahan 5 gram tepung ubi jalar per liter air.

Kata kunci: voltamogram siklik, *stainless steel*, *covering*, tepung ubi jalar, laju evolusi hidrogen.

ABSTRACT

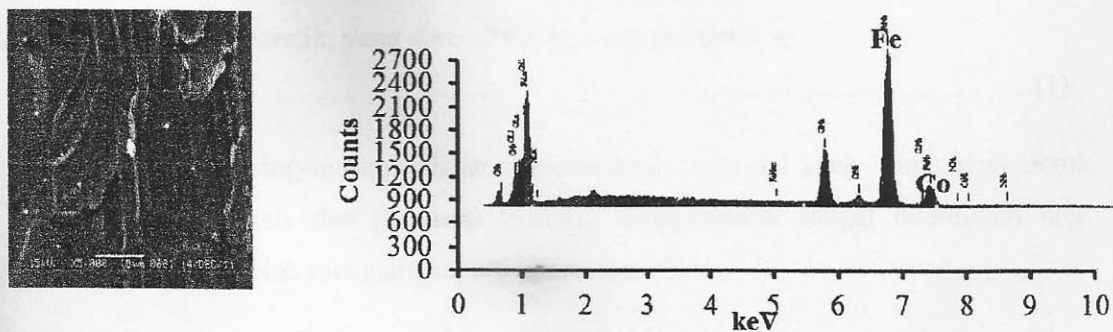
Decomposition of water molecule could be analyzed by studying cyclic voltammograms of working electrode, which is regarding on current peaks of cathode and anode. The evolution rate of hydrogen and oxygen gases as a consequence of water molecule decomposition using electrolysis could be acquired by the current peaks of cathode and anode from working electrode, voltammograms. The study consisted of stainless steel voltammograms on water electrolysis in base solution (added 5 gram of NaHCO_3 per liter of water) and the addition of sweet potato flour as a media as much as 0 - 10 gram per liter of water; with the sweeping rate 50 mV/second. There were three electrodes, which are stainless steel as working electrode, platinum as auxiliary electrode and Ag/AgCl as reference electrode, in this study. Based on cyclic voltammograms of 11 samples, it showed that sweet potato flour media could cause surface covering onto electrodes, consequently the electrolysis process become less effective. Sweet potato flour media prompts the ions within solution to move freely; H^+ ion activity becomes obstructed, hence the adsorption and desorption process of H^+ ion onto electrode surface become slower and even for the evolution rate of hydrogen. The optimum of electrode surface covering is on the addition of 5 grams sweet potato flour per liter of water.

PENDAHULUAN

Molekul air dapat dipecah menjadi gas-gas hidrogen dan oksigen melalui beberapa cara, salah satunya dengan cara elektrolisis. Hidrogen merupakan gas yang mudah terbakar, yang dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Isana (2007) mempelajari elektrolisis minuman isotonik yang beredar di pasaran, menunjukkan bahwa

secara umum elektroisis air memiliki efisiensi relatif rendah. Berdasarkan termogram temperatur terhadap waktu elektrolisis larutan garam dapur berbagai merk dengan menggunakan elektroda karbon, menunjukkan keberagaman termogram, yang berbeda satu dengan yang lain (khas untuk masing-masing merk) telah dipelajari Isana (2009). Berdasarkan elektrolisis air sumur dari berbagai tempat dengan elektroda *stainless steel* menunjukkan bahwa masing-masing air sumur memiliki perilaku elektrolisis yang berbeda (Isana, 2010). Preparasi, karakterisasi dan aplikasi elektroda berbasis *stainless steel* untuk memproduksi gas hidrogen telah dipelajari Isana (2011). Voltamogram elektroda *stainless steel/Fe-Co-Ni* pada elektrolisis air dalam suasana basa telah dipelajari Isana (2012) dan reaksi evolusi hidrogen pada elektroda *stainless steel/Fe-Co-Ni* (Isana dkk., 2012), menunjukkan bahwa elektroda terner relatif memiliki aktivitas katalitik lebih baik dibandingkan elektroda biner dan tunggal. Reaksi evolusi hidrogen pada elektroda *stainless steel/Fe-Co*, *stainless steel/Fe-Ni* dan *stainless steel/Co-Ni* (Isana dkk., 2013) menunjukkan bahwa elektroda *stainless steel* yang telah di-*coating* dengan logam biner memiliki aktivitas katalitik relatif lebih baik dibandingkan elektroda *stainless steel*. Voltamogram *stainless steel* pada elektrolisis air dalam suasana basa telah dipelajari Isana (2014). Pemecahan molekul air dalam media tepung maizena (Isana dan Dhaulika, 2015), dalam media tepung mokaf (Isana dan Yulia, 2015) dan dalam tepung umbi dahlia (Isana dkk., 2015), menunjukkan bahwa terjadi *covering* permukaan elektroda oleh komponen dalam tepung sehingga produksi hidrogen menjadi kurang efektif dan aktivitas katalitik elektroda terner *stainless steel/Fe-Co-Ni* relatif lebih baik dibandingkan *stainless steel*.

Karakterisasi *stainless steel* dengan menggunakan SEM-EDX (*Scanning Electron Micrographs-Energy Dispersive X-ray*) dan GSA (*Gas Sorption Analyzer*) telah dilakukan Isana dkk. (2014) yang dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan data GSA dapat ditentukan luas muka spesifik, volume pori total dan jejari pori *stainless steel* dengan metoda BJH (Bumett, Joyner dan Halenda) masing-masing sebesar 6,628 m²/g, 0,0106 cc/g dan 32,8356 Å (Isana dkk., 2012).



Gambar 1 Foto SEM-EDX *stainless steel*

Pada penelitian ini dipelajari voltamogram *stainless steel* pada pemecahan molekul air dalam suasana basa dalam media tepung ubi jalar dengan berbagai konsentrasi (0 - 10 gram per 1 L air). Tepung ubi jalar tersusun atas berbagai komponen yang berpengaruh terhadap elektrolit dan aktivitas elektroda *stainless steel* yang digunakan sehingga akan berpengaruh terhadap voltamogram *stainless steel*.

Permasalahan pada penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimanakah pola voltamogram *stainless steel* dalam media tepung ubi jalar?
- 2) Bagaimanakah aktivitas elektroda *stainless steel* dalam media tepung ubi jalar?

Tujuan penelitian adalah:

- 1) Mempelajari voltamogram *stainless steel* dalam media tepung ubi jalar.
- 2) Mempelajari aktivitas elektroda *stainless steel* dalam media tepung ubi jalar.

Air dapat mengalami ionisasi menjadi ion-ion H^+ dan OH^- , dengan tetapan ionisasi sekitar 10^{-14} pada temperatur kamar, sehingga $[H^+]$ dan $[OH^-]$ kira-kira 10^{-7} M. Air memungkinkan dielektrolisis menjadi gas-gas hidrogen dan oksigen, meskipun sangat lambat. Modifikasi pemecahan molekul air secara elektrolisis dapat dilakukan dengan cara penambahan zat terlarut yang bersifat elektrolit atau modifikasi elektroda yang digunakan. Secara termodinamik dekomposisi air menjadi hidrogen dan oksigen pada tekanan dan temperatur standar tidak berlangsung spontan. Efisiensi elektrolisis minuman isotonik (Isana, 2007) yang relatif rendah menunjukkan bahwa dekomposisi air menjadi gas hidrogen dan oksigen relatif masih mahal. Oleh karena itu perlu diupayakan peningkatan efisiensi produk, terutama produk hidrogen yang memungkinkan dimanfaatkan sebagai alternatif bahan bakar secara luas dan murah.

Potensial yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi seringkali lebih besar dibandingkan potensial teoretik, yang dikenal dengan overpotensial, η .

$$\eta = E - E^0 \dots\dots\dots(1)$$

dengan η , E dan E^0 masing-masing adalah overpotensial, potensial yang dibutuhkan untuk memulai reaksi elektrolisis dan potensial teoretik. Overpotensial sangat ditentukan oleh jumlah arus listrik yang telah mengalir, seperti persamaan (2).

$$\frac{i}{i_0} = \frac{C_O(0,t)e^{-\alpha n/(E-E^0)}}{C_O^{*(1-\alpha)}C_R^{*\alpha}} - \frac{C_R(0,t)e^{(1-\alpha)n/(E-E^0)}}{C_O^{*(1-\alpha)}C_R^{*\alpha}} \dots\dots\dots(2)$$

dengan i , C_O , C_R , t , α , n , $E-E^0$ masing-masing menyatakan arus listrik, konsentrasi oksidator, konsentrasi reduktor, waktu (dalam sekon), jumlah elektron, tetapan dan overpotensial (Bard dan Faulkner, 1980).

Aplikasi sel elektrolisis telah banyak dikembangkan, baik untuk memproduksi gas hidrogen maupun material lain. de Nora, dkk. (1977) mematenkan sel elektrolisis untuk memproduksi natrium hipoklorit dari air laut. de Nora dan Spaziante (1986) mematenkan sel elektrolisis dengan anoda dan katoda porous, membran permeabel ion dan elektrolit larutan halida untuk memproduksi halogen. Shaaban dan Dobyne (1999) mematenkan sel elektrolisis menggunakan partikel ultramikroelektroda dengan ukuran 5 – 10 mikron untuk memproduksi gas hidrogen dan oksigen secara efisien, dengan kemurnian 99,99%. Basseguy, dkk. (2009) mematenkan alat elektrolisis untuk memproduksi hidrogen, meliputi larutan elektrolit dengan pH antara 3 – 9, yakni dengan menggunakan asam lemah atau larutan basa (KOH 25 – 40%), menggunakan keramik atau sejenisnya sebagai membran penukar kation, material elektroda yang tahan korosi dalam larutan alkali dan memiliki kemampuan untuk mengkatalisis reaksi pada elektroda, yakni memiliki densitas arus tinggi dan overpotensial yang kecil. Nicholson dan Carlisle pada tahun 1800 menggunakan sel elektrolisis untuk mendemonstrasikan proses dekomposisi elektrolitik air menjadi gas hidrogen dan oksigen, sedangkan Davy pada tahun 1807 menggunakannya untuk mengelektrolisis leburan garam alkali dan alkali tanah untuk mengisolasi logam alkali dan alkali tanah.

Arus listrik dinyatakan dalam ampere atau coulomb per sekon, yang menyatakan laju reaksi, yang dinyatakan seperti Persamaan (3), dengan i_f adalah arus listrik faradaik dalam ampere, Q adalah muatan listrik dalam coulomb, t adalah waktu dalam sekon, z adalah jumlah

elektron yang terlibat per molekul, F adalah bilangan Faraday, dan N adalah jumlah mol material yang terlibat dalam reaksi elektrolisis.

$$i_f = \frac{dQ}{dt} = zF \frac{dN}{dt} \dots\dots\dots (3)$$

Persamaan (3) menunjukkan laju perpindahan elektron pada elektroda dan larutan. Umumnya teknik ini dikembangkan untuk menentukan laju reaksi elektrolisis. Reaksi elektrolisis melibatkan beberapa tahap reaksi, seperti reaksi transfer elektron, transport partikel dari larutan ke permukaan elektroda, dan reaksi kimia. Tahap penentu laju reaksi adalah tahap yang paling lambat. Luas muka elektroda dan konsentrasi reaktan berpengaruh terhadap arus listrik, demikian juga temperatur dan viskositas larutan. Muatan listrik kapasitif dirumuskan seperti persamaan (4), dengan Q , C dan E berturut-turut adalah muatan listrik, kapasitas dalam farad, dan beda potensial. Arus listrik dapat ditentukan melalui penurunan persamaan (4) terhadap waktu, yang dinyatakan seperti persamaan (5).

$$Q = CE \dots\dots\dots (4)$$

$$i_c = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dE}{dt} \dots\dots\dots (5)$$

Arus listrik total merupakan jumlah arus faradaik untuk analit, elektrolit maupun material elektroda, dan arus listrik kapasitif. Arus listrik kapasitif dapat diabaikan bila elektroda dioperasikan pada potensial yang konstan.

$$\frac{dE}{dt} = 0 \dots\dots\dots (6)$$

Muatan listrik menyatakan jumlah material yang terlibat dalam proses elektrolisis, merupakan bentuk integral hukum Faraday, persamaan (7).

$$\int_0^t i dt = Q = zFN \dots\dots\dots (7)$$

Persamaan (7) menunjukkan hubungan proporsional antara jumlah muatan listrik, Q , yang dinyatakan dalam coulomb dengan jumlah mol, N material yang terlibat dalam proses elektrolisis.

Dua parameter penting yang mempengaruhi laju reaksi transfer elektron heterogen, yakni kemampuan intrinsik partikel melepaskan elektron, yang dicirikan oleh tetapan laju, k_s dan potensial yang digunakan. Laju reaksi transfer elektron bertambah secara eksponensial

sesuai dengan potensial yang digunakan. Laju reaksi dapat diatur dengan memvariasi potensial yang digunakan; sebagai contoh jika laju intrinsik transfer elektron spesies adalah lambat, dapat dipercepat dengan menerapkan potensial yang cukup besar. Harga potensial yang lebih positif cenderung mengalami reduksi atau makin bersifat oksidator.

Transfer massa menuju suatu elektroda sesuai dengan persamaan Nernst-Planck, untuk transfer massa 1-dimensi sepanjang sumbu X dirumuskan seperti persamaan (8).

$$J_i(x) = -D_i \frac{\partial C_i(x)}{\partial x} - \frac{z_i F}{RT} D_i C_i \frac{\partial \phi(x)}{\partial x} + C_i v(x) \dots\dots\dots(8)$$

dengan $J_i(x)$ merupakan fluks spesies i ($\text{mol sec}^{-1} \text{cm}^{-2}$) pada jarak x dari permukaan, D_i merupakan koefisien difusi (cm^2/sec), $\frac{\partial C_i(x)}{\partial x}$ merupakan gradien konsentrasi pada jarak x , $\frac{\partial \phi(x)}{\partial x}$ merupakan gradien potensial, z_i , C_i dan $v(x)$ berturut-turut merupakan muatan, konsentrasi spesies i dan kecepatan (cm/sec). Kecepatan $v(x)$ merupakan suatu volume elemen yang bergerak dalam larutan sepanjang sumbu X. Transfer massa dalam larutan terjadi karena gradien elektrokimia μ (misalnya difusi dan migrasi) dan karena konveksi, misalnya spesies J pada dua titik dalam larutan, r dan s dengan $\mu_J(r) \neq \mu_J(s)$. Perbedaan gradien potensial kimia terjadi karena perbedaan konsentrasi (aktivitas) spesies J pada r dan s (gradien konsentrasi) atau karena perbedaan ϕ pada r dan s (medan elektrik atau gradien potensial). Untuk spesies dalam 3-dimensi berlaku persamaan (9)-(10) sedangkan untuk spesies dalam 1-dimensi mengikuti persamaan (11).

$$\nabla = i \frac{\partial}{\partial x} + j \frac{\partial}{\partial y} + k \frac{\partial}{\partial z} \dots\dots\dots(9)$$

Oleh karena J_i bergantung gradien μ_J atau $\nabla \mu_J$ maka J_i dapat dirumuskan seperti persamaan (10).

$$J_i = -\left(\frac{C_i D_i}{RT}\right) \nabla \mu_J \dots\dots\dots(10)$$

Untuk spesies dalam 1-dimensi mengikuti persamaan (11).

$$J_i(x) = -\left(\frac{C_i D_i}{RT}\right) \frac{\partial \mu_J}{\partial x} \dots\dots\dots(11)$$

Jika gradien μ bertambah, larutan bergerak sehingga suatu elemen larutan (misalnya J pada konsentrasi $C_i(s)$) bergerak dari s dengan kecepatan v , maka persamaan (10) dan (11) perlu

ada koreksi sehingga menjadi persamaan (12) untuk spesies dalam 3-dimensi dan persamaan (13) untuk spesies dalam 1-dimensi.

$$J_i = -\left(\frac{C_i D_i}{RT}\right) \nabla \mu_j + C_i v \dots\dots\dots(12)$$

$$J_i(x) = -\left(\frac{C_i D_i}{RT}\right) \frac{\partial \mu_j}{\partial x} + C_i v(x) \dots\dots\dots(13)$$

Jika $a_j = C_j$, persamaan Nernst-Planck dapat ditulis seperti persamaan (14), yang dapat ditata- ulang menjadi persamaan (15), secara umum dapat ditulis seperti persamaan (16).

$$J_i(x) = -\left(\frac{C_i D_i}{RT}\right) \frac{\partial}{\partial x} (RT \ln C_i) + \frac{\partial}{\partial x} (z_i F \phi) + C_i v(x) \dots\dots\dots(14)$$

$$J_i(x) = -D_i \frac{\partial C_i(x)}{\partial x} - \frac{z_i F}{RT} D_i C_i \frac{\partial \phi(x)}{\partial x} + C_i v(x) \dots\dots\dots(15)$$

$$J_i = -D_i \nabla C_i - \frac{z_i F}{RT} D_i C_i \nabla \phi + C_i v(x) \dots\dots\dots(16)$$

Bila sistem tidak mengalami konveksi, tidak terjadi *stirring* atau larutan *stagnant* tanpa gradien densitas, kecepatan larutan v adalah nol sehingga secara umum persamaan fluks spesies J dapat dinyatakan seperti persamaan (17) untuk spesies dalam 3-dimensi dan persamaan (18) untuk spesies dalam 1-dimensi.

$$J_i = -D_i \nabla C_i - \frac{z_i F}{RT} D_i C_i \nabla \phi \dots\dots\dots(17)$$

$$J_i(x) = -D_i \left(\frac{\partial C_i(x)}{\partial x}\right) - \frac{z_i F}{RT} D_i C_i \left(\frac{\partial \phi(x)}{\partial x}\right) \dots\dots\dots(18)$$

Ubi jalar mengandung banyak nutrisi penting, merupakan makanan manis yang bebas lemak (relatif rendah), protein relatif rendah, tetapi banyak mengandung kalori, vitamin A, B, C dan E, karbohidrat, serat, beta karoten, air, serta mineral seperti fosfor, magnesium, zink dan kalium. Beberapa jenis varietas ubi jalar didasarkan pada perbedaan warna, seperti oranye,

putih, kuning, merah dan ungu. Semua jenis ubi jalar rata-rata memiliki kandungan nutrisi yang relatif sama.

Kandungan beta karoten dalam ubi jalar relatif tinggi, ubi jalar putih kira-kira 260 µg/100g, ubi jalar kuning-orange kira-kira 2.900 µg/100 g, sedangkan ubi jalar merah-ungu kira-kira 9.000 µg/100g. Makin kuat intensitas warna ubi jalar makin tinggi kadar beta-karotennya (Reifa, 2005). Ubi jalar banyak mengandung beberapa jenis gula oligosakarida, dapat menyebabkan flatuensi, yakni stakiosa, rafinosa dan verbaskosa. Oligosakarida tidak dapat dicerna oleh bakteri karena adanya enzim galaktosidase, tetapi dicerna oleh bakteri pada usus bagian bawah, yang menyebabkan terbentuknya gas dalam usus besar (Muchtadi dan Sugiyono, 1992). Diduga flatulensi disebabkan oleh senyawa karbohidrat jenis rafinosa, stakhiosa, dan verbascosa (Palmer, 1982), walaupun jenis karbohidrat tersebut jumlahnya relatif kecil pada ubi jalar.

Onwueme (1978) menyatakan bahwa ubi jalar merupakan sumber karbohidrat, mineral dan vitamin. Setiap 100 gram ubi jalar mengandung air sekitar 50-81 gram, pati sekitar 8-29 gram, protein sekitar 0,95-2,4 gram, karbohidrat sekitar 31,8 gram, lemak sekitar 0,1-0,2 gram, gula reduksi sekitar 0,5-2,5%, serat sekitar 0,1 gram, kalsium sekitar 55 mg, zat besi sekitar 0,7 mg, fosfor sekitar 51 mg dan energi sekitar 135 kalori. Menurut Damardjati, dkk. (1993) vitamin A pada ubi jalar dalam bentuk provitamin A mencapai 7000 SI/100 gram, merupakan dua setengah kali rata-rata kebutuhan manusia tiap hari. Selain mengandung zat gizi, ubi jalar juga mengandung zat antigizi yaitu tripsin inhibitor dengan jumlah sekitar 0,26-43,6 SI/100 gram ubi jalar segar (Bradbury dan Holoway, 1988). Tripsin inhibitor dapat memotong gugus aktif enzim tripsin, sehingga kerja enzim menjadi terhambat. Aktivitas tripsin inhibitor dapat dihilangkan dengan pengolahan sederhana yakni pengukusan atau perebusan (Cahyono, 2004).

Kandungan gizi ubi jalar relatif baik (Iriani dan Meinarti, 1996), khususnya sebagai sumber karbohidrat, vitamin, dan mineral. Ubi jalar sebagian besar terdiri dari air (71,1%) dan pati (22,4%), sedangkan kandungan gizi lainnya relatif rendah yaitu protein (1,4%), lemak (0,2%), dan abu (0,7%). Walaupun demikian, ubi jalar kaya akan vitamin A (0,01-0,69 mg/100g). Ubi jalar ungu mengandung antosianin berkisar ± 519 mg/100 gr berat basah. Kandungan anthosianin yang tinggi pada ubi jalar dan stabilitas yang tinggi dibanding anthosianin dari sumber lain, membuat ubi jalar sebagai pilihan yang lebih sehat dan sebagai

alternatif pewarna alami. Beberapa industri pewarna dan minuman berkarbonat menggunakan ubi jalar ungu sebagai bahan mentah penghasil anthosianin B (Kumalaningsih, 2006). Anthosianin berfungsi sebagai antioksidan, antimutagenik, hepatoprotektif, antihipertensi dan antihiperlipidemik (Suda et al, 2003). Kandungan anthosianin pada ubi jalar ungu lebih tinggi daripada ubi yang berwarna putih, kuning, dan jingga.

Pantastico (1986) menyatakan bahwa pada ubi jalar jenis basah dan berdaging lunak hanya sedikit mengandung pati, yakni sekitar 13-19%, sedangkan jenis-jenis yang lebih kering dan dagingnya kompak mengandung pati relatif lebih banyak, sekitar 18-22%. Karbohidrat merupakan komponen utama pada ubi jalar, yakni sekitar 16-35% per sampel basah atau 80-90% per sampel kering, kandungan dan komposisinya beragam bergantung varietas.

Pada perlakuan *curing* dan penyimpanan ubi jalar selama 60 hari kandungan gula akan meningkat (sekitar 28%) dan pati menurun (sekitar 25%) karena diubah menjadi maltosa dan dekstrin, yang menyebabkan rasa manis pada ubi jalar setelah disimpan (Palmer, 1982). Bradbury dan Holloway (1998) menyatakan bahwa energi yang terkandung pada beras, ubi jalar dan kacang-kacangan memiliki tingkat yang setara; kandungan protein pada kacang-kacangan lebih tinggi bila dibandingkan dengan beras dan ubi jalar, ubi jalar memiliki kandungan protein yang paling rendah; kandungan mineral (Fe dan Ca) pada kacang-kacangan lebih tinggi daripada ubi jalar dan beras, beras memiliki kandungan mineral paling rendah; sedangkan ubi jalar memiliki kandungan vitamin yang relatif paling tinggi daripada kacang-kacangan dan beras, vitamin terendah terdapat pada beras. Pada ubi jalar juga terdapat beberapa senyawa seperti ipomaamarone, furanoterpen, koumarin, dan polifenol yang dibentuk dalam jaringan pada saat ubi jalar luka akibat serangan serangga. Senyawa-senyawa tersebut dapat menimbulkan rasa pahit dan warna kecoklatan pada umbi, sehingga dapat menurunkan preferensi. Senyawa pahit tersebut dapat berpengaruh pada produk hasil olahan ubi jalar, yang berakibat menurunkan kualitas produk tersebut (Cahyono, 2004).

METODE PENELITIAN

Bahan

Logam *stainless steel* S-430, ketebalan 1,2 mm; lebar 3 mm; dan panjang 110 mm, NaHCO₃ p.a, tepung ubi jalar, akuades, elektroda platinum dan elektroda Ag/AgCl.

Alat

Alat-alat gelas, tabung elektrolisis, voltameter eDAQ EChem produk Australia, SEM-EDX tipe Jeol jsm-6063 La buatan Jepang dan GSA tipe Quantachrome NovaWin2 GSA.

Karakterisasi stainless steel

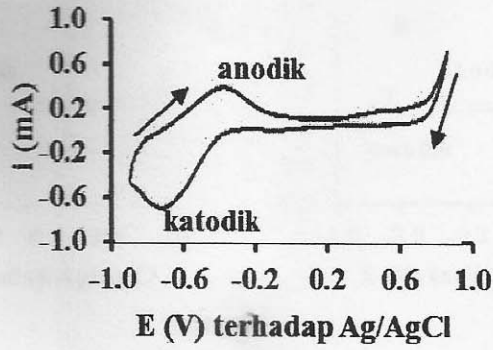
Karakterisasi *stainless steel* dilakukan dengan SEM-EDX dan GSA.

Voltamogram siklik stainless steel dalam media tepung ubi jalar

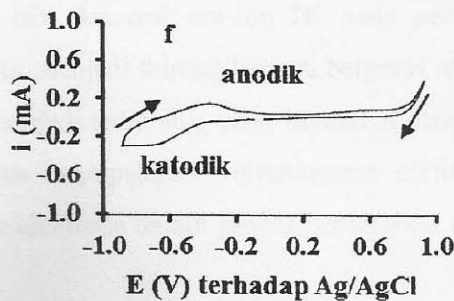
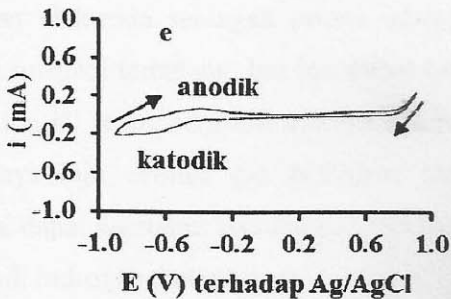
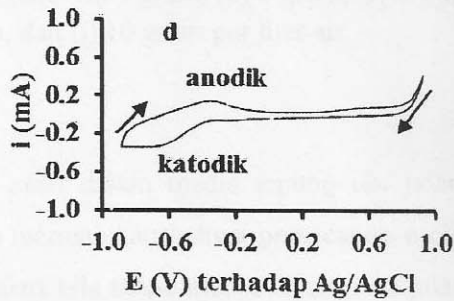
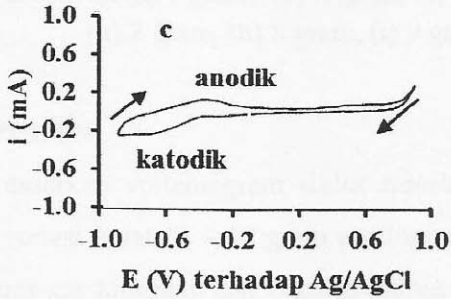
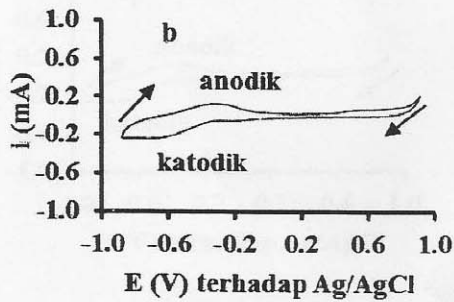
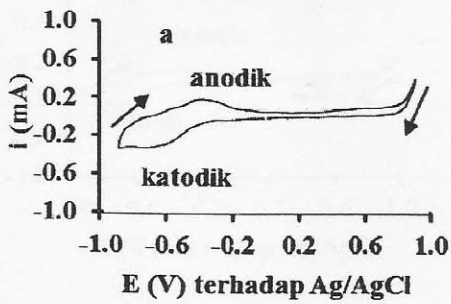
Voltamogram siklik *stainless steel* diamati pada penambahan 5 gram NaHCO_3 dalam 1 liter air dan penambahan media tepung ubi jalar sebanyak 0 – 10 gram per liter air; dengan laju penyapuan 50 mV/sekon. Ada tiga macam elektroda yang digunakan, yakni *stainless steel* sebagai elektroda kerja, platinum sebagai elektroda kontra dan Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding. Kondisi optimum pemecahan molekul air ditentukan dengan membandingkan puncak katodik dan anodik voltamogram dari 11 sampel, yakni elektrolisis air dalam media tepung ubi jalar dalam berbagai variasi berat, yakni 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10 gram per liter air. Puncak katodik dan anodik yang relatif tinggi menunjukkan bahwa proses elektrolisis air menjadi hidrogen dan oksigen relatif lebih efektif.

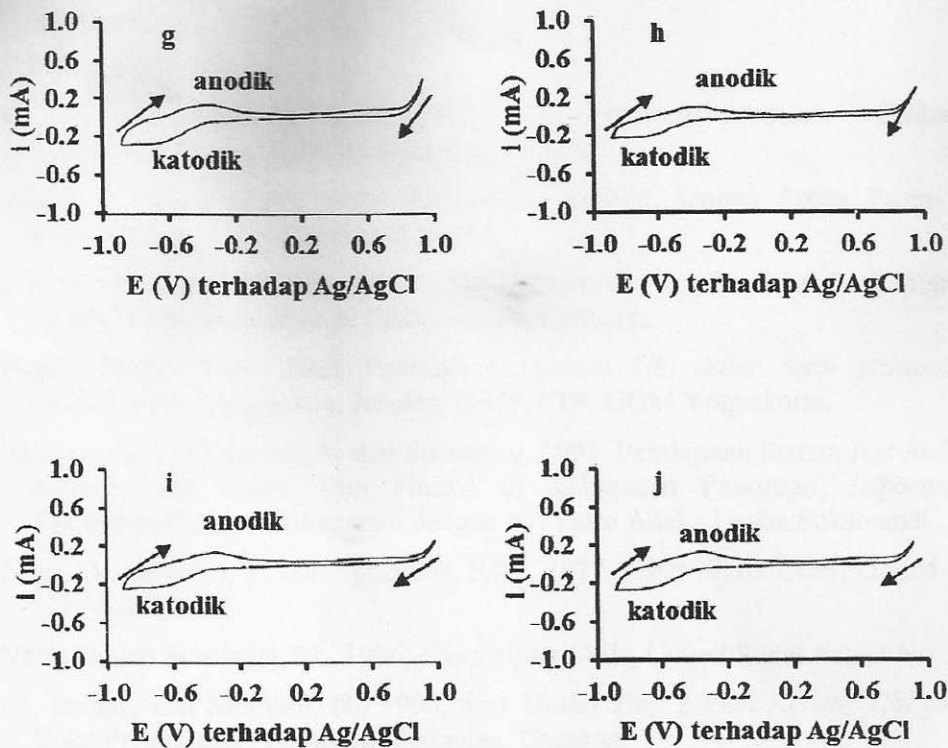
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan voltamogram siklik (Gambar 2 dan 3) dapat dipahami bahwa media tepung ubi jalar dapat menyebabkan terjadinya *covering* permukaan elektroda. *Covering* permukaan elektroda dapat menghambat proses adsorpsi dan desorpsi ion-ion H^+ pada permukaan elektroda sehingga proses elektrolisis air menjadi lebih lambat. Puncak arus katodik menunjukkan banyak H^+ yang teradsorpsi pada permukaan elektroda, sedangkan puncak arus anodik menunjukkan banyak H^+ yang terdesorpsi dari permukaan elektroda. Gambar 2 dan 3 menunjukkan puncak arus katodik dan anodik yang relatif makin rendah bila menggunakan media tepung ubi jalar. Media tepung ubi jalar menyebabkan ion-ion dalam larutan menjadi kurang leluasa bergerak, aktivitas ion H^+ untuk berdifusi menuju katoda menjadi terhalang sehingga proses adsorpsi dan desorpsi ion H^+ pada permukaan elektroda menjadi lebih lambat, demikian juga laju evolusi gas hidrogen. Oleh karena itu, produksi hidrogen melalui elektrolisis air dalam suasana basa sebaiknya tidak menggunakan air yang ditambah atau ada pengotor tepung ubi jalar karena proses elektrolisis menjadi kurang efektif. *Covering* optimum pada penambahan 5 gram tepung ubi jalar per liter air (Gambar 3e).



Gambar 2 Voltamogram siklik elektroda *stainless steel* tanpa media tepung ubi jalar





Gambar 3 Voltamogram siklik elektroda *stainless steel* dalam media tepung ubi jalar sebanyak (a) 1 gram, (b) 2 gram, (c) 3 gram, (d) 4 gram, (e) 5 gram, (f) 6 gram, (g) 7 gram, (h) 8 gram, (i) 9 gram, dan (j) 10 gram per liter air

KESIMPULAN

Berdasarkan voltamogram siklik *stainless steel* dalam media tepung ubi jalar dalam berbagai variasi berat (0 – 10 gram per liter air) menunjukkan bahwa pemecahan molekul air menjadi gas-gas hidrogen dan oksigen paling efektif bila tanpa media tepung ubi jalar. Laju evolusi hidrogen menjadi lambat pada penambahan tepung ubi jalar karena terjadi *covering* permukaan elektroda sehingga proses adsorpsi dan desorpsi ion-ion H^+ pada permukaan elektroda menjadi terhalang. Ion-ion dalam larutan menjadi kurang leluasa bergerak sehingga aktivitas ion H^+ untuk berdifusi menuju katoda menjadi terhalang, yang berakibat pada makin menurunnya laju evolusi gas hidrogen. Dengan mempelajari voltamogram siklik suatu elektroda, dapat diketahui sejauhmana efektivitas elektroda dalam proses pemecahan molekul air menjadi hidrogen dan oksigen.

DAFTAR PUSTAKA

- Bard, A.J. dan Faulkner, L.R., 1980, *Electrochemical Methods, Fundamentals and Applications*, John Wiley & Sons, Inc., Canada.
- Basseguy, R. dkk., 2009, *Water Electrolysis Device*, United States Patent Application Publication, No. US 2009/0294282 A1.
- Bradbury, J.H. dan Holloway, W.D., 1988, *Chemistry of Tropical Root: Significance for Nutrition An Agriculture in Pacific Asian*, Canberra.
- Cahyono, M.M., 2004, *Studi Pembuatan Permen Ubi Jalar Susu sebagai Alternative Diversifikasi Pengolahan*, Jurusan TPHP, FTP, UGM Yogyakarta.
- Damarjati, D.S., Widowati, S. dan Suismono, 1993, *Pembinaan Sistem Agroindustri Tepung Kasava Pola Usaha Tani Plasma di Kabupaten Ponorogo, Laporan Penelitian, Kerjasama Balitan Sukamandi dengan PT. Petro Aneka Usaha Sukamandi*.
- de Nora, O., de Nora, V. dan Spaziante, P.M., 1977, *Electrolysis Cells*, United States Patent No.: 4,032,426.
- de Nora, O. dan Spaziante, M., 1986, *Electrolysis Cells*, United States Patent No.: 4,592,822.
- Iriani, Endang dan Meinarti, N., 1996, *Seri Usaha Tani Lahan Kering "Ubi jalar"*, Deptan Balai Penghijauan Teknologi Pertanian, Ungaran.
- Isana, S.Y.L., 2007, *Variasi Suhu dan Waktu Sel Elektrolisis Berbagai Merk Minuman dengan Elektroda Karbon, Laporan Penelitian, DIPA UNY, UNY, Yogyakarta*.
- Isana, S.Y.L., 2009, *Variasi Temperatur dan Waktu pada Elektrolisis Larutan Garam Dapur Berbagai Merk, Seminar Nasional Kimia, Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY pada tanggal 17 Oktober 2009*.
- Isana, S.Y.L., 2010, *Perilaku Sel Elektrolisis Air dengan Elektroda Stainless Steel, Seminar Nasional Kimia, Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY pada tanggal 30 Oktober 2010*.
- Isana, S.Y.L., 2011, *Preparasi, Karakterisasi dan Aplikasi Elektroda Elektrokatalis Berbasis Stainless Steel untuk Produksi Hidrogen, Seminar Nasional, FMIPA UNY pada tanggal 19 September 2011*.
- Isana, S.Y.L., 2012, *Voltamogram Elektroda Terner Stainless Steel/Fe-Co-Ni pada Elektrolisis Air dalam Suasana Basa, Seminar Nasional, FMIPA UNY pada tanggal 29 September 2012*.
- Isana, S.Y.L., 2014, *Voltamogram Stainless Steel pada Elektrolisis Air dalam Suasana Basa, Seminar Nasional Kimia, Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY pada tanggal 15 November 2014*.
- Isana, S.Y.L., Wega Trisunaryanti, Agus Kuncaka, Triyono, 2012, *Studies on The Hydrogen Evolution Reaction on Fe-Co-Ni/Stainless Steel Electrode, IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC), ISSN: 2278-5736. Volume 3, Issue 1 (Nov. – Dec. 2012), PP 06-1*.

- Isana, S.Y.L., Wega Trisunaryanti, Agus Kuncaka, Triyono, 2013, Studies on The Hydrogen Evolution Reaction on Fe-Co/s, Fe-Ni/s and Co-Ni/s Electrodes, *Seminar Internasional, The International Post Graduate Conference on Science and Mathematics 2013* pada tanggal 5-6 Oktober 2013 di Convention Hall, e-Learning Building, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia.
- Isana, S.Y.L. dan Dhaulika, M., 2015, Voltamogram *Stainless Steel* pada Elektrolisis Air dalam Suasana Basa dengan Media Tepung Maizena, *Seminar Nasional Kimia*, Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY pada tanggal 14 November 2015.
- Isana, S.Y.L. dan Yulia, A.A., 2015, Elektrolisis Air dalam Suasana Basa dengan Elektroda *Stainless Steel* dan Media Tepung Mokaf, *Seminar Nasional Kimia*, Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY pada tanggal 14 November 2015.
- Kumalaningsih, S., 2006, Antioksidan Alami, *Trubus Agrisarana*, Surabaya.
- Muchtadi, Tien R. dan Sugiyono, 1992, *Petunjuk Laboratorium Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*, IPB-Press, Bogor.
- Onwueme, F.C., 1978, *The Tropical Tuber Crops, Yams, Cassava, Sweetpotato and Coco Yams*, John Wiley and Sons, Chichester, New York.
- Palmer, J.K., 1982, *Carbohydrate in Sweet Potato*, In R.L.Villareal and T.D Griggs (Eds.), *The First Int. Symposium Asian Vegetable, Res. Dev. Center. Shanhua*.
- Pantastico, E.B., 1986, *Susunan Buah-buahan dan Sayur-sayuran*, hlm 3-37, E.B. Pantastico (Ed.), *Terjemahan Kamariyani, Fisiologi Lepas Panen*, Gadjah Mada Univ. Press, Yogyakarta.
- Reifa. 2005. Ubi Jalar Sehatkan Mata dan Jantung, serta Mencegah Kanker. *Majalah Kartini* Nomor: 2134 Hal.148.
- Shaaban, A.H. dan Dobyne, E.K., 1999, *Electrolysis Cells*, United States Patent No.:5,879,522.
- Suda, I, Oki, T., Masuda, M., Kobayashi, M., Nishiba, Y. and Furuta, S., 2003, *Physiological Functionality of Purplefleshed Sweet Potatoes Containing Anthocyanins and Their Utilization in Foods*, *JARQ* 37(3): 167-173.