



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

**SEL FOTO VOLTAIK PASANGAN CuO/Cu DAN CuO/STAINLESS  
STEEL YANG DIBUAT MELALUI METODA PERENDAMAN  
DENGAN NaOH DALAM BENTUK TUNGGAL DAN SERABUT  
DENGAN ELEKTROLIT KC1**

**SKRIPSI**



**FEBRIANKI ULTARI  
07 132 007**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN  
ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS ANDALAS PADANG  
2011**

**SEL FOTOVOLTAIK PASANGAN CuO/Cu DAN CuO/STAINLESS STEEL  
YANG DIBUAT MELALUI METODA PERENDAMAN DENGAN NaOH  
DALAM BENTUK TUNGGAL DAN SERABUT  
DENGAN ELEKTROLIT KCl**

Oleh

**FEBRIANKI ULTARI**

**NO. BP :07 132 007**

Skripsi ini diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Andalas

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS ANDALAS**

**PADANG**

**2011**

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayahNya sehingga penulisan skripsi dengan judul **“Sel Fotovoltaik Pasangan CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel yang Dibuat Melalui Metoda Perendaman dengan NaOH dalam Bentuk Tunggal dan Serabut dengan Elektrolit KCl”** ini dapat diselesaikan.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mengikuti Ujian Sarjana di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Admin Alif selaku pembimbing I dan Ibu Olly Norita Tetra, M.Si selaku pembimbing II yang telah bersedia memberikan bimbingan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Adlis Santoni selaku ketua Jurusan Kimia.
3. Bapak Dr. Mai Efdi selaku koordinator pendidikan Jurusan Kimia.
4. Bapak/Ibu Dosen Kimia, staf dan pegawai Jurusan Kimia dan analis laboratorium kimia atas petunjuk dan bimbingannya.
5. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan moril dan materil.
6. Rekan – rekan mahasiswa kimia yang telah sama – sama berjuang dan saling memberikan dukungan.

Akhir kata, penulis mohon maaf atas kekurangan dan kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis menerima kritikan dan saran yang bermanfaat untuk perbaikan skripsi ini.

Padang, April 2011

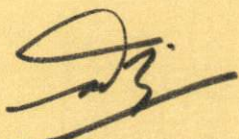
Penulis

## LEMBARAN PENGESAHAN

PEMBUATAN SEL FOTOVOLTAIK PASANGAN  $\text{CuO/Cu}$  DAN  $\text{CuO/STAINLESS STEEL}$  DALAM BENTUK TUNGGAL DAN SERABUT MELALUI METODA PERENDAMAN DENGAN  $\text{NaOH}$  DENGAN ELEKTROLIT  $\text{KCl}$ , merupakan skripsi yang disusun oleh Febrianki Ultari (07 132 007) dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana sains (Strata 1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas. Skripsi telah dipertahankan didepan penguji pada tanggal 6 April 2011.

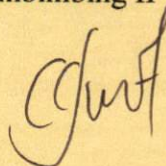
Disetujui oleh :

Pembimbing I



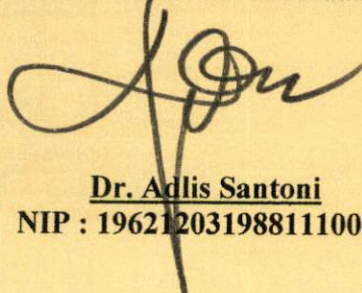
Pror. Dr. Admin Alif, Msc  
NIP. 195308081980031005

Pembimbing II



Olly Norita Tetra, Msi  
NIP. 132308938

**Mengetahui,**  
Ketua Jurusan Kimia  
FMIPA Universitas Andalas



Dr. Adlis Santoni  
NIP : 1962120319881110002

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	i
Lembaran Pengesahan .....	ii
Daftar Isi .....	iii
Daftar Gambar .....	vii
Daftar Tabel .....	ix
Daftar Lampiran .....	x
Abstrak .....	xi
Abstract .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Sel Fotovoltaik .....	4
2.2 Prinsip Kerja Fotovoltaik .....	6
2.3 Semikonduktor .....	8
2.4 Cu(Tembaga) .....	9
2.4.1 Sifat Fisika Tembaga .....	10
2.4.2 Sifat Kimia Tembaga .....	11
2.5 Larutan Elektrolit .....	12
2.5.1 Larutan Elektrolit Kuat .....	12
2.5.2 Larutan Elektrolit Lemah .....	13
2.6 KCl .....	13
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu penelitian .....	15
3.2 Alat dan Bahan .....	15
3.3 Prosedur Kerja .....	15
3.3.1 Penyiapan elektroda .....	15

3.3.2	Penyiapan larutan elektrolit .....	15
3.3.3	Penentuan konsentrasi optimum elektrolit KCl dengan menggunakan pasangan elektroda CuO/Cu tunggal .....	16
3.3.4	Penentuan konsentrasi optimum elektrolit KCl dengan menggunakan pasangan elektroda CuO/Cu serabut .....	16
3.3.5	Penentuan konsentrasi optimum elektrolit KCl dengan menggunakan pasangan elektroda CuO tunggal / Stainless Steel .....	16
3.3.6	Penentuan konsentrasi optimum elektrolit KCl dengan menggunakan pasangan elektroda CuO serabut / Stainless Steel .....	16
3.3.7	Penentuan arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu tunggal dengan memvariasikan waktu (saat penyinaran) .....	16
3.3.8	Penentuan arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu serabut dengan memvariasikan waktu (saat penyinaran) .....	17
3.3.9	Penentuan arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO tunggal/Stainless steel dengan memvariasikan waktu (saat penyinaran) .....	17
3.3.10	Penentuan arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO serabut/Stainless steel dengan memvariasikan waktu (saat penyinaran) .....	17
3.3.11	Penentuan arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dalam bentuk tunggal dengan elektrolit KCl dengan memvariasikan lama waktu perendaman Cu dengan NaOH .....	17
3.3.12	Penentuan arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dalam bentuk tunggal dan serabut dengan elektrolit KCl tanpa disinari cahaya matahari .....	18

3.3.13 Penentuan arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dalam bentuk tunggal dan serabut dengan elektrolit KCl yang disinari dengan cahaya lampu .....	18
3.3.14 Penentuan Nilai Efisiensi Kuat Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO / Cu dan CuO / Stainless Steel Dalam Bentuk Serabut dan Tunggal .....	18
<b>BAB IV HASIL DAN DISKUSI</b>	
4.1 Pengaruh Lama Waktu Perendaman Cu dengan NaOH Untuk Pembuatan Elektroda CuO Terhadap Kuat Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik .....	19
4.2 Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan Elektrolit KCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik .....	20
4.2.1 Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan Elektrolit KCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Serabut .....	20
4.2.2 Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan Elektrolit KCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu tunggal .....	21
4.2.3 Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan Elektrolit KCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Serabut/Stainless Steel .....	22
4.2.4 Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan Elektrolit KCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Tunggal/Stainless Steel .....	23
4.3 Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Menggunakan Elektrolit KCl Konsentrasi Optimum .....	24

4.3.1 Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus dan Voltase dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Serabut .....	25
4.3.2 Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus dan Voltase dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Tunggal .....	26
4.3.3 Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus dan Voltase dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Serabut/Stainless Steel .....	27
4.3.4 Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus dan Voltase dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Tunggal/Stainless Steel .....	28
4.4 Pengaruh Tidak Adanya Sinar Matahari Terhadap Kuat Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik .....	29
4.5 Pengaruh Kestabilan Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel Dalam Bentuk Serabut dan Tunggal Pada Sel Fotovoltaik Terhadap Kuat Arus dan Voltase .....	30
4.6 Penentuan Nilai Efisiensi Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel Dalam Bentuk Serabut dan Tunggal .....	31
<b>BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	34
5.2 Saran .....	34
<b>DAFTAR KEPUSTAKAAN</b> .....	35
<b>LAMPIRAN</b> .....	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 7: Pengaruh Lama Waktu Perendaman Cu dengan NaOH Untuk Pembuatan Elektroda CuO Terhadap Kuat Arus (I) dan Voltase (V) Sel Fotovoltaik .....	19
Gambar 8: Variasi konsentrasi larutan elektrolit KCl terhadap kuat arus (I) dan voltase (V) dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu serabut .....	21
Gambar 9: Variasi konsentrasi larutan elektrolit KCl terhadap kuat arus (I) dan voltase (V) dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu tunggal .....	22
Gambar 10: Variasi konsentrasi larutan elektrolit KCl terhadap kuat arus (I) dan voltase (V) dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO serabut/Stainless steel .....	23
Gambar 11: Variasi konsentrasi larutan elektrolit KCl terhadap kuat arus (I) dan voltase (V) dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO tunggal/Stainless steel .....	24
Gambar 12: Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus (I) dan Voltase (V) yang Dihasilkan Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Serabut .....	25
Gambar 13: Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus (I) dan Voltase (V) yang Dihasilkan Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Tunggal .....	26
Gambar 14: Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus (I) dan Voltase (V) yang Dihasilkan Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Serabut/Stainless Steel .....	27
Gambar 15: Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus (I) dan Voltase (V) yang Dihasilkan Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Tunggal/Stainless Steel .....	28
Gambar 16: Pengaruh Tidak Adanya Sinar Matahari Terhadap Kuat Arus Sel Fotovoltaik (diukur pada malam hari) .....	29

Gambar 17: Pengaruh Kestabilan Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/ Stainless Steel Dalam Bentuk Serabut dan Tunggal Pada Sel Fotovoltaik Terhadap Kuat Arus .....	30
Gambar 18: Pengaruh Kestabilan Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/ Stainless Steel Dalam Bentuk Serabut dan Tunggal Pada Sel Fotovoltaik Terhadap Voltase .....	31

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 : Nilai efisiensi rata-rata dari pasangan elektroda CuO/Cu serabut, CuO/Cu tunggal, CuO serabut/Stainless steel, CuO tunggal/Stainless steel .....	33
--	----

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data pengukuran kuat arus dan voltase pada hari pertama .....	39
Lampiran 2 : Data pengukuran kuat arus dan voltase pada hari kedua .....	41
Lampiran 3 : Data Pengukuran Pengaruh Variasi Waktu Saat Pengukuran Terhadap Kuat Arus dan Voltase .....	43
Lampiran 4 : Data pengukuran pengaruh variasi lama waktu perendaman dengan NaOH terhadap pengukuran kuat arus dan voltase ...	45
Lampiran 5 : Data pengukuran pengaruh tidak adanya sinar matahari terhadap pengukuran kuat arus dan voltase .....	46
Lampiran 6 : Penentuan nilai efisiensi .....	47
Lampiran 7 : Gambar rangkaian peralatan sel fotovoltaik cair .....	55

**PEMBUATAN SEL FOTOVOLTAIK PASANGAN CuO/Cu DAN  
CuO/STAINLESS STEEL DALAM BENTUK TUNGGAL DAN SERABUT  
MELALUI METODA PERENDAMAN DENGAN NaOH DENGAN  
ELEKTROLIT KCl**

**Abstrak**

**Febrianki Ultari**

Sarjana Sains (S.Si) Dalam Bidang Kimia FMIPA Universitas Andalas  
Dibimbing oleh : Prof. Dr. Admin Alif, M.Sc dan Olly Norita Tetra, Msi

Penelitian tentang sel fotovoltaik yang menggunakan pasangan elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel telah dilakukan. Pada penelitian ini, larutan elektrolit yang digunakan adalah KCl dengan berbagai variasi konsentrasi. Pengukuran kuat arus dan voltase dilakukan sebelum sel fotovoltaik disinari dan pada saat disinari dengan cahaya matahari selama  $\pm 5$  menit. Konsentrasi optimum yang didapatkan adalah sebesar 0,3 M. Kuat arus dan voltase terbesar didapatkan pada pasangan elektroda CuO/Cu serabut yaitu masing-masingnya sebesar 0.364 mA dan 0.170 V yang diukur pada pukul 11.00-12.00 WIB. Lama waktu perendaman elektroda Cu dengan NaOH untuk membuat CuO mempengaruhi kuat arus dan voltase yang dihasilkan, dimana relatif optimum pada perendaman selama 24 jam. Sel fotovoltaik ini dapat digunakan tanpa adanya cahaya matahari dengan kuat arus yang dihasilkan 0.109 mA untuk CuO/Cu serabut. Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dapat digunakan pada sel fotovoltaik.

*Kata kunci* : Elektroda, kuat arus, sel fotovoltaik dan voltase.

**Making Photovoltaic cell of CuO/Cu and CuO/Stainless steel in single and fiber form made by NaOH submersion method by using KCl electrolite**

**Abstract**

**Febrianki Ultari**

The research about Photovoltaic cell of CuO/Cu and CuO/Stainless steel in single and fiber form made by NaOH submersion method by using KCl electrolyte has been done. In this research, the KCl elcetrolite solution is used with different concentrations. The measurement of Intensity and voltage is done before and after the Photovoltage cell is radiated by the sun light for approximately 5 minutes. The optimum concentration obtained is 0,3 M. The highest value for intensity and voltage is obtained on fiber CuO/Cu electrodes with the values are 0,364 mA and 0,170 V, measured at 11.00 – 12.00 in the noon. The length time of submersion of Cu electrode with NaOH to is affecting the intensity and voltage of CuO production, submerging in relatively optimal in 24 hour. The Photovoltaic cell can be used with or without the sun light, with the voltage being produced is 0,109 mA for fiber CuO/Cu electrodes. CuO/Cu electrodes and Stainless steel CuO/Cu electrodes can be used on Photovoltaic cell.

Keywords : Photovoltaic cell, electrode, Intensity, voltage

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Salah satu jenis energi yang potensial untuk dikembangkan dalam pemenuhan kebutuhan energi di daerah-daerah berpulau-pulau kecil yang terpencil dan sulit untuk dijangkau oleh jaringan listrik adalah energi surya menggunakan energi surya fotovoltaik.<sup>[1,2]</sup>

Sel Fotovoltaik (PV) adalah alat yang mengkonversi sinar matahari menjadi listrik, melewati siklus termodinamika dan generator mekanis. Komponen utama sistem surya fotovoltaik adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya fotovoltaik, untuk membuat modul fotovoltaik secara pabrikasi bisa menggunakan teknologi kristal dan thin film. Modul fotovoltaik kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relatif sederhana, sedangkan untuk membuat sel fotovoltaik diperlukan teknologi tinggi. Modul fotovoltaik tersusun dari beberapa sel fotovoltaik yang dihubungkan secara seri dan paralel. Untuk itulah, modul pembuatan sel surya yang pertama dicobakan di Indonesia adalah membuat bingkai (frame), kemudian membuat laminasi dengan sel-sel yang masih diimpor.<sup>[3]</sup>

Teknologi pembuatan sel surya dengan bahan silikon singel dan polikristal secara teoritis sudah pernah dibuat. Teknologi ini cukup canggih dan keuntungannya adalah harganya yang murah, bersih, mudah dipasang serta dioperasikan dan mudah dirawat. Sedangkan kendala utama yang dihadapi dalam pengembangan energi surya fotovoltaik adalah investasi awal yang besar dan harga per kWh listrik yang dibangkitkan relatif tinggi, karena memerlukan subsistem yang terdiri atas baterai, unit pengatur dan inverter sesuai dengan kebutuhannya.<sup>[4]</sup>

Sel fotovoltaik yang sering dibicarakan adalah fotovoltaik padat namun dalam penelitian ini akan digunakan sel fotovoltaik cair<sup>[5,6,7]</sup>. Sel fotovoltaik cair pada dasarnya menggunakan prinsip sel galvanik, pada penelitian ini dicoba

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sel Fotovoltaik

Sel Photovoltaik (PV) adalah alat yang mengkonversi sinar matahari menjadi listrik, melewati siklus termodinamika dan generator mekanis. PV adalah singkatan untuk foto (cahaya) dan volta (listrik).<sup>[12]</sup>

Sel surya atau sel photovoltaic merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi radiasi matahari secara langsung menjadi energi listrik. Pada dasarnya sel tersebut berjenis diode yang tersusun atas P – N junction. Sel surya photovoltaic yang dibuat dari bahan semi konduktor yang diproses sedemikian rupa, yang dapat menghasilkan listrik arus searah (DC). Dalam penggunaannya, sel-sel surya itu dihubungkan satu sama lain, sejajar atau seri, tergantung dari penggunaannya, guna menghasilkan daya dengan kombinasi tegangan dan arus yang dikehendaki.

Sel surya memiliki banyak aplikasi. Mereka terutama cocok untuk digunakan bila tenaga listrik dari grid tidak tersedia, seperti di wilayah terpencil, satelit pengorbit [bumi], kalkulator genggam, pompa air, dan lain-lain. Sel surya (dalam bentuk modul atau panel surya) dapat dipasang di atap gedung di mana mereka berhubungan dengan inverter ke grid listrik dalam sebuah pengaturan net metering.

Sebuah panel surya terbuat dari banyak sel surya. Sel tersambung secara elektrik untuk memberikan arus dan tegangan tertentu. Masing-masing sel di enkapsulasi untuk mengisolasi dan melindungi dari kelembaban dan korosi.

Ada perbedaan tipe modul yang tersedia di pasaran, tergantung pada kebutuhan daya yang dibutuhkan. Modul yang paling umum digunakan terbuat dari 32 atau 36 crystalline silicon sel surya. Sel-sel ini berukuran sama, tersambung secara seri, dan terbungkus diantara bahan kaca dan plastik, menggunakan polymer resin (EVA) sebagai insulator termal (thermal insulator).

Bagian muka modul biasanya antara 0,1 dan 0,5 m<sup>2</sup>. Panel surya biasanya memiliki dua kontak listrik, satu positif dan satu negatif.

Beberapa panel menyertakan kontak ekstra yang memungkinkan instalasi dioda penyingkat atau bypass diode di antara masing-masing sel. Dioda ini melindungi panel dari gejala yang dikenal sebagai "hot-spots". Sebuah hot spot terjadi ketika beberapa sel berada dalam bayangan sedangkan sisa panel berada di bawah matahari penuh. Daripada menghasilkan daya, sel yang terteduh bertingkah laku sebagai beban yang membuang daya. Dalam situasi ini, sel yang terteduh dapat mengalami peningkatan suhu yang luar biasa (sekitar 85 sampai 100 derajat Celsius.) Dioda penyingkat akan mencegah hot spot di sel yang terteduh, tetapi mengurangi tegangan maksimum panel. Mereka sebaiknya hanya digunakan kalau peneduhan tak dapat dielakkan. Adalah solusi yang jauh lebih baik untuk menggelar seluruh panel di bawah matahari penuh sebisa mungkin.

Kinerja modul surya yang direpresentasikan oleh kurva karakteristik IV atau IV characteristic curve, yang merepresentasikan arus yang disediakan berdasarkan tegangan yang ditimbulkan oleh tingkat radiasi surya tertentu.

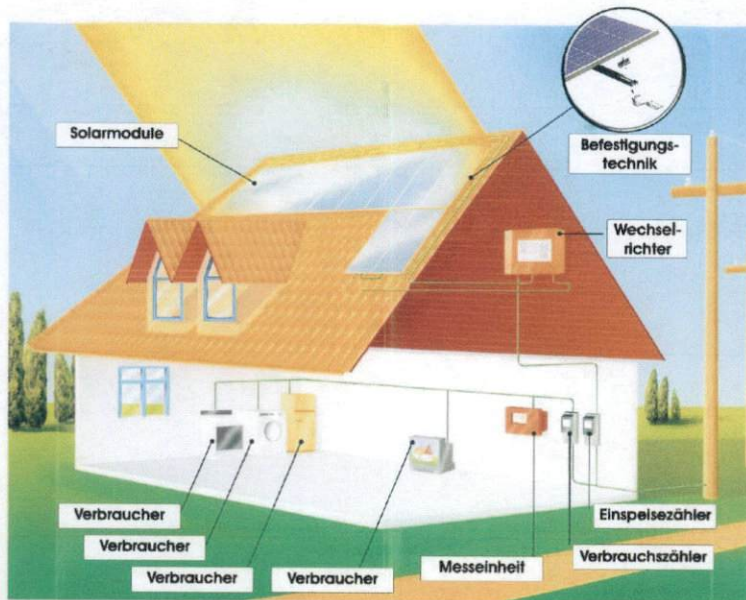
Kurva merepresentasikan semua nilai tegangan-arus yang mungkin. Kurva bergantung pada dua faktor utama: suhu dan radiasi surya yang diterima oleh sel. Untuk sebuah area sel surya, arus yang dihasilkan secara langsung sebanding dengan penyinaran surya (G), sedangkan tegangan berkurang dengan kenaikan suhu. Sebuah pengatur yang baik akan berusaha memaksimalkan jumlah daya yang disediakan oleh panel dengan mengikuti titik yang menyediakan daya maksimum ( $V \times I$ ). Daya maksimum berkaitan dengan lutut kurva IV.<sup>[11]</sup>

Beberapa hal tentang Fotovoltaik :

1. Teknologi yang canggih dengan harga murah, bersih, mudah dipasang (dioperasikan) dan mudah dirawat
2. Menggunakan teknologi kristal dan thin film
3. Modul fotovoltaik tersusun dari beberapa sel fotovoltaik yang dihubung seri dan paralel
4. Biaya yang dikeluarkan 60% dari biaya total

5. Investasi awal yang besar dan harga per kwh listrik yang relatif tinggi yaitu sekitar US \$ 0,25 -0,5/ kWh (kendala utama)<sup>[12]</sup>

Beberapa hal yang mempengaruhi daya sel surya diantaranya: pengaruh penyinaran, pengaruh temperatur, pengaruh luas sel surya, pengaruh kepekaan spektrum, dan pengaruh umur sel surya<sup>[13]</sup>.



Gambar 1. Peralatan sel fotovoltaik

## 2.2 Prinsip Kerja Fotovoltaik

Secara sederhana prinsip kerja solar Sel photovoltaic dapat dijelaskan dengan memisalkan sebagai dioda. Dioda ini terdiri dari semikonduktor tipe N dan semikonduktor tipe P. Untuk membentuk semikonduktor silicon tipe N, yaitu ditambahkan bahan yang bervaleksi 5 yang biasa digunakan antara lain Foster dan Arenakum.

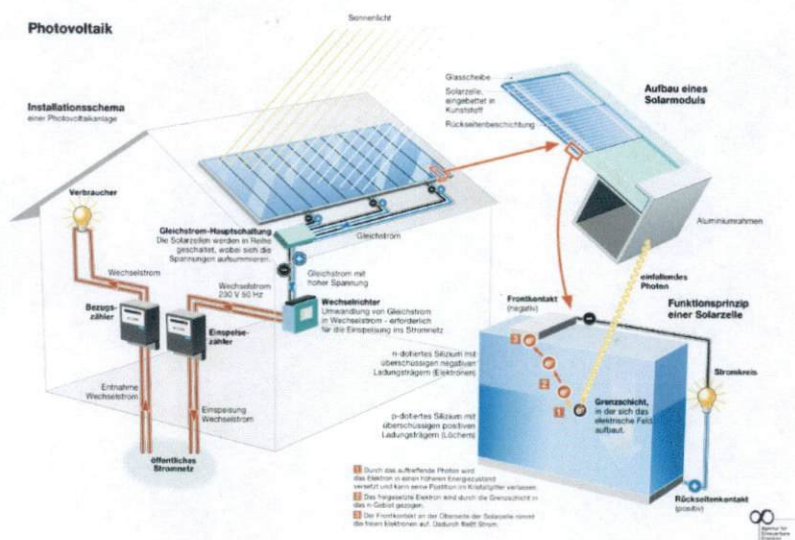
Sedangkan untuk membentuk semikonduktor tipe P maka semikonduktor dengan valensi 4 ditambah dengan bahan yang bervaleksi 3 biasanya dikenal dengan bahan ketidakmurnian. Jenis bahan ini adalah Boron, aluminium, kalsium, dan indium. Penambahan bahan ketidakmurnian ini akan menyebabkan satu bahan electron sehingga berbentuk lubang (hole).

Lubang ini dapat berpindah tempat yang satu ke tempat yang lain di dalam kristal. Yang terjadi adalah electron-elektron Kristal mengisi lubang yang kosong,

sehingga timbul lubang baru. Lubang baru tersebut berpindah disebabkan karena ada electron yang mengisinya, maka setiap lubang akan memiliki muatan positif yang sama dan berlawanan dengan muatan negatif electron.

Bila cahaya matahari yang berupa energy foton datang mengenai sisi permukaan dengan energi lebih besar dari energi celah atau gap yang memisahkan pita valensi dan pita konduksi, maka elektron-elektron bergerak dari pita valensi ke pita konduksi melalui hubungan (junction) P-N. Lubang yang berada pada sisi tipe N bergerak ke posisi tipe P, dan sebaliknya elektron yang berada pada sisi tipe P bergerak ke sisi tipe N. Jika energy foton yang diterima dan diserap cukup besar, maka lubang akan bertahan di sisi tipe P dan elektron bertahan di sisi tipe N, sehingga mengakibatkan perbedaan tegangan antara kedua sisi tersebut (sisi tipe P dan tipe N). Bila sisi P dan N dihubungkan dengan suatu beban tersebut sehingga dapat diperoleh energi listrik.

Karena cahaya menembus kedua lapisan ini, maka akan berbentuk hole elektron. Medan elektrik yang terdapat pada batas lapisan menghalangi lubang (hole) dan elektron yang berkombinasi kembali, dengan demikian alat ini merupakan suatu alat pembangkit listrik kecil yang energinya diperoleh dari cahaya matahari.<sup>[11]</sup>



Gambar 2. Prinsip kerja sel fotovoltaic

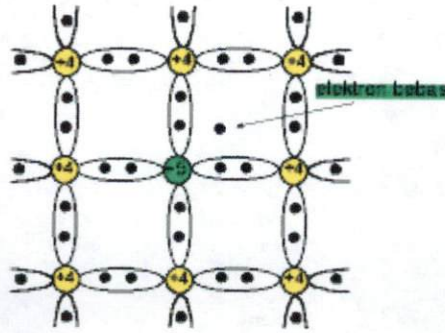
### 2.3 Semikonduktor

Energi radiasi matahari dapat diubah menjadi arus listrik searah dengan menggunakan lapisan-lapisan tipis silikon (Si) murni atau bahan semikonduktor lainnya. Untuk pemakaian sebagai semikonduktor, silikon harus dimurnikan hingga kurang dari satu atom pengotoran per 10<sup>10</sup> atom silikon. Bentuk kristalisasi demikian akan terjadi bilamana silikon cair menjadi padat disebabkan karena tiap atom mempunyai elektron valensi, demikian terjadinya suatu bentuk kristal dimana tiap atom silikon yang bertegangan saling memiliki salah satu elektron valensinya.

Semikonduktor adalah suatu bahan yang dapat berfungsi sebagai konduktor dan juga dapat bersifat sebagai isolator tergantung tempat dan kondisi bahan tersebut. Semikonduktor terdiri dari dua macam yaitu semikonduktor intrinsik dan semikonduktor ekstrinsik. Yang dimaksud dengan semikonduktor intrinsik adalah semikonduktor yang murni yaitu semikonduktor yang belum dikotori oleh atom-atom yang lain, seperti atom silikon atau germanium. Semikonduktor ekstrinsik adalah semikonduktor yang telah dicampur atau dikotori dengan atom-atom penghantar yang mempunyai kekurangan elektron disebut atom akseptor, sedangkan atom-atom penghantar yang mempunyai kelebihan elektron disebut atom donor. Perubahan atom-atom penghantar pada bahan semikonduktor disebut doping. Semikonduktor ini terdiri atas dua jenis tipe, yaitu tipe P dan tipe N.<sup>[11]</sup>

#### Tipe-N

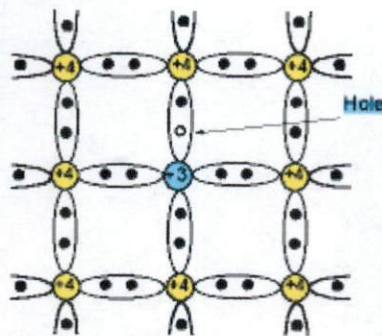
Misalnya pada bahan silikon diberi doping *phosphorus* atau *arsenic* yang pentavalen yaitu bahan kristal dengan inti atom memiliki 5 elektron valensi. Dengan doping, Silikon yang tidak lagi murni ini (*impurity semiconductor*) akan memiliki kelebihan elektron. Kelebihan elektron membentuk semikonduktor tipe-n. Semikonduktor tipe-n disebut juga **donor** yang siap melepaskan elektron.



Gambar 3. Doping atom pentavalen

### Tipe-P

Kalau silikon diberi doping *Boron*, *Gallium* atau *Indium*, maka akan didapat semikonduktor tipe-p. Untuk mendapatkan silikon tipe-p, bahan doppingnya adalah bahan trivalen yaitu unsur dengan ion yang memiliki 3 elektron pada pita valensi. Karena ion silikon memiliki 4 elektron, dengan demikian ada ikatan kovalen yang bolong (*hole*). Hole ini digambarkan sebagai **akseptor** yang siap menerima elektron. Dengan demikian, kekurangan elektron menyebabkan semikonduktor ini menjadi tipe-p. <sup>[14]</sup>



Gambar 4. doping atom trivalen

### 2.4 Cu (Tembaga)

Tembaga adalah unsur kimia yang diberi lambang Cu (Latin: cuprum). Logam ini merupakan penghantar listrik dan panas yang baik. Penggunaan tembaga dapat dilacak sampai 10,000 tahun yang lalu. Sebelum tembaga, diperkirakan hanya besi dan emas, logam yang terlebih dahulu digunakan manusia.

Kandungan tembaga dinyatakan dalam % (persen). Jadi jika satu tambang berkadar 2,3%, berarti dari 100 kg bijih akan dihasilkan 2,3 kg tembaga. Selain sebagai penghasil no.1, tambang tembaga terbesar juga dipunyai Chili. Tambang itu terdapat di Chuquicamata, terletak sekitar 1.240 km sebelah utara ibukota Santiago.

Tembaga dimanfaatkan untuk berbagai keperluan dari komponen listrik, koin, alat rumah tangga, hingga komponen biomedik. Tembaga juga dapat dipadu dengan logam lain hingga terbentuk logam paduan seperti perunggu atau monel.

Namun mesti pula berhati-hati akan sifat racun logam ini. Ini dapat terjadi ketika tembaga menumpuk dalam tubuh akibat penggunaan alat masak tembaga. Unsur Cu yang berlebih dapat merusak hati dan memacu sirosis.<sup>[15]</sup>



Gambar 5. Logam tembaga (Cu)

#### 2.4.1 Sifat Fisika Tembaga

1. Tembaga merupakan logam yang berwarna kuning seperti emas kuning seperti pada gambar dan keras bila tidak murni.
2. Mudah ditempa (liat) dan bersifat mulur sehingga mudah dibentuk menjadi pipa, lembaran tipis dan kawat.
3. Konduktor panas dan listrik yang baik, kedua setelah perak.<sup>[16]</sup>

## 2.4.2 Sifat Kimia Tembaga

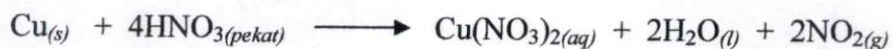
1. Tembaga merupakan unsur yang relatif tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi. Pada udara yang lembab permukaan tembaga ditutupi oleh suatu lapisan yang berwarna hijau yang menarik dari tembaga karbonat basa,  $\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CO}_3$ .
2. Pada kondisi yang istimewa yakni pada suhu sekitar  $300\text{ }^\circ\text{C}$  tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk  $\text{CuO}$  yang berwarna hitam. Sedangkan pada suhu yang lebih tinggi, sekitar  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ , akan terbentuk tembaga(I) oksida ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) yang berwarna merah.
3. Tembaga tidak diserang oleh air atau uap air dan asam-asam nooksidator encer seperti  $\text{HCl}$  encer dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  encer. Tetapi asam klorida pekat dan mendidih menyerang logam tembaga dan membebaskan gas hidrogen. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya ion kompleks  $\text{CuCl}_2^-(\text{aq})$  yang mendorong reaksi kesetimbangan bergeser ke arah produk.



Asam sulfat pekatpun dapat menyerang tembaga, seperti reaksi berikut



4. Asam nitrat encer dan pekat dapat menyerang tembaga, sesuai reaksi



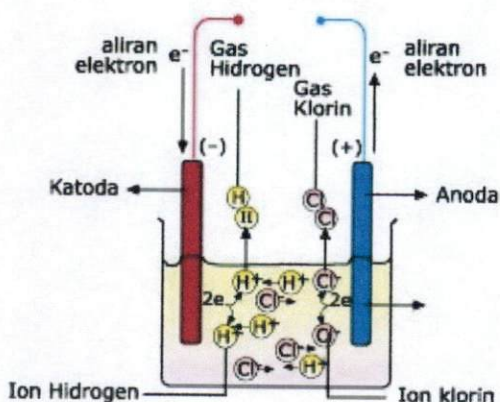
5. Tembaga tidak bereaksi dengan alkali, tetapi larut dalam amonia oleh adanya udara membentuk larutan yang berwarna biru dari kompleks  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^+$ .
6. Tembaga panas dapat bereaksi dengan uap belerang dan halogen. Bereaksi dengan belerang membentuk tembaga(I) sulfida dan tembaga(II) sulfida dan untuk reaksi dengan halogen membentuk tembaga(I) klorida, khusus klor yang menghasilkan tembaga(II) klorida. <sup>[16]</sup>

## 2.5 Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Sedangkan larutan non elektrolit tidak dapat menghantarkan listrik.

Sebagai contoh larutan elektrolit adalah HCl. Larutan HCl di dalam air mengurai menjadi kation ( $H^+$ ) dan anion ( $Cl^-$ ). Terjadinya hantaran listrik pada larutan HCl disebabkan ion  $H^+$  menangkap elektron pada katoda dengan membebaskan gas Hidrogen ( $H_2$ ). Sedangkan ion-ion  $Cl^-$  melepaskan elektron pada anoda dengan menghasilkan gas klorin ( $Cl_2$ ).

Perhatikan gambar berikut.



Gambar 6. Larutan elektrolit KCl

Berdasarkan kemampuan menghantarkan arus listrik (didasarkan pada daya ionisasi), larutan dibagi menjadi dua, yaitu larutan elektrolit, yang terdiri dari elektrolit kuat dan elektrolit lemah serta larutan non elektrolit. Larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan larutan non elektrolit adalah larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik.<sup>[17]</sup>

### 2.5.1 Larutan Elektrolit Kuat

Larutan elektrolit kuat adalah larutan yang mempunyai daya hantar arus listrik, karena zat terlarut yang berada didalam pelarut (biasanya air), seluruhnya dapat berubah menjadi ion-ion dengan derajat ionisasi adalah satu ( $\alpha = 1$ ). Yang tergolong elektrolit kuat adalah :

1. Asam kuat, antara lain: HCl, HClO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub> dan lain-lain.
2. Basa kuat, yaitu basa-basa golongan alkali dan alkali tanah, antara lain : NaOH, KOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, Mg(OH)<sub>2</sub>, Ba(OH)<sub>2</sub> dan lain-lain.
3. Garam-garam yang mempunyai kelarutan tinggi, antara lain : NaCl, KCl, KI, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> dan lain-lain.

### 2.5.2 Larutan Elektrolit Lemah

Larutan elektrolit lemah adalah larutan yang mampu menghantarkan arus listrik dengan daya yang lemah, dengan derajat ionisasi lebih dari nol tetapi kurang dari satu ( $0 < \alpha < 1$ ). Yang tergolong elektrolit lemah adalah:

1. Asam lemah, antara lain: CH<sub>3</sub>COOH, HCN, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S dan lain-lain.
2. Basa lemah, antara lain: NH<sub>4</sub>OH, Ni(OH)<sub>2</sub> dan lain-lain.
3. Garam-garam yang sukar larut, antara lain: AgCl, CaCrO<sub>4</sub>, PbI<sub>2</sub> dan lain-lain.

### 2.6 KCl

Kalium klorida (KCl) adalah senyawa kimia yang mengandung kalium dan klorin. Hal ini dianggap sebagai garam halida, yang berarti bahwa ia mengandung atom halogen dan kristal di alam seperti garam lainnya. Dalam keadaan murni, adalah putih dan tidak berbau. Kalium klorida murni bervariasi dalam warna dari putih menjadi merah muda menjadi merah.

Kalium klorida ditambang dari mineral alami yang dikenal sebagai silvit. Hal ini juga dapat diekstraksi dari air garam dan juga merupakan produk sampingan ketika asam nitrat terbuat dari kalium nitrat dan asam klorida. Kalium klorida begitu mudah tersedia karena memiliki banyak kegunaan, tidak hanya dalam sains dan obat, tetapi dalam kehidupan sehari-hari.

Mungkin yang paling penting, kalium klorida adalah positif utama ion di dalam sel-sel tubuh. Kalium diperlukan untuk fungsi tubuh normal, termasuk yang mempengaruhi hati, konduksi saraf, kontraksi otot, dan normal ginjal fungsi. Hal ini ditemukan dalam senyawa elektrolit bersama dengan natrium, kalsium,

magnesium, fosfat hidrogen, dan hidrogen karbonat, dan membantu mengembalikan tubuh elektrolit dan kadar air. Dengan cara ini, potasium membantu mencegah dan mengobati dehidrasi yang disebabkan oleh olahraga yang berlebihan, sakit, atau intoksikasi.

Meskipun dibutuhkan oleh tubuh, secara berlebihan, kalium bisa berbahaya dan bahkan menyebabkan kematian. Karena itu, kalium digunakan sebagai salah satu dari tiga obat yang diberikan oleh AS dalam kasus suntik mati. Hal ini juga digunakan selama prosedur aborsi untuk menghentikan jantung janin setelah melahirkan.

Sering terjadi tanpa disadari, kalium klorida digunakan hampir setiap hari oleh orang kebanyakan. Hal ini digunakan dalam pelunak air sebagai pengganti natrium klorida dan sebagai pengganti garam dalam makanan. Ditemukan dalam baterai, ia berfungsi sebagai jembatan antara tembaga sulfat dan seng sulfat untuk elektron mengalir.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fotokimia Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Andalas bulan Desember 2010 sampai Februari 2011.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat- alat yang digunakan yaitu neraca analitis, alat-alat gelas, multimeter, dan rakitan sel surya.

Bahan yang digunakan yaitu KCl, NaOH, dan aquabides.

#### **3.3 Prosedur Kerja**

##### **3.3.1 Penyiapan elektroda**

Elektroda yang digunakan yaitu elektroda CuO/Cu tunggal dan serabut. Elektroda Cu tunggal diperoleh dari kabel standar PLN dengan merk Prima 2 x 2,5 mm. Elektroda Cu serabut diperoleh dari kabel standar PLN dengan merk Eterna 2 x 1,5 mm.

Pada pembuatan elektroda Cu tunggal dan serabut dari kabel yang berisi kawat Cu, kabel dipotong sepanjang  $\pm 25$  cm. Karet pembungkus kabel Cu dilepaskan, dan disisakan karet pembungkus tersebut sepanjang  $\pm 4$  cm. Kemudian dilem dan kabel tembaga dimasukkan kedalam tabung reaksi yang sudah dilubangi pada bagian bawahnya.

Elektroda CuO dibuat dengan cara mengoksidasi kawat Cu yang sudah dilepaskan karet pembungkusnya dengan menggunakan larutan NaOH 0,5 N. Masing-masing elektroda CuO/Cu tunggal dan serabut yang sudah teroksidasi kemudian dipasang ke dalam tabung reaksi.

##### **3.3.2 Penyiapan larutan elektrolit**

Larutan KCl 0,5 M (BM = 74,5 gr/mol) disiapkan dengan menimbang sebanyak 9,3125 gram KCl. Kemudian diencerkan dalam labu ukur 250 mL. Larutan ini kemudian dituangkan ke dalam gelas wadah unit sel. Metoda yang

sama dilakukan untuk membuat larutan elektrolit 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 M tetapi dengan massa KCl yang berbeda.

### **3.3.3 Penentuan konsentrasi optimum elektrolit KCl dengan menggunakan pasangan elektroda CuO/Cu tunggal**

Dituangkan larutan KCl 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 M ke dalam masing-masing gelas wadah unit sel sebanyak 250 mL. Elektroda CuO/Cu tunggal dimasukkan ke dalam masing-masing gelas larutan yang konsentrasinya berbeda-beda tersebut. Larutan dan elektroda disinari dengan cahaya matahari selama  $\pm 5$  menit dimulai dari konsentrasi yang rendah ke konsentrasi yang tinggi. Kemudian larutan tersebut diukur arus dan voltasenya dengan menggunakan alat multimeter.

### **3.3.4 Penentuan konsentrasi optimum elektrolit KCl dengan menggunakan pasangan elektroda CuO/Cu serabut**

Metoda yang digunakan sama dengan metoda 2.3.3, tetapi pasangan elektrodanya diganti dengan pasangan elektroda CuO/Cu serabut.

### **3.3.5 Penentuan konsentrasi optimum elektrolit KCl dengan menggunakan pasangan elektroda CuO tunggal /Stainless Steel**

Metoda yang digunakan sama dengan metoda 2.3.3, tetapi pasangan elektrodanya diganti dengan pasangan elektroda CuO tunggal /Stainless Steel.

### **3.3.6 Penentuan konsentrasi optimum elektrolit KCl dengan menggunakan pasangan elektroda CuO serabut /Stainless Steel**

Metoda yang digunakan sama dengan metoda 2.3.3, tetapi pasangan elektrodanya diganti dengan pasangan elektroda CuO serabut /Stainless Steel.

### **3.3.7 Penentuan arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu tunggal dengan memvariasikan waktu (saat penyinaran)**

Larutan KCl yang digunakan disini adalah larutan KCl dengan konsentrasi yang berada pada kondisi optimum (2.3.3). KCl dituangkan ke dalam gelas wadah unit sel. Setelah masing-masing wadah unit sel dan tabung elektroda CuO/Cu tunggal diisi dengan larutan KCl, kemudian dilakukan pengukuran arus dan voltase. Pengukuran ini dilakukan sebelum penyinaran dengan sinar matahari (di

dalam ruangan). Setelah itu, larutan tersebut disinari dengan sinar matahari selama  $\pm 5$  menit. Arus dan voltase kemudian diukur dari masing-masing larutan. Selanjutnya pengukuran dilanjutkan dengan selang waktu 60 menit yaitu dari pukul 10.00 sampai 14.00.

### **3.3.8 Penentuan arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu serabut dengan memvariasikan waktu (saat penyinaran)**

Larutan KCl yang digunakan disini adalah larutan KCl dengan konsentrasi optimum (2.3.4). Metoda yang digunakan sama dengan metoda yang digunakan pada 2.3.7, tetapi elektrodanya diganti dengan CuO/Cu serabut.

### **3.3.9 Penentuan arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO tunggal /Stainless Steel dengan memvariasikan waktu (saat penyinaran)**

Larutan KCl yang digunakan disini adalah larutan KCl dengan konsentrasi optimum (2.3.5). Metoda yang digunakan sama dengan metoda yang digunakan pada 2.3.7, tetapi elektrodanya diganti dengan CuO tunggal /Stainless Steel.

### **3.3.10 Penentuan arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO serabut /Stainless Steel dengan memvariasikan waktu (saat penyinaran)**

Larutan KCl yang digunakan disini adalah larutan KCl dengan konsentrasi optimum (2.3.6). Metoda yang digunakan sama dengan metoda yang digunakan pada 2.3.7, tetapi elektrodanya diganti dengan CuO serabut/Stainless Steel.

### **3.3.11 Penentuan arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dalam bentuk tunggal dengan elektrolit KCl dengan memvariasikan lama waktu perendaman Cu dengan NaOH**

Larutan KCl yang digunakan disini adalah larutan KCl dengan konsentrasi optimum (2.3.3; 2.3.4; 2.3.5; 2.3.6). KCl dituangkan ke dalam gelas wadah unit sel. Setelah masing-masing wadah unit sel diisi dengan larutan KCl, elektroda CuO tunggal / Cu tunggal dan CuO tunggal / Stainless Steel. Kemudian dilakukan pengukuran arus dan voltase masing-masing larutan. Pengukuran ini dilakukan sebelum penyinaran dengan sinar matahari (di dalam ruangan). Setelah itu, larutan tersebut disinari dengan sinar matahari  $\pm 5$  menit. Arus dan voltase kemudian diukur dari masing-masing larutan.

### **3.3.12 Penentuan arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dalam bentuk tunggal dan serabut dengan elektrolit KCl tanpa disinari cahaya matahari**

Larutan KCl yang digunakan disini adalah larutan KCl dengan konsentrasi optimum (2.3.3; 2.3.4; 2.3.5; 2.3.6). KCl dituangkan ke dalam gelas wadah unit sel. Setelah masing-masing wadah unit sel diisi dengan larutan KCl, elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel (dalam bentuk serabut dan tunggal). Kemudian dilakukan pengukuran arus dan voltase masing-masing larutan. Pengukuran ini dilakukan tanpa penyinaran dengan sinar matahari (di dalam ruangan gelap pada malam hari).

### **3.3.13 Penentuan arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dengan elektrolit KCl yang disinari dengan cahaya lampu**

Larutan KCl yang digunakan disini adalah larutan KCl dengan konsentrasi optimum (3.3.6). KCl dituangkan ke dalam gelas wadah unit sel. Setelah masing-masing wadah unit sel diisi dengan larutan KCl, elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel (dalam bentuk serabut dan tunggal). Kemudian dilakukan pengukuran arus dan voltase masing-masing larutan. Pengukuran ini dilakukan di dalam ruangan bercahaya lampu pada malam hari.

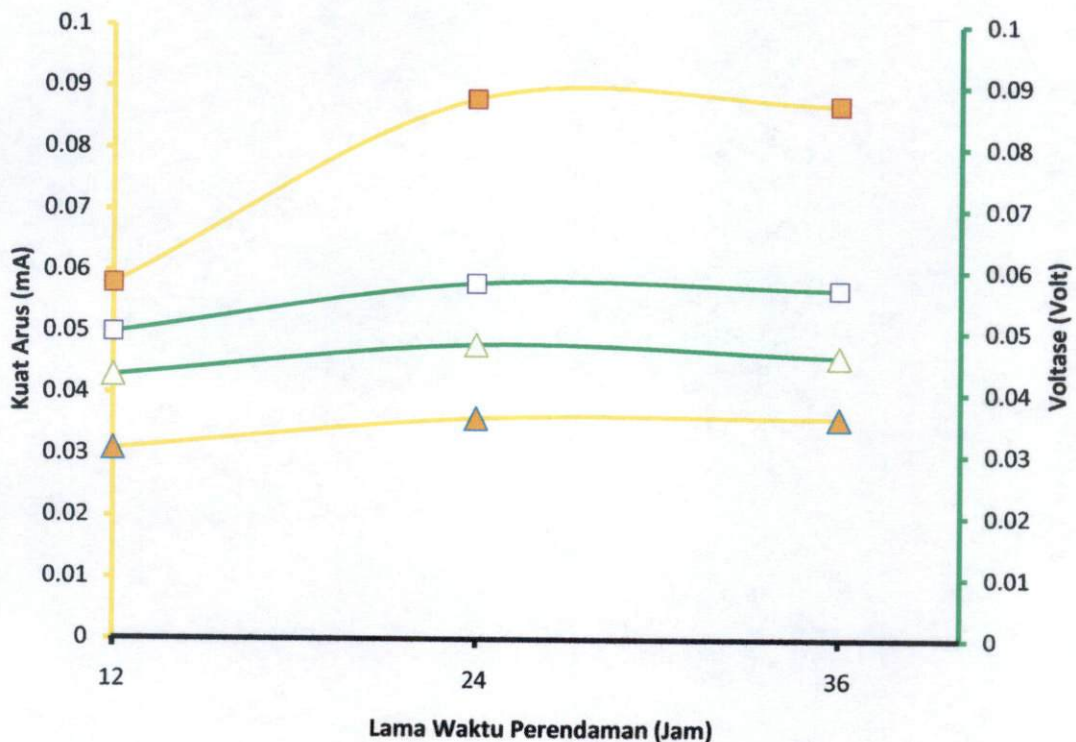
### **3.3.14 Penentuan Nilai Efisiensi Kuat Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel Dalam Bentuk Serabut dan Tunggal**

Nilai efisiensi kuat arus dan voltase sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dalam bentuk serabut dan tunggal dapat ditentukan dengan mencari luas permukaan masing – masing elektroda. Kemudian dihitung jumlah energi yang dihasilkan dan dibagi dengan luas permukaan elektroda maka akan didapatkan nilai efisiensi kuat arus dan voltase.

## BAB IV HASIL DAN DISKUSI

### 4.1 Pengaruh Lama Waktu Perendaman Cu dengan NaOH Untuk Pembuatan Elektroda CuO Terhadap Kuat Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik

Pembuatan CuO dari logam Cu dilakukan dengan cara perendaman Cu dengan NaOH 0,5 N. Variasi waktu perendaman tersebut mempengaruhi kuat arus dan voltase yang dihasilkan. Pengukuran yang dilakukan adalah pada pasangan elektroda CuO pada perendaman selama 12 jam, 24 jam, 36 jam. Hasil ini menunjukkan bahwa kuat arus dan voltase yang dihasilkan pada saat disinari lebih besar dari pada sebelum disinari. Berdasarkan Gambar 7 di atas, perendaman Cu dengan NaOH selama 24 jam merupakan kondisi optimum.



Gambar 7. Pengaruh Lama Waktu Perendaman Cu dengan NaOH Untuk Pembuatan Elektroda CuO Terhadap Kuat Arus (I) dan Voltase (V) Sel Fotovoltaik.

( —▲— I Sebelum Disinari —■— I Saat Disinari —△— V Sebelum Disinari —□— V Saat Disinari )

## **4.2 Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan Elektrolit KCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik**

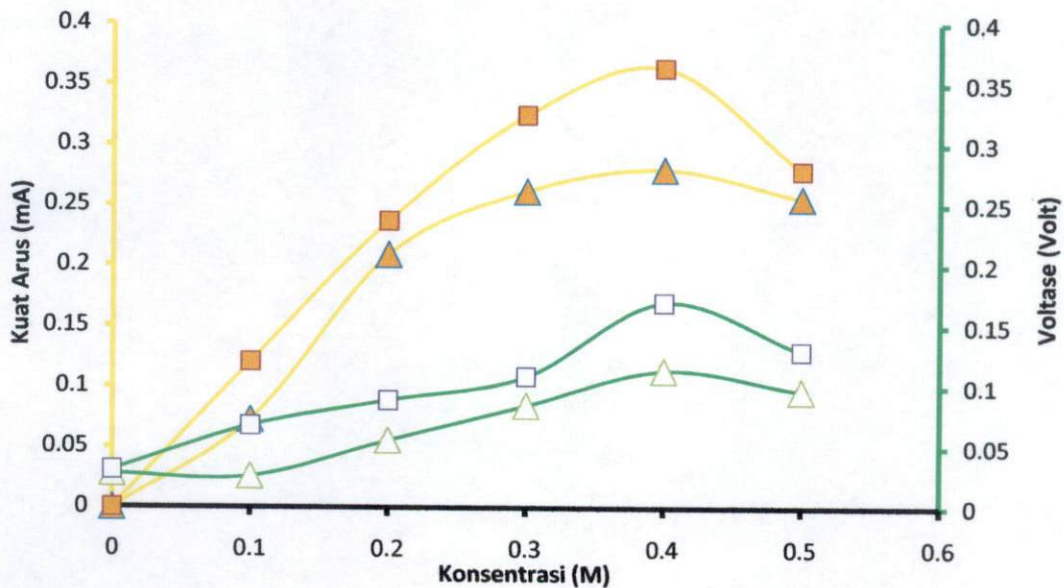
Pada penelitian ini dilakukan dua kali pengukuran kuat arus dan voltase, dimana elektroda dan larutan yang digunakan pada pengukuran hari pertama dan hari kedua adalah sama. Pengukuran hari kedua dilakukan tiga hari setelah pengukuran pada hari pertama. Konsentrasi larutan elektrolit KCl yang digunakan dalam sel fotovoltaik sangat mempengaruhi kuat arus dan voltase yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan elektrolit KCl, maka semakin besar pula kuat arus yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya elektron yang mengalir pada sistem fotovoltaik tersebut. Pada penelitian ini, variasi konsentrasi KCl yang digunakan yaitu 0,5 M; 0,4 M; 0,3 M; 0,2 M; 0,1 M dan 0 M.

### **4.2.1 Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan Elektrolit KCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Serabut**

Pada Gambar 8 terlihat perbedaan kuat arus pada sel fotovoltaik sebelum penyinaran dan saat penyinaran pada waktu 5 menit. Penyinaran dengan matahari menyebabkan terjadinya peningkatan eksitasi elektron pada semikonduktor CuO, sehingga kuat arus dan voltase yang dihasilkan lebih besar pada saat sel fotovoltaik disinari. Energi gab yang dimiliki CuO yaitu sekitar 1,3-1,7 eV menyebabkan semikonduktor ini sangat bagus untuk digunakan dalam sel fotovoltaik.

Pada pengukuran hari pertama (Lampiran 1), kuat arus dan voltase terus meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi larutan KCl. Larutan KCl 0,5 M memiliki kuat arus dan voltase terbesar, yaitu sebesar 0,278 mA (sebelum penyinaran) dan 0,415 (saat penyinaran). Sedangkan pada penyinaran hari ke dua (Lampiran 2), kuat arus dan voltase yang dihasilkan pada konsentrasi KCl 0,5 M mengalami penurunan. Penurunan arus yang dihasilkan dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu setelah disinari terjadi karena elektroda Cu telah berubah menjadi CuO, Fortin. *et al* (2002).

Elektroda Cu serabut yang digunakan pada KCl 0,5 M tersebut teroksidasi menjadi CuO. Hal ini dibuktikan dengan terjadinya perubahan warna elektroda dari kuning kemerahan menjadi kuning kehitam-hitaman (seperti ada noda-noda hitam yang menempel pada elektroda Cu serabut). Untuk pengukuran lebih lanjut, diambil konsentrasi 0,3 M sebagai konsentrasi optimum.



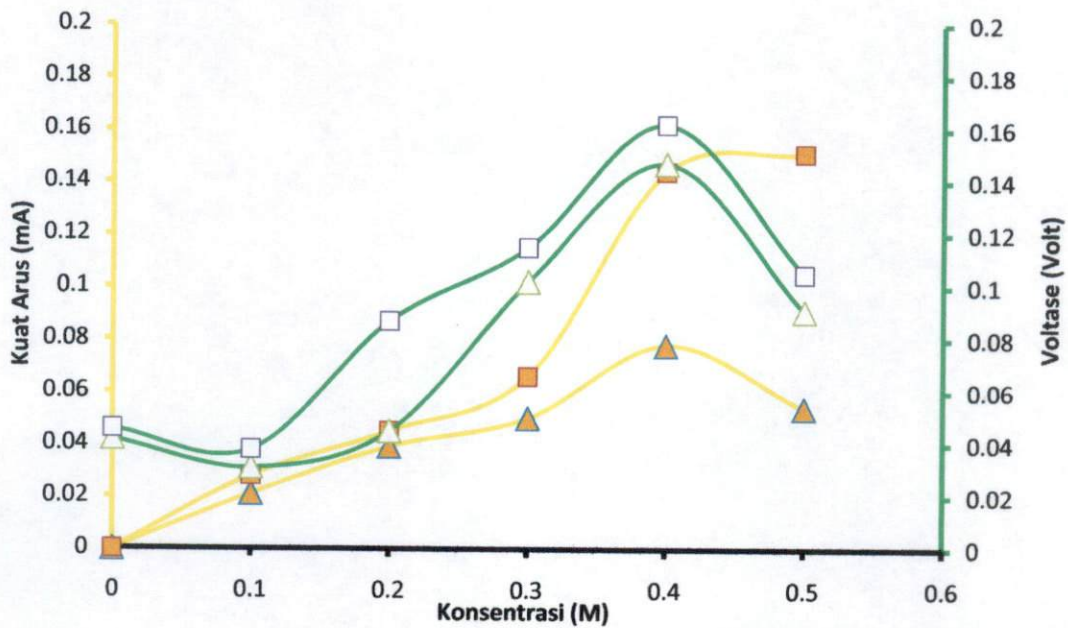
Gambar 8. Variasi konsentrasi larutan elektrolit KCl terhadap kuat arus (I) dan voltase (V) dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu serabut.

( —▲— I Sebelum Disinari —■— I Saat Disinari —▲— V Sebelum Disinari —□— V Saat Disinari )

#### 4.2.2 Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan Elektrolit KCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Tunggal

Gambar 9 memperlihatkan kuat arus dan voltase yang dihasilkan oleh sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu tunggal terhadap variasi konsentrasi. Kuat arus dan voltase yang dihasilkan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi larutan KCl. Pada konsentrasi 0,5 M terjadi penurunan kuat arus yang disebabkan oleh sudah mulai teroksidasinya Cu menjadi CuO. Akibat terjadinya oksidasi, Cu tidak dapat berfungsi dengan baik sehingga sewaktu dilakukan pengukuran, terjadi penurunan nilai kuat arus dan voltase.

Saat disinari, kuat arus yang dihasilkan juga lebih besar dibandingkan dengan sebelum disinari. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya elektron yang tereksitasi pada saat penyinaran dengan sinar matahari. Selain itu, luas permukaan juga akan mempengaruhi kuat arus yang akan dihasilkan. Elektroda CuO/Cu tunggal menghasilkan arus yang lebih kecil dibandingkan dengan CuO/Cu serabut karena perbedaan luas permukaan.



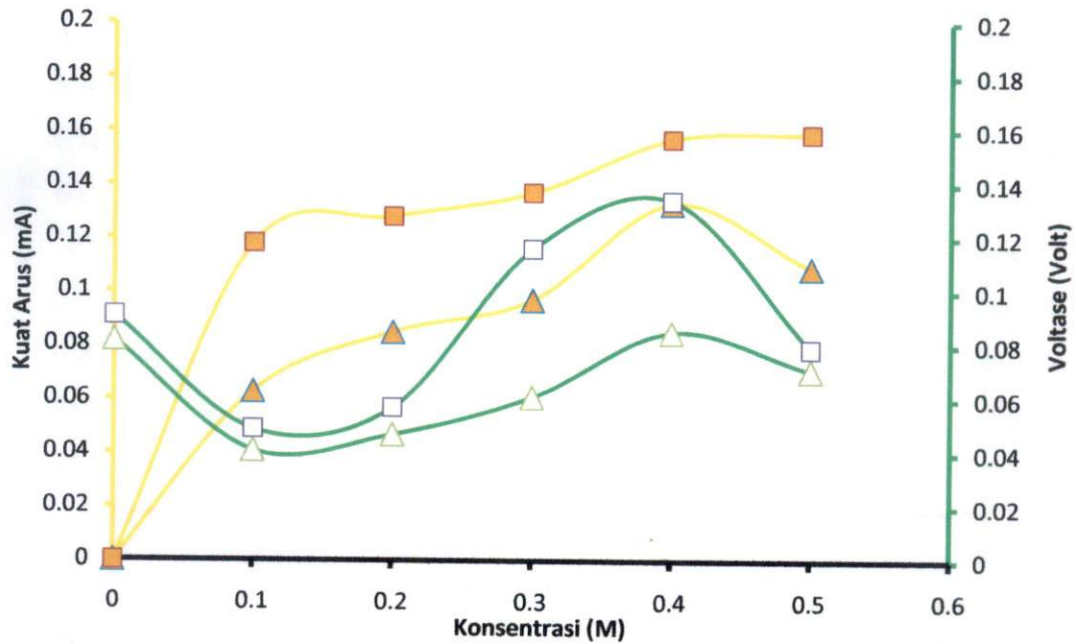
Gambar 9. Variasi konsentrasi larutan elektrolit KCl terhadap kuat arus (I) dan voltase (V) dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu tunggal.

( —▲— I Sebelum Disinari —■— I Saat Disinari —△— V Sebelum Disinari —□— V Saat Disinari )

#### 4.2.3 Penentuan Konsentrasi Optimum larutan Elektrolit KCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Serabut / Stainless Steel

Perpaduan pasangan elektroda CuO serabut dan Stainless Steel juga dapat menghasilkan kuat arus dan tegangan. Gambar 10 menunjukkan bahwa pasangan elektroda CuO serabut dan stainless steel menghasilkan kuat arus dan voltase yang meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi KCl. Hal ini membuktikan

bahwa stainless steel dapat digunakan sebagai elektroda pada sel fotovoltaik meskipun kuat arus dan voltase yang dihasilkan tidak sebesar kuat arus dan voltase yang dihasilkan oleh pasangan CuO/Cu serabut. Hal ini disebabkan oleh senyawa penyusun stainless steel yang terdiri atas kromium, besi, tembaga dan lain-lain.



Gambar 10. Variasi konsentrasi larutan elektrolit KCl terhadap kuat arus (I) dan voltase (V) dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO serabut/stainless steel.

(—▲— I Sebelum Disinari —■— I Saat Disinari —▲— V Sebelum Disinari —□— V Saat Disinari)

#### 4.2.4 Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan Elektrolit KCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Tunggal / Stainless Steel

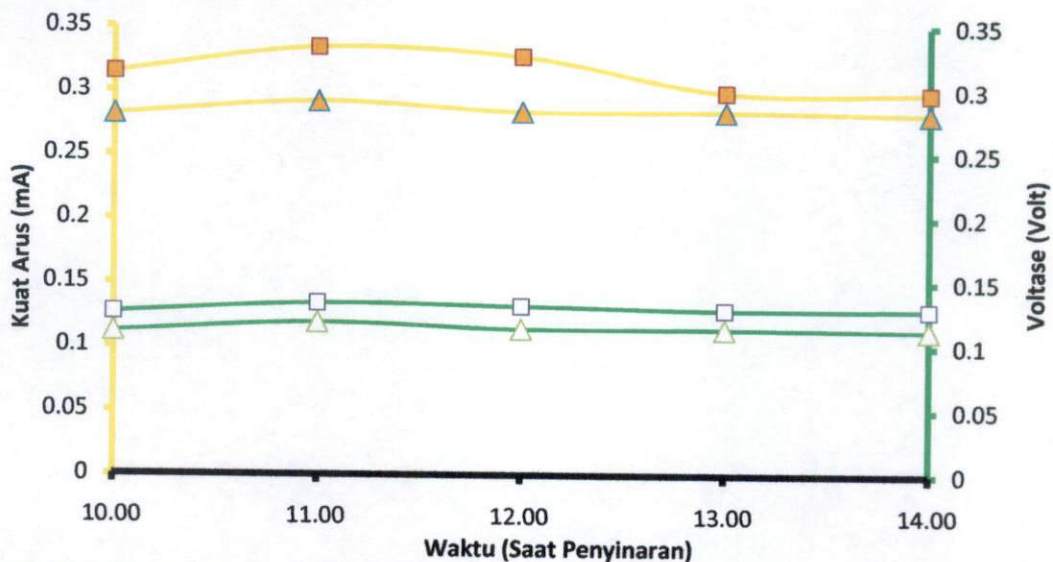
Stainless steel yang dipasangkan dengan semikonduktor CuO dalam bentuk tunggal menjadi sebuah pasangan elektroda pada sel fotovoltaik juga dapat menghasilkan kuat arus dan voltase. Gambar 11 menunjukkan bahwa dengan meningkatnya konsentrasi KCl yang digunakan, maka kuat arus dan voltase yang dihasilkan pada sel fotovoltaik ini juga meningkat. Kuat arus yang dihasilkan pada

konsentrasi optimum dengan memvariasikan waktu penyinaran, mulai dari pukul 10.00 – 14.00 WIB.

#### 4.3.1 Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus dan Voltase dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Serabut

Gambar 12 menunjukkan bahwa waktu (saat pengukuran) dapat mempengaruhi besarnya kuat arus dan voltase yang dihasilkan oleh suatu sel fotovoltaik. Besarnya arus yang dihasilkan juga dipengaruhi dari besarnya intensitas cahaya matahari pada waktu itu dan juga umur dari sel surya (Cahyono Putra, 2000). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin siang, kuat arus yang dihasilkan semakin besar, tetapi semakin sore maka kuat arus yang dihasilkan akan semakin menurun.

Kuat arus yang terbesar terdapat pada pengukuran pada pukul 11.00 WIB yaitu sebesar 0,292 mA (sebelum disinari) dan 0,334 mA (saat disinari) karena intensitas cahaya matahari terbesar didapatkan pada jam 11.00 – 12.00 WIB. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang digunakan oleh sel fotovoltaik sangat bergantung pada waktu (saat pengukuran).



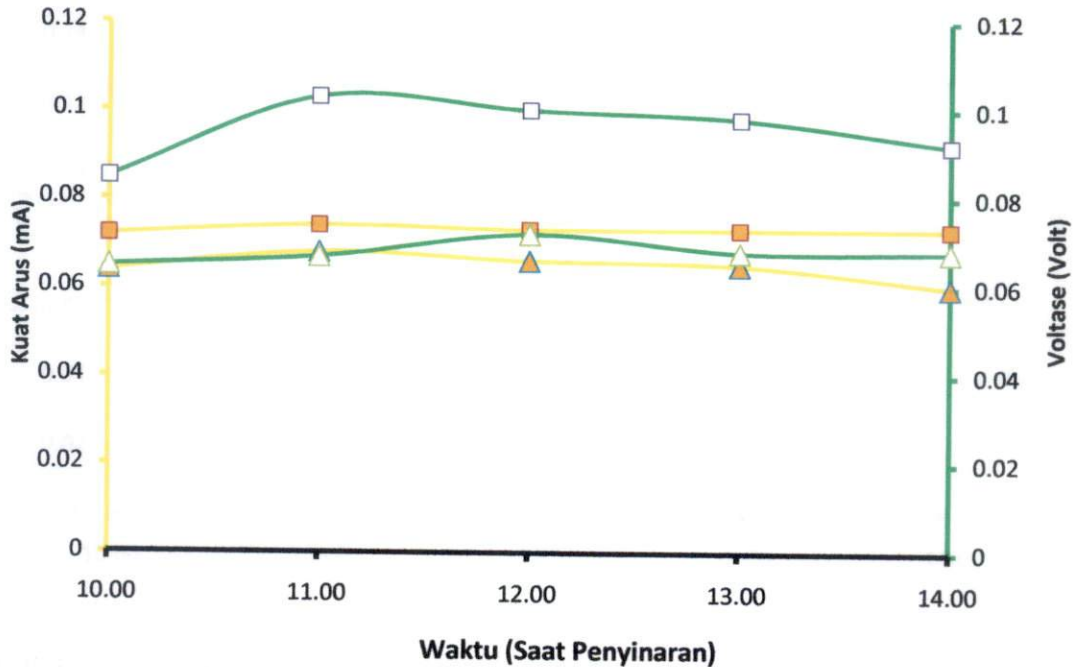
Gambar 12. Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus (I) dan Voltase (V) yang Dihasilkan Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Serabut.

( —▲— I Sebelum Disinari —■— I Saat Disinari —▲— V Sebelum Disinari —□— V Saat Disinari )

### 4.3.2 Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus dan Voltase dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Tunggal

Kuat arus dan voltase yang dihasilkan oleh pasangan elektroda CuO/Cu tunggal dengan memvariasikan waktu pada saat penyinaran dan menggunakan larutan KCl 0,3 M terlihat pada Gambar 13. Variasi waktu yang dilakukan adalah pengukuran pada pukul 10:00 ; 11:00 ; 12:00 ; 13:00; 14:00 WIB.

Kuat arus yang dihasilkan relatif konstan pada saat disinari. Ini menunjukkan bahwa pasangan elektroda ini bisa dipakai dalam jangka waktu yang cukup lama dan bisa dipakai walaupun tidak pada intensitas cahaya maksimum (menjelang sore). Sedangkan pengukuran yang dilakukan sebelum penyinaran menunjukkan semakin sore maka kuat arus dan voltase yang dihasilkan semakin menurun. Tetapi, penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan yaitu berkisar 0,001 - 0,005 mA/Volt. Kuat arus dan voltase yang didapatkan tidak sebesar kuat arus dan voltase pasangan elektroda CuO/Cu serabut.



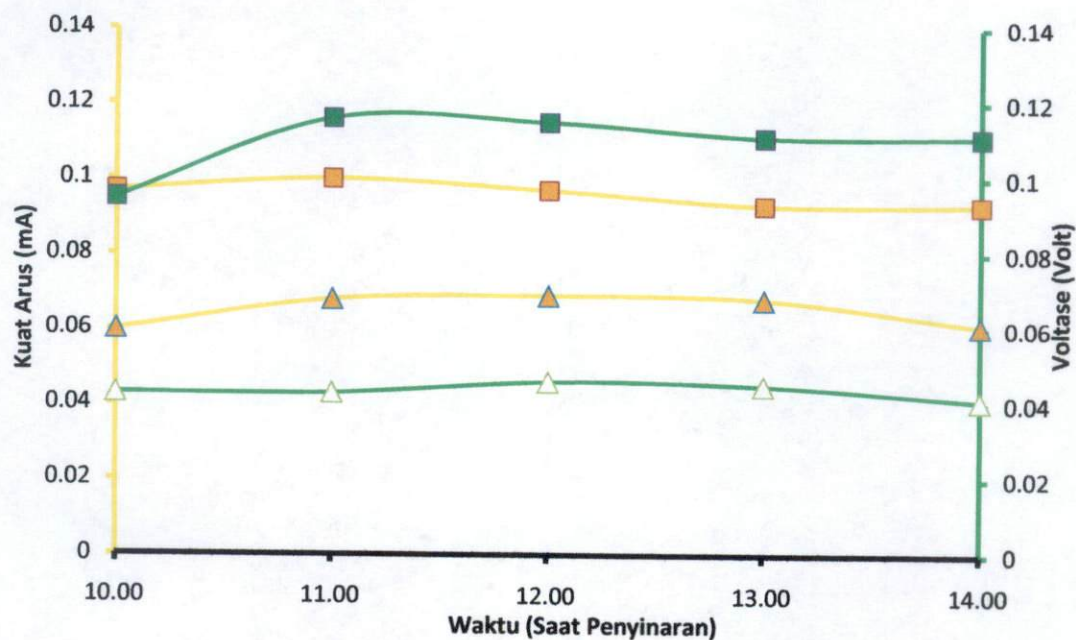
Gambar 13. Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus (I) dan Voltase (V) yang Dihasilkan Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Tunggal.

( —▲— I Sebelum Disinari —■— I Saat Disinari —▲— V Sebelum Disinari —□— V Saat Disinari )

#### 4.3.4 Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus dan Voltase dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Tunggal/Stainless Steel

Gambar 15 memperlihatkan bahwa pasangan elektroda CuO tunggal/Stainless Steel dapat menghasilkan kuat arus dan voltase yang cukup baik, tetapi belum sebaik pasangan elektroda CuO serabut/Stainless Steel. Hal ini disebabkan oleh luas permukaan yang berbeda. Semakin luas permukaan elektroda, maka kuat arus dan voltase yang dihasilkan semakin besar pula.

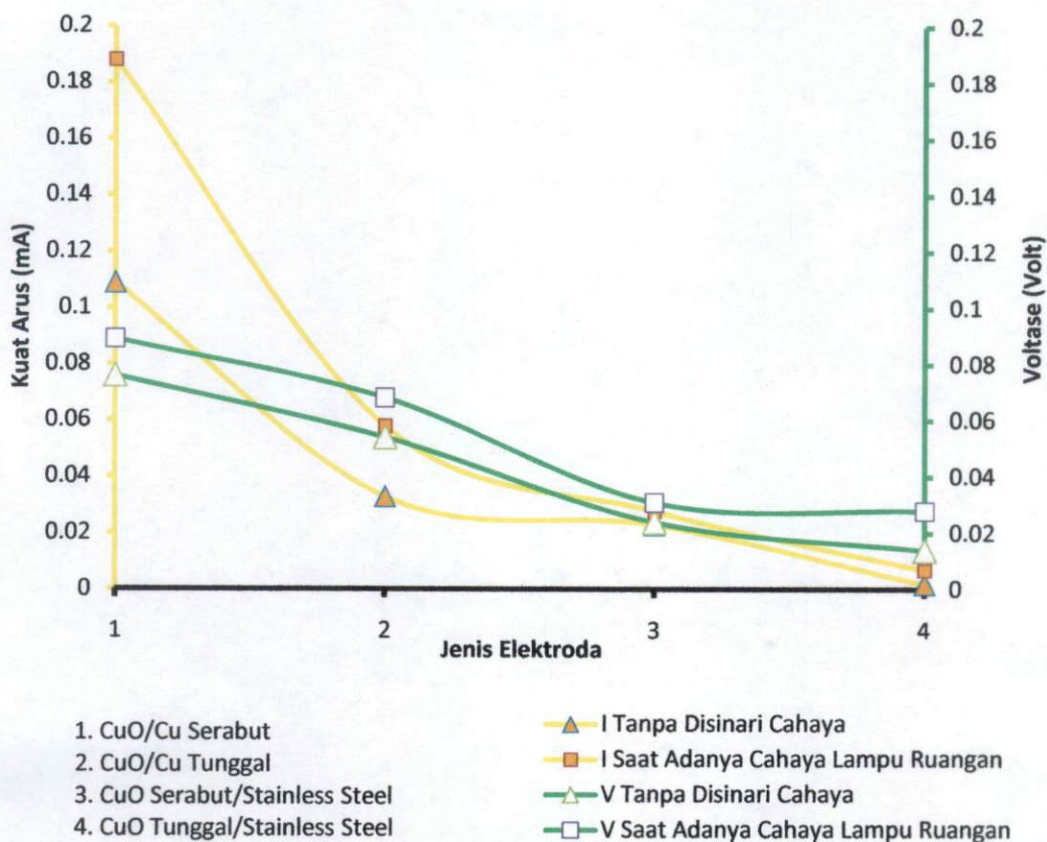
Kuat arus dan voltase yang dihasilkan relatif konstan, karena hanya terjadi sedikit penurunan dengan semakin lamanya waktu penyinaran. Tetapi perlakuan terhadap sel fotovoltaik menunjukkan bahwa pasangan elektroda CuO tunggal/Stainless Steel yang disinari menghasilkan kuat arus dan voltase yang lebih besar pada pukul 11:00. Jadi, pasangan elektroda CuO/Stainless Steel dapat digunakan sebagai semikonduktor dan konduktor pada sel fotovoltaik cair dengan menggunakan elektrolit KCl.



Gambar 15. Pengaruh Variasi Waktu (Saat Pengukuran) Terhadap Kuat Arus (I) dan Voltase (V) yang Dihasilkan Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Tunggal/Stainless Steel. (—▲— I Sebelum Disinari —■— I Saat Disinari —△— V Sebelum Disinari —□— V Saat Disinari)

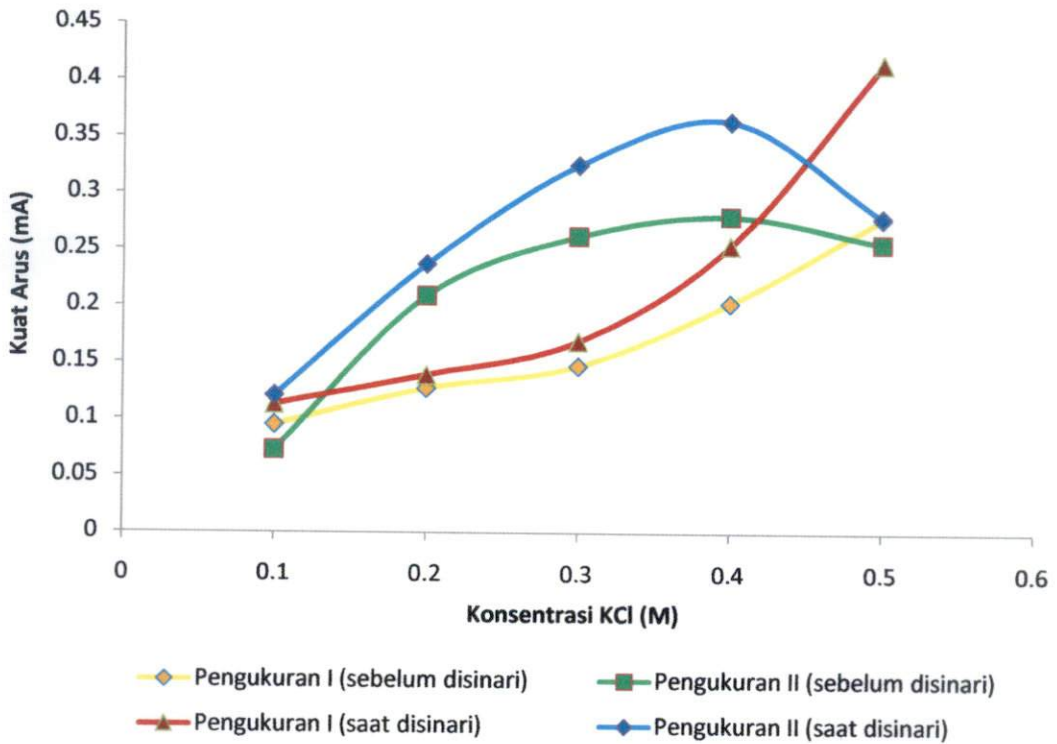
#### 4.4 Pengaruh Tidak Adanya Sinar Matahari Terhadap Kuat Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik

Gambar 16 memperlihatkan bahwa pasangan elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel yang menggunakan larutan elektrolit KCl 0,3 M masih dapat menghasilkan arus listrik dengan voltase tertentu walaupun tanpa adanya cahaya matahari. Pengukuran ini dilakukan pada malam hari, didalam ruangan gelap dan di dalam ruangan yang disinari dengan cahaya lampu. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa pengukuran kuat arus dan voltase di dalam ruang dengan disinari cahaya lampu memberikan hasil yang lebih besar dibandingkan dengan pengukuran pada ruangan gelap (tanpa ada cahaya). Jadi, sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dalam bentuk serabut dan tunggal dapat digunakan pada malam hari tanpa adanya cahaya matahari.



Gambar 16. Pengaruh Tidak Adanya Sinar Matahari Terhadap Kuat Arus Sel Fotovoltaik (diukur pada malam hari).

**4.5 Pengaruh Kestabilan Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel Dalam Bentuk Serabut dan Tunggal Pada Sel Fotovoltaik Terhadap Kuat Arus dan Voltase**



Gambar 17. Pengaruh Kestabilan Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel Dalam Bentuk Serabut dan Tunggal Pada Sel Fotovoltaik Terhadap Kuat Arus

Konsentrasi larutan elektrolit KCl sangat mempengaruhi kestabilan elektroda. Semakin tinggi konsentrasi elektrolit, maka ketidakstabilan elektroda akan semakin besar. Gambar 17 dan 18 menunjukkan bahwa pasangan elektroda rusak pada konsentrasi 0,5 M (Cu teroksidasi menjadi CuO). Pada pengukuran pada hari pertama, kuat arus dan voltase yang dihasilkan terus meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi KCl (elektroda masih dalam keadaan baik). Tetapi pada pengukuran pada hari kedua yang dilakukan tiga hari setelah pengukuran pertama, kuat arus dan voltase yang didapatkan mengalami penurunan pada konsentrasi KCl 0,5 M. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi KCl 0,5 M ini elektroda Cu

masing – masing elektroda. Kemudian dihitung jumlah energi yang dihasilkan dan dibagi dengan luas permukaan.

Nilai efisiensi menunjukkan banyak energi yang dihasilkan elektroda per satuan luas permukaan elektroda, semakin besar luas permukaan maka semakin besar nilai efisiensi. Nilai efisiensi yang dihitung berdasarkan luas permukaan sendok stainless steel didapat sebesar  $3,13 \times 10^{-7}$  watt/cm<sup>2</sup> sedangkan nilai efisiensi yang didapat berdasarkan luas permukaan CuO serabut sebesar  $1,93 \times 10^{-7}$  watt/cm<sup>2</sup>. Hasil yang didapat menunjukkan nilai efisiensi berdasarkan luas permukaan sendok stainless steel lebih besar dibandingkan nilai efisiensi berdasarkan luas permukaan CuO serabut. Padahal luas permukaan CuO serabut lebih besar dibandingkan luas permukaan sendok stainless steel. Hal ini menunjukkan sendok stainless steel tidak mudah teroksidasi dibandingkan dengan tembaga karena tembaga akan cepat teroksidasi didalam larutan garam sehingga menurunkan nilai efisiensinya.

Pada pasangan elektroda CuO tunggal/stainless steel, nilai efisiensi yang didapat berdasarkan luas permukaan sendok stainless steel sebesar  $2,38 \times 10^{-7}$  watt/cm<sup>2</sup>. Nilai efisiensi yang didapat berdasarkan luas permukaan CuO tunggal sebesar  $1,60 \times 10^{-6}$  watt/cm<sup>2</sup>. Nilai efisiensi yang didapat berdasarkan luas permukaan CuO tunggal lebih besar dibandingkan nilai efisiensi yang didapat berdasarkan luas permukaan sendok stainless steel karena voltase yang dihasilkan CuO tunggal lebih besar daripada voltase yang dihasilkan elektroda sendok sehingga mempengaruhi nilai efisiensi.

Pada pasangan elektroda CuO/Cu serabut didapat nilai efisiensi sebesar  $5,75 \times 10^{-7}$  watt/cm<sup>2</sup>, sedangkan pada pasangan elektroda CuO/Cu tunggal didapat nilai efisiensi sebesar  $1,05 \times 10^{-6}$  watt/cm<sup>2</sup>. Nilai efisiensi pasangan elektroda CuO/Cu tunggal lebih besar daripada nilai efisiensi pasangan elektroda CuO/Cu serabut karena elektroda CuO/Cu tunggal lebih tahan dibanding elektroda CuO/Cu serabut. Hal ini dapat dilihat dari elektroda CuO/Cu serabut lebih cepat teroksidasi (menghitam) daripada elektroda CuO/Cu tunggal. Selain itu voltase yang dihasilkan elektroda CuO/Cu tunggal lebih besar dibanding voltase yang dihasilkan elektroda CuO/Cu serabut sehingga mempengaruhi nilai efisiensi.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Elektroda pasangan CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dapat digunakan dalam sel fotovoltaiik cair. Konsentrasi larutan elektrolit KCl berbanding lurus dengan kuat arus dan voltase. Semakin tinggi konsentrasi, maka kuat arus dan voltase juga semakin tinggi sampai pada batas kestabilan Cu. Selain itu, konsentrasi larutan elektrolit yang tinggi menyebabkan Cu teroksidasi menjadi CuO (kestabilannya terganggu).

Lama waktu perendaman Cu untuk membuat CuO dengan NaOH 0,5 N mempengaruhi besar arus yang dihasilkan. Semakin lama waktu perendaman maka semakin besar arus yang dihasilkan. Tetapi kalau terlalu lama waktu perendaman, maka arus yang dihasilkan akan semakin turun. Kuat arus yang dihasilkan pada perendaman selama 12, 24, 36 jam adalah 0.058 mA, 0.088 mA, 0.087 mA.

Pasangan elektroda CuO/Cu tunggal mempunyai efisiensi kuat arus dan voltase yang lebih besar yaitu sebesar  $1,05 \times 10^{-6}$  watt/cm<sup>2</sup>, sedangkan untuk pasangan elektroda CuO/Cu serabut adalah sebesar  $5,75 \times 10^{-7}$  watt/cm<sup>2</sup>. Efisiensi kuat arus dan voltase untuk pasangan elektroda CuO tunggal/Stainless Steel dan CuO serabut/Stainless Steel adalah sebesar  $2,38 \times 10^{-7}$  watt/cm<sup>2</sup> dan  $3,13 \times 10^{-7}$  watt/cm<sup>2</sup>.

#### 5.2 Saran

Penelitian tentang “Fotovoltaiik Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel yang Dibuat Melalui Metoda Perendaman dengan NaOH Dalam Bentuk Tunggal dan Serabut Dengan Elektrolit KCl” merupakan penelitian yang baru dilakukan, maka untuk penelitian lebih lanjut disarankan menambahkan variasi temperatur, pengujian kadar Cu dalam elektrolit sebelum dan sesudah pengukuran dan pelapisan (*plating*) elektroda Cu dengan logam inert (seperti Au, Ag, dan lain-lain) dengan tujuan agar elektroda Cu yang digunakan tidak cepat teroksidasi menjadi CuO.

10. Sreethawong, T et al. 2008. Comparative Investigation Of Mesoporous and Non-Mesoporous Assembled TiO<sub>2</sub> Nanocrystals For Photocatalytic H<sub>2</sub> Production Over N-Doped TiO<sub>2</sub> Under Visible Light Irradiation. *The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, Thailand.*
11. Safana, Sultan. *Energi Panas Surya Dipanaskan.* 2010.
12. Hasbullah, MT. *Konversi Energi Surya.* Teknik Elektro FPTK: UPI
13. Cahyono Putro, Setiadi. 2000. Upaya Peningkatan Efisiensi Sel Surya Fotovoltaik Sebagai Konverter Cahaya Matahari Menjadi Energi Listrik. *Teknologi Kejuruan, Vol 23, No. 2.*
14. Hamonangan, Aswan. *Prinsip Dasar Semikonduktor.* 2009
15. Hernendi, Syafril. *Tembaga: Salah Satu Logam Tua.* 2009
16. Emser wanibesak. *Tembaga: Tambang, Sifat Dan Kegunaan.* 7 November 2010
17. Vogel. 1985. *Buku Teks Analisa Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro.* Jakarta: PT. Kalman Media Pusaka.

## Lampiran 1

Data pengukuran kuat arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu (serabut dan tunggal), CuO serabut / Stainless Steel dan CuO tunggal / Stainless Steel dengan menggunakan larutan elektrolit KCl dengan berbagai konsentrasi pada hari Kamis tanggal 10 Februari 2011, pukul 10.30 WIB. (Pengukuran Hari ke-I)

### a. Elektroda CuO/Cu Serabut

No	Konsentrasi (M)	Sebelum Penyinaran		Saat Penyinaran	
		I (mA)	V (Volt)	I (mA)	V (Volt)
1	0.1	0.095	0.052	0.113	0.090
2	0.2	0.127	0.057	0.139	0.094
3	0.3	0.147	0.068	0.169	0.105
4	0.4	0.203	0.093	0.254	0.113
5	0.5	0.278	0.118	0.415	0.131

### b. Elektroda CuO/Cu Tunggal

No	Konsentrasi (M)	Sebelum Penyinaran		Saat Penyinaran	
		I (mA)	V (Volt)	I (mA)	V (Volt)
1	0.1	0.025	0.026	0.032	0.060
2	0.2	0.029	0.059	0.042	0.085
3	0.3	0.036	0.063	0.056	0.091
4	0.4	0.044	0.082	0.065	0.124
5	0.5	0.052	0.094	0.062	0.137

### Lampiran 3

Data Pengukuran Pengaruh Variasi Waktu Saat Pengukuran Terhadap Kuat Arus dan Voltase dari Sel Fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu (serabut dan tunggal), CuO serabut / Stainless Steel dan CuO tunggal / Stainless Steel dengan menggunakan larutan elektrolit KCl konsentrasi optimum (0,3 M) pada hari Rabu tanggal 16 Februari 2011, pukul 10.00 – 14.00 WIB.

#### a. Elektroda CuO/Cu Serabut

Waktu (jam)	Sebelum Penyinaran		Saat Penyinaran	
	I (mA)	V (Volt)	I (mA)	V (Volt)
10:00	0.282	0.112	0.315	0.127
11:00	0.292	0.119	0.334	0.134
12:00	0.284	0.114	0.327	0.132
13:00	0.284	0.114	0.299	0.129
14:00	0.282	0.113	0.298	0.129

#### b. Elektroda CuO/Cu Tunggal

Waktu (jam)	Sebelum Penyinaran		Saat Penyinaran	
	I (mA)	V (Volt)	I (mA)	V (Volt)
10:00	0.064	0.065	0.072	0.085
11:00	0.068	0.067	0.074	0.103
12:00	0.066	0.072	0.073	0.100
13:00	0.065	0.068	0.073	0.098
14:00	0.060	0.068	0.073	0.092

c. Elektroda CuO Serabut / Stainless Steel

Waktu (jam)	Sebelum Penyinaran		Saat Penyinaran	
	I (mA)	V (Volt)	I (mA)	V (Volt)
10:00	0.094	0.065	0.124	0.096
11:00	0.098	0.087	0.129	0.116
12:00	0.095	0.078	0.130	0.116
13:00	0.094	0.078	0.129	0.114
14:00	0.094	0.078	0.124	0.102

d. Elektroda CuO Tunggal / Stainless Steel

Waktu (jam)	Sebelum Penyinaran		Saat Penyinaran	
	I (mA)	V (Volt)	I (mA)	V (Volt)
10:00	0.060	0.043	0.097	0.095
11:00	0.068	0.043	0.100	0.116
12:00	0.069	0.046	0.097	0.115
13:00	0.068	0.045	0.093	0.111
14:00	0.061	0.041	0.093	0.111

#### Lampiran 4

Data pengukuran pengaruh variasi waktu perendaman dengan NaOH terhadap pengukuran kuat arus dan voltase sel fotovoltaik dengan menggunakan elektrolit KCl konsentrasi optimum (0,3 m) pada hari Kamis tanggal 17 Februari 2011, pukul 10.30 WIB

No	Lama Perendaman (Jam)	Sebelum Penyinaran		Saat Penyinaran	
		I (mA)	V (Volt)	I (mA)	V (Volt)
1	12	0.031	0.043	0.058	0.05
2	24	0.036	0.048	0.088	0.058
3	36	0.036	0.046	0.087	0.057

## Lampiran 6

### Menentukan Nilai Efisiensi Pasangan Elektroda CuO Serabut/Stainless Steel

#### A. Berdasarkan luas permukaan katoda (sendok)

$$\text{Efisiensi} = \frac{I \times V}{A}$$

Dimana :

I : kuat arus (A)

V: voltase (V)

A: luas permukaan sendok ( $\text{cm}^2$ ) = 44,22  $\text{cm}^2$

Jam 10.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,124 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,096 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 2,69 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 11.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,129 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,116 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 3,38 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 12.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,130 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,116 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 3,41 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 13.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,129 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,114 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 3,33 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 14.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,124 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,102 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 2,86 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{\quad}{71,76 \text{ cm}^2} = 2,04 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 14.00 WIB

Efisiensi rata – rata

$$= \frac{(2,96 + 3,38 + 3,41 + 3,33 + 2,86) \times 10^{-7}}{5} = 3,13 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

**B. Berdasarkan luas permukaan anoda (CuO serabut)**

$$\text{Efisiensi} = \frac{I \times V}{A}$$

Dimana :

I : kuat arus (A)

V : voltase (V)

A : luas permukaan CuO serabut (cm<sup>2</sup>)

Diket : r = 0,017 cm

t = 14 cm

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan 1 serabut} &= 2\pi r t \\ &= 2 \times 3,14 \times 0,017 \text{ cm} \times 14 \text{ cm} \\ &= 1,495 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Karena dalam 1 elektroda terdapat 48 serabut,  
maka luas permukaan elektroda menjadi :

$$\begin{aligned} A &= 1,495 \text{ cm}^2 \times 48 \\ &= 71,76 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Jam 10.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,124 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,096 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 1,66 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 11.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,129 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,116 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 2,08 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 11.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0.100 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,116 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 2,62 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 12.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,097 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,115 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 2,52 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 13.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,093 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,111 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 2,33 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 14.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,093 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,111 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 2,33 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Efisiensi rata – rata

$$= \frac{(2,08 + 2,62 + 2,52 + 2,33 + 2,33) \times 10^{-7}}{5} = 2,38 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

**B. Berdasarkan luas permukaan anoda (CuO tunggal)**

$$\text{Efisiensi} = \frac{I \times V}{A}$$

Dimana :

I : kuat arus (A)

V : voltase (V)

A : luas permukaan CuO tunggal (cm<sup>2</sup>)

Diket : r = 0,075 cm

t = 14 cm

Jam 13.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,299 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,129 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 5,38 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 14.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,298 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,129 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 5,35 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Efisiensi rata – rata

$$= \frac{(5,57 + 6,23 + 6,20 + 5,38 + 5,35) \times 10^{-7}}{5} = 5,75 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

### Menentukan Nilai Efisiensi Pasangan Elektroda CuO/Cu Tunggal

$$\text{Efisiensi} = \frac{I \times V}{A}$$

Dimana :

I : kuat arus

V: voltase

A: luas permukaan CuO tunggal

Diket : r = 0,075 cm

t = 14 cm

A =  $2\pi r t$

$$= 2 \times 3,14 \times 0,075 \text{ cm} \times 14 \text{ cm} = 6,594 \text{ cm}^2$$

Jam 10.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,072 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,085 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 9,28 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 11.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,074 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,103 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 1,16 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 12.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,073 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,100 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 1,11 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 13.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,073 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,098 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 1,08 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 14.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,073 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,092 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 1,02 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Efisiensi rata – rata

$$= \frac{(0,93 + 1,16 + 1,11 + 1,08 + 1,02) \times 10^{-6}}{5} = 1,05 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

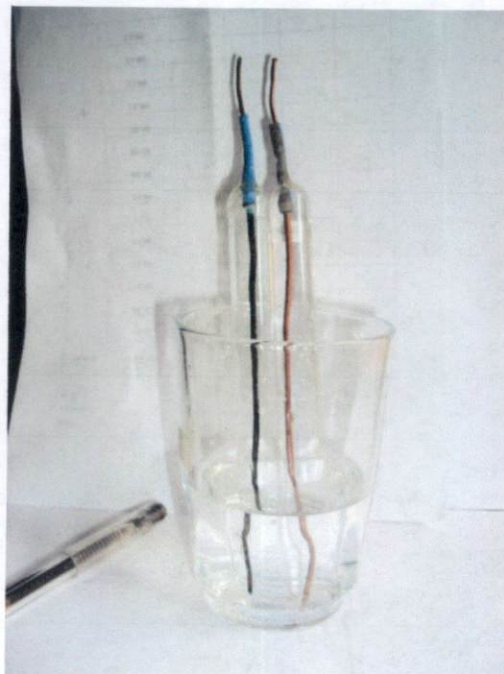
## Lampiran 7

Gambar rangkaian peralatan sel fotovoltaik cair.

1. Rangkaian peralatan sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu serabut



2. Rangkaian peralatan sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu tunggal



3. Rangkaian peralatan sel fotovoltaiik pasangan elektroda CuO serabut/stainless steel



4. Rangkaian peralatan sel fotovoltaiik pasangan elektroda CuO tunggal/stainless steel

