

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 112/KIMIA

LAPORAN HASIL PENELITIAN

DOSEN PEMULA

ISTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG  
TELAH TERDAFTAR

JUDUL : DISAIN DAN MODIFIKASI KOLEKTOR  
DAN REFLEKTOR CAHAYA PADA ...



PENGARANG : RAHADIAN Z  
: LAPORAN PENELITIAN  
: 65 / UN. 35.13 / PK / KI / 2016  
: 3 NOVEMBER 2016



DISAIN DAN MODIFIKASI KOLEKTOR DAN REFLEKTOR CAHAYA  
PADA PANEL SEL SURYA Al/Cu<sub>2</sub>O-Gel Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Dr. RAHADIAN Z, S.Pd., M.Si.  
NIDN.0021017403

UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
Desember 2015

**Kode>Nama Rumpun Ilmu : 112/KIMIA**

**LAPORAN HASIL PENELITIAN  
DOSEN PEMULA**



**DISAIN DAN MODIFIKASI KOLEKTOR DAN REFLEKTOR CAHAYA  
PADA PANEL SEL SURYA Al/Cu<sub>2</sub>O-Gel Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

**Dr. RAHADIAN Z, S.Pd., M.Si.  
NIDN.0021017403**

**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**Desember 2015**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**HASIL PENELITIAN DOSEN PEMULA**

**Judul Penelitian** : Design dan Modifikasi Kolektor dan Reflektor  
Cahaya Pada Panel Sel Surya Al/Cu<sub>2</sub>O-Gel Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
**Kode>Nama Rumpun Ilmu** : 112/Kimia  
**Ketua Peneliti**  
a. Nama Lengkap : RAHADIAN Z, S.Pd., M.Si.  
b. NIDN : 0021017403  
c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli  
d. Program Studi : Kimia  
e. Nomor HP : 081363622225  
f. Alamat Surel (e-mail) : [rahadianzmsiphd@yahoo.com](mailto:rahadianzmsiphd@yahoo.com)

**Biaya Penelitian** : Rp. 10.000.000,-

Padang, Desember 2015

Mengetahui

Dekan FMIPA UNP

Ketua Peneliti

Prof. Dr. Lufri, M.S.  
NIP. 196105101987031020

Dr. Rahadian Z, S.Pd., M.Si.  
NIP. 197401212000121001

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian

Dr. Alwen Bentri, M.Pd  
NIP. 196107221986021002

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	i
DAFTAR ISI.....	ii
RINGKASAN.....	1
BAB I. PENDAHULUAN.....	2
1.1. Latar Belakang .....	2
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1. Semikonduktor.....	5
2.2. Radiasi Sinar Matahari.....	8
2.3. Konversi dan Efisiensi Sel Potovoltaik.....	8
2.4. Sel Fotoelektrokimia untuk Splitting Air.....	12
BAB III. BAHAN DAN METODE.....	13
3.1. Tempat dan Waktu.....	13
3.2. Bahan dan Alat.....	13
3.3. Metode .....	13
3.3.1. Penyiapan Elektroda .....	13
3.3.2. Penyiapan Elektroda CuO.....	14
3.3.3. Perancangan dan Pembuatan Sel PV.....	14
3.3.4. Penyiapan Larutan Elektrolit dan Analisis Yang Dilakukan .....	14
3.3.5. Pengukuran Arus dan Tegangan yang Dihasilkan Sel Fotovoltaik.....	15
3.3.6. Penentuan Daya yang Dihasilkan Sel Fotovoltaik .....	16
3.3.7. Kestabilan Sel Fotovoltaik .....	16
3.3.8. Karakterisasi Arus Terhadap Tegangan Sel Fotovoltaik .....	16
BAB 4. HASIL PENELITIAN .....	17
BAB 5. KESIMPULAN.....	20
DAFTAR PUSTAKA .....	22

## RINGKASAN

Pemanfaatan energi cahaya matahari untuk menghasilkan energi listrik telah banyak diaplikasikan pada sel fotovoltaik. Sel fotovoltaik berperan mengkonversi energi foton yang datang dan mengenai permukaan semikonduktor sehingga terbentuknya hole dan elektron pada pita energi. Proses eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan rekombinasinya kembali, dapat dimanfaatkan untuk reaksi fotokimia dan reaksi fotovoltaik (PV).

Pengembangan sel PV dari sumber cahaya matahari langsung telah banyak dilakukan, sedangkan sumber foton yang berasal dari cahaya ruang belum diteliti. Cahaya ruang adalah cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan (*indoor lights*) dan cahaya penerangan dari lampu neon (*neon lights*). Energi cahaya ruang sangat rendah dan terbuang, karena tidak bisa disimpan langsung untuk pengisian baterai seperti sel PV menggunakan cahaya matahari langsung.

Oleh karena itu, riset sel PV dengan menggunakan cahaya ruang (*indoor and neon lights*) merupakan riset yang baru, menarik dan penuh tantangan, serta dapat menambah khazanah ilmu pengetahuan. Hal ini disebabkan energi yang digunakan untuk sel PV harus dikonversikan lagi ke bentuk energi baru, yang dapat disimpan dan diproduksi sebagai sumber energi terbarukan yang bersih, berlimpah ketersediannya dan berkelanjutan.

Riset ini bertujuan untuk mendapatkan sel PV yang dapat menghasilkan energi. Aspek yang diteliti adalah aspek sel PV meliputi modifikasikolektor dan reflector cahaya untuk meningkatkan efisiensi sel PV Al/Cu<sub>2</sub>O-Gel Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dalam menghasilkan energi listrik

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1.Latar Belakang

Peradaban manusia dibangun oleh sistem energi<sup>(1)</sup>. Energi adalah bagian penting dari produktifitas<sup>(2)</sup>, sama halnya dengan bahan baku, modal dan tenaga kerja. Dewasa ini, sebagian besar energi berasal dari bahan bakar fosil yang banyak menimbulkan masalah. Antara lain ; pertama, polusi udara akibat pembakaran batubara dan minyak yang menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Kedua, ketersediaan yang terbatas dan tidak dapat diperbaharui<sup>(3)</sup>. Ketiga, Distribusi yang dikuasai beberapa Negara membuat biaya relokasi dan distribusi membengkak dan sangat mahal<sup>(4)</sup>. Diperlukan riset untuk sumber energi baru, yang ramah terhadap lingkungan (ekologis), murah (ekonomis), berkelanjutan dan berlimpah ketersediaanya di alam.

Energi surya merupakan energi yang bersih dan berkelimpahan<sup>(5)</sup>. Bumi menerima  $3.9 \times 10^6$  EJ (1 EJ =  $10^{18}$  J) dari energi surya setiap tahunnya<sup>(6)</sup>, atau sekitar 10.000 kali dari jumlah konsumsi energi dunia pertahun. Densitas kekuatannya  $1 \text{ kW m}^{-2}$  pada saat hari cerah, dan kekuatan surya secara global sekitar 160.000 TW<sup>(7)</sup>. Ketersediaan tersebut menjadi potensi besar untuk sumber energi terbarukan dan berkelanjutan.

Energi listrik yang dihasilkan sel PV masih rendah. Sari et.al.<sup>(8)</sup>, melaporkan sel tunggal PV 0,5 N Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada pukul 12.00 WIB menghasilkan  $8185 \times 10^{-4}$  Watt/cm<sup>2</sup>, dan rerata kapasitas daya mencapai  $6675 \times 10^{-4}$  Watt/cm<sup>2</sup>. Rahmawanti et.al.<sup>(9)</sup>, mendapatkan nilai efisiensi sel PV cair  $9,01 \times 10^25$  Watt s foton<sup>-1</sup>. Hal ini menjadi kendala apabila energi sel PV secara langsung digunakan atau disimpan pada baterai.

Diperlukan analisis eksergi (*exergy concepts*) untuk menganalisis kinerja PV<sup>(10)</sup>. Analisis efisiensi konversi energi surya total, energi yang dibangkitkan PV dalam bentuk listrik dan energi yang terpakai untuk proses elektrolisis air.

Penekanan dan pengembangan riset dilakukan mendekati polafotosintesis artifisial<sup>(11)</sup>, yakni aspek terapan yang murah (ekonomis), ramah (ekologis), berkelanjutan (sistemis) dan berkelimpahan. Aspek ini dapat dilakukan dengan mendekati aspek

termodinamika keadaan standar, tanpa modifikasi yang signifikan, dan menggunakan sumber sumber yang tersedia alami di alam, sehingga murah dan mudah didapatkan.

Aspek yang tak kalah pentingnya adalah disain terhadap pengumpul (kolektor) dan pemantul (reflector) cahaya. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk meneliti sejauh mana pengaruh kolektor dan reflector cahaya terhadap kinerja sel surya dalam menghasilkan energy listrik.

## **1.2.Perumusan Masalah**

Penelitian mengenai pemanfaatan cahaya ruang sebagai sumber energi PV merupakan riset menarik dan perlu dikembangkan. Penelitian yang sudah dilakukan selama empat dekade tentang PV masih belum menyentuh wilayah ini, dikarenakan potensi ini masih terbatas, sementara potensi cahaya langsung masih banyak yang belum ditelaah. Keterbatasannya adalah cahaya ruang memiliki kekuatan yang rendah (*flux dan foot candle*), sehingga pemanfaatan secara langsung masih belum memungkinkan. Pada aspek disain kolektor dan reflector cahaya menjadi kajian utama untuk meningkatkan kemampuan sel PV cahaya ruang dalam mengkonversi cahaya menjadi energy listrik.

## **1.3.Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sel Potovoltaik (PV) yang dimodifikasi. Modifikasi mencakup aspek kolektor dan reflector cahaya sehingga tercapainya kondisi kinerja sel PV optimal. Proses modifikasi dilakukan untuk mendesign sel PV yang aplikatif. Urgensi Penelitian ini untuk menjawab pertanyaan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah disain kolektor dan reflektor sel PV yang dibuat menghasilkan tegangan yang memadai untuk menghasilkan energi listrik.
2. Bagaimanakah pengaruh kolektor dan reflector terhadap proses fotokimia yang menghasilkan energi listrik.



#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini merupakan sebuah terobosan dalam pemanfaatan energi rendah dari cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan. Keterbatasan energi yang selama ini tidak dimanfaatkan, menjadi focus utama riset ini.

Penerapannya kelak bisa ditata sesuai arsitektur atau disain tata ruang. Dimana dinding, meja dan peralatan dalam ruang tersebut dapat dipresentasikan sebagai sebuah rangkaian sel fotovoltaik cahaya ruang. Desain dan modifikasi kolektor dan reflektorakan memberikan terobosan dalam aplikasi sel surya cahaya ruang.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

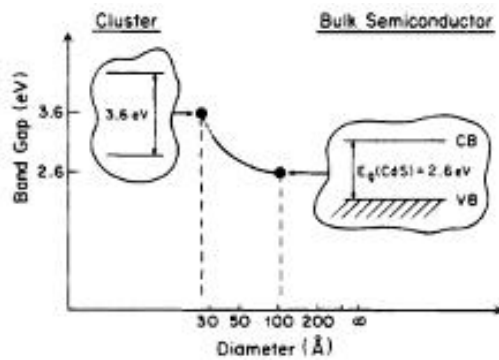
#### 2.1. Semikonduktor

Semikonduktor merupakan material fotokatalis yang memiliki pita valensi (VB) dan pita konduksi (CB) dengan jarak tertentu yang disebut band gap (BG). Reaksi yang terjadi dapat diinisiasi oleh foton ( $h\nu$ ) seperti pada gambar 1. Faktor band gap<sup>(12)</sup> menentukan besarnya energy yang diperlukan untuk eksitasi dari VB ke CB sebagaimana terlihat pada gambar 1. Reaksi terjadi pada sisi aktif pada semikonduktor seperti gambar 1.

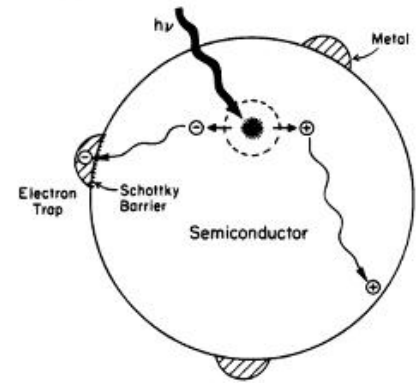


Gambar 1. Skema eksitasi VB ke CB<sup>(12)</sup> dan tahapan pemisahan muatan dan sisi aktif fotokatalis<sup>(12)</sup>

Modifikasi semikonduktor dimaksudkan untuk mendapatkan BG rendah, sehingga proses eksitasi electron tidak memerlukan  $E_g$  yang besar. Efek ukuran partikel semikonduktor akan berpengaruh pada BG<sup>(13)</sup>, seperti pada gambar 2. Pada kondisi gugusan, semikonduktor memiliki  $B_g = 3,6$  eV, dibandingkan pada keadaan bulk/ruah (lebih besar) yakni 2,6 eV, terlihat pada keadaan bulk berdampak turunya BG semikonduktor. Modifikasi juga dapat dilakukan dengan menggunakan logam/metal (komposit) sebagai perangkap electron seperti gambar 2, dan proses rekombinasi e ke hole lebih lama, efek ini dikenal sebagai *scavenger effect* atau *trapping*<sup>(13)</sup>.



(a)

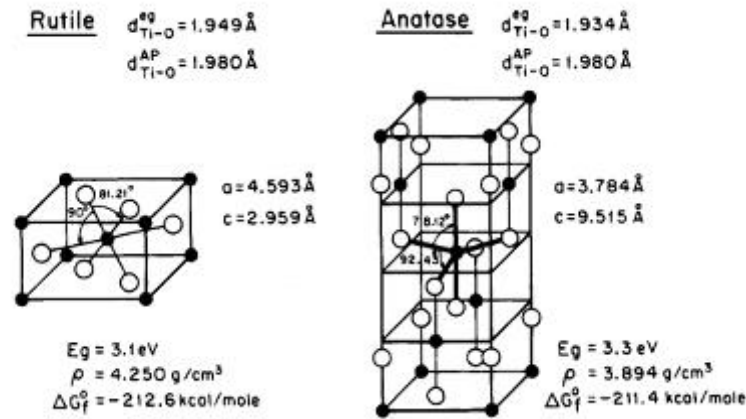


(b)

Gambar 2, (a) pengaruh ukuran semikonduktor terhadap pergeseran BG; (b) modifikasi semikonduktor dengan metal trapping

Beberapa material komposit telah diteliti kemampuan fotoreaksinya dengan modifikasi semikonduktor untuk mendapatkan BG yang rendah. Kemampuannya juga dihubungkan dengan kemampuan semikonduktor dalam menghasilkan oksigen dan hydrogen melalui fotospliting air. Namun, material semikonduktor dengan BG yang rendah<sup>(14)</sup> juga memiliki kelemahan. Pertama, BG yang rendah sering tidak stabil dalam air dan terkadang larut oleh elektrolit. Kedua, sel PV-EC harus diboosting dengan energi luar atau perbedaan kimia seperti pH antara katoda dan anoda, seperti terlihat pada gambar 2.

Oksida logam yang sama bisa memiliki  $E_g$  yang beragam atau mendekati satu sama lain. Hal ini disebabkan, pengaruh proses pembuatan dan metode pengukuran  $E_g$ . Perbedaan ini disebabkan juga karena struktur geometri dari oksida logam tersebut.



Gambar 3. Struktur TiO<sub>2</sub> berbentuk Rutil dan Anastase<sup>(13)</sup>

Misalnya, TiO<sub>2</sub> memiliki struktur Kristal berbentuk rutil dan anastase. Pada TiO<sub>2</sub> rutil,  $E_g = 3,1 \text{ eV}$ , dan pada struktur anastase,  $E_g \text{ TiO}_2$  adalah  $3,3 \text{ eV}$  seperti terlihat pada gambar<sup>(13)</sup>. Karena perbedaan struktur, memberikan sifat optic dan sifat elektrik yang berbeda pula.

Tahun 1920 dan 1930, efek PV semakin berkembang dengan diperkenalkannya teori mekanika kuantum, Pada tahun 1940, teknologi PV semakin berkembang. Pada awal 1950, metode pembuatan Silikon murni meningkatkan kemampuan teknologi PV, yang dikenal dengan metode Czochralski. Tahun 1954, Bell Telephone Laboratories berhasil membuat PV silikon murni dengan efisiensi konversi 4%. Bell kemudian menyempurnakan hingga mencapai 6% dan akhirnya 11 %. Akhirnya, pada tahun 1958, satelit Amerika US Vanguard menggunakan sel PV untuk radio satelitnya<sup>(15)</sup>.

Sel PV telah dikembangkan menjadi tiga generasi<sup>(16)</sup>, sebagai berikut :

- (1). **sel fotovoltaik generasi ke-I** (*silicon wafer-based photovoltaic cells*) yang terdiri semikonduktor monogap dari kristal tunggal silisium (Si) atau poly-grain Si,
- (2). **sel fotovoltaik generasi ke-II** (*thin film photovoltaic cells*) yang merupakan suatu sel fotovoltaik dengan teknologi lapisan tipis, terdiri dari bahan lapisan film tipis: silisium amorf, polikristalin silisium, CuInSe<sub>2</sub>, CuInGaS, CdTe, sel fotovoltaik berbasis pewarna (*Dye Sensitized Solar Cells/DSSC*) dan sel fotovoltaik organik,
- (3). **sel fotovoltaik generasi ke-III** (*advanced thin film photovoltaic cells*) merupakan sel fotovoltaik lapisan tipis yang lebih maju, terdiri dari: sel tandem multi celah (*multi-gap*

*tandem cells*), sel surya pembawa elektron panas (*hot electron converters* atau *hot carrier converter cells*), sel surya pembentukan multi eksitasi (*multiple exciton generation solar cells*), sel fotovoltaiik pita intermediat (*Intermediate band photovoltaics*), sel surya quantum dot (*quatam-dot solar cells*) dan sel termofotovoltaiik (*thermophotovoltaic cells*).

## 2.2. Radiasi Sinar Matahari

Radiasi matahari yang mengenai bumi diukur dengan kekuatan yang disebut flux (intensitas). Flux adalah kekuatan/daya cahaya matahari per satuan luas permukaan per satuan waktu (Watt/m<sup>2</sup>.time). Simbolnya G, Gh, Gd dan Gm, masing masing menunjukkan intensitas pada satu jam, harian dan bulanan<sup>(15)</sup>. Energi surya sampai ke permukaan bumi dalam bentuk paket paket yang disebut foton, akan tersplit menjadi dua yakni puncak (intensitas) dan diffuse (spectrum). Intensitas radiasi matahari diluar atmosfer bumi disebut konstanta surya, yaitu sebesar 1353 W/m<sup>2</sup>. Setelah disaring oleh atmosfer bumi, beberapa spektrum cahaya hilang dan intensitas puncak radiasi menjadi sekitar 1000W/m<sup>2</sup>

Intensitas cahaya matahari dipengaruhi oleh waktu penyinaran. Ini disebabkan pengaruh sudut datang cahaya matahari dan luas permukaan yang terkena radiasi. Pada siang hari sekitar jam 12.00 siang, mempunyai sudut datang 90°, sedangkan pada pagi dan sore hari mempunyai sudut datang lebih besar dari 90°. Semakin besar sudut datang, perjalanan sinar juga semakin jauh dan menyebabkan berkurangnya intensitas cahaya.

$$G = P/A$$

$$P = V.I$$

Dimana :

G = kekuatan radiasi cahaya matahari, Watt/luas permukaan

P = Daya. Watt

V = Voltase yang dihasilkan sel PV, volt

I = arus yang dihasilkan sel PV, Ampere

## 2.3. Konversi dan Efisiensi Sel Potovoltaiik

Bila sel-sel semikonduktor terkena cahaya matahari, maka foton foton yang jatuh pada permukaan semikonduktor PV akan menghasilkan pasangan-pasangan electron dan hole. Elektron - elektron akan cenderung untuk berjalan ke arah negative (tipe N), sedangkan lubang (hole) akan cenderung untuk berjalan ke arah daerah yang bermuatan

positif (tipe P). Bila positif dan negatif diberi sambungan listrik, maka terjadilah aliran arus listrik dalam sambungan itu. Besarnya arus listrik atau tenaga listrik yang diperoleh tergantung antara lain dari jumlah energi cahaya yang mencapai sel-sel semikonduktor dan tergantung dari luas permukaan sel PV.

Tegangan yang dibangkitkan sel surya sangat tergantung oleh luas sel surya tersebut. Jika dihitung, efisiensi konversi energi<sup>(17)</sup> adalah sebagai

$$\eta = (V I)/(P \cdot a)$$

Dimana  $\eta$  = efisiensi konversi

V = tegangan yang dibangkitkan sel surya

I = arus sel surya

P = rapat daya matahari yang jatuh pada sel surya

a = luas sel surya

Rumus efisiensi konversi energi diatas dapat ditulis sebagai berikut :

$$\eta = (F_i I_s V_o)/(P \cdot a)$$

Dimana

$F_i$  = Faktor Isi (Fill Factor)

$I_s$  = arus hubung singkat

$V_o$  = tegangan tanpa beban

P = rapat daya matahari yang jatuh pada sel surya

a = luas sel surya

Ada enam parameter dalam sel PV<sup>(17)</sup>, yakni :

1. IPCE (Incident Photon to Current Efficiency (IPCE))

$$IPCE (\%) = \frac{1240 (eV \cdot nm) J_{ph} (mA/cm^2) -}{\int (n \cdot \lambda) / I (\frac{mW}{cm^2})}$$

Dimana  $J_{ph}$  = density photocurrent arus pendek,

$\lambda$  dan I = panjang gelombang dan intensitas cahaya monokromatik

IPCE disebut juga EQE atau External Quantum Efficiency, yakni jumlah electron yang mengalir melalui sirkuit eksternal dibandingkan dengan jumlah foton yang datang.

2. Kurva photocurrent/voltage curves (kurva J/V)<sup>(17)</sup>

Pengukuran kurva J/V untuk DSSC pada keadaan simulasi 1,5 AMG (100 mWatt/cm<sup>2</sup>) sangat penting untuk melihat performa sel PV DSSC. Setidaknya ada 4 faktor yang penting untuk analisa kinerja DSSC yakni  $V_{oc}$ ,  $J_{sc}$ , FF dan  $\eta$ .

3.  $V_{oc}$  (Open Circuit Photovoltage)

Voc adalah perbedaan dari potensial dari dua terminal yang disinari, saat sirkuit dibuka. Pengukuran Voc adalah sebagai berikut :

$$V_{oc} = \frac{E_{cb}}{e} + \frac{K_b T}{e} \ln\left(\frac{n}{N_{cb}}\right) - E_{redok}$$

Dimana :

Voc = Voltase sirkuit terbuka/Tegangan Jaringan Terbuka  
 'n = jumlah electron pada semikonduktor  
 'e = muatan elementer  
 Kb = konstanta Boltzman  
 Ncb = density efektif  
 Eredok = potensial redoks

4. Jsc (*short circuit Photocurrent Density/Densitas Arus Hubungan Singkat*)  
 Jsc adalah jumlah arus yang mengalir per satuan luas (mA.cm<sup>-2</sup>) saat sel PV disinari pada hubungan singkat, dihitung dengan mengintegrasikan IPCE.

$$J_{sc} = e \int IPCE(\lambda) I_s(\lambda) d\lambda$$

Dimana :

I<sub>s</sub>(λ) = fluks foton pada panjang gelombang λ  
 saat 1,5 AMG (100 mW/cm<sup>2</sup>)

5. FF (Fill Factor) atau Faktor Pengisian  
 FF adalah factor penting dari sel surya yakni kekuatan maksimum yang dikeluarkan sel (Jmp. Vmp) dibagi Jsc dan Voc.

$$FF = \frac{J_{mp} V_{mp}}{J_{sc} V_{oc}}$$

6. *Solar Energy to Electricity Conversion Yield* (η)

η adalah jumlah maksimum energy surya yang bisa dikonversi menjadi listrik. η juga dapat didefinisikan sebagai jumlah maksimum energy yang dikeluarkan sel PV dibandingkan jumlah foton yang datang atau yang mengenai sel PV.

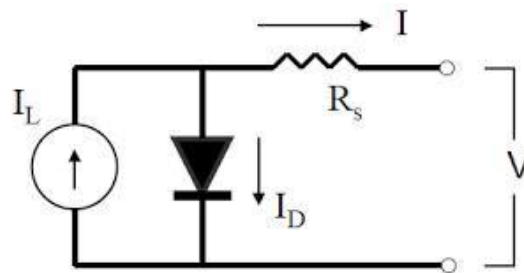
$$\eta = \frac{J_{sc} \left(\frac{mA}{cm^2}\right) V_{oc} (V) FF}{I_o \left(\frac{mW}{cm^2}\right)}$$

Untuk menghasilkan η yang tinggi atau sel PV memiliki tingkat konversi yang besar, maka diperlukan untuk melakukan optimasi terhadap Jsc, Voc, dan nilai FF<sup>(17)</sup>.

Secara umum, parameter untuk melihat performa sel PV adalah Voc (Tegangan Jaringan Terbuka), Isc (Arus Hubungan Singkat ) dan FF (Faktor Pengisian).

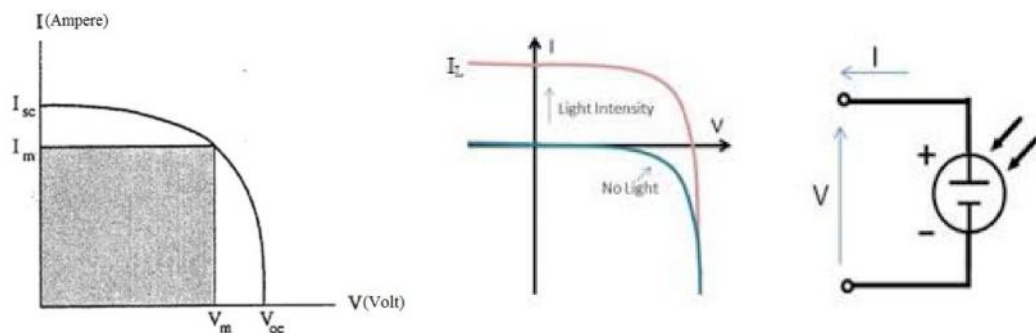
Sel PV merupakan sel semikonduktor sebagai sumber energy. Sel tunggal yang menjadi sumber energy dapat disusun secara seri-paralel dan menjadi array apabila memiliki beberapa sel PV/kumpulan. Dalam susunan seri, akan menghasilkan arus yang sama, namun tegangan bertambah. Pada susunan paralel, tegangan tetap namun arus semakin besar. Sel surya merupakan sel non linear, sehingga untuk menjelaskan hubungan antara arus dan tegangan tidaklah mudah secara matematik, diperlukan pemodelan.

Model Sel PV dimodelkan dengan memparalelkannya dengan diode. Pada saat tidak diiluminasi, maka arus yang ada adalah arus diode ( $I_D$ ). Pada saat iluminasi, maka sel PV berfungsi sebagai sumber arus dan arus ( $I_L$ ) yang dihasilkan meningkat sesuai dengan semakin bertambahnya intensitas cahaya.



Gambar 8. Rangkaian ekivalen pada sel tunggal

Model ini menggambarkan adanya sumber arus fotolistrik ( $I_L$ ), satu diode dan hambatan seri  $R_s$  dimana menggambarkan hambatan setiap sel dan koneksi antara sel. Arus yang didapat adalah selisih antara arus fotolistrik ( $I_L$ ) dan arus dipode ( $I_D$ )

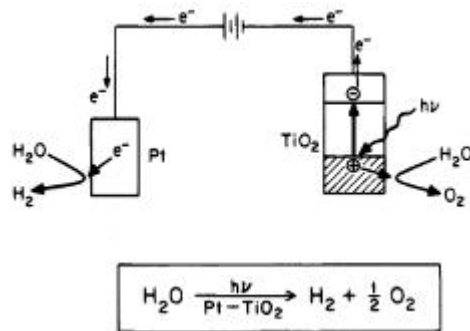


Gambar 9 . Hubungan antara arus (I) dengan Tegangan (V)



## 2.4. Sel Fotoelektrokimia untuk Splitting Air

Sel Fotoelektrokimia pertama dikembangkan oleh Fujishima dan Honda, pada tahun 1970. Semikonduktor yang dipakai  $\text{TiO}_2$ , dengan Energi Gap ( $E_g$ ) 3,2 eV. Dihasilkan 2-3  $\text{mA cm}^{-2}$  pada 1.23  $V_{\text{RHE}}$ . Reaksi yang terjadi terlihat pada skema berikut :



Gambar 10. Sel Fotoelektrokimia untuk Fotosplitting Air<sup>(13)</sup>

Fujishima dan Honda hanya mampu mendapatkan efisiensi 5 % sinar surya yang bisa dipakai untuk produksi hidrogen. Secara teori, bila BG  $\text{TiO}_2$  bisa dimodifikasi mendekati 2,2 eV, efisiensi bisa mencapai 40%<sup>(18)</sup>.

## **BAB III**

### **BAHAN DAN METODE**

#### **3.1. Tempat dan Waktu**

Penelitian ini dilakukan pada beberapa tempat yakni Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang

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

Peralatan yang digunakan adalah neraca analitis, alat-alat gelas (Gelas ukur 500 mL dan 100 mL. Erlenmeyer 500 mL dan 250 mL, serta 100 mL. Gelas kimia 500 mL, 100 mL Buret 50 mL dan 25 mL.), multitester, dan sel surya yang dirakit. Corong. Tabung U dengan leher ada saluran keluar. Selang dan karet penghubung. Batang pengaduk/spatula.. Solder. Stirer. Alat ukur ketebalan digital. Jepit buaya. Statif kayu dan logam. Multitester digital. Gunting plat/lempeng. Hot plate. Timbangan digital. Computer/laptop dan program hyperchem dan Gaussian. Light meter. SEM-EDX merek Hitachi. XRD.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu logam tembaga (ketebalan 0.15 mm, 0.20 mm dan 0.30 mm), karbon, Natrium Sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), Kloroform dan .aquades. Kaca bening dan kaca hitam (ketebalan 1 mm, 3 mm dan 5 mm). Powder agar-agar bening. Lem Silicon. Kabel serabut dan kabel tunggal tembaga. Jepit buaya. Vaseline. Timah. Minyak solder. Kertas karbon. Selotip. Kertas padi.

#### **3.3. Metode**

##### **3.3.1. Penyiapan Elektroda**

Elektroda yang digunakan yaitu elektrodaCu, CuO dan C. Elektroda Cu yang berbentuk lempengan diperoleh dari pemesanan Pabrikasi sesuai dengan ketebalan yang diinginkan (0,15 mm, 0,20 mm dan 0,30 mm) dengan ukuran 36,5 cm x 120 cm. Elektroda C yang ada di pasaran. Elektroda Cu, dan C kemudian dipasang ke dalam reaktor PV dan reaktor EC yang didesign.

### 3.3.2. Penyiapan Elektroda CuO

Lempengan tembaga (Cu) lembaran (36,5 cm x 120 cm) dipotong-potong dengan ukuran lebar 4 cm x 15,5 cm sesuai dengan ukurang wadah reactor dari sel PV yang dirancang.

### 3.3.3. Perancangan dan Pembuatan Sel PV

Design atau rancangan sel PV dibuat dengan model Design 1, Design 2 dan Design 3 sebagai berikut :

- **DesignSel PV**, yakni kaca transparan bening dengan ketebalan 3 mm, dipotong dengan ukuran 2 cm x 12 cm sebanyak 4 buah. Ukuran 10 cm x 12 cm sebanyak 2 buah, dan ukuran 10 cm x 14 cm sebanyak 1 buah dan 4 cm x 14 cm sebanyak 1 buah. Pada elektroda CuO adalah bagian masuk/terkena cahaya ruang, dan satu bagian lain adalah ditutup kertas karbon (elektroda Cu).



Gambar 11. Skema dan design sel PV yang dibuat

### 3.3.4. Penyiapan Larutan Elektrolit dan Analisis Yang Dilakukan

Larutan elektrolit dibuat dalam bentuk padat/agar dengan tujuan lebih stabil dan tahan lama. Untuk itu dilakukan optimasi pembentukan media agar optimum dengan variasi persentase massa powder agar dalam air. Pada persentase 0,5 % sudah terbentuk agar yang stabil dan dipakai untuk selanjutnya untuk mengkondisikan larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  yang menjadi sumber elektrolit reactor PV.

Larutan elektrolit yang disiapkan yaitu larutan elektrolit  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Pembuatan larutan elektrolit padat (agar) 0,5% dalam 500 mL larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,5 M. Masukkan larutan elektrolit tersebut (dalam keadaan panas) ke dalam wadah reactor sel PV. Kemudian dibiarkan dingin (lebih kurang 3 jam) dan dilakukan pengukuran arus dan voltasenya dengan menggunakan multimeter dengan sinar matahari yang masuk ruangan (sinar ruang). Pengukuran arus dan voltasenya dilakukan pada pukul 09.00 wib sampai pukul 14.00 wib. Pengukuran kekuatan dan intensitas cahaya ruang juga dilakukan dengan menggunakan light meter.

Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu melihat pengaruh design sel PV, jarak antar elektroda PV, dan permukaan elektroda yang dikalsinasi (suhu dan lama kalsinasi) terhadap kuat arus dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu, melihat pengaruh rangkaian seri dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu terhadap besar kuat arus yang dihasilkan dalam elektrolit  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , melihat pengaruh suhu kalsinasi terhadap kuat arus dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu, melihat pengaruh variasi waktu pengukuran terhadap kuat arus dari sel fotovoltaik pasangan elektroda CuO/Cu menggunakan elektrolit padat/agar  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,5 M, dan penentuan intensitas sinar matahari. Penentuan intensitas sinar matahari dilakukan dengan cara menggunakan alat light meter.

### **3.3.5. Pengukuran Arus dan Tegangan yang Dihasilkan Sel Fotovoltaik**

Setengah sel fotovoltaik yang dibuat dan diisi dengan larutan agar  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,5 N. Kemudian sel fotovoltaik yang telah berisi elektroda tembaga disinari dengan cahaya ruang. Pengukuran arus yang dihasilkan dilakukan dalam waktu pengukuran dari pukul 10.00 sampai 14.00 WIB. Tiap 1 jam besar arus dan tegangan yang dihasilkan diukur dengan menggunakan alat multimeter.

### 3.3.6. Penentuan Daya yang Dihasilkan Sel Fotovoltaik

Penentuan daya pada sel fotovoltaik ditentukan berdasarkan kuat arus dan tegangan yang dihasilkan, yaitu dengan rumus:  $P = I \cdot V$

$P =$  daya (mWatt),  $I =$  arus (mA),  $V =$  tegangan (mV).

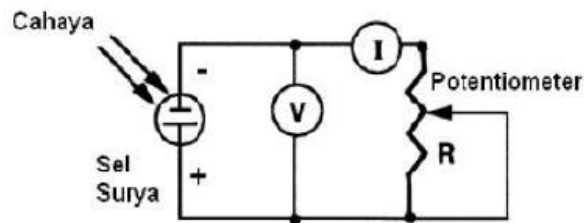
### 3.3.7. Kestabilan Sel Fotovoltaik

Kestabilan sel fotovoltaik dalam menghasilkan arus ditentukan dengan pengukuran arus dan tegangan setiap hari selama 1 minggu pada pukul 12.00 WIB.

### 3.3.8. Karakterisasi Arus Terhadap Tegangan Sel Fotovoltaik

Karakterisasi arus dan tegangan dilakukan pengukuran pada rentang waktu 11.00-13.00 WIB dengan menggunakan perangkat I-V seperti pada Gambar 6

berikut:



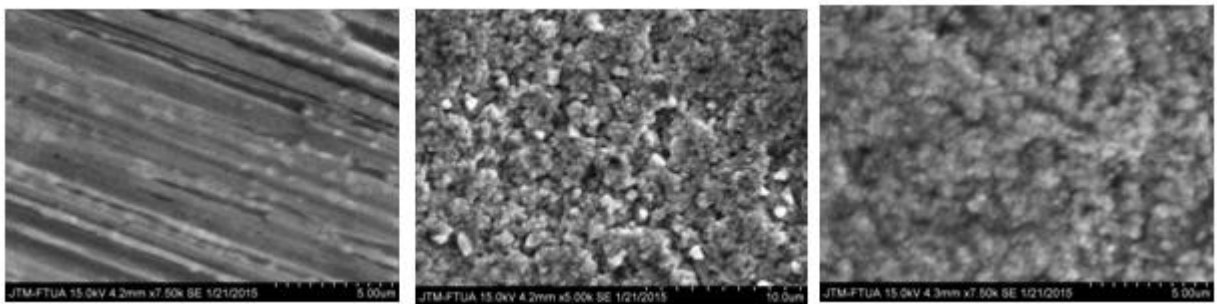
Gambar 12. Perangkat I-V

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. KARAKTERISASI

#### Karakterisasi Scanning Electron Microscope (SEM)

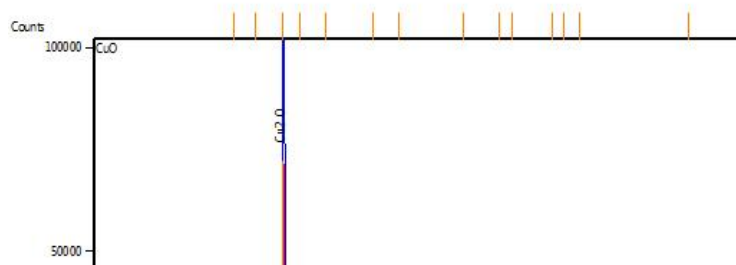
Dari gambar 13, terlihat telah terjadi perubahan pada permukaan plat tembaga (Cu) setelah mengalami kalsinasi pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$  dan  $500^{\circ}\text{C}$ . Pembakaran selama 1 jam pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$  memberikan hasil optimum (ref rhz), dan dapat dipakai sebagai elektroda pada sel PV yang didisain.



Gambar 13. Foto SEM dari pelat tembaga sebelum kalsinasi dengan perbesaran 7500 kali (a), setelah dikalsinasi selama 1 jam pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$  dengan perbesaran 5000 kali (b) dan pada suhu  $500^{\circ}\text{C}$  dengan perbesaran 5000 kali(c)

#### Karakterisasi XRD

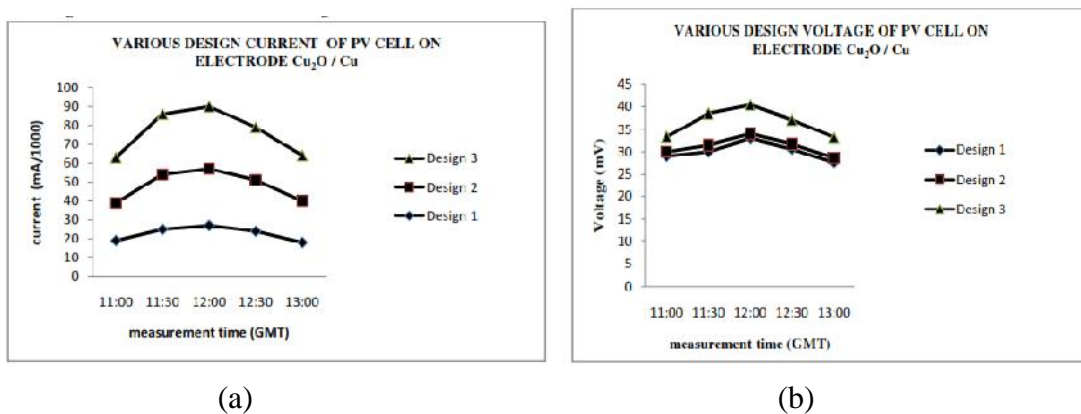
Dari gambar 14, analisa XRD untuk plat yang telah dikalsinasi selama 1 jam pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$ , diketahui bahwa terbentuk oksida tembaga, CuO dan  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Komposisi CuO dan  $\text{Cu}_2\text{O}$  mempengaruhi energy gap sehingga mampu meningkatkan kemampuan sel PV dalam mengkonversikan cahaya menjadi energy listrik.



Gambar 14. Hasil XRD dari pelat tembaga yang dikalsinasi pada suhu 400°C

## 4.2. OPTIMASI DISAIN SEL PV

Berdasarkan gambar 15, terlihat kemampuan sel PV Desain 3, memberikan hasil optimum pada pengujian voltase dan arus, dengan memberikan daya sebesar  $277,36 \mu\text{Watt/m}^2$ . Hal ini disebabkan jarak antara elektroda sangat mempengaruhi proses hantaran muatan, sehingga meningkatkan arus dan voltase yang dihasilkan sel PV. Pada dinding panel, permukaan kaca dengan ketebalan 3 mm sangat bagus untuk menangkap cahaya yang datang, sementara untuk mengurangi dampak refleksi dan kehilangan cahaya secara cepat, dimodifikasi pada bagian dalam panel dengan memasang sistim anti refleksi karbon seperti terlihat pada gambar .



Gambar 15. Hasil pengukuran arus (a) dan tegangan (V) dari sel PV untuk berbagai rancangan

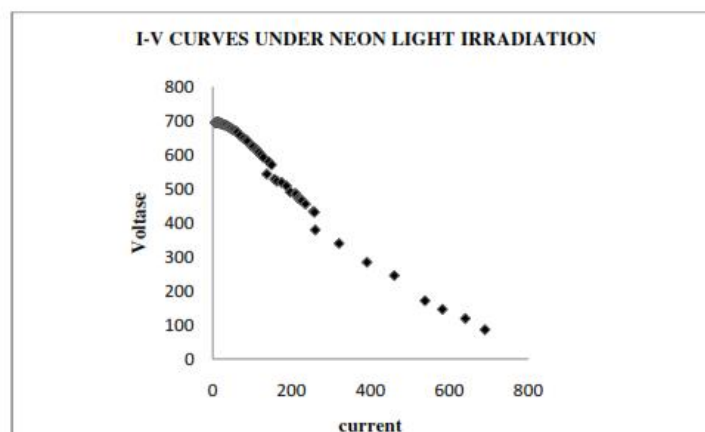
Tabel 1. Hasil Pengukuran arus dan tegangan rerata harian elektroda CuO/Cu pada berbagai desain Sel PV

PV Design	I ( $\mu\text{A}$ )	V (mV)	Daya ( $\mu\text{W}$ )	Daya ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )
1	22.6	30.02	0.678452	<b>182.8218809</b>
2	25.6	31.16	0.797696	<b>214.9544597</b>
3	28.2	36.5	1.0293	<b>277.3645918</b>

Dari hasil pengukuran arus dan tegangan dengan berbagai desain sel PV diperoleh kondisi optimum pada Desain Sel PV 3. Pada Desain sel PV 3, pasangan elektroda CuO/Cu memberikan arus rerata harian pada cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan sebesar 28.2  $\mu\text{A}$  dan tegangan sebesar 36.5 mV. Daya yang dihasilkan mencapai 1.0293  $\mu\text{Watt}$ .

#### 4.3. KEMAMPUAN SEL PV Al/Cu<sub>2</sub>O-Gel Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Desain optimum adalah rancangan 3 dengan spesifikasi sebagai berikut Desain sel dengan jarak antara elektroda 0.30 mm dan luas elektroda yang dipakai adalah 4 cm x 10 cm. Ketebalan plat elektroda tembaga oksida (CuO-Cu<sub>2</sub>O) dan plat Al adalah masing masing 0.28-0.32 mm. Pengukuran luas elektroda kerja dengan factor ketebalan dan dimensi yang berkontak dengan cahaya adalah 0,003711 m<sup>2</sup> seperti terlihat pada gambar 16.



Gambar 17. Karakteristik kurva I-V sel PV optimum Al/Cu<sub>x</sub>O



Panel surya yang dimodifikasi berupa ketebalan kaca (PT Asahimas Indonesia) dengan spesifikasi transmittan 85% dan ketebalan 3 mm, pada permukaan kontak depan. Pada bagian dalam dengan ketebalan sama seperti sistem wafer, maka dipasang anti reflektif dengan karbon pada bagian akhir dari kaca (ketebalan 3 mm). Sistem bulk (elektrolit) yang menjadi pembangkit electron digunakan elektrolit dalam keadaan gel, dengan optimasi 1 % konsentrasi koloid (tepung agar) dan 0.5 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

## BAB 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil karakterisasi material, Desain sel PV yang optimum didapatkan pada kondisi kalsinasi selama 1 jam pada suhu 400°C, dengan jarak antara elektroda 0.30 mm dan luas elektroda yang dipakai adalah 4 cm x 10 cm. Ketebalan plat elektroda tembaga oksida (CuO-Cu<sub>2</sub>O) dan plat Al adalah masing masing 0.28-0.32 mm. Pengukuran luas elektroda kerja dengan factor ketebalan dan dimensi yang berkontak dengan cahaya adalah 0,003711 m<sup>2</sup>.

Panel surya yang dimodifikasi berupa ketebalan kaca (PT Asahimas Indonesia) dengan spesifikasi transmittan 85% dan ketebalan 3 mm, pada permukaan kontak depan. Pada bagian dalam dengan ketebalan sama seperti sistim wafer, maka dipasang anti reflektif dengan karbon pada bagian akhir dari kaca (ketebalan 3 mm). Sistim bulk (elektrolit) yang menjadi pembangkit electron digunakan elektrolit dalam keadaan gel, dengan optimasi 1 % konsentrasi koloid (tepung agar) dan 0.5 M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Kemampuan akhir sel PV yang dimodifikasi pada kondisi optimum dengan luas elektroda kerja 0,003711 adalah 277,36  $\mu$ Watt/m<sup>2</sup>. Hal ini disebabkan factor desain jarak antara elektroda dan pemasangan anti reflektif dapat meningkatkan kemampuan sel PV dan mengurangi dampak kehilangan cahaya dalam reactor sel PV.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Oswald WJ. 1991. Terrestrial approaches to integration of waste treatment. *Waste management & research : the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA* 9:477-84
2. Santini A, Morselli L, Passarini F, Vassura I, Di Carlo S, Bonino F. 2011. End-of-Life Vehicles management: Italian material and energy recovery efficiency. *Waste management* 31:489-94
3. Chen WS, Chang FC, Shen YH, Tsai MS. 2011. The characteristics of organic sludge/sawdust derived fuel. *Bioresource technology* 102:5406-10
4. Liao C-H, Huang C-W, Wu JCS. 2012. Hydrogen Production from Semiconductor-based Photocatalysis via Water Splitting. *Catalysts* 2:490-516
5. Gu S, Xu B, Yan Y. 2014. Electrochemical energy engineering: a new frontier of chemical engineering innovation. *Annual review of chemical and biomolecular engineering* 5:429-54
6. Parlevliet D, Moheimani NR. 2014. Efficient conversion of solar energy to biomass and electricity. *Aquatic biosystems* 10:4
7. Swierk JR, Mallouk TE. 2013. Design and development of photoanodes for water-splitting dye-sensitized photoelectrochemical cells. *Chemical Society reviews* 42:2357-87
8. Sari F, Alif A, Aziz H. 2012. Penggunaan Elektroda Karbon dalam Sel Fotovoltaik Semikonduktor CuO dengan Elektrolit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. *Jurnal Kimia Universitas Andalas* Vol.1
9. Rahmawanti N, Alif A, Aziz H. 2013. Sel Fotofoltaik Cair Pasangan Elektroda CuO/Cu, CuO/Ag dalam Larutan Elektrolit NaCl dan NaOH. *Media Sains* Vol.5. No.1
10. Hamdani D, Subagiada K, Subaagiyo L. 2011. Analisis Kinerja Solar Photovoltaic System (SPS) berdasarkan Tinjauan Efisiensi Energi dan Eksergi. *Jurnal Material dan Energi Indonesia* Vol.01. No.02:84-9211.
11. L. EE, D. AA. 2013. Similarities between photosynthesis and the principle of operation of dye-sensitized solar cell. *International Journal of Physical Sciences* Vol. 8(45), pp. 2053-2056
12. Kudo A. 2003. Photocatalyst materials for water splitting. *Catalysis Surveys from Asia* Vol. 7, No. 1, April 2003
13. Linsebigler AL, Lu G, Yates JT. 1995. Photocatalysis on TiO<sub>2</sub> Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results. *Chem. Rev.* Vol. 95, No. 3, : 735-58
14. Conibeer G, Perez-Wurfl I, Hao X, Di D, Lin D. 2012. Si solid-state quantum dot-based materials for tandem solar cells. *Nanoscale research letters* 7:193
15. Energy tUSDo. 1982. Basic Photovoltaic Principles and Methods. *National Technical Information Service* Stock Number: SERIISP-290-1448
16. Sutrisno H. 2010. <Sel Fotovoltaik Generasi ke III Pengembangan Sel Fotovoltaik Berbasis Titanium Dioksida.pdf>. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan, UNY Yogyakarta*
17. Ooyama Y, Harima Y. 2012. Photophysical and electrochemical properties, and molecular structures of organic dyes for dye-sensitized solar cells. *Chemphyschem : a European journal of chemical physics and physical chemistry* 13:4032-80
18. Lopes T, Andrade L, Ribeiro HA, Mendes A. 2010. Characterization of photoelectrochemical cells for water splitting by electrochemical impedance spectroscopy. *International Journal of Hydrogen Energy* 35:11601-8

## CURRICULUM VITAE

## A. Identitas Diri

## B. Pengalaman Jabatan dan kepemimpinan publik

Nama	<b>RAHADIAN ZAINUL</b>				
Jabatan Akademik/ Fungsional	ASISTEN AHLI				
Gelar Akademik	DR, S.Pd., M.Si				
Jenis Kelamin	Laki laki				
Jabatan Struktural	Staf Pengajar				
Pangkat/ Golongan	Penata Muda/III a				
NIP/NIK	19740121 200012 1 001				
NIDN	0021017403				
Tempat dan Tanggal Lahir	Sungai Penuh/21 Januari 1974				
Suami	Riso Sari Mandeli, SH				
Anak	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Refa Swinta Maharani</li> <li>2. Muhammad Arya Ghifari</li> <li>3. Muhammad Toriq Albary</li> <li>4. Muhammad Raffi Ghifari</li> </ol>				
Alamat Rumah	Jl Datuk Perpatih Nan Sabatang No 287 Air Mati Kota SOLOK Jl Sudirman No 240 Nan Kodok Payakumbuh				
Nomor Telepon/HP	081363622225				
Alamat Kantor	Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang, Jl Prof Dr Hamka Air Tawar Padang				
Nomor Telepon /Faks					
E-mail	<a href="mailto:rahadianzmsiphd@yahoo.com">rahadianzmsiphd@yahoo.com</a>				
No	Jabatan	Nama Organisasi keilmuan atau profesi	Tingkat (Lokal, Nasional, Internasional)	Priode Jabatan	Bukti(foto kopi SK/ Fotopelantikan)

## A. Riwayat Pendidikan

No	Jenjang	Tahun Lulus	Perguruan Tinggi	Bidang Spesialisasi/ Bidang Keahlian	Bukti fisik(Foto kopi ijazah)
1	S1	1997	IKIP Padang, Jurusan Kimia	Pendidikan Kimia	
2	S2	1999	Univ Andalas Padang, KIMIA FISIKA	Ilmu Kimia (Kimia Fisika)	
3	S3	2015	Univ Andalas Padang, KIMIA FISIKA	Ilmu Kimia (Kimia Fisika)	

## D. Mata Kuliah yang diasuh

	Unsur Pelaksanaan Pendidikan			
A.	<b>Melaksanakan perkuliahan</b> 1. Kimia Dasar 2/4SKS/ 2. Prakt. Kimia Fisika/ 2 SKS 3. Kimia Fisika 2/ 3 SKS 4. Kimia Komputasi/ 3 SKS 5. Kimia Koloid Permukaan/3 SKS	FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA	Jan-Juni 2006	Surat Tugas Ket-Jur Kimia No.317/UN35.1.1.5/PP/2013 Tanggal 03 Juli 2013  Surat Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran UNP

	6. Kimia Zat Padat/3 SKS	FMIPA		No.2451/UN35.15/2013 Tanggal 24 September 2013
	<b>Melaksanakan perkuliahan</b> 1. Kimia Dasar 1/ 4 SKS 2. Prakt. Kimia Fisika 2/2 SKS 3. Kimia Fisika 1/ 3 SKS 4. Kimia Fisika 3 /3 SKS 5. Aplikasi Komputer/ 2 SKS 6. Kimia Material / 3 SKS 7. Media Pembelajaran Kimia/ 3 SKS	FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA	Juli-Des 2006	Surat Tugas Ket-Jur Kimia No.../UN35.1.1.5/PP/2014 Tanggal 03 Juli 2014
	<b>Melaksanakan perkuliahan</b> 1. Kimia Dasar 2/ 4 SKS 2. Praktikum Kimia Fisika 1/ 2 SKS 3. Kimia Fisika 2/ 3 SKS 4. Kimia Komputasi/ 3 SKS 5. Kimia Koloid Permukaan/ 3 SKS 6. Kimia Zat Padat/ 3 SKS	FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA	Jan-Juni 2007	Surat Tugas Ket-Jur Kimia No.../UN35.1.1.5/PP/2014 Tanggal 03 Juli 2014 Surat Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran UNP No.205/UN35.1/KP/2014. Tanggal 01 Juli 2014
	<b>Melaksanakan perkuliahan</b> 1. Kimia Dasar 1/ 4 SKS 2. Praktikum Kimia Fisika 2/ 2 SKS 3. Kimia Fisika 1/ 3 SKS 4. Kimia Fisika 3/ 3 SKS 5. Aplikasi Komputer/ 2 SKS 6. Kimia Material/ 3 SKS 7. Media Pembelajaran Kimia/ 3 SKS	FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA	Juli-Des 2007	Surat Tugas Ket-Jur Kimia No.../UN35.1.1.5/PP/2015 Tanggal 03 Juli 2015
	<b>Melaksanakan perkuliahan</b> 1. Kimia Dasar 2/ 4 SKS 2. Praktikum Kimia Fisika 1/ 2 SKS 3. Kimia Fisika 2/ 3 SKS 4. Kimia Komputasi/ 3 SKS 5. Kimia Koloid Permukaan/ 3 SKS 6. Kimia Zat Padat / 3 SKS	FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA	Jan-Juni 2008	Surat Tugas Ket-Jur Kimia No.../UN35.1.1.5/PP/2014 Tanggal 03 Juli 2014  Surat Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran UNP No.../UN35.1/KP/2015. Tanggal ..... 2015
	<b>Melaksanakan perkuliahan</b> 1. Kimia Dasar 2/ 4 SKS 2. Praktikum Kimia Fisika 1/ 2 SKS 3. Kimia Fisika 2/ 3 SKS 4. Kimia Komputasi/ 3 SKS 5. Kimia Koloid Permukaan/ 3 SKS 6. Kimia Zat Padat / 3 SKS	FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA FMIPA	Juli-Des 2008	Surat Tugas Ket-Jur Kimia No.../UN35.1.1.5/PP/2014 Tanggal 03 Juli 2014  Surat Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran UNP No.../UN35.1/KP/2015. Tanggal ..... 2015
	<b>Melaksanakan perkuliahan</b> 1. Kimia Komputasi / 3 SKS KIM029/Kelas 44020  2. Kimia Komputasi/ 3 SKS KIM029/ Kelas 44067	FMIPA  FMIPA	Jan-Juni 2009	Surat Tugas Ket-Jur Kimia No.../UN35.1.1.5/PP/2014 Tanggal 03 Juli 2014  Surat Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran UNP No.../UN35.1/KP/2015. Tanggal ..... 2015
	<b>Melaksanakan Tugas Belajar (2008-2015)</b> 1. Tugas Belajar S3	Unand	2008	Fotocopy Surat Tugas Belajar/ Izin Melanjutkan Pendidikan S3 Ke Unand dari REKTOR UNP Nomor :

	<p>2. Selesai Tugas Belajar (Pengembalian)</p> <p>3. Kembali Mengajar (Aktif Kembali)</p>	<p>Unand</p> <p>UNP</p>	<p>2015</p> <p>2015</p>	<p>1367/H35/PP/2008</p> <p>Fotocopy Surat Pengembalian Mahasiswa Ke Instansi Asal dari Pascasarjana FMIPA Unand ke REKTOR UNP Nomor : 1519/UN16.03/PPs-S3/2015</p> <p>Fotocopy Surat Keputusan Pengaktifan Kembali oleh REKTOR UNP Nomor : 1578/UN35/KP/2015</p> <p>Fotocopy Surat Keputusan Pengaktifan Kembali oleh DEKAN FMIPA UNP Nomor : 1507/UN35.1.1/KP/2015</p>
	<p><b>Melaksanakan perkuliahan</b></p> <p>1. Kimia Fisika 2/ 4 SKS / KIM791/Seksi 201420350038</p>	<p>FMIPA</p>	<p>Jan-Juni 2015</p>	<p>Surat Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran UNP No.3459/UN35.1.1/AK/2015. Tanggal 02 Januari 2015</p>
	<p><b>Melaksanakan perkuliahan</b></p> <p>1. Kimia Umum/ 4 SKS/</p> <p>2. Kimia Fisika 3/ 3 SKS/ KIM003/Kelas 201510350035</p> <p>3. Kimia Fisika 3/ 3 SKS KIM003/Kelas 201510350039</p> <p>4. Kimia Fisika 3/ 3 SKS KIM003/Kelas 201510350031</p> <p>5. Elektrokimia/ 4 SKS</p> <p>6. Elektrokimia/ 4 SKS</p> <p>7. Kimia Komputasi/ 3 SKS/ KIM756/Kelas 201510360005</p> <p>8. Kimia Komputasi/ 3 SKS/ KIM029/201510360027</p> <p>9. Kimia Komputasi/ 3 SKS KIM756/201510360010</p> <p>10. Aplikasi Komputer/ 2 SKS</p> <p>11. Aplikasi Komputer/ 2 SKS</p>	<p>FMIPA</p> <p>FMIPA</p> <p>FMIPA</p> <p>FMIPA</p> <p>FMIPA</p> <p>FMIPA</p> <p>FMIPA</p> <p>FMIPA</p> <p>FMIPA</p> <p>FMIPA</p> <p>FMIPA</p>	<p>Juli-Des 2015</p>	<p>Surat Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran UNP No.../UN35.1/KP/2015. Tanggal ..... 2015</p>
B.	<p><b>Mengikuti seminar proposal mahasiswa</b></p> <p>1. Rila Okta Diayanti</p> <p>2. Afrahamiryano</p> <p>3. Nike Okmi Melyanti</p> <p>4. Desnalia</p>		<p>Juli-Des 2007</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surat Keputusan Pejabat Pembuat Komitmen FMIPA Universitas Negeri Padang No:96/H.35.1.5/KP/2007 Tanggal: 02 Juli 2007</li> <li>• Halaman Persetujuan skripsi</li> </ul>

	5. Despira Suspa			
	<b>Mengikuti seminar proposal mahasiswa</b> 6. Desi Nofita Sari 7. Andrico Pratama 8. Oktavianti		Juli-Des 2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surat Keputusan Pejabat Pembuat Komitmen FMIPA Universitas Negeri Padang No:48/H.35.1.5/KP/2009 Tanggal: 05 Januari 2009</li> <li>• Halaman Persetujuan skripsi</li> </ul>
	<b>Mengikuti seminar proposal mahasiswa</b> 9. Yolanda Merietta 10. Delvia Maulana 11. Wahyuni Mardi Wati 12. Herlina Manik 13. Silvia Dewi Sartika 14. Fitri Yanti 15. Silvia Ramadhani		Juli-Des 2015	Surat Tugas Seminar Skripsi/TA No.386/U35.1.1.5/TU/2015 No.382/U35.1.1.5/TU/2015 No.393/U35.1.1.5/TU/2015 No.394/U35.1.1.5/TU/2015 No.402/U35.1.1.5/TU/2015 No.396/U35.1.1.5/TU/2015 No. 421/UN35.1.1.5/TU/2015
<b>D</b>	<b>Membimbing skripsi mahasiswa Pembimbing utama</b>			
	<b>Pembimbing pendamping</b> 1. Rila Okta Diyanti 2. Afrahmiryano		Juli-Des 2007	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surat Keputusan Pejabat Pembuat Komitmen FMIPA Universitas Negeri Padang No:96/H.35.1.5/KP/2007 Tanggal: 02 Juli 2007</li> <li>• Halaman Persetujuan skripsi</li> </ul>
	3. Desi Nofita Sari 4. Andrico Pratama 5. Oktavianti		Juli-Des 2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surat Keputusan Pejabat Pembuat Komitmen FMIPA Universitas Negeri Padang No:48/H.35.1.5/KP/2009 Tanggal: 05 Januari 2009</li> <li>• Halaman Persetujuan skripsi</li> </ul>
	6. Silvia Ramadhani		Juli-Des 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surat Tugas Pembimbing No.420/UN35.1.1.5/PP/2015</li> </ul>
<b>E</b>	<b>Penguji pada ujian akhir skripsi Ketua Penguji</b>			
	<b>Anggota Penguji</b> 1. Rila Okta Diayanti 2. Afrahmiryano 3. Nike Okmi Melyanti 4. Desnalia 5. Despira Suspa		Juli-Des 2007	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surat Keputusan Pejabat Pembuat Komitmen FMIPA Universitas Negeri Padang No:96/H.35.1.5/KP/2007 Tanggal: 02 Juli 2007</li> <li>• Halaman Persetujuan skripsi</li> </ul>
	6. Desi Nofita Sari 7. Andrico Pratama 8. Najmiatul Fijar 9. Oktavianti		Juli-Des 2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surat Keputusan Pejabat Pembuat Komitmen FMIPA Universitas Negeri Padang No:48/H.35.1.5/KP/2009 Tanggal: 05 Januari 2009</li> <li>• Halaman Persetujuan skripsi</li> </ul>
<b>F</b>	<b>Membina kegiatan mahasiswa di bidang akademik dan kemahasiswaan</b>			
	1. Penasehat akademik	Kimia	Jan-Juni	Surat Tugas Ket-Jur Kimia

	a. Ridho Illahi / 64729/2005/Kimia b. Hasnurrahmah / 64700/2005/Kim c. Tommy Harriyanto/73271/06/ Kim d. Luci Guslina/77562/2006/NR Pend Kimia e. Lieny Candra/73242/06/Pend Kim f. Ririn Wahyuni/05099/08/NR Kim	FMIPA UNP	2009	No.15/U35.1.5.5/PP/2009 Tanggal 21 Januari 2009
	2. Penasehat akademik	FMIPA	Jan-Juni 2014	Surat Tugas Ket-Jur Kimia No. 008/UN35.1.1.5/PA/2014 Tanggal 07 Januari 2014
	3. Penasehat akademik	FMIPA	Juli-Des 2014	Surat Tugas Ket-Jur Kimia No. 374/UN35.1.1.5/PA/2014 Tanggal 07 Juli 2014
	4. Penasehat akademik	FMIPA	Jan-Juni 2015	Surat Tugas Ket-Jur Kimia No..../UN35.1.1.5/PA/2015 Tanggal ...
	5. Penasehat akademik	FMIPA	Juli-Des 2015	Surat Tugas Ket-Jur Kimia No..../UN35.1.1.5/PA/2015 Tanggal
<b>H</b>	<b>Pengembangan bahan pengajaran</b> 1. Penuntun Praktikum Kimia Komputasi	KIMIA FMIPA	Juli-Des 2015	Terdaftar di Perpustakaan UNP No.240/UN.35.13/PK/KL/2015 Tgl. 19 Oktober 2015

No	Nama Judul Karya Ilmiah	Keterangan
1	<b>Menghasilkan karya ilmiah sesuai bidang ilmunya</b>	
	c) Hasil penelitian/hsl pemikiran yang dipublikasikan	
	<i>Design of Photovoltaic Cell with Copper Oxide Electrode by Using Indoor Lights</i>	<b>Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Science (RJPBCS), ISSN : 0975-8585, edisi 6.4 bulan July-August, pages 353-361</b>
	<i>Photoelectrosplitting water for hydrogen production using illumination of indoor lights</i>	<b>Journal of Chemical and Pharmaceutical Research (JOCPR), 2015, 7(9S)/30 September 2015 pages : 246-256. ISSN : 0975-7384 CODEN(USA) : JCPRC5, Impact/Scimago/Scopus 0.32,</b>
	<b>Studi Serapan Ion Seng (II) Oleh Biomassa Mikroalga (<i>Tetraselmis chuii</i>)</b>	<b>Jurnal Riset Kimia</b> Vol.2 No. 2, Maret 2009 Hal.107-111, ISSN : 1978-628X
	<b>Study of Pb(II) biosorption from aqueous solution using immobilized <i>Spirogyra subsalsa</i> biomass</b>	<b>Journal of Chemical and Pharmaceutical Research (JOCPR), 2015, 7(11)/30 November 2015 pages : 715-722. ISSN : 0975-7384 CODEN(USA) : JCPRC5, Impact/Scimago/Scopus 0.32,</b>



	<b>Determination of pH-BOD-COD and Degradation in Batang Arau Watersheds at Padang City</b>	<b>Journal of Chemical and Pharmaceutical Research (JOCPR), 2015, 7(12)/31 December 2015 pages : 715-722. ISSN : 0975-7384 CODEN(USA) : JCPRC5, Impact/Scimago/Scopus 0.32,</b>
<b>2</b>	<b>Hasil penelitian/hsl pemikiran yg didesiminasikan</b>	
	a). Dipresentasikan secara oral dan dimuat dalam prosiding yang dipublikasikan (ber ISBN) <b>1. Photoelectrosplitting Water Mechanism at Carbon Electrode Surface Using Indoor Lights</b>  <b>2. Disain Geometri</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sertifikat 22 Oktober 2015</li> <li>• Prosiding Seminar Nasional</li>   <li>• Sertifikat 22 Oktober 2015</li> <li>• Prosiding Seminar Nasional</li> </ul>
<b>3</b>	<b>Hasil penelitian atau pemikiran yang tidak dipublikasi</b>	
	Pengaruh Doping Nitrogen terhadap Struktur dan Sifat Elektronik Carbon Nanotube (CNT)	Laporan penelitian November 2008
	Disain dan Modifikasi Kolektor dan Reflektor Cahaya pada Panel Sel Surya Al/Cu <sub>2</sub> O-Gel Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Laporan penelitian Desember 2015

#### M. Kegiatan Pelayanan/Pengabdian Kepada Masyarakat

No	Kegiatan Pengabdian pada Masyarakat	Bentuk	Tempat	Tanggal	Keterangan
1	Pelatihan Kimia Terapan dalam rangka Meningkatkan Keterampilan Guru Guru Kimia Kota Solok	Pendidikan kepada masyarakat	Kota Solok	2006	Surat pernyataan Dari LPM UNP No..../UN 35.3/PM/... Tanggal ...
2	Pelatihan pengembangan media pembelajaran berbasis ICT dengan pola penyajian induktif bagi guru-guru kimia di SMA Payakumbuh	Pendidikan kepada masyarakat	Kota Paya Kumbuh	2015	Surat pernyataan Dari LPM UNP No..../UN 35.3/PM/... Tanggal ...
3	Pelatihan Pembuatan Website/Blog Pembelajaran Kimia bagi Guru guru Kimia di Kota Padang	Pendidikan kepada masyarakat	Kota Padang	4-5 Desember 2015	Surat pernyataan Dari LPM UNP No..../UN 35.3/PM/... Tanggal ...
4	Pengembangan Bahan Ajar Inkuiri Terbimbing dengan Mengintegrasikan Praktikum dan Model untuk Guru Mata Pelajaran Kimia SMA Kota Solok	Pendidikan kepada masyarakat	Kota Solok	2015	Surat pernyataan Dari LPM UNP No..../UN 35.3/PM/... Tanggal ...
5	Pelatihan dan Workshop Penulisan Artikel Publikasi Ilmiah dan Penulisan Artikel Ilmiah pada Jurnal Terindeks/Scopus di AMIK Kosgoro Solok	Pendidikan kepada masyarakat	Kota Solok	2015	Surat pernyataan Dari LPM UNP No..../UN 35.3/PM/... Tanggal ...

Padang, Desember 2015

**(Dr Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si.)**