

## SEMIKONDUKTOR TiO<sub>2</sub> SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS BERULANG

Hasniah Aliah<sup>1</sup>, Yuni Karlina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jur. Fisika FST UIN SGD Bandung

\* Email: [hasniahaliah@uinsgd.ac.id](mailto:hasniahaliah@uinsgd.ac.id)

### Abstrak

Telah dilakukan studi mengenai polimer polipropilena (PP) berlapis TiO<sub>2</sub> sebagai material fotokatalis berulang (*reusable photocatalyst*) yang diaplikasikan pada fotodegradasi metilen biru (MB). Pabrikasi pelapisan TiO<sub>2</sub> pada polimer PP dilakukan menggunakan teknik *thermal milling* dengan pengaturan suhu pada 100°C selama 90 menit dalam alat *cylinder milling*. Pengujian fotodegradasi dilakukan dengan cara penggunaan polimer berkatalis TiO<sub>2</sub> yang sama secara berulang dimulai dengan sekali pemakaian, dua kali, tiga kali, dan seterusnya hingga sepuluh kali pemakaian dengan proses penyinaran selama lima hari. Berdasarkan uji fotodegradasi, diperoleh hasil bahwa penggunaan material fotokatalis secara berulang hingga sepuluh kali pengulangan menghasilkan pengurangan konsentrasi berturut-turut sebesar 96,09%, 96,73%, 96,31%, 96,30%, 97,27%, 96,53%, 94,58%, 95,81%, 95,5%, dan 91,01%. Dengan demikian, katalis TiO<sub>2</sub> yang telah digunakan berulang hingga sepuluh kali masih mampu mengurai senyawa MB hingga 90%.

**Kata kunci:** Fotokatalisis, TiO<sub>2</sub>, Polimer polipropilen, materail fotokatalis berulang

## PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu faktor penting dalam menunjang kebutuhan hidup bagi seluruh makhluk di permukaan bumi. Dewasa ini sumber air secara bertahap semakin tercemar karena maraknya limbah yang tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang. Adapun air limbah yang mencemari lingkungan bersumber dari berbagai industri, yang banyak menghasilkan air limbah berwarna. Air limbah berwarna yang sulit diolah berasal dari berbagai industri seperti tekstil, pulp dan kertas, kosmetik, tinta, pengolahan makanan dan lain-lain.

Industri tekstil merupakan salah satu penghasil air limbah berwarna terbanyak, karena menggunakan sekitar 80% zat pewarna pada proses produksinya. Pada saat ini ada sekitar 10.000 jenis pewarna yang digunakan di seluruh dunia dengan total produksi  $8 \times 10^6$  ton per tahun atau 10-15%, zat pewarna berakhir menjadi air limbah (Chittaranjan

dkk., 2012). Salah satu contoh zat warna yang banyak digunakan industri tekstil adalah metilen biru.

Rata-rata konsentrasi limbah dari industri tekstil dilaporkan memiliki sekitar 300 mg/L (Chittaranjan dkk., 2012). Adapun konsentrasi penggunaan zat pewarna lebih dari 1 ppm akan sangat terlihat di dalam air. Selain menyebabkan polusi estetika, zat pewarna juga akan menghambat proses fotosintesis tanaman air, sehingga mengurangi tingkat oksigen terlarut dalam air (Veliev dkk., 2006). Semua fakta di atas mendorong kebutuhan untuk mengembangkan teknologi yang layak dan mudah dilakukan untuk pengolahan zat pewarna pada air limbah. Banyak peneliti sebelumnya telah berupaya untuk mencari solusi dengan berbagai metode melalui proses fisika, kimia dan biologi.

Proses fisika seperti adsorpsi, koagulasi dan penggunaan membran menunjukkan hasil yang bagus dalam penyisihan warna, namun dalam beberapa

metode tersebut masih memiliki banyak kekurangan, yaitu menghasilkan lumpur dalam proses pengolahan, kurang efektif pada zat warna tertentu, menghambat penyaringan dan cenderung mahal karena memerlukan tempat yang cukup luas serta sulit dilakukan oleh masyarakat awam (Gupta, 2009; Hai dkk., 2008).

Proses biologis seperti aerobik dan anaerobik biodegradasi, biosorpsi, bioremediasi enzimatik dan degradasi dengan menggunakan *batch reactor* (Kaushik dan Malik, 2009). Metode tersebut memiliki kelebihan yaitu dapat mengoksidasi zat warna sekitar 90% (Harush dkk., 2011), namun memiliki kekurangan yaitu tingkat degradasi zat warna yang sangat rendah serta sulit merealisasikan pada masyarakat umum dan hanya mampu dilakukan dalam skala laboratorium. Proses kimia seperti ozonisasi, Ozonisasi UV, Fenton dan lain-lain, juga dapat digunakan untuk mengatasi masalah limbah zat warna namun tidak efisien dan cenderung mahal

dalam proses pengolahan (Srinivasan dan Murthy, 2009).

Dari beberapa proses pengolahan limbah zat warna di atas, ada metode yang kini sedang berkembang yaitu proses fotokatalis, merupakan metode alternatif yang potensial dilakukan untuk pengolahan limbah maupun fotodegradasi senyawa organik seperti zat warna metilen biru dengan skala besar dan dengan biaya yang relatif murah. Teknik fotokatalis merupakan proses fotokimia yang dikombinasikan dengan katalis terintegrasi untuk melakukan suatu reaksi transformasi kimia. Transformasi kimia tersebut terjadi pada permukaan bahan katalis semikonduktor yang melibatkan cahaya yang berasal dari foton dengan energi tertentu. Dengan kata lain proses fotokatalis dapat menguraikan senyawa dengan bantuan cahaya. Mekanisme dasar dari proses ini yaitu terbentuknya pasangan *electron-hole* pada permukaan katalis semikonduktor ketika terinduksi oleh energi foton yang sesuai. Dari

beberapa penelitian sebelumnya terdapat banyak bahan katalis semikonduktor yang digunakan, terutama serbuk  $\text{TiO}_2$  terutama dalam bentuk kristal anatase yang memiliki aktivitas fotokatalis yang cukup tinggi, stabil secara kimia, serta tidak beracun (Hashimoto dkk., 2010). Teknik ini juga memiliki keunggulan lebih dikarenakan menggunakan bahan yang murah dan mudah didapatkan serta tidak memerlukan instalasi atau tempat yang luas seperti halnya metode pengolahan air limbah lainnya. Juga dapat di gunakan oleh masyarakat umum karena prosesnya yang mudah.

Pada beberapa penelitian sebelumnya penggunaan serbuk  $\text{TiO}_2$  untuk penjernihan limbah zat warna dilakukan dengan cara menaburkan serbuk  $\text{TiO}_2$  secara langsung kedalam air limbah (Arutanti, 2009). Tetapi teknik tersebut memiliki kendala yaitu serbuk  $\text{TiO}_2$  menjadi polutan baru dalam limbah karena perlu penanganan khusus dalam pemisahan serbuk  $\text{TiO}_2$  dengan air limbah

setelah proses penjernihan selesai dilakukan. Pemecahan dari masalah tersebut juga telah dilakukan oleh berbagai peneliti, diantaranya dengan melakukan pelapisan serbuk  $\text{TiO}_2$  terhadap benang nilon dengan metode perekatan menggunakan *aica aibon*, ada pula yang menempelkan pada permukaan *high density polyethylene* (HDPE) dengan cara penggilingan disertai pemanasan secara konvensional (Subiayanto dkk., 2009; Arutanti, 2010). Penggunaan polimer polipropilena (PP) sebagai matriks nanopartikel  $\text{TiO}_2$  untuk pengganti HDPE, dengan cara dilapiskan pada permukaannya dirasa mampu bekerja lebih baik, karena polimer polipropilena memiliki densitas yang lebih rendah daripada air serta memiliki tingkat transparansi yang sangat baik sehingga mampu mengapung pada permukaan air sebelum dan sesudah dilapisi nanopartikel  $\text{TiO}_2$ . Hal tersebut juga dapat memudahkan dalam penanganan akhir berupa pemisahan antara fotokatalis

berlapis TiO<sub>2</sub> dengan air limbah setelah pengujian (Fitria, 2011).

Serbuk TiO<sub>2</sub> teknis memiliki spektrum absorbansi yang lebar dibandingkan dengan serbuk TiO<sub>2</sub> murni, jika TiO<sub>2</sub> murni hanya memiliki efisiensi fotokatalitik sebesar 5% dari energi matahari maka TiO<sub>2</sub> teknis mempunyai spektrum penyerapan cahaya tampak yang lebih besar sekitar 45% energi matahari dalam proses fotokatalisnya (Nurmawati dkk., 2009). Hal tersebut terjadi karena pada TiO<sub>2</sub> teknis terdapat dopan seperti N, B, C, F, dan lain-lain sehingga mampu memperkecil *band gap* dan memperbesar spektrum serapan cahaya dari titania. Penggunaan TiO<sub>2</sub> teknis pada proses fotokatalis diharapkan mampu memaksimalkan pemanfaatan energi matahari dalam proses degradasi.

Penelitian sebelumnya telah diketahui teknik pelapisan partikel TiO<sub>2</sub> pada permukaan polimer polipropilena dengan cara pemanasan terkontrol disertai pengadukan. Proses pelapisan tersebut

sangat bergantung pada temperatur (100<sup>0</sup>C) dan durasi pengadukan (90 menit), dengan nilai optimum dari kedua parameter tersebut diperoleh dari pengujian fotodegradasi katalis pada model limbah organik (Aliah, 2012). Dalam penelitian tersebut juga telah mengkaji mengenai kestabilan katalis pada permukaan polimer PP dengan pemakaian berulang hingga lima kali dan didapatkan hasil bahwa polimer berkatalis TiO<sub>2</sub> mampu mengurai senyawa metilen biru hingga 97%.

Berdasarkan pemaparan diatas, fokus yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah pengujian fotodegradasi metilen biru hingga sepuluh kali pengulangan. Dari hasil pengujian tersebut, akan dapat diketahui kualitas penempelan katalis pada permukaan polimer propilena dalam mengurai senyawa metilen biru.

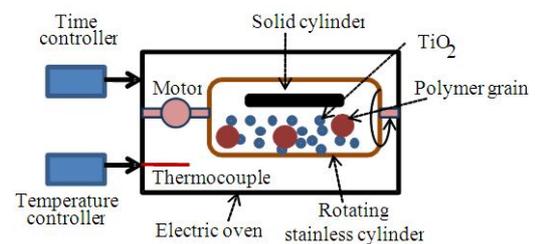
## **METODE EKSPERIMEN**

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan, yaitu sintesis polimer

polipropilena (PP) dilapisi  $\text{TiO}_2$ , pengujian katalis polimer PP berlapis  $\text{TiO}_2$  yang telah digunakan secara berulang hingga sepuluh kali untuk mendegradasi limbah organ metilen biru, dan karakterisasi sampel uji limbah organik dan morfologi permukaan katalis berturut-turut dengan menggunakan UV-Vis dan SEM.

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, pabrikasi polipropilena (PP) dilapisi  $\text{TiO}_2$  telah berhasil dilakukan dengan menggunakan alat *cylinder milling* yang dimodifikasi dari sebuah oven pemanas rumah tangga (Aliah, 2012). Spesifikasi milling yang digunakan adalah KIRIN *electric oven* model KBO-190 RAW yang dilengkapi dengan suhu dan waktu terkontrol. Alat pemanas tersebut juga memiliki sistem pemutar di dalamnya, ini membuat proses sintesis pelapisan akan lebih sempurna karena suhu dan waktu dapat dengan otomatis diatur. Pemanas tersebut adalah oven pemanas biasa yang banyak dijual dipasaran, modifikasi yang telah dilakukan

hanya dengan memodifikasi *milling* yang terbuat dari bahan stainless steel dengan diameter 12,1 cm dan panjang 22,9 cm. Ilustrasi proses pelapisan  $\text{TiO}_2$  pada permukaan PP dalam *cylinder milling* dapat dilihat pada Gambar 1.



**GAMBAR 1.** Ilustrasi proses *milling* dalam eksperimen ini (Aliah, 2012)

Parameter yang digunakan dalam sintesis katalis  $\text{TiO}_2$ /PP dan pengujian fotodegradasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Kalibrasi pembuatan kurva standar MB telah dilaporkan pada paper sebelumnya yaitu dengan membuat larutan standar dari metilen biru PA dengan konsentrasi  $0,5 \times 10^{-5}$  M,  $1 \times 10^{-5}$  M, dan  $2 \times 10^{-5}$  M. Kurva karakterisasi absorbansi MB dengan beberapa variasi konsentrasi didapat dengan pengukuran UV-Vis

menggunakan alat UV *Visible Hewlett Packard 8453 Diode Array* pada panjang gelombang 400-800 nm. Proses pengukuran dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Institut Teknologi Bandung.

**Tabel 1** Parameter sintesis katalis TiO<sub>2</sub>/PP dan pengujian aktivitas fotokatalitik (Aliah, 2012).

|                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| Temperatur pengadukan | 100 °C                  |
| Durasi pengadukan     | 90 menit                |
| Konsentrasi awal MB   | $2,00 \times 10^{-5}$ M |
| Volume larutan MB     | 250 ml                  |
| Massa katalis         | 9 gram                  |

Pada tahap fotodegradasi MB, pengujian dilakukan dengan menggunakan sumber cahaya matahari langsung dengan intensitas cahaya yang diukur secara periodik. Pengujian kinerja katalis dilakukan dengan memasukkan sembilan gram katalis TiO<sub>2</sub>/PP ke dalam 250 ml model limbah MB (konsentrasi awal  $2,00 \times 10^{-5}$  M). Katalis akan mengapung pada permukaan model limbah karena

kerapatan katalis lebih kecil daripada kerapatan larutan MB terlihat pada ilustrasi Gambar 2.

Pengujian fotodegradasi dilakukan di bawah sinar matahari langsung selama lima hari. Sampel uji diambil setiap sore hari sekitar pukul 15.30 WIB untuk kemudian dilakukan pengukuran absorbansi larutan MB. Absorbansi larutan diukur dengan menggunakan UV-VIS spektrometer dan konsentrasinya dihitung berdasarkan kurva kalibrasi larutan standar MB.



**Gambar 2** Ilustrasi proses degradasi larutan MB dengan fotokatalisis dibawah sinar matahari

Adapun degradasi MB dapat dinyatakan dengan persamaan kecepatan reaksi kinetik yaitu:

$$-\frac{dC}{dt} = kC \quad (1)$$

$$C = C_0 e^{-kt} \quad (2)$$

$$\ln \frac{C}{C_0} = kt \quad (3)$$

dengan  $\frac{dC}{dt}$  adalah laju degradasi metilen biru (M/hari),  $C_0$  merupakan konsentrasi awal metilen biru (M),  $C$  adalah konsentrasi metilen biru setelah waktu  $t$  (M),  $t$  menunjukkan waktu (hari), dan  $k$  merupakan tetapan kelajuan degradasi ( $\text{hari}^{-1}$ ).

Untuk mengetahui kualitas penempelan material  $\text{TiO}_2$  pada permukaan polimer PP dalam mendekomposisi material organik, material  $\text{TiO}_2/\text{PP}$  digunakan dalam uji fotodegradasi MB secara berulang hingga sepuluh kali pemakaian. Pada tahap awal, uji fotodegradasi MB dilakukan untuk katalis yang baru pertama kali digunakan dan sampel uji diambil pada hari kelima.

Selanjutnya, pengujian dilakukan dengan menggunakan katalis yang baru digunakan satu kali bersamaan dengan uji fotodegradasi MB dengan katalis yang dipakai untuk kedua kalinya. Demikian seterusnya hingga proses pengujian sampai pada penggunaan katalis sepuluh, sembilan, delapan dan seterusnya yang dilakukan secara bersamaan. Dengan demikian, pada hari kelima pengujian diperoleh sampel uji yang menunjukkan fotodegradasi MB yang menggunakan katalis satu kali pakai hingga katalis yang telah digunakan hingga sepuluh kali.

Karakterisasi yang akan dilakukan pada sampel limbah organik yang telah melalui penjernihan melalui teknik fotokatalisis adalah karakterisasi UV-Vis (*Ultraviolet-Visible*) yaitu karakterisasi untuk mengetahui serapan sampel terhadap cahaya tampak yang bersumber dari cahaya matahari, selanjutnya hasil karakterisasi tersebut dapat dikonversi menjadi penurunan konsentrasi sampel limbah organik dari hari ke hari untuk

melihat peluang penggunaan katalis secara berulang (*reusabilitas*) dari material fotokatalis yang telah digunakan. Karakterisasi menggunakan SEM dilakukan untuk mengetahui kondisi morfologi permukaan katalis terkait dengan kestabilan penempelan TiO<sub>2</sub> setelah digunakan hingga sepuluh kali.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pabrikasi pelapisan material TiO<sub>2</sub> pada permukaan polimer PP dilakukan dengan menggunakan teknik pemanasan terkontrol dari alat *cylinder milling* yang ditunjukkan dalam Gambar 3. Alat ini berupa oven dengan pengatur waktu, suhu, dan putaran otomatis. Tabung *milling* sebagai wadah pelapisan TiO<sub>2</sub> terhadap *Polypropylene* (PP), dan silinder nonmagnetik sebagai penumbuk. Pada proses ini dimasukan material serbuk TiO<sub>2</sub> teknis dan Polimer PP dengan perbandingan yang sama secara bersamaan ke dalam *cylinder milling* dengan suhu dan lama pelapisan yang terkontrol.

Temperatur yang digunakan sebesar 100°C dengan lama pelapisan yaitu 90 menit.

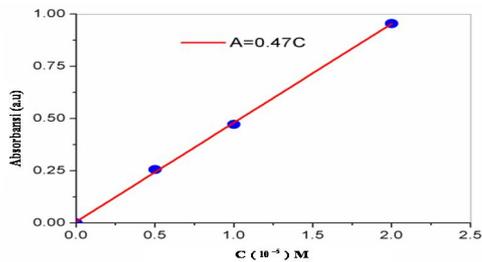


**Gambar 3.** *Cylinder milling* dengan pengaturan suhu dan waktu otomatis, KIRIN *electric oven* model KBO-190 RAW

Pada penelitian ini, MB digunakan sebagai model limbah organik yang akan dijernihkan memakai teknik fotokatalisis. Agar konsentrasi MB selama eksperimen berlangsung dapat diketahui, maka diperlukan kalibrasi MB.

Pengukuran kalibrasi konsentrasi MB dilakuka dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis yang menunjukkan hasil kurva karakterisasi absorbansi metilen biru berada pada puncak maksimum panjang gelombang 664 nm (Aliah dkk., 2012). Hasil pengukuran

kurva hubungan absorbansi-konstanta dapat dilihat pada Gambar 4



**Gambar 4.** Kurva kalibrasi larutan standar metilen biru (Aliah dkk., 2012)

Kurva di atas menunjukkan hubungan linear antara konsentrasi dan absorbansi larutan MB menurut persamaan,

$$A = 0,47 \times 10^{-5} C \quad (4.1)$$

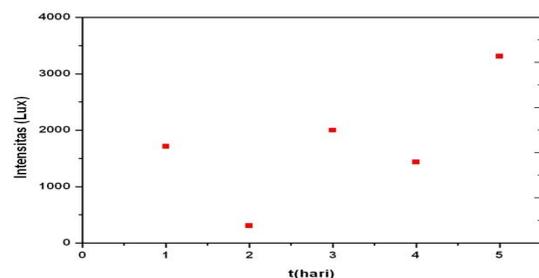
dengan  $A$  adalah absorbansi larutan MB pada panjang gelombang 664 nm dan  $C$  merupakan konsentrasi larutan MB.

Sampel larutan MB pada hari ke-0 dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Sampel uji di hari ke-0 ( $C_0 = 2.40 \times 10^{-5} M$ )

Karena proses fotokatalisis berlangsung dalam keadaan terbuka maka proses akan sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan intensitas cahaya matahari dari keadaan sempel uji. Secara umum perbedaan hari menunjukkan perbedaan kondisi cuaca, seperti dilihat pada Gambar 6 yang menunjukkan kondisi cuaca rata-rata dari intensitas cahaya matahari yang diukur pada lima hari penyinaran berturut-turut. Parameter intensitas cahaya ini merupakan informasi tambahan mengenai kondisi lingkungan di sekitar lokasi eksperimen pengujian fotodegradasi berlangsung.



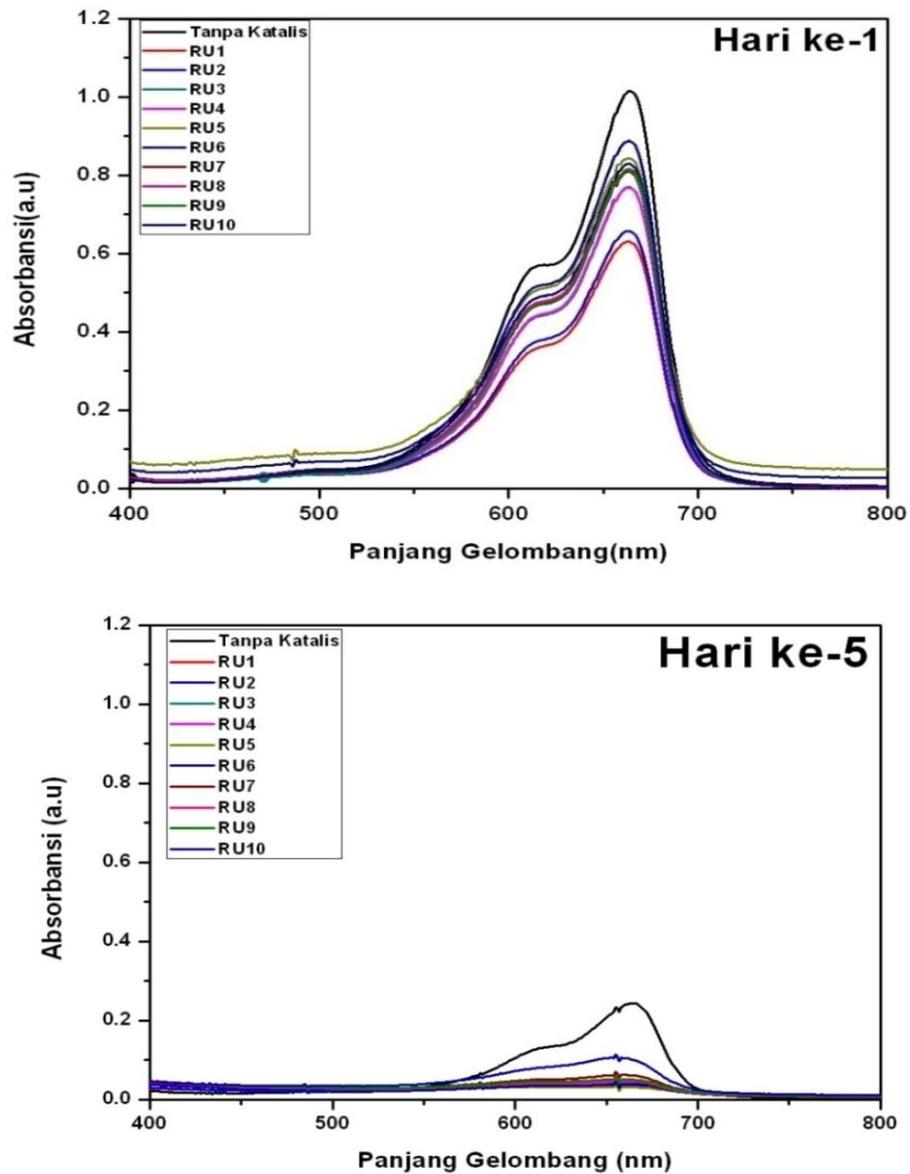
**Gambar 6.** Parameter fisis intensitas cahaya matahari rata-rata per hari

Gambar 7 menunjukkan spektrum serapan di hari pertama dan hari ke lima. Dapat dilihat bahwa puncak absorbansi

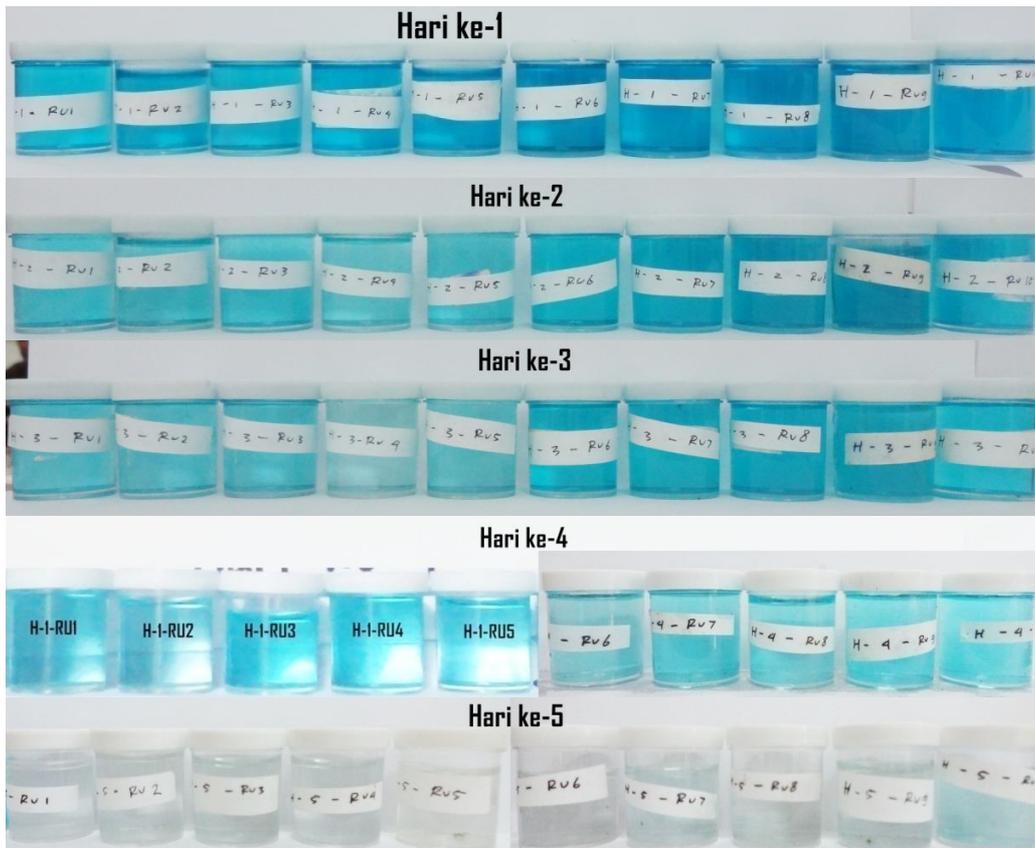
larutan MB juga mengalami penurunan yang signifikan pada setiap sampel uji dimulai dari penggunaan yang baru dilakukan pertama kali, kedua, ketiga, hingga penggunaan ke sepuluh. Spektrum serapan pada sampel uji larutan MB tanpa katalis juga mengalami penurunan puncak namun tidak menurun seoptimal larutan MB dengan menggunakan katalis, hal ini disebabkan karena peran katalis pada polimer adalah untuk mempercepat dekomposisi senyawa MB dalam larutan. Proses dekomposisi larutan MB tanpa katalis cenderung lambat dikarenakan proses dekomposisi senyawa MB hanya terjadi apabila adanya bantuan cahaya matahari langsung yang bereaksi dengan katalis.

Dari masing-masing sampel larutan MB yang diuji dalam reaktor tak alir, dapat dilihat bahwa semakin lamanya penyinaran dilakukan maka semakin berkurang konsentrasi dari larutan MB tersebut. Hal ini ditunjukkan oleh berkurangnya absorbansi larutan MB

dimana terjadi degradasi warna dari biru menjadi bening (Gambar 8).



**Gambar 7.** Spektrum serapan MB hari ke-1 (H-1) dan hari ke-5 (H-5) menggunakan katalis yang dipakai berulang hingga sepuluh kali.



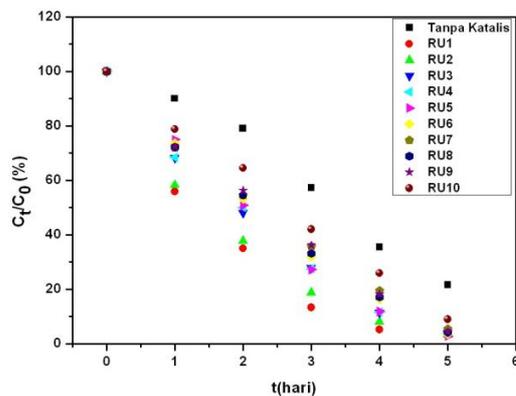
**Gambar 8.** Hasil degradasi larutan metilen biru dari hari ke-1 (dari kiri ke kanan) hingga hari ke-10.

Pada Gambar 9 tampak adanya perbedaan laju dekomposisi untuk setiap larutan MB mulai terlihat pada hari pertama penyinaran. Kurva grafik hubungan antara  $C_t/C_0$  terhadap lamanya perlakuan memperlihatkan adanya penurunan tetapan kelajuan degradasi. Penyinaran dengan

menggunakan sinar matahari langsung memungkinkan terjadinya eksitasi dari elektron ke pita konduksi sehingga membangkitkan *hole* pada pita valensi dari material katalis semikonduktor ( $\text{TiO}_2$ ). *Hole* tersebut akan bereaksi dengan air yang menghasilkan radikal bebas hidroksil  $\text{OH}^\cdot$  yang berperan dalam mengoksidasi senyawa

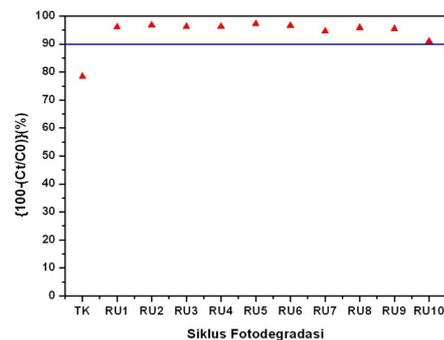
organik. Semakin lama waktu penyinaran maka degradasi konsentrasi larutan MB akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena adanya katalis yang berada di dalam larutan MB akan mendapat penyinaran yang lebih lama yang berakibat lebih banyaknya katalis yang aktif dan menghasilkan *hydroxyl* radikal yang membantu mendegradasikan larutan MB.

Gambar 9 menunjukkan stabilitas polimer berlapis katalis  $\text{TiO}_2$  untuk fotodegradasi MB secara berulang setelah penyinaran lima hari masih mampu mengurai senyawa diatas 90%.



**Gambar 9.** Fotodegradasi MB untuk pengujian penggunaan polimer berkatalis  $\text{TiO}_2/\text{PP}$  secara berulang.

Bila ditinjau dari nilai laju kinetik degradasi untuk masing-masing sampel uji, nilai  $k$  untuk larutan MB dengan menggunakan katalis sekali hingga sepuluh kali penggunaan berturut-turut sebesar,  $0,973 \text{ hari}^{-1}$ ,  $0,984 \text{ hari}^{-1}$ ,  $0,952 \text{ hari}^{-1}$ ,  $0,734 \text{ hari}^{-1}$ ,  $0,94 \text{ hari}^{-1}$ ,  $0,906 \text{ hari}^{-1}$ ,  $0,911 \text{ hari}^{-1}$ ,  $0,912 \text{ hari}^{-1}$ ,  $0,837 \text{ hari}^{-1}$ , dan  $0,919 \text{ hari}^{-1}$  dengan konsentrasi awal  $2.40 \times 10^{-5} \text{ M}$ .



**Gambar 10.** Grafik fotodegradasi MB secara berulang setelah penyinaran lima hari.

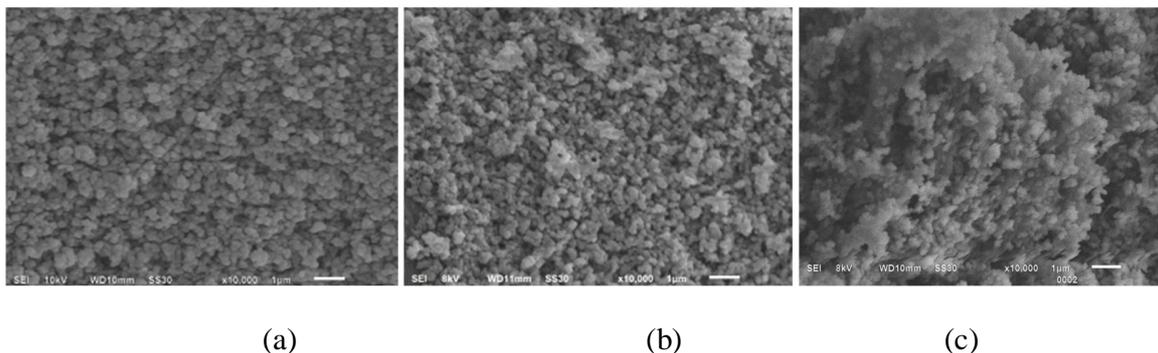
Gambar 10 menunjukkan pengurangan konsentrasi senyawa MB dalam larutan uji pada hari kelima pengujian dengan katalis yang digunakan secara berulang dari konsentrasi awal  $2,00 \times 10^{-5} \text{ M}$ . Pada hari

kelima, katalis yang digunakan untuk pertama kali hingga penggunaan sepuluh kali mampu mendegradasi MB berturut-turut penggunaan pertama kali sebanyak 96,09%, penggunaan kedua 96,73%, penggunaan ketiga 96,31%, penggunaan keempat 96,30%, penggunaan kelima 97,27%, penggunaan keenam 96,53%, penggunaan ketujuh 94,58%, penggunaan kedelapan 95,81%, penggunaan kesembilan 95,5%, dan penggunaan yang kesepuluh mampu mengurai hingga 91,01%. Maka dari itu, katalis berlapis  $\text{TiO}_2$  yang telah digunakan masih mampu mengurai senyawa MB sehingga penggunaan secara berulang (*reusable photocatalyst*) masih mungkin terjadi.

Gambar 11a menunjukkan citra SEM untuk butiran polimer berlapis  $\text{TiO}_2$  sebelum diterapkan pada proses fotodegradasi katalis  $\text{TiO}_2$  menempel sempurna pada permukaan

polimer. Gambar 11b menunjukkan citra SEM butiran polimer berkatalis  $\text{TiO}_2$  yang sudah digunakan satu kali pada proses fotodegradasi MB yang menunjukkan bahwa material  $\text{TiO}_2$  masih menempel dengan sempurna, meskipun terlihat adanya aglomerasi MB yang menempel pada permukaan katalis, namun setelah proses fotodegradasi berakhir permukaan berlapis katalis akan kembali pada kondisi semula.

Gambar 11c menunjukkan citra SEM polimer PP berlapis katalis  $\text{TiO}_2$  yang sudah digunakan hingga sepuluh kali pengulangan. Dapat dilihat bahwa lebih banyak lagi senyawa MB yang menempel pada katalis di permukaan polimer. Meskipun demikian, masih cukup banyak katalis yang menempel sehingga masih mampu mendegradasi senyawa MB hingga 90%.



**Gambar 11.** Citra SEM butiran polimer berlapis TiO<sub>2</sub> (a) sebelum digunakan, (b) setelah satu kali penggunaan, dan (c) setelah melalui 10 kali penggunaan

### KESIMPULAN

Penggunaan berulang katalis TiO<sub>2</sub>/PP pada proses fotodegradasi hingga sepuluh kali pemakaian dalam pengujian aktifitas fotokatalitik larutan limbah organik metilen biru menunjukkan bahwa katalis TiO<sub>2</sub>/PP bersifat *reusable*, dengan ditunjukkan pada hasil penurunan konsentrasi senyawa MB dalam proses fotodegradasi dihari ke lima penyinaran mampu mengurai hingga lebih dari 90%. Pada karakterisasi citra SEM juga menunjukkan bahwa katalis TiO<sub>2</sub> masih menempel dengan baik pada permukaan polimer, hal tersebut memberi peluang pemanfaatan katalis berlapis TiO<sub>2</sub>/PP secara

berulang hingga melebihi sepuluh kali penggunaan.

### REFERENSI

- Abdullah, M. dan Khairurrijal., 2010. *Karakterisasi Nanomaterial: Teori, Penerapan Dan Pengolahan Data*, CV. Rezeki Putera, Bandung, 71-77.
- Arutanti, O., Abdullah, M., Khairurrijal, dan Mahfudz, H., 2009. *Penjernihan Air dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis pada Permukaan Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>)*. Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi, Edisi khusus, ISSN 1979-0880.

- Chittaranjan, S., Ashok, K., Gupta., Indu, M, dan Pillai S., 2012. *Heterogeneous photocatalysis of real textile wastewater: Evaluation of reaction kinetics and characterization.* Journal of Environmental Science and Health, Bagian A 47, 2109–2119. ISSN: 1093-4529 (Print); 1532-4117 (Online)
- Darajat, S., Aziz, H., dan Alif, A., 2008. *Seng Oksida (ZnO) sebagai Fotokatalisis pada Proses Degradasi Senyawa Biru Metilen.* J. Ris. Kim. Vol. 1, No. 2 ISSN 1978-628X, hal 179-185.
- Fitria, I., 2011. *Pelapisan Nanopartikel TiO<sub>2</sub> pada Bulir Polimer Transparan dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis dengan Radiasi Matahari.* TESIS, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan ilmu Pengetahuan Alam , ITB.
- Gupta, V.K., dan Suhas., 2009. *Application of low-cost adsorbents for dye removal—A review.* J. Environ. Mgt., 90, 2313–2342.
- H. Aliah, O. Arutanti, Masturi, A. Setiawan, E. Sustini, M. Budiman, M. Abdullah., 2011. “*Optimization of Coating Temperature of TiO<sub>2</sub> Powder on the Polypropelene Polymer Surface for Photocatalytic Degradation of Methylene Blue*” in The Fourth Nanoscience and Nanotechnology Symposium 2011, edited by Ferry Iskandar et al., AIP Conf. Proc. 1415, American Institute of Physics, Melville, NY, 2011, pp. 155-158.
- H. Aliah, A. E. Nurasiah, Y. Karlina, O. Arutanti, E. Sustini, M. Budiman, M. Abdullah., 2012. “*Optimasi Durasi Pelapisan Katalis TiO<sub>2</sub> pada Permukaan Polimer Polipropilena serta Aplikasinya dalam Fotodegradasi Larutan Metilen Biru*” dalam Seminar Nasional Material 2012, diedit oleh Khairurrijal et al., Prosiding SNM 2012, Bandung
- H. Aliah, A. Sawitri, M. P. Aji, A. Setiawan, E. Sustini, M. Budiman, dan M. Abdullah., 2012. “*Pelapisan Partikel TiO<sub>2</sub> pada Polimer Polipropilena dan Aplikasinya sebagai Reusable Photocatalyst*” dalam Seminar Nasional Material 2012, diedit oleh Khairurrijal et al., Prosiding SNM 2012, Bandung

- H. Aliah., 2012. *Imobilisasi TiO<sub>2</sub> pada Permukaan Bulir Polimer Polipropilena dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis pada Fotodegradasi Metilen Biru*. DISERTASI, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan ilmu Pengetahuan Alam , ITB. [30506-209998.html](http://30506-209998.html). Diakses pada 21 Agustus 2013 waktu 01:30 WIB
- Kaushik, P., dan Malik, A., 2009. *Fungal dye decolourization: Recent advances and future potential*, Environ. International, 35, 127–141.
- Hai, F.I., Yamamoto, K., Nakajima, F., Fukushi, K., 2008. *Removal of structurally different dyes in submerged membrane fungi reactor- Biosorption/PAC-adsorption, membrane retention and biodegradation*. J. Membrane Sci., 325, 395–403.
- Karlina, Y., 2013. *Polimer Propilena Berlapis TiO<sub>2</sub> sebagai Fotokatalis Berulang pada Fotodegradasi Metilen Biru*, Skripsi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung.
- Hashimoto, K., Irie, H., Fujishima, A., 2005. *TiO<sub>2</sub> Photocatalysis: A Historical Overview and Future Prospects*, Japanese Journal of Applied Physics, 44, 8269-8285.
- Kudo, A., 2003. *Photocatalyst Materials for Water Splitting*. Catalysis Surveys from Asia, Vol. 7, No. 1, pp 31-38.
- Hitachi, 2010., *Scanning Electron Microscope (SEM)* <http://www.directindustry.com/prod/hitachi-high-technologies/europe/variable-pressure-analytical-field-emission-scanning-electron-microscopes-vp-fe-sem->
- Litter, M. I. 1999. *Heterogenous Photocatalysis Transition Metal Ion in Photocatalytic System*, Applied Catalysis B : Environmental, pp 89-114.
- Malato, S., Blanco, J., Vidal, A., Alarcón, D., Maldonado, M. I., Cáceres, W. J., 2003. *Gernjak. Applied studies in solar photocatalytic detoxification: an overview*. Solar Energy , 75 , 329-336.
- Sawitri, A., 2012. *Fotodegradasi Pewarna Organik Metilen Biru dibawah*

- Sinar Matahari Menggunakan Fotokatalis Polimer Berlapis Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>)*, Skripsi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung.
- Slamet, Syakur, R., and Danumulyo, W., 2003. *Pengolahan Limbah Berat Chromium (VI) dengan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>*, Jurnal Teknologi, 7, 27-32.
- S.M. SZE. 1985. *Semiconductor Devices Physics and Technology*,. Bell Telephone Laboratories, Inc.
- Srinivasan, S.V., dan Murthy, D.V.S., 2009. *Statistical optimization for decolorization of textile dyes using Trametes versicolor*. J. Hazard.Mater., 165, 909–914.
- Subiyanto, H., Abdullah, M., Khairurrijal, dan Mahfuz, H., 2009. *Pelapisan Nanomaterial TiO<sub>2</sub> Fasa Anatase pada Nilon Menggunakan Bahan Perekat Aica Aibon dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis*, Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi, Edisi khusus, ISSN 1979-0880.
- Veliev, E.V., Ozturk, T., Veli, S., dan Fatullayev, A.G., 2006. *Application of diffusion model for adsorption of azo reactive dye on pumice*. Polish J. Environ. Study, 15(2), 347–353.
- Wahyuni, NF., 2009. *Spektrofotometer UV-Vis (Ultra Violet-Visible)* <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/60196/BAB%20III%20Metodologi.pdf>. Diakses pada 21 Agustus 2013 waktu 01:35 WIB.
- Xu, T.H.,song, C.-L., Liu, Y., dan Han, G.-R. (2006): *Band Structure of TiO<sub>2</sub> Dopen With N, C and B*, J. Zhejiang Univ. Science, B7, 299.
- Zaleska, A. 2008. *Doped-TiO<sub>2</sub>: A Review*, Recent Patents on Engineering, 2, pp 157-164.