

**EFEK KONSENTRASI LARUTAN NaCl TERHADAP KEMAMPUAN
FOTOREAKTOR HEKSAGONAL BERBASIS PLAT CuO/Al**

SKRIPSI

*Diajukan kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Kimia sebagai Salah Satu
Persyaratan guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



Oleh :

AFRIA YOLANDA

NIM. 16036031/2016

PROGRAM STUDI KIMIA

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2020

PERSETUJUAN SKRIPSI

EFEK KONSENTRASI LARUTAN NaCl TERHADAP KEMAMPUAN FOTOREAKTOR HEKSAGONAL BERBASIS PLAT CuO/Al

Nama : Afria Yolanda
NIM : 16036031
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2020

Mengetahui:
Ketua Jurusan

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing



Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 198008192009122002



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

PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Nama : Afria Yolanda
NIM : 16036031
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

EFEK KONSENTRASI LARUTAN NaCl TERHADAP KEMAMPUAN FOTOREAKTOR HEKSAGONAL BERBASIS PLAT CuO/Al

*Dinyatakan Lulus Setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Kimia Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang*

Padang, Agustus 2020

Tim Penguji

	Nama	Tanda tangan
Ketua	: <u>Dr. Rahadian Zainul, S.Pd</u>	 -----
Anggota	: Miftahul Khair, S.Si, M.Sc, Ph.D	 -----
Anggota	: Effendi, S.Pd, M.Sc	 -----

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Afria Yolanda
NIM : 16036031
Tempat/Tanggal lahir : Koto Panjang/ 26 April 1998
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : **Efek Konsentrasi Larutan NaCl terhadap Kemampuan Fotoreaktor Heksagonal Berbasis Plat CuO/Al**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, Agustus 2020

Yang menyatakan

Afria Yolanda
NIM : 16036031

ABSTRAK

Afria Yolanda (2020) : Efek Konsentrasi NaCl terhadap Kemampuan Fotoreaktor Heksagonal Berbasis Plat CuO/Al

Sel surya (sel fotovoltaik) merupakan suatu perangkat yang memiliki kemampuan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menerapkan prinsip *photovoltaic*. Prinsip *photovoltaic* di definisikan sebagai suatu fenomena munculnya voltase listrik akibat kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat diexpose dibawah cahaya matahari.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan daya maksimum yang dihasilkan dari fotoreaktor, menentukan pengaruh variasi konsentrasi serta menentukan efisiensi dari fotoreaktor. Metode pada penelitian ini adalah eksperimen dengan menggunakan sel fotovoltaik berupa fotoreaktor heksagonal dengan ukuran 3x70x400 mm dan variasi konsentrasi 0,25; M 0,5 M; 0,75 M; dan 1 M. Variabel pada penelitian ini adalah waktu pengukuran dan konsentrasi. Pengukuran arus dan tegangan dilakukan 5 jam dalam sehari selama 3 hari pengukuran.

Hasil penelitian didapatkan konsentrasi optimum natrium klorida adalah pada konsentrasi gelas 0,75 M. Waktu pengukuran yang menghasilkan daya maksimum yaitu pada pukul 13.00 WIB, selanjutnya kestabilan sel surya pada hari ke 2. Daya maksimum yang didapat adalah 0,0288 mWatt dan kemampuan elektroda menghasilkan listrik per luasnya 11,8907 mWatt/m² dengan luas penampang elektroda yang digunakan adalah 0,0183 m². Serta efisiensi maksimum yang diperoleh adalah 1,0034 %. Dari hasil penelitian diperoleh : Semakin besar konsentrasi natrium klorida maka daya yang dihasilkan akan semakin besar pula.

Kata kunci : *Sel surya, Tembaga oksida , Elektrolit Natrium Klorida, Tegangan, Kuat arus.*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kekuatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Efek Konsentrasi NaCl terhadap Kemampuan Fotoreaktor Heksagonal Berbasis Plat CuO/Al”**. Shalawat dan salam untuk nabi tauladan kita, yaitu nabi Muhammad SAW yang telah memberikan tauladannya dalam segala aktivitas kita.

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi persyaratan mata kuliah Tugas Akhir 2 pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, arahan, petunjuk, serta masukan yang sangat berharga dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Dr. Rahadian Zainul, S.Pd, M.Si selaku Pembimbing Akademik.
2. Bapak Miftahul Khair, S.Si, M.Sc, Ph.D dan bapak Effendi, S.Pd. M.Sc selaku Dosen Penguji.
3. Bapak Alizar, S.Pd, M.Sc, Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Ketua Prodi Kimia Universitas Negeri Padang
5. Bapak / Ibu Staf Pengajar Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
6. Bapak / Ibu PLP Laboratorium Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
7. Kedua Orang Tua penulis dan keluarga.
8. Teman-teman Kimia Angkatan Tahun 2016.

Untuk kesempurnaan skripsi ini, maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II KERANGKA TEORI.....	5
A. Sel Surya	5
A. Fotoreaktor	8
B. Fotoreaktor Heksagonal	9
D. Plat CuO/Al.....	10
E. Elektrolit NaCl	12
F. Semikonduktor	13
G. Multitester	15
H. Dioda	15
I. Sifat Fisik Kimia Agar-agar.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	188
A. Waktu dan Tempat Penelitian	188
B. Objek dan Subjek Penelitian	188
C. Variabel Penelitian	188
D. Alat dan Bahan.....	19
E. Prosedur Kerja.....	1919
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22

BAB V PENUTUP.....	33
A. Kesimpulan.....	33
B. Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA.....	34
LAMPIRAN	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Proses konversi energi pada sel surya	5
2. Kurva karakterisasi I-V sel surya	7
3. Desain fotoreaktor heksagonal	9
4. Struktur Natrium Klorida.....	13
5. Gambar celah energi pada materi logam	14
6. Simbol dan bentuk fisik dioda	16
7. Struktur agarosa.....	17
8. Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap daya rata-rata pada sel surya CuO/Al.....	23
9. Grafik kestabilan fotovoltaiik (a) larutan NaCl (b)agar-agar NaCl.....	24
10. Grafik pengaruh variasi waktu (saat pengukuran) terhadap daya rata-rata yang dihasilkan sel surya sistem elektroda CuO/Al (a) dan (b).....	27
11. Metode respon permukaan 3D.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat-sifat aluminium	11
2. Hasil pengukuran arus dan tegangan rata-rata selama 3 hari pengukuran sel surya sistem elektroda CuO/Al.....	24
3. Hasil pengukuran dan tegangan pada kurva karakterisasi sel surya larutan NaCl.....	28
4. Hasil pengukuran dan tegangan pada kurva karakterisasi sel surya agar-agar NaCl.....	29
5. Efisiensi dari larutan NaCl.....	29
6. Efisiensi dari agar-agar NaCl.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan pembuatan larutan NaCl	35
2. Pembuatan larutan NaCl	37
3. Pembuatan larutan NaCl agar	39
4. Hasil pengukuran sel surya pada penentuan sel surya pada penentuan konsentrasi optimum sel fotovoltaik CuO/Al.....	41
5. Hasil pengukuran pada penentuan kestabilan sel fotovoltaik sistem 42elektroda.....	42
6. Hasil pengukuran pada penentuan waktu pengukuran terhadap daya rata-rata.....	45
7. Hasil pengukuran arus dan tegangan.....	47
8. Dokumentasi penelitian.....	54

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di Indonesia, jumlah penduduk meningkat setiap tahunnya. Sehingga segala kebutuhan juga meningkat. Salah satunya adalah kebutuhan akan energi listrik. Dampaknya, sumber daya listrik yang berasal dari energi fosil akan semakin sedikit ketersediaanya. Hal tersebut terjadi karena manusia telah memanfaatkan lebih dari setengah energi fosil dan menyebabkan berkurangnya pasokan energi fosil tersebut (Tang, 2017).

Dewasa ini, telah banyak riset yang dilakukan oleh para ahli dalam menciptakan alternatif untuk menghadapi masalah pertumbuhan penduduk, salah satunya adalah sel surya. Berdasarkan penelusuran literatur pada *pubmed* dengan menggunakan aplikasi *endnote*, ditemukan 9.872 riset tentang sel surya yang dikembangkan di dunia. Sekitar 252 riset tentang sel surya menggunakan elektrolit dan 5 diantaranya diteliti pada tahun 2019 yaitu yang diteliti oleh Saavedra, E., (2019), Zhang, H., (2019), Aguilar, L., (2019), Sendon-Lago, J., (2019), dan Ben Saad, H., (2019). Salah satu kelebihan dari energi surya yaitu energi yang ramah terhadap lingkungan. Pemanfaatan dari energi surya juga tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Sel surya atau konversi dari energi cahaya menjadi energi listrik tidak menghasilkan sisa buangan atau limbah seperti halnya pada pembakaran BBM dan bahan bakar fosil lainnya yang dapat menghasilkan limbah berupa gas-gas kimia yang berbahaya bagi kesehatan dan menimbulkan masalah baru bagi manusia. Sehingga energi surya merupakan

bagian penting dari produktifitas, sama halnya dengan bahan baku, modal dan tenaga kerja (Santini, 2011).

Oleh karena itu, penelitian dengan sel surya memiliki banyak kelebihan yaitu ramah terhadap lingkungan (ekologis), murah (ekonomis), berkelanjutan untuk ketersediaan dan kelimpahan energi. Sumber energi matahari setiap tahunnya ada sekitar $3,9 \times 10^6$ EJ, 1 EJ sama dengan 10^{18} J dari energi matahari yang mencapai permukaan bumi. Hal ini kira-kira 10.000 kali lebih banyak dari permintaan energi primer secara global tiap tahunnya (Parlevliet, 2014).

Riset tentang sel surya, telah menarik minat banyak peneliti di dunia dengan menggunakan berbagai macam penelitian, diantaranya yaitu penelitian yang menggunakan silikon, plastik dan elektrolit. Berdasarkan penelusuran literatur *pubmed* dengan menggunakan aplikasi *endnote*, diantaranya penelitian sel surya dengan menggunakan silikon tahun 2019 yang diteliti oleh Chen., (2019) yang terkait dengan energi yang berkelanjutan. Akan tetapi prosesnya membutuhkan biaya yang besar karena material logam yang digunakan relatif mahal serta pengolahan silikon dari pasir silika sangat memerlukan energi tinggi (Suhardi, 2013). Pada penelitian ini semikonduktor yang digunakan yaitu CuO/Al dengan larutan NaCl untuk mendapatkan sel surya yang murah tetapi memiliki efisiensi yang cukup tinggi.

Pada penelitian terdahulu, fotoreaktor didesain dengan desain reaktor planar (Zainul, 2015) dan desain reaktor heksagonal (Zainul, 2019). Desain reaktor heksagonal menghasilkan energi listrik sebesar $0,0763835616 \text{ Watt/m}^2$ dengan menggunakan elektrolit Na_2SO_4 . Sel fotovoltaik dalam ruangan

dikembangkan dengan memodifikasi elektroda tembaga oksida dengan beberapa desain reaktor sel fotovoltaiik untuk mendapatkan desain terbaik. Desain pada kondisi optimum diperoleh dengan V_{max} 0,988 V dan arus (I) maksimum 0,635 mA. Dari beberapa penelitian hasil pengukurannya menunjukkan bahwa sel-sel pasangan elektroda CuO/Al lebih baik dari sel-sel pasangan elektroda Cu_2O/Al dan Cu_2O/Cu (Zainul *et al.*, 2015).

Penelitian sebelumnya menggunakan elektrolit Na_2SO_4 , dimana pada penelitian tersebut masih didapatkan kuat arus dan tegangan yang masih rendah, serta harga dari Na_2SO_4 cukup mahal. Pada penelitian ini menggunakan elektrolit natrium klorida. Natrium klorida banyak di produksi serta harganya yang murah.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka peneliti mengangkat judul penelitian ini yaitu efek konsentrasi NaCl terhadap kemampuan fotoreaktor heksagonal berbasis plat CuO/Al.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana daya maksimum yang dihasilkan fotoreaktor heksagonal berbasis plat CuO/Al dengan elektrolit NaCl ?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi NaCl terhadap arus listrik yang di hasilkan ?
3. Bagaimana efisiensi fotoreaktor heksagonal ?

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah berdasarkan penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Fotoreaktor yang digunakan yaitu fotoreaktor hexagonal dengan menggunakan larutan elektrolit NaCl .
2. Plat yang di pakai yaitu plat CuO/Al.
3. Konsentrasi NaCl dengan variasi 0M, 0,25M, 0,5M, 0,75M dan 1,0 M.
4. Pengujian arus listrik fotoreaktor menggunakan multimeter.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan daya maksimum yang dihasilkan fotoreaktor heksagonal berbasis plat CuO/Al dengan elektrolit NaCl.
2. Menentukan pengaruh variasi konsentrasi NaCl terhadap arus listrik yang di hasilkan.
3. Menentukan efisiensi fotoreaktor heksagonal.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

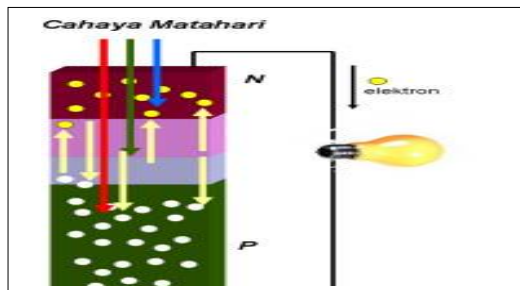
1. Dapat mengetahui daya maksimum yang dihasilkan fotoreaktor heksagonal berbasis plat CuO/Al dengan elektrolit NaCl.
2. Dapat mengetahui pengaruh variasi konsentrasi NaCl terhadap arus listrik yang di hasilkan.
3. Dapat mengetahui efisiensi fotoreaktor heksagonal.

BAB II KERANGKA TEORI

A. Sel Surya

Sel surya (sel fotovoltaik) merupakan suatu perangkat yang memiliki kemampuan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menerapkan prinsip *photovoltaic* (Jha, 2000). Sel surya bekerja antara persambungan semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor terdiri dari ikatan-ikatan atom yang terdapat elektron sebagai penyusun dasarnya. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya (Puguh *et al.*, 2015).

Ketika sinar matahari yang terdiri dari photon-photon jatuh pada permukaan sel surya (absorber), akan diserap, dipantulkan, atau dilewatkan begitu saja, dan hanya foton yang memiliki tingkat energi tertentu yang akan membebaskan elektron dari ikatan atomnya, sehingga mengalirkan arus listrik. Tingkat energi ini disebut energi band-gap yang didefinisikan sebagai jumlah energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan elektron dari ikatan kovalennya sehingga terjadilah aliran arus listrik.



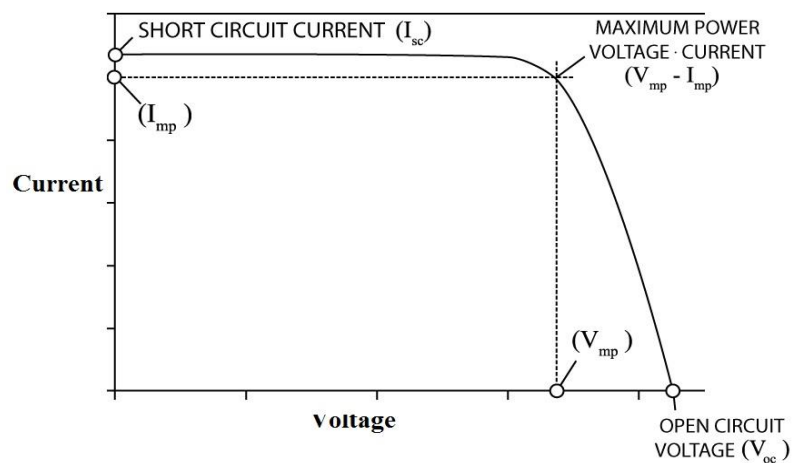
Gambar 1. Proses konversi energi pada sel surya

Elektron dari pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi, ketika beroperasi sebagai sel surya. Elektron pindah ke aliran pita konduksi dari tipe-p ke sisi tipe-n, sementara hole akan tertinggal didalam aliran pita valensi dalam arah yang berlawanan (Green, 2002). Pembawa p akan bergerak menuju ke persambungan, demikian juga dengan pembawa n akan bergerak ke persambungan, perpindahan tersebut menghasilkan beda potensial. Arus dan daya yang dihasilkan fotovoltaiik ini dapat dialirkan ke rangkaian luar. Untuk membebaskan elektron dari ikatan kovalennya, energi foton harus sedikit lebih besar dari energi band-gap (Yuwono dan Budi, 2005).

Spektrum matahari mengandung foton dengan energi sekitar 0,5 eV hingga 3,5 eV. Teknologi sel surya konvensional didasarkan pada sambungan p-n. Menurut teori transisi kuantum, foton berinteraksi dengan semikonduktor dengan dua cara. Foton dengan energi lebih besar dari band-gap material semi konduktor dapat diserap dan membentuk pasangan elektron-hole. Pasangan elektron-hole dapat bergabung kembali jika foton energi sama dengan band-gap semi konduktornya (Chen, 2011). Bahan semikonduktor harus mampu menyerap sebagian besar spektrum matahari (Mlinar, 2013).

Jika energi foton lebih besar dari pada energi band-gap, maka ekstra energi tersebut akan dirubah dalam bentuk panas pada sel surya. Karenanya sangatlah penting pada sel surya untuk mengatur bahan yang digunakan, yaitu dengan memodifikasi struktur molekul dari semikonduktor yang digunakan (Widodo, 2003).

Sel surya menghasilkan arus, dan arus ini beragam tergantung pada tegangan yang dihasilkan sel surya. Karakteristik sel surya dapat diungkapkan oleh beberapa parameter yaitu daya output, faktor pengisian (fill factor), dan efisiensi sel surya. Ketiga parameter tersebut ditentukan melalui kurva I-V. Daya output adalah daya yang dihasilkan sel surya sebagai hasil konversi energi matahari menjadi energi listrik. Faktor pengisian merupakan perbandingan daya maksimum yang dihasilkan (faktual) dengan daya yang seharusnya secara teoritis. Kinerja sel surya dikatakan cukup baik ketika faktor pengisian lebih besar dari 70% (Kidowaki *et al.*, 2012).



Gambar 2. Kurva karakterisasi I-V sel surya

Kurva kinerja I-V dari gambar diatas dapat dibedakan atas beberapa titik atau nilai karakteristik, yaitu :

1. I_{sc} (*Short-circuit current*)

I_{sc} adalah jumlah arus yang mengalir per satuan luas (mA/cm^2) saat sel PV disinari pada hubungan singkat. Arus yang diperoleh dari sel ketika tegangan pada terminalnya adalah 0 V ($V = 0$).

2. V_{oc} (*Open circuit voltage*)

V_{oc} adalah perbedaan dari potensial dari dua terminal yang disinari. Besarnya arus yang diambil dari sel adalah nol ($i=0$).

3. PP (*Peak Power*)

Daya yang dihasilkan ke beban akan menjadi $P=I.V$. Akan ada titik operasi (i_M , V_M) dengan nilai tegangan antara 0, dan V_{oc} dimana daya yang dikirimkan adalah jumlah maksimum yang dihasilkan.

4. FF (*Fill Factor*)

FF adalah faktor penting pada sel surya yakni kekuatan maksimum yang dihasilkan sel. Dimana kekuatan puncak (PP) dibagi dengan tegangan sirkuit terbuka (V_{oc}) dan arus hubungan singkat (I_{sc}).

$$FF = \frac{I_M.V_M}{I_{sc}.V_{oc}}$$

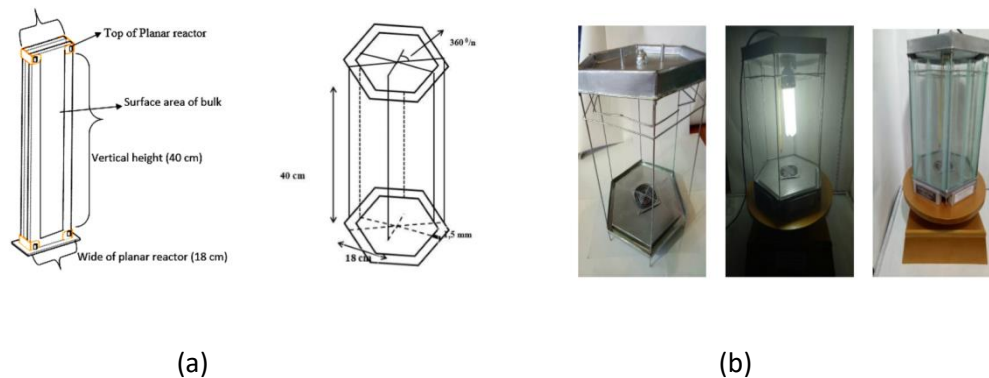
Untuk menghasilkan sel PV yang memiliki konversi besar, maka perlu melakukan optimasi terhadap I_{sc} , V_{oc} , dan nilai FF (Reca-Carden dan Lopez-Luque, 2018).

B. Fotoreaktor

Fotoreaktor adalah serangkaian alat penghasil energi yang dikonversikan melalui proses katalis (Rahadian *et al.*, 2015). Fotoreaktor dikembangkan dengan katalis bahan aktif pada panjang gelombang 400-600 nm pada cahaya dalam ruangan. Salah satu upaya yang dilakukan yaitu dengan cara memodifikasi bahan, sebagai contoh mengubah tembaga menjadi tembaga oksida (Ping-Kuan Chang *et al.*, 2012).

C. Fotoreaktor Heksagonal

Salah satu fotoreaktor yang diteliti oleh para ahli yaitu fotoreaktor heksagonal menggunakan cahaya di dalam ruang. Desain fotoreaktor berdasarkan elektroda yang disiapkan seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Desain Fotoreaktor Heksagonal (a) dan Kerangka Rakitan Fotoreaktor Heksagonal (b)

Desain fotoreaktor didasarkan pada ukuran elektroda yang disiapkan, yaitu 36,5 cm x 5 cm. Desain dibagi menjadi bagian yang terpisah dari dinding, dengan ukuran wadah 8 cm x 40 cm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 (a). Ketebalan panel adalah 15 mm dengan isi panel 0,5 cm x 7 cm x 40 cm. Kerangka dasar reaktor adalah lingkaran dengan diameter 36 cm, dan 6 sisi reaktor memiliki panjang sisi 18 cm. Ini karena di satu sisi ada dua panel fotovoltaik. Dengan demikian akan ada 12 panel fotovoltaik yang akan disusun pada heksagonal yang disiapkan. Setelah merakit kerangka dengan bilah kaca, fotoreaktor heksagonal dipasangkan seperti pada Gambar 3(b).

Fotoreaktor heksagonal yang di rancang dapat menghasilkan tegangan maksimum 10,20 V menggunakan sistem seri pada 12 panel fotoreaktor

heksagonal. Arus maksimum yang dihasilkan oleh rangkaian seri dalam 12 unit bilah kaca adalah 1,64 Ampere dan tegangan maksimum 10,20 mVolt, pada fluks rata-rata 4,573. Di bagian dalam ada celah kecil dengan jarak 3 mm ke sisi luar dan sisi dalam. Elektrolit akan dimasukkan ke dalam celah yang disebut bulk atau reaktor. Di satu sisi heksagonal ada dua sisi bilah kaca. Karena heksagonal memiliki 6 sisi itu memerlukan 12 unit bilah kaca (Rahadian, 2019).

D. Plat CuO/Al

Logam tembaga adalah logam berwarna oranye kemerahan dan merupakan logam dengan kelimpahan terbanyak ke-5 di permukaan bumi. Pemanfaatan tembaga dalam kehidupan sehari-hari yaitu dimanfaatkan dalam perabotan rumah tangga, komponen di dalam kabel listrik, dan aplikasi pada beberapa perangkat elektronik sebagai material konduktor (Fateh, Aliofkhazraei & Rezvanian, 2017). Pada suhu 1038°C tembaga melebur, sedangkan daya hantar listriknya tinggi yaitu sekitar 57 Ohm.mm²/m pada suhu 20°C. Titik cairnya adalah 1083°C, titik didihnya 2593°C, massa jenisnya 8,9 dan kekuatan tariknya adalah 160 N/mm². Potensial elektroda standar pada tembaga yaitu +0,34V. Didalam tabel periodik tembaga memiliki lambang Cu dan nomor atom 29 (Vogel, 1990).

Perubahan pada permukaan tembaga disebabkan karena terbentuknya oksida, karena proses pembakaran berlangsung menggunakan oksigen. Terbentuknya oksida pada material logam menyebabkan logam berubah menjadi semikonduktor sehingga memiliki sifat fotokatalis yang dapat digunakan sebagai material untuk pembuatan panel sel fotovoltaik (Sabbaghi *et al.*, 2012). Berdasarkan pengujian dengan SEM-EDX diketahui terjadinya peningkatan jumlah oksigen pada permukaan lempengan Cu yang awalnya 1,22 %. Pada suhu

pembakaran 400°C diperoleh persen oksigen sebesar 16,5%. Pada suhu 500°C, persen oksigen pada permukaan 15,27%. Peningkatan pada suhu 400°C disebabkan karena jumlah atom oksigen yang telah teradsorpsi secara kimia mencapai kondisi optimum, selanjutnya dengan peningkatan suhu mencapai 500°C menyebabkan teradsorpsinya atom oksigen sebagian sebagaimana diketahui dari hasil SEM-DRX (Rahadian, 2015).

CuO disebut juga *Tenorite* merupakan salah satu senyawa oksida tembaga. *Tenorite* merupakan anggota dari tembaga oksida yang disusun oleh Cu dan O. *Tenorite* memiliki kristal monoklinik dengan dimensi selnya $a = 4.653$, $b = 3.425$ dan $c = 5.129$. Dalam penelitian yang sudah dilakukan, tembaga dapat bereaksi dengan oksigen pada suhu 300°C sehingga terbentuk senyawa CuO yang berwarna hitam atau tenorit (Zeffry et al., 2015). CuO adalah semikonduktor tipe-p yang memiliki band-gap 1,21-1,51 eV dan struktur kristal monoklinik, bandgapnya terlihat pada daerah inframerah. Banyak metode yang dapat digunakan dalam pembentukan CuO seperti *thermal oxidation*, *sintering*, *precipitation*, *sputtering*, *chemical vapour transport* (CTV), *electrochemical deposition*, dan *chemical solution deposition* (CSD) (Papadimitropoulus et al., 2006).

CuO merupakan semikonduktor yang menarik digunakan sebagai penyerap surya selektif karena memiliki serap panas yang tinggi dan emisi rendah. Kelimpahan dalam dan sifat optiknya juga cocok untuk aplikasi sel surya. Sehingga dengan adanya beberapa kelebihan tersebut, memungkinkan penyerapan cahaya hampir lengkap sehingga meningkatkan laju elektron-hole (Janene, 2016).

Logam aluminium merupakan logam yang sangat tahan terhadap korosi. Logam aluminium memiliki berat jenis $2,643 \text{ kg/m}^3$, merupakan logam yang ringan dibandingkan dengan logam-logam lain. Dalam kehidupan sehari-hari, logam aluminium dapat ditemukan pada kawat *foil*, lembaran, plat dan profil. Sifat-sifat aluminium diantaranya yaitu tahan terhadap korosi, ringan dan merupakan penghantar listrik yang baik. Aluminium sulit mengalami korosi karena pada permukaannya, terbentuk lapisan oksida aluminium (Sundari, 2011). Sifat-sifat aluminium dapat dilihat pada tabel 1.

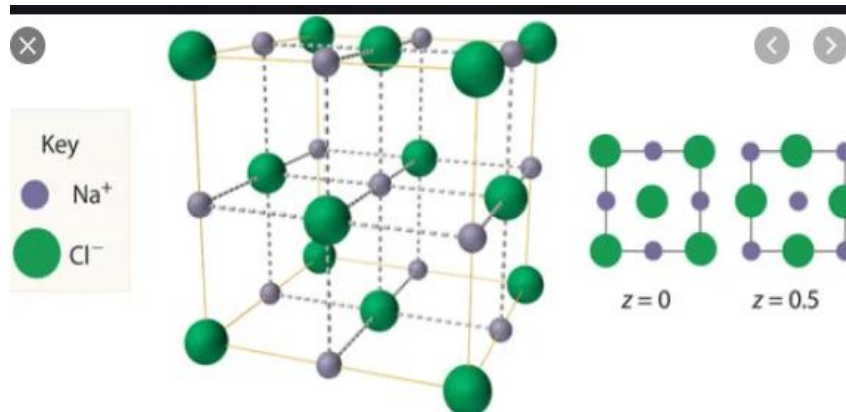
Tabel 1 Sifat-sifat Aluminium (Sundari, 2011).

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa Jenis (20 °C)	2,6989	2,71
Titik Cair	660,2	653-657
Panas Jenis (cal/g. °C)(100 °C)	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur (°C)	0,00429	0,0115
Koefisien Pemuaian (20-100 °C)	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis Kristal, konstanta kisi	FCC, $a = 4,013 \text{ \AA}$	FCC, $a = 4,04 \text{ \AA}$

E. Elektrolit NaCl

Natrium klorida adalah senyawa kimia dengan rumus molekul NaCl, mewakili perbandingan 1:1 ion natrium dan klorida. Massa molar masing-masing 22,99 dan 35,45 g/mol, 100 gram NaCl mengandung 39,34 g Na dan 60,66 g Cl. Kegunaan dari natrium klorida yang umum adalah sebagai pengawet, proses industri, dan menghilangkan lapisan jalan pada cuaca sub-beku. Natrium klorida memiliki massa molar 58,443 g/mol, penampilan kristal kubik tak berwarna.

Densitas natrium klorida yaitu $2,17 \text{ g/cm}^3$ serta kelarutannya dalam air adalah 360 g/L (Westphal et al, 2002).



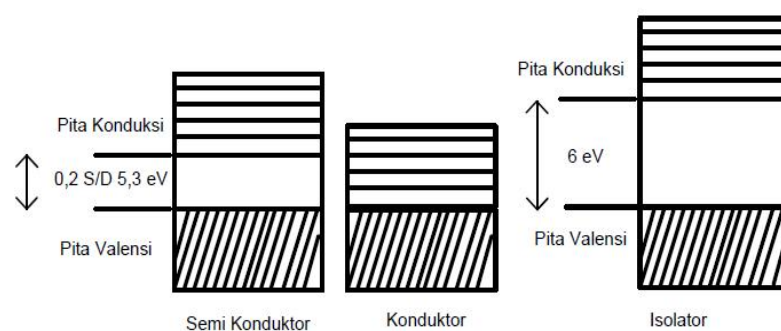
Gambar 4. Struktur NaCl

Elektrolit merupakan zat yang dapat larut atau terurai dalam bentuk ion-ion dan dapat menjadi konduktor elektrik, ion-ion merupakan atom-atom bermuatan elektrik. Elektrolit pada umumnya berupa asam, basa dan garam. Elektrolit natrium klorida merupakan elektrolit kuat jika pelarutnya adalah pelarut polar, contoh pelarut polar adalah air (Zumdahl, 1997).

F. Semikonduktor

Semikonduktor adalah sebuah bahan material dengan celah energi yang sempit antara daerah pita valensi dan pita konduksi. Material kristal jika didinginkan pada suhu nol mutlak, maka pita konduksi akan kosong dan materi akan berubah sifat menjadi nonkonduktor. Sedangkan jika material berada pada suhu biasa beberapa elektron akan mengalami eksitasi dari pita valensi ke pita konduksi, hal tersebut dapat memberikan sifat konduktifitas pada material semikonduktor (Apri, 2006).

Kondisi elektronik suatu logam dipengaruhi oleh jarak pita konduksi dan pita valensi bahan. Pada konduktor, kedua pita tersebut saling menumpuk. Pada isolator jarak keduanya cukup jauh. Sedangkan pada semikonduktor jarak keduanya tidak terlalu jauh dan tidak terlalu dekat dan ini memungkinkan tumpang tindih jika di pengaruhi, misalnya panas, medan magnet dan tegangan yang cukup tinggi. Jarak kedua pita tersebut dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 5. Gambar celah energi pada materi logam (Noonuruk, *et al.*, 2014).

Pada isolator jarak antara pita valensi dan pita konduksi jauh sehingga walaupun elektron-elektron bebas pada pita konduksi sudah tereksistensi (terlepas dari orbitnya), elektron-elektron valensi tidak dapat meloncat ke pita konduksi. Bahan konduktor celah energinya sempit sehingga kalau ada elektron lepas dari orbitnya maka pita valensi akan segera mengisinya. Sedangkan bahan semi konduktor mempunyai celah energi yang sempit dari pada isolator. Oleh karena itu untuk menjadikan bahan semikonduktor agar dapat menghantarkan listrik diperlukan energi yang tidak terlalu besar (Noonuruk, *et al.*, 2014).

Semikonduktor dispesifikasikan berdasarkan sifat-sifat berikut :

1. Pada semi konduktor murni, konduktivitas naik secara eksponensial berdasarkan temperatur.
2. Pada semikonduktor yang tidak murni, konduktivitas sangat tergantung pada konsentrasi pengotor.
3. Konduktivitas dapat berubah oleh irradiasi cahaya atau elektron berenergi tinggi atau oleh injeksi pembawa karena kontak dengan logam tertentu.
4. Transpor muatan dapat berupa elektron maupun *hole* positif (Halliday, *et al.*, 1990).

G. Multitester

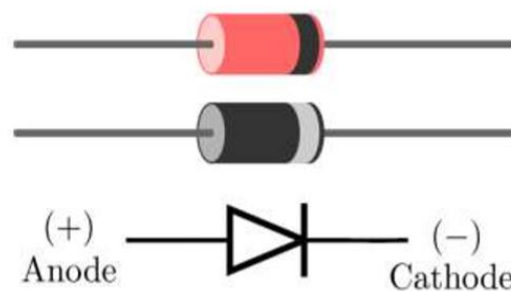
Multitester merupakan instrumen alat ukur yang berfungsi mengukur bermacam-macam besaran listrik seperti: Ohm meter (Ω), Voltmeter (V), dan Amperemeter (A). Pada Ohmmeter berfungsi mengukur resistansi atau hambatan listrik, Voltmeter berfungsi mengukur tegangan atau beda potensial listrik, sedangkan Amperemeter berfungsi mengukur kuat arus listrik. Semua fungsi itu seluruhnya mencakup fungsi Multitester.

Multitester dapat disebut juga Multimeter maupun AVOMeter, karena mempunyai cakupan fungsi yang luas, multimeter sering digunakan di dalam laboratorium elektronika. Terdapat 2 jenis multitester yakni multitester *analog* dan *digital*, secara umum keduanya mempunyai fungsi yang sama (Junaidi, 2013).

H. Dioda

Dioda adalah komponen elektronika yang fungsi utamanya sebagai menyamakan arah. Arus yang bergerak melalui dioda hanya dapat mengalir searah dari bagian positif ke bagian negatifnya, sedangkan arah sebaliknya akan

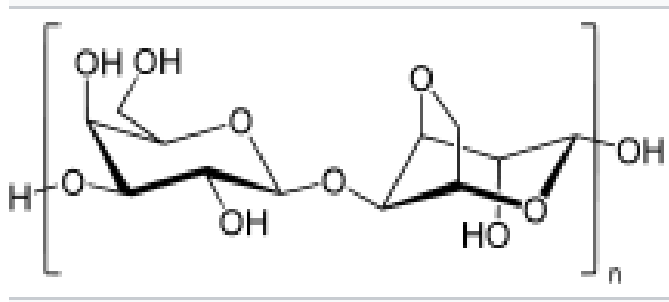
terhambat. Untuk dioda jenis germanium penurunan tegangannya adalah 0,2 volt, sedangkan untuk dioda jenis silikon (paling banyak dijumpai di pasaran) adalah 0,7 volt. Oleh karena itu, fungsi dioda dapat dikembangkan menjadi penurun tegangan sebesar 0,7 volt dan penyearah tegangan (AC ke DC). Simbol dari komponen Dioda ini ditunjukkan pada Gambar 3. Dimana terdapat dua buah kutub yaitu Anoda dan Katoda (Cooper, 1994).



Gambar 6. Simbol dan Bentuk Fisik Dioda (Cooper, 1994).

I. Sifat Fisika Kimia Agar-agar

Rumput laut *Gracilaria chilensis* merupakan salah satu jenis rumput laut penghasil agar-agar yang sudah berhasil dibudidayakan di tambak dan banyak dihasilkan di Indonesia. Sifat fisika kimia dari agar-agar merupakan suatu indikator preingkat kualitas dari agar-agar. Hasil analisis dari bahan baku menunjukkan bahwa rumput laut kering memiliki kadar air sekitar 19,26 %. Kadar air maksimal yang disyaratkan SSI adalah 32 %. Kadar CAW rumput laut sebesar 46,18 %. Sedangkan sisanya adalah garam, rumput laut lain dan pasir (Utomo, 2006).



Gambar 7. Struktur agarosa

Agar-agar adalah karbohidrat dengan berat molekul tinggi yang mengisi dinding sel rumput laut. Tergolong kelompok pektin dan merupakan suatu polimer yang tersusun dari monomer galaktosa. Gel terbentuk karena pada saat dipanaskan di air, molekul agar-agar dan air bergerak bebas. Ketika didinginkan, molekul agar-agar akan mulai saling merapat, memadat dan membentuk kisi-kisi yang mengurung molekul air sehingga terbentuk sistem koloid padat-cair. Kisi-kisi ini dimanfaatkan dalam elektroforesis gel agarosa untuk menghambat pergerakan molekul objek akibat perbedaan tegangan antara dua kutub. Histeresis adalah gejala yang dimiliki agar-agar dan sejumlah bahan gel lainnya, yang berhubungan dengan suhu transisi fase padat-cair. Agar-agar mulai mencair pada suhu 85⁰C. sedangkan memadat pada suhu 32-40 ⁰C (Utomo, 2006).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Telah dilakukan penelitian pada sel surya dengan elektroda CuO/Al dengan menggunakan larutan natrium klorida dan agar-agar natrium klorida.
2. Konsentrasi optimum pada fotoreaktor heksagonal adalah pada konsentrasi larutan NaCl agar-agar 0,75 M. Semakin tinggi konsentrasi maka akan semakin tinggi pula arus listrik yang dihasilkan sampai batas kestabilan.
3. Variasi waktu tidak terlalu mempengaruhi kuat arus dan tegangan, karena penelitian dilakukan didalam kotak tanpa sinar matahari.
4. Daya maksimum yang didapatkan adalah 0,0288 mWatt yaitu pada konsentrasi larutan agar-agar NaCl 0,75 M.
5. Efisiensi tertinggi didapatkan pada konsentrasi natrium klorida 0,75 M.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar melakukan optimasi lebih lanjut pada desain sel surya yang lebih optimum untuk menghasilkan arus yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilar, L.Gallegos, A.Arias, C. A.Ferrera, I.Sanchez, O.Rubio, R.Saad, M.B.Missagia, B.Caro, P.Sahuquillo, S.Perez, C.Morato, J. 2019. Microbial nitrate removal efficiency in groundwater polluted from agricultural activities with hybrid cork treatment wetlands. *Sci Total Environ.* Volume 653. 723-734.doi 10.1016/j.scitotenv.2018.10.426
- Apri, Irma Puspaningtyas. 2006.”Modifikasi Permukaan semikonduktor Lapis tipis Grafit/komposit TiO₂-SiO₂ dengan Penempelan Logam Timbal (Pb) secara Elektrodeposisi”. Skripsi. Universitas Sebelas Maret : Surakarta
- Ben Saad, H. Ben Amara, I.Kharrrat, N.Giroux-Metges, M. A.Hakim, A.Zeghal, K. M.Talarmin, H. 2019. Cytoprotective and antioxidant effects of the red alga *Alsidium corallinum* against hydrogen peroxide-induced toxicity in rat cardiomyocytes. *Arch Physiol Biochem.* Volume 125 issue 1 35-43 doi 10.1080/13813455.2018.1437184
- Chen, C. J. 2011. Physics of solar energy. *Department Of Applied Physics And Applied Mathematic.* Canada Columbia University
- Chen, J.He, X.Sa, BZhou, J.Xu, C.Wen, C.Sun, Z. 2019. III-VI van der Waals heterostructures for sustainable energy related applications. *Nanoscale.* Volume 11 issue 13. doi 10.1039/c9nr00421a
- Cooper, William D. 1994. *Instrumen Elektron dan Teknik Pengukuran.* Jakarta : Erlangga
- Fateh, A., M. Aliofkhazraei., AR. Rezvanian. 2017. Review of corrosive environments for Copper and its Corrosion Inhibitors. *Arabian Journal of Chemistry*.doi:org/10.1016/j.arabjc.2017.05.021
- Green, M. A. 2002. *Photovoltaic principles.* Australia, University of New South Wales
- Halliday, D., and Resnick, R. 1990. “Fisika Modern”. Penerbit Erlangga : Jakarta
- Janene. F, H. Dhaouadi, L. Arfaouui, N. Etteyeb, F. Touati. 2016. *Nanoplate-like CuO: Hydrothermal Syntesis, Characterization, and Electrochemical Properties.* ionic
- Jha, A. R. 2000. *Solar Cell Technology And Applications.* USA : Auerbach Publication
- Junaidi. 2013. *Pengukuran Ohmmeter Menggunakan Multimeter dan rancangan Bangun Generator.* Jurnal splitrom No. 5 ISSN 2301-4650

- Kidowaki, H, O.Takeo, A.Tsuyohi, A. Suzuki, B.Jeyadevan, J. Cuya. 2012. *Fabrication and Characterization of CuO-Based Solar Cells*. Journal of Materials Science Research
- Mlinar, V. 2013. *Engineered nanomaterials for solar energy conversion*. School of Engineering, Brown University
- Noonuruk, R., Mekprasart, T., Supparattanasari, W., Techitdheera, 1221, T. Kanyapan, and W. 2014. "Pecharapa College Of Nanotechnology King Mongkut's Institute Of Technology Ladkrabang. Bangkok. 10520 Thailand
- Papadimitropoulos. G, N. Vourdas, VE. Vamvakas, D. Davazoglou. 2006. *Deposition and Characterization Of Copper Oxide Thin Film*. Journal of Physics, Institute of Microelectronics, NCSR
- Parlevliet, D., Moheimani, NR. 2014. Efficient Conversion of Solar Energ to Biomass and electricity. *Aquatic Biosystems* 10:4
- Ping-Kuan Chang T-W K, Mau-Phon Houn, chun-Hsiung Lu and Chih-Hung Yeh. 2012. Effects of Temperature and Electrode Distance on Short-circuit Current in Amorphous Silicon Solar Cell, *IEEE* 978-1-4577-1829-8/12
- Puguh. A, E.Subiyanta, A.Siswanto. 2015. *Desain Automasi Reverse Forward Motor DC Berbasis Mikrokontroler dan Sel Surya sebagai Pasokan Energi*. Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945
- Reca-Carden, J. And R. Lopez-Luque (2018). *Design Principles of Photovoltaic Irrigation Systems*. Department of Engineering. Almeria, Spain, Universidad de Almeria
- Saavedra, E.Encalada, R.Vazquez, C.Olivos-Garcia, A.Michels, P. A. M.Moreno-Sanchez, R. 2019. Control and regulation of the pyrophosphate-dependent glucose metabolism in *Entamoeba histolytica*. *Mol Biochem Paracitol*. Volume 229 75-87. doi 10.1016/j.molbiopara.2019.02.002
- Sabbaghi, S., Orojlou, H., Parvazi, M. R., Saboori, R., & Sahooi, M. 2012. *International Journal of Nano Dimension*, Article 9, Volume 3, Issue 1, Summer 2012, Page 69-73 (Issue 1), 69-73
- Sendon-Lago, J.Seoane, S.Martinez-Ordenez, A.Eiro, N.Saa, J.Vizoso, F. J.Gonzalez, F.Perez-Fernandez, R.Bermudez, M. A. 2019. Corneal regeneration by conditioned medium of human uterine cervical stem cells is mediated by TIMP-1 and TIMP-2. *Exp Eye Res*. Volume 180 doi 10.1016/j.exer.2018.12.004
- Suhardi, D. 2013. *Prototype Solar Cells Made of Copper Oxide (CuO) and Zinc Oxide (ZnO) with dielectric H₂SO₄*. JURNAL GAMMA 9: 130-136
- Sunaryanto, H. (2012). Analisis fertilitas penduduk Provinsi Bengkulu. *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 7(1), 21-42.

- Sundari, Ella. 2011. "Rancangan Bangun Dapur Peleburan Aluminium Bahan Bakar Gas". 3(April):26
- Tang, Q. 2017. *All-Weather Solar Cells: A Rising Photovoltaic Revolution*. Chemistry
- Tetra, O. N, A. Alif, R. Marta. 2014. *Fotovoltaik Pasangan Elektroda CuO/Cu dan CuO/Stainless Steel Menggunakan Metode Pembakaran dalam Bentuk Tunggal dan Serabut dengan Elektrolit Na₂SO₄*. Padang, Universitas Andalas 6: 1-7
- Westphal, Gisbert *et al.* (2002). "Sodium Chloride" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, Weinheim. Doi :10.1002/14356007.a24_317.pub4
- Widodo, R. T. 2003. *Solar Cell Sumber Energi Masa Depan yang Ramah Lingkungan*. Berita Iptek Jakarta. Jakarta
- Yesti, Y, A. Alif, H. Suryani. 2012. *Penarikan Ion Cu²⁺ (CuSO₄) dari Larutan Air Melalui Proses Elektrolisis Secara Fotovoltaik dengan Semikonduktor Lapisan Oksida CuO dan ZnO dari Kuningan*. Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Andalas. padang
- Yuwono and Budi. 2005. *Optimalisasi Panel Surya dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler At89t51*. Surakarta Universitas Sebelas Maret
- Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S, Dradjad S, Munaf E. 2015. Design of Photovoltaic Cell with Copper Oxide Electrode by Using Indoor Lights. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* 6(4) pp.353-361
- Zainul R, A. Alif. Aziz, S. Arief, Syukri. 2015. *Disain Geometri Reaktor Fotosel Cahaya Ruang*. J. Ris. Kim
- Zainul R, Dewata I, Oktavia B. 2019. *Fabrication of Hexagonal Photoreactor Indoor Light*. Journal of Physics : Conference series 1185 (2019) 012007. doi:10.1088/1742-6596/1185/1/012007
- Zeffry. R, H. Ma, L. Chang, C. Ma, Wang, T. Wu. 2015. *Pengaruh Temperatur Klasinasi terhadap Struktur Tembaga Oksida dari Daerah Pintu Kayu Kec. Koto Parik Gadang diateh kabupaten Solok Selatan*. PILLAR OF PHYSICK. Padang. Universitas Negeri Padang
- Zhang, H.Deng, C.Yao, J.Zhang, Y. L.Zhang, Y. N.Deng, S.Zhao, N.Sa, G.Zhou, X.Lu, C.Lin, S.Zhao, R.Chen, S. 2019. *Populus euphratica JRL Mediates ABA Response, Ionic and ROS Homeostasis in Arabidopsis under Salt Stress*. Int J Mol Sci. Volume 20 Issue 4. doi 10.3390/ijms20040
- Zumdahl S. 1997. *Chemistry*. 4th ed. Boston : Houghton Mifflin Company. P 133-145