

## PEMECAHAN (*SPLITTING*) MOLEKUL AIR MENJADI GAS H<sub>2</sub> DAN O<sub>2</sub> MELALUI PROSES FOTOVOLTAIK

**Dini Fatmi, Admin Alif, dan Hamzar Suyani**

Laboratorium Elektrokimia/Fotokimia FMIPA Universitas Andalas

### ABSTRACT

One method to overcome the scarcity of alternative sources of energy on earth is through the development of photovoltaic cells. This method used a solar energy to electrical energy transformation. In this research, breaking (splitting) of water molecules into H<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> gas by the photovoltaic process uses electrodes CuO/C with Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> electrolyte. In this process used 2 photovoltaic cells as electricity producing and U-shaped electrolysis cell for solver (splitting) of water molecule produce H<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> gas. CuO electrode (anode) is made through the burning of copper rod in a furnace at temperature 400 °C with a variety of combustion 1, 3, 4 times each lasting for 1 hs, while the cathode in the form of carbon rods obtained from 2B pencil. The optimum conditions for Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> electrolyte concentration is 0.8 N and for CuO electrodes with 3x burning. Optimum efficiency photovoltaic process was 2.66%. H<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> gas volume obtained near stoichiometric ratio is 2 : 1.

**Keywords :** *Photovoltaic, splitting, O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>, x CuO/C electrode, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> electrolyte*

### PENDAHULUAN

Salah satu jenis energi yang potensial untuk dikembangkan dalam pemenuhan kebutuhan energi di daerah terpencil dan sulit untuk dijangkau oleh jaringan listrik adalah energi surya menggunakan energi surya fotovoltaik. Sistem fotovoltaik menghasilkan gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup contohnya pada rumah sakit sering menggunakan oksigen untuk pasien dengan penyakit pernafasan ringan, sedangkan gas hidrogen untuk pendeteksian kebocoran gas yang kecil. Zat aditif dalam ujicoba kebocoran bungkusan makanan dan sebagai antioksidan<sup>[1]</sup>.

Elektroda CuO/C menggunakan elektrolit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,25 M melalui pembakaran batang tembaga dalam bentuk tunggal dengan menghasilkan gas hidrogen dari proses fotovoltaik belum bisa diamati dengan jelas<sup>[2]</sup>. Penggunaan elektroda Cu<sub>2</sub>O/Cu juga pernah digunakan, tetapi karena sifat Cu<sub>2</sub>O/Cu kurang stabil dan untuk membuat elektroda Cu<sub>2</sub>O dibutuhkan suhu yang tinggi yaitu sekitar 1000 °C dengan menggunakan

furnace<sup>[3]</sup>. Pada penelitian ini dikembangkan teknik fotovoltaik menggunakan semikonduktor CuO/C dengan elektrolit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### METODOLOGI PENELITIAN

#### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah neraca analitis, alat-alat gelas, multimeter, termometer, furnace (*Gallen Kamp, Muffle Furnace Size 1*), Wide Extech Range Light Meter, sel fotovoltaik yang dirakit, dan sel pipa U. Bahan yang digunakan yaitu batang tembaga (Cu), batang karbon (C), Natrium Sulfat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), dan akuades.

#### Prosedur Kerja

##### Penyiapan elektroda

Batang tembaga dipotong dengan ukuran 25,3 cm sebanyak 4 (empat). Setelah itu batang dibersihkan sampai tidak ada lagi kotoran yang melekat sampai berwarna merah jambu (pink). Elektroda dibakar, Elektroda I

(1x pembakaran), II (3x pembakaran), III (4x pembakaran) selama 1 jam pada suhu 400 °C. Elektroda tersebut digunakan untuk sel fotovoltaik. Sebanyak 3 buah elektroda karbon (C) dibuat dengan menggunakan pensil 2B *fibercastel* dengan mengupas lapisan kayunya sehingga didapat batang karbon. Selanjutnya, 1 buah batang karbon digunakan untuk sel fotovoltaik dan 2 elektroda karbon digunakan untuk *splitting* molekul air pada sel pipa U.

#### **Penyiapan larutan elektrolit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

Larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dibuat dengan konsentrasi 1 N. Larutan ini kemudian dituangkan ke dalam gelas wadah unit sel. Selanjutnya dari larutan ini juga dibuat larutan dengan konsentrasi 0,8; 0,6; 0,4; dan 0,2 N.

#### **Penentuan konsentrasi optimum elektrolit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap kuat arus dan tegangan pada sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/C**

Larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 N sebanyak 250 mL ke dalam gelas wadah unit sel. Elektroda CuO/C masing-masing dimasukkan ke wadah yang telah berisi larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Sistem fotovoltaik yang sudah dirangkai kemudian disinari di bawah cahaya matahari dan diukur berapa arus dan tegangan yang dihasilkan menggunakan alat multimeter.

#### **Pengaruh pembakaran terhadap kinerja elektroda CuO pada sel fotovoltaik**

Masing-masing elektroda I, II dan II dirangkai dilakukan proses fotovoltaik menggunakan larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> optimum sebanyak 250 mL dalam gelas wadah unit sel fotovoltaik. Pengukuran arus dan tegangan di dalam ruangan dan di luar ruangan dengan selang waktu 60 menit yang dimulai dari pukul 09.00 – 14.00 WIB.

#### **Pengukuran volume Gas H<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> yang terbentuk pada sel fotovoltaik**

Proses *splitting* molekul air dilakukan dengan menggunakan sel pipa U yang berisi larutan

larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> optimum yang menggunakan 2 elektroda karbon masing-masing pada katoda dan anoda dialirkan arus listrik yang dihasilkan dari sel fotovoltaik. Sel pipa U pada anoda dan katoda dihubungkan dengan selang untuk mengalirkan gas H<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> yang dihasilkan. Selanjutnya selang tersebut dihubungkan ke buret sebagai alat ukur volume gas. Pengukuran arus dan tegangan selama dilakukan selama 11 hari.

#### **Pengaruh lama proses fotovoltaik terhadap kuat arus dan tegangan**

Elektroda CuO/C optimum dimasukkan ke dalam wadah unit sel fotovoltaik yang berisi larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> optimum sebanyak 250 mL. Selanjutnya dilakukan pengukuran arus dan tegangan selama 11 hari.

#### **Penentuan nilai efisiensi proses fotovoltaik**

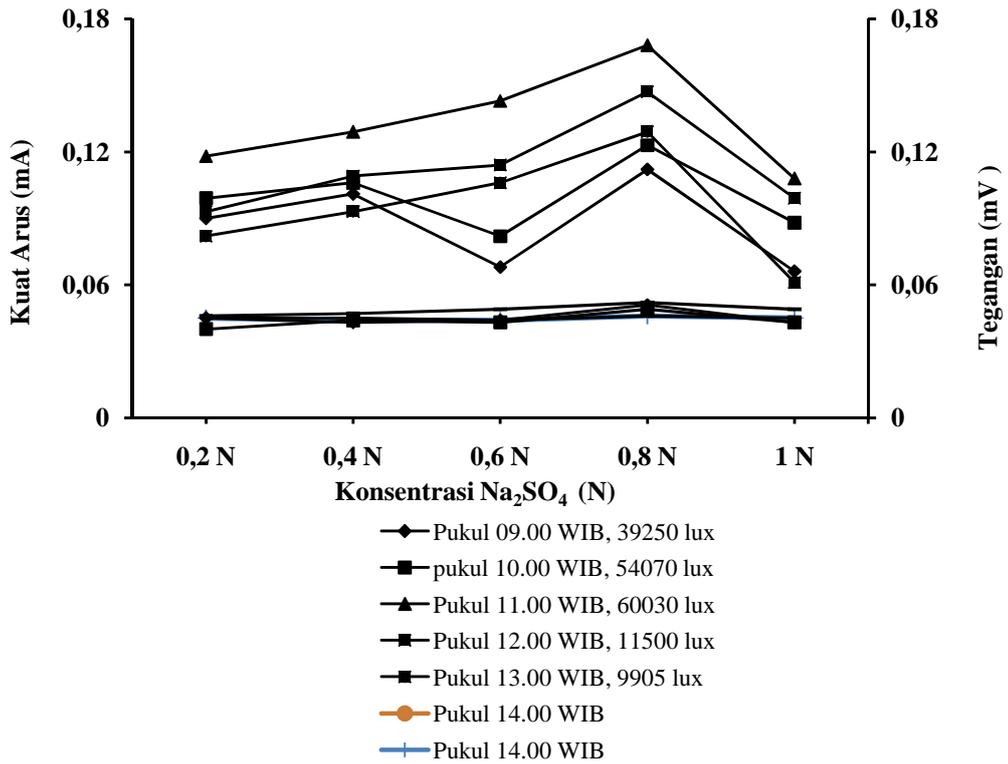
Nilai efisiensi arus dan tegangan sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/C dapat ditentukan dengan menghitung luas permukaan elektroda dan mengukur intensitas cahaya matahari. Kemudian daya yang dihasilkan dibagi dengan daya sinar matahari selama proses fotovoltaik maka akan didapatkan nilai efisiensi.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

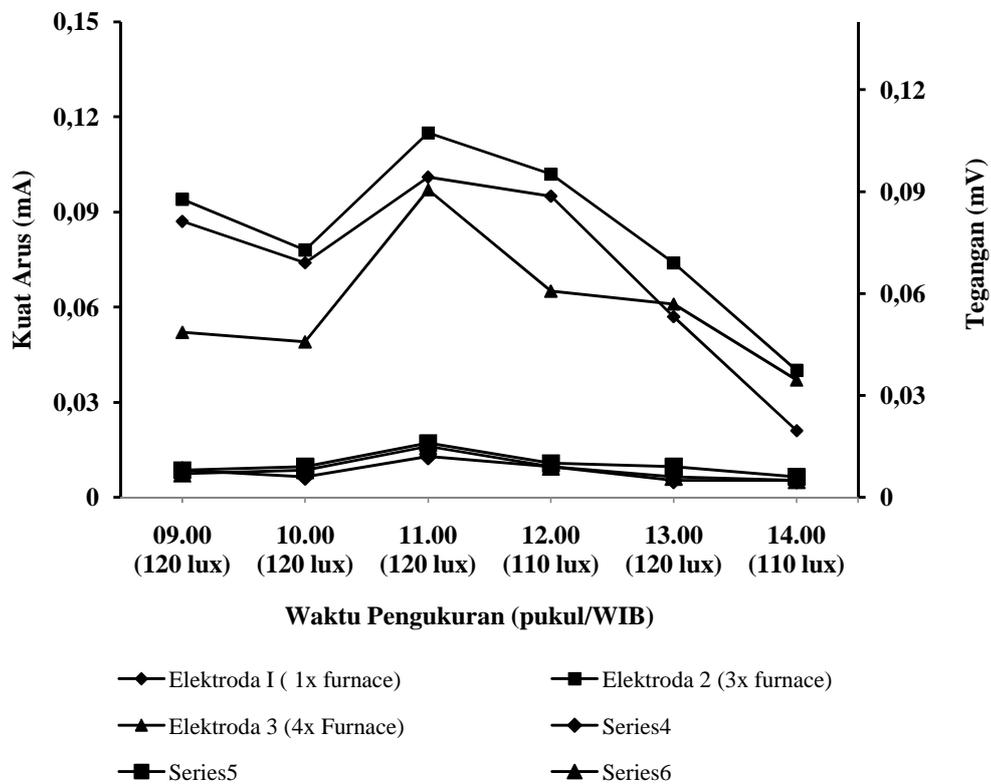
#### **Pengaruh konsentrasi elektrolit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap kuat arus dan tegangan**

Pada penelitian ini dilakukan penentuan konsentrasi optimum elektrolit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan mengukur kuat arus dan tegangan. Konsentrasi larutan elektrolit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang digunakan dalam sel fotovoltaik mempengaruhi kuat arus dan tegangan yang dihasilkan.

Kuat arus selama proses fotovoltaik terus meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sedangkan tegangan yang didapat hampir konstan pada 0,052 mV.



**Gambar 1.** Pengaruh konsentrasi elektrolit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap kuat arus dan tegangan pada sel fotovoltaiik CuO



**Gambar 2.** Pengaruh pembakaran terhadap tegangan dan kuat arus yang dihasilkan pasangan elektroda CuO/C yang diukur pada berbagai waktu di dalam ruangan

Pada saat konsentrasi larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  optimum 0,8 N memiliki kuat arus dan tegangan terbesar yaitu sebesar 0,168 mA dan 0,052 mV terlihat pada Gambar 1. Kemudian pada konsentrasi  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  1 N terjadi penurunan kuat arus menjadi 0,061 mV karena larutan relatif lebih pekat sehingga terjadi peningkatan tumbukan yang menyebabkan kuat arus yang dihasilkan menurun. Kuat arus yang paling besar diperoleh pada pengukuran pukul 11.00 WIB karena intensitas cahaya pada waktu tersebut lebih kuat yaitu 60.030 lux.

Pada Gambar 1 juga terlihat penurunan kuat arus pada pukul 12.00 WIB dan seterusnya karena cahaya matahari pada waktu itu tertutupi oleh adanya awan yang menghambat proses fotovoltaiik dan dapat diketahui juga dari intensitas cahaya matahari saat tertutup oleh awan yaitu pukul 12.00 WIB (11.500 lux) dan 13.00 WIB (9.905 lux). Demikian juga pada pengukuran yang lain intensitas cahaya pada saat itu relatif lebih rendah.

#### **Pengaruh pembakaran terhadap kinerja elektroda CuO yang digunakan sebagai semikonduktor pada sel fotovoltaiik**

Kinerja optimum elektroda CuO/C diperoleh berdasarkan kuat arus dan tegangan dari elektroda CuO yang yang diperoleh dari proses pembakaran berulang-ulang. Pembakaran dilakukan dengan furnace dengan tiga (3) variasi yaitu elektroda I (1x pembakaran), II (3x pembakaran), III (4x pembakaran) selama 1 jam pada suhu 400 °C. Avachat *et al.*, melakukan pembakaran dengan furnace pada suhu 300 °C, elektroda CuO yang diperoleh memiliki energi gap 1,3 eV<sup>[4]</sup>.

Semikonduktor CuO akan menghasilkan elektron bebas ketika foton dari sumber cahaya tertentu menumbuk suatu elektron valensi dari atom semikonduktor CuO. Elektron yang terlepas tersebut menjadi bebas bergerak di dalam bidang kristal dan

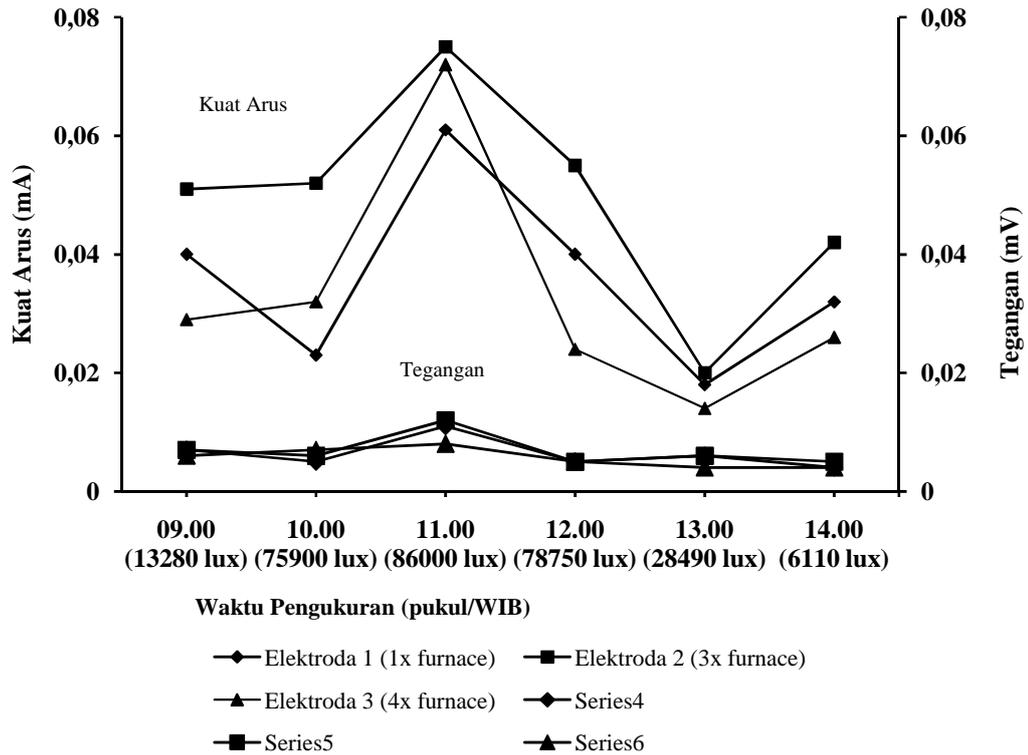
elektron tersebut berada pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor.

Terlihat pada Gambar 2 di dalam ruangan pada pukul 11.00 WIB diperoleh kuat arus paling besar 0,115 mA dan tegangan konstan 0,021 mV yaitu pada elektroda II. Besarnya intensitas cahaya pada saat pengukuran yaitu 120 lux. Maka elektroda II yang merupakan elektroda CuO yang dibakar sebanyak 3 kali adalah merupakan semikonduktor yang relatif baik untuk menghasilkan kuat arus dan tegangan dibandingkan elektroda lainnya.

Pada elektroda I (1x pembakaran) menghasilkan arus yang kecil dibandingkan elektroda lainnya karena lapisan oksida yang terbentuk sangat tipis pada semikonduktor sehingga elektron yang bergerak hanya sedikit. Sedangkan pada elektroda II (3x furnace) lapisan oksida yang lebih tebal menyebabkan kuat arus yang dihasilkan lebih besar, tetapi dibandingkan dengan elektroda III (4x pembakaran) kuat arus yang dihasilkan menurun karena sulitnya elektron menembus bagian dalam elektroda yang bersifat konduktor karena lapisan oksida pada semikonduktor sangat tebal dibandingkan dari elektroda lainnya.

Hal yang sama juga dilakukan di luar ruangan untuk melihat kemampuan masing-masing elektroda dalam menghasilkan arus listrik pada penyinaran cahaya matahari langsung.

Pada Gambar 3 dapat kita lihat bahwa elektroda II yang optimum karena memiliki kuat arus yang tinggi. Dari Gambar 2 (dalam ruangan) dan Gambar 3 (luar ruangan) dapat diketahui kuat arus dan tegangan yang dihasilkan dimana di dalam ruangan lebih besar dibandingkan di luar ruangan, karena banyaknya panjang gelombang yang panjang (sinar tampak) di dalam ruangan. Sedangkan di luar ruangan cahaya gelombang pendek (sinar UV) lebih kuat yang menyebabkan elektroda CuO tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi yang relatif tidak stabil.



**Gambar 3.** Pengaruh pembakaran terhadap tegangan dan kuat arus yang dihasilkan pasangan elektroda CuO/C yang diukur pada berbagai waktu di luar ruangan

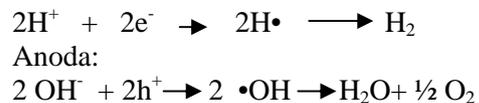
Di dalam ruangan sangat sedikit sinar UV, karena sebagian besar sinar UV diserap oleh kaca sebelum masuk ke dalam ruangan. Kuat arus yang paling besar dihasilkan dari elektroda II pada pengukuran pukul 11.00 WIB diluar ruangan sebesar 0,075 mA dengan tegangan 0,015 mV. Intensitas cahaya pada saat pengukuran yaitu 86.000 lux.

**Pengaruh lama proses terhadap pembentukan gas H<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> pada sel fotovoltaiik**

Arus listrik yang dihasilkan sel fotovoltaiik dapat digunakan untuk mengasilkan gas yaitu oksigen dan hidrogen dari pemecahan (*splitting*) molekul air. Pada elektroda CuO (anoda) terbentuk gas O<sub>2</sub> sedangkan elektroda C (katoda) terbentuk gas H<sub>2</sub> yang dapat digambarkan sebagai berikut :



Katoda:



Pada anoda terjadi reaksi oksidasi ion hidroksi (OH<sup>-</sup>) membentuk radikal hidroksi (•OH). Radikal-radikal •OH akan bergabung membentuk molekul air dan gas oksigen. Pada katoda terjadi •H yang akan membentuk gas hidrogen. Gas yang terbentuk dialirkan melalui buret yang berisi gelembung sabun sehingga dapat diukur berapa besarnya volume gas yang dihasilkan selama proses fotovoltaiik.

Gas H<sub>2</sub> yang terbentuk lebih banyak dibandingkan dengan gas O<sub>2</sub> yang terbentuk. Pada gambar 4 diperlihatkan bahwa gas H<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> hampir mendekati perbandingan 2 : 1. Pada pengukuran selanjutnya gas yang dihasilkan terus meningkat selama proses fotovoltaiik. Pada pengukuran selanjutnya gas yang dihasilkan terus meningkat selama proses fotovoltaiik. Pada malam hari, tidak adanya pergeseran gelembung sabun yang menandakan bahwa proses fotovoltaiik

memerlukan cahaya matahari untuk menghasilkan gas untuk terjadinya splitting molekul air.

**Kestabilan sel fotovoltaik**

Kuat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh suatu sel fotovoltaik dipengaruhi oleh kestabilan sel fotovoltaik itu sendiri. Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa kuat arus yang dihasilkan semakin lama semakin besar karena penyempurnaan oksida pada elektroda yang disebabkan oleh proses oksidasi yang terjadi didalam air, namun pada waktu yang sangat lama menyebabkan pada elektroda tersebut berubah menghasilkan Cu(OH)<sub>2</sub>. Terbentuknya Cu(OH)<sub>2</sub> ini tidak diharapkan selama proses fotovoltaik.

Oleh karena itu, elektroda CuO/C pada awalnya semakin lama semakin baik digunakan dalam proses fotovoltaik sampai jangka waktu tertentu. Namun, jika digunakan untuk jangka waktu yang lebih lama maka elektroda tersebut akan mengalami kerusakan dan tidak mampu lagi menghasilkan arus listrik. Puncak dari kuat arus yang dihasilkan pada pengukuran hari ke 9 yaitu 0,158 mA dan

tegangan 0,044 mV. Pada hari berikutnya jumlah arus dan tegangan semakin menurun.

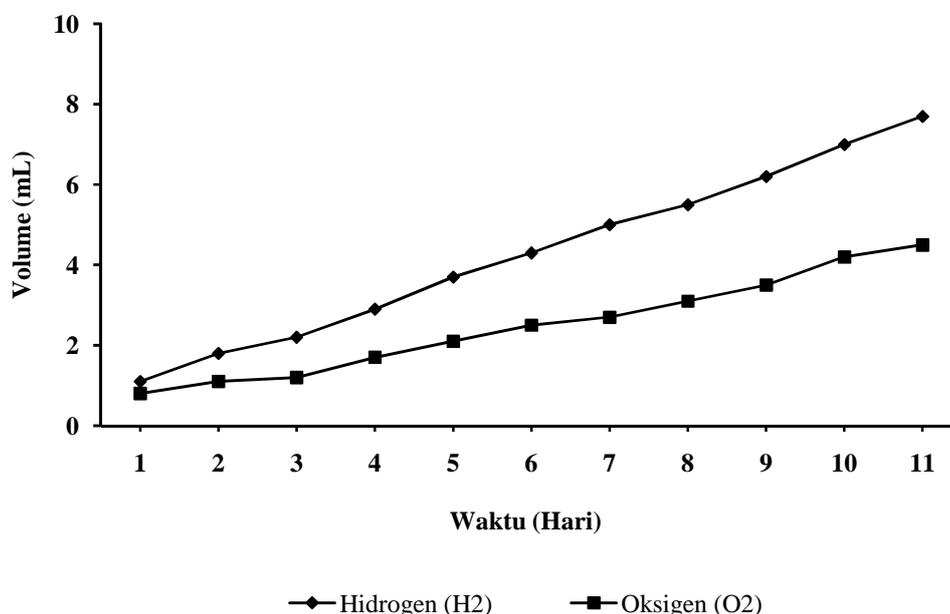
**Nilai Efisiensi Proses Fotovoltaik**

Penentuan nilai efisiensi sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/C ditentukan dengan menghitung daya dari listrik yang dihasilkan. Kemudian daya yang dihasilkan dibagi dengan daya sinar matahari selama proses fotovoltaik maka akan didapatkan nilai efisiensi. Nilai efisiensi disini merupakan besarnya energi cahaya matahari yang bisa dikonversikan menjadi energi listrik yaitu dengan menghitung berapa daya yang dihasilkan oleh sel fotovoltaik. Dimana rumus daya (W) adalah sebagai berikut :

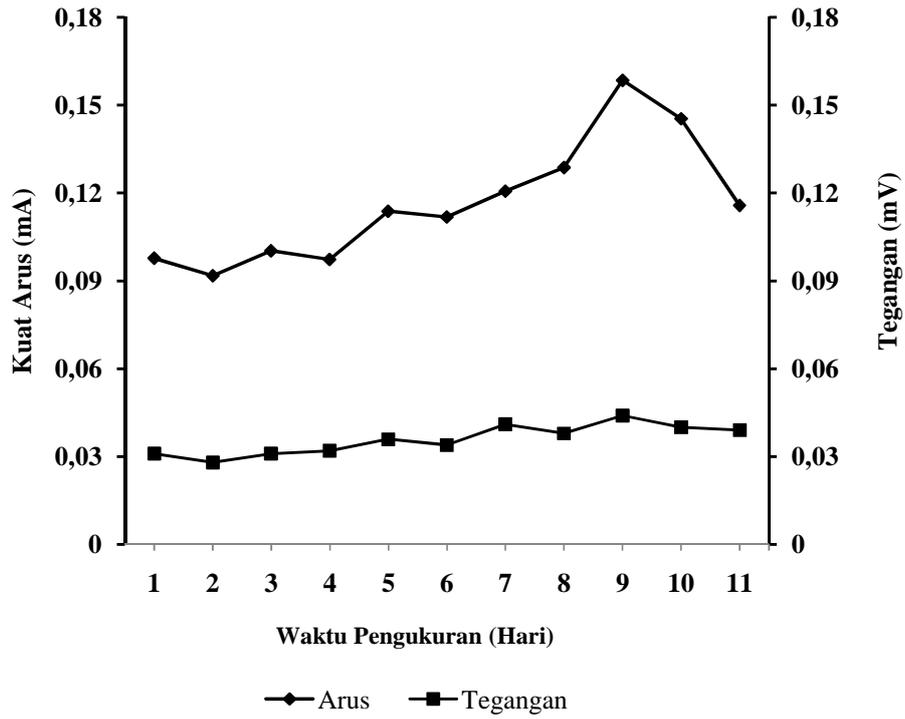
$$W_{pv} = V \times I \times t$$

Keterangan :

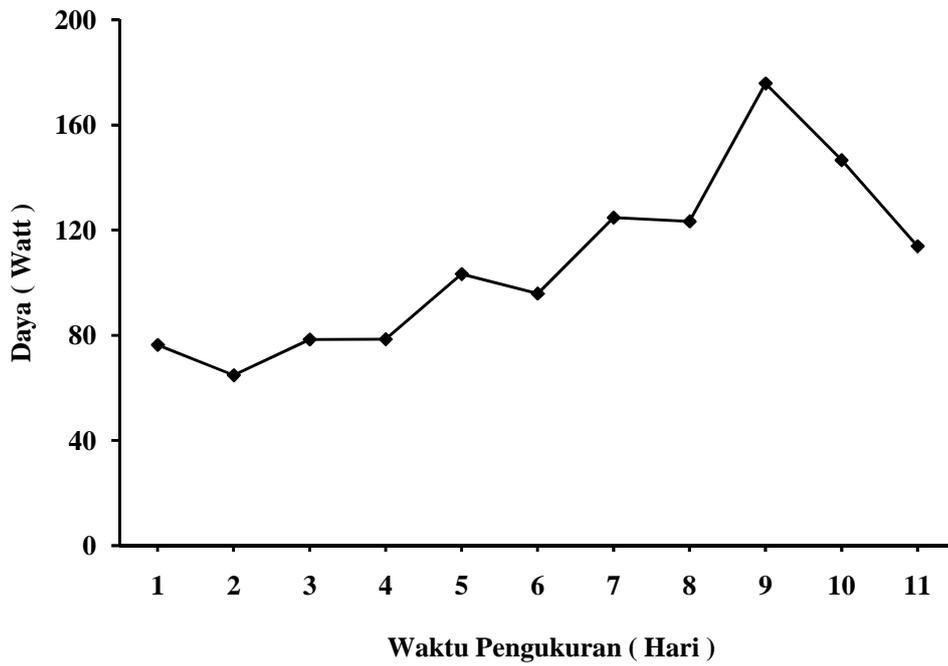
- W<sub>pv</sub> = Daya yang dihasilkan dari proses fotovoltaik (Watt)
- V = Tegangan (Volt)
- I = Kuat Arus (I)
- t = Waktu (s)



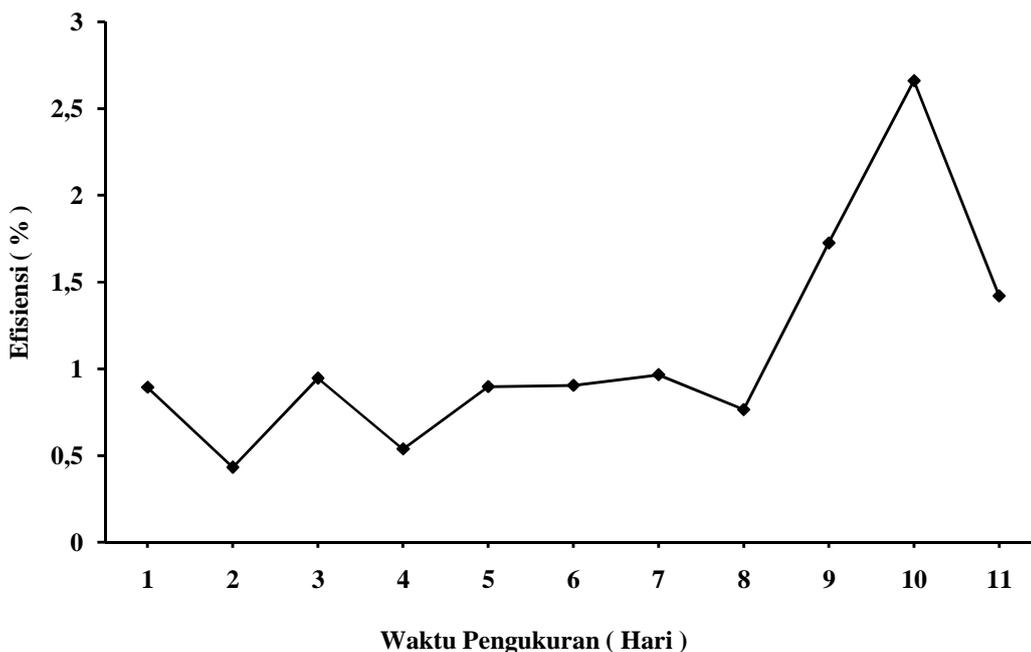
**Gambar 4.** Pengaruh waktu terhadap pembentukan gas H<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>



Gambar 5. Kestabilan tegangan dan kuat arus selama proses fotovoltaik



Gambar 6. Pengaruh waktu pengukuran terhadap daya yang dihasilkan selama proses fotovoltaik



**Gambar 7.** Efisiensi perubahan energi cahaya matahari menjadi energi listrik selama proses fotovoltaiik

Lama proses fotovoltaiik berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan. Hal ini dipengaruhi oleh kestabilan elektroda yang bisa digunakan. Dari Gambar 6 dapat dilihat, semakin meningkatnya daya yang diperoleh dengan optimum yaitu pada hari ke 9 yaitu sebesar 175,744 Watt, tetapi pada hari berikutnya, daya yang dihasilkan dari proses fotovoltaiik tersebut mengalami penurunan drastis karena kuat arus dan tegangan yang dihasilkan juga menurun yang disebabkan karena elektroda yang digunakan telah mengalami kerusakan.

Daya yang dihasilkan dari proses fotovoltaiik berbanding daya yang dihasilkan energi cahaya matahari akan diperoleh nilai efisiensi (%). Daya yang dipancarkan oleh energi cahaya matahari diperoleh dengan mengukur nilai intensitas cahaya matahari tersebut, selanjutnya akan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I(lux) = \frac{lumen}{A} \dots (1)$$

$$lumen = \frac{1}{680} watt \dots (2)$$

Substitusi (2) ke (1) sehingga diperoleh (3) :

$$W_{mth} = IxAx680 \dots(3)$$

Keterangan :

$W_{mth}$  = Daya yang dihasilkan oleh cahaya matahari (Watt)

I = Intensitas cahaya matahari (lux)

A = Luas permukaan elektroda (m<sup>2</sup>)

Besarnya efisiensi selama proses fotovoltaiik yaitu selama 11 hari dapat dilihat pada Gambar 7. Nilai efisiensi diatas diperoleh dari besar daya yang dihasilkan dari proses fotovoltaiik dibandingkan dengan daya yang dari sinar matahari yang mengenai permukaan semikonduktor CuO. Berdasarkan pada rumus berikut :

$$\emptyset = \frac{W_{fotovoltaiik}}{W_{cahaya\ matahari}} \times 100\%$$

Keterangan :

$\emptyset$  = Efisiensi (%)

$W_{pv}$  = Daya yang dihasilkan dari proses fotovoltaiik (Watt)

$W_{mth}$  = Daya yang dihasilkan cahaya matahari (Watt)

Besarnya efisiensi optimum yang diperoleh yaitu 2,66% pada hari ke-10. Hal ini berarti sel fotovoltaik yang menggunakan elektroda CuO/C dengan elektrolit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,8 N hanya mampu mengubah sebanyak 2,66% dari cahaya matahari menjadi energi listrik. Energi gab 1,3 -1,4 eV memiliki efisiensi 0,7% yang telah dilakukan oleh Tributsch<sup>[6]</sup>.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa pasangan elektroda CuO /C dengan elektrolit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dapat digunakan pada sel fotovoltaik. Konsentrasi elektrolit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> optimum pada 0,8 N dan elektroda CuO optimum yaitu elektroda II yang telah dibakar sebanyak 3x selama 1 jam pada suhu 400 °C.

Kuat arus dan tegangan yang dihasilkan dipengaruhi lamanya proses fotovoltaik sehingga elektroda CuO/C yang digunakan hanya efektif untuk 9 hari berturut-turut. Besarnya efisiensi yang dihasilkan dari proses fotovoltaik adalah 2,66%. Volume gas H<sub>2</sub> yang terbentuk pada sel fotovoltaik dibandingkan dengan gas O<sub>2</sub> yang terbentuk mendekati 2:1.

## DAFTAR PUSTAKA

1. R. M. Liang, Y. M. Chang, and P.W. Lin, Effect of annealing on the

electrodeposited Cu<sub>2</sub>O films for photoelectrochemical hydrogen generation, *Thin solid films.*, 518, 7191–7195, (2010).

2. F. Sari, Penggunaan elektroda karbon dalam sel fotovoltaik semi konduktor CuO dengan elektrolit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Universitas Andalas, Padang, 2012.
3. B. Richards and G. A. Coniber, Comparison of hydrogen storage technology for solar-powered stand-alone power supplies a photovoltaic system sizing approach, *International journal of hydrogen energy.*, 32, 2712-2718, (2007).
4. S. Avachat, H. Anant, and G. Neelkanth, Multiple band gap combination of thin film photovoltaic cells and photoanode for efficient hydrogen and oxygen generation by water splitting. *Solar Energy Material and Solar Cell.*, 90, 2464-2470, (2006).
5. Gibson and A. Kelly, Predicting efficiency of solar powered hydrogen generation using photovoltaic-electrolysis device, *International Journal of Hydrogen Energy.*, 35, 900-911, (2010).
6. H. Tributsch and B. Neumann, Material research challenges towards a corrosion stable photovoltaic hydrogen-generating membrane, *International Journal of Hydrogen Energy.*, 2007.