

# Pengaruh Tegangan dan Waktu Deposisi Terhadap Pelapisan TiO<sub>2</sub> dengan Metode Elektroforesis

S. Rahayu<sup>1</sup>, R. Nuryadi<sup>1</sup>, L. Aprilia<sup>1</sup> dan H. Purwati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Teknologi Material, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)  
BPPT Gedung II Lt. 22, Jl. M.H. Thamrin No. 8 Jakarta 10340  
Email: srirantenrahayu@gmail.com

## Abstrak

*Kegunaan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dewasa ini sangat luas, diantaranya adalah sebagai bahasa dye-sensitized solar cell dan tabir surya. Karena aplikasinya yang begitu banyak maka tidak heran jika penelitian mengenai TiO<sub>2</sub> dan metode penumbuhannya banyak dikembangkan. Salah satu metode pelapisan yang tergolong relatif murah dan sederhana adalah metode elektroforesis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tegangan dan waktu deposisi terhadap tebal lapisan TiO<sub>2</sub> pada substrat dengan metode elektroforesis. Tegangan elektroforesis yang dipergunakan bervariasi yaitu 30 V, 50 V, dan 70 V, sedangkan waktu deposisi yang dipergunakan pada penelitian ini bervariasi yaitu 3 menit, 5 menit, 7 menit, 9 menit dan 11 menit. Sampel yang mengalami berbagai macam parameter tersebut dibandingkan ketebalannya satu sama lain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, pada menit-menit awal waktu deposisi, semakin tinggi tegangan elektroforesis maka kecepatan deposisi semakin tinggi. Namun semakin lama waktu deposisi, kecepatan deposisi turun bahkan cenderung konstan.*

**Kata kunci:** Lapisan TiO<sub>2</sub>, metode elektroforesis, tegangan elektroforesis, waktu deposisi, ketebalan.

## 1. PENDAHULUAN

Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) memiliki sifat fisika, kimia dan optik yang menarik, oleh karena itu penggunaan TiO<sub>2</sub> banyak diaplikasikan di industri (Michalów, 2009). Adapun aplikasi penggunaan TiO<sub>2</sub> yang sering dijumpai antara lain: katalis heterogen (fotokatalis), sel surya (*dye-sensitized solar cell*) (Y. Jun-Ho, dkk, 2005), energi listrik (sensor gas), proteksi (tabir surya, pigmen pada cat dan produk kosmetik, lapisan pelindung korosi, dan pelapis optik), dan peralatan elektrik (varistors) (Diebold, 2003). Melihat berbagai aplikasi dari titanium dioksida yang sangat beragam maka tidak heran jika jumlah publikasinya dari tahun ke tahun semakin meningkat.

Pada aplikasi TiO<sub>2</sub> pada *dye-sensitized solar cell* (dssc) dan tabir surya, diperlukan lapisan tipis TiO<sub>2</sub>. Sehingga berbagai macam metode penumbuhan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> yang lebih efektif dan efisien pun semakin banyak diteliti, seperti teknik pelapisan dengan mempergunakan metode *slip casting*, *screen printing*, *sol gel*, *sputtering*,

*electrophoretic deposition* (EPD), dan *spin coating*. EPD merupakan metode pelapisan yang relatif mudah dan sederhana dibandingkan dengan metode lainnya. Teknik deposisi pada metode ini mempergunakan prinsip pergerakan partikel yang terjadi akibat adanya medan listrik yang diberikan katoda dan anoda (Nuryadi, 2010).

Beberapa parameter penting pada metode elektroforesis antara lain ukuran partikel, konstanta dielektrik larutan, kekentalan larutan dan zeta potensial. Zeta potensial menjadi parameter penting lapisan TiO<sub>2</sub> dapat terbentuk atau tidak. Nilai zeta potensial dari sebuah partikel dapat diatur/diubah dengan menambahkan garam pada larutan partikel tersebut (Nuryadi, 2010).

Pada metode EPD tebal tipis lapisan yang terbentuk dapat diatur dengan mengatur tegangan dan waktu deposisi pada saat elektroforesis. Sedangkan tebal tipisnya lapisan TiO<sub>2</sub> yang terbentuk akan mempengaruhi performa dssc dan absorpsifitas sinar ultraviolet (UV) pada tabir surya. Oleh karena itu, pada percobaan kali ini

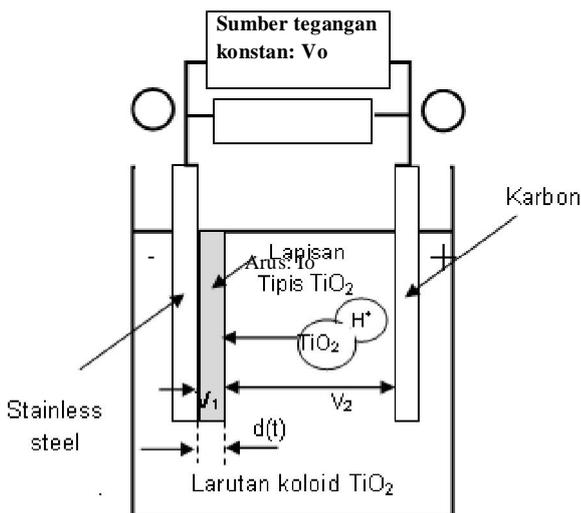
ingin diketahui pengaruh variasi tegangan dan waktu deposisi terhadap ketebalan lapisan TiO<sub>2</sub>. EPD yang dipergunakan dalam penelitian mempergunakan metode sumber tegangan konstan, dimana ketebalan lapisan (d<sub>1</sub>(t)) dapat dinyatakan dalam persamaan matematika sebagai berikut (Sakai dkk, 2006 ; Nuryadi, 2010):

$$d_1(t) = \frac{\rho_2}{\rho_1} V_0 \left( \left( \frac{d_2^2}{V_0^2} + \frac{2 \rho_1 s_0 A_v t}{\rho_2^2 V_0} \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{d_2}{V_0} \right) \quad (1)$$

Disini ρ<sub>1</sub> adalah resistivitas lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, ρ<sub>2</sub> adalah resistivitas larutan koloid TiO<sub>2</sub>, V<sub>0</sub> adalah tegangan antara elektroda, d<sub>1</sub> adalah ketebalan lapisan tipis, d<sub>2</sub> adalah jarak antara elektroda, A<sub>v</sub> adalah konstanta dan t adalah waktu elektroforesis.

### 2. METODOLOGI PERCOBAAN

Larutan yang mengandung 0,0125 gram TiO<sub>2</sub> dalam 50 ml propane ditambahkan dengan 0,05 ml garam Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> diaduk selama 30 menit dan disonikasi selama 30 menit. Stainless steel yang telah dibersihkan (sebagai elektroda negatif) dan karbon (sebagai elektroda positif) dihubungkan ke



Gambar 1. Skematik sistem elektroforesis pada metode tegangan konstan

power supply. Rangkaian elektroda kemudian dicelupkan ke dalam larutan TiO<sub>2</sub> dengan jarak antar elektroda dibuat tetap sebesar 2,5 cm. Proses elektroforesis dilakukan dengan 3 variasi tegangan yang digunakan yaitu 30 V, 50 V dan 70 V dan 5 variasi waktu deposisi yang digunakan yaitu 3 menit, 5 menit, 7 menit, 9 menit dan 11 menit. Pengukuran ketebalan lapisan tipis TiO<sub>2</sub>

dilakukan dengan cara menimbang plat sebelum dan sesudah dilakukan elektroforesis, dengan luas permukaan elektorda yang telah ditentukan.

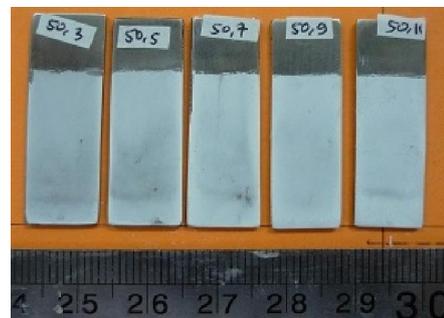
### 3. HASIL DAN PERCOBAAN

Pada percobaan dengan tegangan 30 Volt ketebalan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> yang terbentuk tidak homogen (gambar 2). Pada gambar 2 plat pada bagian tengah-tengah plat ketebalan lebih tipis jika dibandingkan dengan sisi plat. Hal tersebut disebabkan bagian sisi plat lebih mudah terdeposisi jika dibandingkan dengan bagian tengah plat.



Gambar 2. Plat yang telah dilapisi TiO<sub>2</sub> dengan tegangan 30 Volt (dari kiri ke kanan waktu elektroforesis: 11 menit, 9 menit, 7 menit, 5 menit dan 3 menit)

Pada percobaan dengan tegangan 50 Volt ketebalan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> homogen. Pada gambar 3 terlihat bahwa ketebalan plat cenderung seragam.



Gambar 3. Plat yang telah dilapisi TiO<sub>2</sub> dengan tegangan 50 Volt (dari kiri ke kanan waktu elektroforesis: 3 menit, 5 menit, 7 menit, 9 menit dan 11 menit)

Pada percobaan dengan tegangan 70 Volt ketebalan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> tidak homogen. Pada gambar 4 terlihat bahwa pada bagian tengah-tengah dan bawah plat ketebalan lebih tipis jika dibandingkan dengan sisi plat. Gambar 5

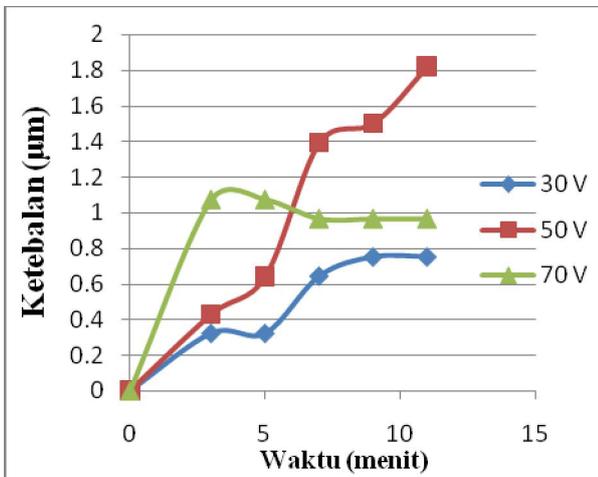
memperlihatkan salah satu plat yang mengalami pelunturan pada bagian tengah hingga bawah plat. Hal tersebut terjadi karena hambatan pada elektroda yang tinggi menyebabkan gaya ikatan antara partikel TiO<sub>2</sub> pada lapisan terluar menjadi lebih lemah, sehingga pelunturan pada bagian tengah dan bawah plat terjadi.



Gambar 4. Plat yang telah dilapisi TiO<sub>2</sub> dengan tegangan 70 Volt (dari kiri ke kanan waktu elektroforesis: 3 menit, 5 menit, 7 menit, 9 menit dan 11 menit)



Gambar 5. Plat yang telah dilapisi TiO<sub>2</sub> (tegangan 90 Volt, waktu deposisi 9 menit)



Gambar 6. Ketebalan lapisan TiO<sub>2</sub> versus waktu pada sumber tegangan konstan

Gambar 6 menunjukkan grafik karakteristik ketebalan pertumbuhan lapisan TiO<sub>2</sub> terhadap variasi tegangan dan waktu deposisi. Terlihat

bahwa kecenderungan pada ketiga grafik tersebut naik, hal ini sesuai dengan rumus ketebalan pada arus konstan yang dinyatakan pada persamaan (1) yang mana ketebalan lapisan TiO<sub>2</sub> sebanding dengan akar kuadrat waktu deposisi.

Pada menit-menit awal ketebalan paling tinggi terjadi ketika tegangan plat diberi tegangan 70 Volt. Hal ini disebabkan karena medan listrik pada tegangan ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan tegangan lainnya sehingga deposit TiO<sub>2</sub> yang menempel pada elektroda lebih tebal jika dibandingkan dengan yang lainnya.

Pada grafik dengan tegangan 30 Volt menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya waktu deposisi maka kecepatan pertumbuhan lapisan TiO<sub>2</sub> menurun. Hal tersebut ditandai dengan semakin landainya kurva pada tegangan 30 Volt. Kecepatan pertumbuhan lapisan menurun akibat semakin bertambahnya ketebalan lapisan yang menyebabkan semakin besar pula hambatan pada elektroda yang terdeposisi.

Namun berbeda halnya dengan kurva pada tegangan 50 Volt, pada grafik ini penambahan ketebalan masih tinggi meskipun pada menit-menit akhir. Hal tersebut mungkin terjadi akibat polarisasi pada elektroda dan konduktivitas dari suspensi yang belum berubah meskipun hambatan pada elektroda yang terdeposisi telah meningkat.

Pada grafik 70 Volt peningkatan ketebalan yang paling tinggi terjadi pada menit-menit awal, namun setelah itu kurva sedikit menurun dan cenderung stabil. Hal ini dapat terjadi karena tegangan yang diberikan terlalu tinggi sehingga perubahan polarisasi pada elektroda dan konduktivitas dari suspensi terjadi lebih dahulu dibandingkan dengan tegangan yang lainnya.

#### 4. KESIMPULAN

Telah dilakukan percobaan pengaruh variasi tegangan dan waktu deposisi terhadap pelapisan TiO<sub>2</sub> dengan metode elektroforesis. 3 variasi tegangan dan 5 variasi waktu deposisi dilakukan dengan menggunakan metode tegangan konstan. Didapatkan hasil bahwa ketiga grafik memiliki kecenderungan yang sama yaitu meningkatnya ketebalan lapisan TiO<sub>2</sub> seiring dengan bertambahnya waktu. Namun medan listrik, hambatan elektroda, polarisasi pada elektroda dan konduktivitas dari suspensi menjadi faktor yang menentukan tidak liniernya tebal lapisan TiO<sub>2</sub> yang terbentuk terhadap waktu deposisi.

## **5. SUMBER PENDANAAN**

Riset ini sebagian didanai oleh Kementrian Riset dan Teknologi Republik Indonesia pada program Insentif ristek tahun 2012.

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

1. H. Zimmermann. 2009. *Integrated Silicon Optoelectronics*, Wien: Springer. J. Winkler, 2003. *Titanium Dioxide*, Hannover: Vicentz.
2. K. A. Michalów, 2009. Ph.D. Thesis *Flame Spray Synthesis and Characterisation of Doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles for Photoelectric and Photocatalytic Applications*, Kraków: AGH.
3. K. Sakai, K. Fujimura dan S. Yoshikado, 2006. *Preparation of TiO<sub>2</sub> Thin Film Deposited by Electrophoresis Method and Adsorbsing Dye Molecules using Electrophoresis Method*, IEEJ Trans, Vol. 126: 113-120.
4. O. Van der Biest dan L. J. Vandeperre, 1999. *Electrophoretic Deposition of Materials*, *Annu. Rev. Mater. Sci.*, 29:327-52.
5. R. Nuryadi, 2010. *Simulasi Pertumbuhan Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub> dengan Metode Elektroforesis*, *Seminar Nasional Energi*, 2010: 79-83.
6. U. Diebold, 2003. *The Surface Science of Titanium Dioxide*, *Surface Science Reports*, 48: 53-229.
7. Y. Jun-Ho, dkk, 2005. *Electrophoretically Deposited TiO<sub>2</sub> Photo-electodes for Use in Flexible Dye-sensitized Solar Cell*, *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 173: 1-6.