DESAIN DAN KARAKTERISASI SEL SURYA SISTEM ELEKTRODA TEMBAGA (I) OKSIDA ($\text{Cu}_2\text{O}/\text{Al}$) MODEL PIPA PADA LARUTAN NATRIUM SULFAT (Na_2SO_4)

Rahma Yulis¹⁾, Rahadian Z^{2)*}, Mawardi³⁾

¹⁾Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang
Jln. Prof.Dr.Hamka Air Tawar Padang, Indonesia Telp. 0751 7057420

^{*}Rahadianzmsiphd@yahoo.com

Abstract – Research has been conducted on "Design and Characterization of Solar Cells for Copper Oxide Electrode System (Cu_2O) Model Pipes in Sodium Sulfate Solution (Na_2SO_4)". Solar cells (photovoltaic cells) are devices that have the ability to convert sunlight energy into electrical energy by applying the principle of photovoltaic. The principle of photovoltaic is defined as a phenomenon of the emergence of electrical voltage due to the contact of two electrodes connected to a solid or liquid system when exposed under sunlight. This study aims to determine the effect of sodium sulfate electrolyte solution concentration, the effect of measurement time on the generated current, determination of the concentration of solar cells, and the effect of design on electric current. In this solar cell study, the optimum concentration of sodium sulfate was 0.75 M. The measurement time produced power was at 12.00 WIB, then the stability of solar cells on the fifth day and the optimum design of solar cells was in the design 2. The maximum power obtained is 0.12325 mWatt and the electrode ability to produce electricity per area is 49.938412 mWatt / m² with. The electrode area used is 0.00246804 m².

Keyword – Solar cells, Copper oxide (Cu_2O), Sodium sulfate electrolyte, Voltage, Current strength, XRD, SEM

I. PENDAHULUAN

Energi yang secara terus-menerus dihasilkan dari alam adalah satu-satunya solusi untuk menumbuhkan[1]. Kebutuhan energi untuk Mengembangkan kehidupan manusia. Sampai sekarang, bahan bakar fosil termasuk batubara, minyak dan gas alam yang masih menjadi pemasok utama energi untuk peradaban industri di dunia. Sebagian besar bahan bakar fosil sangat banyak menimbulkan masalah, antara lain, polusi udara akibat pembakaran batubara dan minyak bumi yang menghasilkan karbon dioksida (CO_2) yang menjadi pemicu perubahan iklim dunia, kemudian ketersediaanya yang terbatas dan tidak dapat diperbaharui dan sulitnya distribusi membuat biaya relokasi menjadi membengkak dan sangat mahal [2]. Oleh karena itu, penelitian yang diperlukan untuk sumber energi baru, yang ramah terhadap lingkungan (ekologis), murah (ekonomis), berkelanjutan untuk ketersediaan dan kelimpahan energi. Salah satu sumber energi alternatif yang digunakan sebagai sumber energi listrik adalah energi surya[3].

Sel surya (sel fotovoltaik) merupakan suatu perangkat yang memiliki kemampuan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menerapkan prinsip *photovoltaic* (PV) [4].

Photovoltaic ialah bidang penelitian dan teknologi yang berhubungan dengan pengembangan sel surya yang menggunakan *solar energy*[5]. Sel surya dirancang khusus untuk menangkap energi yang tidak hanya berasal dari sel matahari. Sistem *photovoltaic* bekerja dengan prinsip efek *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* didefinisikan sebagai suatu fenomena munculnya voltase listrik akibat kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat diexpose dibawah energi cahaya [6]. "*Photoelectric Effect*" didapat dari pengamatan Einstein pada selempeng metal yang melepaskan "Photon" partikel energi cahaya ketika terkena sinar matahari. Photon-photon terus menerus mendesak atom-atom metal dan terjadi partikel "Energi Photon" bersifat gelombang energi cahaya[7].

Sel surya yang sering dibicarakan adalah fotovoltaik padat namun pada penelitian ini menggunakan se fotovoltaik cair. sel fotovoltaik cair ini didasarkan pada prinsip sel galvanik. Pada penelitian ini dicoba menggunakan sel surya untuk mengeksitasi elektron dari pasangan elektroda dalam larutan elektrolit. Larutan elektrolit natrium sulfat adalah elektrolit kuat yang sangat baik digunakan, maka pada penelitian ini akan dipelajari tentang sel fotovoltaik cair menggunakan elektroda $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Al}$

dalam larutan elektrolit Na_2SO_4 pada konsentrasi 0.25M, 0.5 M, 0.75M dan 1 M, dengan konsentrasi yang bervariasi ini maka dapat dilihat pengaruh natrium sulfat terhadap sel fotovoltaik yang dihasilkan.

Pada penelitian terdahulu, Rahadian, *et al.* (2015) telah mengembangkan riset untuk mengkonversi energi cahaya dengan intensitas rendah menjadi energi listrik. Pada proses konversi diperlukan desain dan modifikasi untuk mendapatkan reaktor yang mampu mengkonversi energi cahaya tersebut dengan baik. Desain fotoelektron telah dilakukan dengan menggunakan reaktor planar dengan ketebalan kaca 3 mm. Desain didasarkan pada sistem blok dan panel permukaan fotoreaktor [8]. Sel fotovoltaik dalam ruangan dikembangkan dengan memodifikasi elektroda tembaga oksida dengan beberapa reaktor desain Sel fotovoltaik untuk mendapatkan desain terbaik. Desain pada kondisi optimum diperoleh dengan V_{max} 0,988 V dan arus (I) Maksimum 0,635 mA. Penelitian ini dilakukan oleh Rahadian, *et al.* (2015). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sel-sel pasangan elektroda $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Al}$ lebih baik dari pada sel menggunakan elektroda $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Cu}$ [9]

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan yaitu Na_2SO_4 , aquades, pipa tembaga (dari batang AC), kabel, serbuk agar-agar (agar-agar satelit). Alat yang digunakan yaitu peralatan kaca, sel fotovoltaik yang dirakit, voltameter, furnace, magnetik stirrer.

B. Prosedur Kerja

Penyiapan elektroda

Elektroda yang digunakan adalah elektroda $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Al}$ dengan berbentuk pipa. pembuatan elektroda tembaga yaitu dengan menggunakan tembaga pada batang AC bekas, di potong sepanjang 15 cm. tembaga yang masih berwarna kemerahan akan di kalsinasi pada suhu 400 C selama 1 jam.

Preparasi larutan elektrolit Na_2SO_4 dalam agar.

Larutan elektrolit Na_2SO_4 yang digunakan adalah dengan konsentarsi 0,25M; 0,5M; 0,75M; dan 1M disiapkan dengan menimbang masing-masing sebanyak 17,75 gram; 35,5 gram; 53,25 gram dan 71 gram. kemudian diencerkan sebanyak 500 ml pada labu ukur 500 ml pada masing-masing

konsentarsinya. kemudian larutan elektrolit yang telah di campurkan agar sebanyak 1 % pada masing-masing konsentrasi akan di panaskan dengan menggunakan hot stirrer sampai larutannya mendidih. Larutan tersebut akan dimasukkan pada desain sel surya yang telah berisi elektroda dalam keadaan panas dan dibiarkan sampai memadat sempurna.

Pengukuran arus dan tegangan dan penentuan daya yang dihasilkan sel fotovoltaik

Pengukuran kuat arus dan tegangan dilakukan di dalam ruangan. sel surya dihubungkan dengan kabel multimeter pada kedua sisinya, dengan kutub (+) adalah elektroda pembanding dan kutub (-) adalah elektroda kerja menggunakan alat multimeter. Pengukuran dilakukan dari jam 09.00 pagi sampai jam 15.00 sore. Pengukuran dilakukan setiap 3 jamnya. Hasil pengukuran kemudian di alurkan dengan grafik, selanjutnya ditentukan kondisi optimum dari berbagai variasi yang dilakukan dalam menghasilkan arus dan tegangan.

Penentuan daya pada sel fotovoltaik ditentukan berdasarkan kuat arus dan tegangan yang dihasilkan, yaitu dengan rumus:

$$P = I \cdot V$$

Dimana, P = daya (mWatt)

I = kuat arus (mA)

V = tegangan (mV)

Penentuan konsentrasi optimum elektrolit Na_2SO_4 pada desain sel surya

Larutan Na_2SO_4 masing-masing dengan konsentrasi 0.25M, 0.5 M, 0.75M dan 1 M disiapkan sebagai larutan elektrolit. elektroda $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Al}$ kemudian akan di masukkan ke dalam desain yang telah dirakit yang telah berisi larutan elektrolit Na_2SO_4 dengan berbagai konsentrasi. sistim fotovoltaik yang telah di rangkai kemudian akan diamati selama 4-5 hari dengan waktu pengukuran di variasikan yaitu, jam 09.00 WIB, 12.00 WIB, dan 15.00 WIB. Hal yang diamati adalah arus dan tegangan yang dihasilkan oleh desain sel fotovoltaik. desain fotovoltaik yang digunakan Pada penelitian ini bisa dilihat pada gambar 1.

Gambar 1. Desain fotovoltaiik $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Al}$
(a) Desain 2 (b) Desain 1

Pengaruh waktu pengukuran terhadap daya rata-rata sel fotovoltaiik sistem elektroda $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Al}$

Sel fotovoltaiik dengan berbagai konsentrasi akan di lakukan pengukuran dan pengamatan, dengan melakukan pengukuran tegangan dan kuat arus yang dihasilkan pada sel fotovoltaiik, pengukuran dilakukan dari jam 09.00- 15.00 WIB, Pengukuran di lakukan 3 jam sekali, sehingga akan dihasilkan waktu pengukuran yang paling bagus.

Penentuan kestabilan sel fotovoltaiik pada sistem elektroda $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Al}$

Sel fotovoltaiik dengan konsentrasi elektrolit agar yang bervariasi akan diamati, dengan mengukur kuat arus dan tegangan yang dihasilkan pada sel surya. Pengukuran diamati selama 5 hari dengan waktu pengukuran yang bervariasi. sehingga akan didapat kestabilan sel fotovoltaiik terhadap daya rata-rata.

Karakterisasi Arus Terhadap Tegangan Sel Surya Sistem Elektroda $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Al}$

Karakterisasi arus dan tegangan dilakukan dengan menggunakan pernakat I-V. Pada penentuan kurva karakeyrisaia ini dilakukan pada kedua desain sel surya, dan menggunakan konsentrasi Na_2SO_4 yang bervariasi. dari hasil pengukuran arus dan tegangan pada kedua sel surya maka akan didapatkan berupa grafik sehingga di dapatkan kurva arus terhadap tegangan (kurva I-V). Karakterisasi arus dan tegangan digunakan perngkat I-V seperti pada gambar berikut:

Gambar 2 . Karakreistik Kurva I-V

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan konsentrasi optimum larutan elektrolit Na_2SO_4 terhadap daya rata-rata di hasilkan dalam sel fotofoltaiik pasangan elektroda $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Al}$

Cahaya ruang yang terkena sel fotovoltaiik menyebabkan terjadinya peningkatan eksitasi elektron pada semikonduktor Cu_2O . Pada penelitian ini sel fotovoltaiik diamati selama 5 hari, dengan waktu pengukuran yang berbeda, yaitu; jam 09.00 WIB, 12.00 WIB, dan 15.00 WIB. Tujuan pengukuran selama 5 hari ini untuk mengamati ketahanan sel fotovoltaiik dan kestabilan arus listrik yang dihasilkan. Pengukuran sel fotovoltaiik optimum pada hari keempat. Pengaruh konsentarsi Na_2SO_4 terhadap kuat arus, teganagan dan daya bisa dilihat pada gambar grafik di bawah ini:

Gambar 5. Pengaruh konsentrasi Na_2SO_4 terhadap daya rata-rata pada sel surya $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Al}$.

Daya dihasilkan dari perkalian antara kuat arus dan tegangan yang dihasilkan. Kuat arus dan tegangan terus meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi larutan elektrolit Na_2SO_4

sampai batas kestabilan Cu (Tetra, et al, 2014). Dimana hasil yang diperoleh daya rata-rata maksimum pada yaitu desain 1 sel surya dengan konsentarsi Na_2SO_4 0,75 M. Karena semakin banyak ion-ion yang terdapat pada larutan elektrolit, maka semakin banyak ion-ion akan menghantar arus listrik dari anoda ke katoda. Kemudian pada konsentarsi lebih besar yaitu pada monsentrasi Na_2SO_4 1 M terjadi penurunan besar daya rata-rata yang dihasilkan, penurunan ini disebabkan karena Cu sudah mulai teroksidasi menjadi CuO , sehingga Cu tidak dapat berfungsi dengan baik (Yesti,et al,2012)

B. Kestabilan sel fotovotaik

kesatbilan sel surya dilihat dari kesatbilan arus, tegangan dan daya yang dihasilkan selama 5 hari pengamatan, dengan memvariasikan konsentarsi Na_2SO_4 yang digunakan serta desain yang berbeda (desain 1 dan desain 2). Hasil pengukuran dari rangkain sel surya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

(a)

(b)

Gambar 18. Grafik kestabilan fotovoltaiik (a) desain 1 (b) desain 2

Jika dilihat kestabilan sel surya terhadap daya rata-rata pada desain 1 pada gambar 18 (a) dengan konsentarsi Na_2SO_4 0,25 M, terjadi sedikit menurun pada hari kelima. Bisa disimpulkan bahwa waktu yang stabil yang didapat pada hari keempat, begitu juga pada desain 2 sel surya. Kestabilan yang didapat pada hari keempat pada konsentarsi 0,5 M terjadi penurunan yang drastis.

C. Pengaruh variasi waktu pengukuran terhadap kuat arus dan tegangan sel surya sistem elektroda $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Al}$ dalam larutan elektrolit Natrium sulfat (Na_2SO_4)

Besar arus dan tegangan yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh besarnya intensitas cahaya matahari pada waktu itu dan juga dari umur sel surya. Hasil pengukuran pada penelitian menunjukkan bahwa semakin siang, maka akan semakin besar intensitas cahaya yang dihasilkan, dan semakin sore maka akan semakin menurun intensitas yang didapat.

(a)

(b)
Gambar 19. Grafik Pengaruh variasi waktu (saat pengukuran) terhadap daya rata-rata yang dihasilkan sel surya sistem elektroda Cu₂O/Al (a) desain 1 (b) desain 2.

Pada gambar 19 terlihat bahwa variasi waktu pengukuran dapat mempengaruhi besarnya daya yang dihasilkan oleh suatu sel fotovoltaik. Besarnya daya yang dihasilkan dipengaruhi oleh besarnya intensitas cahaya matahari pada waktu itu dan juga dipengaruhi umur sel surya. Pada desain 1 sel fotovoltaik waktu yang paling satail adalah pada jam pengukuran 12.00 WIB, dikarenakan pada grafik terlihat bahwa daya rata-rata yang optimum pada masing-masing konsentrasinya adalah pada jam 09.00 WIB. Selanjutnya pada desain 2 sel fotovoltaik terlihat penurunan pada jam 15.00WIB dengan konsentrasi elektrolit 0,5M. Sementara pada konsentarsi lain terjadi kenaikan. Ini di karenakan pengaruh intenstas cahaya matahari setiap harinya, jadi pada desain 2 sel fotovoltaik jam pengukuran optimum adalah pada jam 12.00 WIB.

D. Pengaruh konsentrasi Na₂SO₄ terhadap karakteristik Kurva I-V

Penentuan kurva I-V pada konsentrasi Na₂SO₄ bisa dilihat pada gambar di bawah ini :

Gambar 20. Karakteristik kurva I-V pada desain 1 sel fotovoltaik

Pada hasil pengukuran karakterisasi kurva I-V pada gambar 20, diperoleh kuat arus maksimum dan tegangan maksimum pada berbagai konsentrasi elektrolit natrium sulfat (Na₂SO₄) yaitu 0,25 M; 0,5 M; 0,75 M; dan 1M. Kuat arus maksimum yang dihasilkan adalah 0,122 mA; 0,120 mA; 0,122 mA dan 0,145 mA. Sedangkan tegangan maksimum yang dihasilkan adalah 0,617 mV; 0,71 mV; 0,813 mV; 0,850 mV. Jadi, tegangan dan kaut arus maksimum yang dihasilkan adalah pada sel surya dengan konsentarsi elektrolitnya 1 M.

Tabel 1. Hasil pengukuran arus dan tegangan pada kurva karakterisasi sel surya desain 1

Konse ntrasi Na ₂ SO ₄ (M)	I maks (mA)	V maks (mV)	Daya rata-rata maks (10 ⁻² mWatt)	Daya (mWatt/ m ²)
0,25	0,122	0,617	7,52	30,499
0,5	0,120	0,71	7,52	34,521
0,75	0,122	0,813	9,918	40,188
1	0,145	0,850	12,325	49,938

Daya rata-rata kurva I-V pada masing-masing konsentrasi elektrolit natrium sulfat adalah 0,075274 mWatt; 0,0852 mWatt; 0,099186 mWatt; 0,12325 mWatt. Daya rata-rata maksimum yang didapat pada sel fotovoltaik adalah pada konsentrasi Na₂SO₄ 1 M. Kemudian kemampuan sel fotovoltaik menghasilkan arus pada berbagai konsentrasi adalah 30,4995057

mWatt/m²; 34,5213206 mWatt/m²; 40,18881655 mWatt/m² dan 49,938412 mWatt/m². Luas penampang elektroda yang digunakan adalah 0,00246804 m². Jadi konsentrasi elektrolit Na₂SO₄ yang optimum untuk menghasilkan arus listrik adalah pada konsentrasi 1

Gambar 21. Karakteristik kurva I-V pada desain 2 sel fotovoltaik

Pada hasil pengukuran karakterisasi kurva I-V pada gambar 21, diperoleh kuat arus maksimum dan tegangan maksimum pada berbagai konsentrasi elektrolit natrium sulfat (Na₂SO₄). Kuat arus maksimum yang dihasilkan adalah 0,06 mA; 0,121 mA; 0,124 mA dan 0,128 mA. Sedangkan tegangan maksimum yang dihasilkan adalah 0,330 mV; 0,656 mV; 0,747 mV dan 0,753 mV. Jadi, tegangan dan kuat arus maksimum yang dihasilkan adalah pada sel surya dengan konsentrasi elektrolitnya 1 M.

Tabel 5. Hasil pengukuran arus dan tegangan pada kurva karakterisasi sel surya desain 2

Konsentrasi Na ₂ SO ₄ (M)	I maks (mA)	V maks (mV)	Daya maks (10 ⁻² mWatt)	Daya (mWatt/m ²)
0,25	0,06	0,330	1,98	8,022
0,5	0,121	0,656	7,93	32,161
0,75	0,124	0,747	9,56	38,741
1	0,128	0,753	9,33	37,832

Daya rata-rata kurva I-V pada masing-masing konsentrasi elektrolit natrium sulfat adalah 1,98 x 10⁻² mwatt; 7,93 x 10⁻² mwatt; 9,56 x 10⁻² mwatt; 9,33 x 10⁻² mwatt. Daya rata-rata maksimum yang didapat pada sel fotovoltaik adalah pada konsentrasi Na₂SO₄ 0,75 M. Kemudian kemampuan sel fotovoltaik menghasilkan arus pada berbagai konsentrasi elektrolit Na₂SO₄ adalah 8,02256041 mwatt/m²; 32,1615533 mwatt/m²; 38,7416736 mwatt/m² dan 37,83245 mwatt/m². Luas penampang elektroda yang digunakan adalah 0,00246804 m². Jadi konsentrasi elektrolit Na₂SO₄ yang optimum untuk menghasilkan arus listrik adalah pada konsentrasi 0,75 M.

KESIMPULAN

Telah dilakukan penelitian pada sel surya dengan elektroda tembaga oksida, dengan elektrolit Na₂SO₄ dengan menggunakan 2 desain. Konsentrasi optimum pada kedua desain adalah pada konsentrasi larutan elektrolit Na₂SO₄ 0,75 M. Semakin tinggi konsentrasi maka akan semakin tinggi pula arus listrik yang dihasilkan sampai batas kestabilan. Variasi waktu penyinaran sangat mempengaruhi kuat arus dan tegangan (semakin baik keadaan cuaca) maka kuat arus semakin besar. Waktu pengukuran optimum adalah pada jam 12.00 WIB dan hasil pengukuran stabil pada hari keempat.

IV. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dr. Rahadian Z, M.Si dan Bapak Dr. Mawardi M. sebagai dosen pembimbing yang telah tulus hati dan kesabaran memberikan saran serta pengarahan dalam penyelesaian jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tang, Q. 2017. *All-Weather Solar Cells: A Rising Photovoltaic Revolution*. Chemistry.
- [2] Hook, M. and X. Tang. 2013. *Depletion Of Fossil Fuels And Anthropogenic Climate Changes*. energy policy. 52: 795-809.
- [3] Zainul. R, A. Alif, H. Aziz, S. Arief, Syukri. 2015. *Disain Geometri Reaktor Fotosel Cahaya Ruang*. J. Ris. Kim.

- [4] Jha, A. R. 2000. *Solar Cell Technology And Applications*. USA: Auerbach Publication.
- [5] Fortin W M S a E 1984 Preparation and Properties of Cu₂O/Cu Photovoltaic Cells *Solar Energy Materials* 10
- [6] Tiwari, G. N. and S. Dubey. 2000. *Fundamental of Photovoltaic Modules And Their Application*. The Royal Society of Chemistry
- [7] Anwar M, Munaf E, Kosela S, Wibowo W, Zainul R. 2015. *Study of Pb(II) Biosorption from Aqueous Solution Using Immobilized Spirogyra Subsalsa Biomass*, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 7 715-722
- [8] Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S, Darajat S. 2015. *Modifikasi dan Karakteristik I-V Sel Fotovoltaik Cu₂O/Cu-Gel Na₂SO₄ Melalui Illuminasi Lampu Neon*, *Eksakta Berkala Ilmiah Bidang MIPA* 2 50
- [9] Zainul.R, A. Alif, H. Aziz, S. Arief, S. Dradjad, E. Munaf. 2015. *Design of Photovoltaic Cell with Copper Oxide Electrode by Using Indoor Lights*. RJPBCS.