

**ELECTRICAL RECHARGEABLE FUEL CELL DARI LARUTAN
SODIUM KLORIDA UNTUK MENCIPTAKAN BATERAI
BERKAPASITAS SUPER (BBS)**

*(Electrical Rechargeable Fuel Cell Of Sodium Chloride Solution
To Create A Super Energy Storage)*

*Dadang, Husain Nashrianto, Kurniati
Program Studi Kimia, Universitas Pakuan, Bogor*

ABSTRAK

Mengembangkan Fuel Cells dari sistem isi ulang masa ke sistem isi ulang tenaga listrik untuk menciptakan baterai berkapasitas super (BBS). Mencoba mengelektrolisis larutan Sodium Klorida dalam sel tertutup dengan tegangan diatur dari nilai terendah hingga sedikit lebih tinggi dari nilai overpotensial pada Grafit baik anoda maupun katoda dan arus elektrolisis terus-menerus diukur setiap satuan waktu. Voltase sel pada kedua elektroda pasca elektrolisis serta pola arus discharge terus-menerus diukur setiap satuan waktu. Metoda penentuan daya listrik yang tersimpan ke dalam sel dihitung dari perkalian antara coulomb dan tegangan elektrolisis; dan coulomb dihitung dari perkalian integral arus elektrolisis terhadap waktu. Metoda penentuan daya listrik pada discharge diukur dari perkalian antara coulomb dan voltase dari kedua elektroda; dan coulomb dihitung dari perkalian integral arus discharge terhadap waktu. Hasil dari penelitian ini memastikan bahwa sel larutan Sodium Klorida dapat menyimpan energi listrik serta dapat mengeluarkannya kembali untuk dimanfaatkan; sel ini menghasilkan voltase sel yang lebih tinggi mencapai 2,1 volt; dan sel dengan luas permukaan elektroda hanya 40cm^2 dapat menghasilkan arus discharge optimum 20mA serta energi listrik yang dapat dimanfaatkan mencapai 166 Joule; dan sel ini berpotensi untuk dikembangkan menjadi BBS.

Kata kunci : sel larutan sodium klorida, arus discharge, arus elektrolisis, voltase sel, dan BBS

PENDAHULUAN

Menjadikan energi listrik untuk menggantikan energi berbahan bakar minyak (BBM) adalah solusi yang tepat untuk menjawab sekaligus dua permasalahan besar di dunia saat ini terutama di daerah-daerah perkotaan yakni masalah efek samping emisi sisa pembakaran BBM yang menurunkan kualitas atmosfer baik berupa pencemaran udara, efek rumah kaca maupun gangguan kesehatan lainnya serta masalah keterbatasan persediaan sumber energi tidak terbarukan seperti BBM untuk kendaraan bermotor. Di beberapa Negara, energi listrik sudah dijadikan energi penggerak kendaraan yang sangat aman bagi lingkungan untuk menggantikan BBM yang tidak ramah lingkungan; begitu pula di dalam Negeri, energi listrik sudah

digunakan sebagai energi penggerak untuk alat transportasi akan tetapi masih terbatas yaitu baru diterapkan pada Kereta Rel Listrik. Penggunaan energi listrik untuk alat transportasi belum diminati masyarakat karena terdapat kendala fleksibilitas penggunaan energi listrik yang masih dirasa kurang nyaman seperti belum tersedianya tempat-tempat khusus untuk pengisian ulang energi listrik apabila kendaraan sudah kehabisan daya listrik dan belum tersedianya sumber energi listrik yang mobil (baterai) yang memiliki kapasitas besar serta murah.

Mobil-mobil listrik yang telah dikembangkan saat ini baik di dalam Negeri maupun di negara-negara lain masih belum praktis karena baterai sebagai sumber energi listriknya masih *onboard* tidak dapat dilepas-pasangkan; oleh karena

Electrical Rechargeable Fuel Cell Dari Larutan (Dadang, dkk.)

itu, apabila listrik pada baterai habis maka mobil listrik ini mesti parkir untuk diisi listrik (*charging*) dengan disambung pada jaringan kabel listrik dengan waktu yang lama yaitu lebih kurang 6 jam. Meskipun baterai terpasang pada mobil listrik bisa mampu mencapai jarak tempuh 50 hingga 100 km setelah *charging*, akan tetapi sistem *charging* ini masih belum diminati masyarakat terutama harga mobil listrik saat ini harganya masih lebih mahal dari pada mobil konvensional pada ukuran tenaga yang sama. Mahalnya harga mobil listrik ini bertumpu pada harga baterainya yang mahal; dan apabila baterai sudah habis masa pakainya (mati) maka, biaya penggantian hampir sama dengan membeli mobil listrik yang baru.

Meskipun saat ini mobil listrik masih belum diminati masyarakat, akan tetapi karena permasalahan ketersediaan BBM yang akan semakin kritis dan karena semakin buruknya kualitas udara akibat pemakaian BBM, maka upaya konversi pemakaian BBM ke energi listrik sebagai sumber energi transportasi harus terus diupayakan. Oleh karena itu, kendala-kendala yang menghambat tumbuhnya minat masyarakat untuk menggunakan mobil listrik haruslah diatasi.

Beberapa kendala utama mobil listrik seperti: (a) harga mobil listrik yang lebih mahal dari pada mobil berenergi fosil; (b) sulitnya *charging* baterai di perjalanan; (c) kapasitas baterai yang akan terus menurun seiring dengan waktu pemakaian; dan (d) biaya penggantian baterai yang sudah (mati) hampir sama dengan membeli mobil listrik yang baru akan dapat diatasi apabila terdapat baterai berkapasitas super (BBS) yang ringan dan murah yang dapat dengan mudah diperoleh ditengah-tengah masyarakat di mana saja. Dengan mudahnya memperoleh BBS dimana saja maka, sistem listrik pada mobil listrik pun akan dapat disederhanakan dengan diubah menjadi sistem baterai lepas-pasang. Dengan rancangan sistem baterai lepas-

pasang ini akan memberikan beberapa keuntungan yaitu:

- (1) Mobil listrik dapat dibeli tanpa baterai sehingga harganya akan terasa sangat murah daripada mobil konvensional sekelasnya;
- (2) Pemilik mobil listrik dapat mengatur sendiri jumlah baterai serta kapasitasnya di kemudian hari;
- (3) Pemilik mobil listrik tidak dibebani oleh biaya pemakaian baterai karena biaya ini menjadi tanggungan pihak penyedia BBS isi ulang;
- (4) Pemilik mobil listrik tidak khawatir akan kesulitan mendapatkan energi listrik di perjalanan karena, masyarakat dapat berperan serta menyediakan BBS isi ulang; serta waktu untuk penggantian baterai yang kosong dengan baterai penuh hanya memerlukan waktu hitungan menit;
- (5) Pemilik mobil listrik dapat memiliki candangan BBS yang terpisah dari kendaraanya untuk menyediakan cadangan energi listrik melalui *charging* sendiri;
- (6) Pemilik mobil listrik dapat menyediakan sebanyak-banyaknya BBS isi penuh pada kendaraanya sesuai keperluan untuk perjalanan yang jauh.

Saat ini sel elektrokimia penghasil energi listrik dengan kerapatan energi paling besar dihasilkan oleh *fuel cells* dan urutan kedua adalah baterai *Lithium* (Chemical Review 2004); *fuel cells* apabila habis energi listriknya tidak dapat *dicharging* dengan daya listrik melainkan diisi dengan sejumlah masa hydrogen (Chen-Yu Chen, et al. 2013). Dengan predikatnya sebagai sel elektrokimia penghasil energi listrik dengan kerapatan energi paling tinggi maka *fuel cells* seharusnya dapat diupayakan untuk dikembangkan menjadi baterai *rechargeable* berkapasitas super (BBS).

Energi listrik dari *fuel cells* berasal dari energi kimia pembakaran bahan bakar

Electrical Rechargeabel Fuel Cell Dari Larutan (Dadang, dkk.)

berupa gas Hidrogen di dalam larutan elektrolit. Gas hidrogen merupakan unsur dengan bobot molekul paling rendah dan kalor pembakarannya cukup tinggi oleh karenanya nilai energi yang dihasilkan per satuan masa Hidrogen (rapat energi) memiliki angka yang paling tinggi dari pada sumber energi kimia lainnya. Pada prinsipnya gas Hidrogen dapat dibentuk dari larutan elektrolit melalui suatu proses elektrolisis begitu pula gas Oksigen dapat dihasilkan dari larutan elektrolit dengan proses yang sama. Gas Hidrogen dan gas Oksigen yang terbentuk dari proses elektrolisis akan menjadi sumber energi listrik pada baterai *rechargeable fuel cell*.

Reaksi gas Hidrogen dengan gas Oksigen dapat berlangsung secara reaksi berantai yang akan menimbulkan ledakan dengan energi yang sangat besar. Untuk menghindari terjadinya reaksi berantai, gas hidrogen dengan gas oksigen dapat dengan mudah diperoleh dari proses elektrolisis air (Pier A. de Groot 2009). Gas Klor dapat dengan mudah bereaksi dengan hydrogen menghasilkan gas hydrogen Klorid, dimana atom klorin bertindak sebagai oksidator (A.L Marshall, 1925). Oleh karenanya Oksigen sebagai sumber unsur oksidator dalam Fuel cell semestinya dapat digantikan oleh gas Klor. Penggunaan gas Klor sebagai oksidator dalam fuel cell memiliki keuntungan yakni dapat menghindari reaksi berantai hydrogen dan oksigen karena reaksi thermal dan klorin dapat diperlambat oleh hadirnya oksigen (Robert N. Peace 1934) dan energi bebas reaksi gas Klor dengan Hidrogen memiliki angka yang seimbang dengan hasil reaksi Hidrogen dengan Oksigen yang mana energi bebas ini adalah sebagai sumber energi listrik yang dikembalikan menjadi unsur masing-masing oleh elektrolisis (Matthew D. Merrill 1999)⁶. Dengan demikian pasangan oksidasi-reduksi yang aman dari bahaya ledakan yakni gas Hidrogen dan Oksigen semestinya akan

menghasilkan energi listrik sebagaimana *fuel cell*.

Gas Klor dapat dihasilkan dari elektrolisis larutan Sodium Klorida dalam medium air di anoda begitu pula di katoda elektrolisis larutan ini diduga akan menghasilkan gas Hidrogen karena potensial reduksi ion Sodium memerlukan potensial lebih besar (H.K.Abdel-Aal et. All.2010). Dengan membuat sekat pembatas antara ruang katoda dan anoda oleh suatu bahan pembatas yang masih bisa dilalui oleh ion-ion semestinya hasil reaksi elektrolisis larutan Sodium Klorida akan menghasilkan energi listrik. Proses elektrolisis larutan Sodium Klorida merupakan proses *charging* yakni seharusnya menjadi bagian utama dari proses penyimpanan energi listrik di dalam sel elektrokimia (sel larutan Sodium Klorida). Pada proses pemakaian kembali energi listrik yang tersimpan dalam sel larutan Sodium Klorida adalah proses *discharge* yaitu proses reaksi oksidasi gas Hidrogen menjadi ion Hidronium dan proses reaksi reduksi gas Klor menjadi ion Klorida. Atas dasar logika ini semestinya sel larutan Sodium Klorida dapat menjadi *fuel cell* dan sekaligus dapat diharapkan akan menjadi *rechargeable fuel cell* karena sel ini dapat *dicharging* dengan energi listrik. Untuk membuktikan dugaan dan harapan ini akan dilakukan eksperimen mengelektrolisis larutan Sodium Klorida dalam medium air kemudian akan dipelajari jumlah arus elektrolisis yang masuk (*charging*) untuk menghitung total energi listrik yang disimpan dan arus *discharge*-nya untuk menghitung total energi yang dapat dimanfaatkan dari sel larutan Sodium Klorida. Begitu pula akan di pelajari besarnya voltase yang dihasilkan dari sel larutan Sodium Klorida terhadap besarnya tegangan kerja.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan peralatan yang dipergunakan pada eksperimen ini meliputi

Electrical Rechargeabel Fuel Cell Dari Larutan (Dadang, dkk.)

Sodium Klorida, aquades, kertas duplek, logam stainless steel 3016 0,05 mm, batang grafit, resistor, LED dioda, neraca analitis, volumetrik gelas, termometer, ampermeter digital, voltmeter digital, *regulated DC*, pencacah waktu, dan kabel sambungan. Larutan Sodium Klorida dibuat dengan menimbang sejumlah masa Sodium Klorida pada neraca analitis kemudian dilarutkan dengan aquades di dalam labu seukuran dan ditetapkan volume larutannya hingga batas volumetrik. Larutan Sodium Klorida dituangkan pada sel elektrolisis yang tersusun seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan elektrolisis dijalankan dimulai pada tegangan kerja sebesar 1,4 volt dengan mengatur *regulated DC* dan arus elektrolisis yang mengalir dibaca pada ampermeter; lembaran SS 3016 berfungsi sebagai katoda disambung dengan kutub negatif *regulated DC* dan batang karbon berfungsi sebagai anoda disambung dengan kutub positif *regulated DC*. Selanjutnya dilakukan pembacaan setiap 10 menit terhadap arus elektrolisis, tegangan kerja, dan voltase sel; pembacaan data ini dihentikan hingga arus mendekati nol.

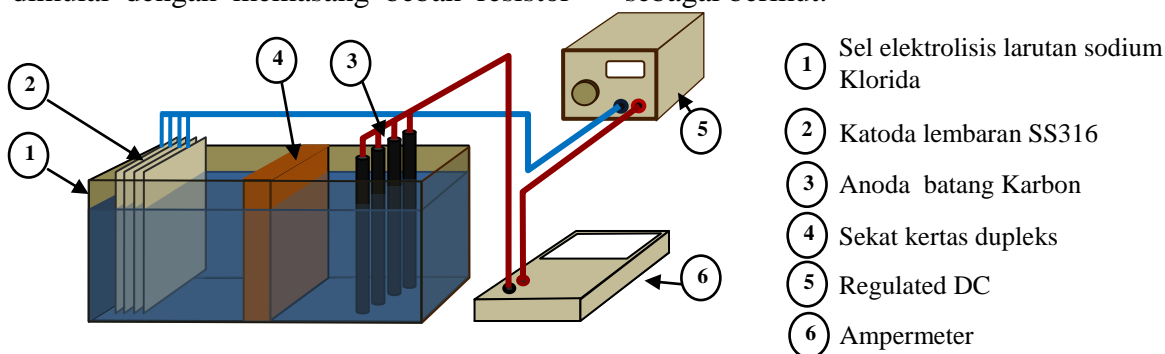
Pada proses elektrolisis berikutnya dipasang tegangan kerja lebih besar yakni 1,9 volt 2,4 volt, 2,9 volt dan 3,4 volt. Sel larutan Sodium Klorida pasca dielektrolisis lalu diukur arus *discharge* maksimumnya, dan diukur pula total energi yang dapat dimanfaatkan melalui susunan peralatan seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Proses pengukuran arus *discharge* maksimum dimulai dengan memasang beban resistor

tinggi 100k Ω kemudian dibaca besaran arus yang mengalir. Selanjutnya beban resistor diganti dengan resistor yang lebih kecil hingga terbaca arus *discharge* realtif konstan. Proses pengukuran total energi yang dapat dimanfaatkan dari sel larutan Sodium Klorida dilakukan dengan mengukur arus *discharge* beserta voltase sel setiap interval waktu 10 menit.

Energi listrik yang masuk ke dalam sel larutan Sodium Klorida dihitung berdasarkan persamaan matematis, $E_C = V_K \cdot I_E \cdot t$; dalam artian V_K adalah tegangan kerja, I_E adalah arus elektrolisis, dan t adalah lamanya arus mengalir; dan energi ini ditulis dalam satuan Joule. Dalam hal nilai arus tidak konstan terhadap waktu, $I_E \cdot t$, ditentukan berdasarkan luas area di bawah kurva nilai arus terhadap waktu. Total energi listrik yang dapat dimanfaatkan dari sel larutan Sodium Klorida dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang sama $E_D = V_S \cdot I_D \cdot t$; dalam artian V_S adalah voltase sel, I_D adalah arus *discharge*, dan t adalah lamanya arus mengalir; dan energi ini ditulis dalam satuan Joule. Dalam hal V_S dan I_D tidak konstan, $V_S \cdot I_D$ dihitung pada tiap segmen Δt dengan jumlah segmen sebanyak n ; energi dihitung berdasarkan persamaan $E_D = (V_{S1} \cdot I_{D1} + V_{S2} \cdot I_{D2} + \dots + V_{Sn} \cdot I_{Dn}) \Delta t$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses elektrolisis sel larutan Sodium Klorida dengan susunan peralatan sebagai berikut:

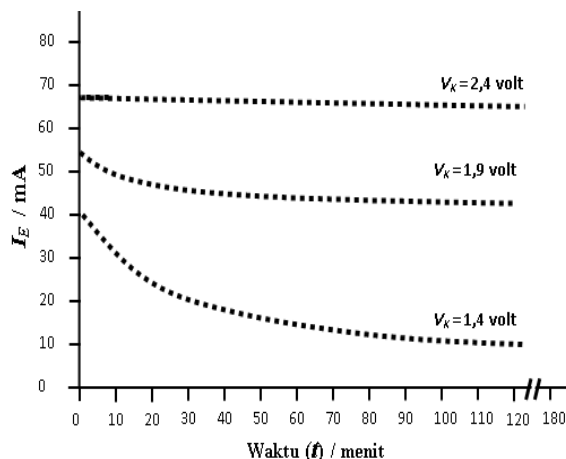


Gambar 1. Sel Elektrolisis

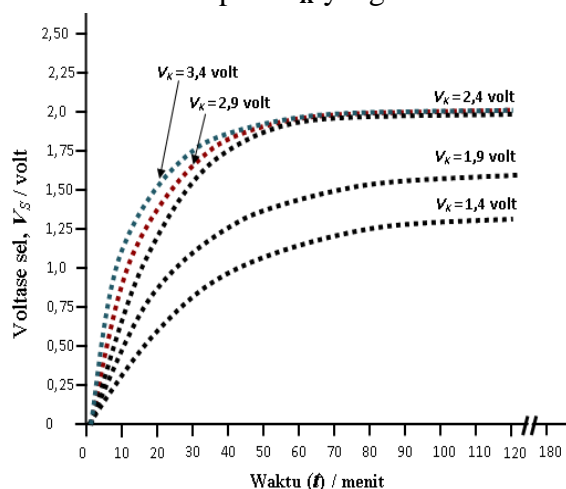
Electrical Rechargeabel Fuel Cell Dari Larutan (Dadang, dkk.)

Diperoleh data perubahan nilai arus elektrolisis, I_E , terhadap waktu seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Gambar ini menunjukkan bahwa apabila tegangan kerja, V_K , dipasang 1,4 volt atau lebih rendah akan menghasilkan I_E yang berangsur mengecil menuju nilai nol atau elektrolisis berhenti (mati); dan pada proses elektrolisis pada tegangan kerja ini tidak terlihat adanya pembentukan gelembung gas Hidrogen di katoda begitu pula gelembung gas Klor tidak tampak di anoda. Apabila V_K dipasang 2,4 volt atau lebih besar akan menghasilkan I_E bernilai konstan; proses elektrolisis pada tegangan kerja ini disertai munculnya gelembung gas Hidrogen di katoda akan tetapi gelembung gas Klor tidak tampak di anoda. Adanya aliran I_E memasuki larutan Sodium Klorida baik pada V_K dibawah 1,9 volt atau lebih besar hal ini menunjukkan adanya reaksi elektrolisis yakni terjadi proses oksidasi pada anoda dan reduksi pada katoda.

Oksidasi pada anoda yang paling mungkin adalah reaksi oksidasi anion yaitu ion Klorida menjadi gas Klor; meskipun air dapat dioksidasi menghasilkan gas Oksigen namun reaksi ini kemungkinannya jauh lebih kecil. Gas Klor apabila terbentuk di anoda akan ditandai dengan bau yang khas yaitu seperti bau cairan pemutih. Reduksi pada katoda yang paling mungkin adalah reduksi air menghasilkan gas Hidrogen; meskipun yang seharusnya tereduksi adalah kation yakni ion Sodium namun logam Sodium yang terbentuk dari hasil reduksi akan sangat reaktif bereaksi dengan air menghasilkan gas Hidrogen. Kebenaran terbentuknya gas Klor di anoda dan gas Hidrogen di katoda akan ditandai munculnya voltase sel, V_S , dari kedua elektroda pasca elektrolisis.



Gambar 2. Perubahan I_E terhadap t pada V_K yang berbeda

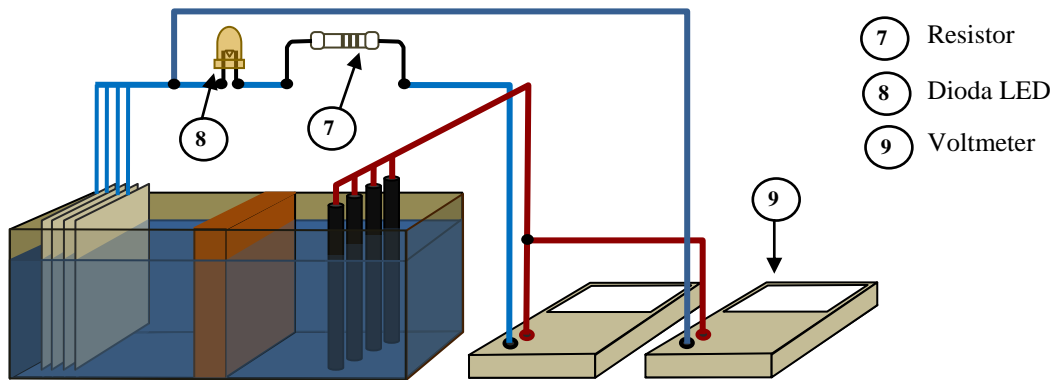


Gambar 3. Pertumbuhan V_S terhadap t pada V_K yang berbeda

Pengukuran voltase sel, V_S , dengan peralatan yang ditunjukkan pada Gambar 4 diperoleh data seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Pertumbuhan V_S akan berujung pada nilai konstan atau akan memiliki nilai tertinggi mendekati harga V_K apabila pada elektrolisis dipasang V_K lebih rendah dari 2,0 volt; akan tetapi apabila dipasang V_K lebih besar dari 2,0 volt maka V_S akan mencapai maksimum 2,1 volt. Munculnya nilai V_S pada kedua elektroda pada sel ini pertama, merupakan bukti atas dugaan adanya elektrolisis yang menghasilkan Hidrogen di katoda dan Klor di anoda (Brown. A.J. 1887)⁸ yang mana

kedua unsur ini akan berpotensi mengion kembali kelarutan dan menghasilkan energi listrik; kedua, merupakan bukti bahwa sel larutan Sodium Klorida dapat menghasilkan listrik dan energi listrik yang dihasilkannya adalah hasil dari oksidasi bahan bakar yaitu Hidrogen(Matthew D. Merrill. 1999)⁹. Untuk menguji potensi sel larutan Sodium Klorida untuk dikembangkan menjadi *rechargeable fuel cell* perlu dilakukan pengukuran besaran total energi listrik yang terkandung dalam sel larutan Sodium Klorida yang dapat dimanfaatkan (Fernandas, J.B. 2005)¹⁰ dan (Cristopher, R.R.2008)¹¹.

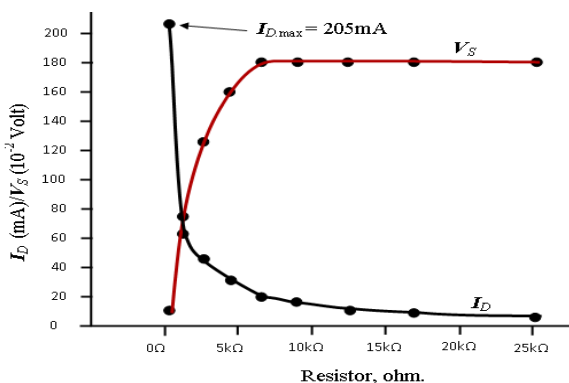
Penentuan besaran total energi listrik yang dapat dimanfaatkan dari sel larutan Sodium Klorida sewaktu *discharge* maka terlebih dahulu dilakukan pengukuran V_S dan I_D (Stephen, W.2008)¹² pada proses *discharge* melalui susunan peralatan seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Data yang diperoleh dari percobaan ini menunjukkan bahwa V_S menurun seiring dengan menurunnya jumlah energi listrik yang tersisa di dalam sel. Menurunnya V_S sewaktu *discharge* sangat berhubungan dengan ketersediaan energi listrik di dalam sel seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



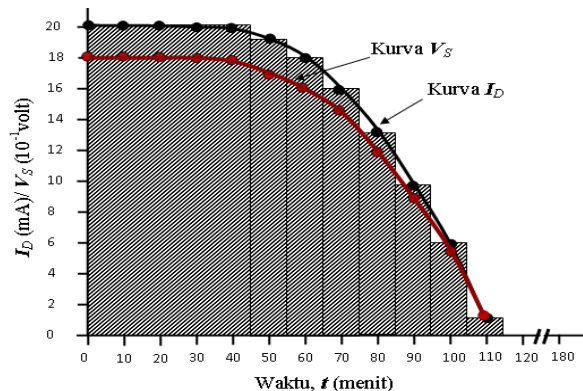
Gambar 4. Susunan Alat Penentuan $I_{D,max}$ dan V_S

Dari eksperimen seperti pada Gambar 4 diperoleh data harga $I_{D,max}$ yang berguna untuk mengetahui berapa besar arus dapat dihasilkan dari satuan luas permukaan elektroda. Dengan mengganti nilai resistor dari yang tinggi ke yang rendah kemudian dibaca nilai arus pada

ampermeter maka apabila diplot grafik besaran arus terhadap nilai resistor akan dapat diprediksi besaran arus ketika beban resistor mendekati nol (Cristopher, R.R. 2008)¹³. Besaran I_D pada keadaan beban resistor mendekati nol adalah $I_{D,max}$.



Gambar 5. Grafik Pola I_D dan V_S



Gambar 6. Grafik Pola Discharge I_D dan V_S

Electrical Rechargeabel Fuel Cell Dari Larutan (Dadang, dkk.)

Dari hasil pengukuran $I_{D,max}$ seperti ditunjukkan pada Gambar 5 bahwa sel dengan luas elektroda 40 cm^2 dapat mengeluarkan arus maksimum mencapai 205mA. Akan tetapi, pada arus maksimum V_S turun mendekati nol dan pada I_D mencapai 20mA V_S masih berharga konstan. Data ini menunjukkan bahwa sel dengan luas elektroda 40 cm^2 dapat mengeluarkan arus optimum 20mA dengan V_S stabil. Harga optimum I_D ini masih bisa ditingkatkan karena nilai I_D sangat bergantung kepada kerapatan Hidrogen dan Klor di sekitar elektroda; dan dari besaran optimum I_D ini menggiring pada suatu harapan besar bahwa sel larutan Sodium Klorida sangat berpotensi dikembangkan menjadi *rechargeable fuel cell*.

Dalam penentuan total energi, pada susunan peralatan yang ditunjukkan pada Gambar 4, digunakan satu nilai resistor sebesar $9\text{k}\Omega$; sewaktu discharge dijalankan I_D dan V_S setiap 10 menit dibaca untuk selanjutnya diplot grafik V_S dan I_D terhadap t seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Grafik ini menunjukkan bahwa baik V_S maupun I_D bernilai konstan pada rentang waktu 45 menit dan setelahnya baik V_S maupun I_D ; penurunan nilai **Error! Not a valid link.** terjadi dikarenakan cadangan energi yang tersedia disekitar permukaan elektroda telah menipis dan menurunnya I_D dikarenakan kecepatan difusi Hidrogen dan Klor menuju elektroda menjadi lambat. Dari Gambar 6 dapat dihitung total energi listrik yang dihasilkan sel mencapai 166 Joule. Dari data total energi yang dihasilkan sel larutan Sodium Klorida dapat dikatakan bahwa *charging-discharging* sel larutan Sodium Klorida merupakan proses dari *rechargeable fuel cell*.

KESIMPULAN

Dari uraian pada pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal:

- Elektrolisis larutan Sodium Klorida menggunakan anoda karbon dan katoda SS3016 menghasilkan gas Hidrogen pada katoda dan gas Klor pada anoda.
- Elektrolisis larutan Sodium Klorida merupakan proses *charging* (penyimpanan energi listrik pada sel elektrokimia) dan energi yang tersimpan ini dapat dimanfaatkan kembali sebagai energi listrik.
- Sel larutan Sodium Klorida yang terbuat dari elektroda seluas 40 cm^2 dapat menghasilkan arus *discharge* optimum 20 mA dengan daya sebesar 166 Wat.
- Sel larutan Sodium Klorida masih dapat ditingkatkan nilai arus optimumnya maupun dayanya dan sel ini dapat berfungsi sebagai *rechargeable fuel cell*.

Pengembangan sel larutan Sodium Klorida untuk meningkatkan daya menjadi daya yang super kapasitas serta memiliki kerapatan energi yang tinggi dapat diteliti lebih lanjut mengenai efektifitas volume larutan Sodium Klorida terhadap luas permukaan elektroda untuk menyimpan gas Hidrogen dan gas Klor sebagai sumber energi listrik yang tersimpan; serta perlu diteliti besaran tekanan kontainer di dalam sel larutan Sodium Klorida yang lebih tinggi dari tekanan atmosfer untuk menghasilkan peningkatan kerapatan gas Hidrogen dan Klor di sekitar elektroda yang memungkinkan akan meningkatkan nilai voltase sel.

DAFTAR PUSTAKA

- Avdeef, A. 2012. Absorption and Development. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Brown, A.J. 1887. Hydrogen Adsorption on Paladium. *Journal of the American Chemical Society*. 51,643
- Cristopher, R.R. 2008. *Fundamental Electrical and Electronic Principles*. 3rd Ed. Oxford: Fairmont Press, Inc.

Electrical Rechargeabel Fuel Cell Dari Larutan (Dadang, dkk.)

- Fernandas, J.B. 2005. *Measurement of Overpotential*. Goa: Department of Chemistry, University of Goa,
- Gadad, R.V. 2010. *Engineering Chemistry*. New Delhi: I.K. International Publishing House Pvt. Ltd.
- Gillum, D.R. 2008. *Industrial Pressure, Level, and Density Measurement*, 2nd Ed. New York: ISA
- Ken, P. 2001. *Success At Aqa Physics*. 1st Published. Oxford: Oxford University Press
- Letcher, T. M. 2007. *Development and Applications and Solubility*, Cambridge: Royal Society of Chemistry
- Nashrianto, H., dan Dadang, Kurniati. 2011. *Overpotensial Gas Klorin pada Elektroda Grafit dan Overpotensial Gas Hidrogen pada Stainless Steel 304*, Bogor: Fakultas MIPA, Universitas Pakuan.
- Pavese, F. 2013. *Modern Gas-Based Temperature and Pressure Measurements*. 2nd Ed. New York: Business Media
- Pop, V. et al. 2008. *Battery Management System, Accurate State-of-Charge Indication for Battery-Powered Application*. Eindhoven: Springer Business Media B.V.
- Rosato, D. V. 2003. *Plastics Engineered¹⁹ Product Design*. Tokyo: Elsevier Ltd.
- SANDMEYER STEEL COMPANY, Philadelphia, www.SendmeyerSteel.com (diakses 22 Maret 2013)
- Stephen, W. 2008. *Electricity and Electronics Fundamentals*, 2nd Ed. Boca Raton: Fairmont Press,
- Thomson, D. L. 2005. *Automotive Technology*. 4th Ed. Clifton Park: Jack Erjavec
- Tang, M. 2010. *Battery Technology and Markets*. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory
- V.P. Tyagi 2009. *Essential Chemistry*, 1st Published, New Delhi: Ratna Sagar P. Ltd.
- Vijayasathy, P.R. 2011. *Engineering Chemistry*, 2nd Ed. New Delhi: Asoka K. Ghosh.
- Viswanath, D. S. et al. 2007. *Viscosity of Liquids*. Dordrecht: Springer,
- Watkins, A.J. 2006. *Electrical Installation Calculations*. 7th Ed. Oxford: Jordan Hill