

DESIGN AND CHARACTERIZATION OF SOLAR CELLS COPPER ELECTRODE SYSTEM (I) OXIDE (Cu_2O / Al) PIPE MODEL IN SULFATE SODIUM SOLUTIONS (Na_2SO_4)

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⁾, Siltiwi Mandar²⁾, Rahadian Zainul³⁾

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang, Indonesia Telp. 0751 7057420

¹rahmayulis984@gmail.com

²siltiwim@gmail.com

³rahadianzmsiphd@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.

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

I. Pendahuluan

Energi yang secara terus-menerus di hasilkan dari alam adalah satu-satunya solusi untuk menumbuhkan kebutuhan energi untuk mengembangkan kehidupan manusia [1, 2]. 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 ketersediaannya yang terbatas dan tidak dapat di perbaharui dan sulitnya distribusi membuat biaya relokasi menjadi membengkak dan sangat mahal [3]. 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[4].

Sel surya (sel fotovoltaiik) merupakan suatu perangkat yang memiliki kemampuan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menerapkan prinsip *photovoltaic* (PV) [5-10]. *Photovoltaic* ialah bidang penelitian dan teknologi yang berhubungan dengan pengembangan sel surya yang menggunakan *solar energy* [11] [12]. 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 [13]. "*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 [14, 15].

Sel surya yang sering dibicarakan adalah fotovoltaiik padat namun pada penelitian ini

menggunakan sel fotovoltak cair. sel fotovoltak cair ini didasarkan pada prinsip sel galvani. Pada penelitian ini dicoba menggunakan sel surya untuk mengeksitasi elektron dari pasangan elektroda dalam arutan elektrolit. Larutan elektrolit natrium sulfat adalah elektrolit kuat yang sangat baik digunakan, maka pada penelitian ini akan di pelajari tetang sel fotovoltak 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 kan dilihat pengaruh natrium sulfat terhadap sel fotovoltak yang dihasilkan.

Pada penelitian terdahulu, Rahadian, *et al.* (2015) telah mengembangkan riset untuk mengkonversi energi cahaya dengan intensitas rendah menjadi energi listrik [16-18]. Pada proses konversi diperlukan desain dan modifikasi untuk mendapatkan reaktor yang mampu menkonversi energi cahaya tersebut dengan baik [19, 20]. Desain fotoelektron telah dilakukan dengan menggunakan reaktor planar dengan ketebalan kaca 3 mm. Desain didasarkan pada sistem bluk dan panel permukaan fotoreaktor [21]. Sel fotovoltak dalam ruangan dikembangkan dengan memodifikasi elektroda tembaga oksida dengan beberapa reaktor desain Sel fotovoltak 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 $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Cu}$ [22].

II. Metodologi

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 fotovoltak yang dirakit, voltameter, furnace, magnetik strirer.

B. 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.

C. 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 sebnayak 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 strirer sampai larutannya mendidih. Larutan tersebut akan dimasukkan pada desain sel surya yang telah berisi elektroda dalam keadaan panas dan dibiarkan sampai memadat sempurna.

D. Pengukuran arus dan tegangan dan penentuan daya yang dihasilkan sel fotovoltak

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 di lakukan dari jam 09.00 pagi sampai jam 15.00 sore. Pengukuran dilakukan setiap 3 jamnya. Hasil pengukuran kemudaian di alurkan dengan grafik, selanjutnya ditentukan kondisi optimum dari berbagai variasi yang dilakukan dalam menghasilkan arus dan tegangan.

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

$$P = I \cdot V$$

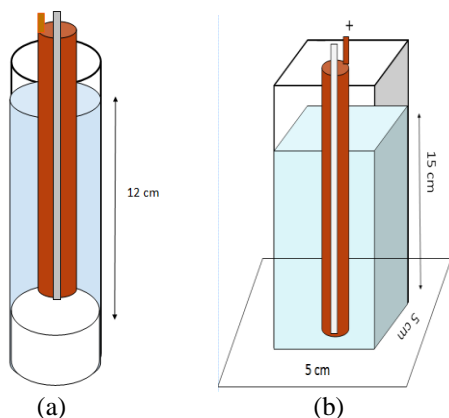
Dimana, P = daya (mWatt)

I = kuat arus (mA)

V = tegangan (mV)

E. 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 berisis larutan elektrolit Na_2SO_4 dengan berbagai konsentrasi. sistim fotovoltak 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 fotovoltak. desain fotovoltak uang diguakan Pada penelitian ini bisa dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Desain fotovoltaiik Cu₂O/Al
 (a) Desain 2 (b) Desain 1

F. Pengaruh waktu pengukuran terhadap daya rata-rata sel fotovoltaiik sistem elektroda Cu₂O/Al

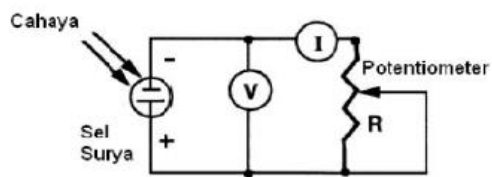
Sel fotovoltaiik dengan berbagai konsentrasi akan di lakukan pengukuran dan pengamatan, dengan melakukan pengukuran tegangan dan kuat arus yang dihasilkan pada sel fotovoltaiik, pengukuran dilakukan dari jam 09.00- 15.00 WIB, Pengukuran di lakukan 3 jam sekali, sehingga akan dihasilkan waktu pengukuran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

G. Penentuan kestabilan sel fotovoltaiik pada sistem elektroda Cu₂O/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.

H. Karakterisasi Arus Terhadap Tegangan Sel Surya Sistem Elektroda Cu₂O/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 Na₂SO₄ 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:

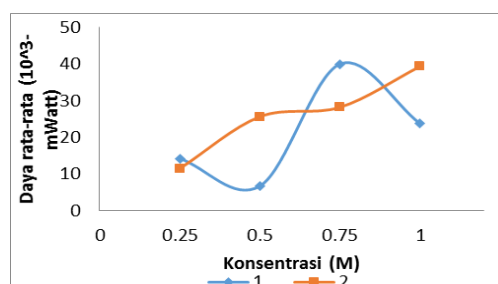


Gambar 2 . Karakreistik Kurva I-V

III. Hasil dan Pembahasan

A. Penentuan konsentrasi optimum larutan elektrolit Na₂SO₄ terhadap daya rata-rata di hasilkan dalam sel fotofoltaik pasangan elektroda Cu₂O/Al

Cahaya ruang yang terkena sel fotovoltaiik menyebabkan terjadinya peningkatan eksitasi elektron pada semikonduktor Cu₂O. 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 Na₂SO₄ terhadap kuat arus, tegangan dan daya bisa dilihat pada gambar grafik di bawah ini:

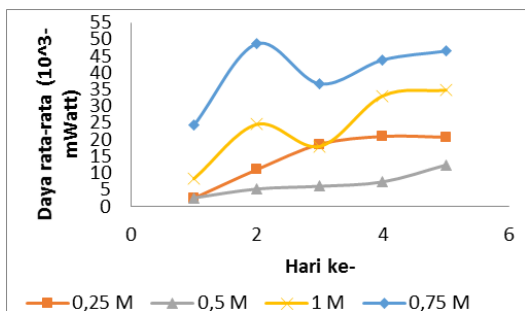


Gambar 5. Pengaruh konsentrasi Na₂SO₄ terhadap daya rata-rata pada sel surya Cu₂O/Al.

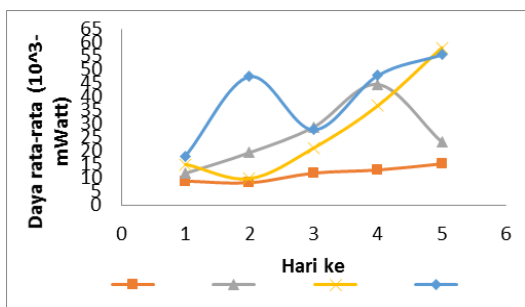
Daya dihasilkan dari perkalian antara kuat arus dan tegangan yang dihasilkan. Kuat arus dan tegangan terus meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi larutan elektrolit Na₂SO₄ sampai batas kestabilan Cu (Tetra, et al, 2014). Dimana hasil yang diperoleh daya rata-rata maksimum pada yaitu desain 1 sel surya dengan konsentarsi Na₂SO₄ 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 Na₂SO₄ 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 Na₂SO₄ yang digunakan serta desain yang berbeda (desain 1 dan desain 2). Hasil pengukuran dari rangkain sel surya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



(a)



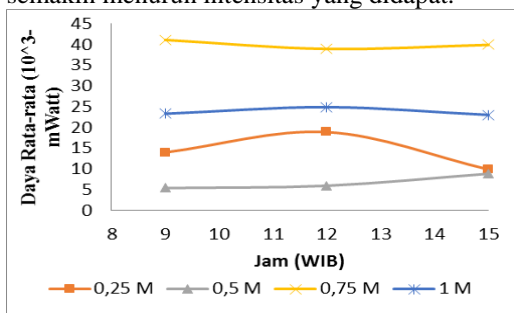
(b)

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

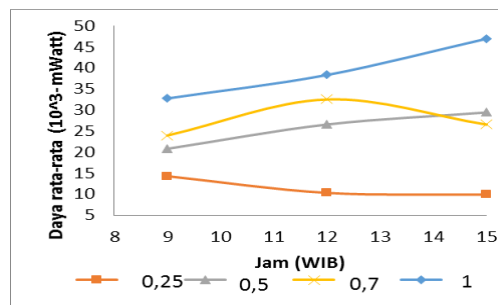
Jika dilihat kestabilan sel surya terhadap daya rata-rata pada desain 1 pada gambar 18 (a) dengan konsentrasi Na_2SO_4 0,25 M, terjadi sedikit menurun pada hari kelima. Bisa disimpulkan bahwa waktu yang stabil yang didapat pada hari keempat, begitu juga pada desain 2 sel surya. Kestabilan yang didapat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



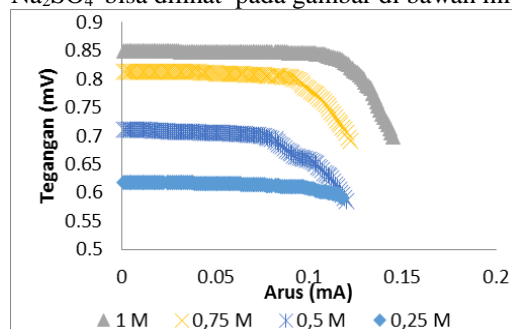
(b)

Gambar 19. Grafik Pengaruh variasi waktu (saat pengukuran) terhadap daya rata-rata yang dihasilkan sel surya sistem elektroda $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Al}$ (a) desain 1 (b) desain 2.

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

D. Pengaruh konsentrasi Na_2SO_4 terhadap karakteristik Kurva I-V

Penentuan kurva I-V pada konsentrasi Na_2SO_4 bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



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

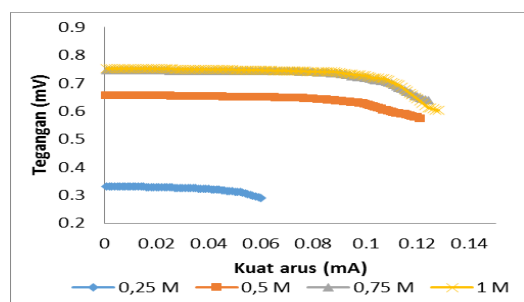
Pada hasil pengukuran karakteristik kurva I-V pada gambar 20, diperoleh kuat arus maksimum dan tegangan maksimum pada berbagai konsentrasi elektrolit natrium sulfat (Na_2SO_4) yaitu 0,25 M; 0,5 M; 0,75 M; dan

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 kuat arus maksimum yang dihasilkan adalah pada sel surya dengan konsentrasi elektrolitnya 1 M.

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

| 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

| 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.

IV. 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.

REFERENSI

1. Zainul, R., *Disain dan Modifikasi Kolektor dan Reflektor Cahaya pada Panel Sel Surya Al/Cu2O-Gel Na2SO4*. 2015.
2. Tang, Q., et al., *Rapid conversion from carbohydrates to large-scale carbon quantum dots for all-weather solar cells*. ACS nano, 2017. 11(2): p. 1540-1547.

3. Höök, M. and X. Tang, *Depletion of fossil fuels and anthropogenic climate change—A review*. Energy Policy, 2013. 52: p. 797-809.
4. Zainul, R., et al., *Disain Geometri Reaktor Fotosel Cahaya Ruang*. Jurnal Riset Kimia, 2015. 8(2): p. 131.
5. Jha, A.R., *Solar cell technology and applications*. 2009: Auerbach publications.
6. Hardeli, S., F.T. Riky, and S.R. Maulidis, *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) Berbasis Nanopori TiO₂ Menggunakan Antosianin dari Berbagai Sumber Alami*. Jurnal. Padang: FMIPA UNP, 2013.
7. Susanthi, D., *Pengaruh Waktu Spin Coating Terhadap Struktur Dan Sifat Listrik Sel Surya Pewarnatersensitasi*. Pillar Of Physics, 2014. 3(1).
8. Ranti, A.D., *Pengaruh Ketebalan Koating TiO₂ dan Konsentrasi Pelarut Etanol terhadap Voltase Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstrak Buah Senggani (Melastoma Candidum D. Don)*. Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau. 3(1): p. 1-7.
9. Abrini, D., *Pengaruh Waktu Perendaman TiO₂ dalam Larutan Ekstrak Antosianin Bunga Rosella pada Kinerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*.
10. Fiqrian, K. and D. Dahlan, *Pengaruh Waktu Annealing Fotoanoda TiO₂ terhadap Efisiensi Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)*. Jurnal Fisika Unand, 2018. 7(2): p. 138-143.
11. Mahardika, I.G.N.A., I.W.A. Wijaya, and I.W. Rinas, *Rancang Bangun Baterai Charge Control Untuk Sistem Pengangkat Air Berbasis Arduino UNO Memanfaatkan Sumber PLTS*. Jurnal Ilmiah SPEKTRUM, 2016. 3(1): p. 26-32.
12. Sears, W. and E. Fortin, *Preparation and properties of Cu₂O/Cu photovoltaic cells*. Solar Energy Materials, 1984. 10(1): p. 93-103.
13. Tiwari, G.N. and S. Dubey, *Fundamentals of photovoltaic modules and their applications*. 2009: Royal Society of Chemistry.
14. Anwar, M., et al., *Study of Pb (II) biosorption from aqueous solution using immobilized Spirogyra subsalsa biomass*. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 2015. 7(11): p. 715-722.
15. Syafei, N.S., *Events of corrosion phenomena on carbon steel pipes in environment of sea water and ammonia solutions due to the presence of sweet gas*. EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 2019. 20(1): p. 86-99.
16. Febriani, S.S., et al., *A Review Solid Stated: Principles and Methode*. 2018.
17. Fatimah, P., et al., *A REVIEW Teknik Blended: Prinsip dan Dasar-Dasar*. 2018.
18. Dinata, A.A., et al., *A Review Chemical Vapor Deposition: Process And Application*. 2018.
19. Putri, D.F., et al., *A Review What Is Hydrothermal* 2018.
20. Tamarani, A., R. Zainul, and I. Dewata. *Preparation and characterization of XRD nano Cu-TiO₂ using sol-gel method*. in *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. IOP Publishing.
21. Zainul, R., et al., *Modifikasi dan Karakteristik IV Sel Fotovoltaik Cu₂O/Cu-Gel Na₂SO₄ Melalui Iluminasi Lampu Neon*. Eksakta, 2015. 2: p. 50.
22. Zainul, R., et al., *Design of photovoltaic cell with copper oxide electrode by using indoor lights*. Research Journal Of Pharmaceutical Biological And Chemical Sciences, 2015. 6(4): p. 353-361.