

PEMBUATAN SEL SURYA BERBAHAN TiO₂ DENGAN PENYISIPAN PARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN METODE ELEKTROPLATING

FABRICATION OF TITANIUM DIOXIDE BASED SOLAR CELLS WITH GOLD PARTICLE INSERTION USING ELECTROPLATING METHOD

Faris Hanif Rahman¹, Mamat Rokhmat², Edy Wibowo³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹farisfile@gmail.com, ²mamatrokhmat76@gmail.com, ³edyw.phys@gmail.com

Abstrak

Pada Penelitian ini dipelajari pengaruh penyisipan partikel logam emas pada Sel Surya TiO₂. Penyisipan partikel logam emas pada lapisan TiO₂ dilakukan dengan menggunakan metode elektroplating. Material TiO₂ yang dicampurkan dengan aquades lalu dideposisikan pada FTO menggunakan metode doctor blade. Lapisan TiO₂ disisipi partikel logam emas dengan metode elektroplating sehingga membentuk lapisan kontak logam yang menjadi lintasan bagi elektron untuk mengalir lebih cepat menuju elektroda (FTO). Polimer elektrolit digunakan sebagai transport hole yang tersusun atas campuran LiOH dan PVA. Struktur sel surya yang telah dibuat dikarakterisasi dengan menggunakan I-V meter Keithley 617 untuk mengetahui performansi sel surya. Karakteristik I-V menunjukkan terjadi peningkatan efisiensi sel surya TiO₂ setelah disisipi partikel logam emas menggunakan metode elektroplating. Pemberian tegangan 2 Volt dan waktu 5 detik saat elektroplating merupakan tegangan dan waktu optimal yang menghasilkan efisiensi terbaik pada Sel Surya TiO₂/Au, yaitu sebesar 0,08%.

Kata kunci: Sel Surya, TiO₂, Elektroplating, Emas (Au)

Abstract

This research studied the effect of gold particle inserted in TiO₂ solar cells. Insertion of gold particle in TiO₂ layer using electroplating method. TiO₂ material is mixed with distilled water and then deposited on FTO using doctor blade method. TiO₂ layer inserted gold particle with electroplating method to form a metal contact layer electrons to flow faster to the electrode (FTO). Polymer electrolyte was dedicated as a hole transport is composed of a mixture of LiOH and PVA. Structure of solar cell has been characterization by using a Keithley 617 meter to determine the performance of solar cell. I-V characteristic showed an increase in the efficiency of solar cell with TiO₂ inserted gold particle using electroplating method at 0,08% compared with solar cell TiO₂ without inserted gold particle at 0,002%.

Keywords: Solar cell, TiO₂, Electroplating, Gold.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan yang penting bagi kelangsungan hidup manusia. Selama ini penyangga utama kebutuhan energi masih mengandalkan minyak bumi. Sementara itu tidak dapat dihindarkan bahwa minyak bumi semakin langka dan mahal harganya. Cadangan sumber energi fosil di seluruh dunia terhitung sejak 2002 yaitu 40 tahun untuk minyak, 60 tahun untuk gas alam, dan 200 tahun untuk batu bara. Dengan keadaan semakin menipisnya sumber energi fosil tersebut, di dunia sekarang ini terjadi pergeseran dari penggunaan sumber energi tak terbarui menuju sumber energi terbarui [1].

Sinar matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarui yang sangat berpotensi di Indonesia. Letak Indonesia yang strategis yang berada pada daerah khatulistiwa, membuat wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10 - 12 jam dalam sehari [2].

Untuk memanfaatkan energi cahaya matahari sehingga dapat dijadikan energi listrik, merealisasikannya menggunakan piranti sel surya (*photovoltaic/solar cell*) [3]. Pengembangan sel surya telah memasuki generasi ketiga, dimana generasi ini merupakan sel surya yang berbahan dasar TiO₂ atau ZnO. Beberapa contoh dari sel surya generasi ketiga dengan bahan TiO₂ antara lain *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC), *Polimer solar cell* (PSC), dan sel surya *Perovskite*.

Selain dari sel surya yang telah ada pada generasi ketiga, terdapat pula sel surya yang hanya menggunakan TiO₂ atau ZnO sebagai bahan dasar pembuatan sel surya. Titanium dioksida (TiO₂)

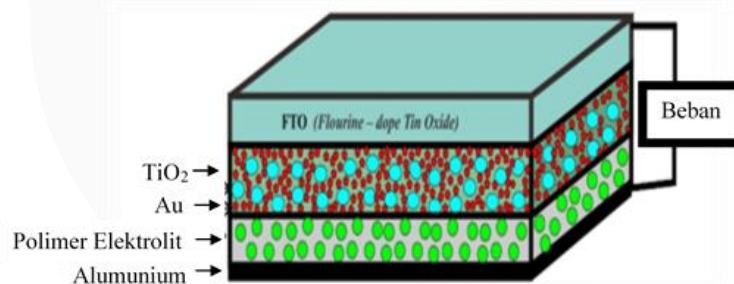
merupakan logam transisi yang termasuk golongan IV pada tabel periodik, disebut juga titanium *anhydride*, anhidrida asam titanium, titanium oksida, atau titania yang biasanya tersedia dalam serbuk putih. TiO₂ mempunyai pita terlarang (*band gap*) yang sesuai untuk proses fotokatalis sehingga memudahkan terjadinya eksitasi elektron ke pita konduksi dan pembentukan *hole* pada pita valensi saat diinduksikan sinar matahari. Material ini memiliki celah pita lebar (3,2 eV) dan penyerapan yang kecil, hanya sebesar 5% karena hanya menyerap cahaya dengan panjang gelombang kurang dari 400 nm yang merupakan spektrum ultraviolet [4]. Salah satu cara untuk meningkatkan transport elektron pada TiO₂ adalah dengan melakukan penyisipan logam, yang menyebabkan rekombinasi elektron-hole dapat berkurang dikarenakan elektron yang sudah tereksitasi dapat diperangkap oleh logam dan selanjutnya mengalir menuju lapisan elektroda [5].

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan sel surya generasi ketiga berbahan TiO₂ dengan penyisipan partikel logam emas menggunakan metode elektroplating. Emas dipilih pada penelitian ini karena memiliki konduktivitas yang baik, yaitu sebesar $4,1 \times 10^7$, yang diharapkan mampu untuk meningkatkan kinerja sel surya berbahan dasar TiO₂.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sel Surya Berbahan TiO₂ yang Dikembangkan

Sel surya adalah alat yang mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Pada penelitian ini, sel surya yang dikembangkan adalah sel surya berbahan dasar TiO₂ dengan elektroplating partikel Au menggunakan sumber arus. TiO₂ memiliki fungsi sebagai lapisan aktif penyerap foton dari cahaya matahari dan dideposisi pada substrat (FTO) menggunakan metode *doctor blade*. Metode elektroplating menggunakan sumber arus merupakan proses penyisipan partikel emas Au melalui proses elektrolisis yang terjadi akibat adanya tegangan listrik yang dapat menyebabkan senyawa kimia dalam larutan Au 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 [6]. 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 cepat mengalami rekombinasi. Hal tersebut akan berakibat pada efisiensi yang rendah karena transport elektron menjadi terhambat. Adapun struktur dan prinsip kerja sel surya yang dikembangkan ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Struktur Sel Surya TiO₂ yang Dikembangkan

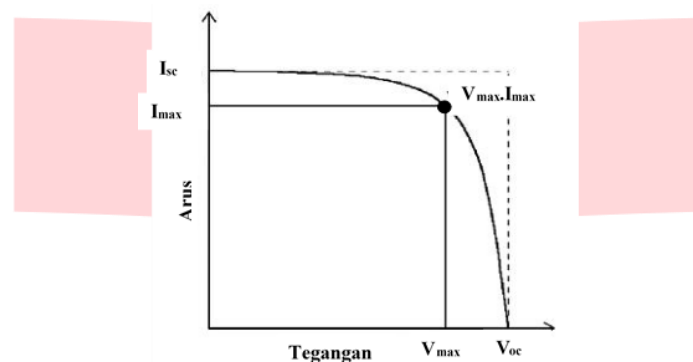
Prinsip kerja dari Sel Surya berbahan TiO₂ adalah ketika cahaya matahari datang dan menembus FTO sehingga mengenai TiO₂, elektron yang ada akan tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi jika energi cahaya matahari lebih besar atau sama dengan energi *band gap* yang terdapat pada bahan TiO₂, yakni sebesar 3,2 eV [7]. Besarnya pita energi ini mengakibatkan nilai laju rekombinasi elektron-hole yang besar sehingga efisiensi sel surya bernilai rendah. Untuk meningkatkan efisiensi sel surya, dapat dilakukan dengan penyisipan logam. Penyisipan logam pada sel surya TiO₂ bertujuan untuk menjembatani elektron menuju sirkuit luar [8]. Ketersediaan logam ini dapat meningkatkan efisiensi dari sel surya yang dirancang melalui trapping dan transport elektron menuju sirkuit luar berhubungan dengan afinitas elektron dan fungsi kerja yang dimiliki oleh logam [9]. Untuk mengetahui kinerja sel surya, dilakukan karakterisasi I-V dengan mengetahui efisiensi yang dihasilkan. Dimana efisiensi

menyatakan perbandingan antara energi yang dihasilkan sel surya terhadap besarnya energi matahari yang diserapnya. Dengan persamaan efisiensi sebagai berikut:

$$\eta = P_{out}/P_{in}$$

$$= (I_{max} \times V_{max}) / (I_{in} \times A)$$

Dimana I_{max} adalah arus saat tegangan yang diberikan menghasilkan daya keluaran terbesar, V_{max} adalah tegangan yang diberikan yang menghasilkan daya keluaran terbesar, I_{in} adalah Intensitas cahaya datang dan A adalah luas penampang. Setelah nilai efisiensi sel surya didapatkan maka akan didapatkan kurva I-V seperti berikut.



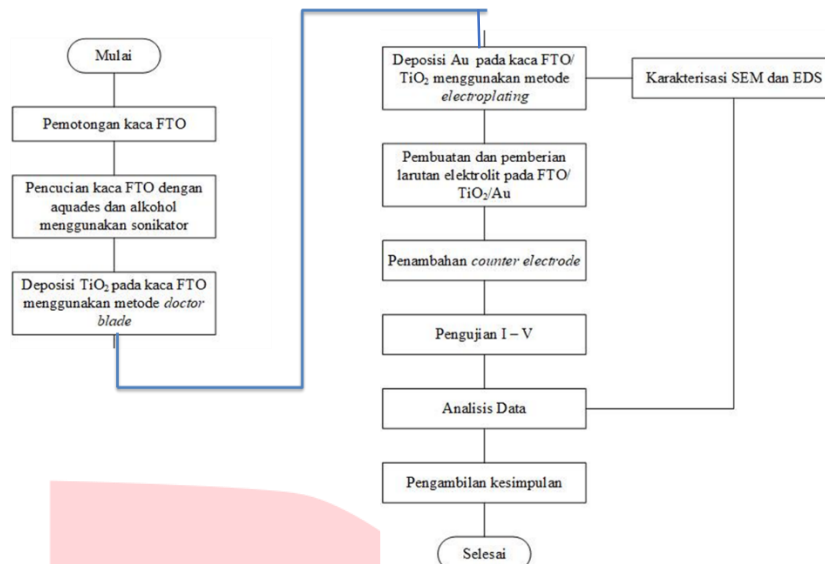
Gambar 2. Kurva I-V setelah dilakukan penyinaran

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 TiO_2 yang bersifat semikonduktor sebagai lapisan aktif penyerap foton. Untuk meningkatkan transport elektron akibat *band gap* yang dimiliki TiO_2 sekitar 3,2 eV, maka dilakukan penyisipan partikel logam Au pada substrat yang telah dideposisi TiO_2 . Kemudian substrat yang telah dideposisi TiO_2 dan disisipi partikel Au dibentuk dengan menyatukan aluminium sebagai *counter electrode* sebagai katalisator, dengan memberikan polimer elektrolit yang disisipkan diantara substrat dan aluminium. Pada penelitian ini digunakan elektrolit dari *Polyvinyl alcohol* (PVA) dengan 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 [10].

2.3 Fabrikasi Sel Surya TiO_2 dengan Metode *Doctor Blade* dan Elektroplating

Proses pendeposisian TiO_2 pada substrat (FTO) dilakukan dengan menggunakan metode *doctor blade*. Metode *doctor blade* adalah metode yang digunakan untuk mendeposisikan TiO_2 pada substrat kaca FTO. Metode ini dilakukan dengan cara menggerakkan batang pengaduk yang sudah telumuri TiO_2 ke arah tepi bawah kaca dan kemudian menggerakannya kembali ke arah berlawanan dengan sebelumnya secara cepat. TiO_2 yang dilapisi pada substrat sebanyak 5 gram dicampur dengan aquades sebanyak 5 ml. Proses penyisipan partikel logam Au dilakukan menggunakan metode elektroplating. Prosedur fabrikasi dan karakterisasi sel surya ditunjukkan pada gambar diagram berikut:



Gambar 3. Prosedur Pembuatan dan Pengembangan Sel Surya Dengan Metode *Doctor Blade* dan Elektroplating

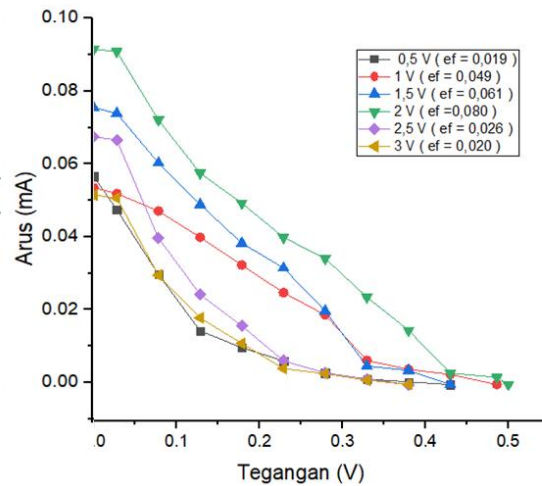
3. Pembahasan

3.1 Pengaruh perbedaan besar tegangan pada metode elektroplating terhadap performansi sel surya

Pada penelitian ini sel surya TiO₂ disisipi partikel logam emas menggunakan metode elektroplating. Besar tegangan yang diberikan pada saat penyisipan partikel logam emas menggunakan metode elektroplating adalah 0,5 V, 1 V, 1,5 V, 2 V, 2,5 V dan 3 V dengan waktu selama 5 detik. Setelah itu dilakukan karakterisasi I-V menggunakan *Keithley* 613. Hasil karakterisasi I-V adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Data Karakterisasi I-V Sel Surya TiO₂ dengan penyisipan emas dengan variasi tegangan.

Tegangan elektroplating (V)	Voltage (V)	I (mA)	P _{out} (mW)	P _{in} (mW)	FF	Efisiensi (%)
0,5	0,078075	0,0302	0,002358	12	0,121	0,02
1	0,178625	0,0328	0,005859		0,241	0,049
1,5	0,2289	0,032	0,007325		0,224	0,061
2	0,279175	0,0346	0,009659		0,210	0,080
2,5	0,12835	0,0247	0,00317		0,122	0,026
3	0,12835	0,0183	0,002349		0,129	0,019



Gambar 4. Grafik Karakteristik I-V Sel Surya TiO_2 dengan penyisipan partikel logam emas menggunakan metode elektroplating dengan variasi tegangan.

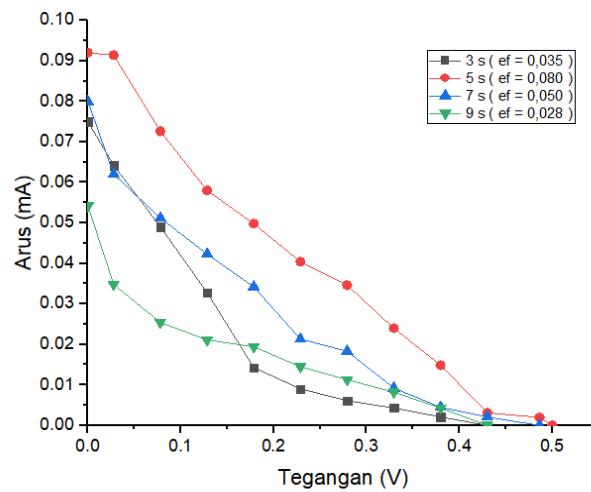
Gambar 4 memperlihatkan grafik karakteristik I-V sel surya dengan sisipan partikel logam emas menggunakan metode elektroplating dengan pemberian tegangan mulai dari 0,5 V, 1 V, 1,5 V, 2 V, 2,5 V dan 3 V dengan waktu selama 5 detik. Dapat dilihat bahwa setelah dilakukan penyisipan partikel logam emas terjadi peningkatan nilai arus dan tegangan dibandingkan dengan sel surya TiO_2 murni. Pemberian tegangan sebesar 0,5 volt menghasilkan grafik dengan keluaran arus terkecil, sedangkan pemberian tegangan sebesar 2 Volt menghasilkan grafik dengan keluaran arus terbesar. Pengaruh penyisipan partikel logam emas dengan metode elektroplating dengan variasi tegangan terhadap parameter kinerja sel surya ditunjukkan dalam Tabel 1. Tabel 1 memperlihatkan nilai efisiensi sel surya dengan penyisipan partikel logam emas menggunakan metode elektroplating. Dari data tersebut dapat dilihat nilai efisiensi terus meningkat hingga pemberian tegangan sebesar 2 volt, selanjutnya mengalami penurunan hingga pemberian tegangan 3 volt. Hal ini menunjukkan nilai efisiensi terendah terjadi pada pemberian tegangan sebesar 3 Volt, yaitu 0,019% dan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada pemberian tegangan sebesar 2 volt, yaitu 0,08%.

3.2 Pengaruh perbedaan waktu pada metode elektroplating terhadap performansi sel surya

Setelah mendapatkan nilai tegangan terbaik pada elektroplating yang menghasilkan nilai efisiensi tertinggi, dilakukan pengujian pada penyisipan emas menggunakan metode elektroplating dengan variasi waktu, yaitu 3, 5, 7 dan 9 detik menggunakan tegangan sebesar 2 volt. Hasil pengukuran karakterisasi I-V adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Data Karakterisasi I-V Sel Surya TiO_2 dengan penyisipan emas dengan variasi waktu.

Waktu (s)	Voltage (V)	I (mA)	P_{out} (mW)	P_{in} (mW)	FF	Efisiensi (%)
			0,00421			
3	0,12835	0,0328	0,00965		0,130539	0,035
5	0,279175	0,0346	0,00610	12	0,209988	0,080
7	0,178625	0,0342	9		0,157035	0,051
9	0,178625	0,0194	0,00346	5	0,148688	0,028

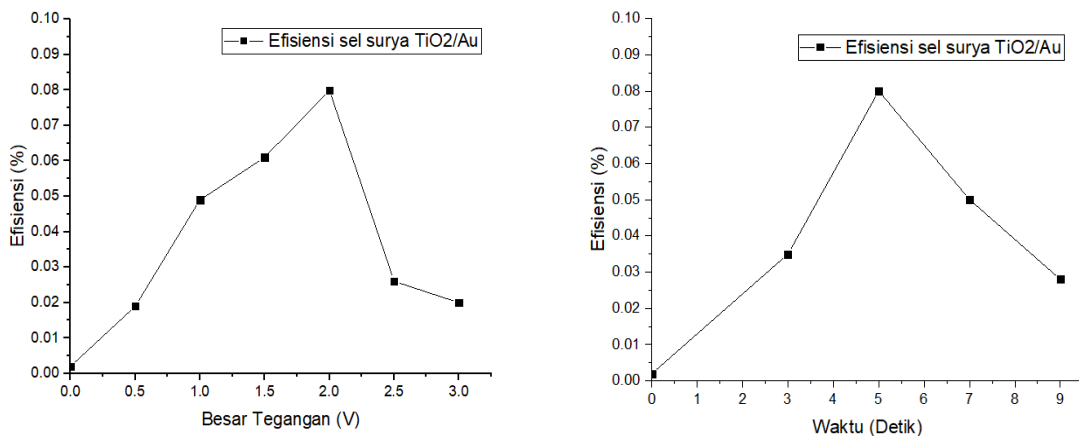


Gambar 5. Grafik Karakteristik I-V Sel Surya TiO₂ dengan penyisipan partikel logam emas menggunakan metode elektroplating dengan variasi waktu.

Gambar 5 memperlihatkan grafik karakteristik I-V sel surya dengan sisipan partikel logam emas menggunakan metode elektroplating dengan variasi waktu mulai dari 3, 5, 7, dan 9 detik menggunakan tegangan 2 Volt. Dapat dilihat bahwa waktu 9 detik menghasilkan grafik dengan keluaran arus terkecil, sedangkan pemberian waktu 5 detik menghasilkan grafik dengan keluaran arus terbesar. Pengaruh penyisipan partikel logam emas dengan metode elektroplating dengan variasi waktu terhadap parameter kinerja sel surya ditunjukkan dalam Tabel 2. Tabel 2 memperlihatkan nilai efisiensi sel surya dengan penyisipan emas menggunakan metode elektroplating dengan variasi waktu. Dari data tersebut dapat dilihat nilai efisiensi mengalami peningkatan hingga waktu 5 detik, lalu mengalami penurunan hingga waktu 9 detik. Hal ini menunjukkan nilai efisiensi terendah terjadi pada pemberian waktu 9 detik, yaitu 0,029% dan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada pemberian waktu 5 detik, yaitu 0,08%.

3.3 Analisis Hasil karakterisasi I-V Sel Surya TiO₂/Au

Berdasarkan data yang didapatkan pada penelitian ini, merujuk pada nilai efisiensi, terjadi peningkatan performa pada sel surya TiO₂ dengan penyisipan partikel logam emas dibanding sel surya TiO₂ tanpa penyisipan partikel logam emas. Hal ini dapat terjadi karena pada sel surya TiO₂ tanpa penyisipan partikel logam emas, ketika cahaya mengenai sel surya dan menghasilkan elektron, elektron yang tereksitasi akan cepat mengalami rekombinasi sebelum elektron tersebut mencapai lapisan konduktif, sedangkan pada sel surya TiO₂ dengan penyisipan partikel logam emas, partikel logam emas tersebut berfungsi sebagai jembatan elektron untuk bermigrasi dan mencapai bagian konduktif dari sel surya TiO₂, sehingga dapat meminimalisir terjadinya rekombinasi. Hal ini yang membuat sel surya TiO₂ dengan penyisipan partikel logam emas memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibanding sel surya TiO₂ murni.



Gambar 6. Grafik efisiensi sel surya TiO₂ dengan penyisipan partikel logam emas menggunakan metode elektroplating dengan; (a) variasi tegangan; (b) variasi waktu.

Sementara pada sel surya TiO₂ dengan penyisipan partikel logam emas menggunakan elektroplating dengan variasi tegangan dan waktu, dapat dilihat pada Gambar 6. Gambar 6 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan efisiensi hingga tegangan 2 volt, sementara selanjutnya terjadi penurunan efisiensi, dan terjadi peningkatan efisiensi hingga waktu 5 detik, sementara selanjutnya terjadi penurunan efisiensi. Hal ini dapat terjadi karena pada pemberian tegangan melebihi 2 volt, partikel logam emas yang tersisipi pada sel surya akan semakin banyak. Hal ini juga terjadi pada penyisipan partikel logam emas menggunakan metode elektroplating dengan variasi waktu. Semakin lama waktu yang diberikan, maka partikel logam emas akan semakin banyak yang tersisipkan pada sel surya TiO₂. Hal ini menunjukkan terlalu banyak partikel emas yang tersisipi pada sel surya TiO₂ akan mengakibatkan energi dari cahaya yang datang akan terhalang untuk mengenai TiO₂ dan membuat generasi elektron menjadi terhambat, sehingga nilai efisiensi mengalami penurunan. Dapat dilihat dari Gambar 6. bahwa tegangan 2 Volt dan waktu 5 detik merupakan tegangan dan waktu optimal yang menghasilkan efisiensi terbaik pada sel surya TiO₂/Au, yaitu sebesar 0,08%.

4. Simpulan

Hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yakni sebagai berikut:

1. Telah berhasil dilakukan penyisipan partikel logam emas pada sel surya TiO₂ menggunakan metode elektroplating dengan pemberian variasi tegangan dan waktu.
2. Terjadi kenaikan efisiensi dari sel surya TiO₂ setelah penyisipan partikel logam emas dari semula 0,002% yang merupakan nilai efisiensi dari sel surya TiO₂ murni menjadi 0,08% setelah dilakukan penyisipan emas.
3. Besar tegangan dan waktu yang diberikan selama elektroplating mempengaruhi nilai efisiensi dari sel surya yang telah dibuat. Pemberian tegangan 2 Volt dan waktu 5 detik merupakan tegangan dan waktu optimal yang menghasilkan efisiensi terbaik pada sel surya TiO₂/Au, yaitu sebesar 0,08%.

Daftar Pustaka

- [1]. Widayana, G. (2012). Pemanfaatan Energi Surya. JPTK, UNDIKSHA, Vol. 9, No. 1.
- [2]. Djoko Adi Widodo, S. T. (2010). Pemberdayaan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik. Jurnal Teknik Elektro Vol. 2 No.2.
- [3]. Gumilar, R. P. (2014). Pengaruh Penyisipan Tembaga Cu menggunakan Metode *pulse plating* Pada Sel Surya TiO₂. Bandung: Universitas Telkom.
- [4]. Arthur Beiser. (1992). Konsep Fisika Modern. PT Erlangga.
- [5]. Dui Yanto Rahman, Mamat Rokhmat, Elfi Yuliza, Euis Sustini, dan Mikrajuddin Abdullah. New design of potentially low-cost solar cells using TiO₂/graphite composite as photon absorber. International Journal of Energy and Environmental Engineering, 7 (2016) 289–296.
- [6] Mamat Rokhmat, Sutisna, Edy Wibowo, Khairurrijal, dan Mikrajuddin Abdullah. Performance improvement of TiO₂/CuO solar cell by growing copper particle using fix current electroplating method, Procedia engineering, 170 (2017) 72-77.
- [7]. R. S. Maryanti (2012). Sintesis Dan Karakterisasi Titania Silika Berbasis Titanium.
- [8]. Mamat Rokhmat, Sutisna, Edy Wibowo, Khairurrijal, dan Mikrajuddin Abdullah. Development of a Low-Cost TiO₂/CuO/Cu Solar Cell by using Combined Spraying and Electroplating Method, Journal of Mathematical and Fundamental Sciences, 50 (2018), 92-101.
- [9]. Mamat Rokhmat, Sutisna, Edy Wibowo, Khairurrijal, dan Mikrajuddin Abdullah. Efficiency enhancement of TiO₂ (active material) solar cell by inserting copper particles grown with pulse voltage electroplating method, Journal of Physics and Chemistry of Solids, 100 (2017) 92–100.
- [10]. Mamat Rokhmat, Edy Wibowo, Sutisna, Elfi Yuliza, Khairurrijal dan Mikrajuddin Abdullah. Enhancement of TiO₂ Particles Based-Solar Cells Efficiency by Addition of Copper(II) Nitrate and Post-Treatment with Sodium Hydroxide, Advanced Materials Research, 1112 (2015) 245-250.