

Uji Kinerja Polipropilena Berlapisan Fotokatalis TiO₂ pada Fotodegradasi *Methylene Blue*

Asifa Asri^{1*}, Ilham Lazuardy Arief¹⁾, Hasanudin¹⁾, Irfana Diah Faryuni¹⁾, Mega Nurhanisa¹⁾,
Wahyu Hidayat²⁾

¹⁾ Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Tanjungpura

²⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Manufaktur, Universitas Jenderal Achmad Yani
Bandung

Email korespondensi : asifa.asri@physics.untan.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v19i2.11845>

Submitted: 21 Oktober 2021; Accepted: 1 Juni 2022

ABSTRAK- Penelitian ini menyelidiki degradasi fotokatalitik dari larutan Metilen Biru (MB) yang diberikan pra-perlakuan Polypropylene (PP)/TiO₂. PP/TiO₂ dibuat dengan proses *thermal milling* pada suhu 175°C selama 40 menit untuk melapisi permukaan PP dengan TiO₂. Hal ini bertujuan untuk melapisi permukaan polipropilena (PP) dengan TiO₂ sebagai upaya modifikasi material karena sukarnya pemisahan TiO₂ dari limbah. UV-vis digunakan untuk mengkarakterisasi sifat fotokatalitik dari sampel. Sebanyak 84,70 g sampel digunakan untuk mendegradasi 3,12.10⁻⁶ M MB (250 ml limbah artifisial). Dengan tata eksperimen yang sama, sampel yang sama digunakan berulang sebanyak delapan kali untuk mempelajari efek penggunaan berulang pada aktivitas fotokatalitik material. Dari penelitian yang telah dilakukan, ditemukan bahwa hampir 90% (rata-rata) MB tereduksi oleh PP/TiO₂ selama tiga hari percobaan dan 8 kali pengulangan. Yang lebih penting, komposit PP/TiO₂ berpotensi untuk dapat digunakan berulang lebih dari 8 kali dengan sedikit penurunan kemampuan fotodegradasi.

KATA KUNCI: fotokatalis; methylene blue; polipropilena; titanium dioksida

ABSTRACT- This research has investigated the photocatalytic degradation of Methylene Blue in aqueous solutions over Polypropylene (PP)/TiO₂ pre-treatment. The PP/TiO₂ were prepared using a thermal milling process at 175°C in 40 minutes to cover the surface of PP with TiO₂. UV-vis was used to characterize the photocatalytic properties of the samples. It aims to cover the surface of polypropylene (PP) with TiO₂ to modify the material due to the difficulty of separating TiO₂ from waste. We used an 84,70 gram sample for the degradation of 3,12.10⁻⁶ M MB (250 ml artificial wastewater). Based on the same experimental set-up, the same sample was repeatedly used eight times to study the effects of repeated use times in the photocatalytic activity of the material. Here, we found that Almost 90% (on average) of MB was removed or decomposed by PP/TiO₂ for three days experiment. More significantly, the PP/TiO₂ composite has the potential to be used repeatedly more than eight times with a slight decline in photodegradation ability..

KEYWORDS : methylene blue; photocatalytic; polypropilene; titanium dioxide

PENDAHULUAN

Penggunaan pewarna tekstil sudah sangat lazim dan dekat dengan kehidupan sehari-hari. Penggunaan pewarna yang masif justru menimbulkan masalah baru yakni pencemaran lingkungan. Pencemaran di wilayah Indonesia, khususnya wilayah

Sumatera Selatan pernah terjadi di sekitaran perairan perusahaan penghasil tekstil (Agustina, 2011). Methylene Blue (MB) adalah satu diantara pewarna lingkungan sering dirujuk sebagai pewarna dasar pakaian. Pencemaran nya dapat mengakibatkan beberapa penyakit seperti gangguan

kerongkongan, gangguan tenggorokan, sesak nafas, hingga methemoglobinemia (Tan, Ahmad, & Hameed, 2007).

Metode degradasi telah banyak diupayakan untuk mengurangi senyawa methylene blue di perairan. Fotodegradasi adalah satu diantara upaya yang dilakukan. Metode ini memanfaatkan material fotokatalis sebagai reduktor dengan aktivasi oleh foton (Ningsih, 2014). Material fotokatalis yang digunakan dalam penelitian ini adalah Titanium dioksida (TiO_2). TiO_2 adalah senyawa fotokatalis yang memiliki bandgap di sekitar 3,2 eV (Palupi, 2006) dan merupakan material yang baik dalam aktivitas fotokatalis karena memiliki luas permukaan yang besar dan stabilitas kimia yang baik (Rahman, et al. 2014). Wilayah Indonesia yang merupakan wilayah tropis dan sangat berpotensi sebagai wilayah dengan sinar matahari yang melimpah. Wilayah Indonesia, khususnya Kalimantan Barat memiliki intensitas sinar matahari sekitar 165-219 watt/m² sehingga sangat baik jika hal ini digunakan sebagai sumber foton dalam aktivitas fotokatalis (Nuraini, Hidayanti, & Wandayantolis, 2017). Namun, karena sukarnya pemisahan TiO_2 pada limbah, diperlukan suatu modifikasi agar hasil degradasi dapat langsung terlihat dan tidak perlu dilakukan proses tambahan.

Modifikasi yang dilakukan adalah penempatan material fotokatalis pada sebuah penyangga yang akan mengapung di permukaan limbah. Polipropilena (PP) sebagai bahan penyangga diketahui memiliki keunggulan diantara *Polyesterene* (PS) dan *Linear-Low Density Polyethylene* (LLDPE). Secara spesifik, PP memiliki keunggulan berupa densitas yang lebih rendah dari air yaitu 0.855 g/cm³ serta memiliki transmitansi cahaya sekitar 58% (Aliah, Setiawana, & Abdullah, 2014). Metode yang digunakan untuk melapisi PP dengan TiO_2 adalah *thermal milling*. *Thermal milling* adalah sebuah proses pelelehan material menggunakan panas dengan temperatur rendah untuk menyintesis material. Metode *thermal milling* telah dilakukan pada beberapa penelitian dan mengindikasikan terdapat beberapa

hubungan antara kecepatan rotasi (Thefany, Asri, & Azwar, 2021) dan hasil *milling* ataupun perbandingan komposisi PP/ TiO_2 dan hasil *milling* (Sutisna, 2017).

Berdasarkan paparan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kinerja material TiO_2 pada permukaan PP dalam mendegradasi MB. Nilai kinerja dan laju degradasi menjadi tinjauan utama dalam penelitian ini. Sehingga, dalam penelitian ini akan dilakukan fotodegradasi pada MB menggunakan PP berlapis TiO_2 secara berulang untuk memastikan pengulangan pemakaian fotokatalis memiliki dampak pada kinerja TiO_2 dalam proses fotodegradasi.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah wadah kaca, neraca digital, oven listrik, tabung stainless steel, termometer digital. Bahan yang digunakan antara lain akuades, alkohol 70%, bulir PP, serta serbuk TiO_2 teknis dengan struktur anatase.

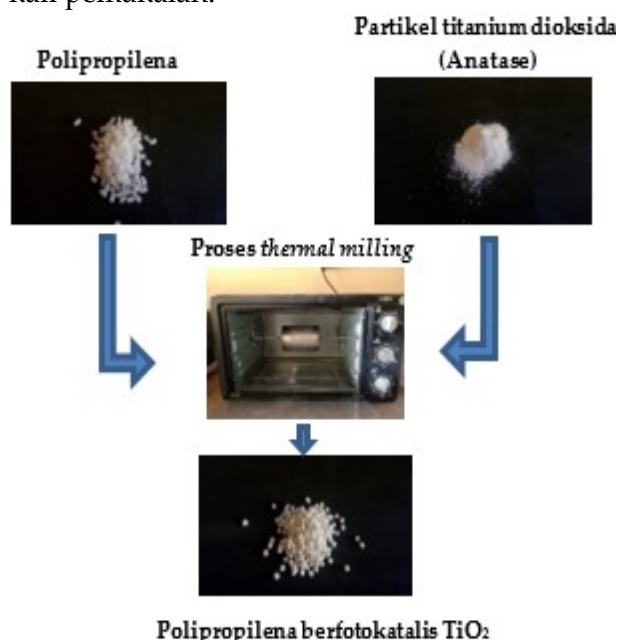
Proses Sintesis Fotokatalis PP/ TiO_2

Tahap pertama diawali dengan melakukan pelapisan TiO_2 pada permukaan PP dengan metode *thermal milling*. PP dan TiO_2 dengan perbandingan 1:4 dimasukkan ke wadah silinder yang berputar dan dipanaskan agar permukaan bulir PP meleleh dan partikel TiO_2 dapat menempel di permukaan PP. *Thermal milling* dilakukan pada temperatur 175°C selama 40 menit. Rincian proses ini ditunjukkan pada Gambar 1.

Kemudian, PP/ TiO_2 dicuci menggunakan akuades untuk melepaskan TiO_2 yang tumpang tindih pada permukaan PP. Setelah dicuci, PP/ TiO_2 dikeringkan menggunakan oven listrik pada temperatur 100°C dengan lama pemanasan 30 menit untuk menghilangkan uap air yang mungkin terdapat pada hasil sintesis. Adapun proses sintesis polipropilena dapat ditunjukkan pada Gambar 1.

Setelah itu, dilakukan pembuatan limbah artifisial MB. Pembuatan limbah artifisial ini dilakukan dengan mengencerkan MB

menggunakan akuades. Pengenceran dilakukan dengan menambahkan 1 L akuades pada 10 mL MB. Diketahui konsentrasi tujuan limbah artifisial adalah $3,12 \cdot 10^{-6}$ M. setelah dilakukan *milling* dan pembuatan limbah, selanjutnya dilakukan penyinaran limbah yang telah ditambahkan material hasil sintesis untuk mendegradasi senyawa MB. Perlu diperhatikan bahwa saat limbah akan digunakan, limbah didiamkan terlebih dahulu selama 60 menit. Proses ini bertujuan sebagai standardisasi keadaan dengan upaya menciptakan keadaan yang sama untuk tiap kali pemakaian.



Gambar 1. Proses sintesis polipropilena berlapis fotokatalis TiO₂.

Penyinaran dilakukan selama tiga hari untuk tiap kali pemakaian dengan lama penyinaran delapan jam perhari. Untuk pengambilan sampel sendiri dilakukan saat sebelum disinari sebagai sampel kontrol, dan tiap selesai penyinaran sebagai sampel uji. Masing-masing sampel diambil sebanyak 15 ml untuk memastikan pengurangan limbah tidak signifikan. Jika seluruh proses sudah selesai, maka limbah akan diganti dengan limbah baru yang memiliki konsentrasi serupa dengan sebelumnya tanpa mengganti material hasil sintesis. Selanjutnya, sampel diuji dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis untuk melihat absorbansi masing-masing sampel ditiap kali pemakaian.

Metode Langmuir-Hinshelwood

Laju degradasi MB yang dilakukan proses fotokatalis dapat dilihat dari nilai konstanta laju degradasi. Penentuan konsentrasi laju degradasi menggunakan metode Langmuir-Hinshelwood. Metode ini digunakan untuk memodelkan data dalam laju reaksi orde 1 (Hadjitaief et al, 2016). Sehingga nilai laju degradasi diperoleh dari Pers. 1.

$$\ln\left(\frac{C_0}{C_t}\right) = \ln\left(\frac{A_0}{A_t}\right) = Bt \quad (1)$$

Dengan C_0 dan C_t adalah konsentrasi awal dan konsentrasi saat waktu t . A_0 dan A_t adalah nilai absorbansi awal dan nilai absorbansi saat waktu t . B adalah laju degradasi dan t adalah waktu. Pers.1 diubah ke dalam bentuk persamaan eksponensial dan menghasilkan Pers.1 yaitu:

$$\frac{C_0}{C_t} = \frac{A_0}{A_t} = e^{Bt} \quad (2)$$

Uji Kinerja Fotokatalis

Uji kinerja fotokatalis dapat dihitung menggunakan Pers.3. Setelah dilakukan penyinaran akan diperoleh grafik akhir yang menunjukkan kinerja fotokatalis PP/TiO₂ untuk tiap kali pemakaian (Kiwaan et al, 2020).

$$\%MB = \frac{(A_0 - A_t)}{A_0} \times 100\% \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Sintesis

Hasil *thermal milling* pada Gambar 2 menunjukkan TiO₂ yang tertempel sebanyak 1,4 gram untuk tiap 47 gram. Pengaruh penting dalam hasil *milling* didasari dari beberapa faktor yakni kecepatan rotasi, perbandingan komposisi dan juga ruang gerak dari material saat dilakukan *thermal milling*. Perbandingan pada hasil dapat dikatakan tidak terlalu baik karena ruang gerak yang terbatas mengakibatkan kesempatan TiO₂ untuk melakukan kontak pada proses *thermal milling* menjadi terbatas.

Hal ini dapat dicegah dengan mengurangi jumlah komposisi yang digunakan tanpa mengubah perbandingan yang digunakan. Namun pada akhirnya jumlah PP yang menempel banyak juga tidak dapat

menghasilkan proses fotokatalis yang baik. Hal ini disebabkan oleh material fotokatalis yang saling tumpang tindih sehingga proses fotokatalis tidak efisien karena mengurangi luas area kerja material fotokatalis (Rokayah, Asri, & Malino, 2019).



(a)



(b)

Gambar 2. (a) PP saat permukaannya belum dilapisi TiO₂ dan (b) PP saat permukaannya dilapisi TiO₂

Hasil Fotodegradasi

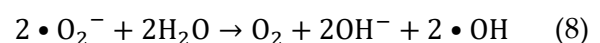
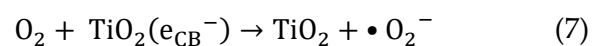
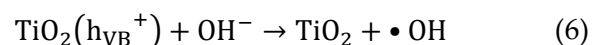
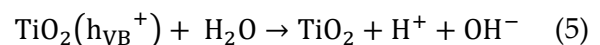
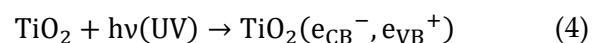
Durasi penyinaran untuk tiap kali pemakaian 8 jam perhari dan dilakukan selama 3 hari. Setelah selesai disinari, MB diganti dengan MB artifisial baru yang telah didiamkan selama 60 menit sebagai keadaan standar. Kemudian, limbah artifisial baru yang telah ditambahkan material fotokatalis yang sebelumnya telah digunakan siap disinari untuk pemakaian kali kedua. Proses ini dilakukan sebanyak 8 kali. Setelah disinari selama 8 jam diambil 10 ml MB sebagai sampling untuk diuji menggunakan spektrofotometri UV-Vis guna mendapatkan nilai absorbansi sebagai parameter kuantitatif.

Parameter kualitatif yang digunakan adalah visual limbah artifisial setelah disinari. Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa tiap kali penyinaran, warna limbah artifisial yang semula biru memudar menjadi bening seperti air. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi

proses fotodegradasi oleh sinar matahari yang ditunjukkan dari kejadian tersebut. Pemilihan sinar matahari sebagai sumber foton dalam proses fotokatalis ini adalah pemanfaatan energi terbarukan dan berupaya untuk memangkas penggunaan energi listrik dalam menggunakan lampu UV. Intensitas UV pada matahari yang tidak jauh berbeda dengan lampu UV (Praserijono & Anggara, 2021) menyebabkan pilihan ini adalah pilihan alternatif untuk mengurangi penggunaan daya listrik berlebih. Uji Spektrofotometri juga menunjukkan hasil demikian. Penurunan konsentrasi dari limbah artifisial pada tiap hari penyinaran menunjukkan terjadinya proses fotodegradasi MB oleh TiO₂. Proses fotokatalis yang terjadi pada TiO₂ dapat dilihat pada reaksi berikut (Prakasa, 2012):

Uji spektrofotometri juga menunjukkan hasil demikian. Penurunan konsentrasi dari limbah artifisial pada tiap hari penyinaran menunjukkan terjadinya proses fotodegradasi MB oleh TiO₂. Adapun hasil fotodegradasi MB dapat ditunjukkan pada Gambar 3.

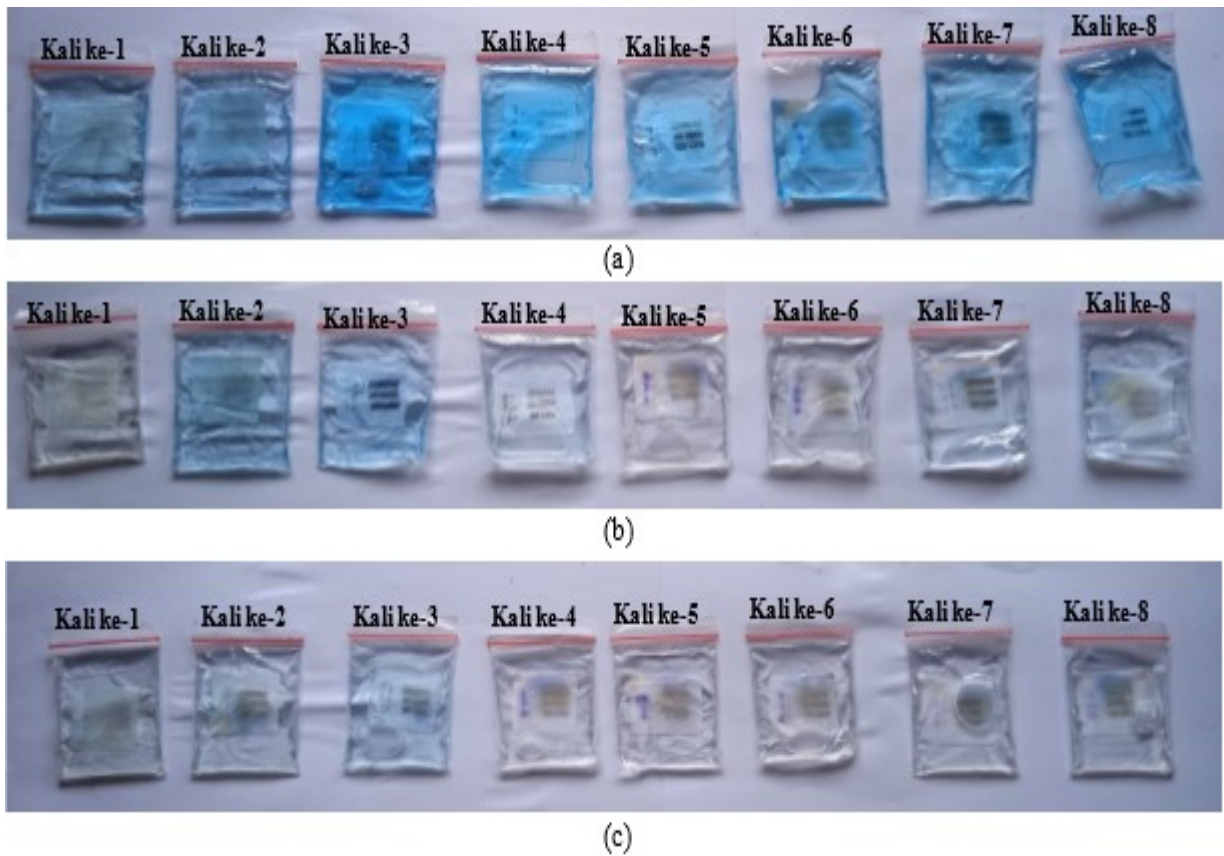
Proses fotokatalis yang terjadi antara TiO₂ dan zat warna dapat dilihat pada reaksi pada Pers. 4 s.d. 9 (Prakasa, 2012). Radikal •OH yang terbentuk (Pers.8) mampu mengoksidasi senyawa organik seperti zat warna MB.



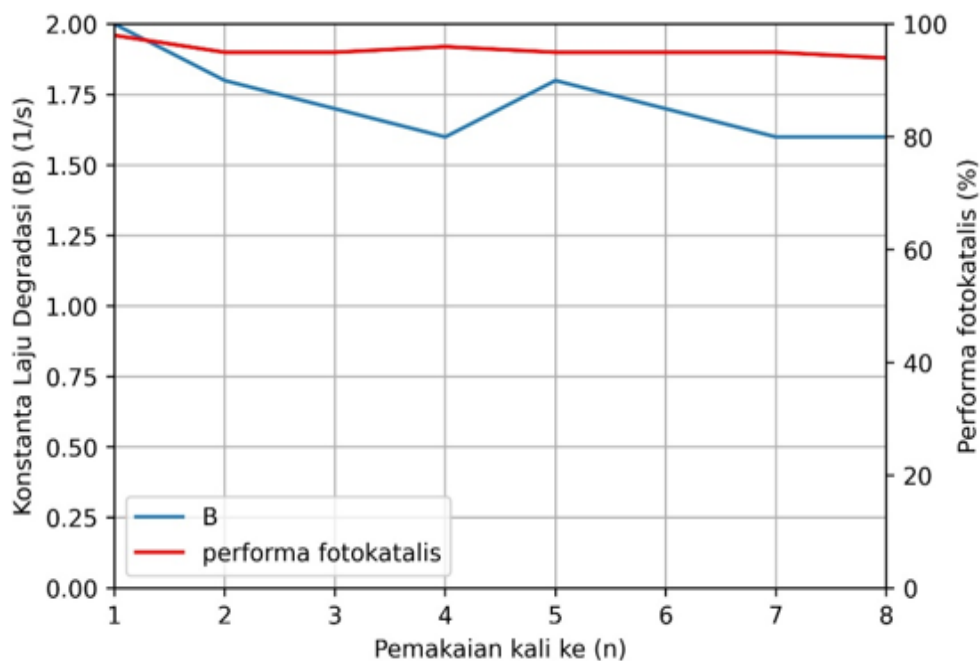
Gambar 5 menunjukkan hasil uji spektrofotometri UV-Vis yang menunjukkan grafik landai untuk tiap kali pemakaian dengan penurunan konsentrasi secara eksponensial. Hal ini terjadi karena konsentrasi limbah yang berkurang akan mempengaruhi laju degradasi. Semakin tinggi konsentrasi limbah maka laju degradasi juga

akan tinggi, sebaliknya saat konsentrasi limbah rendah maka laju degradasi akan menurun. Hal inilah yang menyebabkan

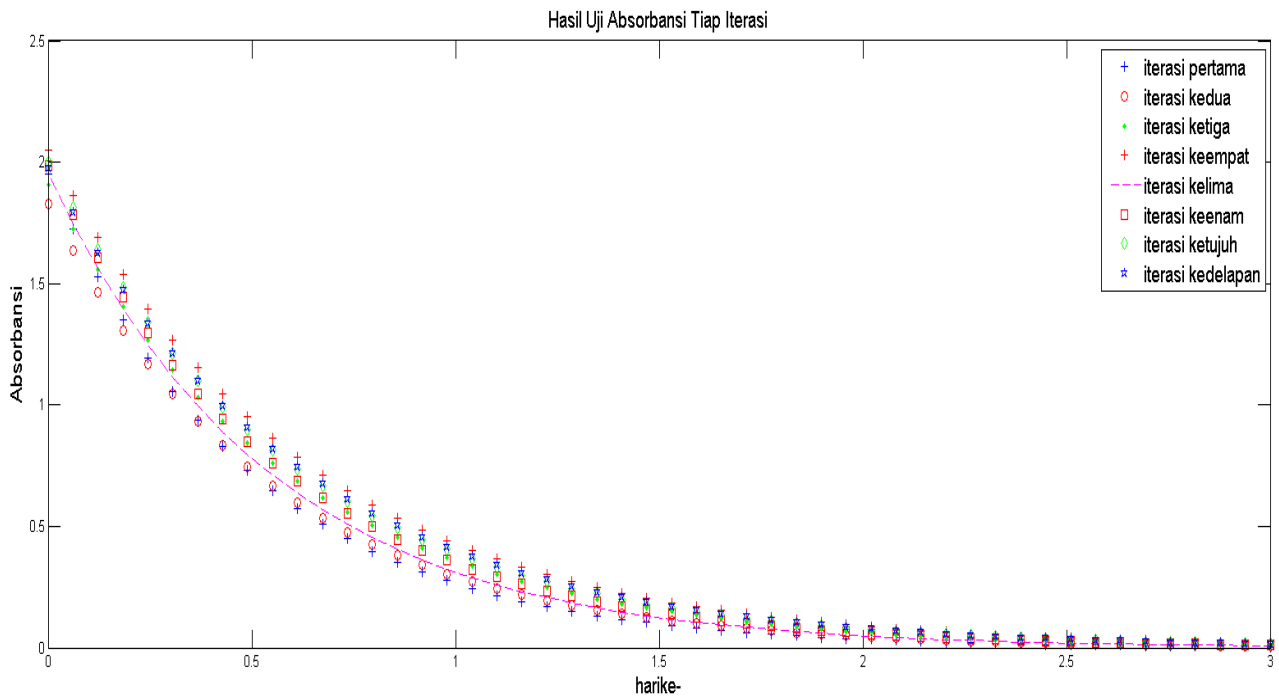
penggunaan permodelan eksponensial merepresentasikan hubungan konsentrasi limbah dengan laju degradasi



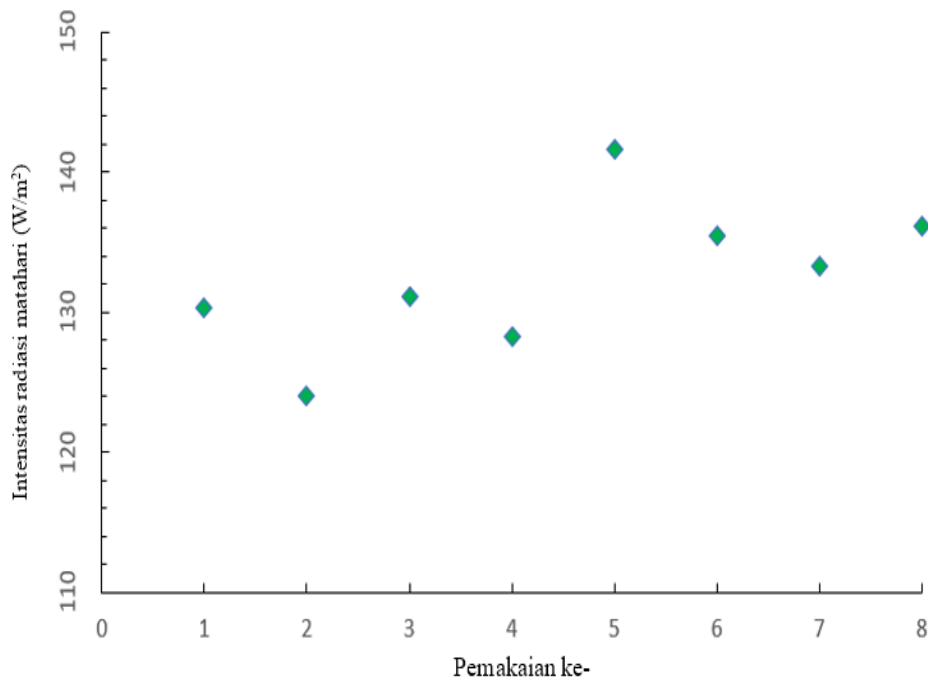
Gambar 3 Hasil fotodegradasi MB dari pemakaian berulang fotokatalis dari pemakaian pertama hingga kedelapan untuk hari (a) pertama, (b) kedua, dan (c) ketiga.



Gambar 4 Grafik kemampuan fotokatalis dalam mereduksi kandungan zat warna MB dari pemakaian kali pertama hingga kedelapan.



Gambar 5. Grafik performa fotokatalis PP/TiO₂ untuk tiap kali pemakaian.



Gambar 6 Nilai rata-rata intensitas radiasi matahari untuk tiap kali pemakaian (LAPAN, 2020).

Performa Material Fotokatalis

Kelandaian dari grafik pada Gambar 4 dapat menentukan laju degradasi yang sesuai dengan Pers.2. Berdasarkan Gambar 4 tersebut terlihat bahwa konstanta laju degradasi tertinggi terjadi pada pemakaian pertama dan konstanta laju terendah terjadi pada pemakaian kedelapan. Namun terjadi anomali pada pemakaian kali kelima. Hal ini

diduga kuat terjadi karena intensitas sinar matahari pada saat itu sangat tinggi seperti yang terlihat pada Gambar 6. Pada data intensitas sinar matahari, saat pemakaian kelima, sinar matahari memiliki intensitas tertinggi. Sehingga sangat mungkin anomali ini terjadi karena intensitas yang terjadi lebih tinggi dari rata-rata intensitas sinar matahari pada pemakaian lainnya. Kemudian, untuk

laju konstanta degradasi terendah terjadi pada pemakaian kedelapan. Hal ini sangat sesuai dengan hipotesa awal bahwa TiO_2 akan mengalami penurunan performa kerja untuk fotokatalisis. Namun penurunan yang terjadi tidaklah signifikan karena untuk nilai laju degradasi pada pemakaian pertama yaitu 1,996 dan pada pemakaian kedelapan hanya berkurang sekitar 0,401. Sehingga tidak terjadi perubahan yang signifikan terhadap kinerja TiO_2 untuk degradasi MB pada limbah artifisial. Kinerja TiO_2 dalam mendegradasi MB pada limbah artifisial diolah menggunakan Pers.3 dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan performa degradasi untuk tiap kali pemakaian dalam mereduksi konsentrasi MB. Adapun nilai rata-rata intensitas radiasi matahari dapat dilihat pada Gambar 6.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, lapisan tipis TiO_2 pada permukaan polipropilena yang disintesis menggunakan metode *thermal milling* dapat digunakan secara berulang sekitar delapan kali. Hampir 90% (rata-rata) MB tereduksi oleh fotokatalis PP/ TiO_2 selama tiga hari percobaan dan 8 kali pengulangan. Performa fotokatalis masih berada diatas 90% hingga pengulangan tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. (2011). Pengolahan Limbah Pewarna Sintesis Dengan Menggunakan Reagen Fenton. *Prosiding Seminar Nasional AvoER ke-3*, 260-266.
- Aliah, H., dkk. (2013). Pengaruh Jumlah Lapisan Bulir Polimer Propilena Berfotokatalis Semikonduktor TiO_2 Terhadap Fotodegradasi Metilen biru. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 479-483.
- Aliah, H., Setiawana, A., & Abdullah, M. (2014). Pemilihan Jenis Bulir Polimer Sebagai Penyangga Material Fotokatalis TiO_2 . *Jurnal Fisika UNES, IV(1)*, 1-6.
- Hadjltaief.H.B., Zina, M.B., Galvez, M.E., Costa, P.D. (2016). Photocatalytic degradation of methyl green dye in aqueous solution over natural clay-supported ZnO-TiO_2 catalysts. *Photochem*(315), 25-33.
- Kiwaan, H.A., Atwee, T.M., Azab, E.A. & El-Bindary, A.A. (2020). Photocatalytic degradation of organic dyes in the presence of nanostructured titanium dioxide. *Journal of Molecular Structure*, 1200.
- Ningsih, T. (2014). *Sintesis dan Karakterisasi Ni^{2+} - ZnO Berbasis Zeolit Alam*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Nuraini, I.S., Hidayanti, N., & Wandayantolis. (2017). Analisis Potensi Energi Matahari di Kalimantan Barat. *Stasiun Klimatologi Kelas II Mempawah Kalimantan Barat*.
- Palupi, E. (2006). Degradasi Methylene Blue dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalis Menggunakan Film TiO_2 . *Institut Pertanian Bogor*.
- Prakasa, A. (2012). *Studi Fotodegradasi Varias Konsentrasi Hidrogen Peroksida Terhadap Laju Fotodegradasi Methyl Orange Menggunakan Fotokatalis Bentonit- TiO_2* . Malang: Universitas Brawijaya.
- Praserijono, Purwito Soegeng & Anggara, Andhika Dwi. (2021). Perbandingan Paparan intensitas Sinar Ultraviolet (UV) pada Lampu Ultraviolet dan Sinar Matahari. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan*.
- Rahman, T., Fadhlulloh, M.A., Nandiyanto, A.B.D., dan Mudzakir, A. . (2014). Review : Sintesis Titanium Dioksida Nanopartikel. *Jurnal Integrasi Proses, V(1)*, 15-29.
- Rokayah, A. A. (2019). Fotodegradasi Air Sungai Landak dengan Polimer Polipropilena Berfotokatalis Semikonduktor TiO_2 . *POSITRON, 9(1)*, 13-20.
- Sudirman, Karo, Aloma Karo, H, Ari, Sugeng, Bambang, Rukihati, Mashuri. (2004).

Analisis Sifat Kekuatan Tarik, Derajat, Kristalinitas, dan Struktur Mikro Komposisi Polimer Polipropilena-Pasir. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 6(1), 19-26.

Sutisna. (2017). *Pengembangan Sistem Katalis Berbasis TiO₂ dan Prototipe Fotoreaktor Untuk Penyisihan Warna dalam Model Limbah Pewarna Tekstil*. Bandung: Intitut Teknologi Bandung.

Tan.I.A.W. , Ahmad.A.L. , & Hameed.B.H. (2007). Adsorption of basic dye on high-

surface-area activated carbon prepared from coconut husk: Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Journal of Hazardous Material*, 154(1-3), 337-346.

Thefany, Asri, A., & Azwar, A. (2021). Studi Eksperimental Deposisi Lapisan TiO₂ pada Permukaan Bulir Polipropilena dengan Metode Thermal Milling untuk Aplikasi Fotokatalis. *PRISMA FISIKA*, 92-95.