

## Penentuan Energi Celah Pita Optik Film $TiO_2$ Menggunakan Metode *Tauc Plot*

Rizqa Daniyati<sup>1\*</sup>, Vicran Zharvan<sup>1</sup>, Nur Ichsan<sup>1</sup>, Yono Hadi Pramono<sup>2</sup>, Gatot Yudoyono<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorium Optik dan EM Terapan, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (Jl. Arief Rahmad Hakim, Surabaya 60111)

<sup>2</sup> Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (Jl. Arief Rahmad Hakim, Surabaya 60111)

\*Koresponden

E-mail: cza.rizqa@gmail.com

### Abstract

Preparation of  $TiO_2$  film using the *spin coating method* has been done. Characterization Optical of  $TiO_2$  film using UV-Vis spectrophotometer that measured in the wavelength range 200 - 1000 nm. From the results of these characterization methods used *tauc plot* and obtained values of optical energy gap and the known absorption maximum of the Uv-vis range. This study was obtained from the maximum absorption for  $TiO_2$  films in the range of  $\lambda$  250 - 450 nm. Optical band gap energy of the film  $TiO_2$  using *tauc plot* method obtained at 3.5 - 3.9 eV with error  $\pm 0,231\%$ .

**Keywords:** : Band Gap, Lapisan, Spektrofotometer,  $TiO_2$ , Touch plot.

### Abstract

Pembuatan lapisan  $TiO_2$  dengan menggunakan metode *spin coating* telah berhasil dilakukan. Karakterisasi optik lapisan  $TiO_2$  menggunakan Spektrofotometer UV-Vis yang diukur dalam rentang panjang gelombang 200 - 1000 nm. Dari hasil karakterisasi tersebut didapatkan nilai energi celah optik (*energi gab*) serta diketahui penyerapan maksimalnya terhadap rentang Uv-vis dengan menggunakan metode *tauc plot*. Dari studi ini diperoleh absorpsi maksimal untuk lapisan  $TiO_2$  pada rentang  $\lambda$  250 – 450 nm. Energi celah optik dari lapisan  $TiO_2$  dengan menggunakan metode *tauc plot* didapat sebesar 3,5 – 3,9 eV dengan nilai error  $\pm 0,231\%$ .

**Keywords:** : Band Gap, Lapisan, Spektrofotometer,  $TiO_2$ , Touch plot.

### PENDAHULUAN

Titanium dioksida atau titania ( $TiO_2$ ) merupakan semikonduktor yang memiliki banyak potensi dalam pemanfaatannya misalnya sebagai elektrokromik, fotokatalis dan sensor [1]. Titanium Dioksida mempunyai rentang energi celah optik (energi gab) yang sangat lebar dalam rentang 3,2 – 3,9 eV. Material ini juga memiliki indeks bias yang tinggi ( $n = 2,4$ ) sehingga membuat  $TiO_2$  mempunyai banyak kegunaan[2]. Rentang nilai energi celah optik

tersebut hanya memiliki efisiensi fotokatalik sebesar 5% dari energi matahari [3]. Sehingga agar penggunaan energi matahari dapat maksimal maka perlu dilakukan usaha memperkecil energi celah optik serta memperbesar penyerapan cahaya yang salah satu caranya dengan menggunakan doping N, B, C dan F [4].

Fabrikasi  $TiO_2$  yang paling dasar untuk aplikasi tersebut adalah dengan bentuk lapisan. Penelitian mengenai material ini telah banyak dilakukan oleh beberapa kalangan

dalam ranah ilmu yang berbeda mulai dari fisika, kimia maupun elektronika. Fabrikasi film tipis saat ini memungkinkan kegunaannya yang begitu luas, karena sifat-sifat bahan dari lapisan tipis dapat dimodifikasi sesuai dengan devisa yang diinginkan [5].

Dalam pembuatan lapisan tipis ini banyak metode yang bisa digunakan misalnya dengan menggunakan, *spray pyrolysis*, *Solution Gelation* (Sol-Gel), *magneton sputtering*, *Chemical Deposition Solution* (CDS). Metode-metode tersebut memerlukan persyaratan-persyaratan yang cukup kompleks. Sehingga sebagai alternatifnya, *spin coating* merupakan metode fabrikasi yang dapat digunakan untuk membuat lapisan tipis dengan kualitas yang baik dan murah, sehingga metode ini banyak digunakan [5].

Dalam studi dasar ini digunakan sampel sudari henk [2] yang telah melakukan proses pelapisan dengan serbuk  $\text{TiO}_2$  nano dengan menggunakan metode *spin coating* dan kemudian di lakukan karakterisasi optik menggunakan spektrofotometer UV-vis sehingga bisa diketahui spektrum serapannya dan dengan menggunakan metode *tauc plot* diperoleh energi celah optik dari lapisan  $\text{TiO}_2$ .

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi penggunaan metode *tauc plot* dalam menentukan energi celah optik yang nantinya dapat diaplikasikan sebagai dasar pembuatan fotokatalis.

## METODOLOGI PENELITIAN

### A. Fabrikasi lapisan tipis $\text{TiO}_2$

Fabrikasi lapisan ini menggunakan sampel penelitian sebelumnya yaitu serbuk  $\text{TiO}_2$  yang telah disintesis dengan variasi pengadukan dan penambahan konsentrasi NaCl (Gambar 1). Untuk variasi pengadukan yaitu 45 jam, 52 jam, 65 jam, dan 25 jam serta untuk penambahan konsentrasi NaCl 1 M, 3 M, dan 5 M. Pemberian variasi ini ditujukan untuk mendapatkan nanopartikel  $\text{TiO}_2$  dan dari

pengujian ini didapatkan fasa yang terbentuk pada  $\text{TiO}_2$  adalah *anatase* dan *rutile* dengan ukuran  $< 20$  nm. Untuk pengadukan 25 jam fasa yang dihasilkan adalah fasa anatase. Sedangkan untuk pengadukan yang lain terjadi perpaduan antara fasa anatase dan fasa rutile [2].

Proses fabrikasi lapisan  $\text{TiO}_2$  menggunakan kaca *silika amorf* yang dipotong dengan dimensi yang sama 2 cm x 1 cm, kemudian sisi-sisi kaca diampas untuk mengantisipasi pemotongan kaca yang tidak merata dan bisa berakibat lapisan yang di hasilkan tidak merata dan membuat ketebalan lapisannya berbeda. Setelah itu kaca dicuci dengan aseton dan aquades sebagai sterilisasi. Untuk larutannya,  $\text{TiO}_2$  serbuk dilarutkan dengan menggunakan *tetra-methyl-ammonium-hydroxide* (TMAH), dan diaduk sampai larut.

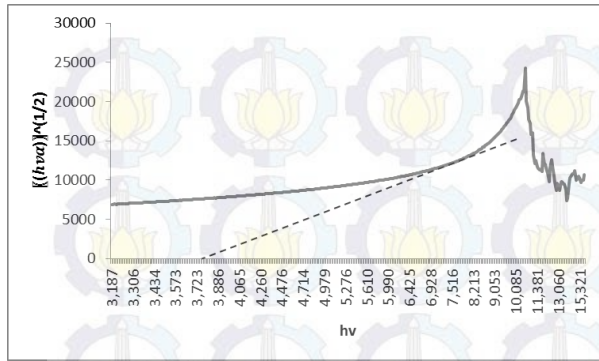
Kemudian substrat kaca dipasang pada *spin coating* dan larutan  $\text{TiO}_2$  empat tetes, diteteskan pada permukaan substrat. Sample diputar dengan kecepatan 1500 rpm selama 60 detik. Setelah itu dipanaskan menggunakan *hot plate* dengan temperature  $110^\circ\text{C}$ . Hal ini bertujuan untuk menghilangkan pelarut dari lapisannya, sehingga temperatur dari *hot plate* disesuaikan dengan titik didih pelarut  $\text{TiO}_2$ . Perlakuan yang sama dilakukan empat kali pada setiap sampel.

### B. Karakterisasi Optik dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

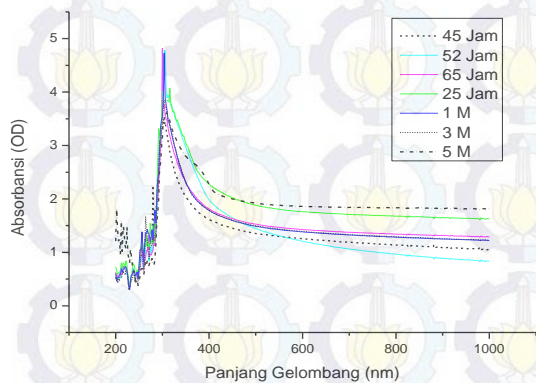
Lapisan  $\text{TiO}_2$  kemudian di lihat karakterisasinya dengan menggunakan *Genesys 10S Spectrophotometer Uv-vis* untuk mengetahui spektrum penyerapan pada lapisan. Hasil dari pengujian yang dilakukan dengan spektrofotometer adalah hubungan panjang gelombang ( $\lambda$ ) dengan absorbansi. Kemudian spektrum transmisi yang diperoleh diolah menggunakan metode *Tauc Plot* untuk mendapatkan celah pita optik.



Gambar 1. (a) Sampel Lapisan Tipis (b) *Genesys 10S Spectrophotometer Uv-vis* (c) *Spin coating*



Gambar. 3. Hubungan antara  $h\nu$  dan  $(h\nu\alpha)^{1/2}$  untuk menentukan nilai Energi celah pita optik.



Gambar. 2. Hubungan antara panjang gelombang dengan penyerapan yang terjadi pada lapisan tipis  $TiO_2$ .

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Karakterisasi Sifat Optik Lapisan  $TiO_2$**

Fabrikasi Lapisan  $TiO_2$  yang terbentuk memiliki ketebalan lapisan berkisar antara 0,21- 0,23 mm .Lapisan  $TiO_2$  ini merupakan lapisan tipis  $TiO_2$  dari serbuk  $TiO_2$  murni tanpa doping, dimana nilai energi celah optiknya cukup lebar antara 3,2 -3,9 eV.

Keluaran dari Genesys 10S Spectrophotometer Uv-vis tersebut berupa nilai absorbansi dengan satuan OD (optical density)

$$OD = \log_{10} \frac{1}{T} = \frac{\alpha l}{2.303} \dots\dots 1$$

Sehingga

$$\alpha = \frac{OD \cdot 2.303}{l} \dots\dots 2$$

Dimana T adalah transmisi,  $\alpha$  koefisien absorpsi dan l merupakan ketebalan sampel [7].

Dari hasil karakterisasi menggunakan Genesys 10S Spectrophotometer Uv-vis

didapatkan hubungan  $\lambda$  dengan absorbansi seperti pada Gambar 2. Disini terlihat bahwa rentang absorpsi  $TiO_2$  berada pada rentang  $\lambda$  250 nm – 450 nm. Rentang ini berada pada rentang daerah *Ultraviolet* dan sedikit masuk ke daerah *visible*. Dalam penggunaan aplikasinya untuk memaksimalkan cahaya tampak yang terabsorpsi maka diberikan doping N, B, C dan F.

Panjang gelombang yang diserap oleh  $TiO_2$  dipengaruhi oleh struktur kristal yang terbentuk pada masing-masing fasa. Dua fasa yang ada pada lapisan  $TiO_2$  ini adalah fase *anatase* dan *rutile* . Pada *anatase* tersusun dari oktahedran yang tersusun dengan menghubungkan puncak-puncaknya, namun mengalami distorsi cukup lebar sehingga hampir mendekati bentuk rhombohedral, hal ini menyebabkan atom – atom yang berikatan cukup sulit tereksitasi. Sulitnya atom – atom tereksitasi mengakibatkan perlunya energi yang besar untuk memutus ikatan antar atom tersebut. Oleh karena itu anatase menyerap panjang gelombang kecil untuk mendapatkan energi yang cukup untuk melepas ikatan tersebut.

Keadaan yang berbeda terjadi pada *rutile*, struktur *rutile* lebih teratur, struktur *rutile* juga terdistorsi namun tidak sebesar *anatase*, sehingga dibutuhkan energi yang tidak terlalu besar untuk memutus ikatan antar atom. Oleh karena itu panjang gelombang yang diserap oleh *rutile* lebih besar daripada *anatase*[2].

**B. Penentuan Energi Celah Pita Optik ( $E_g$ )**

Penentuan nilai energi celah pita optik menggunakan metode *tauc plot* . Metode ini ditentukan dengan menggunakan nilai Transitasi yang dihasilkan dari spektrovotometer UV-Vis dengan menarik ekstrapolasi pada daerah linier dari grafik hubungan  $h\nu$  dan  $(h\nu\alpha)^{1/2}$  hingga memotong sumbu energy [7]. Dimana digunakan persamaan dibawah

$$(h\nu\alpha)^{1/n} = A(h\nu - E_g) \dots\dots 3$$

Dengan h konstanta planck,  $\nu$  frekuensi dengan  $\nu = c/\lambda$ ,  $E_g$  band gab, dan A

merupakan konstanta proporsional. Dengan nilai ekponen  $n$  menunjukkan sifat dari transisi sample. Untuk transisi *direct allowed*  $n = 1/2$ , transisi *indirect allowed*  $n = 3/2$  dan untuk transisi *indirect allowed*  $n = 2$ , transisi *indirect forbidden*  $n = 3$ . Jika transisi *direct allowed* digunakan dalam sample ini, maka  $n = 1/2$  untuk sample ini [7]. Dimana setelah itu dibuat grafik hubungan  $h\nu$  dan  $(h\nu)^{1/2}$  dan ditarik garis yang bersinggungan dengan titik belok pada kurva, serta nilai  $h\nu$  dari sumbu horizontal adalah nilai energi celah pita tersebut seperti terlihat pada Gambar 3. Untuk lapisan TiO<sub>2</sub> dengan pengadukan 65 jam diperoleh nilai  $E_g$  3,723 eV. Sampel yang lain digunakan cara yang sama dengan menggunakan metode *tauc plot* sehingga di peroleh nilai  $E_g$ -nya untuk setiap sample ditampilkan pada Tabel 1.

Dari data pada table 1 terlihat bahwa nilai energy gap yang didapat lebih tinggi dari nilai  $E_g$  Bulk yang berada pada rentang 3,05 eV-3,29 eV dengan ukuran partikel sekitar 100nm [8]. Perbedaan ini dikarenakan oleh karena TiO<sub>2</sub> yang digunakan dalam pelapisan memiliki ukuran yang lebih kecil yaitu berkisar antara  $\pm 11.5$  nm yang dianalisis menggunakan data difraksi menggunakan software MAUD. Hal ini mengakibatkan *absorbance edge* dari TiO<sub>2</sub> berada di daerah energy yang lebih tinggi dari TiO<sub>2</sub> Bulk.

Selain hal tersebut kehomogenan larutan yang digunakan dalam pembuatan lapisan tipis sangat berpengaruh pula, karena untuk mendapatkan lapisan yang sempurna maka larutan harus homogen, agar saat proses pelapisan dengan menggunakan spin coating dan pemanasannya bisa menghasilkan lapisan yang merata. Kehomogenan larutan ini juga disebabkan karena pelarut yang digunakan yaitu TMAH kurang bisa membuat serbuk TiO<sub>2</sub> terlarut sempurna, sehingga masih berbentuk koloid. Serta selain digunakannya pelarut dibutuhkan juga *binder* sebagai pengikat, agar lapisan bisa menempel sempurna pada substrat.

Hasil perhitungan Energi celah pita optik dengan menggunakan metode *tauc plot* dan perhitungan (yang dilakukan pada penelitian sebelumnya [2]) ditampilkan pada tabel 1. Dari tabel tersebut terlihat bahwa nilai  $E_g$  berbeda, namun masih dalam rentang  $E_g$  dari TiO<sub>2</sub> murni. Dengan error perhitungan

Tabel 1.  
Nilai Energi celah pita optik ( $E_g$ ) dari setiap sample

Sample	$l$ (mm)	$E_g^*$ (eV)	$E_g^{**}$ (eV)
65 jam	0,2	3,1	3,723
45 jam	0,21	3,3	3,61
52 jam	0,21	-	3,98
25 jam	0,23	3,3	3,82
1 M	0,21	3,8	3,82
3 M	0,22	3,5	3,94
5 M	0,21	3,2	3,5

$E_g^*$  Energi celah pita optik dari perhitungan [2]

$E_g^{**}$  Energi celah pita ptik dengan metode *tauc plot*


berkisar  $\pm 0,231\%$ , dimana hal ini menunjukkan bahwa metode ini dapat digunakan untuk mengetahui nilai energy gap dari sebuah material.

## KESIMPULAN

Dari studi fabrikasi pembuatan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> ini di peroleh rentang absorbansi panjang gelombang dari TiO<sub>2</sub> murni adalah pada rentang 250 - 450 nm pada daerah UV dan sedikit masuk ke dalam daerah visible. Penggunaan metode *tauc plot* menghasilkan nilai Energi celah pita optik ( $E_g$ ) pada rentang 3,5 eV – 3,9 eV. Hasil perhitungan nilai energy gap menggunakan metode *tauc plot* ini memiliki nilai akurasi/error sebesar  $\pm 0,231\%$  dari saat menggunakan metode perhitungan pada penelitian sebelumnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fujishima, R.C, *Biochemical application of TiO<sub>2</sub> photochatilsis*, Tokyo : The University Of Tokyo, 1997
- [2] Widaryanti, N.Henyk, "*Fabrication and Characterization Nanoparticles and Film of TiO<sub>2</sub>*", Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2013
- [3] Indah, A.A, "*Distribusi Celah Pita Energi Titania Kotor*", Jurna Nanosains dan Nanoteknologi, 2009 page 38-42
- [4] Hendri W, dkk, "*Pengaruh laju aliran ga N<sub>2</sub> terhadap sifat optik film tipis GaN yang ditumbuhkan dengan teknik Pulsed Laser Deposition (PLD)*" Berkala Fisika vol 7, No.1 2004 page 28-34
- [5] Bilalodin, "*Pembuatan dan penentuan Celah Pita Optik Film Tipis TiO<sub>2</sub>*", Proseding pertemuan ilmiah XXVI HFI jateng & DI, 2012 page 86-89.

- 
- [6] Bass Michael, "*Handbook of Optics Volume II*", New York : McGraw-Hill, Inc , 1995 Chp 20.
- [7] J. Tauc., F. Abeles ed., "*Optical Properties of Solids*", North-Holland, 1972.
- [8] Rahmawati. Fitria, dkk, "*Synthesis of Thin Film of TiO<sub>2</sub> on Graphite Substrate by Chemical Bath Deposition*", Indo.J.Chem., 2006, 6(2), 121-126.