Studi Eksperimental Deposisi Lapisan TiO_2 pada Permukaan Bulir Polipropilena dengan Metode *Thermal Milling* untuk Aplikasi Fotokatalis

Thefany*, Asifa Asri, Azrul Azwar
[a]Prodi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura
*Email: thefanyf.tf@gmail.com

(Diterima 9 Maret 2021; Disetujui 25 Maret 2021; Dipublikasikan 1 April 2021)

Abstrak

Telah dilakukan eksperimen deposisi lapisan titanium dioksida (TiO_2) pada permukaan bulir polipropilena (PP) dengan metode *thermal milling*. Studi eksperimental ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh besarnya kecepatan rotasi silinder dalam mesin *thermal milling* terhadap jumlah massa TiO_2 yang terdeposisi pada permukaan PP. Proses *milling* dalam eksperimen ini dilakukan pada suhu konstan sebesar 175^{o}C dengan waktu *milling* selama 30 menit agar PP tidak saling menempel dan membentuk gumpalan. Pemanfaatan material fotodegradasi berupa katalis titanium dioksida (TiO_2) yang diimobilisasi pada suatu material penyangga berupa polimer polipropilena (PP) telah banyak diaplikasikan untuk pengolahan air limbah. Penelitian ini berfokus pada pengembangan proses pabrikasi material PP/TiO_2 dengan menggunakan metode *thermal milling*. Pada penelitian telah dilakukan sebanyak lima variasi penggunaan kecepatan silinder *thermal milling machine* yakni 30 rpm, 20 rpm, 15 rpm, 10 rpm, dan 5 rpm untuk mengetahui pengaruhnya terhadap deposisi lapisan tipis TiO_2 pada permukaan bulir PP. Berdasarkan hasil pabrikasi perolehan deposisi TiO_2 optimum pada penggunaan kecepatan silinder *thermal milling machine* 10 rpm dengan massa TiO_2 sebesar 1,1 gram.

Kata kunci: Fotodegradasi, deposisi, TiO_2, polimer polipropilena, kecepatan rotasi, *thermal milling*

1. Latar belakang

Pengolahan air limbah telah banyak dilakukan dengan berbagai metode, baik melalui pemanfaatan proses fisis maupun kimia [1]. Salah satunya ialah metode fotodegradasi. Metode ini memanfaatkan interaksi antara cahaya dengan materi dalam proses pemecahan senyawa polutan organik dan anorganik. Fotodegradasi merupakan bagian dari *advance oxidation processes* (AOPs) sehingga memiliki kelebihan yakni proses degradasinya tidak menghasilkan produk sampingan [2]. Selain itu, teknik ini sesuai untuk dikembangkan di Indonesia yang secara geografis mengalami tingkat penyinaran matahari sepanjang tahun.

Dalam metode fotodegradasi digunakan material fotokatalis yang berfungsi untuk mempercepat laju reaksi. Fotokatalis yang digunakan berupa bahan semikonduktor seperti titanium dioksida (TiO_2). TiO_2 dipilih sebagai bahan fotokatalis karena bersifat fotoaktif, tidak bereaksi secara kimiawi maupun biologis, mampu menyerap sinar *ultraviolet* (UV)/*visible,* memiliki fotostabilitas yang baik [3], serta harganya relatif terjangkau, tidak beracun, dan dapat dioperasikan dalam kondisi lingkungan [4]. Penggunaan katalis dapat dilakukan secara langsung maupun dengan mendeposisikan katalis pada suatu material penyangga. Akan tetapi, dengan diperlukannya pengolahan lanjutan bagi air hasil degradasi dari cara pencampuran langsung [4], cara deposisi katalis pada suatu material penyangga menjadi solusi yang lebih efektif.

Thermal milling merupakan metode deposisi lapisan tipis TiO_2 pada material penyangga yang relatif mudah untuk dilakukan. Dalam metode ini, material katalis TiO_2 dideposisikan pada substrat berupa bulir polipropilena (PP) melalui proses rotasi dan pemanasan yang berlangsung secara simultan dalam sebuah alat *thermal milling*. Pemilihan bulir PP sebagai material penyangga didasari pada sifat termoplastik dan massa jenisnya yang ringan [5]. Dengan sifat termoplastik yang dimilikinya, bulir PP tidak lumer ketika dipanaskan hingga suhu yang cukup tinggi, sedangkan massa jenisnya yang ringan akan menyebabkan bulir PP dapat mengapung di air sehingga mampu mengoptimalkan penyerapan cahaya. Penggunaan metode *thermal milling* telah dilakukan pada beberapa penelitian seperti pelapisan TiO_2 pada permukaan PP sebagai fotokatalis dalam degradasi senyawa *methylene blue* [6] dan aplikasi material PP/TiO_2 bagi fotodegradasi air sungai landak [7].

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian-penelitian menggunakan metode *thermal milling* yang telah dilakukan sebelumnya, terlihat bahwa proses rotasi yang merupakan salah satu bagian utama dari metode ini perlu ditinjau pengaruhnya terhadap jumlah deposisi lapisan tipis TiO_2. Sehingga dalam penelitian ini dilakukan studi eksperimental tentang pengaruh variasi kecepatan

rotasi silinder *thermal milling machine* dan waktu milling bagi jumlah massa lapisan tipis TiO_2 yang terdeposisi pada permukaan bulir PP.

2. Metodologi

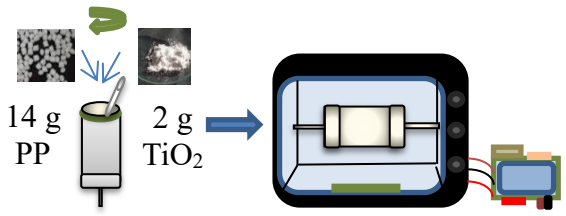
2.1. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain: neraca digital, perangkat *thermal milling machine* dengan silinder *milling* berdiameter 5 cm dan tinggi 11 cm, saringan (100 mesh), spatula, dan wadah plastik. Sedangkan, bahan-bahan adalah aquades, alkohol 70%, bulir polipropilena (PP), dan TiO_2 (teknis, berstruktur *anatase*).

2.2. Prosedur Kerja

Tahapan awal dimulai dengan proses *cleaning* PP dengan cara perendaman bulir PP dalam alkohol selama 20 menit. Setelah proses perendaman selesai, bulir PP dikeluarkan dan dibiarkan pada suhu ruang hingga mengering.

Untuk memulai tahap deposisi, oven pada perangkat *thermal milling machine* dipanaskan selama 20 menit hingga mencapai suhu pabrikasi yakni sebesar 175°C. Selama durasi tersebut, sebanyak 14 g bulir PP dan 2 g TiO_2 dimasukan dalam silinder *milling* dan diaduk menggunakan spatula agar tercampur merata. Setelah suhu di dalam oven mencapai 175°C, silinder berisi kedua bahan dimasukan ke dalam oven. Kemudian proses pemanasan dilanjutkan dengan kecepatan rotasi dan waktu *milling* yang telah diatur pada perangkat. Proses deposisi diilustrasikan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi proses deposisi lapisan TiO_2 pada permukaan bulir PP

Setelah proses deposisi berakhir dan suhu oven turun, bulir PP yang telah dilapisi TiO_2 dikeluarkan dari silinder *milling* untuk dipisahkan dari residu. Pemisahan dilakukan melalui proses penyaringan dan pencucian berulang menggunakan aquades. Selanjutnya bulir PP berlapis TiO_2 yang telah bersih dikeringkan pada suhu ruang dan ditimbang.

2.3. Data Eksperimen

2.3.1. Penentuan Jumlah Massa TiO_2 yang Menempel

Massa lapisan TiO_2 yang terdeposisi pada permukaan bulir PP dapat diperoleh berdasarkan selisih massa dengan menggunakan persamaan (1).

$$m_{TiO_2} = m_{PP/TiO_2} - m_{pp} \quad (1)$$

keterangan:

m_{TiO_2} = massa lapisan TiO_2 yang terdeposisi (gram)

m_{PP/TiO_2} = massa total bulir PP yang telah dilapisi oleh lapisan tipis TiO_2 (gram)

m_{pp} = massa total bulir PP (gram)

2.3.2. Pengaruh Kecepatan Rotasi Silinder *Milling*

Sampel eksperimen diperoleh melalui proses pabrikasi yang dilakukan dengan suhu yang dijaga tetap sebesar 175°C selama 30 menit pada penggunaan variasi kecepatan rotasi sebesar 5, 10, 15, 20, dan 30 rpm.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pabrikasi Material PP/TiO_2

Selama tahap pabrikasi material PP/TiO_2 berlangsung, silinder berisi bulir PP dan serbuk TiO_2 mengalami proses rotasi dan pemanasan secara simultan pada suhu 175 °C selama 30 menit. Hal tersebut dimaksudkan agar terjadi pencampuran material dengan tujuan untuk menumbuhkan lapisan tipis TiO_2 pada permukaan bulir PP. Proses pemanasan menyebabkan pelunakan pada bagian permukaan bulir PP sehingga TiO_2 dapat terikat pada permukaan tersebut. Penggunaan suhu sebesar 175 °C bagi proses *milling* mengacu pada penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh suhu pada proses pabrikasi PP/TiO_2 [7].

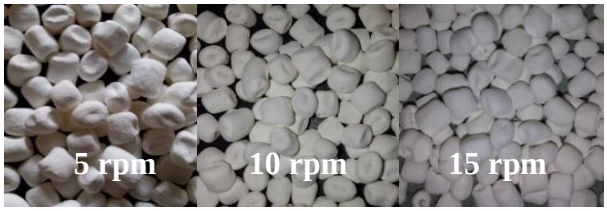
Pabrikasi yang dilakukan dengan waktu *milling* selama 30 menit akan menghasilkan material PP/TiO_2 seperti pada Gambar 2 (a). Penggunaan waktu lebih dari 30 menit menyebabkan PP saling menempel dan membentuk gumpalan sehingga kualitas material fotokatalis yang dihasilkan tidak baik seperti pada Gambar 2 (b). Berdasarkan hasil tersebut, dalam penelitian ini digunakan waktu *milling* selama 30 menit.



(a) (b)

Gambar 2. Material PP/TiO_2 hasil pabrikasi (a) waktu *milling* 30 menit dan (b) waktu *milling* lebih dari 30 menit

Pada peninjauan terhadap pengaruh kecepatan rotasi silinder *thermal milling machine* terhadap deposisi lapisan tipis TiO_2 pada permukaan bulir PP, digunakan kecepatan rotasi yang berkisar antara 5 rpm hingga 30 rpm. Pemilihan besar kecepatan rotasi tersebut didasari pada kinerja dan stabilitas alat *thermal milling machine*. Melalui eksperimen diperoleh sampel seperti pada Gambar 3 (a) dan (b).



(a)

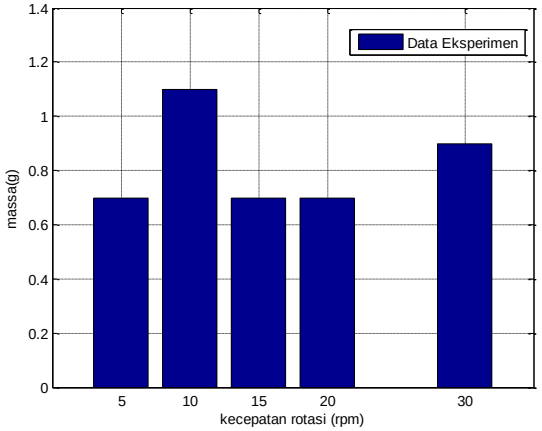


(b)

Gambar 3. Sampel PP/TiO_2 dari penggunaan kecepatan rotasi (a) 5, 10, serta 15 rpm dan (b) 20 dan 30 rpm

3.2. Analisis Pengaruh Kecepatan Rotasi Silinder *Milling*

Penentuan jumlah massa lapisan tipis TiO_2 yang terdeposisi pada masing-masing sampel dilakukan sesuai dengan persamaan (1). Hasil deposisi lapisan tipis TiO_2 dengan penggunaan variasi kecepatan rotasi silinder *thermal milling machine* ditunjukkan dalam bentuk diagram batang seperti Gambar 5.



Gambar 5. Diagram pengaruh kecepatan rotasi silinder *thermal milling machine* terhadap massa TiO_2 yang terdeposisi

Pengaruh kecepatan rotasi silinder *thermal milling machine* terhadap jumlah massa TiO_2 yang terdeposisi tidak dapat dimodelkan oleh fungsi-fungsi elementer. Hal tersebut mengindikasikan hubungan yang rumit antara kecepatan rotasi silinder *thermal milling machine* dengan deposisi TiO_2, sehingga perlu dilakukan kajian lebih lanjut. Sesuai dengan diagram pada Gambar 5, diperoleh hasil bahwa jumlah deposisi TiO_2 bernilai optimum dengan massa sebesar 1,1 gram pada penggunaan kecepatan silinder *thermal milling machine* sebesar 10 rpm.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pabrikasi, diindikasikan bahwa pengaruh kecepatan silinder *thermal milling machine* memiliki hubungan yang rumit terhadap deposisi lapisan tipis TiO_2 pada permukaan bulir PP, sehingga perlu dilakukan kajian lebih lanjut. Penggunaan kecepatan silinder *thermal milling machine* yang menghasilkan deposisi lapisan tipis TiO_2 pada permukaan bulir PP dengan nilai optimum ialah pada kecepatan rotasi sebesar 10 rpm, dengan jumlah massa TiO_2 yang terdeposisi sebesar 1,1 gram.

Daftar Pustaka

[1] Rashid, M.M. and Chikashi, S., Photolysis, Sonolysis, and Photosonolysis of Trichloroethane (TCA), Trichloroethylene (PCE), and Tetrachloroethylene (TCE) Without Catalyst, Water Air Soil Pollut, 216, pp. 429-40, 2011.

[2] Sanjaya, H., Hardeli dan Syafitri, R., Degradasi Metil Violet Menggunakan Katalis Zn-O-TiOV Secara Fotosonolisis, Jurnal Eksakta, 19(1), pp. 91-99, 2018.

[3] Sutanto, H. dan Singgih, W., Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania (Sintesis, Deposisi, Aplikasi), Edisi pertama, Penerbit Telescope, pp. 8-12, 2015.

[4] Sutisna, Rokhmat, M., Wibowo, E., Rahmayanti, H. D., Khairurrijal dan Abdulah, M., Aktivitas Fotokatalik TiO_2 yang Dilapisi pada Polipropilena Berbentuk Lembaran dan Butiran, Jurnal Matematika dan Sains, 22(1), pp. 42-45, 2017.

[5] Aliah, H., Setiawan, A. dan Abdullah, M., Pengaruh Jumlah Lapisan Bulir Polimer Polipropilena Berfotokatalis Semikonduktor TiO_2 Terhadap Fotodegradasi Metilen, Prosiding Semirata 2013, 1(1), pp. 479-483, 2013.

[6] Aliah, H., Aji, M. P., Masturi, Sustini, E., Budiman, M. and Abdullah, M., The TiO_2 Nanoparticles-Coated Polypropylene Copolymer as Photocatalyst on Methylene Blue Photodegradation Under Solar Exposure, J.Environ.Sci, 8(3), pp. 280-90, 2012.

[7] Rokayah; Asri, A.; Malino, M.B. dan Lapanporo, B.P., Fotodegradasi Air Sungai Landak dengan Polimer Polipropilena Berfotokalis Semikonduktor TiO_2, Jurnal Positron, 9(1), pp. 13-20, 2019,.