PEMILIHAN JENIS BULIR POLIMER SEBAGAI PENYANGGA MATERIAL FOTOKATALIS TIO_2

Hasniah Aliah[1]*, Andhy Setiawan[2], Masturi[3] dan Mikrajuddin Abdullah[4]
[1]Jurusan Fisika FST, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung
[2]Jurusan Pend. Fisika FPMIPA UPI, Bandung
[3]Jurusan Pend. Fisika FPMIPA Unnes, Semarang
[4]Jurusan Fisika FMIPA ITB, Bandung

*Email: hasniahaliah@yahoo.com

Abstrak

Salah satu cara untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik suatu material katalis adalah dengan melapiskan material katalis Titanium dioksida (TiO_2) pada permukaan polimer yang berukuran cukup besar, ringan, transparan dan bersifat termoplastik. Untuk memilih jenis polimer terbaik sebagai material penyangga katalis, dilakukan pengujian pelapisan partikel TiO_2 pada tiga jenis polimer berbentuk bulir, yaitu *polystyrene* (PS), *linear-low density polyethylene* (LLDPE), dan *polypropilene* (PP).Pelapisan material TiO_2 di permukaan polimer dilakukan dengan menggunakan teknik *thermalmilling* berbasis oven listrik. Temperatur dalam proses *milling* diatur di sekitar titik HDT (*Heat Deflection Temperature*)material polimer dan berlangsung selama 60 menit. Massa jenis dan transmitansi polimer setelah dilapisi TiO_2 merupakan parameter fisik yang menjadi acuan dalam pemilihan polimer penyangga katalis. Imobilisasi menggunakan teknik *thermal milling* menghasilkan polimer PP berlapis katalis TiO_2 yang homogen. Pabrikasi dengan parameter *milling* 100°C dan 60 menit menghasilkan PP berlapis katalis TiO_2 dengan massa jenis rata-rata 0,872 g/cm^3 sehingga dapat mengapung di permukaan air. Di samping itu, PP berlapis TiO_2 mempunyai transmitansi 58%. Polimer PP inilah yang kemudian dipilih sebagai material penyangga katalis TiO_2 dalam proses penelitian selanjutnya.

Kata kunci: *Heat Deflection Temperature* (HDT), *linear-low density polyethylene* (LLDPE), material fotokatalis TiO2, *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS).

PENDAHULUAN

Titanium dioksida (TiO_2) merupakan salah satu material semikonduktor yang banyak digunakan sebagai fotokatalis dalam proses penguraian limbah senyawa organik dalam air (Hoffmann *et al*., 1995; Fujishima *et al*., 2000; Slamet *et al.,* 2003; Houari *et al*., 2003; Moghaddam *et al*., 2011). TiO_2 dengan struktur kristal anatase dipandang sebagai fotokatalis semikonduktor terbaik karena memiliki efisiensi oksidasi yang tinggi, menghasilkan proses dekomposisi kontaminan organik yang sempurna, murah dan mudah didapatkan, serta relatif tidak menghasilkan produk sampingan (Tayade *et al*., 2007; Qamar *et al*., 2009; Xikong *et al*., 2010).

Material TiO_2 anatase berpengotor mempunyai lebar celah pita material beragam antara 1,4 – 3,2 eV. Kemampuan absorbsi spektrum cahaya tampak memungkinkan terjadinya mekanisme eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dengan memanfaatkan sinar matahari dalam menguraikan limbah senyawa organic (Nurmawati *et al*., 2009; Abdullah *et al.,* 2010). Intensitas cahaya sumber foton dan jumlah katalis merupakan dua faktor utama yang berperan dalam proses fotodegradasi polutan organik (Rashed *et al*., 2007; Rajeswari *et al*., 2009). Kedua hal tersebut dapat dioptimalkan dengan mengupayakan agar jumlah katalis cukup banyak, dapat mengapung di permukaan air limbah dan dapat meneruskan cahaya yang mengenainya. Dengan demikian, akan terbentuk cukup banyak pasangan elektron dan *hole* yang berperan dalam proses fotodegradasi senyawa organik pada limbah.

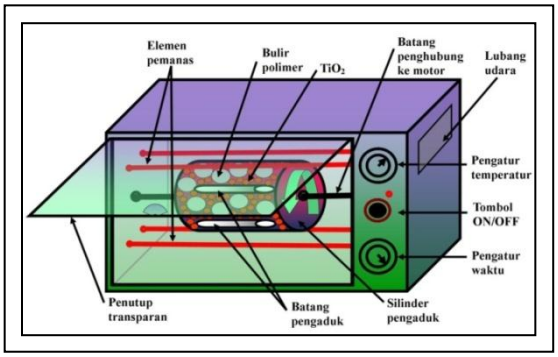
Upaya yang dapat dilakukan adalah melakukan modifikasi pada material katalis dengan melapiskannya pada permukaan material penyangga berupa polimer berukuran cukup besar, ringan, transparan dan bersifat termoplastik. Modifikasi ini juga memungkinkan proses pemisahan material katalis dari air hasil pengolahan berlangsung lebih mudah (Arutanti & Abdullah, 2009 ; Isnaini *et al.,* 2011).

Penelitian ini mengkaji pemilihan material penyangga dengan mempertimbangkan massa jenis polimer dan transmitansinya. Hasil penelitian awal mengenai pengaruh temperatur dan lamanya *milling* terhadap jumlah katalis yang terimobilisasi di permukaan polimer juga dilakukan. Selain itu, juga akan ditampilkan aplikasi polimer berkatalis TiO_2 dalam mendekomposisi senyawa organik pada air limbah.

METODE

Bahan utama dalam penelitian ini adalah partikel TiO_2 dengan struktur anatase fasa teknis sebagai material katalis, yang diperoleh secara komersial dari perusahaan *Bratachem*, Indonesia.

Pemilihan jenis polimer terbaik sebagai material penyangga katalis menggunakan tiga jenis polimer berbentuk bulir, yaitu *polystyrene* (PS), *linear-low density polyethylene* (LLDPE), dan *polypropylene* (PP). Pemilihan ketiga polimer ini didasarkan pada massa jenisnya yang kurang dari massa jenis air dan transmitansinya yang lebih dari 50%.



Gambar 1. Ilustrasi proses imobilisasi TiO_2 di permukaan polimer di dalam *milling cylinder* berbasis oven listrik.

Uji polimer sebagai material penyangga katalis dilakukan dengan melalui tahapan-tahapan eksperimen sebagai berikut: proses pelapisan material katalis TiO_2 pada permukaan polimer uji, pencucian dan pengeringan polimer berlapis katalis, karakterisasi sifat fisis polimer berlapis katalis TiO_2 dan penerapan polimer berkatalis dalam fotodegradasi limbah organik. Pelapisan dilakukan dengan menggunakan teknik *thermal milling* berbasisoven listrik. Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui massa jenis dan transmitansi polimer berlapis katalis dan uji fotodegradasi dilakukan terhadap model limbah organik metilen biru. Proses pelapisan dapat diilustrasikan seperti dalam Gambar 1.

Temperatur pada proses *milling* diatur di sekitar titik HDT (*Heat Deflection Temperature*) material polimer. Parameter proses pelapisan TiO_2 pada masing-masing polimer uji terangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Parameter proses pelapisan TiO_2 dalam pengujian polimer.

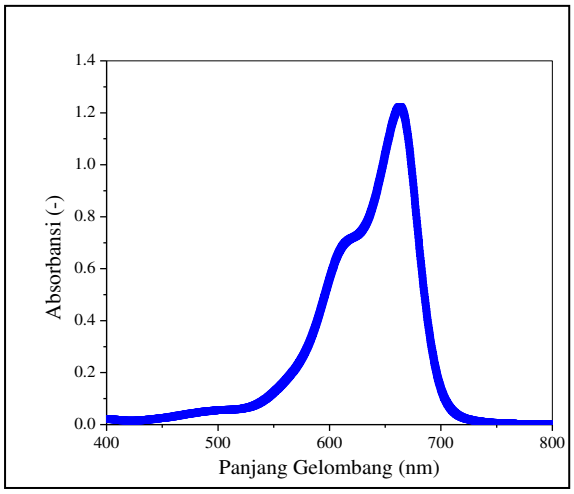
Polimer Uji	$T_{milling}$ (°C)	$t_{milling}$ (menit)
PS	90	60
LLDPE	40	60
PP	100	60

Massa jenis polimer merupakan rasio antara massa terhadap volume polimer terukur. Penghitungan massa jenis dilakukan dengan mengambil sampel polimer sebanyak 20 butir. Pengukuran massa sampel polimer dilakukan menggunakan neraca analitik sedangkan pengukuran volumenya didasarkan pada perubahan ketinggian zat cair yang menunjukkan volume zat cair pada saat polimer tersebut dimasukkan ke dalam tabung ukur. Penentuan volume material dengan bentuk tidak beraturan didasarkan pada hukum Archimedes (Aliah *et al.,* 2012a).

Pengukuran transmitansi dilakukan dengan cara mengukur intensitas cahaya dengan dan tanpa polimer uji. Bila suatu berkas cahaya langsung mengenai sensor cahaya tanpa melewati material polimer, maka *display* alat ukur intensitas cahaya akan menampilkan intensitas cahaya I_0. Sedangkan bila berkas cahaya tersebut dilewatkan pada suatu sampel polimer, maka sinyal yang terdeteksi akan mengalami perubahan dari I_0. Jika sinyal pada alat ukur setelah melewati sampel dinyatakan sebagai I_t, maka transmitansi polimer

ditunjukkan oleh rasio antara I_t dan I_0.Pengukuran I_0 dan I_t dilakukan menggunakan*light meter* model LX-1002 menggunakan sumber cahaya lampu komersial. Melalui metode ini kita dapat menghitung transmitansi polimer uji sebelum dan setelah proses pelapisan.

Uji fotodegradasi terhadap limbah model MB dilakukan untuk mengetahui peran katalis dalam menguraikan senyawa organik. Senyawa MB mempunyai karakteristik serapan seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dan nilai serapan menunjukkan konsentrasi MB yang dapat dihitung berdasarkan kurva kalibrasi MB (Aliah *et al.,* 2012b).



Gambar 2. Spektrum serapan metilen biru dengan konsentrasi 2,60 × 10^{-5} M.

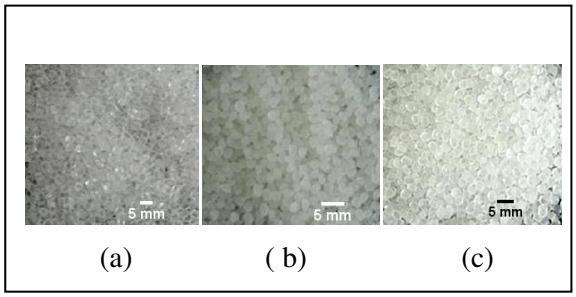
Tabel 2. Parameter pelapisan TiO_2di permukaan polimer PP.

Parameter *milling*	$T_{milling}$ (°C)	$t_{milling}$ **(menit)**
Variasi $T_{milling}$	90 100 110 120 130	60
Variasi $t_{milling}$	100	30 60 90 120

Jumlah TiO_2 yang menempel di permukaan polimer sangat dipengaruhi oleh temperatur dan lama waktu *milling*. Untuk mengetahui pengaruh kedua hal tersebut dilakukan tahapan eksperimen dengan parameter yang terangkum dalam Tabel 2.

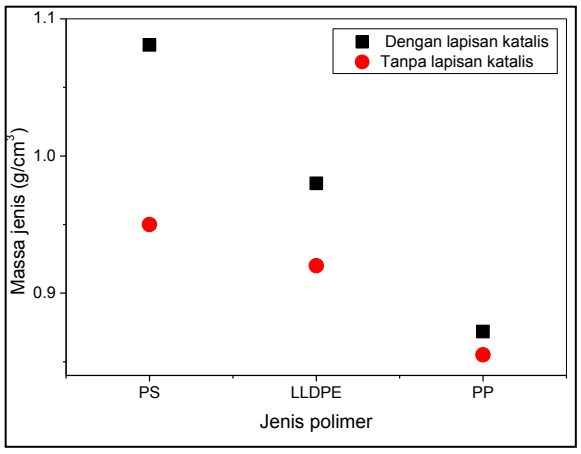
HASIL DAN DISKUSI

Gambar 3 menampilkan ketiga jenis polimer uji berbentuk bulir yang akan dijadikan sebagai material penyangga katalis.



Gambar 3. Polimer uji berbentuk bulir: (a) *polystyrene*(PS), (b) *linear-low density polyethylene* (LLDPE), dan (c) *polypropylene* (PP)

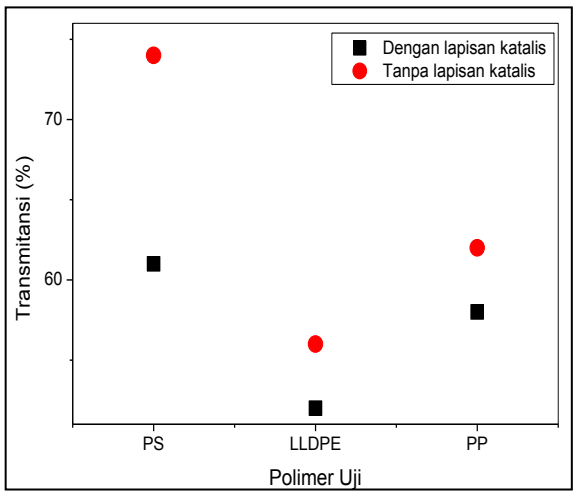
Massa jenis ketiga jenis polimer uji tanpa dan dengan lapisan katalis ditunjukkan dalam Gambar 4.Sebelum proses pelapisan, massa jenis PS, LLDPE dan PP berturut-turut sebesar 0,950; 0,920 dan 0,855 g/cm^3. Setelah polimer dilapisi TiO_2, baik polimer PP, LLDPE dan PP mengalami penambahan massa jenis, yang menunjukkan adanya partikel TiO_2 yang menempel di permukaan polimer. Massa jenis PS, LLDPE dan PP berlapis TiO_2 berturut-turut sebesar 1, 081; 0,980 dan 0,872 g/cm^3.



Gambar 4. Massa jenis polimer uji tanpa dan denganlapisan katalis.

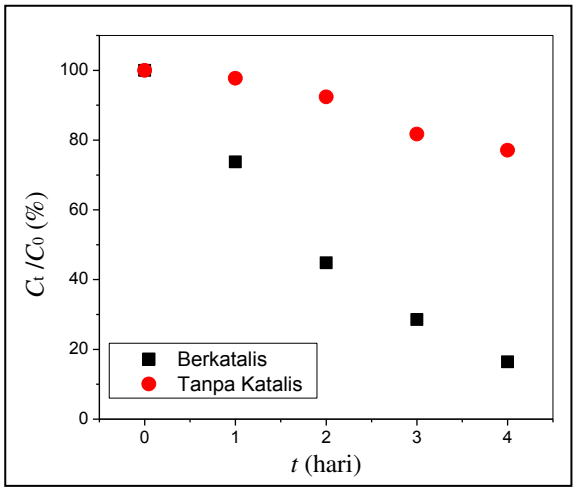
Penempelan TiO_2 mengakibatkan massa jenis polimer PS menjadi lebih besar daripada massa jenis air sehingga tenggelam di dalam air. Di sisi lain, polimer PP berlapis TiO_2 tetap mengapung di permukaan air karena massa jenisnya tetap lebih kecil dibandingkan dengan massa jenis air. Adapun polimer LLDPE, meskipun rata-rata massa jenisnya kurang dari 1 g/cm^3, namun pada kenyataannya ada sebagian butiran polimer LLDPE berlapis TiO_2 yang tenggelam di dalam air. Hal ini menunjukkan proses penempelan yang tidak homogen pada polimer LLDPE.

Transmitansi ketiga polimer uji tanpa dan dengan lapisan katalis ditampilkan dalam Gambar 5. Sebelum proses pelapisan, transmitansi PS, LLDPE dan PP berturut-turut sebesar 74%, 56% dan 62%. Adanya TiO_2 yang menempel di permukaan polimer menyebabkan berkurangnya daya tembus cahaya pada polimer. Transmitansi PS, LLDPE dan PP berlapis TiO_2 berturut-turut sebesar 61%, 52% dan 58%. Dari dua jenis polimer yang terapung di permukaan air, PP mempunyai transmitansi yang lebih besar dibandingkan LLDPE. Hal ini menunjukkan bahwa daya tembus cahaya pada polimer PP lebih tinggi dibandingkan pada polimer LLDPE. Dengan demikian, polimer dengan massa jenis yang ringan dan mempunyai daya tembus cahaya yang paling baik adalah PP. Polimer PP inilah yang dipilih sebagai material penyangga TiO_2 dalam proses imobilisasi selanjutnya.



Gambar 5. Transmitansi polimer uji tanpa dan dengan lapisan katalis.

Gambar 6 menunjukkan hasil dekomposisi untuk mengetahui peran katalis pada polimer dalam mempercepat dekomposisi senyawa MB dalam larutan yang menggunakan PP berlapis TiO_2 dan PP tanpa TiO_2. Tampak bahwa dengan menggunakan katalis hanya tersisa 20% MB dan untuk sampel tanpa menggunakan katalis masih terdapat sekitar 80% MB. Dengan demikian, partikel TiO_2 yang terimobilisasi di permukaan polimer PP mampu menguraikan larutan MB hingga lima kali lebih cepat dibandingkan dengan PP yang tak berlapis katalis (Aliah *et al.*, 2013).

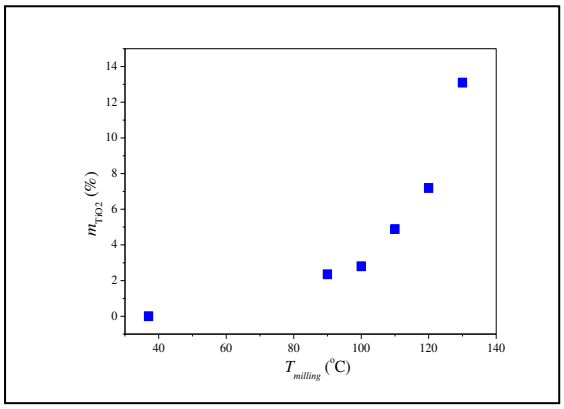


Gambar 6. Pengaruh penggunaan katalis TiO2 (Tmilling = 100 °C, tmilling = 60 menit,mkatalis = 4,5 g) terhadap fotodegradasiMB (C0 = 2,60 × 10-5 M)).

Pertambahan massa polimer PP berlapis TiO_2 dibandingkan dengan massa polimer PP menunjukkan adanya sejumlah TiO_2 telah terimobilisasi pada polimer PP. Persentase TiO_2 (%TiO_2) yang terimobilisasi ke dalam PP dihitung dengan rumusan sebagai berikut:

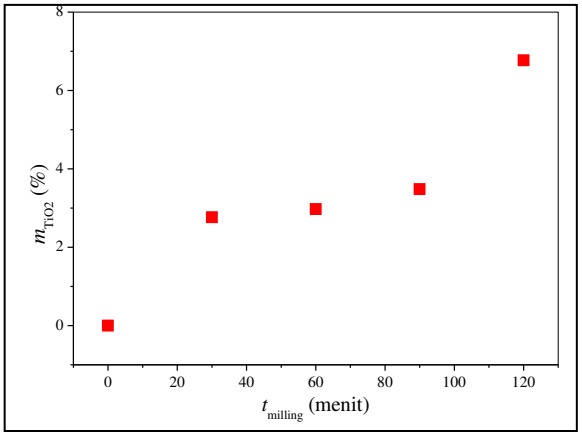
$$\%\ TiO_2 = \frac{(m_{PP+TiO2} - m_{PP})}{m_{PP+TiO2}} \times 100 \qquad (1)$$

dengan $m_{PP+TiO2}$ adalah massa polimer PP berlapis TiO_2 dan m_{PP} adalah massa polimer PP tak berlapis TiO_2.



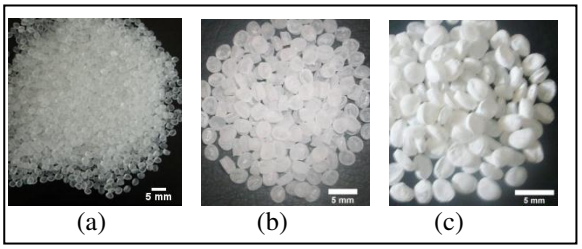
Gambar 7. Pengaruh temperatur milling (Tmilling)terhadap persentase TiO_2 yangterimobilisasi pada polimer PP.

Persentase TiO_2 yang terimobilisasi pada polimer PP yang dipengaruhi oleh temperatur dan lama waktu *milling* berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8. Berdasarkan kedua gambar tersebut, nampak adanya kecenderungan bertambahnya jumlah TiO_2 yang terimobilisasi pada polimer PP akibat penambahan temperatur dan lama waktu *milling*.



Gambar 8. Pengaruh lamanya milling (tmilling) terhadap persentase TiO2 yang terimobilisasi pada polimer PP.

Gambar 9 menampilkan bentuk fisik polimer dengan temperatur pelapisan yang bervariasi. Bulir PP berlapis partikel TiO_2 yang mengalami proses *milling* dengan temperatur antara 90 – 120 °C menunjukkan sifat semi transparan dan polimer tidak mengalami perubahan bentuk. Hasil yang berbeda ditunjukkan pada material dengan temperatur *milling* 130°C. Hal ini terjadi disebabkan terjadinya pemanasan dengan temperatur yang telah mencapai titik leleh polimer PP, yaitu pada 130 – 171 °C (Aliah*et al*., 2011; Aliah, 2012).



Gambar 9. Pengaruh lamanya milling (tmilling) terhadap persentase TiO2 yang terimobilisasi pada polimer PP.

SIMPULAN

Polimer PP dipilih sebagai material penyangga katalis TiO_2. Hal ini didasarkan pada massa jenis PP berlapis katalis yang kurang dari massa jenis air, sehingga akan terapung di permukaan air. Di samping itu, material ini mempunyai transmitansi sebesar 58%, sehingga mempunyai kemampuan yang baik untuk meneruskan cahaya sebagai sumber foton. Kedua sifat fisik ini sangat berperan dalam proses fotokatalisis pada penguraian senyawa organik dalam air limbah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh DIPA ITB melalui Hibah Doktor 2011 dan DIPA UIN melalui Dana Penelitian 2013.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M., I. Nurmawarti, H. Subianto, Khairurrijal, & H. Mahfudz. 2010. Very Wide Band Absorption of Sunlight Spectra Using Titanium Dioxide Particles With Distributed Band Gap. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi* 3:10-14.

Aliah, A., A. Sawitri, M.P. Aji, A. Setiawan, E. Sustini, M. Budiman, & M. Abdullah. 2012a. Pelapisan Partikel TiO_2 pada Polimer Polipropilen dan Aplikasinya sebagai *Reusable Photocatalyst*. *Prosiding Seminar Nasional Material* 2012a, ITB, Bandung ISBN 978-602-19915-0-3.

Aliah, H., A. Setiawan, & M. Abdullah. 2013. Pengaruh Jumlah Lapisan Bulir Polimer

Polipropilena Berfotokatalis Semikonduktor TiO_2 Terhadap Fotodegradasi Metilen Biru. *Prosiding Semirata Universitas Lampung 2013*.

Aliah, H., M.P. Aji, Masturi, E. Sustini, Budiman & M. Abdullah. 2012b. The TiO_2 Nanoparticles-Coated Polypropylene Copolymer as Photocatalyst on Methylene Blue Photodegradation under Solar Exposure. *Am. J. Environ. Sci*. 8 (3): 280-290.

Aliah, H., O. Arutanti, Masturi, A. Setiawan, E. Sustini, M. Budiman, M. Abdullah. 2011. Optimization of Coating Temperature of TiO_2Nanoparticles on ThePolypropylene Copolymer Surface for Photodegradation of Methylene Blue. *AIP Conf. Proc.*, 1415: 155-158.

Arutanti, O., & M. Abdullah. 2009. Penjernihan Air Dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis pada Permukaan Titanium Dioksida (TiO_2). *J. Nano Saintek. Spec. Ed.Agust* : 43-45.

Fujishima, A., T.N. Rao, D.A. Tryk. 2000. Titanium Dioxide Photocatalysis.*Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews* 1: 1–21.

Aliah, H. 2012. Imobilisasi, TiO_2 pada Permukaan Bulir Polimer Polipropilena dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis pada Fotodegradasi Metilen Biru [disertasi] Bandung: ITB

Hoffmann, M.R., S.T. Martin, W. Choi, D.W. Bahnemannt. 1995. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chem. Rev* 95: 69-96.

Houari, M., M. Saidi, D. Tabet, P. Pichat, & H. Khalaf. 2005. The Removal of 4-Chlorophenol and Dichloroacetic Acid in Aster Using Ti-, Zr- and Ti/Zr-Pillared Bentonites as Photocatalyst. *American J. of Appl. Sci*. 2 (7), 1136-1140.

Isnaini, V.A., O. Arutanti, E. Sustini, H. Aliah, Khairurrijal, & M. Abdullah. 2011. A Novel System for Producing Photocatalytic Titanium Dioxide Coated Fibers for Decomposing Organic Pollutants in Water. *Environ. Prog.Sustainable Energy*.

Moghaddam, M.B., A.H. Yangjeh. 2011. Effect of Operational Parameters on Photodegradation of Methylene Blue on ZnS Nanoparticles Prepared in Presence of An Ionic Liquid as A Highly Efficient Photocatalyst. *J. Iran. Chem. Soc*.8: 169-175.

Nurmawati, I., M. Abdullah, & Khairurrijal. 2009. Distribusi Celah Pita Energi "Titania Kotor". *J. Nano Saintek. Spec. Ed. August*: 38-42.

Qamar, M. & M. Muneer. 2009. A Comparative Photocatalytic Activity of Titanium Dioxide and Zinc Oxide by Investigating the Degradation of Vanillin. *Desalination* 249: 535–540.

Rajeswari, R. & S. Kanmani. 2009. TiO_2-Based Heterogeneous Photocatalytic Treatment Combined With Ozonation for Carbendazim Degradation. *Iran J. Environ. Health. Sci. Eng*. 6 (2): 61-66.

Rashed, M.N. & A.A El-Amin. 2007. Photocatalytic Degradation of Methyl Orange in Aqueous TiO_2Under Different Solar Irradiation Sources. *Int. J. Phys. Sci.,*2 (3), 073-081.

Slamet, R. Syakur, & D. Danamulyo. 2003. Modifikasi Zeolit Alam Lampung Dengan Fotokatalis TiO_2 Melalui Metode Sol Gel dan Aplikasinya Untuk Penyisihan Fenol. *Jurnal Makara Teknologi* (7): 27-32.

Tayade, R.J., R.G. Kulkarni, & R.V. Jasra. 2007. Enhanced Photocatalytic Activity of TiO_2-Coated NaY and HY Zeolites for the Degradation of Methylene Blue in Water. *Ind. Eng. Chem. Res*. 46: 369-376.

Tipler, P.A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 1*. Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.

Xikong, L., B. Kongreong, D. Kantachote, & W. Sutthisripok. 2010. Photocatalytic Activity and Antibacterial Behavior of Fe^{3+}-Doped TiO_2/SnO_2 Nanoparticles. *Energy Research Journal*, (1): 120-125.