

SINTESIS LAPISAN TiO₂ PADA SUBSTRAT ITO MENGUNAKAN METODE ELEKTRODEPOSISI DAN *SPIN COATING*

Anggia Arista¹, Dahyunir Dahlan¹, Syukri²

¹⁾ Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Andalas

²⁾ Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Andalas

Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163

e-mail: anggiaarista4@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis lapisan tipis TiO₂ menggunakan metode elektrodeposisi dan *spin coating*. Elektrodeposisi menggunakan larutan elektrolit 0,25 M TiCl₃. Dalam penelitian ini juga dilakukan variasi larutan elektrolit dengan penambahan CTAB, PEG dan penambahan H₃BO₃. Selanjutnya lapisan TiO₂ disintesis menggunakan metode *spin coating* yang dilakukan di atas lapisan TiO₂ setelah elektrodeposisi. Larutan prekursor yang digunakan adalah *Titanium Butoxide* (Ti(OC₄H₉)₄) dengan waktu *aging* larutan 48 jam. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan elektrodeposisi lapisan tipis TiO₂ dengan penambahan CTAB dan PEG menghasilkan morfologi permukaan yang homogen dan berpori pada lapisan TiO₂. Berdasarkan hasil karakterisasi UV-Vis, energi *gap* TiO₂ pada sampel yang disintesis menggunakan metode elektrodeposisi adalah 3,86 eV, sedangkan nilai energi *gap* yang didapat pada sampel menggunakan metode *spin coating* adalah 3,18 eV.

ABSTRACT

Synthesizing thin film of TiO₂ using electroposition and spin coating method was investigated. The electroposition of thin film, using electrolytes solution of 0,25 M of TiCl₃. In this research, additive material such as CTAB, PEG and H₃BO₃ mixed in electrolytes solution. The next step is growing thin film of TiO₂ using spin coating on the layer of thin film TiO₂ that have deposition with electroposition. The precursor use is solution of titanium butoxide (Ti(OC₄H₉)₄) that aging for 48 hours. The result of SEM characterization shown that thin film of TiO₂ with electroposition with addition of CTAB and PEG have smooth, homogen and porous on the surface of TiO₂. Based on characterization of UV-Vis Spectrophotometer, band gap of TiO₂ of samples that synthesized with electroposition are 3,86 eV respectively, while bandgap of samples with spin coating are 3,18 eV respectively.

Keywords: anatase, elektrodeposisi, TiO₂, SEM, *spin coating*, XRD

1. PENDAHULUAN

Titanium Dioksida (TiO₂) merupakan salah satu material semikonduktor yang banyak diteliti dan digunakan pada berbagai aplikasi, seperti sel surya (Gratzel, 2003), fotokatalis (Jitputti dkk, 2008; Nugroho dan Novianti, 2011), pigmentasi cat (Kong dkk, 2007), sensor gas (Sotter, 2005). Penggunaan TiO₂ sering digunakan pada aplikasi sel surya karena memiliki stabilitas yang tinggi terhadap fotokorosi, harga yang relatif murah dan tidak menimbulkan efek yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan.

TiO₂ merupakan material semikonduktor yang saat ini sedang umum digunakan dalam fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). DSSC atau sel surya tersensitasi zat warna

merupakan salah satu jenis sel surya berbasis semikonduktor yang menggunakan fenomena fotoelektrokimia sebagai prinsip dasar untuk menghasilkan energi listrik. Khusus untuk aplikasinya dalam DSSC, TiO_2 berperan sebagai fotokatalis. Sifat fotokatalis TiO_2 yang tinggi namun memiliki energi *gap* yang cukup besar menyebabkan daya serap terhadap cahaya berada di spektrum sinar violet dan ultra violet, ketika *dye* terdposisi pada TiO_2 , sinar yang diserap lebih banyak dengan kata lain spektrum penyerapan menjadi lebar yaitu dari sinar tampak sampai sinar ultraviolet. Kelebihan lain dari TiO_2 adalah memiliki luas permukaan per volume, sehingga *dye* terserap lebih banyak dan akan meningkatkan arus (Nadeak dan Susanti, 2012). Agar dihasilkan partikel TiO_2 yang memiliki luas permukaan per volume maka dibentuk nanometer.

Lapisan tipis TiO_2 menggunakan proses dua lapisan atau *bilayer*. Salah satu tujuan dari pembuatan *bilayer* adalah penggunaannya pada aplikasi sel surya atau DSSC, jika menggunakan satu lapisan maka *dye* yang diserap lebih sedikit dibandingkan dengan pembentukan dua lapisan (Atmono dan Yunanto, 2010).

Elektrodeposisi adalah suatu metode yang akan digunakan untuk pembuatan lapisan tipis TiO_2 . Metode elektrodeposisi lebih mudah dilakukan, tingkat keseragaman lapisan yang dihasilkan lebih baik dan rata-rata kemungkinan terdposisinya tinggi serta adhesi yang bagus. Kelebihan lain dari metode elektrodeposisi yaitu substrat dapat terdposisi pada area yang lebih luas (Karappuchamy dkk, 2012).

Spin Coating merupakan salah satu metode pembuatan lapisan tipis dengan menggunakan putaran. Metode *spin coating* cukup sederhana, dapat dilakukan pada suhu kamar, dan efektif untuk pembuatan lapisan tipis (Hikam, 2002). Pada penelitian ini larutan di *aging* selama 48 jam. *Aging* adalah penyimpanan larutan dalam kurun waktu tertentu yang bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimal dari larutan sebelum dideposisikan pada substrat.

Dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis lapisan TiO_2 menggunakan metode elektrodeposisi dan *spin coating*. Elektrodeposisi menggunakan arus pulsa. Penggunaan arus pulsa pada sintesis lapisan TiO_2 menghasilkan spektrum penyerapan yang lebih tinggi dibandingkan arus kontinu Putama (2014). Larutan elektrolit yang digunakan adalah TiCl_3 dengan konsentrasi 0,25 M. Dalam proses elektrodeposisi juga menggunakan surfaktan *Cetyltrimethyl Ammonium Bromide* (CTAB), *Polyethylene glycol* (PEG) sebagai pencetak pori pada lapisan. Selanjutnya lapisan TiO_2 disintesis menggunakan metode *spin coating* yang dilakukan di atas lapisan TiO_2 setelah elektrodeposisi. Larutan yang digunakan adalah *Titanium Butoxide* ($\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$) dengan waktu *aging* larutan 48 jam. Substrat yang digunakan adalah *Indium Tin Oxide* (ITO).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Sintesis Lapisan Tipis TiO_2 pada Metode Elektrodeposisi.

Sintesis lapisan TiO_2 pada metode elektrodeposisi dilakukan dengan 3 tahap penelitian yaitu persiapan substrat ITO yang akan dideposisi, pembuatan larutan elektrolit dan deposisi lapisan tipis TiO_2 .

a. Persiapan Substrat ITO

Penelitian ini dimulai dengan mempersiapkan substrat ITO yang akan dideposisi dengan proses pemotongan dan pengamplasan. Proses pemotongan substrat ITO menggunakan pemotongan intan dengan ukuran (1,5 x 1,0) cm. Sisi substrat yang telah dipotong, diamplasi dengan kertas amplas. Substrat kaca ITO dibersihkan menggunakan alat ultrasonik selama 10 menit kemudian dibilas dengan alkohol 96 % untuk menghilangkan kotoran atau debu yang menempel.

b. Pembuatan Larutan Elektrolit

Larutan TiCl_3 menggunakan konsentrasi larutan 0,25 M. TiCl_3 diencerkan dengan aquabides sesuai dengan rumus pengenceran larutan, selanjutnya diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sehingga menjadi larutan homogen. Pada larutan elektrolit dilakukan variasi penggunaan 1 mM CTAB, 0,241 M H_3BO_3 dan 0,5 g PEG. Konsentrasi surfaktan CTAB yang digunakan dalam penelitian ini merupakan konsentrasi di sekitar konsentrasi kritis misel (CMC) yaitu 0,9 mM (Ceotto, 2000) sehingga sudah dapat membentuk misel dalam perannya sebagai pencetak pori.

c. Deposisi Lapisan TiO_2

Kaca ITO dipasang pada katoda (kutub negatif) dan batang AgCl dan platinum dipasang pada anoda (kutub positif) dengan posisi saling berhadapan, kemudian ketiga elektroda tersebut dimasukkan secara bersamaan ke dalam set peralatan elektrodposisi yang berbentuk bejana yang berisi larutan elektrolit yang telah dibuat sebelumnya. Elektrodposisi dilakukan pada tegangan 1 V dan waktu deposisi selama 1 jam dengan menggunakan arus pulsa (*pulse current*). Setelah proses elektrodposisi selesai, kaca ITO yang terpasang pada katoda dilepas dan dicuci dengan aquabides kemudian dikeringkan.

2.2 Sintesis Lapisan Tipis TiO_2 pada Metode *Spin Coating*.

a. Preparasi larutan TiO_2 .

Preparasi larutan TiO_2 diawali dengan mencampurkan bahan *Titanium Butoxide* ($\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$) sebanyak 1 mL dengan 5 mL etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ke dalam sebuah botol ukuran 20 mL. Selanjutnya larutan tersebut diaduk menggunakan *Magnetic Stirrer* selama 6 jam pada suhu kamar (Yusrianto, 2010). Sesaat setelah proses pengadukan berlangsung diteteskan larutan *aquabides* sebanyak 0,23 mL diikuti dengan penambahan 0,4 mL HCl sehingga menghasilkan larutan berwarna bening. kemudian diaduk. Perbandingan komposisi molaritas campuran $\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$: H_2O : HCl yang digunakan adalah 1 : 26,5 : 1 : 1. Larutan TiO_2 yang telah disintesis kemudian di *aging* selama 48 jam.

b. Deposisi Larutan TiO_2

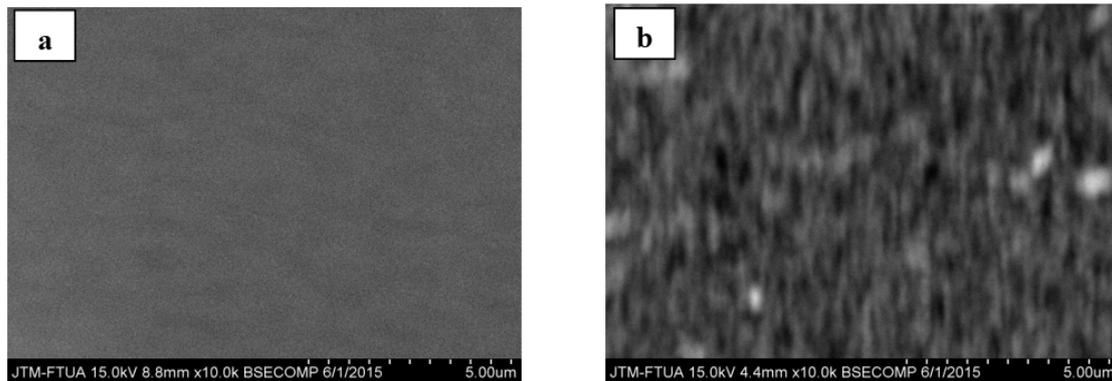
Larutan TiO_2 hasil sintesis kemudian dideposisikan di atas kaca ITO yang digunakan yang telah dideposisi sebelumnya dengan lapisan tipis TiO_2 menggunakan metode elektrodposisi, disiapkan dan diletakkan di atas holder dengan bantuan *double tape* pada alat *spin coating*. Selanjutnya larutan TiO_2 diteteskan dengan menggunakan mikro pipet di atas permukaan kaca dan diputar dengan kecepatan 2500 rpm selama 30 detik. Setelah selesai sampel dikeringkan di udara terbuka selama 15 menit untuk menguapkan sisa-sisa pelarut yang masih tersisa. Selanjutnya sampel di panaskan pada temperatur 150 °C dengan waktu tahan 1 jam.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Analisis Hasil Karakterisasi SEM-EDX.

a. Analisis Hasil Karakterisasi SEM pada Metode Elektrodposisi

Sampel yang dikarakterisasi SEM yaitu sampel E1 dan sampel E2. Hasil karakterisasi kedua sampel dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 1. Morfologi lapisan tipis TiO₂ hasil elektrodeposisi menggunakan larutan elektrolit (a) 0,25 M TiCl₃ (sampel E1) dan (b) 0,5 M TiCl₃ (sampel E2) dengan perbesaran 10.000 kali.

Berdasarkan perbandingan morfologi antara sampel E1 dan E2 pada Gambar 3.1 diketahui bahwa pada kondisi temperatur dan arus elektrodeposisi yang sama menghasilkan bentuk morfologi sampel yang berbeda. Gambar 1 (a) Sampel E1 terlihat bahwa lapisan terdeposisi secara merata dan bentuk butiran partikel homogen. Sedangkan Gambar 1 (b) sampel E2 lapisan terdeposisi tidak merata, bentuk butiran partikel lebih kasar, tidak homogen, pada morfologi sampel. Hasil SEM pada Gambar 1 tidak dapat memperlihatkan dengan jelas agregat butir yang dihasilkan sehingga ukuran butir dan ketebalan lapisan tidak dapat ditentukan.

Selain melakukan karakterisasi dengan menggunakan SEM juga dilakukan karakterisasi menggunakan EDX, yang bertujuan untuk melihat komposisi atom penyusun lapisan TiO₂. Komposisi unsur-unsur yang terkandung dalam lapisan yang terbentuk dengan variasi konsentrasi larutan elektrolit TiCl₃ dapat dilihat pada Tabel 1

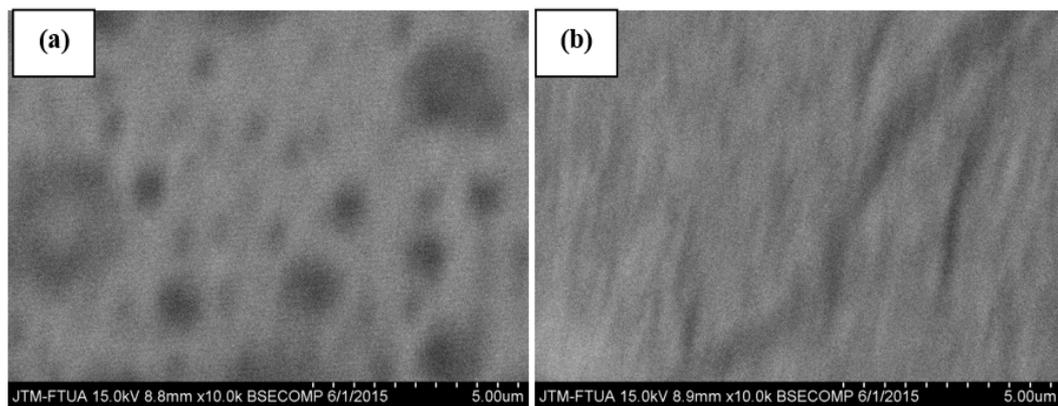
Tabel 1 Unsur yang terkandung dalam lapisan tipis TiO₂ sampel E1 dan E2 hasil karakterisasi EDX

Unsur	% Massa TiO ₂	
	Sampel E1	Sampel E2
Ti	0,09	0
O	36,09	48,51
Si	22,46	30,50
C	3,22	1,33

Tabel 1 menunjukkan bahwa komposisi unsur Ti terdapat pada sampel E1 yaitu penggunaan larutan elektrolit TiCl₃ dengan konsentrasi 0,25 M menggunakan metode elektrodeposisi sedangkan pada sampel E2 yang menggunakan larutan elektrolit TiCl₃ dengan konsentrasi 0,5 M tidak terdapat unsur Ti, hal ini dikarenakan bahwa penggunaan larutan elektrolit TiCl₃ dengan konsentrasi 0,5 M memiliki tingkat keasaman larutan yang cukup tinggi sehingga pada waktu pendeposisian lapisan TiO₂ larutan elektrolit tersebut merusak substrat ITO, akibatnya pendeposisian larutan untuk mendapatkan lapisan TiO₂ menjadi terganggu, sehingga kandungan unsur Ti tidak terbentuk.

Berdasarkan hasil SEM dan EDX pada sampel E1 dan E2 yang dilakukan dengan metode elektrodeposisi, didapatkan kesimpulan bahwa sampel E1 dijadikan sampel acuan untuk melanjutkan penelitian berikutnya untuk mendapatkan hasil yang terbaik dalam menghasilkan lapisan TiO_2 .

Karakterisasi SEM pada sampel E5, E8 dan E13. Sampel E5 adalah sampel dengan penggunaan larutan elektrolit 0,25 M TiCl_3 ditambah 1 mM CTAB, sampel E8 adalah penggunaan larutan elektrolit TiCl_3 0,25 M ditambah 0,241 M H_3BO_3 sedangkan sampel E13 penggunaan larutan elektrolit TiCl_3 0,25 M ditambah 0,5 gr PEG. Hasil karakterisasi ketiga sampel dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut:



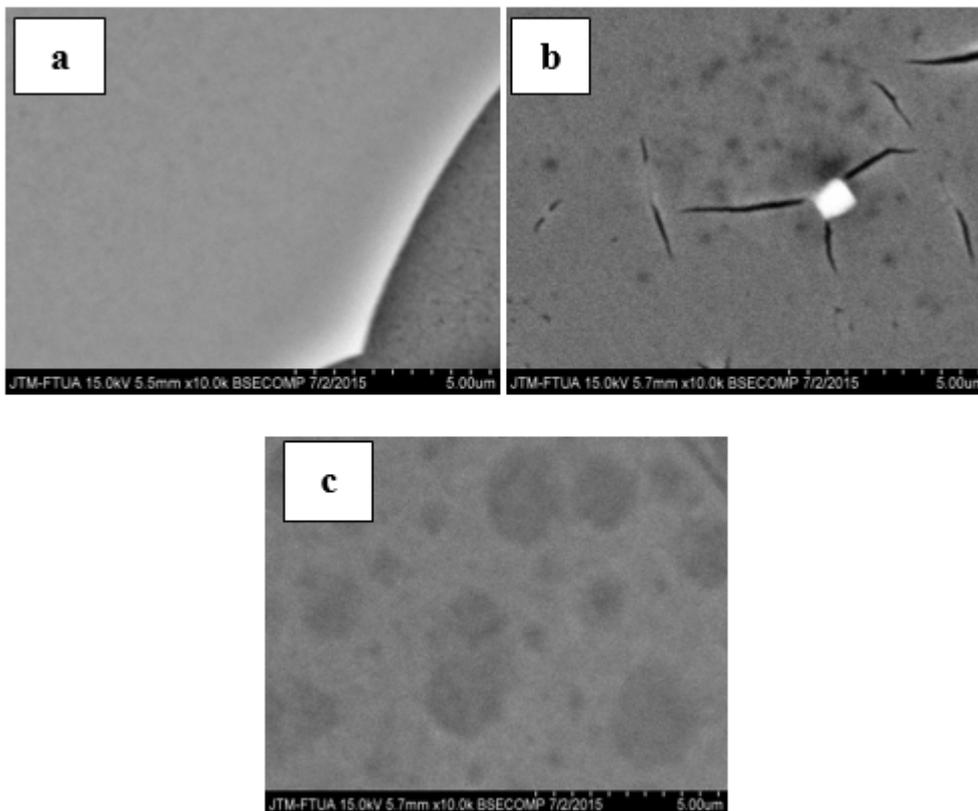
Gambar 2. Morfologi lapisan tipis TiO_2 menggunakan larutan elektrolit 0,25 M TiCl_3 dengan: (a) Penambahan 1 mM CTAB (E5) dan (b) Penambahan 0,241 M H_3BO_3 (E8) dengan perbesaran 10.000 kali.

Morfologi lapisan tipis TiO_2 hasil elektrodeposisi pada sampel E5 Gambar 2 (a) terlihat bahwa lapisan terdepositasi secara merata, ukuran butiran halus, homogen, terlihat pori di atas lapisan tersebut, hal ini terjadi karena penggunaan CTAB yang berfungsi sebagai pembentuk pori pada lapisan TiO_2 tetapi ukuran pori yang dihasilkan tidak seragam hal ini disebabkan pada waktu pengadukan larutan yang kurang lama sehingga CTAB tidak terlarut secara merata. Sedangkan sampel E8 dengan penambahan H_3BO_3 sebagai larutan penyangga pada Gambar 2 (b) terlihat bahwa lapisan terdepositasi merata, ukuran partikel merata tetapi pada permukaan lapisan terdapat garis-garis, dimana garis-garis tersebut menunjukkan bahwa pada lapisan terjadi pengikisan, penggunaan H_3BO_3 sebagai larutan penyangga menyebabkan pengikisan permukaan lapisan, hal ini dikarenakan H_3BO_3 yang bersifat asam sehingga pada larutan elektrolit TiCl_3 penggunaan H_3BO_3 menambah tingkat keasaman larutan elektrolit yang menyebabkan terjadinya pengikisan lapisan TiO_2 . Sampel E5 dan E8 tidak dapat memperlihatkan dengan jelas agregat butir yang dihasilkan sehingga ukuran butir dan ketebalan lapisan tidak dapat ditentukan.

b. Analisis Hasil Karakterisasi pada Metode *Spin Coating*

Pembuatan lapisan TiO_2 selanjutnya dengan menggunakan metode *spin coating*. Pembuatan lapisan TiO_2 ini dilakukan diatas substrat ITO yang sebelumnya telah dideposisi lapisan tipis TiO_2 menggunakan metode elektrodeposisi. Pendeposisian lapisan TiO_2 menggunakan metode *spin coating* menggunakan variasi waktu *aging* larutan 48 jam dengan kecepatan putaran 2500 rpm selama 30 detik.

Sampel yang dikarakterisasi SEM menggunakan metode *spin coating* pada penelitian ini yaitu substrat kaca ITO yang dilapisi lapisan TiO_2 hasil pendeposisi menggunakan metode elektrodposisi. Selanjutnya ketiga sampel dilakukan lagi pendeposisian lapisan TiO_2 dengan menggunakan metode *spin coating*. Sampel yang dikarakterisasi SEM adalah sampel E1+S, E5+S dan sampel E13+S. Sampel E1+S adalah sampel menggunakan larutan elektrolit TiCl_3 0,25 M pada metode elektrodposisi, sampel E5+S adalah sampel menggunakan larutan elektrolit TiCl_3 0,25 M dengan penambahan CTAB sebagai pencetak pori pada lapisan TiO_2 , sampel E13+S merupakan sampel dengan penambahan PEG pada larutan elektrolit TiCl_3 0,25 M, kemudian ketiga sampel dideposisi menggunakan metode *spin coating*. Hasil karakterisasi ketiga sampel dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Morfologi lapisan tipis TiO_2 hasil *spin coating* yang dilakukan di atas lapisan TiO_2 setelah dielektrodposisi menggunakan larutan elektrolit (a) 0,25 M TiCl_3 (sampel E1+S), (b) 0,25 M TiCl_3 + CTAB (sampel E5+S) dan (c) 0,25 M TiCl_3 +PEG (sampel E13+S). Pemanasan 150°C dengan perbesaran 10.000 kali.

Morfologi lapisan TiO_2 sampel E1+S Gambar 3 (a) terlihat bahwa lapisan terdposisi secara merata, halus dan homogen. terlihat bahwa lapisan terdposisi secara merata, ukuran halus, dan homogen. Hasil SEM pada sampel E1+S tidak dapat menentukan ukuran butir dan ketebalan lapisan TiO_2 .

Morfologi sampel TiO_2 Gambar 3 (b) merupakan sampel E5+S terlihat bahwa lapisan terdposisi merata, halus dan homogen, terdapat pori pada lapisan tetapi terjadi retakan pada lapisan TiO_2 yang terbentuk, penggunaan CTAB sebagai pencetak pori kurang bagus digunakan untuk pembuatan lapisan TiO_2 hal ini dikarenakan dengan penambahan

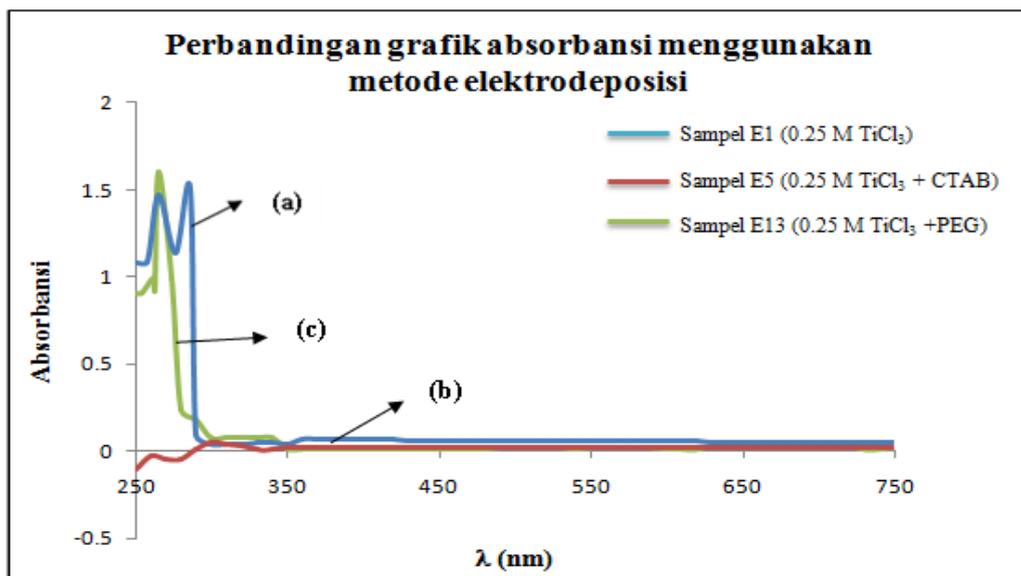
CTAB pada larutan elektrolit 0,25 M TiCl_3 tidak tahan jika dilakukan proses pemanasan pada sampel.

Morfologi sampel TiO_2 sampel E13+S Gambar 3 (c) terlihat bahwa lapisan terdeposisi secara merata, halus dan homogen, dan terdapat pori pada lapisan, hal ini dikarenakan penggunaan PEG yang berfungsi sebagai templet, berbeda dengan sampel E5+S yang menggunakan CTAB sebagai templet atau pembuat pori, dengan penggunaan PEG tidak terdapat retakan pada lapisan TiO_2 setelah proses pemanasan. Penggunaan PEG lebih optimal digunakan sebagai pencetak pori atau templet pada lapisan TiO_2 karena pori lapisan TiO_2 yang terbentuk tidak rusak setelah dilakukan proses pemanasan.

3.2 Analisis Hasil Karakterisasi UV-Vis

a. Hasil Karakterisasi UV-Vis Pendeposisian Lapisan TiO_2 dengan Metode Elektrodeposisi.

Sampel yang dikarakterisasi UV-Vis adalah sampel E1, E5 dan E13. Ketiga sampel dielektrodeposisi menggunakan larutan elektrolit 0,25 M TiCl_3 . Perbedaan dari ketiga sampel yaitu sampel E1 tanpa penambahan CTAB maupun PEG pada larutan elektrolit, sampel E5 adalah sampel dengan penambahan surfaktan CTAB pada larutan elektrolit sedangkan sampel E13 adalah sampel dengan penggunaan PEG pada larutan elektrolit. Dari hasil olahan data didapat hasil spektrum UV-Vis TiO_2 seperti pada Gambar 4:



Gambar 4. Perbandingan grafik absorbansi hasil elektrodeposisi menggunakan larutan elektrolit (a) 0,25 M TiCl_3 (sampel E1), (b) 0,25 M TiCl_3 + CTAB (sampel E5) dan (c) 0,25 M TiCl_3 + PEG (sampel E13)

Gambar 4 merupakan grafik nilai absorbansi pada sampel E1, E5 dan E13. Gambar 4 (a) Sampel E1 untuk rentang panjang gelombang ultraviolet (200-400 nm) nilai absorbansi tertinggi berada pada panjang gelombang 286,08 nm sebesar 1,503, nilai absorbansi terendah berada pada panjang gelombang 350,03 nm sebesar 0,041. Rentang panjang gelombang cahaya tampak (400-750 nm) nilai absorbansi tertinggi berada pada panjang gelombang 400 nm sebesar 0,07 sedangkan nilai absorbansi terendah berada pada panjang gelombang 750 nm sebesar 0,017.

Sampel E5 untuk rentang panjang gelombang ultraviolet nilai absorbansi tertinggi berada pada panjang gelombang 300 nm sebesar 0.05, nilai absorbansi terendah berada pada panjang gelombang 250 nm sebesar -0,1. Absorbansi yang terukur bernilai negatif, hal ini berarti lapisan yang dihasilkan pada kaca substrat ITO lebih transparan dari pada kaca pembanding pada waktu pengukuran. hal ini kemungkinan disebabkan nilai absorbansi yang terukur berasal dari kaca pembanding (kaca kosong), Rentang panjang gelombang untuk cahaya tampak nilai absorbansi tertinggi berada pada panjang gelombang 430 nm sebesar 0.03 sedangkan nilai absorbansi terendah berada pada panjang gelombang 750 nm sebesar 0.017.

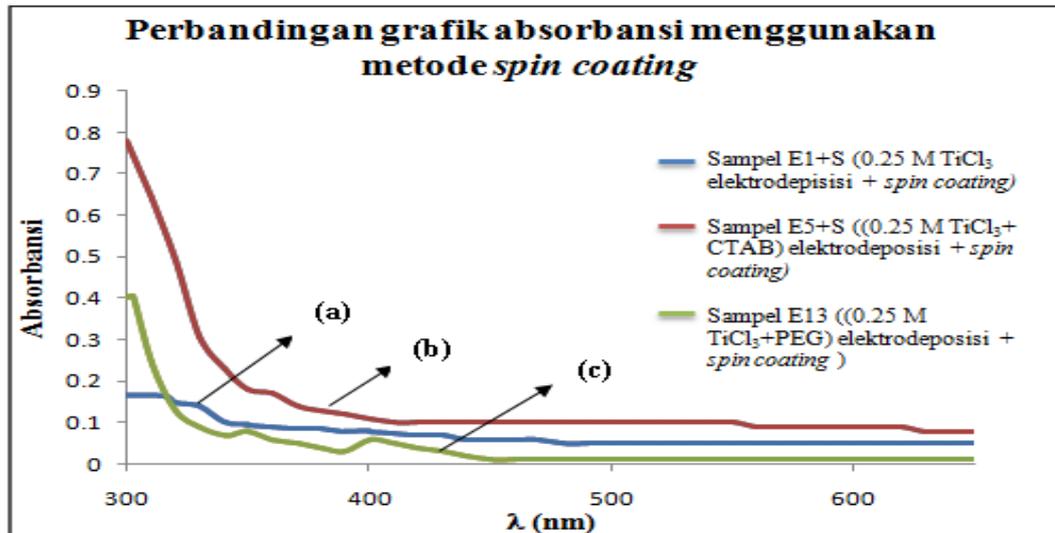
Sampel E13 untuk rentang panjang gelombang ultraviolet nilai absorbansi tertinggi berada pada panjang gelombang 265,11 nm sebesar 1,601, nilai absorbansi terendah berada pada panjang gelombang 350 nm sebesar 0,02. Rentang panjang gelombang untuk cahaya tampak nilai absorbansi yang terukur relatif sama sebesar 0.017.

Nilai absorbansi sampel E1, E5 dan E13 pada Gambar 4 terlihat bahwa sampel yang dielektrodeposisi menggunakan larutan elektrolit 0,25 M $TiCl_3$ ditambah PEG (sampel E13) memiliki nilai absorbansi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang menggunakan larutan elektrolit 0,25 M $TiCl_3$ (sampel E1) dan sampel yang menggunakan larutan elektrolit 0,25 M $TiCl_3$ ditambah CTAB (sampel E5).

b. Hasil Karakterisasi UV-Vis Pendeposisian Lapisan TiO_2 dengan Metode *Spin Coating*.

Sampel yang dikarakterisasi menggunakan UV-Vis dengan pendeposisi lapisan TiO_2 menggunakan metode *spin coating* adalah sampel E1+S, E5+S dan E13+S. Sampel E1+S merupakan sampel yang sebelumnya dielektrodeposisi menggunakan larutan elektrolit 0,25 M $TiCl_3$ kemudian dideposisi menggunakan *spin coating*. Sampel E5+S merupakan sampel yang dielektrodeposisi menggunakan larutan elektrolit 0,25 M $TiCl_3$ dengan penambahan CTAB kemudian dideposisi lagi menggunakan *spin coating*, sedangkan sampel E13 merupakan sampel yang dielektrodeposisi menggunakan larutan elektrolit 0,25 M $TiCl_3$ ditambah PEG kemudian dideposisi lagi menggunakan *spin coating*. Ketiga sampel di *spin coating* menggunakan larutan *Titanium butoxide* ($Ti(OC_4H_9)_4$) dengan kecepatan putaran 2500 rpm dalam waktu pendeposisian selama 30 detik. Dari hasil olahan data didapat hasil spektrum UV-Vis TiO_2 seperti pada Gambar 5.

Gambar 5 merupakan grafik perbandingan nilai absorbansi pada sampel E1+S, E5+S dan E13+S. Karakterisasi UV-Vis dilakukan pada rentang panjang gelombang 300-650 nm. Hasil dari karakterisasi UV-Vis menunjukkan nilai absorbansi tertinggi dari ketiga sampel terletak pada panjang gelombang 300-400 nm yang merupakan panjang gelombang ultraviolet. Hal ini membuktikan bahwa lapisan TiO_2 yang terbentuk memiliki fase anatase karena panjang gelombang yang diserap mendekati spektrum panjang gelombang ultraviolet (Perdana, 2014).



Gambar 5. Perbandingan grafik absorbansi lapisan tipis TiO₂ hasil *spin coating* yang dilakukan di atas substrat TiO₂ setelah dielektrodeposisi menggunakan larutan elektrolit (a) 0,25 M TiCl₃ (sampel E1+S), (b) 0,25 M TiCl₃ + CTAB (sampel E5+S) dan (c) 0,25 M TiCl₃+PEG (sampel E13+S). Pemanasan 150 °C dengan perbesaran 10.000 kali.

Nilai absorbansi maksimum TiO₂ pada sampel E1+S berada pada panjang gelombang 315,66 nm sebesar 0,166, sampel E5+S berada pada panjang gelombang 300 nm sebesar 0,78 dan sampel E13+S berada pada panjang gelombang 302,04 nm sebesar 0,405. Perbedaan nilai absorbansi yang terjadi hal ini disebabkan oleh ketebalan lapisan yang dihasilkan dan penambahan CTAB dan PEG yang dipakai pada pendeposisian lapisan sebelumnya. Penambahan surfaktan CTAB dan PEG sebagai pembuat pori pada lapisan TiO₂ dapat menyerap cahaya lebih banyak. Selain itu, proses pemanasan pada lapisan TiO₂ dapat menyebabkan semakin rapat dan teratur atom-atom penyusun TiO₂ yang berpengaruh kepada semakin tebalnya lapisan yang dihasilkan. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh Perdana (2014) yang menyatakan peningkatan nilai absorbansi seiring dengan meningkatnya suhu pemanasan, namun terjadi penurunan nilai absorbansi jika TiO₂ dipanaskan pada suhu 450 °C.

c. Nilai Energi *Gap*

Karakterisasi sampel menggunakan UV-Vis dilakukan untuk mengetahui nilai absorbansi dari suatu sampel, dimana hasil absorbansi yang didapat digunakan untuk menentukan energi *gap* dari sampel tersebut. Nilai energi *gap* dapat ditentukan menggunakan Persamaan 1 berikut:

$$\alpha h\nu = C(h\nu - E_g)^{1/2} \quad (1)$$

Dimana α adalah nilai absorbansi, C adalah konstanta, $h\nu$ adalah energi foton dan E_g adalah energi *gap*. Data panjang gelombang dan nilai absorbansi yang didapat kemudian diolah dengan cara memplot grafik nilai $h\nu$ pada sumbu x dan nilai $(\alpha h\nu)^2$ pada sumbu y, kemudian dibuat garis linearisasi dari nilai $(\alpha h\nu)^2$ sampai pada perpotongan kurva tersebut dengan sumbu x. Hasil perpotongan kurva dan sumbu datar akan diperoleh nilai energi *gap*.

Perhitungan energi *gap* TiO₂ yang dideposisi menggunakan metode elektrodeposisi didapatkan nilai energi *gap* berturut-turut pada masing-masing sampel E1, E5 dan E13 adalah 3,21 eV, 3,45 eV, dan 3,86 eV, sedangkan nilai energi *gap* yang didapat dengan menggunakan metode *spin coating* berturut-turut pada masing-masing sampel E1+S, E5+S dan E13+S adalah 2,81 eV, 2,97 eV, dan 3,18 eV.

Besarnya energi *gap* yang dihasilkan disebabkan oleh adanya kandungan unsur lain dalam bahan TiO₂, masing-masing unsur yang terkandung dalam bahan TiO₂ memiliki energi *gap* yang akan menyerap foton yang bersesuaian dengan energi *gap* yang dimilikinya sehingga memperlebar spektrum absorpsi TiO₂ yang dihasilkan (Nurmawati, 2009).

Hasil perhitungan energi *gap* menunjukkan bahwa sampel E13+S memiliki energi *gap* yang cocok untuk fotokatalis pada aplikasi DSSC, hal ini disebabkan sampel E13+S dengan penambahan PEG dapat memperbesar porositas pada lapisan TiO₂ sehingga penyerapan *dye* lebih banyak, dengan penyerapan *dye* yang optimal maka sinar matahari yang diserap semakin besar, hal ini menyebabkan aktivitas fotokatalis pada lapisan TiO₂ semakin tinggi.

4. KESIMPULAN

Sintesis lapisan tipis TiO₂ menggunakan metode elektrodeposisi menghasilkan morfologi permukaan yang homogen dan berpori, tetapi pada penelitian ini ukuran pori yang dihasilkan belum seragam. Nilai energi *gap* yang dihasilkan pada masing-masing sampel E1, E5 dan E13 adalah 3,21 eV, 3,45 eV, dan 3,86 eV. Sedangkan sintesis lapisan tipis TiO₂ menggunakan metode *spin coating* berhasil dilakukan diatas substrat yang sebelumnya telah dilapisi lapisan tipis TiO₂ dengan metode elektrodeposisi. Nilai energi *gap* menggunakan metode *spin coating* berturut-turut pada masing-masing sampel E1+S, E5+S dan E13+S adalah 2,82 eV, 2,98 eV, dan 3,21 eV. Hasil perhitungan energi *gap* menunjukkan bahwa sampel E13+S memiliki energi *gap* yang cocok untuk fotokatalis pada aplikasi DSSC, hal ini disebabkan sampel E13+S dengan penambahan PEG dapat memperbesar porositas pada lapisan TiO₂ sehingga penyerapan *dye* lebih banyak, dengan penyerapan *dye* yang optimal maka sinar matahari yang diserap semakin besar, hal ini menyebabkan aktivitas fotokatalis pada lapisan TiO₂ semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Atmono, T., Yunanto, 2001, Pembuatan dan Karakterisasi Multilayer SiO₂/TiO₂, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir P3TM-BATAN, Yogyakarta.
2. Ceotto, E.F., Souza, B., Teschke, 2000, Ionic Surfactant Films Imaged by Atomic Force Microscopy, Departamento de Fisica, Universidade Federal de Vicosa, 36571-000 Vicosa, MG, Brazil.
3. Grätzel, M., 2003, Review Dye-Sensitized Solar Cells, Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews, Volume 4, hal 145-153.
4. Hikam, M., 2002, Studi Kekristalan PbZrx Ti1-xO3 yang Disiapkan Dengan Pelapisan Putar (Spin Coating), Jurnal Sains Materi Indonesia, ISSN 1411-1098.
5. Jitputti, J. Pavasupree S., Suzuki Y., dan Yoshikawa S., 2008, Synthesis of TiO₂ Nanotube and Its Photocatalytic Activity For H₂ Evolution, Japanese Journal of Applied Physics, Volume 47, Number 1, hal 751-756.

6. Karuppuchamy, S., Andou, Y., dan Endo, T., 2012, Synthesis of Nanostuctured TiO₂ Photoelectrode for Flexible Dye Sensitized Solar Cell Application, *Apply Nanosci*, DOI 10.1007/s13204-012-0140-6.
7. Kong F.T., Dai S.Y., dan Wang K.J., 2007, Review of Recent Progress in Dye-Sensitized Solar Cell, Hindawi Publishing Corporation *Advances in Optoelectronics*, Article ID 75384.
8. Nadeak, S.M.R. dan Susanti, D., 2012, Variasi Temperatur dan Waktu Tahan Kalsinasi Terhadap Unjuk Kerja Semikonduktor TiO₂ sebagai Dye Sensitized solar cell (DSSC) dengan Dye dari Ekstrak Buah Naga Merah, *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 1, ISSN 2301-9271.
9. Nugroho, A., dan Noviarti, 2011, Analisis Radionuklida 235 U Dalam Pelat Elemen Bakar (Peb) U3si2-Al Densitas 2,96 G/Cm³ Pasca Iradiasi, ISSN 0216-3128.
10. Nurmawarti, I., Abdullah, M., 2009, Distribusi Celah Pita Energi Titania Kotor, *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*, ISSN 1979-0880, hal 38-42.
11. Perdana, Ramadhani., 2014, Pengaruh Suhu Pemanasan dan Waktu Aging Terhadap Sifat Fisis TiO₂ yang Disintering Menggunakan Metode Sol Gel Spin Coating, Tesis, FMIP UNAND, Padang.
12. Putama, I.L.M., 2014, Sintesis Lapisan Tipis TiO₂ Dengan Metode Elektrodeposisi Menggunakan Variasi Arus Kontinu dan Arus Pulsa, Tesis, FMIPA UNAND, Padang.
13. Sotter, E., X. Vilanova, E. Liobet, M. Stankova. Correig., 2005, Niobium Doped Titanium Nano powder for gas sensor Applications, *Journal of Optoelectronics and Advanced Material* Vol. 7. No. 3. PP. 1395-1398.