

MODIFIKASI DAN KARAKTERISTIK I-V SEL FOTOVOLTAIK $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Cu-GEL}$ Na_2SO_4 MELALUI ILUMINASI LAMPU NEON

Rahadian Zainul, Admin Alif, Hermansyah Aziz, Syukri Arief, Syukri Darajat

Laboratorium Kimia Fisika dan Komputasi, Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat,

Laboratorium Foto-Elektrokimia, Universitas Andalas, Padang

Laboratorium Kimia Material dan Nanoteknologi, Universitas Andalas, Padang

Email : rahadianzmsiphd@yahoo.com

ABSTRACT

This research aim to developing PV cell using indoors lights from Neon lamp. This is conducted to reuse the unuseful lights with lower intensity. The PV cell was developed by modification of copper oxide panel and one of reactor model was choosen as well as this experiment. We concluded IV diagram PV cell, $I_{oc} = 18 \mu\text{A}$, $V_{oc} = 22 \text{ mV}$, $I_{max} = 39 \mu\text{A}$, $V_{max} = 37 \mu\text{mV}$ and $\eta = 0.00424\%$. Intensity of Neon Lamp in the door lights is 184.75 ft-candle and 1989.5 flux.

Keywords : Photovoltaic Cell, Neon, Characteristic I-V

PENDAHULUAN

Energi surya merupakan energi yang bersih dan berkelimpahan (Gu, Xu, & Yan, 2014). Total energi surya yang menyinari seluruh permukaan bumi setiap tahun sekitar 3×10^{24} J, atau sekitar 10.000 kali dari jumlah konsumsi energi dunia pertahun (Kondarides, Daskalaki, Patsoura, & Verykios, 2007). Densitas kekuatannya 1 kW m^{-2} pada saat hari cerah, dan kekuatan energi surya secara global sekitar 160.000 TW (Swierk & Mallouk, 2013). Keterediaan tersebut menjadi potensi besar untuk sumber energi terbarukan dan berkelanjutan.

Pengembangan Sel Fotovoltaik (PV) dilakukan untuk mendapatkan efisiensi dan kemampuan konversi sel yang tinggi, melalui modifikasi sel PV. Modifikasi dapat dilakukan pada panel sel PV, baik bahan baku yang digunakan maupun permukaan sel PV. Sel PV berbahan baku polimer telah dikembangkan (M. Liu et al., 2010). Begitupula, Sel PV berbahan baku organik dan pewarna (Dye) (Peter, 2011).

Proses modifikasi permukaan dilakukan pada bagian kolektor (pengumpul) cahaya, pemantul (reflector), dan penahan cahaya yang datang pada permukaan sehingga tertahan lebih lama dan interaksi dengan fotokatalis semikonduktor dapat bertahan lebih lama. Modifikasi permukaan telah dilakukan dengan berbagai bentuk permukaan semikonduktor, antara lain nanowire, percabangan seperti akar serabut dan nanorod (K. Liu, Qu, Zhang, Tan, & Wang, 2013; Lundgren, Lopez, Redwing, & Melde, 2013).

Selama ini, Sel PV menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi yang akan dikonversi menjadi energi listrik. Sementara, pemanfaatan cahaya Lampu Neon yang ada di dalam ruangan dirasakan sangat kurang. Hal inilah yang menjadi latar belakang untuk mendisain dan memodifikasi suatu sel yang dapat memanfaatkan cahaya tersebut. Dalam penelitian ini Sel PV diuji kemampuannya dengan menggunakan diagram I-V sehingga diketahui kinerja Sel PV pada cahaya dalam ruangan yang berasal dari sumber cahaya lampu neon.

Eksperimen

a. Alat dan Bahan

Alat Yang digunakan dalam penelitian ini adalah Multimeter(Heles), Lightmeter (Oppo F7a), SEM-EDX (Hitachi S-3400N), XRD (PANalytical), lampu neon (Philip 10 watt), Kertas (Padi), Kertas Karbon, Furnace, Timbangan Analitik, dan Alat alat gelas.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaca (PT Asahimas), lem kaca, Lempengan Cu (PT Metalindo), Natrium sulfat(Na_2SO_4) (Merck), agar, kloroform(Merck) dan aquades.

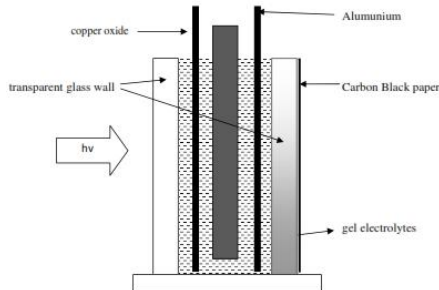
b. Metoda yang digunakan

1) Pembuatan elektroda CuO

Elektroda CuO dibuat dengan melakukan pembakaran lempengan Cu pada variasi suhu 300, 350, 400, 450 dan 500°C, selama 1 jam. Hasil dari lempengan CuO dikarakterisasi dengan menggunakan SEM EDX dan XRD. Luas elektroda yang dipakai adalah 0.003711 m².

2) Pembuatan Sel Fotovoltaik

Sel PV dibuat dengan tiga desain seperti pada gambar.



Gambar 1. Skema desain sel PV

3) Pembuatan Larutan Elektrolit Agar Natrium Sulfat (Na_2SO_4)

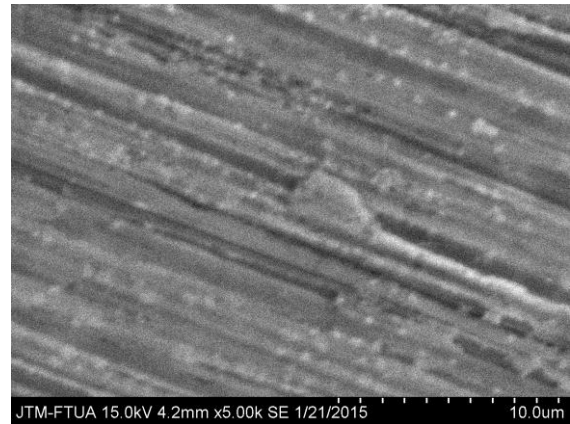
Sebanyak 3.6 gram Na_2SO_4 dilarutkan ke dalam 100 mL air dan ditambahkan agar sebanyak 0.5 gram. Campuran diaduk dan dipanaskan sampai mendidih sampai larutan menjadi bening. Setelah itu tambahkan beberapa tetes kloroform. Dalam keadaan

panas larutan elektrolit dituangkan ke dalam sel PV.

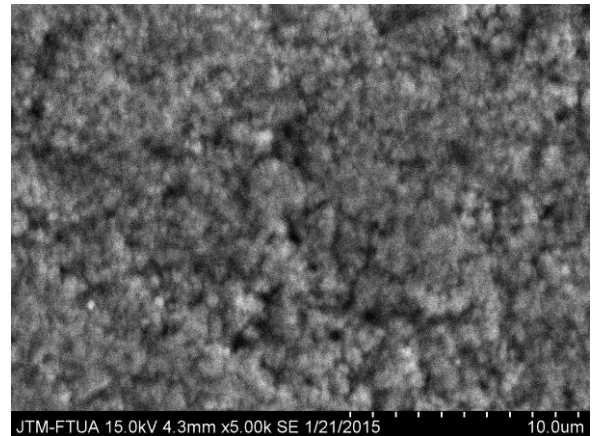
4) Pengukuran arus dan tegangan sel PV
Tiap sel PV diisi dengan agar natrium sulfat, lalu disinari dengan cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan dan cahaya lampu neon. Arus dan tegangan dari tiap sel diukur dengan menggunakan multimeter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

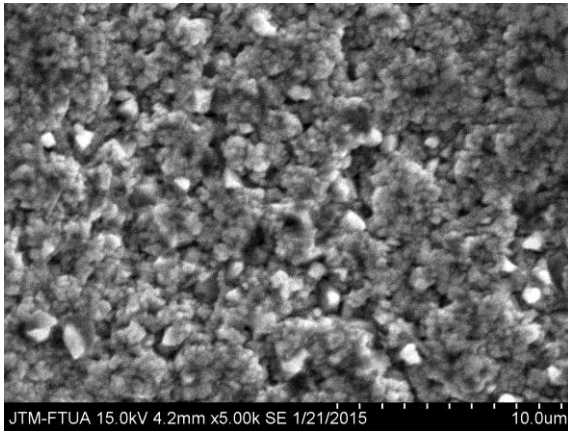
Hasil Analisa SEM EDX



(a)



(b)



(c)
Gambar 2. Foto SEM dari permukaan lempengan tembaga sebelum dibakar (a) 5000x, setelah pembakaran pada suhu 400°C (b) 5000x, dan pembakaran pada suhu 500°C (c) 5000x

Dari Gambar 2, terlihat terjadi perubahan pada permukaan lempengan Cu sebelum dan setelah pembakaran. Perubahan pada permukaan material tembaga disebabkan terbentuknya oksida, karena proses pembakaran berlangsung dengan adanya oksigen. Terbentuknya oksida ini akan merubah sifat material logam menjadi semikonduktor sehingga bersifat fotokatalis dan dapat digunakan sebagai material untuk pembuatan panel sel fotovoltaik. Pada Gambar 2 (a) permukaan lempengan tembaga terlihat seragam dan beraturan (tidak memiliki beda potensial signifikan pada daerah antar muka). Setelah pembakaran pada suhu 300°C, dinamika atomik terjadi sehingga atom atom pada permukaan lempengan tembaga mengalami difusi dan terjadinya ekspansi jarak antar atom sehingga molekul oksigen masuk ke daerah lapisan Helmholt (*double layer*). Pada Gambar 2 (b), sebagian besar oksigen akan bertumbukkan dan bereaksi membentuk oksida tembaga dan membentuk Kristal yang bersifat semikonduktor. Apabila suhu dinaikkan sampai ke 400°C, oksida terbentuk

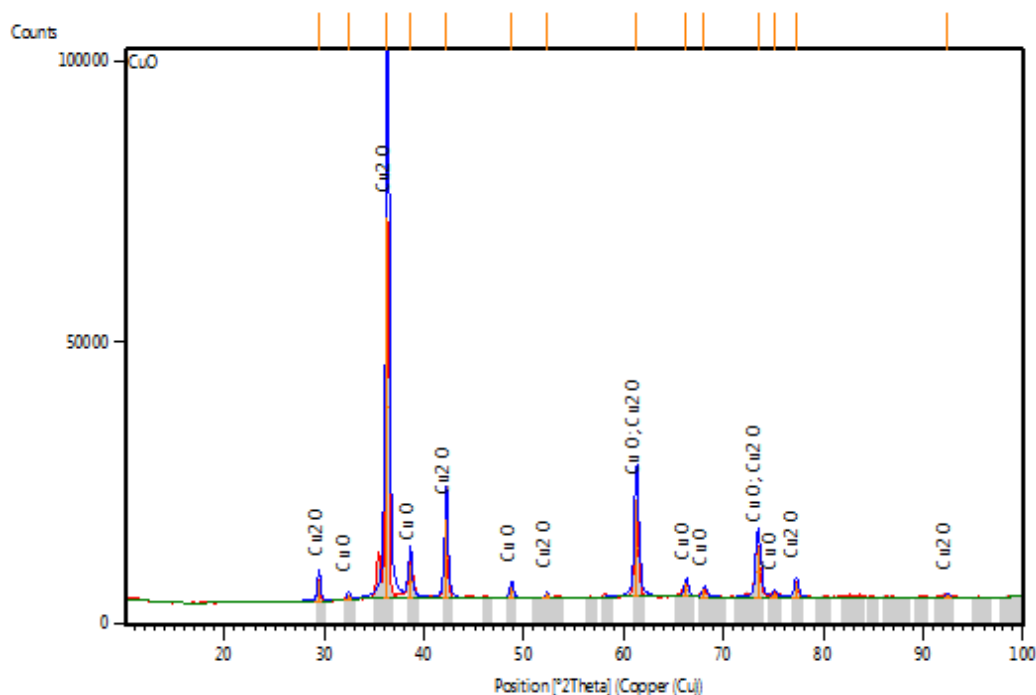
akan membentuk pola Kristal yang baru dan bersifat fotokatalis (Sabbaghi, Orojlu, Parvizi, Saboori, & Sahooli, 2012).

Dari hasil SEM-EDX yang tertera pada Tabel 1, diketahui terjadi peningkatan jumlah oksigen pada permukaan lempengan Cu yang awalnya 1,22 %. Pada suhu pembakaran 400°C diperoleh persen oksigen sebesar 16.5%. Pada suhu 500°C, persen oksigen pada permukaan lempengan Cu sebesar 15.27%. Peningkatan ini disebabkan pada suhu 400°C jumlah atom oksigen yang teradsorpsi secara kimia mencapai kondisi optimum, selanjutnya dengan peningkatan suhu mencapai 500°C menyebabkan terdesorpsinya atom oksigen sebagian sebagaimana diketahui dari hasil SEM-EDX. Pada pemeriksaan lanjutan ditentukan oksida terbentuk dengan menggunakan XRD.

Tabel 1. Hasil EDX Lempengan Tembaga Sebelum Pembakaran dan Setelah Pembakaran pada Suhu 400°C dan 500°C

Unsur	persen berat		
	Pembakaran		
	Tanpa Pembakaran	suhu 400	suhu 500
Karbon	10.46667	10.45	6.7
Oksigen	1.226667	16.34	15.27667
Tembaga	88.31	73.20667	78.02333

Hasil Analisa XRD



Gambar 3. Hasil XRD Lempengan Tembaga Setelah Dilakukan Pembakaran pada Suhu 400°C

Dari Gambar 3, terlihat adanya terbentuknya puncak kurva yang menunjukkan terbentuknya senyawa tembaga oksida. Dari Tabel 2, diketahui bahwa terbentuk senyawa CuO sebesar 26.7 % dan Cu₂O sebesar 73.3 %. Oksida terbentuk pada suhu 400°C didominasi oleh tembaga (I) oksida (Cu₂O). Pada suhu di atasnya yakni 500°C terjadi transformasi tembaga (I) menuju tembaga (II) (R.Trethewey., 1988), sehingga dari pemeriksaan SEM-EDX diketahui terjadinya penurunan persentase oksigen pada suhu 500°C sebesar 16.5% - 15.27% = 1.23%.

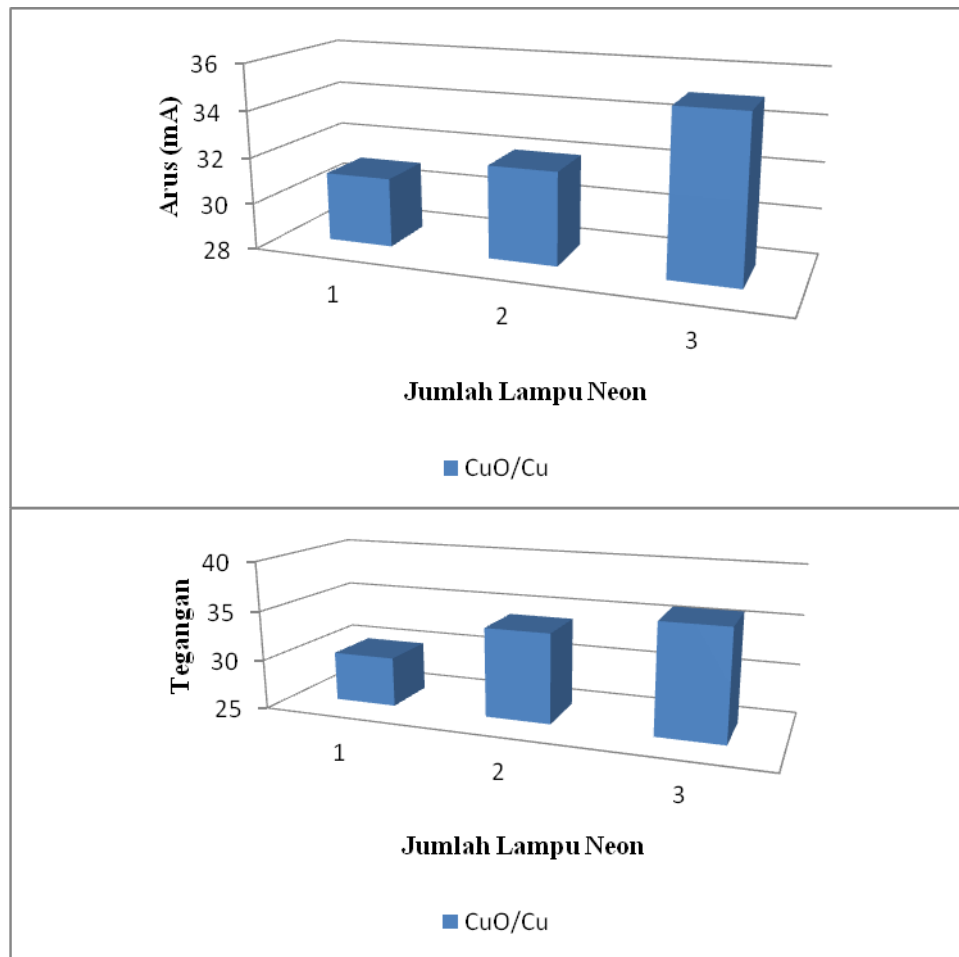
Tabel 2. Hasil XRD Lempengan Tembaga Setelah Pembakaran Pada Suhu 400 °C

Formula	Pesen	Compound
CuO	26.7%	Copper Oxide
Cu ₂ O	73.3%	Copper Oxide

Lebih lanjut, penelitian tentang mekanisme transformasi oksida tembaga yang dievaluasi berdasarkan suhu pembakaran, antara suhu 350°C hingga 754°C memperlihatkan pola serupa dengan kecenderungan penurunan kandungan oksigen dengan peningkatan suhu (Youngfu Zhu, Kouji Mimura, & Isshiki, 2002).

Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Sel PV

a. Arus dan Tegangan dengan variasi jumlah lampu neon



Gambar 4. Grafik Arus dan Tegangan Sel PV dari Elektroda Pasangan $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Cu}$ pada Variasi Jumlah Lampu Neon

Pengukuran voltase dan arus yang dihasilkan sel PV dilakukan pada kondisi sebagaimana terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengukuran Intensitas Lampu Neon

Pengukuran	Ukur 1	Ukur 2	rerata
Flux =	1986	1993	1989.5
Intensitas	184.23	185.27	184.75

Tabel 4. Hasil Pengukuran arus dan tegangan rerata harian elektroda $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Cu}$

Suhu	I (μA)	V (mV)	Daya (μW)
400	13.6	28.28	0.43106
500	8.4	16.14	0.15462

Dari hasil pengukuran arus dan tegangan rerata harian dengan variasi suhu pemanasan diperoleh kondisi optimum pada suhu 400°C . Pada suhu 400°C , sel PV pasangan elektroda $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Cu}$ memberikan arus rerata harian pada cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan sebesar $13.6 \mu\text{A}$ dan tegangan sebesar 28.28 mV . Daya yang dihasilkan mencapai $0.43106 \mu\text{Watt}$. Hal ini disebabkan pada suhu 400°C , struktur permukaan elektroda lebih mudah terjadinya fotoelektrik sehingga proses fotokimia berlangsung lebih banyak dibandingkan permukaan elektroda tembaga yang dibakar

pada suhu 500°C. Pada elektroda yang dibakar pada suhu 500°C, kemampuan sel PV adalah 8.4 μA dan 16.14 mV, serta 0.15462 μWatt.

Penurunan kemampuan sel PV pada pembakaran 500°C mencapai 64,14% disebabkan karena pada suhu ini terbentuk oksida tembaga (I) lebih banyak. Apabila Cu₂O terbentuk lebih banyak akan mempengaruhi band gap (BG) antara pita valensi dan pita konduksi. Cu₂O akan menggeser BG menjadi lebih lebar sehingga peluang electron untuk tereksitasi dari Pita Valensi ke Pita Konduksi. Pada suhu 400°C, oksida tembaga (II) lebih banyak persentasenya, sehingga electron tereksitasi lebih banyak terjadi. Pada suhu 400°C, Band Gap permukaan elektroda lebih rendah dibandingkan pada suhu 500°C (Kudo, 2003; Walsh & Butler, 2014).

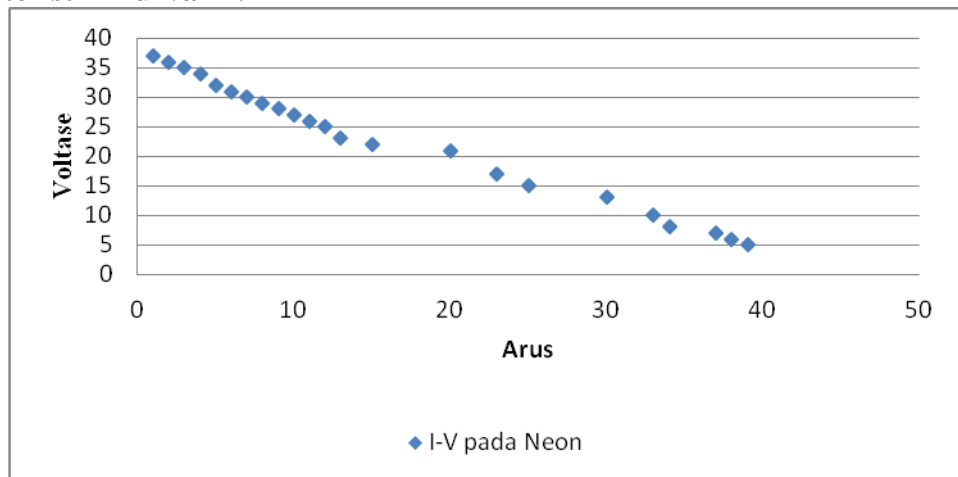
Pada Tabel 5, terlihat bahwa semakin banyak jumlah lampu neon yang digunakan, maka semakin besar intensitas cahaya yang terpapar. Peningkatan intensitas lampu neon, terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Intensitas cahaya lampu dan jumlah lampu neon

Jumlah Lampu	1	2	3
Flux	1430	1716.5	1989.5
Intensitas	132.34	158.305	184.75

Peningkatan intensitas lampu neon, akan mempengaruhi interaksi antara permukaan semikonduktor elektroda dan foton. Peluang tereksitasinya electron semakin besar pada jumlah neon lebih besar (n=3), sehingga kemampuan sel PV meningkat dengan semakin bertambahnya intensitas lampu neon.

b. Karakteristik Kurva I-V



Gambar 5. Kurva Arus dan Tegangan dari Elektroda Pasangan Cu₂O/Cu pada Penyinaran Cahaya Lampu Neon Ruangan dengan Jumlah Neon 3 Buah

Kinerja karakteristik IV sel PV elektroda pasangan Cu₂O/Cu-Gel Na₂SO₄ memperlihatkan bahwa daya pada lampu (n=1;2; dan 3) mencapai 0.00093 mWatt ; 0.001088 mW dan 0.00126 mW. Daya persatuan luas sel

PV Cu₂O/Cu-Gel Na₂SO₄ adalah $7.03 \times 10^{-6} \text{ mW/m}^2$ (n=1) ; $6.87 \times 10^{-6} \text{ mW/m}^2$ (n=2) dan $6.82 \times 10^{-5} \text{ mW/m}^2$ (n=3). Daya maksimum tercapai saat n = 3, dengan P max = 420 μWatt.

Tabel 6. Arus rangkaian terbuka (I_{oc}), tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), Arus Maksimum (I_{maks}), Tegangan maksimum (V_{maks}), Nilai Faktor Pengisi (FF) dan Efisiensi Sel PV (η)

Cahaya ruang dari lampu neon Cu_2O/Cu					
I_{oc}	V_{oc}	I_{max}	V_{max}	FF	η (%)
18	22	39	37	3.643939	0.00424

Dari Tabel 6 terlihat, efisiensi sel PV elektroda pasangan Cu_2O/Cu -Gel Na_2SO_4 adalah 0,00424 %. Sel PV menghasilkan daya maksimum sebesar 1.443 μ Watt, tercapai saat $I_{max} = 39 \mu A$ dan $V_{max} = 37$ mV. Sel PV yang dibuat menghasilkan daya yang relative kecil, namun sudah bisa menjadi referensi untuk melanjutkan penelitian lanjutan dengan fokus pada disain elektroda dan panel surya.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini disimpulkan modifikasi dan pembuatan sel PV elektroda pasangan Cu_2O/Cu -Gel Na_2SO_4 memberikan performa sel yang relative kecil, dengan efisiensi 0.00424% pada penyinaran 3 buah lampu neon. Sel dengan pasangan Cu_2O/Cu -Gel Na_2SO_4 dapat dikembangkan lebih lanjut pada disain panel yang multikolektor dan modifikasi pada permukaan elektroda, sehingga efisiensi sel PV dapat ditingkatkan.

REFERENSI

- Gu, S., Xu, B., & Yan, Y. 2014. **Annu Rev Chem Biomol Eng**, 5, 429-454. doi: 10.1146/annurev-chembioeng-060713-040114
- Kondarides, D. I., Daskalaki, V. M., Patsoura, A., & Verykios, X. E. 2007. **Catalysis Letters**, 122(1-2), 26-32. doi: 10.1007/s10562-007-9330-3
- Kudo, A. 2003. **Catalysis Surveys from Asia**, Vol. 7, No. 1, April 2003
- Liu, K., Qu, S., Zhang, X., Tan, F., & Wang, Z. 2013. **Nanoscale Res Lett**, 8(1), 88. doi: 10.1186/1556-276X-8-88
- Liu, M., Rieger, R., Li, C., Menges, H., Kastler, M., Baumgarten, M., & Mullen, K. 2010. **Chem Sus Chem**, 3(1), 106-111. doi: 10.1002/cssc.200900161
- Lundgren, C., Lopez, R., Redwing, J., & Melde, K. 2013. **Opt Express**, 21 Suppl 3, A392-400. doi: 10.1364/OE.21.00A392
- Peter, L. M. 2011. **Philos Trans A Math Phys Eng Sci**, 369(1942), 1840-1856. doi: 10.1098/rsta.2010.0348
- R.Trethewey., K. 1988. **Longman Group**, UK Limited, pages. 83, 349-361.
- Sabbaghi, S., Orojlou, H., Parvizi, M. R., Saboori, R., & Sahooi, M. 2012. **International Journal of Nano Dimension**, Article 9, Volume 3, Issue 1, Summer 2012, Page 69-73 (Issue 1), 69-73
- Swierk, J. R., & Mallouk, T. E. 2013. **Chem Soc Rev**, 42(6), 2357-2387. doi: 10.1039/c2cs35246j
- Walsh, A., & Butler, K. T. 2014. **Acc Chem Res**, 47 (2), 364-372. doi: 10.1021/ar400115x
- Youngfu Zhu, Kouji Mimura, & Isshiki, M. 2002. **Materials Transactions**, 43(9), 2173-2176.