

**PENUMBUHAN PARTIKEL Cu MENGGUNAKAN *FIX CURRENT*
ELECTROPLATING DAN APLIKASINYA PADA SOLAR CELL BERBAHAN DASAR
TiO₂**

***Cu PARTICLES GROWTH USING FIX CURRENT ELECTROPLATING AND
ITS APPLICATION ON TiO₂ BASED SOLAR CELL***

Mayanisa Nurfithri^[1], Mamat Rokhmat^[2], I P Handayani^[3]

Teknik Fisika, Telkom University, Bandung, Indonesia

¹nmayanisa@gmail.com, ²mamat.rokhmat76@gmail.com, ³dekpuri@gmail.com

ABSTRAK

Dalam rangka mengembangkan sel surya sebagai energi terbarukan yang memanfaatkan cahaya matahari, maka dilakukan upaya optimalisasi terhadap material yang digunakan untuk mendapatkan kinerja sel surya yang baik. Salah satu sel surya yang banyak dikembangkan adalah sel surya berbahan dasar Titanium Dioksida (TiO₂) yang dapat dimanfaatkan sebagai material atau lapisan aktif penyerap foton dari cahaya matahari, memiliki harga yang murah dan dapat difabrikasi dengan metode yang sederhana. Tetapi kendala yang dimiliki TiO₂ adalah nilai *band gap* yang besar sekitar 3,2 eV, yang menyebabkan efisiensi yang dihasilkan rendah. Untuk meningkatkan efisiensi, maka pada penelitian ini dikembangkan sel surya berbahan dasar TiO₂ dengan elektroplating Cu. Deposisi TiO₂ terhadap substrat FTO dilakukan dengan metode *spray* dan dilakukan penyisipan Cu dengan metode elektroplating menggunakan sumber arus. Variasi nilai sumber arus dan waktu yang digunakan dalam metode elektroplating merupakan parameter yang mempengaruhi efisiensi sel surya. Penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi yang dihasilkan oleh sel surya bergantung pada kandungan Cu yang terbentuk akibat nilai sumber arus dan lamanya waktu yang digunakan dalam metode elektroplating. Setelah dilakukan variasi sumber arus dan waktu elektroplating, didapatkan hasil efisiensi tertinggi sebesar 0,29% pada saat TiO₂ di elektroplating selama 30 detik dengan arus 10 mA.

Kata kunci: Elektroplating, Sel Surya, TiO₂, Tembaga (Cu), Efisiensi

ABSTRACT

A lot attempts have been done to enhance the solar cell performance as an alternative for renewable energy source. They include seeking for the photon absorber materials. In this study, we investigate the Titanium Dioxide (TiO₂), an active absorbent material which has a low price and can be fabricated by a simple spray method. In order to improve the efficiency, Cu is inserted on TiO₂ grown on FTO substrate using fixed current electroplating method. We found the solar cell efficiency is depends on the applied current and electroplating time. The highest efficiency of 0,29% is obtained when 10 mA current is applied for 30 seconds.

Keywords: Electroplating, solar cell, TiO₂, Copper (Cu), Efficiency

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi yang semakin meningkat, dengan persediaan energi fosil yang semakin menipis berdampak pada krisis energi. Total kebutuhan terhadap energi dunia pada saat ini sudah mencapai hingga lebih dari 10 Terawatt dan akan meningkat menjadi 30 Terawatt pada tahun 2030 [1]. Sedangkan sumber energi fosil hanya dapat mencukupi 80% dari kebutuhan diseluruh dunia [2]. Maka dari itu diperlukan energi alternatif yang berkapasitas besar yang dapat memenuhi kebutuhan. Salah satu energi yang dapat dijadikan energi alternatif adalah energi cahaya matahari yang memiliki kapasitas yang banyak dan tidak pernah habis. Untuk merealisasikannya digunakan piranti sel surya untuk memanfaatkan energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Tetapi, sebagai energi alternatif harus memiliki kriteria yang ramah lingkungan dan murah untuk diproduksi.

Pada penelitian ini, dicoba dikembangkan sel surya berbahan dasar TiO₂ menggunakan metode *spray*. Sel surya yang digunakan tidak menggunakan *dye* sebagai pengabsorpsi foton, melainkan lapisan TiO₂ itu saja yang dipakai sebagai penyerap foton. Untuk mendapatkan ukuran partikel Cu yang terdeposisi berukuran kecil akan dilakukan penelitian dengan menggunakan metode elektroplating yang menggunakan *current source/ fix current* (sumber arus) yang kecil (orde miliampere) dengan memvariasikan nilai arus dengan waktu yang

ditentukan dengan tujuan mendapatkan hubungan antara ukuran partikel Cu yang lebih kecil terhadap efisiensi sel surya

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian pada tugas akhir ini meliputi:

1. Memahami distribusi Cu yang menggunakan metode *fix current* elektroplating.
2. Memahami morfologi sel surya hasil deposisi Cu dan pengaruhnya terhadap efisiensi sel surya tersebut. Mengembangkan *solar cell* berbahan dasar TiO₂ dengan menggunakan metode *spray*.

1.3 Rumusan Masalah

Pada penelitian tugas akhir ini memiliki rumusan masalah meliputi:

1. Bagaimana pengaruh Cu pada *solar cell* berbahan dasar TiO₂ yang diperoleh dengan menggunakan metode *fix current* elektroplating.
2. Bagaimana hubungan antara morfologi dan distribusi Cu yang diperoleh dengan metode *fix current* terhadap efisiensi *solar cell*.
3. Bagaimana mengembangkan *solar cell* berbahan dasar TiO₂ dengan menggunakan metode *spray* yang diatur oleh waktu dan lamanya penekanan pada penggunaan *spray*.

1.4 Metode Penelitian

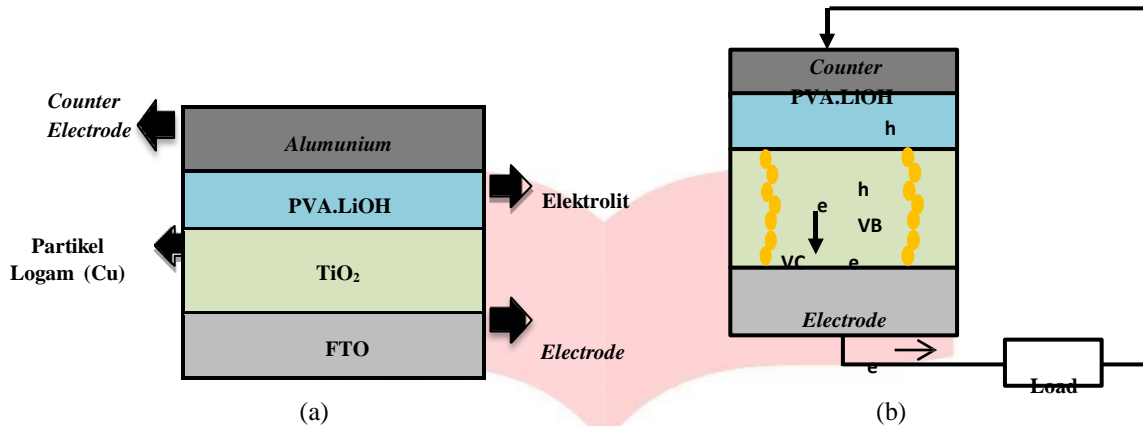
Tahap penelitian yang dilakukan pada pembuatan tugas akhir ini memiliki beberapa tahap, yaitu:

1. **Studi Literatur :** Studi literatur pada pembuatan tugas akhir ini dilakukan dengan memahami teori yang bersangkutan dengan sel surya yang diperoleh melalui jurnal, laporan tugas akhir yang membahas masalah sel surya berbasis TiO₂, buku, disertasi dan referensi yang relevan.
2. **Pembuatan Sel Surya dan deposisi Cu dengan metode *fix current*:** Melakukan pengembangan realisasi terhadap sistem dengan membuat devais *solar cell* berbahan dasar TiO₂ sesuai dengan kriteria.
3. **Eksperimen dan Karakterisasi:** Melakukan eksperimen sesuai metode yang telah ditetapkan yaitu deposisi TiO₂ dengan metode *spray* dan penyisipan Cu dengan menggunakan *fix current*. *current source* (sumber arus) serta melakukan karakteristik arus tegangan dengan menggunakan I-V meter.
4. **Analisis dan Kesimpulan:** Mendokumentasikan data yang telah didapatkan dari hasil karakterisasi yang telah dilakukan untuk menganalisis dan menarik kesimpulan tentang efek deposisi Cu terhadap efisiensi sel surya.
5. **Penyusunan Laporan:** Membuat dan menyusun laporan tugas akhir dengan menggunakan proses dari pembuatan devais yang menggunakan beberapa metode yang telah ditetapkan dan hasil dari karakterisasi devais *solar cell* yang dibuat.

2. Landasan Teori /Struktur Sel Surya /Perancangan Sel Surya

2.1 Sel Surya Berbahan Dasar TiO₂ yang Dikembangkan

Sel surya adalah piranti yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Pada penelitian ini, sel surya yang dikembangkan adalah sel surya berbahan dasar TiO₂ dengan elektroplating Cu menggunakan sumber arus. TiO₂ memiliki fungsi sebagai lapisan aktif penyerap foton dari cahaya matahari dan dideposisi pada substrat (FTO) menggunakan metode *spray*. Metode elektroplating menggunakan sumber arus merupakan proses penyisipan Cu melalui proses elektrolisis yang terjadi akibat adanya tegangan listrik yang dapat menyebabkan senyawa kimia dalam larutan elektrolit (CuSO₄) terurai. Dimana elektroplating menurut hukum Faraday menghasilkan massa dari masing-masing zat yang diendapkan pada masing –masing elektroda (terbentuk pada masing-masing elektroda) oleh jumlah arus listrik yang sama sebanding dengan berat ekuivalen masing-masing zat tersebut [3]. Parameter –parameter yang diperhatikan dalam penelitian ini bertujuan untuk dapat meningkatkan performansi sel surya dari efisiensi yang dihasilkan, karena *band gap* yang dimiliki TiO₂ yang besar sekitar 3,2 eV dapat menyebabkan elektron tidak dapat tereksitasi dan terjadi rekombinasi lebih cepat. Hal tersebut akan berakibat pada efisiensi yang rendah karena kurangnya transport elektron. Adapun struktur dan prinsip kerja sel surya yang dikembangkan ditunjukkan pada gambar berikut.



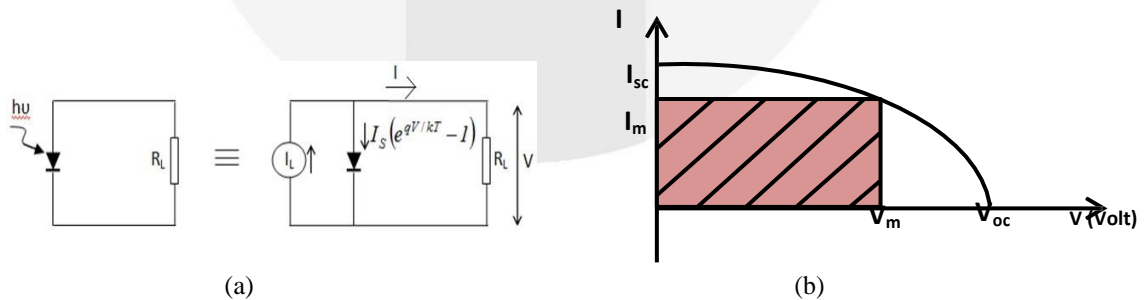
Gambar 1. (a) Struktur Sel Surya TiO₂ yang Dikembangkan ; (b) Mekanisme Sel Surya Sel Surya yang Dikembangkan.

Elektron akan tereksitasi ke pita konduksi lapisan TiO₂ dengan meninggalkan *hole* di pita valensi ketika sel surya dikenai cahaya yang memiliki energi foton yang lebih besar dari celah pita (*band gap*). Dalam waktu yang bersamaan, *hole* selanjutnya akan berinteraksi dengan ion positif pada lapisan elektrolit dan bergerak menuju elektroda. Selanjutnya elektron tersebut akan mengalir melalui rangkaian listrik dan kembali ke keadaan netral saat bertemu elektron bermuatan negatif yang terdapat pada *counter electrode*.

Untuk mengetahui kinerja sel surya, dilakukan karakterisasi I-V dengan mengetahui efisiensi yang dihasilkan. Dimana efisiensinya menyatakan perbandingan antara energi yang dihasilkan sel surya terhadap besarnya energi matahari yang diserapnya. Dengan persamaan efisiensi sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{I_{max} \times V_{max}}{I_{sc} \times V_{oc}} \times 100\% \tag{1}$$

Dimana *I_{sc}* (*short circuit current*) adalah arus yang dihasilkan ketika nilai tegangan mendekati sama dengan nol saat disinari, *V_{oc}* (*open circuit voltage*) tegangan yang dihasilkan ketika disinari dan saat nilai arus sama dengan nol. Sedangkan *FF* (*fill factor*) merupakan persamaan yang didapatkan dari hasil perbandingan daya maksimu (*I_{max}* x *V_{max}*) terhadap *V_{oc}* x *I_{sc}* yang dihasilkan oleh sel surya. Untuk mencari efisiensi sel surya dapat dibuat rangkaian ekuivalen dan didapatkan kurva I-V seperti berikut.



Gambar 2. (a) Rangkaian Ekuivalen; (b) Kurva I-V setelah dilakukan penyinaran

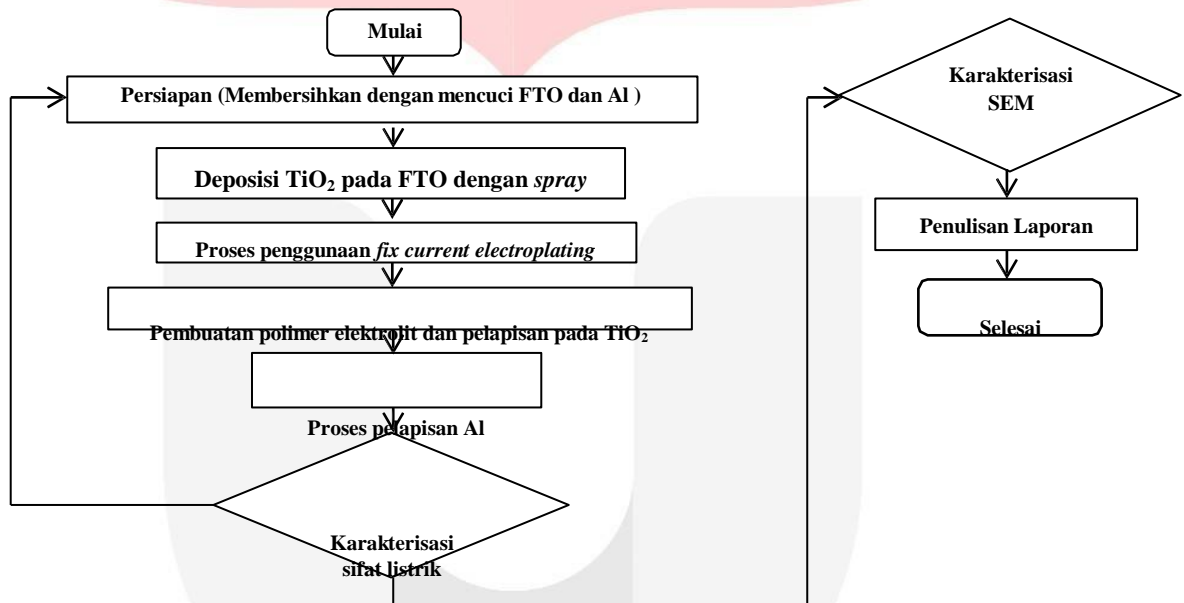
2.2 Bahan dan alat

Adapun sel surya yang dikembangkan pada penelitian ini tersusun dari material seperti, *Fluorin doped tin oxide* (FTO) yang berfungsi sebagai lapisan elektroda yang bersifat konduktif berbentuk kaca transparan. Lapisan TiO₂ yang bersifat semikonduktor sebagai lapisan aktif penyerap foton, tidak beracun dan mudah didapatkan [4] TiO₂ yang digunakan memiliki bentuk tertragonal (*dipyramidal*) yang efektif menyerap sinar UV [5]. Untuk meningkatkan transport elektron akibat *band gap* yang dimiliki TiO₂ sekitar 3,2 eV, maka dilakukan penyisipan Cu pada substrat yang telah dideposisi TiO₂. Kemudian substrat yang telah dideposisi TiO₂ dan disisipi Cu dibentuk dengan menyatukan aluminium sebagai *counter electrode* sebagai katalisator, dengan memberikan polimer elektrolit yang disisipkan diantara substrat dan aluminium. Polimer elektrolit yang digunakan terbuat dari *polyvinyl alcohol* (PVA) dan *Lithium Monohydrate* (LiOH) dalam bentuk

gel (*quasi solid state*). Elektrolit dengan berbentuk gel lebih baik dari elektrolit berbentuk cairan karena, elektrolit dengan bentuk gel dapat meningkatkan *lifetime* dibandingkan dengan elektrolit berbentuk cairan yang lebih mudah menguap ketika terkena panas dari cahaya matahari, atau elektrolit berbentuk padatan yang memiliki struktur yang tidak mudah menyatu pada lapisan TiO₂ dan proses penumbuhan elektrolit yang tidak mudah dapat menyebabkan kinerja lapisan TiO₂ berkurang [6].

2.3 Fabrikasi Sel Surya TiO₂ dengan Metode *Spray* dan *Electroplating Fix Current*

Proses pendeposisian TiO₂ pada substrat (FTO) dilakukan dengan menggunakan metode *spray*. Metode *spray* merupakan proses pelapisan yang menggunakan alat semprot dan compressor seperti proses pengecatan sederhana. Hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan *spray* adalah larutan. Larutan yang akan digunakan dalam proses deposisi ini harus memiliki konsentrasi yang tepat agar mempermudah proses saat disemprotkan. Banyaknya jumlah penyemprotan, suhu, kekentalan larutan serta jarak antara kepala *spray* terhadap substrat dan tekanan yang digunakan pada kompresor dapat mempengaruhi ketebalan material yang dihasilkan. Posedur fabrikasi dan karakterisasi sel surya ditunjukkan pada gambar diagram berikut:



Gambar 3. Prosedur Pembuatan dan Pengembangan Solar Cell Dengan Metode Fix Current Electroplating

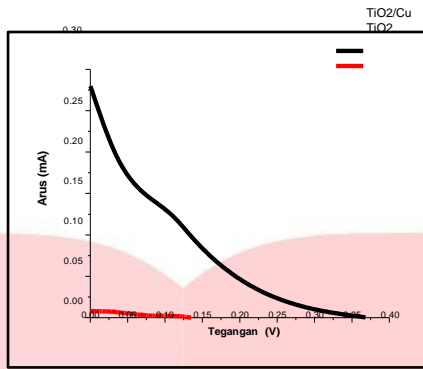
3. Pembahasan

3.1 Pengujian Pengaruh Cu pada efisiensi sel surya

Dilakukan pengujian awal pada sel surya TiO₂ dengan sel surya TiO₂/Cu (yang telah disisipi Cu). Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh Cu terhadap sifat listrik dan efisiensi sel surya. Larutan TiO₂ yang dilapisi pada substrat sebanyak 5 gram dicampur dengan aquades sebanyak 20 ml. Pada salah satu sel surya di elektroplating Cu dengan sumber arus 1 mA selama 5 detik. Kedua sampel masing-masing dilapisi aluminium dengan menyisipkan elektrolit yang terbuat dari 0,18 gram LiOH dan 1,8 PVA. Setelah itu dilakukan karakterisasi I-V menggunakan *Keithley* 2400 dan didapatkan kurva I-V. Karakterisasi menggunakan lampu halogen dengan intensitas daya masukan yang diukur menggunakan *solar power* meter sebesar 0,016 watt. Dari hasil karakterisasi didapatkan kurva I-V pada gambar 4, dengan menampilkan kurva I-V yang dihasilkan oleh sel surya hanya TiO₂ dan sel surya TiO₂ yang telah disisipi Cu. Hasil karakterisasi I-V terhadap pengaruh Cu pada pengujian awal sebagai berikut:

Tabel 1. Efisiensi Sel Surya TiO₂ dan Sel Surya TiO₂/Cu

| Sel Surya | Voc (V) | Isc (mA) | Vm (V) | Im (mA) | FF | Efisiensi (%) |
|----------------------|---------|----------|--------|---------|-------|---------------|
| TiO ₂ | 0.135 | 0.008 | 0.078 | 0.003 | 0.195 | 0.002 |
| TiO ₂ /Cu | 0.368 | 0.281 | 0.112 | 0.121 | 0.132 | 0.085 |



Gambar 4. Grafik kurva I-V pengaruh Cu pada sel surya

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 1 dan grafik pada gambar 4 menunjukkan bahwa Cu mempengaruhi kinerja sel surya dan dapat meningkatkan efisiensi sel surya.

3.2 Pengujian variasi nilai sumber arus elektroplating

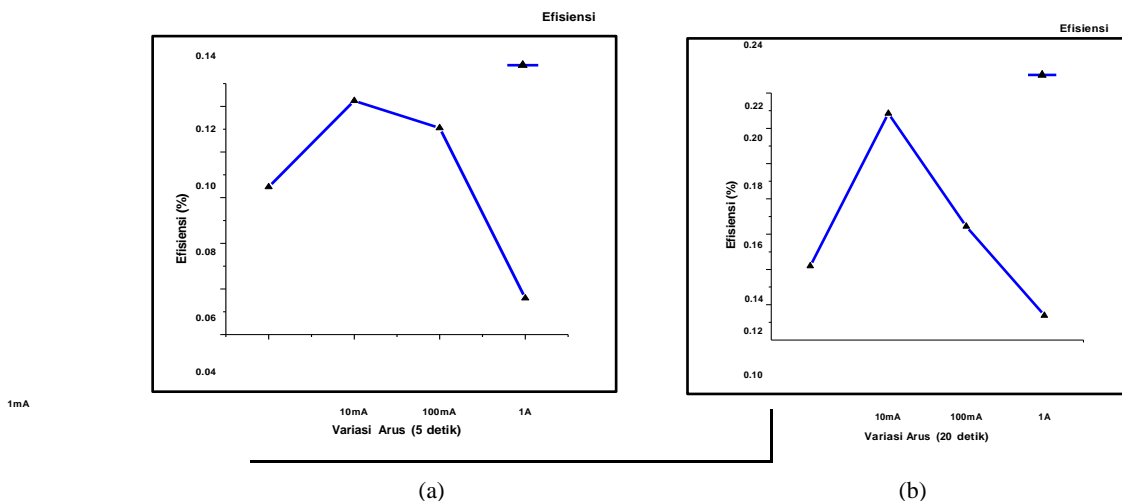
Setelah dilakukan pengujian awal untuk mengetahui pengaruh Cu pada sel surya, maka dilakukan pengujian karakterisasi I-V selanjutnya dengan memvariasikan sumber arus. Karakterisasi I-V dilakukan pada sel surya yang telah di elektroplating dengan sumber arus yang berbeda-beda dengan waktu 5 detik dan 20 detik. Sumber arus yang digunakan sebesar 1mA, 10mA, 100mA dan 1 A. Intensitas cahaya yang diberikan sama dengan sebelumnya, dan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 2.1 Hasil karakterisasi I-V terhadap sel surya yang di elektroplating dengan variasi nilai sumber arus selama 5 detik

| Arus | Voc (V) | Isc (mA) | Vm (V) | Im (mA) | FF | Efisiensi (%) |
|--------|---------|----------|--------|---------|-------|---------------|
| 1 mA | 0.292 | 0.174 | 0.139 | 0.12 | 0.329 | 0.10 |
| 10 mA | 0.436 | 0.486 | 0.145 | 0.156 | 0.107 | 0.14 |
| 100 mA | 0.239 | 0.353 | 0.136 | 0.153 | 0.247 | 0.13 |
| 1A | 0.187 | 0.22 | 0.113 | 0.079 | 0.217 | 0.05 |

Tabel 3.2 Hasil karakterisasi I-V terhadap sel surya yang di elektroplating dengan variasi nilai sumber arus selama 20 detik

| Arus (I) | Voc (V) | Isc (mA) | Vm (V) | Im (mA) | FF | Efisiensi (%) |
|----------|---------|----------|--------|---------|-------|---------------|
| 1mA | 0.467 | 0.189 | 0.201 | 0.112 | 0.257 | 0.14 |
| 10mA | 0.488 | 0.523 | 0.174 | 0.21 | 0.143 | 0.23 |
| 100mA | 0.5 | 0.54 | 0.262 | 0.1 | 0.097 | 0.16 |
| 1A | 0.475 | 0.18 | 0.227 | 0.08 | 0.212 | 0.11 |



(a)

(b)

Gambar 5. Grafik efisiensi sel surya yang telah di elektroplating variasi nilai sumber arus selama; (a) 5detik;
(b)20 detik

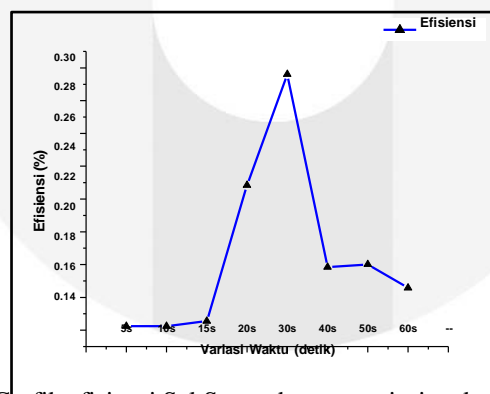
Dari data tabel 2 dan 3 serta gambar 5 menunjukkan bahwa efisiensi yang tertinggi diperoleh sel surya yang di elektroplating dengan sumber arus 10mA. Dan semakin ditambahkannya waktu elektroplating, efisiensi juga meningkat.

3.3 Pengujian variasi waktu elektroplating pada sumber arus terbaik

Setelah dilakukan pengujian kedua dengan memvariasikan sumber arus saat elektroplating, maka diperoleh sumber arus optimal yang dapat menghasilkan efisiensi tinggi adalah sumber arus 10mA. Jika dilihat dari hasil variasi sumber arus yang dilakukan dengan waktu yang berbeda yaitu 5 detik dan 20 detik, dapat terlihat bahwa semakin lamanya waktu elektroplating, maka semakin tinggi efisiensi yang dihasilkan oleh sel surya. Maka dari itu dilakukan pengujian ketiga yang memvariasikan waktu elektroplating dengan menggunakan sumber arus optimum 10 mA. Waktu yang divariasikan sebanyak 5 detik, 10 detik, 15 detik, 20 detik, 30 detik, 40 detik, 50 detik dan 60 detik. Dari karakterisasi I-V yang dilakukan, diperoleh hasil pada tabel 4 dan gambar 6 dibawah ini.

Tabel 4. Hasil karakterisasi I-V terhadap sel surya yang dielektroplating dengan variasi waktu menggunakan sumber arus 10 mA

| Waktu (detik) | Voc (V) | Isc (mA) | Vm (V) | Im (mA) | FF | Efisiensi (%) |
|---------------|---------|----------|--------|---------|-------|---------------|
| 5 | 0.435 | 0.486 | 0.145 | 0.156 | 0.107 | 0.14 |
| 10 | 0.33 | 0.353 | 0.126 | 0.18 | 0.195 | 0.14 |
| 15 | 0.388 | 0.605 | 0.115 | 0.202 | 0.099 | 0.15 |
| 20 | 0.487 | 0.523 | 0.174 | 0.209 | 0.143 | 0.22 |
| 30 | 0.428 | 0.613 | 0.151 | 0.313 | 0.180 | 0.29 |
| 40 | 0.391 | 0.45 | 0.151 | 0.188 | 0.161 | 0.17 |
| 50 | 0.434 | 0.375 | 0.166 | 0.173 | 0.176 | 0.18 |
| 60 | 0.321 | 0.318 | 0.128 | 0.206 | 0.259 | 0.16 |

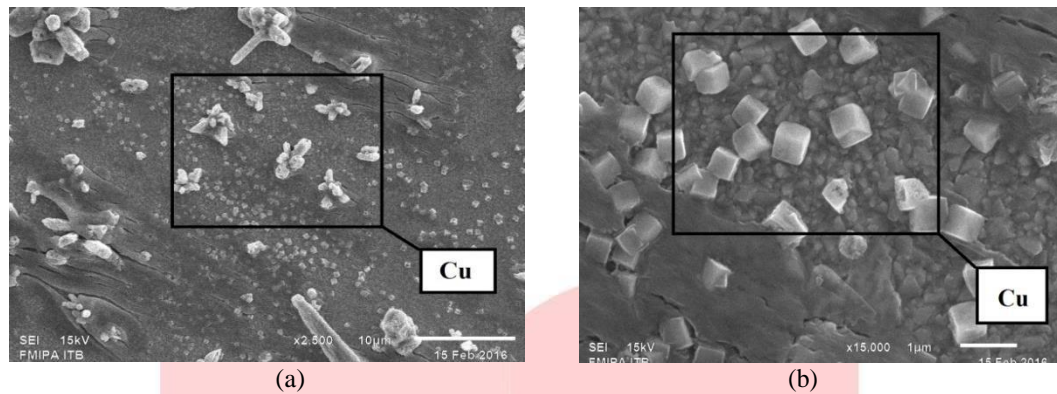


Gambar 6. Grafik efisiensi Sel Surya dengan variasi waktu elektroplating.

Setelah dilakukan karakterisasi I-V pada sel surya yang divariasikan waktu elektroplating, didapatkan hasil pada tabel 4 dan gambar 6 bahwa, waktu elektroplating optimum yang dapat menghasilkan efisiensi tertinggi diperoleh pada saat waktu 30 detik.

4. Uji SEM dan EDS

Setelah mengetahui pengaruh sumber arus dan lamanya waktu terhadap efisiensi sel surya maka dilakukan uji SEM dan EDS. Uji SEM yang dilakukan memiliki tujuan untuk melihat morfologi Cu yang terbentuk pada permukaan lapisan TiO₂ sedangkan uji EDS ditujukan untuk mengetahui jumlah kandungan Cu yang terbentuk. Gambar hasil uji SEM adalah sebagai berikut.



Gambar 7. Hasil Uji SEM pada Sel Surya dengan perbesaran: (a) 2500x dan (b) 15000x

Dari hasil uji SEM terlihat bahwa morfologi Cu yang terbentuk di permukaan substrat berbentuk *pyramidal*/ kubus. Dan dari hasil uji EDS yang dilakukan didapatkan hasil kandungan Cu yang terbentuk pada sel surya yang di elektroplating selama 20 detik, 30 detik, dan 40 detik dengan menggunakan suber arus optimum 10 mA, memiliki kandungan Cu yang semakin meningkat yaitu sebanyak 4,18%, 7,05%, dan 7,74%. Hal ini menunjukkan bahwa waktu berpengaruh pada pembentukan Cu, dan banyaknya kandungan Cu yang terbentuk akan mempengaruhi efisiensi yang dihasilkan oleh sel surya.

5. Simpulan

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan dalam penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan sel surya berbahan dasar TiO_2 telah menghasilkan efisiensi sel surya sebesar 0,29% dengan menggunakan metode *spray* dan penyisipan Cu menggunakan metode elektroplating.
2. Variasi arus dan waktu pada proses elektroplating disini mepengaruhi proses penyisipan Cu dan efisiensi sel surya.
3. Nilai efisiensi sel surya tertinggi sebesar 0,29%, tercapai pada saat menggunakan nilai arus 10 mA pada proses elektroplating selama 30 detik.

Daftar Pustaka

- [1] M. Matsumura. 2009. *Utilization of Solar Cell, Lecture Notes Research Center for Solar Energy Chemistry*. Osaka University.
- [2] Lucky, Rahmia A. 2008. *Synthesis of TiO_2 Based Nanostructured Materials using A sol-gel Process in Supercritical CO_2* . Thesis. Canada.
- [3] Saehana, S., Yuliza, E., Khairurrijal, Abdullah, M. 2012. *Studi pengembangan Sel Surya Berbasis TiO_2 dengan Metoda Elektroplating*. Institut Teknologi Bandung.
- [4] Gratzel, Michael. 2003. *Review Dye-sensitized solar cells*. Journal of Photochemistry and Photobiology C.
- [5] Diebold, U : “*The surface science of titanium dioxide*”. Surface Science Report 48. (2003)
- [6] Li, B., Wang, L., Kang, B., Wang, P., Qiu, L.. 2006. *Review of recent progress in solid-state dye-sensitized solar cells*. Solar Energy Materials & Solar Cells 90.