

PENGARUH PENYISIPAN LOGAM TEMBAGA (Cu) DENGAN BERBAGAI VARIASI MASSA PADA LAPISAN AKTIF TITANIA (TiO₂) TERHADAP STRUKTUR MORFOLOGI DAN RESISTANSI SERTA PERFORMANSI SEL SURYA YANG DIHASILKAN

EFFECT OF METAL COPPER (Cu) INSERTION WITH VARIATION OF MASS IN TITANIA (TiO₂) LAYER ON MORPHOLOGICAL STRUCTURE , RESISTANCE AND PERFORMANCE SOLAR CELLS GENERATED

Oleh : Yunita Ambarwati dan Rita Prasetyowati, M.Si, Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta. Email : yunita.YA84@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penyisipan logam tembaga (Cu) dengan berbagai variasi massa pada lapisan aktif titania (TiO₂) terhadap struktur morfologi, komposisi kimia, absorbansi, resistansi, dan performansi sel surya fotoelektrokimia. Performansi sel surya yang dihasilkan adalah tegangan. Preparasi lapisan aktif TiO₂ dan TiO₂Cu dilakukan dengan metode *doctor blade*. Karakterisasi lapisan aktif menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur morfologi permukaan. Karakterisasi *Energy Dispersive Analysis X-Ray* (EDAX) untuk mengetahui komposisi kimia bahan. Karakterisasi *UV-VIS Spectrophotometer* untuk mengetahui absorbansi lapisan aktif. Jembatan *Wheatstone* untuk mengetahui resistansi lapisan. Pembuatan sel surya fotoelektrokimia dilakukan dengan menambahkan lapisan elektrolit polimer dan lempeng aluminium sebagai elektroda. Elektrolit polimer dibuat dari campuran *polyvinyl alcohol* (PVA) dan *sodium fluoride* (NaF). Pengukuran tegangan sel surya dilakukan dengan menggunakan voltmeter. Hasil SEM tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan untuk struktur morfologi permukaan lapisan TiO₂ dan TiO₂Cu. Komposisi kimia bahan lapisan TiO₂Cu menunjukkan kandungan massa unsur O sebesar 40,05%, unsur Ti sebesar 59,88 %, dan unsur Cu sebesar 0,07%. Hasil uji UV-VIS menunjukkan bahwa absorbansi lapisan TiO₂Cu terjadi pada panjang gelombang 200 nm-381 nm dan 649 nm- 800 nm sedangkan untuk lapisan TiO₂ terjadi dari panjang gelombang 200 nm- 382 nm dan 649 nm – 800 nm . Resistansi lapisan TiO₂ diperoleh sebesar 3190,602 Ω, serta resistansi lapisan TiO₂Cu dengan massa Cu 0,05 gram; 0,075 gram; 0,1 gram; 0,125 gram; 0,15 gram berturut-turut adalah 3184,784 Ω; 3184,712 Ω; 3183,843 Ω; 3182,641 Ω; 3182,409 Ω. Hasil pengukuran tegangan lapisan TiO₂Cu dengan massa Cu 0,05 gram; 0,075 gram; 0,1 gram; 0,125 gram; 0,15 gram berturut-turut adalah sebesar 0,367 volt; 0,466 volt; 0,583 volt; 0,651 volt; 0,681 volt.

Kata kunci : Sel surya fotoelektrokimia, variasi massa Cu, performansi

Abstract

This study aimed to determine the effect of insertion of the copper (Cu) with a variety of mass in the active layer of titania (TiO₂) to the morphological structure, chemical composition, absorbance, resistance, and performance of photoelectrochemical solar cells. The resulting solar cell performance is the voltage. Preparation of the active layer of TiO₂ and TiO₂Cu performed by doctor blade method. Characterization of the active layer using Scanning Electron Microscopy (SEM) to determine the structure of the surface morphology. Characterization of Energy Dispersive X-Ray Analysis (EDAX) to determine the chemical composition of materials. Characterization of UV-VIS spectrophotometer to determine the absorbance of the active layer. Wheatstone bridge to determine the resistance of the coating. Photoelectrochemical solar cell manufacturing is done by adding a polymer electrolyte layer and aluminum plates as an electrode. A polymer electrolyte made from a mixture of polyvinyl alcohol (PVA) and sodium fluoride (NaF). Solar cell voltage measurement is done using a voltmeter. SEM results did not show any significant difference to the structure of TiO₂ coating surface morphology and TiO₂Cu. The chemical composition that contained in titania layer shows the percentage of elements as much as 40.05 % O, Ti elements as much as 59.88%, and 0.07% Cu element. The result of UV-Vis test showed absorbance TiO₂Cu layer occurs at wavelength of 200 nm-381 nm and 649 nm- 800 nm while for TiO₂ layer occurs at 200 nm-wavelength of 382 nm and 649 nm - 800 nm. Resistance layer of TiO₂ obtained at 3190.602 Ω, and the resistance layer with a mass TiO₂Cu Cu 0.05 grams; 0.075 grams; 0.1 grams; 0.125 grams; 0.15 gram

respectively Ω 3184.784; Ω 3184.712; Ω 3183.843; Ω 3182.641; 3182.409 Ω . The result of the voltage measurement TiO₂Cu layer with a mass of 0.05 grams Cu; 0.075 grams; 0.1 grams; 0,125 grams; 0.15 gram respectively 0,367 volts; 0.466 volts; 0.583 volts; 0.651 volts; 0.681 volts.

Keywords : photoelectrochemical solar cells, variation of mass, performance

PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi menjadikan kebutuhan sumber energi meningkat. Namun, sumber energi yang selama ini dimanfaatkan adalah sumber energi konvensional seperti minyak bumi, gas, batubara dan sebagainya, apabila dimanfaatkan terus menerus lama-kelamaan sumber energi tersebut akan habis. Krisis energi inilah yang menyebabkan dilakukan penelitian sumber energi alternatif. Mengingat letak geografis Indonesia berada disepanjang garis khatulistiwa dimana mendapatkan paparan sinar matahari hampir sepanjang tahun maka sumber energi alternatif yang potensial dikembangkan adalah energi matahari. Pemanfaatan sinar matahari salah satunya adalah dengan devais sel surya.

Sel surya mengkonversi energi matahari langsung menjadi listrik menggunakan sifat elektronik bahan yang dikenal sebagai semikonduktor. Sel surya bergantung pada efek fotovoltaiik dalam pemanfaatannya. Pembangkitan energi listrik pada sel surya terjadi berdasarkan efek fotolistrik, atau disebut juga efek fotovoltaiik, yaitu efek yang terjadi akibat foton dengan panjang gelombang tertentu yang jika energinya lebih besar daripada energi ambang semikonduktor, maka akan diserap oleh elektron sehingga elektron berpindah dari pita

valensi (N) menuju pita konduksi (P) dan meninggalkan hole pada pita valensi, selanjutnya dua buah muatan, yaitu pasangan elektron-hole, dibangkitkan. Aliran elektron-hole yang terjadi apabila dihubungkan ke beban listrik melalui penghantar akan menghasilkan arus listrik.

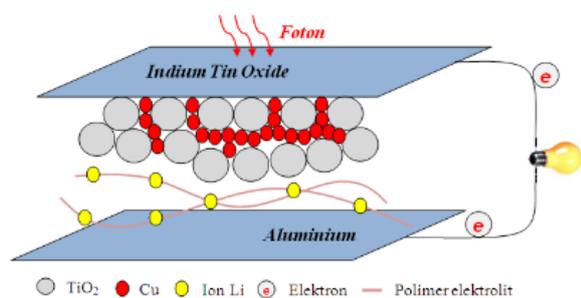
Sel surya yang telah banyak dimanfaatkan dan diperjual belikan adalah sel surya berbasis silikon. Namun sel surya jenis ini memerlukan biaya produksi yang mahal sehingga dikembangkan sel surya dengan fabrikasi yang sederhana dengan biaya yang murah. Salah satu sel surya yang sedang dikembangkan adalah sel surya berbasis titania.

Sel surya berbasis titania adalah sel surya yang menggunakan titania (TiO₂) sebagai lapisan aktif. Titanium dioksida (titania) adalah semikonduktor oksida yang memiliki celah pita energi sangat lebar (3,2 eV-3,8 eV). TiO₂ murni hanya memiliki efisiensi absorpsi sebesar 5% dari energi matahari pada rentang ultraviolet (UV). Untuk mengefektifkan penggunaan dari energi matahari, maka memperlebar spektrum penyerapan matahari ke area cahaya tampak menjadi hal yang penting.

Dalam penelitian ini, penambahan logam tembaga (Cu) dalam lapisan aktif titania diharapkan memperbesar performa dari sel

surya berbasis titania. Selain itu, dilakukan variasi massa untuk mengetahui resistansi lapisan aktif serta performansi sel surya yang dihasilkan.

Adanya logam Cu, pada ruang antar partikel TiO_2 , diharapkan dapat menjadi saluran elektron dan mencegah terjadinya rekombinasi pada permukaan TiO_2 . Adapun mekanisme kerja dari sel surya yang dikembangkan, yaitu, apabila foton datang mengenai permukaan TiO_2 , maka elektron pada pita valensi tereksitasi menuju pita konduksi. Selanjutnya, elektron pada pita konduksi TiO_2 mengalir ke kaca Indium Tin Oxide melalui kontak logam (Cu) yang dibuat. Elektron kemudian mengalir melalui beban dan terakumulasi pada permukaan elektroda. Elektron yang berada pada permukaan elektroda akan diterima oleh elektrolit. Demikian proses ini berlangsung secara terus menerus hingga menghasilkan arus listrik yang konstan. (Sahrul Saehana. *et al*,2011)



Gambar 1. Skema Sel Surya Berbasis Titania (Sahrul Saehana. *et al*,2011)

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen membuat sel surya berbasis titania dengan metode yang sederhana. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penyisipan logam tembaga (Cu) terhadap struktur morfologi, komposisi kimia dan absorbansi lapisan titania serta pengaruh variasi massa Cu terhadap resistansi lapisan titania dan tegangan sel surya yang dihasilkan.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai Juli 2016. Pembuatan sampel lapisan TiO_2Cu dilaksanakan di Laboratorium Penelitian Kimia FMIPA UNY. Karakterisasi struktur morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan analisis komposisi kimia lapisan tipis TiO_2Cu menggunakan *Energy Dispersive Analysis X-ray* (EDAX) dilaksanakan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gajah Mada (LPPT UGM). Karakterisasi menggunakan *UV 1700 Pharmaspec UV-VIS Spectrophotometer Specular Reflectance Attachment* dilaksanakan di Laboratorium Kimia Universitas Gajah Mada. Pengukuran Resistansi lapisan TiO_2Cu dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi FMIPA UNY. Pengukuran tegangan sel surya dilaksanakan di laboratorium Fisika Material Universitas Gajah Mada

Prosedur

Membersihkan kaca ITO dengan aquades selama 15 menit dan alkohol 70%

dengan ultrasonic bath selama 30 menit. Selanjutnya membuat nanokomposit titania-tembaga dengan mencampurkan 0,1 gram serbuk PVA ke dalam 10 ml aquades lalu dipanaskan pada suhu 80°C sambil di aduk dengan *magnetic stirrer*. Setelah PVA larut ditambahkan 1 gram serbuk TiO₂ dan 0,05 gram Cu, diaduk dan dipanaskan kembali hingga menyerupai gel. Kemudian deposisi nanokomposit titania-tembaga pada kaca ITO dengan metode *doctor blade*. Lalu sampel dipanaskan di atas hotplate pada suhu 100°C untuk menghilangkan aquades pada lapisan aktif titania. Prosedur yang sama dilakukan untuk setiap variasi massa Cu. Lapisan aktif titania-tembaga yang telah dibuat dilakukan beberapa karakterisasi.

Setelah karakterisasi lapisan aktif, membuat elektrolit dengan mencampurkan 0,5 gram NaF dan 10 ml aquades dalam satu gelas kimia sambil diaduk dan dipanaskan di atas hotplate stirrer pada suhu 110°C hingga larut. Menambahkan 0,8 PVA (polyvinyl alcohol) dan diaduk kembali dengan menggunakan *magnetic stirrer* sampai berbentuk gel. elektrolit yang sudah jadi dioleskan pada lapisan titania dan tinania-tembaga lalu ditutup dengan lempeng aluminium. Skema susunan lapisan sel surya yang dibuat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema struktur sel surya berbasis titania

Sel surya yang telah dibuat selanjutnya dilakukan pengukuran tegangan.

Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Sampel lapisan aktif titania dan titania-tembaga yang telah dibuat, dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur morfologi lapisan, *Energy Dispersive Analysis X-ray* (EDAX) untuk mengetahui komposisi kimia bahan, Jembatan *Wheatstone* untuk mengetahui resistansi lapisan, dan uji UV-Vis untuk mengetahui absorbansi lapisan.

Sel surya yang telah dibuat dilakukan karakterisasi untuk mengetahui performansi sel surya yang dihasilkan. Pada penelitian ini performansi yang dihasilkan berupa tegangan.

Teknik Analisis Data

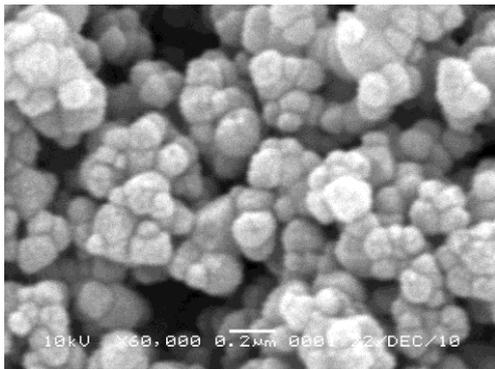
Hasil SEM disajikan dalam bentuk foto yang menggambarkan struktur morfologi lapisan. Dari hasil SEM yang diperoleh dilakukan analisis dengan menggunakan beberapa program sederhana dalam **Windows** seperti **Paint**, **MS Excel**, dan program aplikasi **OriginPro8**. Hasil uji EDAX disajikan dalam bentuk kurva dengan presentase unsur-unsur yang terkandung dalam lapisan aktif. Hasil uji UV-Vis ditampilkan dalam bentuk kurva. Resistansi lapisan dan hasil pengukuran tegangan sel surya ditampilkan dalam tabel kemudian dibuat plot grafik untuk mengetahui pengaruh variasi massa Cu yang dalam lapisan aktif terhadap resistansi dan tegangan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

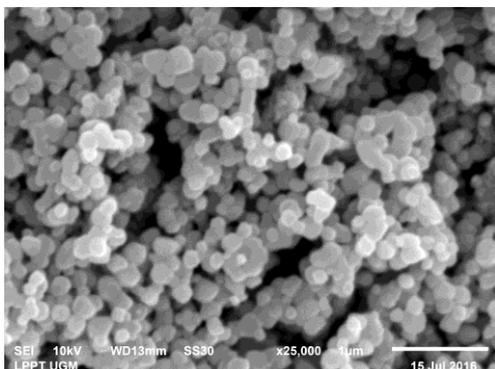
A. Karakterisasi Lapisan Aktif

1. Morfologi Permukaan lapisan TiO₂ dan TiO₂Cu dengan Scanning Electron Microscopy (SEM)

Hasil SEM berupa foto yang menggambarkan struktur morfologi lapisan TiO₂ dan TiO₂Cu. Hasil foto dari karakterisasi SEM lapisan TiO₂ merujuk pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Rita Prasetyowati pada tahun 2011, dapat dilihat Gambar 3.



Gambar 3. Foto Morfologi Permukaan Lapisan TiO₂ (Rita Prasetyowati, 2011)

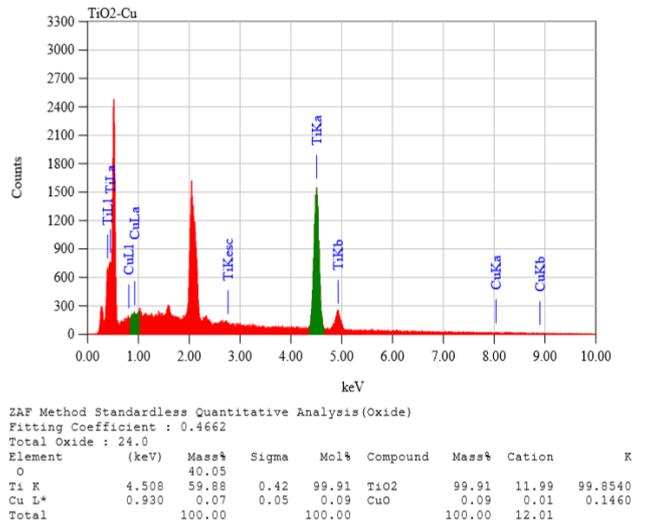


Gambar 4. Foto Morfologi Permukaan Lapisan TiO₂Cu

Gambar 4 merupakan foto struktur morfologi lapisan TiO₂Cu dengan perbandingan massa TiO₂ :

massa Cu adalah 1,000 gram : 0,150 gram. Berdasarkan gambar dapat dilihat bahwa partikel-partikel baik lapisan TiO₂ maupun TiO₂Cu menunjukkan homogenitas yang baik. Selain itu, dari foto hasil SEM dapat dihitung ukuran diameter rata-rata partikel yaitu 193,038 nm untuk lapisan TiO₂Cu.

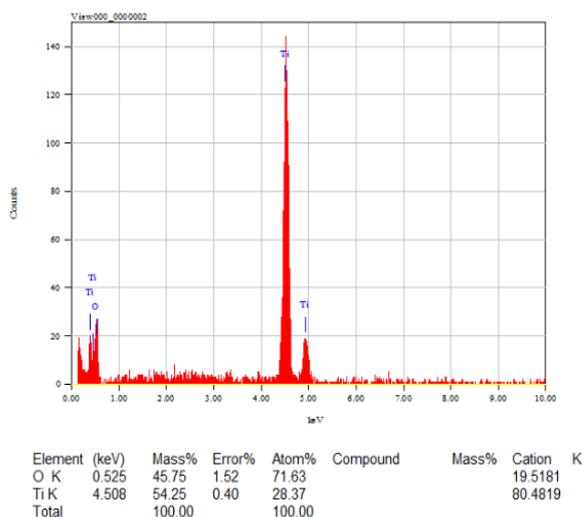
2. Komposisi Kimia Lapisan TiO₂ dan TiO₂Cu dengan Energy Dispersive Analysis X-Ray (EDAX)



Gambar 5. Gambar 26. Grafik hubungan antara intensitas dengan energi hasil karakterisasi EDAX lapisan TiO₂ (Rita Prasetyowati, 2011)

Hasil EDAX untuk lapisan TiO₂ merujuk pada hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Rita Prasetyowati pada tahun 2011 yaitu dapat dilihat pada Gambar 5, sedangkan untuk hasil EDAX lapisan TiO₂Cu dengan perbandingan massa TiO₂ : massa Cu adalah 1,000 gram : 0,150 gram ditunjukkan oleh Gambar

6. Dari Gambar 6, diketahui adanya kandungan unsur O 40,05%, unsur Ti sebesar 59,88 %, dan unsur Cu sebesar 0,07%. Seharusnya menurut teori presentase massa TiO₂ sebesar 86,956 % dan Cu sebesar 13,0434 % . Walaupun tidak sesuai teori, namun dengan adanya Cu dalam lapisan TiO₂Cu berarti bahwa telah ada partikel Cu yang berhasil menyisip dalam TiO₂



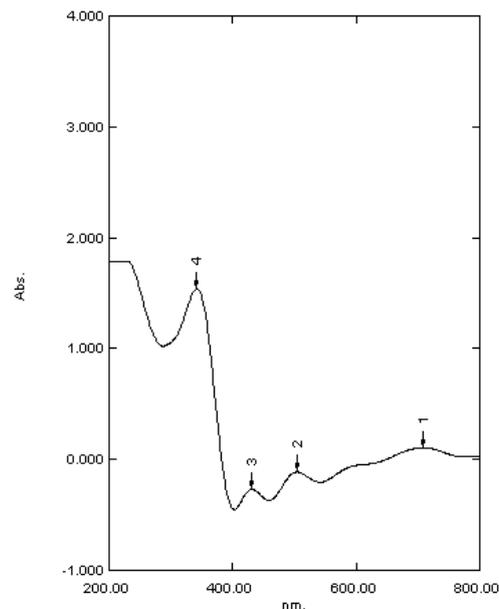
Gambar 6. Grafik hubungan antara intensitas dengan energi hasil karakterisasi EDAX lapisan TiO₂Cu

3. Absorbansi Lapisan TiO₂ dan TiO₂Cu dengan UV 1700 PHARMASPEC UV-VIS SPECTROPHOTOMETER (UV-Vis)

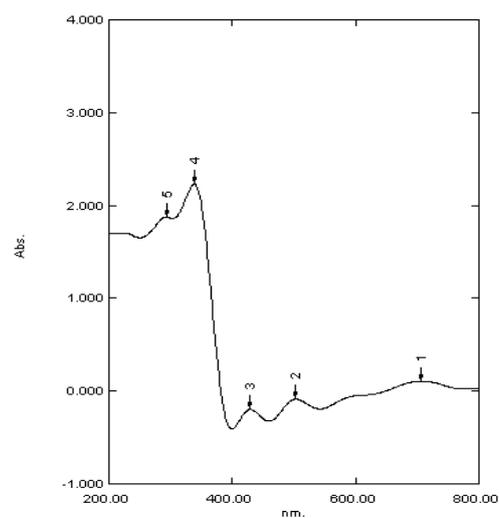
Uji UV-Vis dilakukan untuk mengetahui serapan lapisan aktif TiO₂ dan TiO₂Cu. Dari grafik yang disajikan, dapat dilihat adanya beberapa puncak absorbansi. Absorbansi terjadi pada saat nilai absorpsi di atas nol (>0). Puncak-puncak tersebut berada pada panjang gelombang

tertentu dimana pada panjang gelombang tersebut terjadi penyerapan maksimal.

Pada lapisan TiO₂ terdapat 2 puncak absorpsi dan pada lapisan TiO₂Cu terdapat 3 puncak absorpsi. Untuk kedua lapisan yang diuji, rentang absorbansinya relatif sama yaitu sekitar 200 nm- 382 nm dan 649 nm – 800 nm.



Gambar 7. Spectrum Absorbansi Panjang Gelombang 200 – 800 untuk Sampel TiO₂



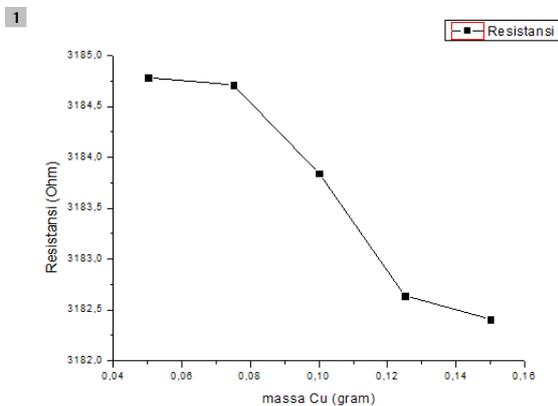
Gambar 8. Spectrum Absorbansi Panjang Gelombang 200 – 800 untuk Sampel TiO₂Cu

4. Resistansi Lapisan TiO₂ dan TiO₂Cu dengan Jembatan Wheatstone

Resistansi berkaitan dengan konduktivitas lapisan aktif yang dibuat. Semakin kecil resistansi maka semakin besar konduktivitasnya. Resistansi lapisan TiO₂ yang terukur sebesar 3190,602 Ω, sedangkan resistansi untuk lapisan TiO₂Cu yang terukur terdapat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Resistansi Lapisan Aktif TiO₂Cu

m (gram)	R (Ω)
0,050	3184,784
0,075	3184,712
0,100	3183,843
0,125	3182,641
0,150	3182,409



Gambar 9. Grafik Hubungan antara Massa Cu dengan Resistansi

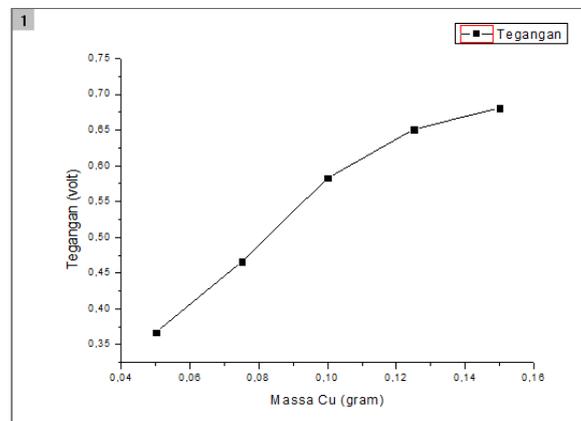
Dari data yang diperoleh diketahui bahwa ada perubahan resistansi akibat penyisipan partikel Cu dalam lapisan aktif titania, yaitu resistansi cenderung menurun.

B. Karakterisasi Sel Surya

Sel surya yang dibuat dalam penelitian ini diukur tegangannya dengan multimeter. Pengukuran tegangan sel surya dilakukan untuk sel surya dengan lapisan aktif TiO₂Cu dengan berbagai variasi massa Cu. Data hasil pengukuran tegangan sel surya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Tegangan Sel Surya yang dihasilkan

Massa Cu (gram) dalam lapisan aktif	Tegangan yang terukur (volt)
0,05	0,367
0,075	0,466
0,10	0,583
0,125	0,651
0,15	0,681



Gambar 10. Grafik Hubungan antara Massa Cu dengan Tegangan

Dari data yang diperoleh diketahui pengaruh penyisipan Cu dengan berbagai variasi massa, dimana semakin banyak Cu yang disisipkan pada lapisan aktif titania, maka semakin besar pula performansinya (dalam hal ini tegangan).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Penyisipan logam tembaga pada lapisan titania terhadap struktur morfologi lapisan titania tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Hal ini dapat dilihat dari hasil *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dimana hasil SEM lapisan TiO_2Cu belum menunjukkan adanya logam Cu dengan jelas. Namun untuk keseluruhan, baik lapisan TiO_2 dan TiO_2Cu telah menunjukkan homogenitas yang baik. Hasil karakterisasi *energy Dispersive Analysis X-Ray* (EDAX) pada sampel lapisan TiO_2Cu terdapat sejumlah unsur seperti unsur Ti sebesar 59,88 %, unsur O sebanyak 40,05%, dan unsur Cu sebesar 0,07%. Dari data tersebut menunjukkan bahwa ada sejumlah partikel Cu yang menyisip pada TiO_2 .
2. Pengaruh variasi massa tembaga (Cu) yang disisipkan pada lapisan aktif TiO_2 terhadap resistansi lapisan aktif TiO_2Cu yaitu semakin banyak massa Cu yang disisipkan pada TiO_2Cu maka semakin kecil resistansi lapisan TiO_2Cu . Nilai resistansi yang diperoleh untuk variasi massa Cu 0,05 gram ; 0,75 gram ; 0,1 gram ; 0,125 gram dan 0,15 gram berturut-turut adalah 3184,78 Ω ; 3184,71 Ω ; 3183,84 Ω ; 3182,64 Ω ; 3182,41 Ω .
3. Absorbansi lapisan aktif TiO_2 terjadi dari panjang gelombang 200 nm- 382 nm dan 649 nm – 800 nm dengan puncak absorbansi pada panjang gelombang 708

Nm dan 341 Nm sedangkan absorbansi pada lapisan aktif TiO_2Cu terjadi dari panjang gelombang 200 nm-381 nm dan 649 nm- 800 nm dengan puncak absorbansi pada panjang gelombang 707 Nm, 338 Nm dan 293 Nm. Dari hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa dengan penambahan Cu pada lapisan aktif TiO_2 meningkatkan sifat absorbansi dari lapisan aktif titania dimana absorpsi lapisan TiO_2Cu lebih banyak mempunyai puncak absorpsi daripada lapisan TiO_2

4. Pengaruh variasi massa tembaga yang disisipkan pada lapisan aktif TiO_2 terhadap tegangan yang dihasilkan oleh sel surya berbasis titania yaitu semakin besar massa Cu yang disisipkan pada lapisan aktif TiO_2 , semakin besar tegangan yang terukur. Untuk massa Cu 0,05 gram; Cu 0,075 gram; Cu 0,1 gram; Cu 0,125 gram; Cu 0,15 gram, tegangan yang terukur berturut-turut adalah $V=0,367$ volt; $V=0,466$ volt; $V=0,583$ volt ; $V=0,651$ volt; dan $V=0,681$ volt.

Sampel sel surya yang dibuat dalam penelitian ini telah menunjukkan gejala efek fotovoltaiik, yaitu ketika sampel diberi cahaya maka terdapat tegangan yang terukur pada ujung-ujung elektrodanya.

Saran

1. Untuk karakterisasi I-V digunakan alat ukur yang lebih sensitif dengan orde sekecil mungkin

2. Memikirkan cara agar sel surya yang dibuat tidak mudah rusak
3. Mengembangkan penelitian ini agar lebih bermanfaat dikemudian hari

DAFTAR PUSTAKA

Hardiansyah Ahmad. (2013). *Pengaruh Penyisipan Tembaga pada Lapisan Titania terhadap Performansi Sel Surya Fotoelektrokimia Berbasis Titania*. Skripsi. FMIPA UNY

Rita Prasetyowati.(2011).*Sel Surya Berbasis Titania Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif*. Yogyakarta: FMIPA UNY.

Sahrul Saehana, Darsikin, Rita Prasetyowati, Marina I. Hidayat, Mikrajuddin Abdullah, dan Khairurrijal.(2011). *Sel Surya Berbasis Material Nanokomposit TiO₂*. Bandung : FMIPA ITB