

Volume 17 Nomor 2, Juli 2016

pISSN: 1411-5735 eISSN: 2442-5613

# **Jurnal ILMU DASAR**

JID

Jurnal ILMU DASAR	Vol. 17	No. 2	Hlm. 59 - 116	Jember Juli 2016	ISSN 1411-5735
-------------------	---------	-------	---------------	---------------------	-------------------

## Editorial Team

1. Purwatiningsih, University of Jember - **Chief Editor**  
SCOPUS ID. [55341566700](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [5982555](#)
2. Dwi Indarti, University of Jember  
[Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [6648735](#)
3. Arie Srihardyastutie, University of Brawijaya, Malang  
SCOPUS ID. [56549015100](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [6003114](#)
4. Eva Tyas Utami, University of Jember  
[Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [6109055](#)
5. Miftahul Ilmi, Gadjah Mada University, Yogyakarta  
SCOPUS ID. [57190191276](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [258133](#)
6. Hasih Pratiwi, Universitas Sebelas Maret (UNS), Surakarta  
SCOPUS ID. [56233603300](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [6028915](#)
7. Fiber Monado, Sriwijaya University, Palembang  
SCOPUS ID. [55330195600](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [53558](#)
8. Kahar Muzakhar, University of Jember  
SCOPUS ID. [56737119300](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [5989819](#)
9. Bambang Piluharto, University of Jember  
SCOPUS ID. [37056268800](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [5993961](#)
10. Siswoyo - University of Jember  
SCOPUS ID. [57193830395](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [257755](#)
11. Bowo Eko Cahyono, The University of Jember, Indonesia  
SCOPUS ID. [57163498200](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [6007108](#)
12. Abduh Riski, University of Jember  
SCOPUS ID. [57213518392](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [257613](#)
13. Yoyok Yulianto - University of Jember

## DAFTAR ISI

	Hal
Synthesis and Characterization of Hydrogels based on Graft Copolymerization of Acrylamide on Chitin resulted from Enzymatic Isolation of Shrimp Waste (Tia Lestari, Achmad Sjaifullah, Agung Budi Santoso)	59-64
Synthesis and Characterization Thin Film TiO <sub>2</sub> as Degrading Procion Red MX-8B Textile Dye (Achmad Sholikhudin Almu'minin, Tanti Haryati, Tri Mulyono)	65-72
Synthesis of Compounds Acetyl Vanilat as Analgesic Compound Components (Damayanti Iskandar, Susy Yunita Prabawati)	73-78
Optimization of Reactions Opening Cyclic Ring of Pentose Sugar Derivatives through Dithioacetalisation Reactions (Nuriman Nuriman)	79-82
Effect of Addition of Monosodium Glutamate (MSG) on Coagulation Basin to Characteristics of Cellulose Acetate Membranes (Siti Rofiqoh, Dwi Indarti, Bambang Piluharto)	83-86
Demonstration of Magneto-Impedance Sensor on Multilayer Coil [Ni <sub>80</sub> Fe <sub>20</sub> /Cu]N Result of Electro-Deposition (Ahmad Asrori Nahrun, B. Anggit Wicaksono, Ismail Ismail, Nuryani Nuryani, Budi Purnama)	87-90
Attribute Geometrical Seismic for Fault Identification on Canada Exploration Field (Reni Agustiani, Puguh Hiskiawan, Rano Rano)	91-94
Molecular Dynamics Study for Inhibition of Iron Corrosion in High-Temperature Liquid PbBi with Nobel Gas Inhibitors (Umi Sa'adah, Artoto Arkundato, Lutfi Rohman)	95-102
Graphite as A Hydrogen Storage in Fuel Cell System: Computational Material Study for Renewable Energy (Rahmat Gunawan, Cynthia Linaya Radiman, Muhamad Abdulkadir Martoprawiro, Hermawan K. Dipojono)	103-110
Utilization of Sludge from Sidoarjo for Synthesis of Microball Photocatalist of Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> zeolit-chitosan as Fermented Soybean Waste-Degrading Agent (Erlaningtias Hutami Ardana Putri, Dwi Funky Ratnasari, Anugerah Dewi Harumsari, Vivid Ayu Lestari, Sri Wardhani)	111-116

## Sintesis dan Karakterisasi Film Lapis Tipis TiO<sub>2</sub> Sebagai Pendegradasi Pewarna Tekstil Procion Red MX-8B

### *Synthesis and Characterization Thin Film TiO<sub>2</sub>As Degrading Procion Red MX-8B Tekstile Dye*

Achmad Sholikhudin Almu'minin<sup>\*)</sup>, Tanti Haryati, Tri Mulyono

*Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Jember (UNEJ)*

<sup>\*)</sup>Email: aminin828@gmail.com

#### ABSTRACT

TiO<sub>2</sub> photocatalyst is one of type semiconductor that is often used in textile dyes photodegradation method which characteristics are influenced by the size of crystal. Synthesis of TiO<sub>2</sub> photocatalysts can be done by several methods, one using the sol-gel method. By treating variations in the composition of the reactants and treatment of synthesis in sol-gel method, the size of the TiO<sub>2</sub> crystals can be controlled to produce the desired characteristics. This study has been made of TiO<sub>2</sub> photocatalysts in the form of thin-layer films using sol-gel method with annealing process at a temperature of 550°C. This study examines the effect of the concentration of precursor TTIP and hydrolysis ratio of the crystal structure, crystallinity, the band gap energy, and photocatalyst activity to degrade procion red mx-8b dye compound. The result obtained is known that the crystal synthesized has structure of TiO<sub>2</sub> anatase. Value crystal size, crystallinity, the band gap energy, and percent degradation has a value that depends on the composition of TTIP concentration and hydrolysis ratio. Although the results showed morphology of TiO<sub>2</sub> particle indicate that large size and crystallinity value is still low, but that is interesting each of the measurement results mutually support each other.

Keywords: photocatalyst, TiO<sub>2</sub>, sol-gel, TTIP concentration, hydrolysis ratio

#### PENDAHULUAN

Limbah cair pewarna merupakan jenis limbah *non-biodegradable* yang berasal dari hasil samping industri tekstil yang mana jika kadarnya berlebih akan membahayakan lingkungan (Wijaya *et al.*, 2005). Oleh karena itu pengelolaan limbah ini merupakan hal yang sangat penting bagi pelaku industri sesuai standar yang diatur dalam peraturan pemerintah (Sastrawidana, 2011). Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengelola limbah tersebut yaitu metode fotodegradasi, yang mana menggunakan radiasi sinar UV dan fotokatalis padatan untuk mendegradasi limbah cair zat warna menjadi komponen yang lebih sederhana sehingga lebih aman ketika dilepas dilingkungan (Tjahjanto dan Gunlazuardi, 2001).

Bahan yang digunakan sebagai fotokatalis pada metode fotodegradasi yaitu logam semikonduktor dimana logam TiO<sub>2</sub> (Titanium Dioksida) merupakan logam yang paling sering digunakan. Logam ini dikenal sebagai fotokatalis yang memiliki keunggulan berupa ekonomis, tidak beracun, reaktif terhadap cahaya terutama sinar UV, dan memiliki energi band gap yang lebar (3,2 eV;  $\lambda = 387$  nm) (Linsebigler *dkk.*, 1995). Untuk mendapatkan logam tersebut dapat dilakukan dengan sintesis dari serbuk TiO<sub>2</sub> ataupun dari prekursor misalnya TTIP, TiCl<sub>4</sub>, atau yang lain. Sintesis TiO<sub>2</sub> dalam bentuk film lapis tipis dari prekursor TTIP dengan metode sol-gel dapat dipilih untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaan fotokatalis (Tjahjanto dan Gunlazuardi, 2001). Metode sol-gel merupakan metode yang ideal dengan reaksi sederhana untuk mendapatkan material logam

oksida dalam ukuran yang dapat dikontrol yang mana sangat dipengaruhi oleh komposisi reaktan, kondisi lingkungan, dan perlakuan sintesis (Chaharmahali, 2012).

Faktor penting yang mempengaruhi aktivitas fotokatalis TiO<sub>2</sub> yaitu struktur kristalnya, dimana banyak dilaporkan bahwa TiO<sub>2</sub> dengan struktur anatase memiliki aktivitas fotokatalis terbaik (Linsebigler dkk., 1995). Berdasarkan banyak laporan juga, kristal TiO<sub>2</sub> dengan struktur anatase dapat diperoleh dengan perlakuan kalsinasi pada suhu 550°C pada tahapan sintesisnya (Tjahjanto dan Gunlazuardi, 2001). Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dikaji mengenai pengaruh konsentrasi prekursor TTIP dan rasio hidrolisis yang digunakan dalam sintesis film lapis tipis TiO<sub>2</sub> sebagai fotokatalis terhadap karakterisasi struktur, energi band gap, dan aktivitas fotodegradasinya.

## METODE

### Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Titanium isopropoksida 97% (Sigma-Aldrich), etanol absolute 99,99% (Merck), HCl 37% (Merck), aseton (Smartlab), pewarna tekstil (Procion Red MX-8B), limbah batik, kaca preparat, aqua bidestilata, dan aquades.

Alat-alat yang digunakan ialah gelas kimia, Pipet mohr, spatula, *stirrer magnetic*, pipet tetes, batang pengaduk, botol semprot, neraca analitik, labu ukur, gelas ukur, cawan petri, cawan porselen, *ball pipet*, *spin coater* sederhana, oven, *furnace*, lampu UV Philips 40 Watt, spektrofotometer Visibel model 721, spektrofotometer UV-Vis Hitachi U-2900, SEM (*Scanning Elektron microscopy*), dan XRD (*X-Ray diffraction*) XPERT-PRO PANalytical.

### Sintesis Film Lapis Tipis TiO<sub>2</sub> Anatase

TTIP dibuat dengan variasi konsentrasi 0,05 M, 0,1 M, dan 0,15 M dalam pelarut etanol sambil distirer. Masing-masing larutan ditetesi HCl pH 1 dengan rasio hidrolisis TTIP terhadap air sebesar 1:4, 1:6, dan 1:8, yang kemudian distirer selama ±20 menit sampai membentuk sol (Tjahjanto dan Gunlazuardi, 2001). Sol TiO<sub>2</sub> yang dihasilkan digunakan untuk pendeposisian dengan metode *spin coating* pada substrat kaca kering yang sudah dibersihkan menggunakan aseton, etanol, dan aqua bidestilata. Kaca yang sudah terdeposisi sol TiO<sub>2</sub> ditingkatkan ±1 jam sampai agak kering, kemudian dilakukan proses annealing dalam furnace pada suhu 550°C.

### Karakterisasi

Film lapis tipis TiO<sub>2</sub> dikarakterisasi XRD untuk mengetahui struktur dan ukuran kristal TiO<sub>2</sub> dengan menggunakan persamaan Debye Scherrer (Abdullah, 2008):

$$d = \frac{k\lambda}{B \cdot \cos \theta}$$

Keterangan :

*d* : ukuran (diameter) kristalinites

*λ* : panjang gelombang sinar-X yang digunakan

*θ* : sudut Bragg

*B* : FWHM (*full width at half maximum*)

*K* : konstanta material, nilai *K* umumnya ≈ 0,9.

Energi band gap diukur dengan spektrofotometri UV-Vis yang hasilnya diolah menggunakan metode tauc plot melalui plot antara  $(\alpha h\nu)^n$  sebagai sumbu Y dan  $h\nu$  sebagai sumbu X. Nilai *n* bernilai ½ untuk *E<sub>g</sub>* transisi tidak langsung dan 2 untuk *E<sub>g</sub>* transisi langsung (Bilalodin, 2012):

$$(\alpha h\nu)^n = B(h\nu - E_g)$$

Dimana : *α* : koefisien serap

*h* : konstanta plank (6,63x10<sup>-34</sup>J.s)

*B* : konstanta

*E<sub>g</sub>* : Energi celah pita optik kristal lapis tipis

### Uji Aktivitas Fotokatalis

Aktivitas fotokatalis diukur melalui uji fotodegradasi fotokatalis TiO<sub>2</sub> terhadap pewarna procion red mx-8b dalam suatu reaktor fotokatalis yang sudah terpasang lampu UV. Larutan pewarna ditentukan absorbansi maksimum dan kurva kalibrasinya untuk penentuan konsentrasi melalui persamaan regresi yang dihasilkan. 5 keping film fotokatalis TiO<sub>2</sub> dimasukkan ke dalam wadah yang terisi 100 mL pewarna dengan konsentrasi 50 ppm yang sudah diketahui absorbansinya (a), kemudian disinari oleh lampu UV sambil distirer selama ±24 jam. Larutan pewarna hasil fotodegradasi diukur kembali absorbansinya menggunakan Spektrofotometri Visibel untuk mengetahui konsentrasi akhirnya (b). Persentase kemampuan fotokatalis TiO<sub>2</sub> yang disintesis dalam mendegradasi senyawa procion mx-8b dapat ditentukan menggunakan persamaan (Sumerta dkk., 2002):

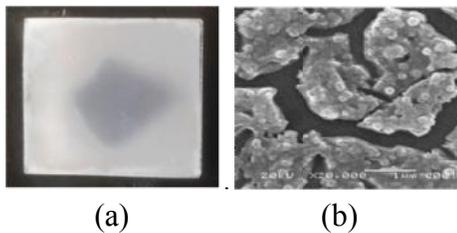
$$\text{Degradasi} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Pengukuran tambahan juga dilakukan pada uji aktivitas fotokatalis pada sampel limbah cair batik hasil samping dari proses produksi batik Rolla Jember. Sampel yang digunakan untuk uji fotodegradasi diencerkan dengan perbandingan terhadap air yaitu 1:400 untuk dapat diukur absorbansinya dan prosedur uji foto degradasinya sama dengan uji fotodegradasi pada pewarna procion red mx-8b (Adi, 2012).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Sintesis Film Lapis Tipis TiO<sub>2</sub> dan Karakterisasinya**

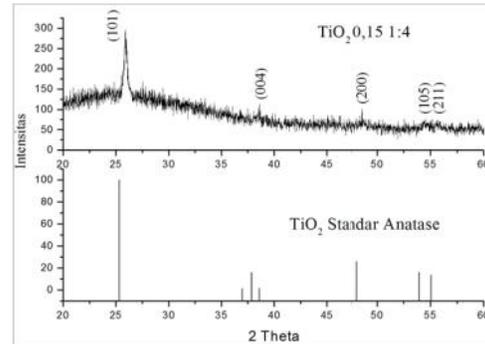
Sintesis film lapis tipis TiO<sub>2</sub> dengan menggunakan metode sol-gel berlangsung dalam dua tahapan reaksi yaitu hidrolisis dan kondensasi (Chaharmahali, 2012). Hasil sintesis film TiO<sub>2</sub> setelah dikalsinasi yaitu film lapis tipis yang mana permukaannya sudah terlapisi kristal TiO<sub>2</sub> yang berwarna putih agak transparan dan merata yang ditunjukkan pada Gambar 1 (a).



Gambar 1. Tampilan fisik kristal TiO<sub>2</sub> yang terlapisi pada permukaan substrat kaca.

Gambar tersebut merupakan film fotokatalis dengan komposisi 0,15 M RH 1:4 yang dalam penelitian ini memiliki aktivitas paling optimum. Ukuran kristal TiO<sub>2</sub> berdasarkan perhitungan debye scherer dari hasil analisa XRD yang ditunjukkan pada Gambar 2 yaitu 84,471 nm, sedangkan ukuran partikel TiO<sub>2</sub> yang terdeteksi dari hasil analisa SEM pada gambar 1 (b) yaitu rata-rata 250 nm. Pada Gambar 1 (b) menunjukkan bahwa morfologi kristal TiO<sub>2</sub> belum begitu homogen dengan pertumbuhan inti kristal yang menyebar tidak merata pada beberapa bagian.

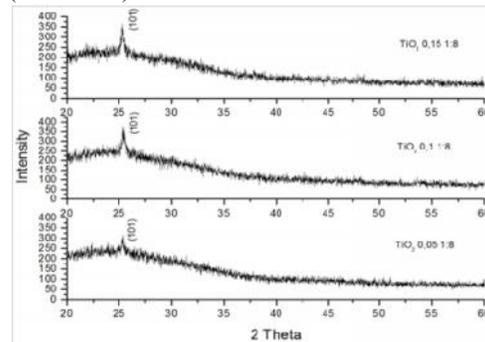
Analisa karakterisasi XRD untuk semua film TiO<sub>2</sub> yang disintesis dengan berbagai komposisi didapatkan pola difraksi yang mana memiliki kesesuaian puncak dengan standar TiO<sub>2</sub> anatase pada JCPDS 84-1286. Oleh karena itu, dapat dikatakan sintesis TiO<sub>2</sub> anatase berhasil disintesis dalam penelitian ini. Contoh plot pola difraksi TiO<sub>2</sub> dengan standar TiO<sub>2</sub> anatase ditunjukkan dalam gambar 2.



Gambar 2. Difraktogram Film Lapis Tipis TiO<sub>2</sub> 0,15 M RH 1:4

**Pengaruh Konsentrasi TTIP dan Rasio Hidrolisis terhadap Struktur TiO<sub>2</sub>**

Pengaruh konsentrasi TTIP terhadap struktur kristal TiO<sub>2</sub> diamati pada film TiO<sub>2</sub> dengan komposisi 0,05 M, 0,1 M, dan 0,15 M dengan rasio hidrolisis yang dibuat tetap yaitu 1:8 (Gambar 3).

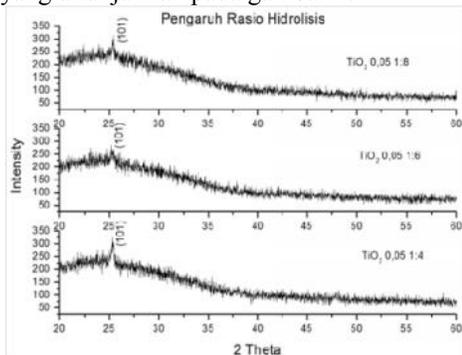


Gambar 3. Difraktogram TiO<sub>2</sub> Pengaruh Konsentrasi

Berdasarkan ketiga pola difraksi tersebut menunjukkan semakin besarnya konsentrasi menghasilkan kenaikan intensitas yang semakin tinggi dan pelebaran puncak yang semakin menurun. Data pelebaran puncak berpengaruh terhadap ukuran kristal (Abdullah, 2008), yang mana berdasarkan perhitungan didapatkan ukuran kristal yang semakin besar yaitu 32,665 nm, 44,685 nm dan 48,911 nm sebanding dengan semakin menurunnya pelebaran puncak. Semakin besarnya ukuran kristal yang didapatkan ini

karenakan semakin besarnya konsentrasi TTIP yang digunakan, sehingga laju reaksi hidrolisis dan kondensasi semakin tinggi dan mengakibatkan titik lewat jenuh cepat tercapai. Oleh karena itu, reaksi kondensasi dari produk intermediet titanol berlangsung cepat, sehingga waktu untuk proses nukleasi berlangsung singkat. Singkatnya waktu untuk pembentukan inti kristal titan ini mengakibatkan total bilangan nukleasi yang terbentuk juga berkurang sehingga menghasilkan kristal  $\text{TiO}_2$  yang memiliki ukuran relatif besar (Ibrahim dkk., 2010).

Untuk pengaruh rasio hidrolisis terhadap struktur kristal  $\text{TiO}_2$  diamati pada film  $\text{TiO}_2$  pada komposisi rasio hidrolisis 1:4, 1:6, dan 1:8 dengan konsentrasi TTIP dibuat tetap yaitu 0,05 M yang ditunjukkan pada gambar 4.



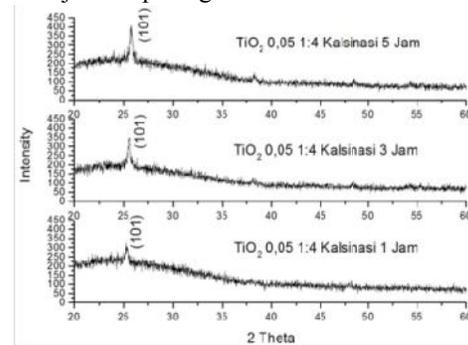
Gambar 4. Difraktogram  $\text{TiO}_2$  Pengaruh Rasio Hidrolisis

Ketiga pola difraksi menunjukkan kecenderungan semakin tingginya rasio hidrolisis menghasilkan rata-rata intensitas yang semakin menurun dan pelebaran puncak yang semakin besar. Ukuran kristal yang didapat semakin kecil yaitu 49,024 nm, 16,330 nm, dan 32,665 nm sebanding dengan semakin meningkatnya rasio hidrolisis. Semakin tinggi rasio hidrolisis maka akan semakin banyak molekul air yang mengalami disosiasi menghasilkan ion  $\text{HO}^-$  yang semakin dominan, yang kemudian reaksi protonasi atom Ti pada molekul TTIP semakin mudah sehingga reaksi hidrolisis akan semakin mendominasi dibandingkan dengan reaksi kondensasi. Dominannya reaksi hidrolisis ini memungkinkan untuk terjadinya nukleasi yang dominan pula, sehingga proses pertumbuhan kristal akan tersebar untuk setiap inti yang sudah terbentuk

dan menghasilkan kristal akhir yang berukuran relatif kecil (Ibrahim dkk., 2010).

#### Pengaruh Waktu Kalsinasi terhadap Kristalinitas $\text{TiO}_2$

Berdasarkan difraktogram pada gambar 3 dan 4, dihasilkan intensitas yang tidak terlalu tinggi, sehingga perlu dilakukan pengukuran untuk mendapatkan data kristalinitas yang maksimal. Pengukuran dilakukan pada film  $\text{TiO}_2$  dengan komposisi 0,05 M RH 1:4 yang diberi perlakuan tambahan berupa variasi waktu kalsinasi yaitu 1 jam, 3 jam, dan 5 jam, yang mana hasilnya ditunjukkan pada gambar 5.



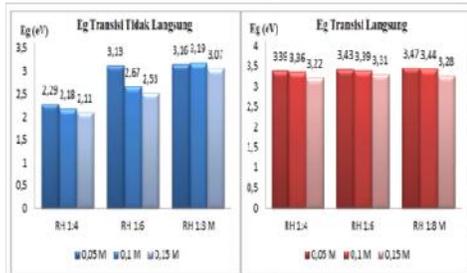
Gambar 5. Difraktogram  $\text{TiO}_2$  Pengaruh Waktu Kalsinasi

Berdasarkan ketiga difraktogram yang dihasilkan diperoleh hubungan bahwa semakin lama waktu kalsinasi menghasilkan intensitas yang juga semakin tinggi dan pelebaran puncak yang semakin menurun. Untuk ukuran kristal semakin besar yaitu 49,024 nm, 60,912 nm, dan 101,416 nm sebanding dengan semakin lamanya waktu kalsinasi. Semakin lama waktu kalsinasi maka semakin banyak pula energi yang diperoleh atom-atom  $\text{TiO}_2$  untuk menyempurnakan pertumbuhan kristal sehingga penyusunan bidang kristal semakin tinggi pula (Yulita dkk., 2012).

#### Pengaruh Konsentrasi TTIP dan Rasio Hidrolisis terhadap Energi Band Gap ( $E_g$ )

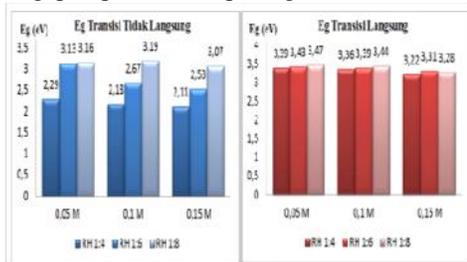
Energi band gap yaitu energi yang dibutuhkan oleh elektron untuk dapat bereksitasi dari pita valensi menuju pita konduksi (Abdullah, 2008). Nilai energi band gap ( $E_g$ )  $\text{TiO}_2$  ada dua jenis yaitu  $E_g$  transisi langsung dan  $E_g$  transisi tidak langsung.  $E_g$  dalam penelitian ini masing-masing memiliki kesesuaian dengan  $E_g\text{TiO}_2$  yang sudah dilaporkan oleh peneliti sebelumnya (Valencia

dkk., 2012). Nilai  $E_g$  TiO<sub>2</sub> untuk fase anatase yaitu 3,2 eV (Linsebigler dkk., 1995), yang mana bersesuaian dengan hasil pengukuran  $E_g$  TiO<sub>2</sub> transisi langsung pada penelitian ini yaitu 3,22 eV.



Gambar 6. Energi Band Gap TiO<sub>2</sub> Pengaruh Konsentrasi TTIP.

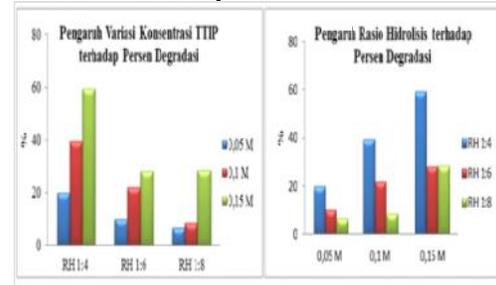
Pengaruh konsentrasi TTIP terhadap energi band gap dapat diamati pada gambar 6. yang mana menunjukkan rata-rata semakin besar konsentrasi TTIP menghasilkan energi band gap yang semakin kecil baik  $E_g$  transisi langsung maupun  $E_g$  transisi tidak langsung. Sedangkan, untuk pengaruh rasio hidrolisis terhadap energi band gap dapat diamati pada gambar 7.



Gambar 7. Energi Band Gap TiO<sub>2</sub> Pengaruh Rasio Hidrolisis

Difraktogram diatas menunjukkan rata-rata energi band gap baik  $E_g$  transisi langsung maupun  $E_g$  transisi tidak langsung memiliki kecenderungan semakin besar sebanding dengan semakin tingginya rasio hidrolisis. Semakin kecil atau besarnya  $E_g$  ini dipengaruhi oleh adanya ukuran partikel penyusun kristal TiO<sub>2</sub> yang dianalisa, dimana  $E_g$  akan bernilai besar sebanding dengan ukuran partikelnya yang kecil dan sebaliknya (Abdullah, 2008). Hal tersebut juga sejalan dengan hasil pada karakterisasi XRD yang mana ukuran kristal bergantung pada konsentrasi TTIP dan rasio hidrolisis.

**Pengaruh Konsentrasi TTIP dan Rasio Hidrolisis terhadap Aktivitas Fotokatalis**



Gambar 8. Persen Degradasi (a) Pengaruh Konsentrasi TTIP, (b) Pengaruh Rasio Hidrolisis.

Pengaruh konsentrasi TTIP terhadap aktivitas Fotokatalis TiO<sub>2</sub> dapat diamati pada gambar 8 (a), yang mana menunjukkan rata-rata persen degradasi semakin tinggi sejalan dengan semakin besarnya konsentrasi TTIP. Sedangkan pengaruh rasio hidrolisis terhadap aktivitas fotokatalis dapat diamati pada gambar 8 (b), yang mana dihasilkan rata-rata persen degradasi yang semakin kecil sejalan dengan semakin tingginya rasio hidrolisis. Semakin tinggi atau rendahnya persen degradasi yang dihasilkan ini dipengaruhi oleh adanya kristalinitas yang dimiliki oleh fotokatalis, dimana kristalinitas yang semakin tinggi mengindikasikan semakin banyak pula kristal TiO<sub>2</sub> yang terbentuk pada fotokatalis sehingga semakin meningkatkan sisi aktif fotokatalis untuk mengadsorbsi zat warna yang akan didegradasi oleh radikal hidroksil yang dihasilkan begitupun sebaliknya (Damayanti *et al.*, 2014).

Kebergantungan aktivitas fotokatalis yang dipengaruhi oleh kristalinitas ini didukung dengan data hasil karakterisasi XRD dan nilai energi band gap yang mana kristalinitas dan energi band gap TiO<sub>2</sub> dipengaruhi oleh konsentrasi TTIP dan rasio hidrolisis. Energi band gap fotokatalis yang semakin kecil akan semakin mudah pula fotokatalis untuk menangkap foton dengan tingkat energi yang kecil, sehingga reaksi fotodegradasi dapat cepat tercapai pula (Linsebigler dkk., 1995). Dari hasil pengukuran didapatkan komposisi fotokatalis yang optimum untuk mendegradasi zat warna procion red mx-8b yaitu pada fotokatalis 0,15 M

RH 1:4 dengan persen degradasi sebesar 59,46% dan sisa konsentrasi zat warna 19,19 ppm.

### Pengujian Fotodegradasi Sampel Limbah Batik

Untuk mendapatkan konsentrasi sampel limbah batik terlebih dahulu harus diketahui absorbansi maksimum sampel yaitu pada 504 nm, dan persamaan regresi hasil dari pembuatan kurva kalibrasi pada larutan standar yaitu  $y = 0,0149x + 0,023$  dengan nilai  $R^2 = 0,9972$ . Konsentrasi awal dari sampel limbah batik yang digunakan yaitu 31,60 ppm yang mana merupakan konsentrasi sampel limbah batik setelah diencerkan 400 kali, dari konsentrasi aslinya yaitu 12640 ppm. Dari hasil pengukuran fotodegradasi sampel limbah batik oleh fotokatalis  $\text{TiO}_2$  0,15 M RH 1:4 diperoleh persen degradasi sebesar 3,83 % dengan konsentrasi sisa sebesar 30,39 ppm sehingga konsentrasi limbah batik yang terdegradasi yaitu 1,21 ppm. Sedikitnya konsentrasi sampel limbah batik yang dapat di-degradasi dimungkinkan karena pada sampel limbah batik mengandung pewarna yang kompleks dan memiliki kadar pewarna yang berbeda pada pewarna standard (procion red mx-8b) sehingga persen degradasi menghasilkan nilai yang berbeda pula.

### KESIMPULAN

Semakin tinggi variasi konsentrasi TTIP maka menghasilkan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dengan ukuran kristal yang semakin besar, kristalinitas yang semakin tinggi, energi band gap yang semakin turun, dan persen degradasi yang semakin meningkat. Sedangkan semakin tinggi rasio hidrolisis maka dihasilkan ukuran kristal yang semakin kecil, kristalinitas yang semakin rendah, energi band gap yang semakin besar, dan persen fotodegradasi yang semakin menurun. Selanjutnya, sintesis fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dapat dilakukan dengan dikombinasikan dengan logam transisi lain sebagai dopan yang memiliki pita valensi lebih tinggi dan pita konduksi lebih rendah dari yang dimiliki  $\text{TiO}_2$ , misalnya Zn dan Ni untuk dapat mengubah sifat semikonduktornya sehingga dapat meningkatkan karakteristik fisika dan kimia seperti untuk meningkatkan ketahanan terhadap kerontokan dan memperkecil energi band gap. Selain itu,

penelitian lebih lanjut dapat dilakukan pada sampel limbah batik atau limbah pewarna jenis lainnya untuk didapatkan kombinasi fotokatalis yang efektif dengan persen degradasi yang optimum.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Mikrajuddin. 2008. *Pengantar Nanosains*. Bandung: ITB.
- Adi, Basuki W. 2012. *Penyisihan Zat Organik pada Air Limbah Industri Batik dengan Fotokatalis  $\text{TiO}_2$* . Tidak Diterbitkan. Makalah. Surabaya: FTSP ITS Surabaya.
- Bilalodin. 2012. Pembuatan dan Penentuan Celah Pita Optik Film Tipis  $\text{TiO}_2$ . Purwokerto. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY*: 86-89.
- Chaharmahali, A. R. 2012. *The Effect of  $\text{TiO}_2$  Nanoparticles on the Surface Chemistry, Structure and Fouling Performance of Polymeric Membranes*. Thesis. Sydney: University of New South Wales.
- Damayanti, C. A., Wardhani, S., & Purwonugroho, D. 2014. Pengaruh konsentrasi  $\text{TiO}_2$  dalam Zeolit terhadap Degradasi Methilene Blue secara Fotokatalitik. *Kimia Student Journal*. Vol. 1 (1): 8-14.
- Ibrahim, I. A. M., Zikry, A. A. F., & Sharaf, M. A. 2010. Preparation of Silica Nanoparticles: Stober Silica. *Journal of American Science*. Vol. 6 (11): 985-989.
- Linsebigler, A. L., Lu, G., & Yates, J. T. 1995. Photocatalysis on  $\text{TiO}_2$  Surfaces: Principles, Mechanism, and Selected Result. *Chemical Reviews*, Vol. 95 (3): 735-758.
- Sastrawidana, I D. K. 2011. Studi Perombakan Zat Warna Tekstil Remazol Red RB secara Aerob Menggunakan Bakteri Enterobacter Aerogenes yang Diisolasi dari Lumpur Limbah Tekstil. *Jurnal Kimia*, Vol. 5 (2): 117-124.
- Sumerta, I. K., Wijaya, K., dan Tahir, I. 2002. *Makalah Seminar Pendidikan Kimia "Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Katalis  $\text{TiO}_2$ -Montmorilonit dan Sinar UV"*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Tjahjanto, R. T., & Gunlazuardi, J. 2001. Preparasi Lapisan Tipis  $\text{TiO}_2$  sebagai Fotokatalis: Keterkaitan antara Ketebalan dan

- Aktivitas Fotokatalisis. *Makara Jurnal Penelitian Universitas Indonesia*. Vol. 5 (2): 81-91.
- Valencia, S., Marin, J. M. & Restrepo, G. 2010. Study of The Band Gap of Synthesized Titanium Dioxide Nanoparticules Using The Sol Gel Methode and a Hydrothermal Treatment. *The Open Materials science Journal*. Vol. 4 (1): 9-14.
- Wijaya, K., Tahir, I., & Haryanti, N. 2005. Synthesis of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Montmorillonite and Its Application as a Photocatalyst for Degradation of Congo Red Dye. *Jurnal Kimia Indonesia*. Vol. 5 (1): 41-47.
- Yulita, R., Septiani, U., & Rilda, Y. 2012. Optimasi Proses Kalsinasi pada Sintesis Komposit TiO<sub>2</sub>/Kitosan. *Jurnal Kimia Unand*. Vol. 1 (1): 59-66

