

# PEMBUATAN PROTOTYPE SOLAR CELL SEDERHANA MENGGUNAKAN BAHAN TEMBAGA DENGAN MEDIA AIR LAUT

Ferry Setiawan

Program Studi Teknik Dirgantara, STTKD Yogyakarta  
ferry\_setiawan\_97@yahoo.com

## Abstrak

*Tantangan masa depan baik di Indonesia ataupun semua negara di dunia adalah menipisnya sumber energi fosil yang di imbangi dengan terus meningkatnya kebutuhan energi di berbagai bidang. Tanpa kita menyadarinya, dari eneji yang sudah lazim di gunakan setiap harinya selalu menumpahkan jutaan ton karbon dioksida ke alam bebas, hal ini memicu meningkatnya suhu lingkungan global yang sering di sebut dengan fenomena rumah kaca. Energi matahari / Energi solar merupakanenergi ramah lingkungan yang menarik untuk di kembangkan , dikareanakan energi tersebut merupakan energi terbesar yang di terima oleh planet bumi. Di Indonesia yang merupakan daerah katulistiwa total menerima energi matahari sebanyak 4.5 kWh/m<sup>2</sup>/hari sampai 5.1 kwh/m<sup>2</sup>/hari (zulhal,2010), jika di kelola dengan baik dan di manfaatkan secara optimal energi ini merupakan energi yang potensial untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil.*

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar energi arus listrik yang dihasilkan dan efisiensi alat prototype yang di buat dengan biaya yang seringan mungkin. Penelitian dilakukan dengan motoda teknik thin flat slight (proses perlakuan pemanasan dan pendinginan secara bertahap) hal ini bertujuan untuk mengoksidasi lembaran tembaga dengan tebal 0,3 mm menjadi tembaga oksida (CuO) tipis, kemudian mengintegrasikan lapisan yang di dapat menjadi prototype sel surya dengan media elektrolit nya adalah air laut. Pengukuran di lakukan selama rentang waktu jam 06.00 WIB sampai jam 18.00 WIB yang di ukur tiap satu jam sekali, alat untuk melakukan pengukuran adalah multimeter digital sehingga didapatkan nilai amper dan volt nya kemudian di hitung besarnya arus listrik yang di hasilkan dan efisiensi alat prototype solar cell.*

*Dari penelitian yang sudah di laksanakan di hasilkan arus listrik rata – rata sebesar 17.742 mwatt h, dengan daya per m2 adalah 0.92085 Watt h/m2, efisiensi prototype 1.71 %. Penelitian ini masih perlu pengembangan lebih lanjut sehingga dapat di hasilkan arus daya yang lebih besar dan efisiensi alat yang lebih tinggi yang pada ahirnya dapat di buat solar cell yang murah, aplikatif dan bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan bagi lingkungan hidup manusia.*

*Kata kunci: Solar Cell, Tembaga, Prototype, Air Laut*

## Pendahuluan

Meningkatnya kebutuhan masyarakat akan energi dan menipisnya cadangan energi baik berupa bahan bakar minyak, Gas, batu – bara dll, membuat harga pemenuhan energi untuk masyarakat semakin besar dari hari ke hari. Tanpa kita menyadarinya, dari energi yang sudah lazim di gunakan setiap harinya selalu menumpahkan jutaan ton karbon dioksida ke alam bebas, hal ini memicu meningkatnya suhu lingkungan global yang sering di sebut dengan fenomena rumah kaca.

Di Indonesai sendiri sudah mulai di lakukan berbagai penelitian tetang berbagai energi alternatif, di antaranya adalah bio disel, bio gas, energi angin, energi gelombang laut, energi matahari, energi geothermal, dll. Hal ini di lakukan untuk mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap energi fosil. Salah satu yang menarik untuk di lakukan penelitian lebih lanjut salah satunya adalah Energi matahari (solar cell), Hal ini di karenakan energi matahari dapat di ambil dengan mudah dari alam

dan merupakan energi yang ramah lingkungan. Meskipun tidak bisa di pungkiri untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi yang dapat di gunakan secara continue untuk saat ini membutuhkan investasi yang cukup besar.

Energi matahari merupakan energi terbesar yang di terima oleh planet bumi, di indonesia yang merupakan daerah katulistiwa total menerima energi surya  $4.5 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$  sampai  $5.1 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$  (zulhal,2010). Energi ini cukup besar jika dapat di manfaatkan secara optimal untuk kebutuhan energi masyarakat umum.

Tujuan penelitian ini adalah Membuat prototype solar cell dengan bahan tembaga menggunakan media Air Laut, sehingga dapat di ketahui besar energi dan efisiensi yang di hasilkan dari model prototype yang di buat.

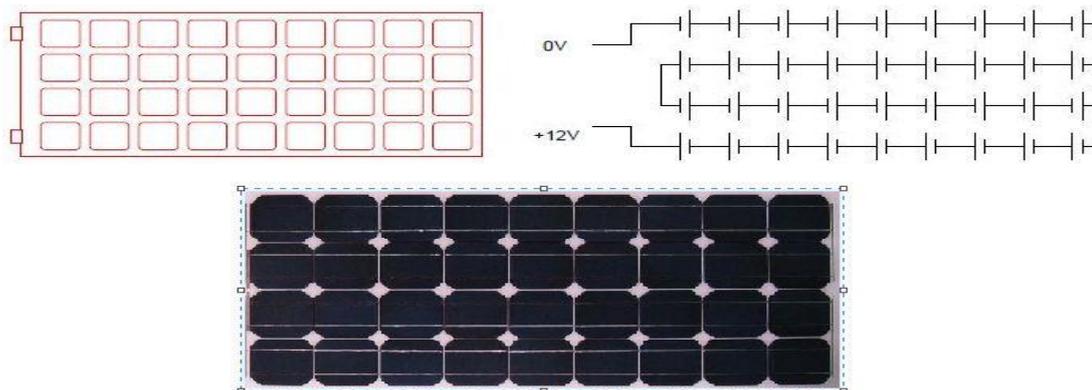
Peneliti berharap bahwa dengan penelitian ini dapat di ketahui besarnya daya listrik dan efisiensi alat prototype yang di buat sehingga kedepan dapat di lakukan pengembangan lebih lanjut untuk membuat model yang aplikatif. Di sisi lain peneliti berharap bahwa penelitian ini dapat berguna sebagai rujukan dalam pembuatan prototype solar cell yang aplikatif dan ergonomis dengan biaya murah, dan juga mengetahui

## **Tinjauan Pustaka dan Pengembangan Hipotesis**

### **Panel Photovoltaic**

Panel photovoltaic adalah sumber listrik pada sistem pembangkit listrik tenaga surya, merupakan material semi konduktor yang merubah secara langsung energi sinar matahari menjadi energi listrik, daya listrik yang di hasilkan berupa daya DC. Tenaga matahari pertama kali di temukan oleh alexandre- edmund becquarel seorang ahli fisika dari prancis pada tahun 1839. Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai kebumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem solar thermal.

Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliampere per  $\text{cm}^2$ . Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar (Air Mass 1.5). Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Gambar 1 dibawah menunjukkan ilustrasi dari modul surya.

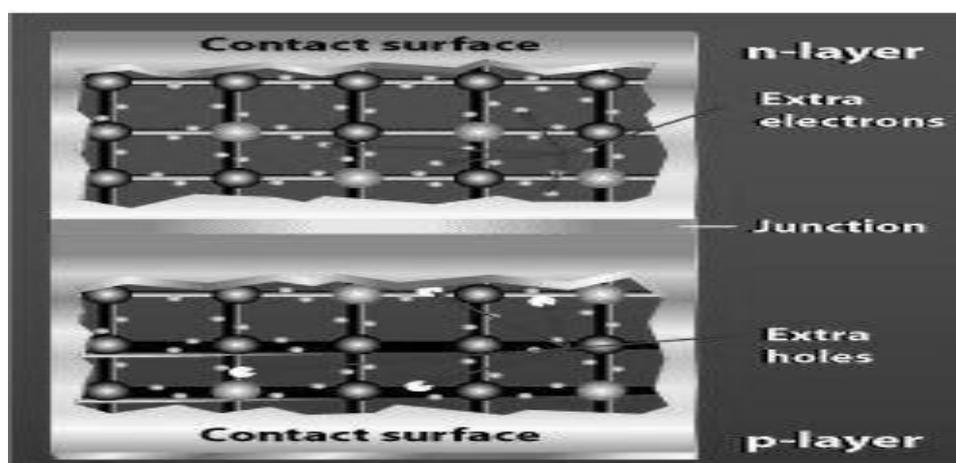


Gambar 1 Modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya yang dirangkai seri untuk memperbesar total daya output.

(Sumber : "The Physics of Solar Cell", Jenny Nelson)

### Cara Kerja Sel Surya

Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi dibawah menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n dengan kelebihan electron.



Gambar 2 Junction antara semikonduktor tipe-p (kelebihan hole) dan tipe-n (kelebihan elektron)

Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan p-n junction ini maka akan mendorong elektron

bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang. Penelitian ini menggunakan tembaga oksida ( $\text{CuO}$ ) yang dapat mengumpulkan photon dari matahari kemudian melepaskan elektron dan Hole, elektron ini lah yang akan membawa arus listrik.

### **Larutan Elektrolit**

Larutan elektrolit merupakan larutan yang bisa menghantarkan arus listrik. Dalam larutan elektrolit molekul-molekulnya terurai (terdisosiasi) menjadi partikel-partikel bermuatan listrik positif dan negatif yang disebut dengan ion (ion positif-ion negatif). Ion positif yang dihasilkan dinamakan kation dan ion negatif yang dihasilkan dinamakan anion. Jumlah dari muatan ion positif dan ion negatif akan sama sehingga muatan ion-ion dalam larutan netral. Ion-ion inilah yang kemudian menghantarkan arus listrik.

Perubahan kimia larutan ini ditandai dengan perubahan warna, munculnya gelembung gas dan adanya endapan, serta jika diuji dengan alat uji elektrolit larutan ini mampu menyalakan sebuah lampu. Semakin banyak ion yang terbentuk, maka semakin kuat sifat elektrolit larutan tersebut. Elektrolit adalah suatu zat yang larut atau terurai ke dalam bentuk ion-ion dan selanjutnya larutan menjadi konduktor elektrik, ion-ion merupakan atom-atom bermuatan elektrik. Elektrolit bisa berupa air, asam, basa atau berupa senyawa kimia lainnya. Elektrolit umumnya berbentuk asam, basa atau garam. Beberapa gas tertentu dapat berfungsi sebagai elektrolit pada kondisi tertentu misalnya pada suhu tinggi atau tekanan rendah. Elektrolit kuat identik dengan asam, basa, dan garam kuat. Elektrolit merupakan senyawa yang berikatan ion dan kovalen polar. Sebagian besar senyawa yang berikatan ion merupakan elektrolit.

### **Kandungan Dalam Air Laut**

Air laut mengandung 3,5% garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Keberadaan garam-garaman mempengaruhi sifat fisis air laut (seperti: densitas, kompresibilitas, titik beku, dan temperatur dimana densitas menjadi maksimum) beberapa tingkat, tetapi tidak menentukannya. Beberapa sifat (viskositas, daya serap cahaya) tidak terpengaruh secara signifikan oleh salinitas. Dua sifat yang sangat ditentukan oleh jumlah garam di laut (salinitas) adalah daya hantar listrik (konduktivitas) dan tekanan osmosis.

Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%) dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium dan florida. Tiga sumber utama garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal (hydrothermal vents) di laut dalam.

Secara ideal, salinitas merupakan jumlah dari seluruh garam-garaman dalam gram pada setiap kilogram air laut. Secara praktis, adalah susah untuk mengukur salinitas di laut, oleh karena itu penentuan harga salinitas dilakukan dengan meninjau komponen yang terpenting saja yaitu klorida ( $\text{Cl}$ ). Kandungan klorida ditetapkan pada tahun 1902 sebagai jumlah dalam gram ion klorida pada satu kilogram air laut jika semua halogen digantikan oleh klorida. Penetapan ini mencerminkan proses kimiawi titrasi untuk menentukan kandungan klorida.

Air laut  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , air aki, dan air kapur merupakan elektrolit kuat karena menimbulkan nyala lampu pada alat uji hal lain yang menandakan adanya gejala hantaran listrik adalah timbulnya gelembung gas pada alat uji (Darsono, Valentino. 2009)

## Pembuatan Prototype dan Pengolahan Data

Pada penelitian Pembuatan prototipe solar cell dengan bahan tembaga menggunakan media Air Laut maka peneliti membuat Prototipe alat untuk merangkai semua media yang akan di gunakan, selanjutnya akan di ukur besaran arus listrik yang dapat di hasilkan dari alat prototype tersebut dengan menggunakan alat multimeter digital, pengukuran di lakukan dengan meletakkan alat prototype di suatu tempat yang bisa dengan mudah terkena matahari, pengambilan data di lakukan per jam dengan rentang waktu selama 12 jam pada jam 06.00 WIB sampai 18.00 WIB , langkah selanjutnya adalah menghitung efisiensi alat yaitu membandingkan secara teoritis besarnya energy yang di dapat dengan energi yang di hasilkan.

Pembuatan dan pengolahan data ini dapat di lakukan dengan beberapa tahap yaitu;

### 1. Tahap persiapan

Tahap pertama adalah mempersiapkan peralatan dan bahan yang di butuhkan antara lain ;

- Maja
- Lempengan Tembaga
- Oven/Kompur listrik
- Mikro ampere (sensitivitas 10 sampai 50 mikro)
- Kabel dan Jepit Buaya
- Air Laut
- Media Plastik
- Air Bersih
- Amplas dan sikat kawat
- Gunting
- Saringan dan kertas saring

### 2. Tahap pembuatan alat

- Pembuatan Solar cell dengan motoda teknik thin flat slight (proses perlakuan pemanasan dan pendinginan secara bertahap) hal ini bertujuan untuk mengoksidasi lembaran tembaga dengan tebal 0,3 mm berubah menjadi tembaga oksida (CuO).
- Pemanasan untuk membuat tembaga oksida di lakukan dengan membakar Plat tembaga dengan kompor tungku elpiji karena membutuhkan suhu pemanasan di atas 600 °C, kemudian di dinginkan secara alami sampai terbentuk kerak berwarna hitam.
- Mengintegrasikan lapisan yang di dapat menjadi prototype sel surya yang di buat dengan kaca tebal 1mm dengan ukuran Tinggi 100mm Panjang 100mm lebar 100mm menggunakan media elektrolit nya adalah air laut.

### 3. Tahap pengukuran

- Pengukuran dilakukan dengan alat multimeter digital untuk mendapatkan nilai amper dan voltase nya.
- Pengukuran di lakukan selama rentang waktu jam 06.00 WIB sampai jam 18.00 WIB untuk melihat nilai amper dan volt nya sehingga dapat di hitung besarnya arus listrik yang di hasilkan dan efisiensi alat prototype solar cell .

### 4. Tahap perhitungan efisiensi Alat

- Perhitungan efisiensi prototype solar Cell dengan rumus ;

$$\eta = \frac{P}{I_r} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

- $\eta$  = % efisiensi Solar Cell (sesaat)
- $I_r$  = Intensitas Radiasi Matahari (Watt/m<sup>2</sup>)
- $P$  = Daya output yang di hasilkan (Watt)
- $A$  = Luas Area Permukaan Solar Cell (m<sup>2</sup>)

## Hasil Dan Pembahasan

### Persiapan Bahan Dan Alat

Pada Penelitian ini di gunakan lebaran tipis tembaga yang mempunyai tebal 0,3 mm, karena semakin tipis lembaran tembaga akan menghasilkan daya serap terhadap energi surya semakin besar, lembaran tembaga yang di gunakan dapat di lihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3. Lebaran Tembaga tebal 0.3mm

Lembaran tembaga tersebut kemudian di panaskan dengan tungku elpigi yang di perkirakan suhu  $\geq 600$  °C, setelah terjadi warna menyala tembaga tersebut di dinginkan secara bertahap dengan pendinginan alami sehingga matrial tembaga berubah menjadi tembaga oksida (CuO), dengan di tandai munculnya kerak hitam pada permukaan tembaga yang di bakar tadi. Gambar hasil pembakaran tembaga dapat kita lihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. Lembaran tembaga setelah di panaskan (CuO)

## Pengambilan Data

Penelitian prototype solar Cell menggunakan bahan tembaga dengan larutan air laut ini dapat menghasilkan arus listrik, dikarenakan bahan yang di gunakan adalah matrial yang menghasilkan efek photoelectric yaitu efek sinar cahaya yang dapat menimbulkan arus listrik yang mengalir dalam satu matrial. Pengambilan data dengan alat multimeter digital dapat di lihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 5. Pengambilan Data Pada Minggu 30 April 2017 Pukul 06.00 WIB

Dari alat prototype akan di ambil data berapa besarnya daya yang di hasilkan dengan memakai alat multimeter digital, pengambilan data di lakukan selama 12 jam yaitu pada jam 06.00 WIB sampai 18.00 WIB dengan interval pengambilan data setiap 1 jam sekali, Dari hasil percobaan yang di lakukan di dapat data sebagai berikut ;

Tabel 1 Pengambilan Data Hari Minggu 30 – April 2017

Jam	hasil		Keterangan
	mAh	mVh	
07:00	29.8	0.47	
08:00	30.7	0.47	
09:00	33.4	0.47	
10:00	38.7	0.51	
11:00	42.8	0.58	
12:00	46.5	0.68	
13:00	43.6	0.47	(mendung)
14:00	41.3	0.52	
15:00	39.9	0.46	
16:00	38.1	0.42	
17:00	34.5	0.38	
18:00	33.2	0.22	
Rata - Rata	37.71	0.47	

Tabel 2 Pengambilan Data Hari Minggu 14 – April 201

Jam	hasil		Keterangan
	mAh	mVh	
07:00	30.1	0.46	
08:00	31.2	0.48	
09:00	32.7	0.38	(mendung)
10:00	32.7	0.39	(mendung)
11:00	40.9	0.48	
12:00	48.2	0.64	
13:00	46.6	0.61	
14:00	43.2	0.58	
15:00	40.8	0.48	
16:00	39.2	0.44	
17:00	35.7	0.40	
18:00	33.0	0.31	
Rata - Rata	37.86	0.47	

Tabel 3 Data Rata - Rata Hasil Percobaan Dalam Dua Kali Pengambilan Sample

Hari/Tanggal	Rata - Rata hasil percobaan	
	mAh	mVh
Minggu, 30 - april 2017	37.71	0.47
Minggu, 14 - Mei 2017	37.86	0.47
Rata - Rata per hari	37.78	0.47

### Perhitungan Daya dan Efisiensi Prototype

Dari percobaan yang telah di lakukan akan di hitung besarnya daya dan efisiensi prototype alat yang telah di buat.

#### 1. Perhitungan Daya arus Listrik

Perhitungan Daya (Watt) yang Dihasilkan ;

$$\begin{aligned} \text{Watt} &= A \times V \\ \text{Watt} &= 37.78 \times 0.47 \\ &= 17.742 \text{ mwatt h} \end{aligned}$$

#### 2. Perhitungan Daya yang dihasilkan per m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Luas Area Solar Cell} &= 80 \text{ mm} \times 240 \text{ mm} \\ &= 19200 \text{ mm}^2 \\ &= 0.0192 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya dihasilkan per m}^2 &= 17.742 / 0.0192 \\ &= 924,085 \text{ mWatt h/m}^2 \\ &= 0.92085 \text{ Watt h/m}^2 \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan Efisiensi Solar Cell

Efisiensi Solar Cell dihitung dengan rumus  $\eta = \frac{P}{I_r} \times 100\%$

Dengan asumsi penyinaran efektif adalah selama 12 jam dalam satu hari

$$\begin{aligned}
 P &= 0.92085 \text{ watt/m}^2 \\
 I_r &= 4.5 \text{ kWh/ m}^2 \text{ /hari} - 5.1 \text{ kWh/m}^2\text{/hari} \\
 &= 4.5 \text{ kWh/ m}^2\text{/hari} \\
 &= 54 \text{ watt h/ m}^2 \\
 \text{Efisiensi ( } \eta \text{ )} &= \frac{P}{I_r} \times 100\% \\
 &= 0.92085 / 54 \times 100 \\
 &= 1.71 \%
 \end{aligned}$$

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Penelitian pembuatan prototype solar cell dengan bahan tembaga dan media air laut ini telah dilakukan pengambilan data selama 2 kali yang dilakukan pendataan per jam dengan rentang waktu jam 06.00 WIB sampai 18.00 WIB dimana setelah dilakukan perhitungan, rata – rata menghasilkan ;

1. Arus listrik = 17.742 mwatt h
2. Daya dihasilkan per m<sup>2</sup> 0.92085 Watt h/m<sup>2</sup>
3. Efisiensi Solar Cell 1.71 %

### Saran

Peneliti menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna dikarenakan arus listrik yang dihasilkan masih sangat kecil dan efisiensi alat masih rendah, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan arus listrik yang dihasilkan dan meningkatkan efisiensi alat. Untuk peneliti selanjutnya maka kami menyarankan beberapa hal antara lain;

1. Penelitian dilakukan dengan ketebalan tembaga yang lebih tipis dari 0,3 mm dikarenakan semakin tipis lapisan tembaga oksida maka daya serap panas matahari akan semakin baik.
2. Pembuatan media prototype solar cell yang semakin tipis dan melebar sehingga permukaan bidang yang menyerap panas dapat lebih luas.
3. Air laut merupakan elektrolit kuat namun mempunyai kandungan bahan organik terlalu tinggi, maka untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan media elektrolit yang lebih kuat dengan kandungan bahan yang lebih baik, sehingga akan meningkatkan arus listrik yang dihasilkan dan juga meningkatkan efisiensi alat prototype.
4. Peneliti selanjutnya dapat membuat prototype yang lebih aplikatif, ergonomis dan design estetika yang baik, sebagai contoh prototype berbentuk genteng rumah.
5. Pergantian material yang menghasilkan efek photoelectric selain tembaga misalnya titanium, silika, magnesium dll, sehingga dapat meningkatkan arus listrik yang dihasilkan dan meningkatkan efisiensi prototype yang dibuat.

**Daftar Pustaka**

- [1] Suhardi, Dinding. “*Desain dan pembuatan sel Surya Berban Seng Oksida (ZnO) dan Tembaga Oksida (CuO)*,” . DPP UMM. 2007.
- [2] Suhardi, Dinding. “*Rekayasa Pembuatan Sel Surya Berbahan Dasar Aluminium Oksida (AlO) Dengan Media Larutan NaCl*,” DPPM UMM. 2008.
- [3] Kinoshita, Nobu et. “Solar Cell performance Was Examined Using The Photo Elektrodes of TiO<sub>2</sub>,” Sumitomoosakamento Shinkigiken. July 2009.
- [4] Yuliza, E, Saehana Et. “Enhance Performance Of DSSC From Black Rice as dye & Black Ink as Counter Electrodes With inserting Copper on The Space between TiO<sub>2</sub> Particles by using Elektroplating methods,” Matrial Science Forum, Trans Tech Publication 2014.
- [5] Suhardi, Dinding. “*Prototype Sel Surya Berbahan Tembaga Oksida Dan Seng Oksida (ZnO) dengan DiElektrikum H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*,” DPPM UMM. 2013.
- [6] Helga, Samsidar et. “Desian Prototype Sel Surya DSSC (Dye Sensitized Solar cell) Lapisan Grafit/TiO Berbasis Dye Alami,” Prodi Fisika universitas jambi. 2015.
- [7] Darsono, Valentino. “Pengantar Ilmu Lingkungan,” Universitas Airlangga Surabaya, 2009.