



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 FOTOVOLTAIK PASANGAN ELEKTRODA CuO/Cu DAN
CuO/STAINLESS STEEL DALAM BENTUK TUNGGAL DAN
SERABUT DENGAN ELEKTROLIT NaCl**

SKRIPSI



**OKBERIYANTO
07132019**

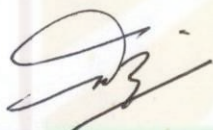
**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2011**

LEMBARAN PENGESAHAN

Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel Dalam Bentuk Tunggal dan Serabut Dengan Elektrolit NaCl, Skripsi oleh Okberiyanto (07 132 019) 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 di depan penguji pada tanggal 25 Maret 2011.

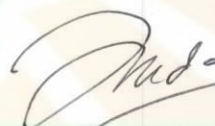
Disetujui oleh :

Pembimbing I



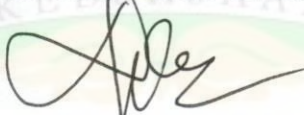
Prof. Dr. Admin Alif, MSc
NIP. 195308081980031005

Pembimbing II



Imelda, MSi
NIP. 132309537

Mengetahui
Ketua Jurusan Kimia
FMIPA Universitas Andalas



Dr. Adlis Santoni
NIP. 196212031988111002

ABSTRAK

SEL FOTOVOLTAIK PASANGAN ELEKTRODA CuO/Cu dan CuO/STAINLESS STEEL DALAM BENTUK TUNGGAL DAN SERABUT DENGAN ELEKTROLIT NaCl

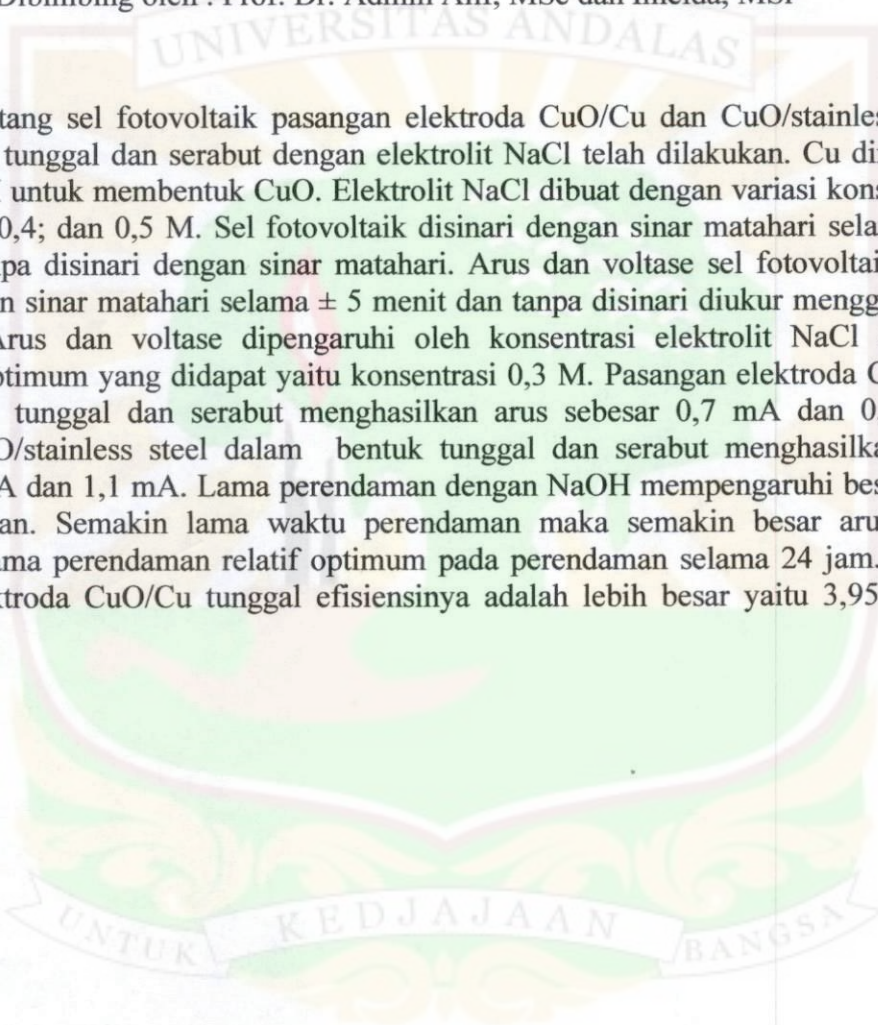
Oleh :

OKBERIYANTO (07132019)

Sarjana Sains (S.Si) dalam Bidang Kimia Fakultas MIPA Universitas Andalas

Dibimbing oleh : Prof. Dr. Admin Alif, MSc dan Imelda, MSi

Penelitian tentang sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu dan CuO/stainless steel dalam bentuk tunggal dan serabut dengan elektrolit NaCl telah dilakukan. Cu direndam dengan NaOH untuk membentuk CuO. Elektrolit NaCl dibuat dengan variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 M. Sel fotovoltaik disinari dengan sinar matahari selama ± 5 menit dan tanpa disinari dengan sinar matahari. Arus dan voltase sel fotovoltaik yang disinari dengan sinar matahari selama ± 5 menit dan tanpa disinari diukur menggunakan multimeter. Arus dan voltase dipengaruhi oleh konsentrasi elektrolit NaCl dimana konsentrasi optimum yang didapat yaitu konsentrasi 0,3 M. Pasangan elektroda CuO/Cu dalam bentuk tunggal dan serabut menghasilkan arus sebesar 0,7 mA dan 0,9 mA. Pasangan CuO/stainless steel dalam bentuk tunggal dan serabut menghasilkan arus sebesar 0,9 mA dan 1,1 mA. Lama perendaman dengan NaOH mempengaruhi besar arus yang dihasilkan. Semakin lama waktu perendaman maka semakin besar arus yang dihasilkan. Lama perendaman relatif optimum pada perendaman selama 24 jam. Untuk pasangan elektroda CuO/Cu tunggal efisiensinya adalah lebih besar yaitu $3,95 \times 10^{-6}$ watt/cm².



ABSTRACT

THE PHOTOVOLTAIC CELL OF CuO/Cu AND CuO/STAINLESS STEEL IN SINGLE AND FIBRE FORM BY NaCl AS THE ELECTROLYTE

By.

OKBERIYANTO (07132019)

Bachelor of Science in Chemistry Faculty of Mathematics and Natural Sciences

University of Andalas

Advised by Prof. Dr. Admin Alif, MSc and Imelda, M.Si

The research about the photovoltaic cell of CuO/Cu electrode couple and CuO/stainless steel in single and fibre form with NaCl as electrolyte has been done. Cu is soaked by NaOH to form CuO. NaCl electrolyte is made by various concentration: 0.1; 0.2; 0.3; and 0.5 M. The photovoltaic cell is treated by two ways: lighted by sun light for ± 5 minutes and without the sun light. The current and voltage of photovoltaic cell of both treatments are measured by multimeter. The current and voltage are influenced by the concentration of NaCl as the electrolyte which the optimum concentration resulted is 0.3 M. CuO/Cu electrode couple in single and fibre form, result 0,7 mA and 0,9 mA of current. CuO/Stainless steel couple in single and fibre form result 0,9 mA and 1,1 mA of current. The period of soaking with NaOH gives the influence to the resulted current. The long period of soaking will cause the high value of current. The period of soaking is relative in 24 hours. The efficiency of the CuO/Cu electrode couple is higher: 3.95×10^{-6} watt/cm².

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian ini dengan judul “Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel Dalam Bentuk Tunggal dan Serabut Dengan Elektrolit NaCl”. Skripsi ini dimaksudkan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas berkat dorongan dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua serta seluruh keluarga besar penulis atas bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materil.
2. Bapak Prof. Dr. Admin Alif , Msc dan ibu Imelda, M.Si, selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan bantuan kepada penulis baik secara moril maupun materil.
3. Bapak Dr. Adlis Santoni selaku ketua Jurusan Kimia, fakultas MIPA Universitas Andalas yang telah memberikan dukungan dan kelancaran sampai penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Mai Efdi, selaku Koordinator Pendidikan Kimia dan koordinator seminar yang senantiasa memberikan kemudahan bagi penulis dalam hal administrasi dan dalam hal pengaturan jadwal seminar
5. Ibu Imelda, Msi selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penulis mengikuti pendidikan.
6. Staf Pengajar di Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Andalas, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama mengikuti pendidikan.

7. Ante Sumidjar Tanjung selaku analis laboratorium Fotoelektrokimia, yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama penulis melakukan penelitian di Laboratorium Fotoelektrokimia Universitas Andalas.
8. Sahabat karib Wahyudi Putra (SPd menyusul) atas kontribusinya dalam mensukseskan perbanyakkan eksemplar skripsi ini. Semoga sukses selalu.
9. Seluruh rekan penelitian di laboratorium Fotoelektrokimia yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil.

Tentunya penulisan skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masamendatang. Semoga skripsi ini bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan. Akhir kata penulis mohon maaf bila ada kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini.

Padang, Maret 2011

Hormat Penulis,

Okberiyanto



DAFTAR ISI

Lembaran Pengesahan	
Daftar Isi	i
Daftar Gambar	v
Daftar Lampiran	vii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Fotovoltaik	3
2.2. Cara Kerja Fotovoltaik.....	5
2.3. Semikonduktor.....	7
2.4. Semikonduktor CuO.....	11
2.5. NaCl.....	13
2.6. Stainless Steel.....	15
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2. Alat dan Bahan	18
3.3. Prosedur Kerja	
3.3.1. Penyiapan elektroda.....	18
3.3.2. Penyiapan larutan elektrolit.....	18
3.3.3. Pengukuran Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Serabut dengan Menggunakan Elektrolit NaCl.....	19
3.3.4. Pengukuran Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Tunggal dengan Menggunakan Elektrolit NaCl.....	19

3.3.5. Pengukuran Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Tunggal /Stainless Steel dengan Menggunakan Elektrolit NaCl.....	19
3.3.6. Pengukuran Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Serabut /Stainless Steel dengan Menggunakan Elektrolit NaCl.....	20
3.3.7. Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dalam Bentuk Serabut dan Tunggal Menggunakan Elektrolit NaCl.....	20
3.3.8. Penentuan Nilai Efisiensi Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel Dalam Bentuk Serabut dan Tunggal.....	20
3.3.9 Pengaruh Variasi Waktu Perendaman dengan NaOH Terhadap Pengukuran Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik dengan Menggunakan Elektrolit NaCl.....	21

BAB IV. HASIL DAN DISKUSI

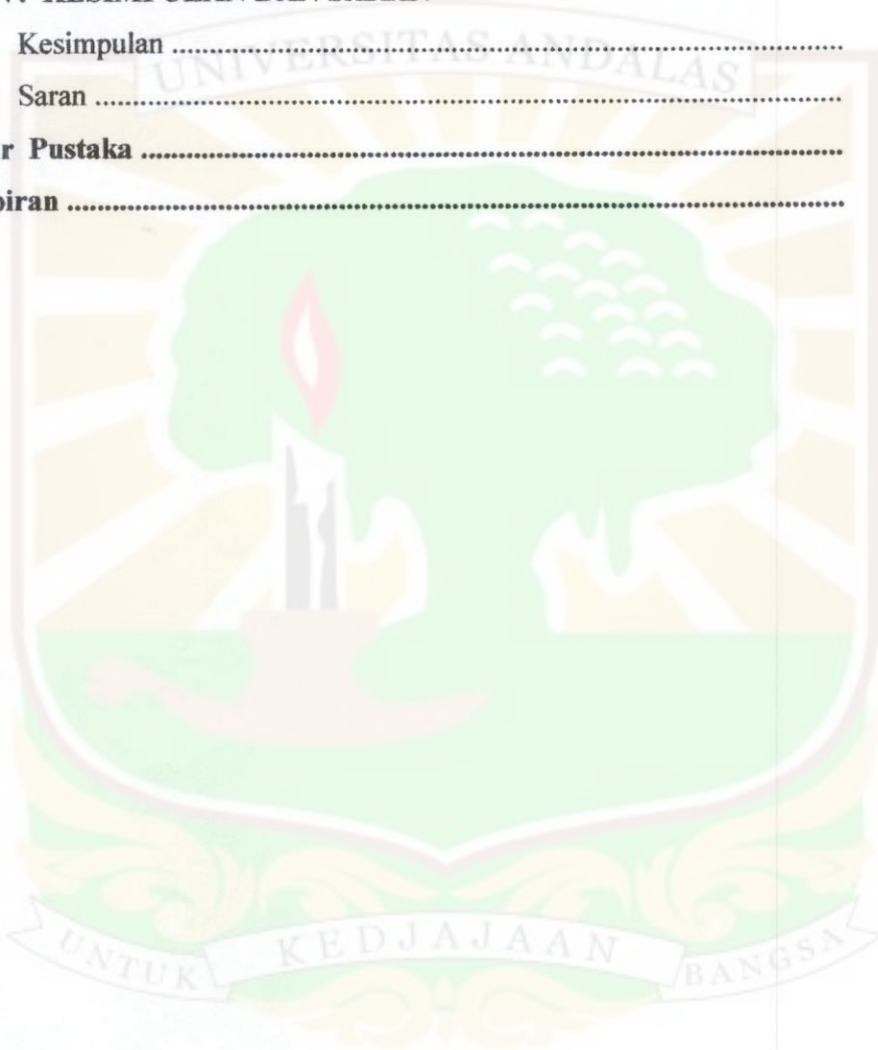
4.1 Pengaruh Berbagai Konsentrasi Elektrolit NaCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik.....	22
4.1.1 Pengaruh Berbagai Konsentrasi Elektrolit NaCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Serabut.....	22
4.1.2 Pengaruh Berbagai Konsentrasi Elektrolit NaCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Tunggal.....	24
4.1.3 Pengaruh Berbagai Konsentrasi Elektrolit NaCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Serabut/ Stainless Steel.....	25
4.1.4 Pengaruh Berbagai Konsentrasi Elektrolit NaCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel	

Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Tunggal / Stainless Steel.....	26
4.2. Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Menggunakan Elektrolit NaCl Konsentrasi Optimum.....	27
4.2.1. Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Serabut Menggunakan Elektrolit NaCl Konsentrasi Optimum.....	27
4.2.2. Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Tunggal Menggunakan Elektrolit NaCl Konsentrasi Optimum.....	28
4.2.3. Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Serabut/Stainless Steel Menggunakan Elektrolit NaCl Konsentrasi Optimum.....	29
4.2.4. Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Tunggal/Stainless Steel Menggunakan Elektrolit NaCl Konsentrasi Optimum.....	30
4.3 Penentuan Nilai Efisiensi Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel Dalam Bentuk Serabut dan Tunggal.....	31
4.4 Pengaruh Variasi Waktu Perendaman dengan NaOH Terhadap Kuat Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik dengan Menggunakan Elektrolit NaCl.....	32
4.4.1 Pengaruh Lama Perendaman dengan NaOH Terhadap Kuat Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik dengan Menggunakan Elektrolit NaCl Dengan Disinari Matahari.....	32
4.4.2 Pengaruh Lama Perendaman dengan NaOH Terhadap Kuat Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik dengan Menggunakan Elektrolit NaCl Dengan Disinari Matahari.....	33

4.5 Perbandingan Arus yang Dihasilkan Pasangan Elektroda CuO/Cudan CuO / Stainless Steel Dalam Bentuk Tunggal dan Serabut.....	34
4.6 Perbandingan Arus yang Dihasilkan Pasangan Elektroda CuO/Cudan CuO / Stainless Steel Dalam Bentuk Tunggal dan Serabut Dengan Variasi Waktu.....	34

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
Daftar Pustaka	37
Lampiran	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Sel Fotovoltaik.....	5
Gambar 2.	Pengoperasian Dasar Sel Fotovoltaik.....	6
Gambar 3.	ModulFotovoltaik.....	9
Gambar 4.	Ikatan Atom Tembaga.....	10
Gambar 5.	Struktur Dua Dimensi Kristal Silikon	11
Gambar 6.	Doping Atom Pentavalen	12
Gambar 7.	Doping Atom Trivalen.....	12
Gambar 8.	StrukturNaCl.....	18
Gambar 9.	Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap kuat arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu serabut dengan variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 Pengukuran dilakukan pada pukul 10.50 WIB.....	19
Gambar 10.	Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap kuat arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu tunggal dengan variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 M. Pengukuran dilakukan pada pukul 10.50 WIB.....	21
Gambar 11.	Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap kuat arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO serabut/stainless steeldengan variasi konsentrasi 0,1;0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 M. Pengukuran dilakukan pada pukul 10.50 WIB.....	22
Gambar 12.	Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap kuat arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO tunggal/stainless steeldengan variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 M. Pengukuran dilakukan pada pukul 10.50 WIB.....	23
Gambar 13.	Pengaruh variasi waktupengukuran terhadap kuat arus dan voltase yang dihasilkan sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu serabut. Pengukuran pada pukul 09.00-14.00 WIB	24
Gambar 14.	Pengaruh variasi waktu pengukuran terhadap kuat arus dan voltase yang dihasilkan sel fotovoltaik pasanganelektroda CuO/Cu tunggal. Pengukuran pada pukul 09.00-14.00 WIB.....	24

Gambar 15. Pengaruh variasi waktu pengukuran terhadap kuat arus dan voltase yang dihasilkan sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO serabut/Stainless steel. Pengukuran padapukul 09.00-14.00 WIB.....	25
Gambar 16. Pengaruh variasi waktu pengukuran terhadap kuat arus dan voltase yang dihasilkan sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO tunggal/Stainless Steel. Pengukuran pada pukul 09.00-14.00 WIB.....	25
Gambar 17. Pengaruh lama perendaman dengan NaOH terhadap kuat arus dan voltase sel fotovoltaik dengan menggunakan elektrolit NaCl dengandisinarmatahari.....	33
Gambar 18. Pengaruh lama perendaman dengan NaOH terhadap kuat arus dan voltase sel fotovoltaik dengan menggunakan elektrolit NaCl tanpa disinari matahari.....	34
Gambar 19. Perbandingan Arus yang Dihasilkan Pasangan Elektroda CuO/Cudan CuO Stainless Steel Dalam Bentuk Tunggal dan Serabut.....	35
Gambar 20. Perbandingan Arus yang Dihasilkan Pasangan Elektroda CuO/Cudan CuO Stainless Steel Dalam Bentuk Tunggal dan Serabut dengan Variasi Waktu.....	35



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pengukuran Kuat Arus dan Voltase.....	40
Lampiran 2. Data Pengukuran Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Menggunakan Elektrolit NaCl Konsentrasi Optimum (konsentrasi 0.3M).....	42
Lampiran 3. Gambar rangkaian peralatan sel fotovoltaik cair.....	44
Lampiran 4. Menentukan nilai Efisiensi.....	46
Lampiran 5. Data Pengukuran Pengaruh Variasi Waktu Perendaman dengan NaOH terhadap Pengukuran Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik dengan menggunakan Elektrolit NaCl.....	53



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam. Sumber daya alam tersebut ada yang dapat diperbaharui dan ada yang tidak dapat diperbaharui. Selain itu, Indonesia juga kaya akan berbagai macam bahan mineral. Sumber daya alam ini dapat digunakan sebagai sumber energi. Sumber daya alam jika terus menerus dipakai maka akan habis nantinya. Oleh karena itu, saat ini sedang dicari alternatif yang dapat dikonversi menjadi sumber energi agar sumber daya alam tidak cepat habis. Saat ini sangat gencar dilakukan penelitian tentang sumber energi yang ramah lingkungan. Penelitian tersebut merupakan bentuk kepedulian ilmuwan terhadap kerusakan yang terjadi di bumi ini.

Energi adalah salah satu tantangan yang kita hadapi pada abad 21 ini. Berdasarkan survey yang dilakukan oleh Professor Ricards Smalley dari *Rice University* mengenai masalah terbesar yang akan dihadapi manusia untuk 50 tahun mendatang, ternyata energi menduduki peringkat pertama. Cadangan sumber energi fosil di seluruh dunia terhitung sejak 2002 yaitu 40 tahun untuk minyak, 60 tahun untuk gas alam, dan 200 tahun untuk batu bara. Dengan keadaan semakin menipisnya sumber energi fosil tersebut, di dunia sekarang ini terjadi pergeseran dari penggunaan sumber energi tak terbarui menuju sumber energi yang terbarui. Dari sekian banyak sumber energi terbarui seperti angin, *biomass* dan *hydro power*, penggunaan energi melalui *solar cell* / sel surya merupakan alternatif yang paling potensial. Hal ini dikarenakan jumlah energi matahari yang sampai ke bumi sangat besar, sekitar 700 Megawatt setiap menitnya. Bila dikalkulasikan, jumlah ini 10.000 kali lebih besar dari total konsumsi energi dunia. Sel surya bekerja menggunakan energi matahari dengan mengkonversi secara langsung radiasi matahari menjadi listrik. Sel surya yang banyak digunakan sekarang ini adalah Sel surya berbasis teknologi silikon yang merupakan hasil dari perkembangan pesat teknologi semikonduktor elektronik. Selain silikon, semikonduktor yang juga sering digunakan adalah titanium.¹

Pada penelitian ini dikembangkan teknik fotovoltaik dengan menggunakan semikonduktor CuO/Cu dan CuO/stainless steel. Pada penelitian ini digunakan sel surya cair karena menggunakan elektrolit NaCl sebagai cairannya. Tembaga diharapkan dapat digunakan sebagai semikonduktor yang dapat menghasilkan arus listrik yang lebih besar dibanding semikonduktor lainnya.

1.2. Perumusan Masalah

Saat ini silikon adalah bahan yang paling banyak digunakan pada fotovoltaik. Oleh sebab itu dilakukan penelitian untuk mencari semikonduktor lain yang dapat digunakan dalam fotovoltaik. Pada penelitian ini, semikonduktor yang digunakan adalah semikonduktor CuO/Cu dan CuO/stainless steel dengan elektrolit NaCl. Permasalahan dari penelitian ini adalah :

1. Apakah elektroda pasangan CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dalam bentuk serabut dan tunggal dapat digunakan dalam sel fotovoltaik cair?
2. Berapa besar arus dan voltase yang dihasilkan pasangan elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dengan elektrolit NaCl dalam sel fotovoltaik?
3. Bagaimana efisiensi dari pasangan elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dengan elektrolit NaCl dalam sel fotovoltaik?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana semikonduktor CuO/Cu dan CuO/stainless steel dengan menggunakan elektrolit NaCl bisa menghasilkan listrik dalam fotovoltaik dan mencari efisiensinya.

1.4. Manfaat Penelitian

Diharapkan hasil penelitian ini dapat menambah informasi dasar tentang penggunaan semikonduktor CuO/Cu dan CuO/stainless steel dalam bidang fotovoltaik dan NaCl sebagai elektrolit yang digunakan. Begitupun nantinya teknik ini dapat diaplikasikan untuk konversi energi surya menjadi energi listrik dalam skala laboratorium maupun skala industri.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fotovoltaik

Energi yang dikeluarkan oleh sinar matahari hanya diterima oleh permukaan bumi sebesar 69 persen dari total energi pancaran matahari. Suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi mencapai 3×10^{24} joule pertahun (setara dengan 2×10^{17} Watt). Jumlah energi sebesar itu setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Menutup 0,1 persen saja permukaan bumi dengan divais solar sel yang memiliki efisiensi 10 persen sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini.

Indonesia berpotensi untuk menjadikan solar sel sebagai salah satu sumber energi masa depannya mengingat posisi Indonesia pada daerah khatulistiwa. Dalam kondisi puncak atau posisi matahari tegak lurus, sinar matahari yang jatuh di permukaan panel surya di Indonesia seluas 1 m^2 mampu mencapai 900 hingga 1000 Watt. Total intensitas penyinaran perharinya di Indonesia mencapai 4500 watt hour/ m^2 yang membuat Indonesia tergolong kaya sumber energi matahari ini. Dengan letaknya di daerah katulistiwa, matahari di Indonesia mampu bersinar hingga 2.000 jam pertahunnya.

Definisi Energi Surya

Energi surya atau dalam dunia internasional lebih dikenal sebagai solar cell atau *photovoltaic cell*, merupakan sebuah divais semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n, yang mampu merubah energi sinar matahari menjadi energi listrik.

Photovoltaic merupakan proses merubah cahaya menjadi energi listrik (*photos*: cahaya dan *volta* nama fisikawan italia yang menemukan tegangan listrik).

Efek Foto Elektrik

Efek fotolistrik adalah peristiwa terlepasnya elektron-elektron dari permukaan logam (disebut sebagai elektron foto) ketika logam tersebut disinari dengan cahaya. Rumus energi berdasarkan teori kuantum adalah $E = nhf$. Dengan demikian, cahaya dipancarkan sebagai partikel-partikel kecil yang disebut *foton*. Efek fotolistrik dipengaruhi oleh dua sifat penting dari gelombang cahaya yakni: intensitas cahaya dan frekuensi

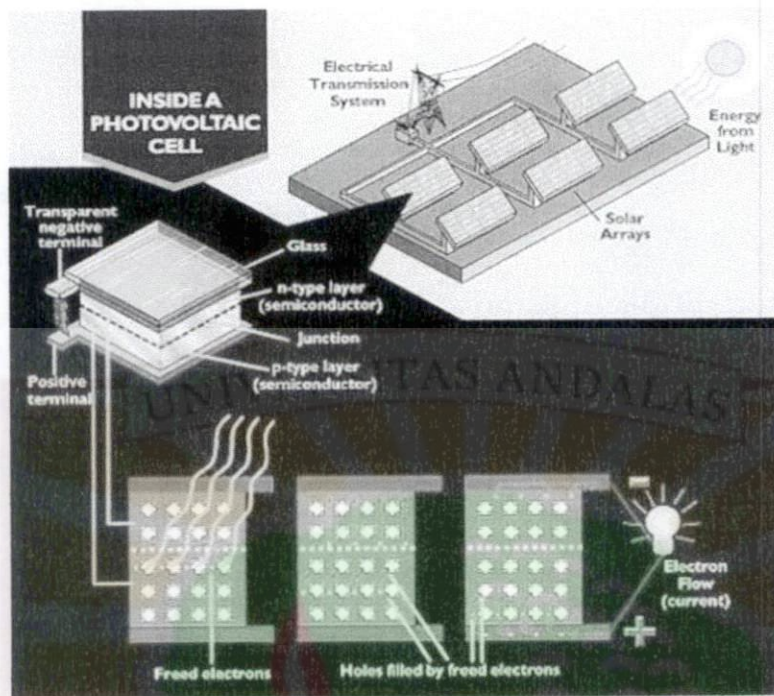
Beberapa sifat penting yang terjadi pada efek foto listrik adalah besarnya energi kinetik maksimum elektron foto tidak tergantung pada intensitas cahaya. Permukaan dari sel surya membutuhkan frekuensi minimum tertentu yang disebut frekuensi ambang (f_0) untuk dapat menghasilkan elektron foto. Elektron-elektron dapat terbebas dari permukaan sel surya hampir tanpa selang waktu, yaitu kurang dari 10^{-9} detik setelah penyinaran. Energi kinetik maksimum elektron foto bertambah jika frekuensi cahaya diperbesar. Semua foton memiliki energi yang sama sebesar hf , sehingga apabila intensitas cahaya dinaikkan namun dengan frekuensi yang tetap akan menambah jumlah foton, tetapi tidak menambah energi yang dipancarkan.²

Fotovoltaik

" Sel Fotovoltaik (PV) adalah alat yang mengkonversi sinar matahari menjadi listrik, melewati siklus termodinamika dan generator mekanis. PV adalah singkatan untuk foto (cahaya) dan volta (listrik)"²

Beberapa hal tentang fotovoltaik adalah teknologi yang canggih dengan harga murah, bersih, mudah dipasang (dioperasikan) dan mudah dirawat, menggunakan teknologi kristal dan thin film, modul fotovoltaik tersusun dari beberapa sel fotovoltaik yang dihubungkan seri dan parallel, biaya yang dikeluarkan 60% dari biaya total, investasi awal yang besar dan harga per kwh listrik yang relatif tinggi yaitu sekitar US \$ 0,25 -0,5/ kWh (kendala utama)²

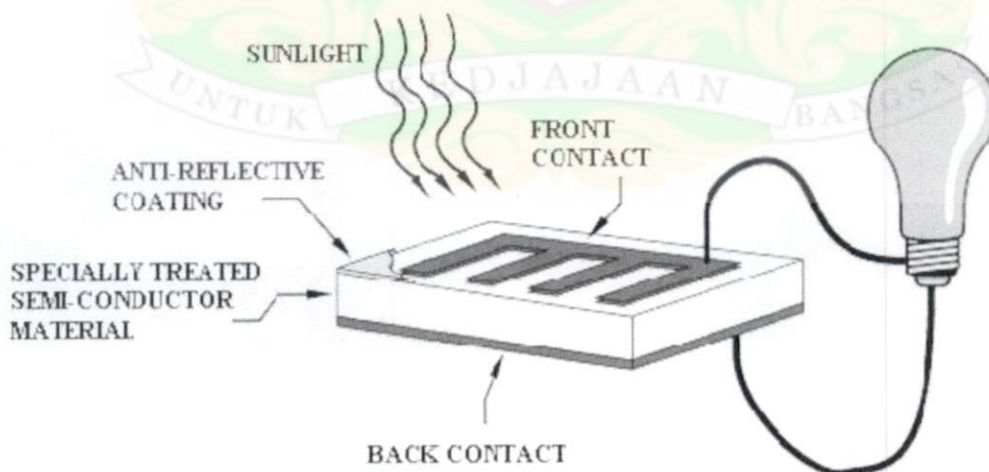
Sel Fotovoltaik



Gambar 1. Sel Fotovoltaik

2.2 Cara Kerja Fotovoltaik

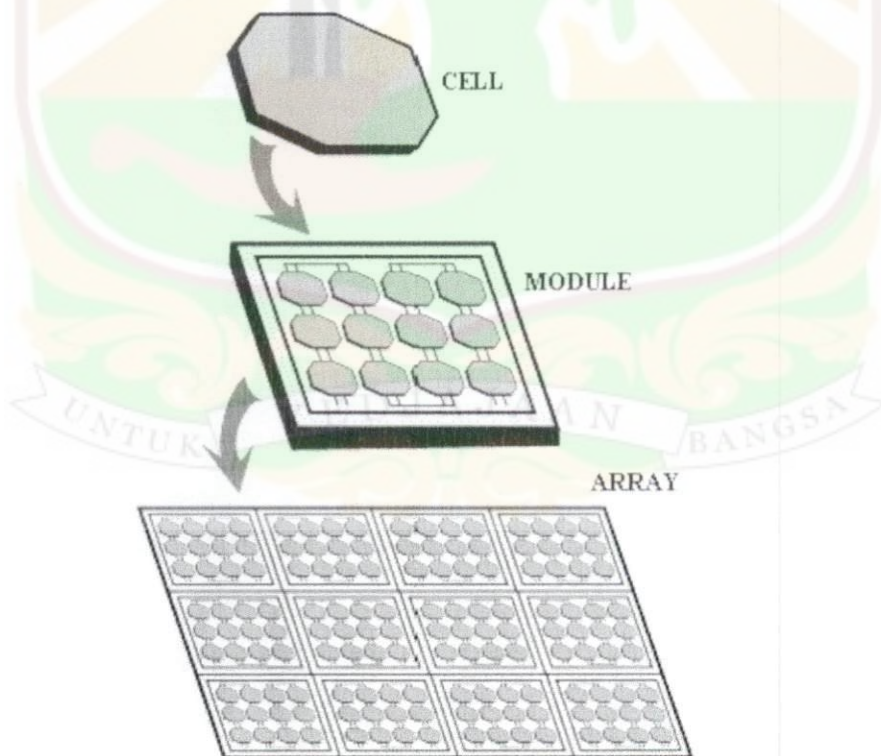
Fotovoltaik adalah konversi langsung cahaya menjadi listrik pada tingkat atom. Beberapa bahan menunjukkan sebuah properti yang dikenal sebagai efek fotolistrik yang menyebabkan mereka untuk menyerap foton cahaya dan melepaskan elektron. Ketika elektron bebas ini ditangkap, dihasilkan arus listrik yang dapat digunakan sebagai listrik.



Gambar 2. Pengoperasian Dasar Sel Fotovoltaik

Diagram di atas menggambarkan pengoperasian dasar sel fotovoltaik, juga disebut sel surya. Sel surya terbuat dari jenis yang sama dari bahan semikonduktor, seperti silikon, yang digunakan dalam industri mikroelektronika. Untuk sel surya, wafer semikonduktor tipis diperlakukan secara khusus untuk membentuk medan listrik, di satu sisi positif dan negatif di sisi lain. Ketika energi cahaya matahari mengenai sel, elektron terlepas dari atom yang ada dalam material semikonduktor. Jika konduktor listrik yang melekat pada sisi positif dan negatif, membentuk sebuah rangkaian listrik, elektron dapat ditangkap dalam bentuk arus listrik – inilah, listrik. Listrik ini kemudian dapat digunakan untuk menyalakan sebuah beban, seperti lampu atau alat.

Sejumlah sel surya secara elektrik dihubungkan satu sama lain dan dipasang pada struktur pendukung atau frame yang disebut modul fotovoltaik. Modul ini dirancang untuk pasokan listrik pada tegangan tertentu, misalnya sistem yang sudah umum, yaitu, 12 volt. Arus yang dihasilkan secara langsung tergantung pada seberapa banyak cahaya menerpa modul.



Gambar 3. Modul Fotovoltaik

Beberapa modul dapat dihubungkan bersama untuk membentuk sebuah array. Secara umum, semakin besar wilayah modul atau array, semakin banyak listrik yang akan dihasilkan. Modul fotovoltaik dan array menghasilkan listrik arus searah (dc). Modul dan array ini secara elektrik dapat dihubungkan baik secara seri dan paralel untuk menghasilkan kombinasi tegangan dan arus yang dibutuhkan.⁴

2.3 Semikonduktor

Semikonduktor merupakan elemen dasar dari komponen elektronika seperti dioda, transistor dan sebuah IC (*integrated circuit*). Disebut semi atau setengah konduktor, karena bahan ini memang bukan konduktor murni. Bahan-bahan logam seperti tembaga, besi, timah disebut sebagai konduktor yang baik sebab logam memiliki susunan atom yang sedemikian rupa, sehingga elektronnya dapat bergerak bebas.

Sebenarnya atom tembaga dengan lambang kimia Cu memiliki inti 29 ion (+) dikelilingi oleh 29 elektron (-). Sebanyak 28 elektron menempati orbit-orbit bagian dalam membentuk inti yang disebut nucleus. Dibutuhkan energi yang sangat besar untuk dapat melepaskan ikatan elektron-elektron ini. Satu buah elektron lagi yaitu elektron yang ke-29, berada pada orbit paling luar.

Orbit terluar ini disebut pita valensi dan elektron yang berada pada pita ini dinamakan elektron valensi. Karena hanya ada satu elektron dan jaraknya 'jauh' dari nucleus, ikatannya tidaklah terlalu kuat. Hanya dengan energi yang sedikit saja elektron terluar ini mudah terlepas dari ikatannya.



Gambar 4. Ikatan Atom Tembaga

Pada suhu kamar, elektron tersebut dapat bebas bergerak atau berpindah-pindah dari satu nucleus ke nucleus lainnya. Jika diberi tegangan potensial listrik,

elektron-elektron tersebut dengan mudah berpindah ke arah potensial yang sama. Phenomena ini yang dinamakan sebagai arus listrik.

Isolator adalah atom yang memiliki elektron valensi sebanyak 8 buah, dan dibutuhkan energi yang besar untuk dapat melepaskan elektron-elektron ini. Dapat ditebak, semikonduktor adalah unsur yang susunan atomnya memiliki elektron valensi lebih dari 1 dan kurang dari 8. Tentu saja yang paling "semikonduktor" adalah unsur yang atomnya memiliki 4 elektron valensi.

Susunan Atom Semikonduktor

Bahan semikonduktor yang banyak dikenal contohnya adalah Silicon (Si), Germanium (Ge) dan Galium Arsenida (GaAs). Germanium dahulu adalah bahan satu-satunya yang dikenal untuk membuat komponen semikonduktor. Namun belakangan, silikon menjadi populer setelah ditemukan cara mengekstrak bahan ini dari alam. Silikon merupakan bahan terbanyak ke dua yang ada di bumi setelah oksigen (O_2). Pasir, kaca dan batu-batuan lain adalah bahan alam yang banyak mengandung unsur silikon. Dapatkah anda menghitung jumlah pasir dipantai.

Struktur atom kristal silikon, satu inti atom (*nucleus*) masing-masing memiliki 4 elektron valensi. Ikatan inti atom yang stabil adalah jika dikelilingi oleh 8 elektron, sehingga 4 buah elektron atom kristal tersebut membentuk ikatan kovalen dengan ion-ion atom tetangganya. Pada suhu yang sangat rendah ($0^{\circ}K$), struktur atom silikon divisualisasikan seperti pada gambar berikut.



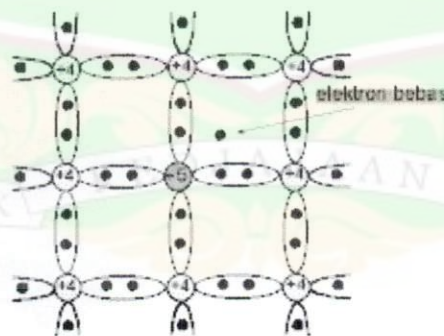
Gambar 5. Struktur Dua Dimensi Kristal Silikon

Ikatan kovalen menyebabkan elektron tidak dapat berpindah dari satu inti atom ke inti atom yang lain. Pada kondisi demikian, bahan semikonduktor bersifat isolator karena tidak ada elektron yang dapat berpindah untuk menghantarkan listrik. Pada suhu kamar, ada beberapa ikatan kovalen yang lepas karena energi panas, sehingga memungkinkan elektron terlepas dari ikatannya. Namun hanya beberapa jumlah kecil yang dapat terlepas, sehingga tidak memungkinkan untuk menjadi konduktor yang baik.

Ahli-ahli fisika terutama yang menguasai fisika quantum pada masa itu mencoba memberikan doping pada bahan semikonduktor ini. Pemberian doping dimaksudkan untuk mendapatkan elektron valensi bebas dalam jumlah lebih banyak dan permanen, yang diharapkan akan dapat menghantarkan listrik. Kenyataannya demikian, mereka memang iseng sekali dan jenius.

Tipe-N

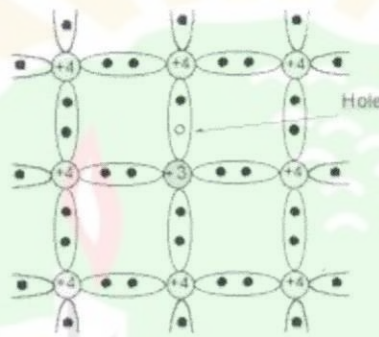
Misalnya pada bahan silikon diberi doping *phosphorus* atau *arsenic* yang pentavalen yaitu bahan kristal dengan inti atom memiliki 5 elektron valensi. Dengan doping, Silikon yang tidak lagi murni ini (*impurity semiconductor*) akan memiliki kelebihan elektron. Kelebihan elektron membentuk semikonduktor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



Gambar 6. 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 dopingnya 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.¹⁰



Gambar 7. Doping Atom Trivalen

Semikonduktor kalkopirit adalah diharapkan sebagai salah satu bahan alternatif untuk sel surya silicon. Fitur semikonduktor kalkopirit termasuk mempunyai efisiensi penyerapan optik tinggi, degradasi cahaya rendah, dan ketahanan radiasi tinggi. Tembaga disulfida indium, CuInS_2 (CIS) adalah semikonduktor kalkopirit tipe-p terkenal. CIS merupakan bahan yang cocok untuk efisiensi tinggi sel surya karena band gap (1,5 eV) yang dekat dengan energi gap yang ideal, yang sesuai dengan spektrum matahari. Selain itu, struktur band menunjukkan transisi langsung, yang menyediakan efisiensi tinggi. Efisiensi tertinggi 12% sebagai lapisan penyerap telah diperoleh untuk sel surya CIS dengan menggunakan teknik penguapan vakum.⁵

Cd sel surya berbasis CIS dengan TiO_2 dan In_2O_3 telah dibuat dengan metode penguapan. Indium tembaga sulfida (CuInS_2) / sel surya In_2S_3 yang dibuat dengan menggunakan metode spray pirolisis dan tinggi kepadatan arus hubung singkat dan tegangan rangkaian terbuka moderat diperoleh dengan menyesuaikan

kondisi deposisi dan ketebalan lapisan kedua. Akibatnya, efisiensi yang relatif tinggi 9,5% (daerah aktif) diperoleh tanpa lapisan anti-refleksi dan dilaporkan menunjukkan efisiensi dari 3-9,5 %.^{6,8}

Semikonduktor oksida adalah salah satu alternatif untuk sel surya silikon. Fitur semikonduktor oksida mempunyai penyerapan optik yang tinggi dan biaya bahan baku. Rendah. Titanium dioksida (TiO_2) sebagai sebuah semikonduktor tipe-n juga telah digunakan sebagai bahan elektroda untuk sel surya. TiO_2 juga merupakan material yang aman dan murah untuk lingkungan sel surya.⁹

Film oksida yang didoping dengan timah (sekitar 3%) indium dengan tebal 80 nm disimpan dengan magnetron sputtering dan ditemukan untuk membentuk sebuah penghalang pada kristal Cu_2O yang kualitasnya setara atau lebih tinggi dari tembaga. Lapisan indium timah oksida (ITO) memiliki transmisi optik yang baik (lebih dari 85%) dan konduktivitas listrik tinggi (sekitar $3 \times 10^3 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$). Sel depan ITO/ Cu_2O dipelajari untuk properti fotovoltaik mereka dalam tampilan aplikasi yang mungkin sebagai sel surya. Studi awal memberikan 1,0 – 1,25 eV untuk tinggi penghalang dan menunjukkan bahwa kepadatan rangkaian arus pendek beberapa milliamperes per sentimeter persegi dengan mudah dapat dicapai.¹¹

2.4 Semikonduktor CuO

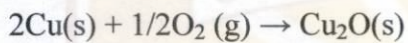
Pencarian berkelanjutan untuk sumber-sumber energi alternatif telah menghasilkan pengembangan teknologi baru, termasuk "solar cell," di mana cahaya dari radiasi matahari dikonversi menjadi listrik. Sel surya kebanyakan terbuat dari silikon karena ketersediaan unsur ini (terutama sebagai SiO_2) dan perbandingan energi yang cukup baik antara radiasi matahari dan energi band semikonduktor. Namun, persyaratan suhu tinggi dan kemurnian tinggi untuk pembuatannya sangat tidak memungkinkan.

Alternatif lain yaitu oksida tembaga (Cu_2O) juga telah dipelajari untuk tujuan ini karena ketersediaan luas, toksisitas rendah dan biaya rendah. Selain itu, dapat dibuat dengan berbagai metode. Sebagai hasil dari kelebihan oksigen dari stoikiometri itu adalah sebuah semikonduktor tipe-p, dilambangkan sebagai p-SC dengan band gap 2,0 eV yang membuatnya menjadi calon yang baik untuk sel

surya karena menyerap porsi yang penting dari spectrum surya. Tantangan yang masih harus diselesaikan untuk penggunaan komersial sel surya oksida tembaga adalah oksida ini akan mengalami reduksi logam Cu dan teroksidasi menjadi CuO. Selain itu, diagram Cu-Pourbaix menunjukkan bahwa Cu₂O stabil hanya di daerah E-pH kecil, yang membuat persiapan dari larutan cair agak sulit.

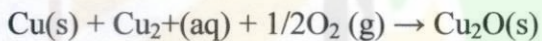
Reaksi yang mungkin terjadi pada permukaan Cu untuk menghasilkan Cu₂O adalah:

(a) Metode Thermal

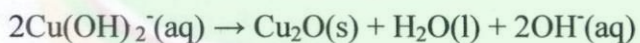
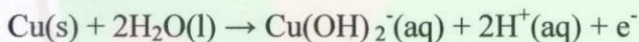


Film oksida terbentuk antara 1040°C dan 1050°C terdiri sepenuhnya dari Cu₂O dan menunjukkan semiconductivity tipe-p sedangkan yang ditanam di antara 200°C dan 970°C terdiri dari campuran tembaga oksida (CuO) dan Cu₂O. Karena kedua oksida semikonduktor, hasil kualitatif dan kesimpulan dari percobaan ini tidak terpengaruh oleh ada atau tidaknya CuO.³

(b) Secara Kimia

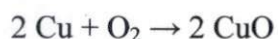


(c) Secara Elektrokimia³

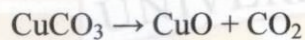
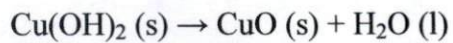
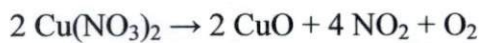


Tembaga (II) Oksida

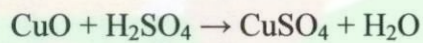
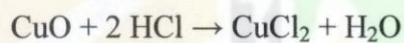
Tembaga (II) oksida atau oksida tembaga (CuO) adalah oksida paling tinggi dari tembaga. Sebagai mineral dikenal sebagai tenorite. Ini adalah padatan hitam dengan struktur ionik yang mencair di atas 1200 ° C dengan beberapa kehilangan oksigen. Hal ini dapat dibentuk dengan pemanasan tembaga di udara:



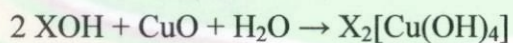
Di sini, dibentuk bersama dengan tembaga (I) oksida sebagai produk samping, dengan demikian, dibuat dengan memanaskan tembaga (II) nitrat, tembaga (II) hidroksida atau tembaga (II) karbonat:



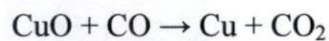
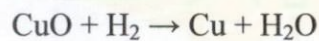
Tembaga (II) oksida merupakan oksida basa, sehingga larut dalam asam mineral seperti asam klorida, asam sulfat atau asam nitrat untuk membentuk garam tembaga (II) yang sesuai :



Ia bereaksi dengan alkali terkonsentrasi untuk membentuk garam cupratet:



Hal ini juga dapat direduksi menjadi logam tembaga dengan menggunakan hidrogen atau karbon monoksida:

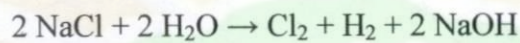


2.5 NaCl (Natrium klorida)

Natrium klorida, juga dikenal sebagai garam, garam dapur, garam meja, atau garam karang, merupakan senyawa ion dengan rumus NaCl. Natrium klorida

adalah garam yang paling berperan atas salinitas laut dan cairan ekstraselular pada banyak organisme multiselular. Garam adalah sumber utama industri klorin dan natrium hidroksida, dan digunakan dalam hampir setiap industri¹³. Natrium klorida kadang-kadang digunakan sebagai pengering yang murah dan aman karena memiliki sifat higroskopis, merupakan metoda pengasinan yang efektif untuk pengawetan makanan karena garam menarik air dari bakteri melalui tekanan osmotik dan mencegah mereka berkembang biak.¹⁵

Dalam industri, unsur klorin biasanya dihasilkan dari elektrolisis natrium klorida dilarutkan dalam air¹³. Seiring dengan klorin, proses ini menghasilkan gas hidrogen dan natrium hidroksida, menurut persamaan kimia:



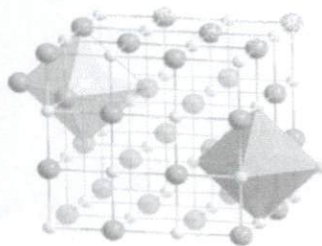
Sifat-sifat NaCl:

- Larut dalam air
- Larut dengan baik dalam pelarut lainnya
- Natrium klorida cair merupakan sebuah konduktor listrik.
- Berat Atom 58.44 g/mol
- Titik didih 1465°C
- Indek refraktif 1.5442

Berikut adalah data optik dari NaCl:

- Transmittiviti: 92% (dari 40 nm to 13 μm)
- Indek refraktif : 1.494 at 10 μm
- Reflection Loss: 7.5% at 10 μm (2 surfaces)
- dN/dT: $-36.2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ pada 0.7 μm

Struktur NaCl:



Gambar 8. Struktur NaCl

1.6 Stainless Steel

Stainless steels merupakan campuran dari berbagai jenis logam. Nama Stainless steels didefinisikan secara teknis sebagai logam alloy dengan minimal 10.5% chromium. Secara umum, semakin banyak komposisi logam chromium, semakin kuat besi itu tahan terhadap korosi. Stainless steel terdiri dari besi, krom, mangan, silikon, karbon dan seringkali nikel and molibdenum dalam jumlah yang cukup banyak. Elemen-elemen ini bereaksi dengan oksigen yang ada di air dan udara membentuk sebuah lapisan yang sangat tipis dan stabil yang mengandung produk dari proses karat/korosi yaitu metal oksida dan hidroksida. Krom, bereaksi dengan oksigen, memegang peranan penting dalam pembentukan lapisan korosi ini. Pada kenyataannya, semua stainless steel mengandung paling sedikit 10% krom.

Stainless Steel (SS) adalah paduan besi dengan minimal 12 % kromium. Komposisi ini membentuk protective layer (lapisan pelindung anti korosi) yang merupakan hasil oksidasi oksigen terhadap krom yang terjadi secara spontan. Tentunya harus dibedakan mekanisme protective layer ini dibandingkan baja yang dilindungi dengan coating (misal seng dan cadmium) ataupun cat. Meskipun seluruh kategori SS didasarkan pada kandungan krom (Cr), namun unsur paduan lainnya ditambahkan untuk memperbaiki sifat-sifat SS sesuai aplikasinya. Kategori SS tidak halnya seperti baja lain yang didasarkan pada persentase karbon tetapi didasarkan pada struktur metalurginya. Lima golongan utama SS adalah Austenitic, Ferritic, Martensitic, Duplex dan Precipitation Hardening SS.

1. Austenitic Stainless Steel

Austenitic SS mengandung sedikitnya 16% Chrom dan 6% Nickel (grade standar untuk 304), sampai ke grade Super Austenitic SS seperti 904L (dengan kadar Chrom dan Nickel lebih tinggi serta unsur tambahan Mo sampai 6%). Molybdenum (Mo), Titanium (Ti) atau Copper (Co) berfungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap temperatur serta korosi. Austenitic cocok juga untuk aplikasi temperatur rendah disebabkan unsur Nickel membuat SS tidak menjadi rapuh pada temperatur rendah.

2. Ferritic Stainless Steel

Kadar Chrom bervariasi antara 10,5 - 18 % seperti grade 430 dan 409. Ketahanan korosi tidak begitu istimewa dan relatif lebih sulit di fabrikasi / machining. Tetapi kekurangan ini telah diperbaiki pada grade 434 dan 444 dan secara khusus pada grade 3Cr12.

3. Martensitic Stainless Steel

SS jenis ini memiliki unsur utama Chrom (masih lebih sedikit jika dibanding Ferritic SS) dan kadar karbon relatif tinggi misal grade 410 dan 416. Grade 431 memiliki Chrom sampai 16% tetapi mikrostrukturnya masih martensitic disebabkan hanya memiliki Nickel 2%. Grade SS lain misalnya 17-4PH/ 630 memiliki tensile strength tertinggi dibanding SS lainnya. Kelebihan dari grade ini, jika dibutuhkan kekuatan yang lebih tinggi maka dapat di hardening.

4. Duplex Stainless Steel

Duplex SS seperti 2304 dan 2205 (dua angka pertama menyatakan persentase Chrom dan dua angka terakhir menyatakan persentase Nickel) memiliki bentuk mikrostruktur campuran austenitic dan Ferritic. Duplex ferritic-austenitic memiliki kombinasi sifat tahan korosi dan temperatur relatif tinggi atau secara khusus tahan terhadap Stress Corrosion Cracking. Meskipun kemampuan Stress Corrosion Cracking-nya tidak sebaik ferritic SS tetapi ketangguhannya jauh lebih baik (superior) dibanding ferritic SS dan lebih buruk dibanding Austenitic SS. Sementara kekuatannya lebih baik dibanding Austenitic SS (yang di annealing) kira-kira 2 kali lipat. Sebagai tambahan, Duplex SS ketahanan korosinya sedikit lebih baik dibanding 304 dan 316 tetapi ketahanan terhadap pitting corrosion jauh lebih baik (superior) dibanding 316. Ketangguhannya Duplex SS akan menurun pada temperatur dibawah - 50 °C dan diatas 300 °C.

5. Precipitation Hardening Steel

Precipitation hardening stainless steel adalah SS yang keras dan kuat akibat dari dibentuknya suatu presipitat (endapan) dalam struktur mikro logam. Sehingga gerakan deformasi menjadi terhambat dan memperkuat material SS. Pembentukan

ini disebabkan oleh penambahan unsur tembaga (Cu), Titanium (Ti), Niobium (Nb) dan alumunium. Proses penguatan umumnya terjadi pada saat dilakukan pengerjaan dingin (cold work).

Keberadaan lapisan korosi yang tipis ini mencegah proses korosi berikutnya dengan berlaku sebagai tembok yang menghalangi oksigen dan air bersentuhan dengan permukaan logam. Hanya beberapa lapisan atom saja cukup untuk mengurangi kecepatan proses karat selambat mungkin karena lapisan korosi tersebut terbentuk dengan sangat rapat. Lapisan korosi ini lebih tipis dari panjang gelombang cahaya sehingga tidak mungkin untuk melihatnya tanpa bantuan instrumen modern. Besi biasa, berbeda dengan stainless steel, permukaannya tidak dilindungi apapun sehingga mudah bereaksi dengan oksigen dan membentuk lapisan Fe_2O_3 atau hidroksida yang terus menerus bertambah seiring dengan berjalannya waktu. Lapisan korosi ini makin lama makin menebal dan kita kenal sebagai 'karat'. Stainless steel, dapat bertahan 'stainless' atau 'tidak bernoda' justru karena dilindungi oleh lapisan karat dalam skala atomik. (SI)



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: neraca analitis, alat-alat gelas, multimeter, dan sel surya yang dirakit. Bahan yang digunakan yaitu kabel merk *eterna* dan *prima*, NaCl, NaOH, dan aquades.

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Penyiapan elektroda

Elektroda yang digunakan yaitu elektroda CuO/Cu tunggal dan serabut. Elektroda CuO/Cu tunggal diperoleh dari kabel standar PLN dengan merk *Prima* dan elektroda CuO/Cu serabut dari kabel merk *Eterna*. Kabel dibuka bagian kulitnya sampai terlihat bagian tembaganya. Selain itu, CuO tunggal dan serabut juga dibuat dengan cara mengoksidasi Cu dengan menggunakan larutan NaOH 1 N. Masing-masing elektroda Cu dan CuO tunggal dan serabut kemudian dipasang ke dalam tabung reaksi, kemudian diberi lem pada bagian ujungnya dengan menggunakan lem pipa sampai tidak ada rongga lagi. Untuk elektroda stainless steel digunakan sendok stainless steel sebagai katoda, sementara anoda yang digunakan tetap CuO tunggal dan serabut.

3.3.2 Penyiapan larutan elektrolit

Larutan NaCl dibuat dengan konsentrasi 0,5 M. Larutan ini kemudian dituangkan ke dalam gelas wadah unit sel. Selanjutnya dari larutan ini juga dibuat larutan dengan konsentrasi 0,4; 0,3; 0,2; dan 0,1 M

3.3.3 Pengukuran Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Serabut dengan Menggunakan Elektrolit NaCl

Larutan NaCl dituangkan masing - masing dengan konsentrasi 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; dan 0,1 M sebanyak 150 mL ke dalam gelas wadah unit sel. Tabung yang berisi CuO/Cu serabut masing - masingnya diisi penuh dengan elektrolit NaCl kemudian direndam kedalam wadah gelas yang berisi elektrolit NaCl dengan konsentrasi yang sama. Sistem fotovoltaik yang sudah dirangkai kemudian dijemur dibawah cahaya matahari \pm 5 menit dan diukur berapa arus dan voltase yang dihasilkan menggunakan alat multimeter. Data yang didapat dicatat.

3.3.4 Pengukuran Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Tunggal dengan Menggunakan Elektrolit NaCl

Larutan NaCl dituangkan masing – masing dengan konsentrasi 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; dan 0,1 M sebanyak 150 mL ke dalam gelas wadah unit sel. Tabung yang berisi CuO/Cu tunggal masing – masing diisi penuh dengan elektrolit NaCl kemudian direndam kedalam wadah gelas yang berisi elektrolit NaCl. Sistem fotovoltaik yang sudah dirangkai kemudian dijemur dibawah cahaya matahari \pm 5 menit dan diukur berapa arus dan voltase yang dihasilkan menggunakan alat multimeter. Data yang didapat dicatat.

3.3.5 Pengukuran Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Tunggal /Stainlees Steel dengan Menggunakan Elektrolit NaCl

Larutan NaCl dituangkan masing – masing dengan konsentrasi 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; dan 0,1 M sebanyak 150 mL ke dalam gelas wadah unit sel. Tabung yang berisi CuO tunggal diisi penuh dengan elektrolit NaCl kemudian direndam kedalam wadah gelas yang berisi elektrolit NaCl dan elektroda stainlees steel juga dimasukkan ke dalam gelas yang berisi elektrolit. Sistem fotovoltaik yang sudah dirangkai kemudian dijemur dibawah cahaya matahari \pm 5 menit dan diukur berapa arus dan voltase yang dihasilkan menggunakan alat multimeter. Data yang didapat dicatat

3.3.6 Pengukuran Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Serabut /Stainless Steel dengan Menggunakan Elektrolit NaCl

Larutan NaCl dituangkan masing – masing dengan konsentrasi 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; dan 0,1 M sebanyak 150 mL ke dalam gelas wadah unit sel. Tabung yang berisi CuO serabut diisi penuh dengan elektrolit NaCl kemudian direndam kedalam wadah gelas yang berisi elektrolit NaCl dan elektroda stainless steel juga dimasukkan ke dalam gelas yang berisi elektrolit. Sistem fotovoltaik yang sudah dirangkai kemudian dijemur / disinari dibawah cahaya matahari \pm 5 menit dan diukur berapa arus dan voltase yang dihasilkan menggunakan alat multimeter. Data yang didapat dicatat.

3.3.7 Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dalam Bentuk Serabut dan Tunggal Menggunakan Elektrolit NaCl

Larutan elektrolit NaCl dengan konsentrasi optimum dituangkan sebanyak 150 mL kedalam gelas wadah unit sel. Masing – masing elektroda dimasukkan kedalam gelas. Perlakuan dilakukan dengan disinari matahari dan tanpa disinari matahari. Pengukuran arus dan voltase dilakukan dari pukul 09.00-14.00 WIB dengan selangwaktu 1 jam dan selama pengukuran kondisi cuaca diamati apakah cerah atauberawan.

3.3.8 Penentuan Nilai Efisiensi Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel Dalam Bentuk Serabut dan Tunggal

Nilai efisiensi 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.

3.3.9 Pengaruh Variasi Waktu Perendaman dengan NaOH Terhadap Pengukuran Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik dengan Menggunakan Elektrolit NaCl

Tembaga direndam dalam larutan NaOH dengan variasi waktu perendaman selama 12, 24, dan 36 jam sampai terbentuk CuO. Kemudian elektroda dirakit pada sel fotovoltaik. Dituangkan larutan elektrolit NaCl konsentrasi optimum sebanyak 150 mL kedalam gelas wadah unit sel. Masing – masing elektroda dimasukkan kedalam gelas. Perlakuan dilakukan dengan disinari matahari dan tanpa disinari matahari. Pengukuran arus dan voltase dilakukan dari pukul 09.00-13.00 WIB dengan selang waktu 1 jam dan selama pengukuran kondisi cuaca diamati apakah cerah atau berawan.



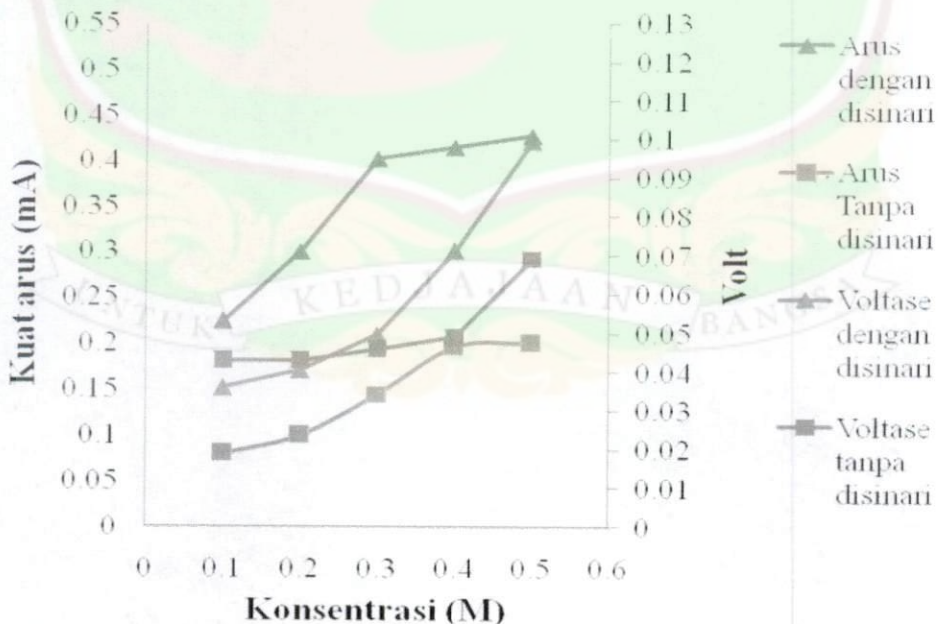
BAB IV

HASIL DAN DISKUSI

4.1 Pengaruh Berbagai Konsentrasi Elektrolit NaCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik

Pada penelitian ini, CuO dibuat dengan cara merendam tembaga dalam larutan NaOH 1 M sampai terbentuk CuO. Konsentrasi dari larutan elektrolit NaCl yang digunakan dalam sel fotovoltaik sangat mempengaruhi kuat arus yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan hal tersebut. Semakin besar konsentrasi larutan elektrolit maka semakin besar pula kuat arus yang dihasilkan (gambar 6). Hal ini disebabkan semakin banyaknya kandungan NaCl yang terdapat dalam larutan elektrolit sehingga semakin banyak ion - ion yang akan menghantarkan arus dalam larutan. Pada penelitian ini, variasi konsentrasi yang digunakan yaitu 0,5 M; 0,4 M; 0,3 M; 0,2 M; dan 0,1 M.

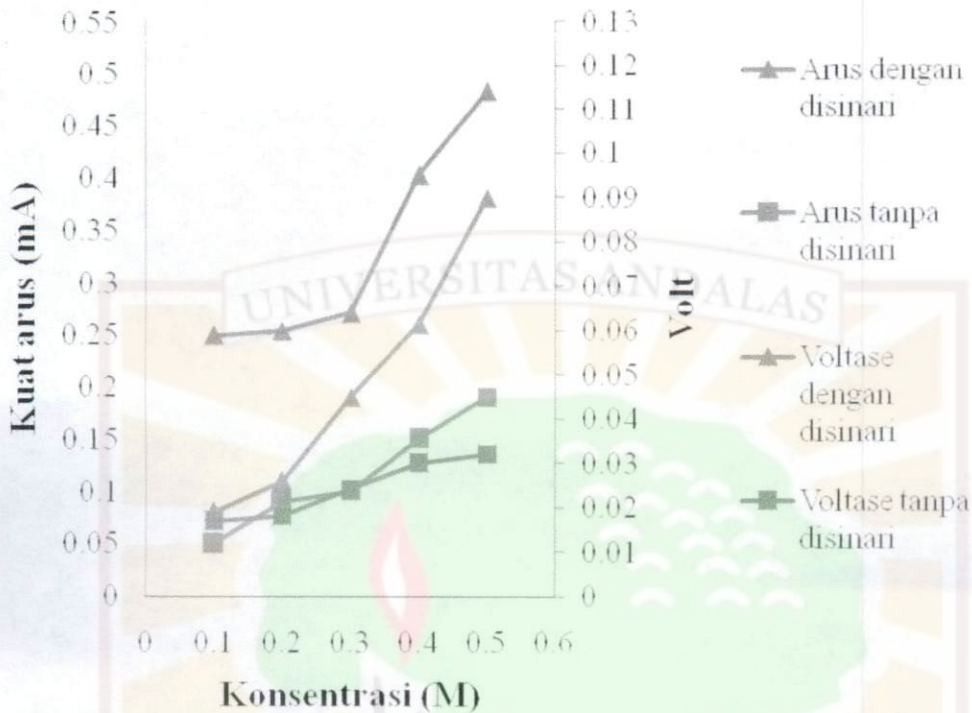
4.1.1 Pengaruh Berbagai Konsentrasi Elektrolit NaCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Serabut



Gambar 9. Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap kuat arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu serabut dengan variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 M. Pengukuran dilakukan pada pukul 10.50 WIB

Gambar 9 menunjukkan besar kuat arus yang dihasilkan dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu serabut dengan menggunakan elektrolit NaCl variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 M. Pengukuran dilakukan pada pukul 10.50 WIB karena cuaca cerah terang sehingga cahaya matahari yang dihasilkan lebih optimal. Dari grafik dapat dilihat semakin besar konsentrasi elektrolit maka semakin besar kuat arus yang dihasilkan. Pada perlakuan sebelum disinari dengan cahaya matahari, pada konsentrasi 0,1 M dihasilkan kuat arus sebesar 0,08 mA dan meningkat menjadi 0,201 mA untuk konsentrasi 0,5 M. Sedangkan yang disinari dengan cahaya matahari, untuk konsentrasi 0,1 M dihasilkan kuat arus sebesar 0,152 mA dan meningkat menjadi 0,421 mA untuk konsentrasi 0,5 M. Perbedaan kuat arus yang dihasilkan antara yang tidak disinari matahari dengan yang disinari matahari karena dengan disinari matahari maka elektron yang terdapat pada semikonduktor akan tereksitasi lebih banyak sehingga kuat arus yang dihasilkan juga lebih besar dibandingkan semikonduktor CuO yang tidak disinari matahari. Jadi, sel fotovoltaik yang disinari dengan cahaya matahari akan menghasilkan kuat arus yang lebih besar dibandingkan sel fotovoltaik yang tidak disinari matahari. Selain itu pasangan elektroda CuO/Cu serabut mempunyai luas permukaan yang lebih besar sehingga sinar matahari yang diserap juga lebih banyak. Namun, dengan semakin besarnya konsentrasi elektrolit yang digunakan, elektroda Cu juga semakin cepat teroksidasi menjadi CuO. Hal ini dapat dilihat dari warna elektroda Cu yang berubah warna dari kuning kemerahan menjadi sedikit hitam. Pada penelitian ini, tidak digunakan konsentrasi elektrolit NaCl lebih besar dari 0,5 M karena pada konsentrasi 0,5 M, elektroda Cu sudah mulai teroksidasi. Selain itu, larutan garam tidak bisa digunakan pada konsentrasi yang lebih besar karena larutan akan cepat mengendap. Voltase yang disinari dengan matahari lebih besar dari voltase yang dihasilkan tanpa disinari matahari. Semakin besar konsentrasi maka semakin besar pula voltase yang dihasilkan.

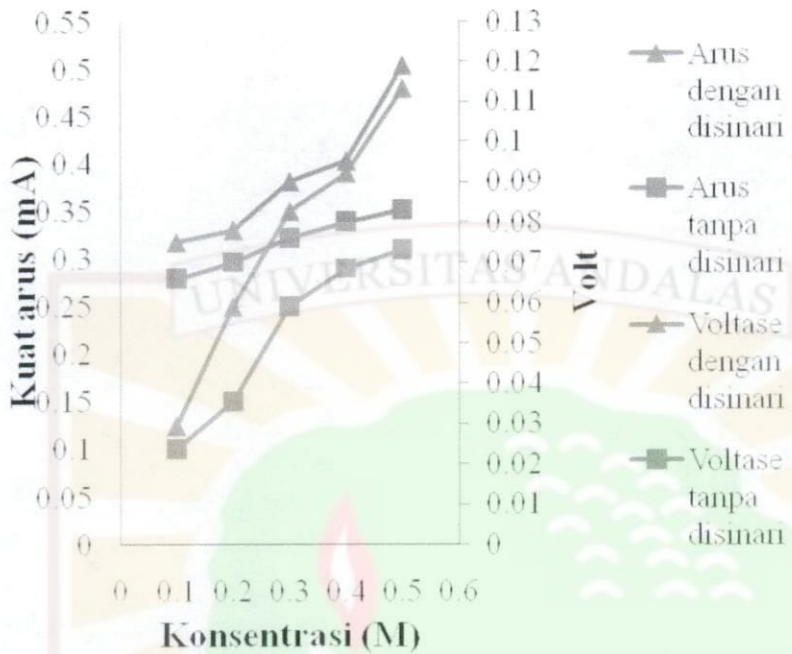
4.1.2 Pengaruh Berbagai Konsentrasi Elektrolit NaCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Tunggal



Gambar 10. Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap kuat arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu tunggal dengan variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 M. Pengukuran dilakukan pada pukul 10.50 WIB

Grafik pada gambar 10 menunjukkan konsentrasi NaCl berpengaruh terhadap kuat arus yang dihasilkan. Semakin besar konsentrasi elektrolit NaCl maka kuat arus yang dihasilkan juga semakin besar. Perlakuan yang disinari dengan cahaya matahari menghasilkan kuat arus yang lebih besar dibandingkan perlakuan yang tidak disinari dengan cahaya matahari. Kuat arus yang dihasilkan sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu tunggal lebih kecil dibandingkan kuat arus yang dihasilkan sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu serabut. Hal ini dikarenakan luas permukaan elektroda CuO/Cu tunggal lebih kecil dibandingkan luas permukaan elektroda CuO/Cu serabut sehingga banyaknya sinar matahari yang diserap juga lebih sedikit, akibatnya kuat arus yang dihasilkan lebih kecil. Voltase yang disinari dengan matahari lebih besar dari voltase yang dihasilkan tanpa disinari matahari. Semakin besar konsentrasi maka semakin besar pula voltase yang dihasilkan.

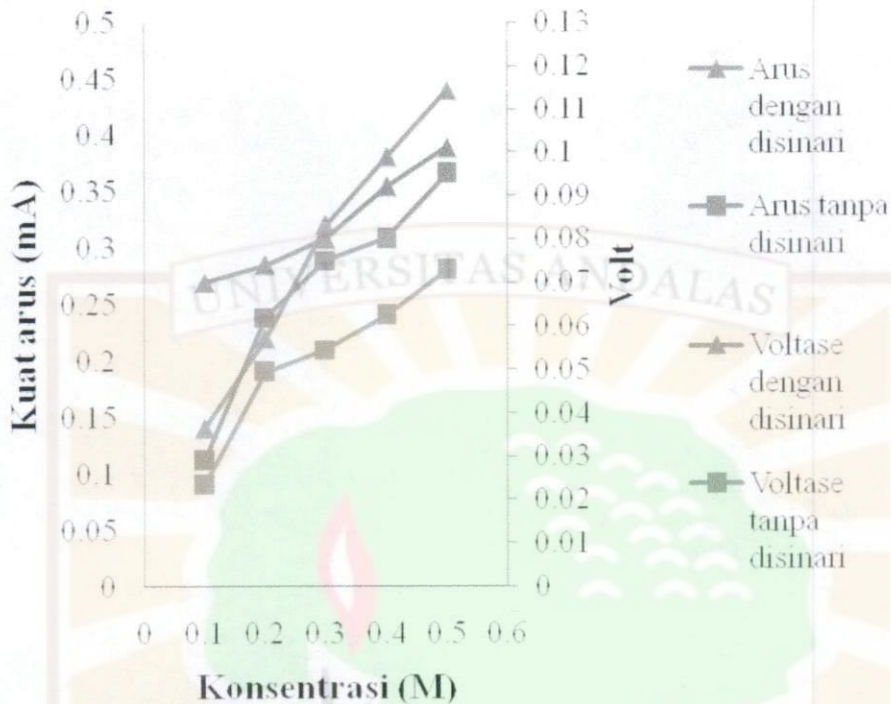
4.1.3 Pengaruh Berbagai Konsentrasi Elektrolit NaCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Serabut / Stainless Steel



Gambar 11. Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap kuat arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO serabut/stainless steel dengan variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 M. Pengukuran dilakukan pada pukul 10.50 WIB

Gambar 11 menunjukkan pengaruh konsentrasi NaCl terhadap kuat arus yang dihasilkan. Namun pada perlakuan ini, elektroda Cu diganti dengan elektroda stainless steel yang dipasangkan dengan elektroda CuO. Elektroda stainless steel yang digunakan yaitu sendok stainless steel. Hasil yang diperoleh ternyata cukup baik. Pada perlakuan tanpa disinari matahari diperoleh kuat arus sebesar 0,1 mA untuk konsentrasi 0,1 M dan meningkat menjadi 0,31 mA pada konsentrasi 0,5 M. Sedangkan untuk perlakuan yang disinari dengan matahari, kuat arus yang dihasilkan lebih besar yaitu sebesar 0,125 mA untuk konsentrasi 0,1 M dan meningkat menjadi 0,48 mA pada konsentrasi 0,5 M. Ternyata stainless steel juga dapat digunakan sebagai elektroda. Voltase yang disinari dengan matahari lebih besar dari voltase yang dihasilkan tanpa disinari matahari. Semakin besar konsentrasi maka semakin besar pula voltase yang dihasilkan.

4.1.4 Pengaruh Berbagai Konsentrasi Elektrolit NaCl Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang Dihasilkan dalam Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Tunggal / Stainless Steel



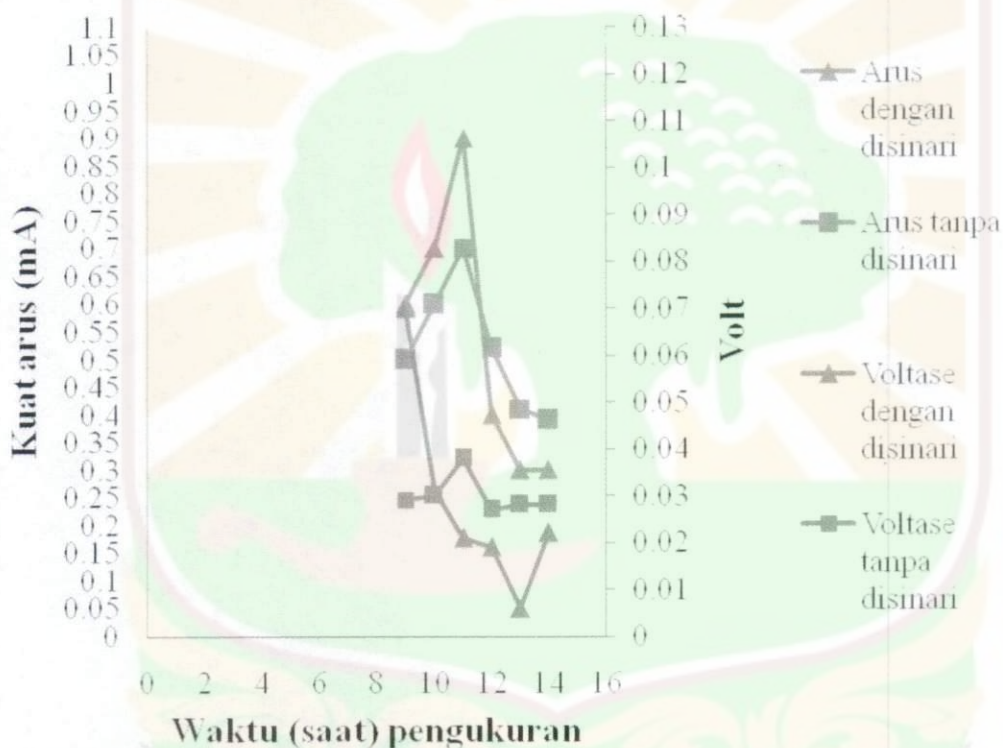
Gambar 12. Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap kuat arus dan voltase dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO tunggal/stainless steel dengan variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 M. Pengukuran dilakukan pada pukul 10.50 WIB

Dari grafik dapat dilihat bahwa perlakuan yang disinari dengan matahari menghasilkan kuat arus yang lebih besar dibandingkan perlakuan yang tidak disinari. Semakin besar konsentrasi NaCl, kuat arus yang dihasilkan juga semakin besar. Kuat arus yang dihasilkan sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO tunggal / stainless steel lebih kecil dibandingkan kuat arus yang dihasilkan sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO serabut / stainless steel. Hal ini disebabkan luas permukaan CuO tunggal lebih kecil dibandingkan luas permukaan CuO serabut sehingga sinar matahari yang diserap juga lebih sedikit. Voltase yang disinari dengan matahari lebih besar dari voltase yang dihasilkan tanpa disinari matahari. Semakin besar konsentrasi maka semakin besar pula voltase yang dihasilkan.

4.2 Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Menggunakan Elektrolit NaCl Konsentrasi Optimum

Setelah dilakukan variasi waktu pengukuran, didapatkan konsentrasi optimum elektrolit NaCl yaitu konsentrasi 0.3 M. Selanjutnya dilakukan perlakuan terhadap konsentrasi optimum dengan disinari dan tanpa disinari. Maka kuat arus yang dihasilkan untuk masing – masing elektroda sebagai berikut :

4.2.1 Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Serabut Menggunakan Elektrolit NaCl Konsentrasi Optimum

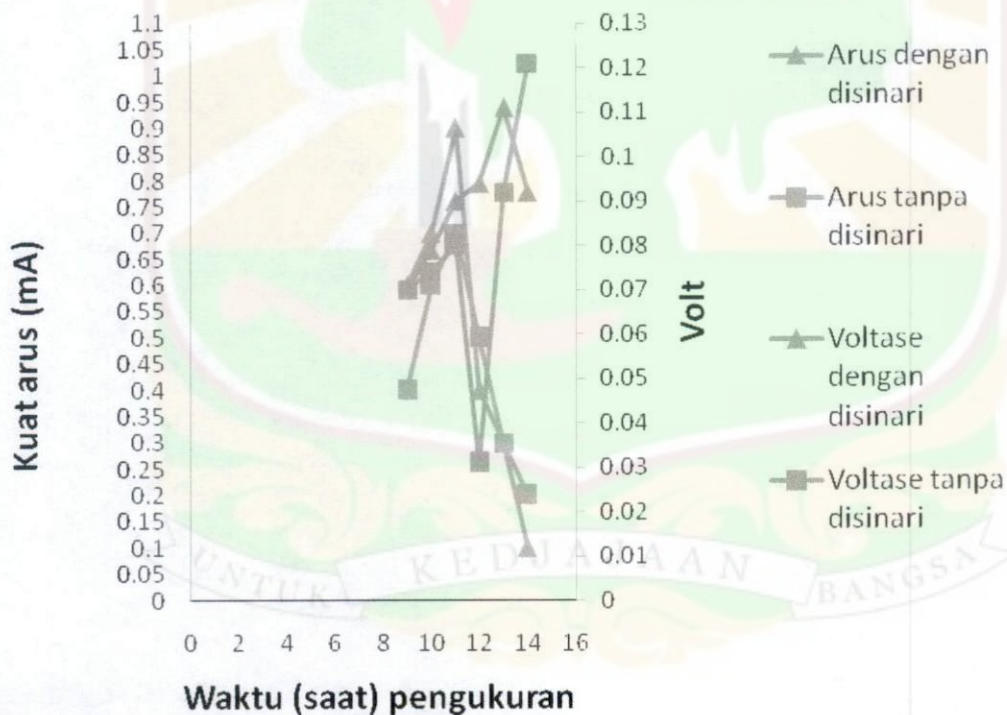


Gambar 13. Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang dihasilkan Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Serabut. Pengukuran pada pukul 09.00-14.00 WIB

Gambar 13 menunjukkan pengaruh variasi waktu pengukuran terhadap kuat arus dan voltase yang dihasilkan sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu serabut dengan menggunakan elektrolit NaCl. Pada perlakuan ini digunakan larutan NaCl 0.3 M karena menghasilkan arus relatif besar dan tidak merusak elektroda. Grafik memperlihatkan bahwa perlakuan yang disinari dengan matahari menghasilkan arus yang lebih besar dibandingkan yang tidak disinari. Arus yang

lebih besar dihasilkan antara pukul 09.00-11.00 karena intensitas cahaya matahari besar saat itu. Semakin lama waktu pengukuran arus yang dihasilkan turun tajam karena intensitas cahaya matahari semakin sore semakin menurun. Hal ini juga disebabkan cuaca saat ini sering berubah-ubah. Semakin lama waktu pengukuran, voltase yang dihasilkan relatif menurun. Pada pukul 12.00 WIB matahari berada pada sudut 180^0 atau berada tepat diatas elektroda sehingga mempengaruhi penyinaran. Pada pukul 12.00 WIB elektroda yang terkena sinar matahari sangat sedikit sehingga elektron yang tereksitasi sedikit dan arus yang dihasilkan juga sedikit. Jadi, sudut posisi matahari juga mempengaruhi penyinaran.

4.2.2 Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Tunggal Menggunakan Elektrolit NaCl Konsentrasi Optimum

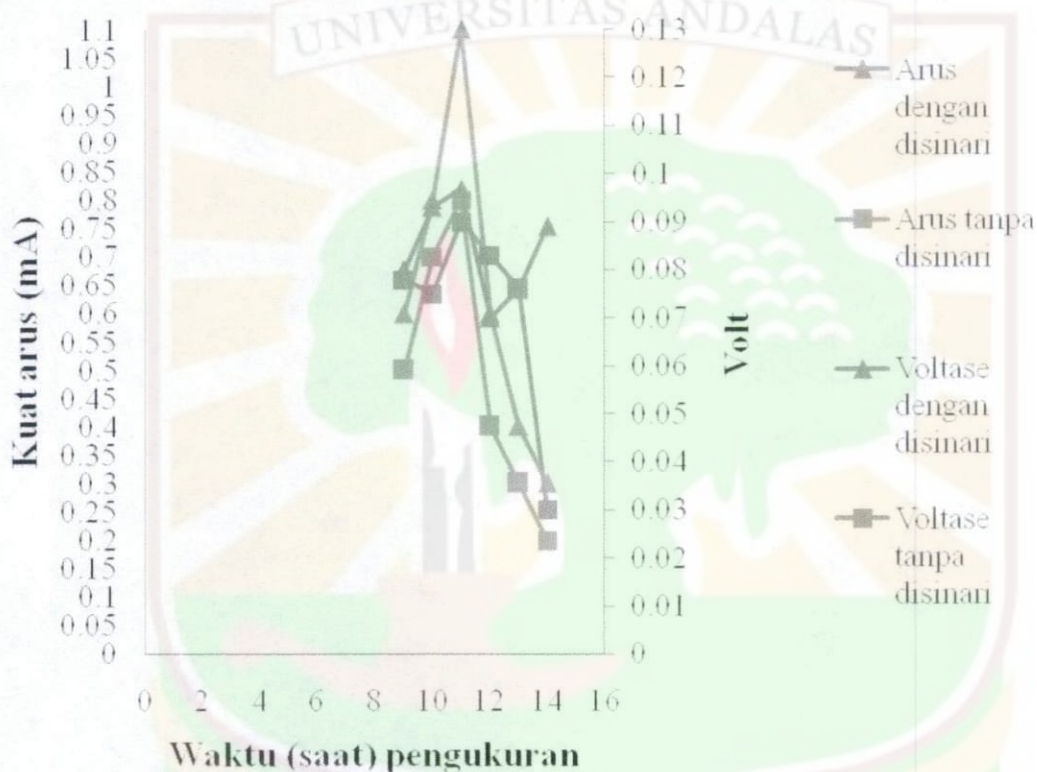


Gambar 14. Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang dihasilkan Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu Tunggal. Pengukuran pada pukul 09.00-14.00 WIB

Dari grafik dapat dilihat yang disinari dengan cahaya matahari menghasilkan arus yang lebih besar. Pada perlakuan ini digunakan larutan NaCl

0.3 M karena menghasilkan arus relatif besar dan tidak merusak elektroda. Semakin lama disinari, arus yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini karena intensitas cahaya matahari semakin menurun. Arus yang dihasilkan lebih kecil dibanding arus yang dihasilkan elektroda CuO/Cu serabut.

4.2.3 Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Serabut/Stainless Steel Menggunakan Elektrolit NaCl Konsentrasi Optimum.

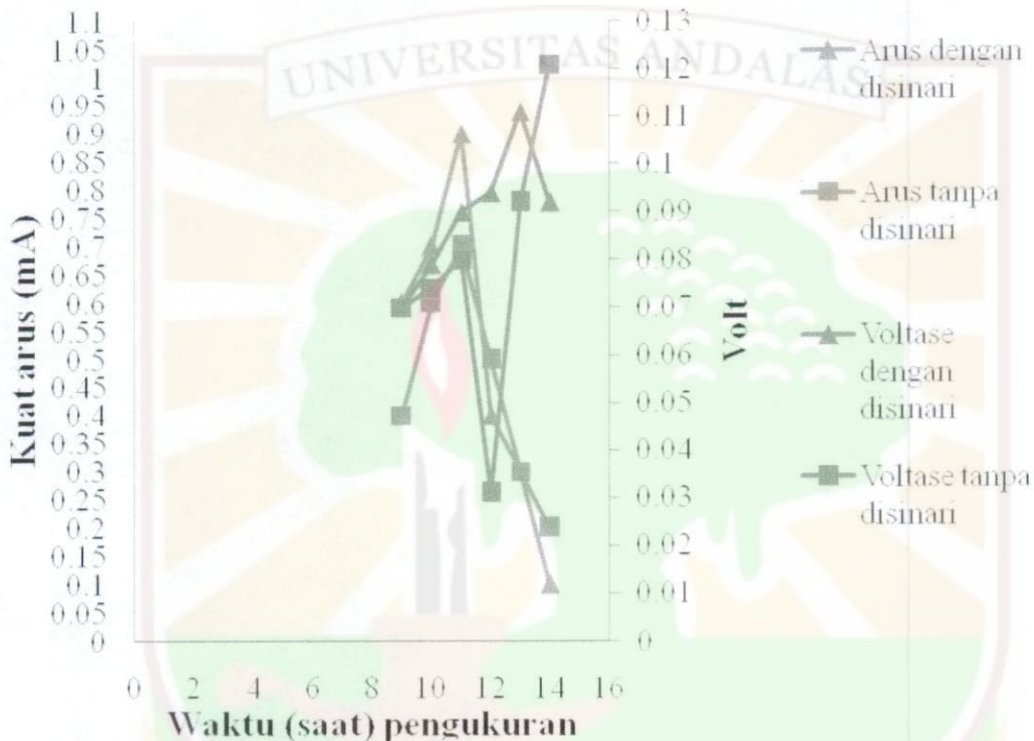


Gambar 15. Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang dihasilkan Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Serabut/Stainless Steel. Pengukuran pada pukul 09.00-14.00 WIB

Gambar 15 memperlihatkan kuat arus yang dihasilkan sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO serabut/stainless steel lebih besar pada perlakuan yang disinari matahari dibandingkan yang tidak disinari. Semakin lama disinari maka arus yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini karena intensitas cahaya matahari juga semakin menurun. Kuat arus yang dihasilkan pasangan elektroda CuO serabut/stainless steel lebih besar dibandingkan pasangan elektroda CuO/Cu serabut dan CuO/Cu tunggal. Hal ini disebabkan pasangan elektroda CuO

serabut/stainless steel mempunyai permukaan yang lebih luas. Disamping itu stainless steel mengandung silikon yang bagus digunakan sebagai konduktor.

4.2.4 Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Tunggal/Stainless Steel Menggunakan Elektrolit NaCl Konsentrasi Optimum



Gambar 16. Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dan Voltase yang dihasilkan Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO Tunggal/Stainless Steel. Pengukuran pada pukul 09.00-14.00 WIB

Gambar 16 memperlihatkan kuat arus yang dihasilkan sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO tunggal/stainless steel lebih besar pada perlakuan yang disinari matahari dibandingkan yang tidak disinari. Semakin lama disinari maka arus yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini karena intensitas cahaya matahari juga semakin menurun. Dari grafik terlihat kuat arus yang dihasilkan sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO tunggal/stainless steel lebih kecil dibandingkan kuat arus yang dihasilkan pasangan elektroda CuO serabut/stainless steel.

Jadi, dari data yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa stainless steel dapat digunakan sebagai elektroda dalam rangkaian sel fotovoltaik cair. Pasangan elektroda CuO/Cu dalam bentuk tunggal dan serabut bisa digunakan selama satu bulan dalam menghasilkan arus listrik. Namun, semakin lama elektroda digunakan arus yang dihasilkan semakin kecil karena elektroda mulai rusak.

4.3 Penentuan Nilai Efisiensi Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel Dalam Bentuk Serabut dan Tunggal

Nilai efisiensi sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dalam bentuk serabut dan tunggal 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.

Nilai efisiensi menunjukkan banyak energi yang dihasilkan elektroda per satuan luas permukaan elektroda. Secara teori, semakin besar luas permukaan maka semakin besar nilai efisiensi. Namun, setelah dilakukan perhitungan efisiensi yang didapat dari pasangan elektroda CuO serabut/stainless steel. Nilai efisiensi maksimum yang dihitung berdasarkan luas permukaan sendok stainless steel didapat sebesar $2,41 \times 10^{-6}$ watt/cm² sedangkan nilai efisiensi maksimum yang didapat berdasarkan luas permukaan CuO serabut sebesar $14,9 \times 10^{-7}$ watt/cm² (lampiran 4). 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 lebih tahan dibandingkan tembaga karena tembaga akan cepat teroksidasi didalam larutan garam sehingga menurunkan nilai efisiensinya.

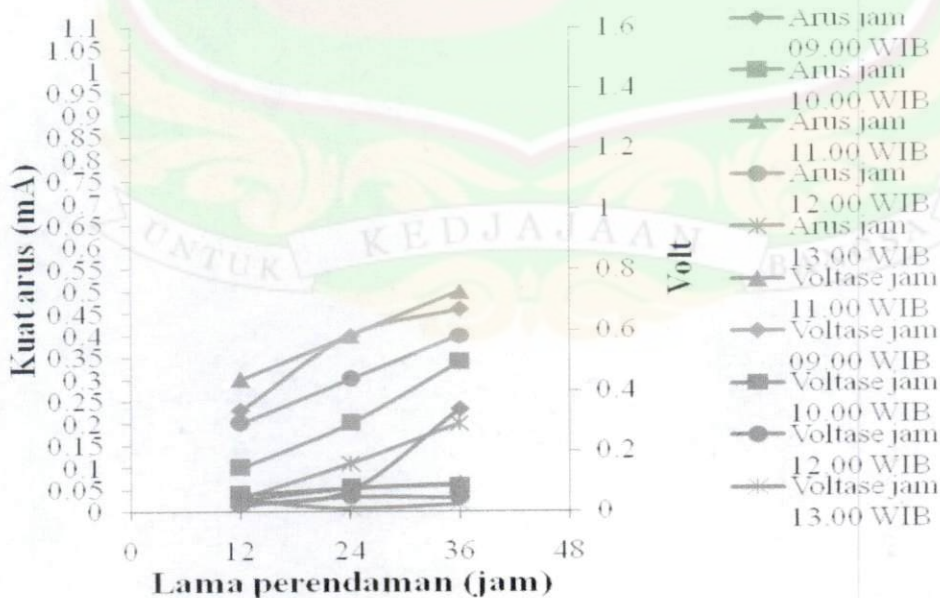
Sedangkan pada pasangan elektroda CuO tunggal/stainless steel, nilai efisiensi maksimum yang didapat berdasarkan luas permukaan sendok stainless steel sebesar $1,83 \times 10^{-6}$ watt/cm². Nilai efisiensi maksimum yang didapat berdasarkan luas permukaan CuO tunggal sebesar $12,3 \times 10^{-6}$ watt/cm² (lampiran 4). 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.

Begitu juga dengan nilai efisiensi yang didapat pada pasangan elektroda CuO/Cu serabut dan CuO/Cu tunggal. Pada pasangan elektroda CuO/Cu serabut didapat nilai efisiensi sebesar $5,85 \times 10^{-7}$ watt/cm². Sedangkan pada pasangan elektroda CuO/Cu tunggal didapat nilai efisiensi sebesar $6,16 \times 10^{-6}$ watt/cm² (lampiran 4). 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.

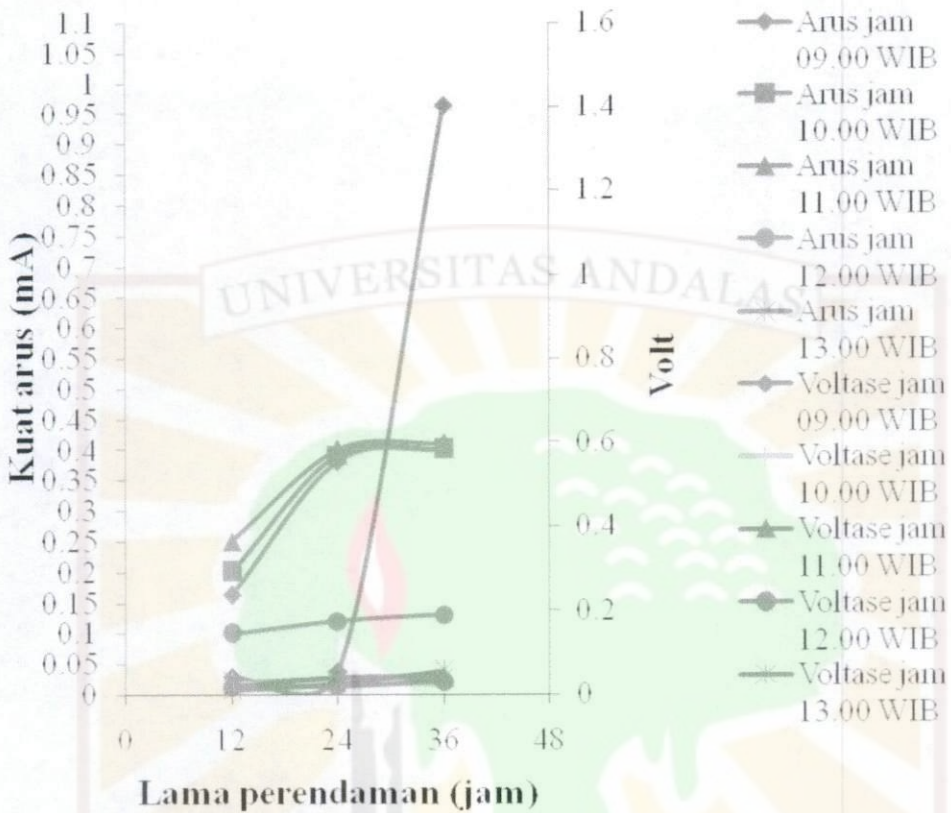
4.4 Pengaruh Variasi Waktu Perendaman dengan NaOH Terhadap Kuat Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik dengan Menggunakan Elektrolit NaCl

4.4.1 Pengaruh Lama Perendaman dengan NaOH Terhadap Kuat Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik dengan Menggunakan Elektrolit NaCl Dengan isinari Matahari



Gambar 17. Pengaruh Lama Perendaman dengan NaOH Terhadap Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik dengan Menggunakan Elektrolit NaCl dengan Disinari Matahari

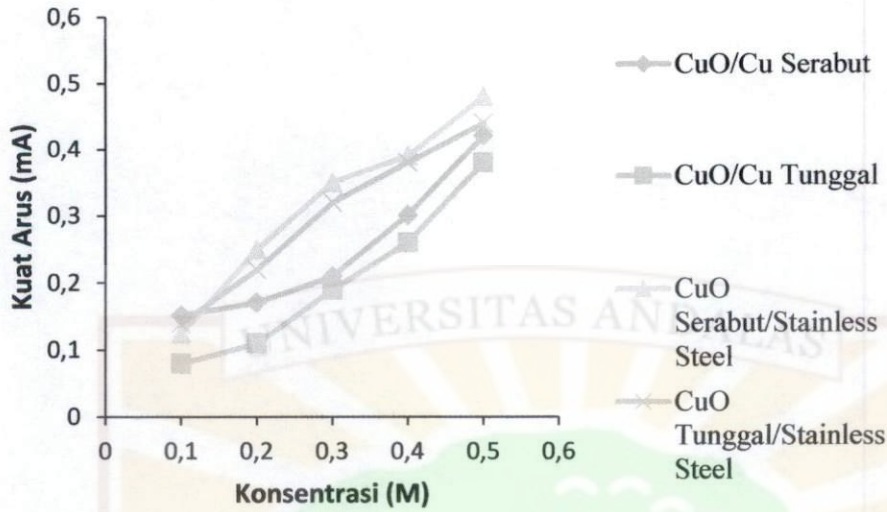
4.4.2 Pengaruh Lama Perendaman dengan NaOH Terhadap Kuat Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik dengan Menggunakan Elektrolit NaCl Tanpa Disinari Matahari



Gambar 18. Pengaruh Lama Perendaman dengan NaOH Terhadap Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik dengan Menggunakan Elektrolit NaCl tanpa Disinari Matahari.

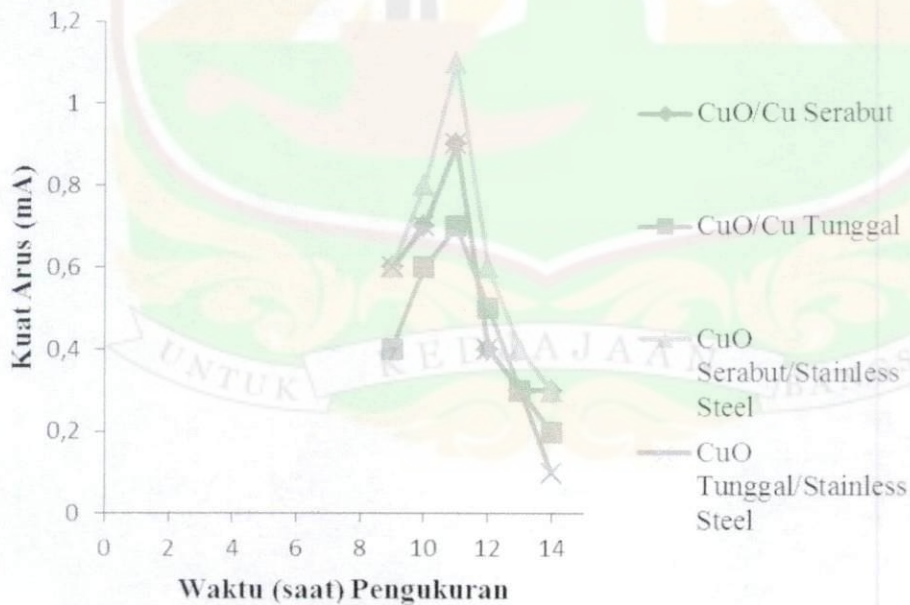
Dari grafik terlihat semakin lama perendaman dengan NaOH maka arus yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini disebabkan elektroda CuO yang terbentuk semakin homogen. Lama perendaman optimum yaitu pada perendaman selama 24 jam.

4.5 Perbandingan Arus yang Dihasilkan Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO Stainless Steel Dalam Bentuk Tunggal dan Serabut



Gambar 19. Perbandingan Arus yang Dihasilkan Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO Stainless Steel Dalam Bentuk Tunggal dan Serabut.

4.6 Perbandingan Arus yang Dihasilkan Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO Stainless Steel Dalam Bentuk Tunggal dan Serabut Dengan Variasi Waktu



Gambar 20. Perbandingan Arus yang Dihasilkan Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO Stainless Steel Dalam Bentuk Tunggal dan Serabut dengan Variasi Waktu. Pengukuran dilakukan pukul 09.00-14.00 WIB.

Gambar 19 dan gambar 20 memperlihatkan bahwa pasangan elektroda CuO serabut/stainless steel menghasilkan arus yang paling bagus dibandingkan pasangan elektroda lainnya. Hal ini terlihat dari arus yang dihasilkan lebih besar, karena CuO serabut mempunyai luas permukaan yang lebih besar dan stainless steel lebih tahan teroksidasi dibandingkan Cu.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian tentang “Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel Dalam Bentuk Tunggal dan Serabut Dengan Elektrolit NaCl” telah dilakukan dan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Elektroda pasangan CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel dalam bentuk tunggal dan serabut dapat digunakan dalam sel fotovoltaik cair. Elektroda pasangan CuO/Stainless Steel dalam bentuk tunggal dan serabut menghasilkan arus dan voltase yang lebih baik.
2. Lama waktu perendaman dengan NaOH mempengaruhi besar arus yang dihasilkan. Semakin lama waktu perendaman maka semakin besar arus yang dihasilkan. Lama perendaman relatif optimum yaitu pada perendaman selama 24 jam.
3. Intensitas cahaya matahari dan kondisi cuaca mempengaruhi besar arus yang dihasilkan dalam sel fotovoltaik.
4. Pasangan elektroda CuO/Cu tunggal mempunyai efisiensi yang lebih besar

1.2 Saran

Penelitian tentang “Sel Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel Dalam Bentuk Tunggal dan Serabut Dengan Elektrolit NaCl” merupakan penelitian yang baru dilakukan, maka untuk meningkatkan metoda ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengujian ketahanan elektroda. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan elektroda agar bisa menghasilkan arus lebih lama (terus menerus). Pada penelitian selanjutnya dianjurkan untuk membuat elektroda dengan penampang yang lebih luas agar penyerapan cahaya matahari lebih banyak.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. Nainggolan, R. **Permasalahan Energi dan Solar Sel**. 2009
2. Hasbullah, MT. **Konversi Energi Surya**. Teknik Elektro FPTK: UPI
3. Katia B. Gusmão, Emilse M. A. Martini, and Suzana T. Amaral. **Determination of Acetylsalicylic Acid (ASA) in Aspirin: A General Chemistry Experiment**. *Chem. Educator* **2005**, *10*, 444-446.
4. Maulana, W. **Fotovoltaik**. Jakarta : Universitas Indonesia. 2007.
5. T. Ohashi, Y. Hashimoto, and K. Ito, "Solar cells with $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{S}_2$ thin films prepared by sulfurization," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 67, no. 1-4, pp. 2001. 225-230.
6. M. Nanu, J. Schoonman, and A. Goossens, "Solar-energy conversion in $\text{TiO}_2/\text{CuInS}_2$ nanocomposites," *Advanced Functional Materials*, vol. 15, no. 1, pp. 2005. 95-100.
7. F. Lenzmann, M. Nanu, O. Kijatkina, and A. Belaidi, "Substantial improvement of the photovoltaic characteristics of $\text{TiO}_2/\text{CuInS}_2$ interfaces by the use of recombination barrier coatings," *Thin Solid Films*, vol. 451-452, pp. 2004. 639-643.
8. T. T. John, M. Mathew, C. S. Kartha, K. P. Vijayakumar, T. Abe, and Y. Kashiwaba, "CuInS₂/In₂S₃ thin film solar cell using spray pyrolysis technique having 9.5% efficiency," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 89, no. 1, pp. 2005. 27-36.
9. H.-J. Koo, Y. J. Kim, Y. H. Lee, W. I. Lee, K. Kim, and N.-G. Park, "Nano-embossed hollow spherical TiO_2 as bifunctional material for high-efficiency dye-sensitized solar cells," *Advanced Materials*, vol. 20, no. 1, pp. 2008. 195-199.
10. Hamonangan, A. *Prinsip Dasar Semikonduktor*. 2009
11. W. M. Sears and E. Fortin J. B. Webb." **Indium tin oxide/ Cu_2O photovoltaic cells**", *Thin Solid Films*, Volume 103, Issues 1-3, 1983, Pages 303-309, 1983
12. Wales, J. **Copper(II) Oxide**. 2010

13. Sutisna, K.F dan Aswantara, Adi. *Panel Photovoltaic*. Bandung : ITB. 2010

14. Feldman, SR. Sodium Chloride. **Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology**. John wiley & Sons, Inc. Published online 2005.



LAMPIRAN

Lampiran 1

Data Pengukuran Kuat Arus dan Voltase

Hari : Selasa / 4-1-2011

Suhu : 36°C

a. Elektroda CuO/Cu Serabut

No	Konsentrasi (M)	Sebelum disinari		Setelah disinari	
		Arus (mA)	Voltase (mV)	Arus (mA)	Voltase (mV)
1.	0,1	0,08	0,043	0,152	0,053
2.	0,2	0,1	0,043	0,171	0,071
3.	0,3	0,145	0,046	0,210	0,095
4.	0,4	0,197	0,049	0,301	0,098
5.	0,5	0,201	0,069	0,421	0,101

b. Elektroda CuO/Cu Tunggal

No.	Konsentrasi (M)	Sebelum disinari		Setelah disinari	
		Arus (mA)	Voltase (mV)	Arus (mA)	Voltase (mV)
1.	0,1	0,05	0,017	0,08	0,059
2.	0,2	0,09	0,018	0,11	0,060
3.	0,3	0,1	0,024	0,19	0,064
4.	0,4	0,15	0,030	0,26	0,095
5.	0,5	0,190	0,032	0,38	0,114

c. Elektroda CuO Serabut/ Stainless Steel

No.	Konsentrasi	Sebelum disinari	Setelah disinari
-----	-------------	------------------	------------------

	(M)	Arus (mA)	Voltase (mV)	Arus (mA)	Voltase (mV)
1.	0,1	0,1	0,066	0,125	0,075
2.	0,2	0,15	0,070	0,25	0,078
3.	0,3	0,25	0,076	0,35	0,090
4.	0,4	0,29	0,080	0,39	0,095
5.	0,5	0,31	0,083	0,48	0,119

d. Elektroda CuO Tunggal/ Stainless Steel

No.	Konsentrasi (M)	Sebelum disinari		Setelah disinari	
		Arus (mA)	Voltase (mV)	Arus (mA)	Voltase (mV)
1.	0,1	0,09	0,029	0,14	0,070
2.	0,2	0,19	0,062	0,22	0,074
3.	0,3	0,21	0,075	0,32	0,080
4.	0,4	0,24	0,080	0,38	0,92
5.	0,5	0,28	0,095	0,44	0,101

Lampiran 2

Data Pengukuran Pengaruh Variasi Waktu Pengukuran Terhadap Kuat Arus dari Sel Fotovoltaik Menggunakan Elektrolit NaCl Konsentrasi Optimum (konsentrasi 0.3 M)

Hari : Sabtu / 15-1-2011

Tempat : Jl. Sisingamangaraja no 69 Padang

a. Elektroda CuO/Cu Serabut

Waktu (jam)	Sebelum Disinari		Setelah Disinari	
	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)
09.00	0,5	0,029	0,6	0,07
10.00	0,6	0,030	0,7	0,031
11.00	0,7	0,038	0,9	0,021
12.00	0,52	0,027	0,4	0,019
13.00	0,41	0,028	0,3	0,006
14.00	0,39	0,028	0,3	0,022

b. Elektroda CuO/Cu Tunggal

Waktu (jam)	Sebelum Disinari		Setelah Disinari	
	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)
09.00	0,3	0,064	0,4	0,035
10.00	0,5	0,065	0,6	0,052
11.00	0,6	0,071	0,7	0,058
12.00	0,5	0,061	0,5	0,079
13.00	0,4	0,065	0,3	0,059
14.00	0,2	0,073	0,2	0,066

c. Elektroda CuO Serabut / Stainless Steel

Waktu (jam)	Sebelum Disinari		Setelah Disinari	
	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)
09.00	0,5	0,078	0,6	0,080
10.00	0,7	0,075	0,8	0,093
11.00	0,8	0,090	1,1	0,097
12.00	0,4	0,083	0,6	0,070
13.00	0,3	0,076	0,4	0,076
14.00	0,2	0,03	0,3	0,089

d. Elektroda CuO Tunggal / Stainless Steel

Waktu (jam)	Sebelum Disinari		Setelah Disinari	
	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)
09.00	0,4	0,070	0,6	0,070
10.00	0,6	0,074	0,7	0,079
11.00	0,7	0,080	0,9	0,090
12.00	0,5	0,031	0,4	0,094
13.00	0,3	0,092	0,3	0,111
14.00	0,2	0,121	0,1	0,092

Keterangan :

Untuk yang disinari dengan matahari :

Waktu (jam)	cuaca	Temperatur (°C)
09.00	cerah terang	32
10.00	cerah terang	35
11.00	cerah terang	36
12.00	cerah terang	35
13.00	berawan	32
14.00	cerah terang	35

Lampiran 3

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 fotovoltaik pasangan elektroda CuO serabut/stainless steel



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



Lampiran 4

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

V : voltase

A : luas permukaan sendok

Jam 09.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,6 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,080 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 1,08 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 10.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,8 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,093 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 1,68 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 11.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{1,1 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,097 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 2,41 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 12.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,6 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,070 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 0,95 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 13.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,4 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,076 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 0,69 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 14.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,3 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,089 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 0,6 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

B. Berdasarkan luas permukaan anoda (CuO serabut)

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

Dimana : I : kuat arus

V : voltase

A : luas permukaan CuO serabut

Diket : $r = 0,017 \text{ cm}$

$t = 14 \text{ cm}$

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

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

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

Jam 09.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,6 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,080 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 6,69 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 10.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,8 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,093 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 10,4 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 11.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{1,1 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,097 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 14,9 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 12.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,6 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,070 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 5,85 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 13.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,4 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,076 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 4,24 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 14.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,3 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,089 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 3,72 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Menentukan Nilai Efisiensi Pasangan Elektroda CuO Tunggal/Stainless Steel

A. Berdasarkan luas permukaan katoda (sendok)

Jam 09.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,6 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,070 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 0,95 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 10.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,7 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,079 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 1,25 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 11.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,9 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,090 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 1,83 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 12.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,4 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,094 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 0,85 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 13.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,3 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,111 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 0,75 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 14.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,1 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,092 \text{ V}}{44,22 \text{ cm}^2} = 0,2 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

B. Berdasarkan luas permukaan anoda (CuO 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 09.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,6 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,070 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 6,37 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 10.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,7 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,079 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 8,39 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 11.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,9 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,090 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 12,3 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 12.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,4 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,094 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 5,7 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 13.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,3 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,111 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 5,05 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 14.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,1 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,092 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 1,39 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Menentukan Nilai Efisiensi Pasangan Elektroda CuO/Cu Serabut

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

Dimana : I : kuat arus

V : voltase

A : luas permukaan CuO serabut

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 : $A = 1,495 \text{ cm}^2 \times 48 = 71,76 \text{ cm}^2$

Jam 09.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,6 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,07 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 5,85 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 10.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,7 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,031 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 3,02 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 11.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,9 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,021 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 2,63 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 12.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,4 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,019 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 1,06 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 13.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,3 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,006 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 0,25 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 14.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,3 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,022 \text{ V}}{71,76 \text{ cm}^2} = 0,9 \times 10^{-7} \text{ watt/cm}^2$$

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 09.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,4 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,035 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 2,12 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 10.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,6 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,052 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 4,73 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 11.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,7 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,058 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 6,16 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 12.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,5 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,079 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 5,99 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 13.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,3 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,059 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 2,68 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$

Jam 14.00 WIB

$$\text{Efisiensi} = \frac{0,2 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0,066 \text{ V}}{6,594 \text{ cm}^2} = 2 \times 10^{-6} \text{ watt/cm}^2$$



Lampiran 5

Data Pengukuran Pengaruh Variasi Waktu Perendaman dengan NaOH Terhadap Pengukuran Arus dan Voltase Sel Fotovoltaik dengan Menggunakan Elektrolit NaCl

Hari : Sabtu / 5 Februari 2011

a. Sebelum disinari matahari

Waktu	* 12 jam		* 24 jam		* 36 jam	
	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)
09.00	0,163	0,043	0,38	0,055	0,4	1,4
10.00	0,2	0,025	0,39	0,031	0,4	0,023
11.00	0,25	0,020	0,4	0,039	0,41	0,042
12.00	0,1	0,018	0,12	0,020	0,13	0,030
13.00	0,02	0,011	0,06	0,025	0,026	0,057

b. Setelah disinari matahari

Waktu	* 12 jam		* 24 jam		* 36 jam	
	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)
09.00	0,23	0,026	0,4	0,068	0,459	0,338
10.00	0,1	0,056	0,2	0,078	0,34	0,086
11.00	0,3	0,026	0,4	0,052	0,5	0,063
12.00	0,2	0,020	0,3	0,048	0,4	0,046
13.00	0,03	0,038	0,11	0,010	0,2	0,024

Keterangan :

- * : lama waktu perendaman dengan NaOH
- Pukul 09.00 : cuaca cerah terang
- Pukul 10.00 : cuaca berawan
- Pukul 11.00-13.00 : cuaca cerah terang