

Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Teknik Fotokatalisis Dengan TiO_2

Adawiah¹, Muhammad Rusydi Hanif², Chepi Setiawan³, Alfi Alfatan⁴, dan Rika Apriliani⁵

^{1,2,3,4,5} Laboratorium Kimia, Pusat Laboratorium Terpadu UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
Jl. Ir. H. Juanda No. 95 Ciputat Tangerang Selatan 15412

adawiah@uinjkt.ac.id

Abstrak. *Pengolahan limbah cair organik yang dilakukan masih belum optimal. Hal ini perlu diperhatikan mengingat limbah cair organik merupakan salah satu limbah bahan beracun dan berbahaya (B3) yang bersifat stabil dan tidak dapat didegradasi secara alami. Sehingga apabila limbah tersebut mencemari lingkungan perairan tentu akan berisiko menimbulkan dampak serius bagi kesehatan masyarakat. Suatu teknologi pengolahan limbah cair organik menggunakan teknologi fotokatalisis dianggap teknik yang sangat menjanjikan karena mampu mengolah zat organik beracun menjadi zat yang lebih sederhana dan ramah lingkungan, menggunakan sumber energi yang murah dan material yang dapat digunakan secara berulang-ulang. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengolah limbah cair organik laboratorium menggunakan teknologi fotokatalisis dengan material semikonduktor titanium oksida (TiO_2) di bawah penyinaran sinar ultraviolet. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan material TiO_2 dalam mengolah limbah cair organik laboratorium sehingga menghasilkan produk hasil pengolahan yang lebih aman untuk dibuang ke lingkungan sehingga tidak menimbulkan pencemaran air yang dapat berdampak buruk pada kesehatan masyarakat. Penelitian yang dilakukan meliputi beberapa tahap yaitu pengumpulan data limbah cair organik yang dihasilkan dari kegiatan praktikum dan penelitian, pengambilan sampel limbah laboratorium, dan uji pengolahan limbah dan analisis kandungan total senyawa organik dari produk hasil pengolahan limbah dengan metode titrasi permanganometri. Hasil pengujian menunjukkan bahwa fotokatalis TiO_2 dengan komposisi 0,8% (b/v) memberikan penurunan kandungan senyawa organik dalam sampel limbah cair organik sebesar 96,19027% dalam waktu reaksi selama 4 hari.*

Kata kunci: *fotokatalis, limbah cair organik, pengolahan limbah, TiO_2*

Abstract. *[Laboratory Wastewater Treatment Using Photocatalytic Technique with TiO_2]. The processing of organic wastewater is still not optimal. This needs become considering that organic wastewater is one of the toxic and hazardous waste (B3) which is stable and nondegradable naturally. If the waste pollutes the aquatic environment, it certainly have a risk of causing serious impacts on public health. An organic wastewater treatment using photocatalysis technology is considered a very promising technique because it is able to process toxic organic substances into simpler and environmentally friendly substances, using cheap energy sources and materials that can be used repeatedly. Therefore, this research was conducted to treat laboratory organic wastewater using photocatalysis technology with titanium oxide (TiO_2) semiconductor material under ultraviolet light irradiation. This study aims to utilize TiO_2 material in treatment of laboratory organic wastewater to gain products that are safer to be disposed of into the environment so that not to cause water pollution that have a negative impact on public health. The research carried out includes several steps, including collecting data on organic waste generated from practicum and research activities, sampling laboratory wastewater, wastewater treatment tests and analysis of the total organic compound content of the waste after treatment using the permanganometric titration method. The test results showed that the TiO_2 photocatalyst with a composition of 0.8% (w/v) gave a decrease in the content of organic compounds in organic wastewater samples as much as 96.19027% in a reaction time of 4 days.*

Keywords: *organic wastewater, photocatalyst, TiO_2 , wastewater treatment*

I. Pendahuluan

Penggunaan zat kimia untuk keperluan industri maupun pendidikan berpotensi memberikan dampak terhadap lingkungan berupa limbah zat kimia. Tanpa perlakuan khusus yang dilakukan, kontak antara limbah

tersebut dengan komponen lingkungan hidup tentu akan menimbulkan kerusakan terutama pada makhluk hidup (Chong et al., 2015). Diantara jenis limbah yang ada, limbah cair organik merupakan yang paling berisiko karena komponennya sebagian besar merupakan zat yang bersifat karsinogenik atau pemicu

kanker. Dalam beberapa dekade, pengolahan limbah cair organik telah mendapat perhatian yang tinggi terutama pada media air karena paling banyak digunakan untuk sistem penyaluran ke lingkungan. Selain itu, air merupakan sumberdaya yang sangat vital bagi kehidupan namun rentan tercemar. Beberapa kasus yang terjadi akibat pencemaran limbah cair organik pada sumber perairan telah dilaporkan menunjukkan bahaya yang dapat terjadi bagi kelangusngan ekosistem.

Saat ini, universitas termasuk sebagai pelaku penggunaan zat kimia untuk tujuan pendidikan yang dilakukan pada kegiatan praktikum-praktikum maupun penelitian. Berdasarkan survei lapangan, diketahui bahwa pengolahan limbah laboratorium terkhusus limbah cair organik yang dilakukan oleh keempat fakultas tersebut dapat dikatakan masih belum baik. Hal ini perlu diperhatikan mengingat letak kampus berada di tengah pemukiman masyarakat sehingga apabila limbah tersebut mencemari perairan tentu akan berisiko menimbulkan dampak serius bagi kesehatan masyarakat.

Hingga saat ini, penelitian terkait pengolahan limbah cair organik laboratorium telah dilaporkan dengan menggunakan cara yang konvensional seperti penggunaan adsorben (zat penyerap) (Rosyida, 2011) atau koagulan (zat penggumpal) (Asif et al., 2016). Cara tersebut dinilai lebih sederhana dan relatif murah, akan tetapi tidak efisien dikarenakan zat pencemar pada limbah hanya terserap dan tidak diubah menjadi zat yang lebih aman bagi lingkungan, serta hanya efektif untuk sekali pakai atau tidak dapat digunakan berulang.

Suatu teknologi pengolahan limbah cair organik menggunakan metode yang lebih modern dengan bahan yang lebih efisien yang dikenal sebagai metode fotokatalisis disebut mampu mengolah zat cair organik beracun menjadi zat yang lebih sederhana dan ramah lingkungan. Material yang digunakan pada fotokatalisis yang disebut fotokatalis akan bereaksi jika disinari cahaya ultraviolet sehingga mampu mengubah zat organik menjadi karbondioksida dan air, zat yang sama dengan yang terdapat pada nafas manusia.

Teknologi degradasi limbah organik dengan penggunaan fotokatalis telah dikembangkan secara luas. Teknologi ini memungkinkan degradasi zat organik menjadi gas karbondioksida dan uap air dengan menggunakan bantuan energi cahaya. Pengembangan material fotokatalis yang ramah lingkungan, murah dan sangat stabil telah menjadi salah satu masalah paling mendesak dan menantang terkait proses degradasi zat organik tersebut. Semikonduktor dianggap sebagai salah satu fotokatalis yang paling menjanjikan untuk berbagai reaksi fotoredoks, karena memiliki celah pita (bandgap) yang sesuai, biaya rendah, stabilitas kimia yang tinggi, serta ramah lingkungan.

Salah satu material fotokatalis yang telah lama dikembangkan untuk aplikasi degradasi zat organik yaitu material titanium oksida (TiO_2). TiO_2 adalah katalis semikonduktor yang paling efektif digunakan sebagai fotokatalis pada degradasi limbah organik karena memiliki beberapa keuntungan diantaranya

TiO_2 memiliki fotoaktivitas dan stabilitas kimia tinggi, bersifat nontoksik, memiliki sifat redoks, yaitu mampu mengoksidasi polutan organik dan mereduksi sejumlah ion logam dalam larutan, bersifat inert, stabil terhadap korosi yang disebabkan cahaya ataupun bahan kimia (Gupta dan Tripathi, 2011).

Beberapa tahun terakhir, para peneliti terus mengembangkan aplikasi TiO_2 dalam degradasi senyawa organik di antaranya pada degradasi zat warna metilen biru (MB) (Sani et al., 2009), zat warna tartazin (Dwiarsi dan Setyaningtyas, 2014), degradasi fenol (Safni et al., 2019) dan bahkan sebagai *self cleaning* pada minyak cat (Sungging et al., 2012). Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengolahan limbah cair organik laboratorium menggunakan teknologi fotokatalisis dengan material fotokatalis TiO_2 . Hal ini sangat penting dilakukan dikarenakan belum pernah ada sebelumnya penelitian yang menunjukkan aplikasi fotokatalis TiO_2 dalam pengolahan limbah organik laboratorium secara keseluruhan. Melalui penelitian ini diharapkan limbah yang berasal dari laboratorium dapat diolah dan menghasilkan produk hasil pengolahan yang lebih aman untuk dibuang ke lingkungan sekitar agar tidak terjadi pencemaran air yang dapat berdampak buruk pada kesehatan warga yang tinggal di sekitar universitas.

II. Bahan dan Metode:

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan September sampai Oktober 2019. Penelitian ini dilakukan di Pusat Laboratorium Terpadu UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat instrumen difraktometer Shimadzu 6000 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Jepang), Spektrofotometer UV-Vis (Thermo Scientific), lampu UV 100 watt, peralatan gelas laboratorium, neraca analitik, hot plate stirer, oven, dan tanur.

Semua reagen yang akan digunakan mempunyai tingkat kemurnian yang tinggi keluaran Merck. Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah aquadest, TiO_2 , KMnO_4 , asam oksalat, asam sulfat, metanol, metilen biru, dan sampel limbah cair laboratorium yang terdiri dari aseton, aseton, aseton, alfa naftol, anilina, benzaldehida, asam benzoat, beta naftol, kloroform, asam sitrat, dietil eter, etanol, etil asetat, formaldehida, metilen biru, gelatin, glukosa, heksana, isoamil alkohol, laktosa, metanol, metil merah, metil jingga, fenofalein, metil salisilat, asam oksalat, fenol, resorsinol, toluena, asam tartrat, asam salisilat, sikloheksanon, sikloheksena.

Pengumpulan Data Limbah Praktikum dan Penelitian

Pengumpulan data ini dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan sampel limbah cair. Data yang dikumpulkan meliputi analisis bahan-bahan

organik yang digunakan dalam kegiatan praktikum atau penelitian di laboratorium untuk perkiraan awal kandungan yang terdapat pada limbah cair. Kegiatan pencarian dilakukan dengan cara mengelompokkan bahan-bahan organik yang digunakan dari modul-modul praktikum serta proposal penelitian mahasiswa dan dosen.

Pembuatan Sampel Limbah

Pembuatan sampel dilakukan dengan cara membuat campuran limbah dengan mencampurkan beberapa jenis bahan organik yang banyak digunakan dalam kegiatan praktikum dan penelitian yang selanjutnya dicampurkan dalam satu wadah dengan volume masing-masing larutan sampel bahan organik sebanyak 25 mL.

Karakterisasi TiO₂

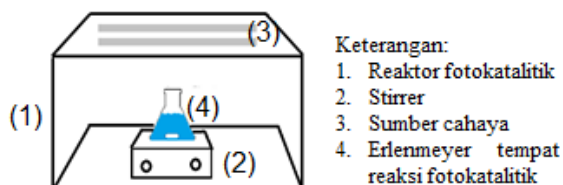
Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui sifat material yang digunakan untuk dikaitkan dengan aktivitasnya. Karakterisasi yang dilakukan yaitu analisis kristalinitas TiO₂. Sifat kristal TiO₂ diuji menggunakan XRD (ASTM D3906-19). Difraksi XRD direkam pada difraktometer Shimadzu 6000 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Jepang), dengan menggunakan iradiasi Cu-K α , ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$) pada rentang sudut $2\theta = 10-80^\circ$. Fase kristal TiO₂ dievaluasi dan ukuran rata-rata kristal dihitung dengan menggunakan persamaan Scherrer.

$$D = K\lambda / (\beta \cos(\theta))$$

dimana λ = panjang gelombang sinar-X yang digunakan, dan θ = sudut difraksi, K = adalah konstanta : 0,94 dan besaran β yang digunakan adalah sebagai Full Width at Half Maximum (FWHM).

Desain Reaktor Fotokatalitik

Reaktor fotokatalitik yang digunakan berbentuk balok mempunyai ukuran panjang= 34 cm, lebar= 33 cm, dan tinggi= 43 cm. Reaktor tersebut dilengkapi dengan 1 lampu UV 100 watt. Pada bagian dalam reaktor terdapat stirrer yang berukuran 4 x 1 cm dan tabung sampel yang memiliki volume sebesar 3000 mL seperti pada gambar di bawah.



Gambar 1. Desain reaktor fotokatalitik (Maretta dan Helmy, 2015)

Karakterisasi TiO₂

Karakterisasi TiO₂ yang akan digunakan untuk reaksi fotokatalitik yaitu dilakukan dengan menggunakan instrumen XRD.

Penentuan Massa Fotokatalis Optimum (Fisli et al., 2017)

Penentuan massa optimum TiO₂ dilakukan dengan cara mengukur daya degradasi TiO₂ terhadap metilen biru sebagai salah satu sampel limbah organik yang digunakan dalam laboratorium kimia dengan metode Fisli et al., 2017 yang dimodifikasi. Konsentrasi metilen biru yang digunakan yaitu 20 ppm dan variabel massa TiO₂ yang digunakan sebesar 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% dan 1% terhadap volume larutan metilen biru yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan cara TiO₂ ditambahkan dalam 250 mL larutan metilen biru (MB) (20 ppm). Kemudian direaksikan selama 5 jam dengan kecepatan pengadukan 300 rpm di bawah iradiasi sinar ultraviolet (UV). Dilakukan pengujian pada kondisi yang sama dengan larutan MB tanpa penambahan TiO₂ sebagai pembanding. Setelah reaksi selesai, konsentrasi MB diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 660 untuk melihat nilai degradasi MB. Dilakukan pula pengukuran pada larutan MB sebelum reaksi sebagai konsentrasi MB awal. Nilai degradasi MB yang dihasilkan dihitung dengan persamaan:

$$\% \text{ degradasi MB} = \frac{(C_o - C_t)}{C_o} \times 100\%$$

Dimana:

C_o adalah konsentrasi awal MB

C_t adalah konsentrasi akhir MB

Penentuan Konsentrasi Optimum Limbah Organik (Fisli et al., 2017)

Penentuan konsentrasi optimum limbah organik yang akan diolah dilakukan dengan mengukur konsentrasi optimum metilen biru sebagai sampel limbah organik dengan metode Fisli et al., 2017 yang dimodifikasi. Penentuan konsentrasi optimum dilakukan dengan cara mengukur daya degradasi TiO₂ terhadap metilen biru dengan variasi konsentrasi 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm, dan 100 ppm dengan massa TiO₂ yang digunakan sebesar 0.8% terhadap volume larutan metilen biru yang digunakan. Kemudian direaksikan selama 5 jam dengan kecepatan pengadukan 300 rpm di bawah iradiasi sinar UV. Dilakukan pengujian pada kondisi yang sama dengan larutan MB tanpa penambahan TiO₂ sebagai pembanding. Setelah reaksi selesai, konsentrasi MB diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 660 untuk melihat nilai degradasi MB. Dilakukan pula pengukuran pada larutan MB sebelum reaksi sebagai konsentrasi metilen biru awal. Nilai degradasi metilen biru yang dihasilkan dihitung dengan persamaan:

$$\% \text{ degradasi MB} = \frac{(C_o - C_t)}{C_o} \times 100\%$$

Dimana:

C_o adalah konsentrasi awal MB

C_t adalah konsentrasi akhir MB

Uji Aktivitas Degradasi Fotokatalisis dalam Pengolahan Limbah

Sampel yang digunakan yakni limbah cair organik dari Pusat Laboratorium Terpadu UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Limbah campuran bahan organik yang paling banyak digunakan di laboratorium dan memiliki efek bahaya paling besar. Larutan limbah yang telah dibuat dimasukkan ke dalam reaktor fotokatalitik sebanyak 875 mL. Kemudian ditambahkan fotokatalis TiO_2 sebanyak 0.8% dan diiradiasi sinar UV menggunakan lampu UV 100 watt, selanjutnya dilakukan pengadukan dengan bantuan *magnetic stirrer* pada kecepatan pengadukan 300 rpm selama 5 jam reaksi. Campuran hasil reaksi kemudian dianalisis kandungan senyawa organiknya dengan menggunakan metode titrasi permanganometri. Pengukuran kandungan senyawa organik dalam limbah dilakukan pada limbah sebelum dan sesudah mengalami pengolahan.

Penentuan Kadar Bahan Organik Limbah dengan Metode Permanganometri (SNI 06-6989.22-2004)

Metode permanganometri yang digunakan untuk menentukan kadar bahan organik air limbah mengacu pada Standar Nasional Indonesia No 06-6989.22 (2004). Adapun prosedur kerjanya terbagi kedalam dua tahap yaitu:

a. Persiapan Penetapan Larutan Kalium Permanganat ($KMnO_4$ 0,01 N)

Pipet 100 mL air suling secara duplo dan masukkan ke dalam labu erlenmeyer 300 mL, panaskan hingga 70 °C. Tambahkan 5 mL H_2SO_4 8 N yang bebas zat organik. Tambahkan 10 mL larutan baku asam oksalat 0,01 N menggunakan pipet volume. Titrasi dengan larutan kalium permanganat 0.01 N sampai warna merah muda dan catat volume pemakaian. Hitung normalitas larutan baku kalium permanganat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Dimana, V_1 adalah mL larutan baku asam oksalat; N_1 adalah normalitas larutan baku asam oksalat yang dipergunakan untuk titrasi; V_2 adalah mL larutan baku kalium permanganat; dan N_2 adalah normalitas larutan baku kalium permanganat yang tidak dicari.

b. Pengukuran Kandungan Bahan Organik dengan Metode Titrasi Permanganometri

Pipet 100 mL contoh uji masukkan ke dalam erlenmeyer 300 mL dan tambahkan 3 butir batu didih. Tambahkan $KMnO_4$ 0,01 N beberapa tetes ke dalam contoh uji hingga terjadi warna merah muda. Tambahkan 5 ml asam sulfat 8 N bebas zat organik. Panaskan di atas pemanas listrik pada suhu $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, bila terdapat bau H_2S , pendidihan diteruskan beberapa menit. Pipet 10 mL larutan baku $KMnO_4$ 0,01 N. Panaskan hingga mendidih selama 10 menit. Pipet 10 mL larutan baku asam oksalat 0,01 N. Titrasi dengan kalium permanganat 0,01 N hingga warna merah muda. Catat volume pemakaian $KMnO_4$. Apabila pemakaian larutan baku kalium permanganat 0,01 N lebih dari 7 mL, ulangi pengujian dengan cara

mengencerkan contoh uji. Hitung nilai kandungan bahan organik dengan persamaan :

$$KMnO_4 \text{ (mg/L)} = \frac{((10-a)b - (10xc)) \times 31,6 \times 1000}{d \times f}$$

Dimana:

a adalah volume $KMnO_4$ 0,01 N yang dibutuhkan pada titrasi;

b adalah normalitas $KMnO_4$ yang sebenarnya;

c adalah normalitas asam oksalat;

d adalah volume contoh; dan

f adalah faktor pengenceran contoh uji.

Analisis Data

Data yang diperoleh akan dibandingkan terhadap masing-masing variasi kondisi percobaan untuk disimpulkan hasil terbaik terhadap pengolahan sampel limbah cair.

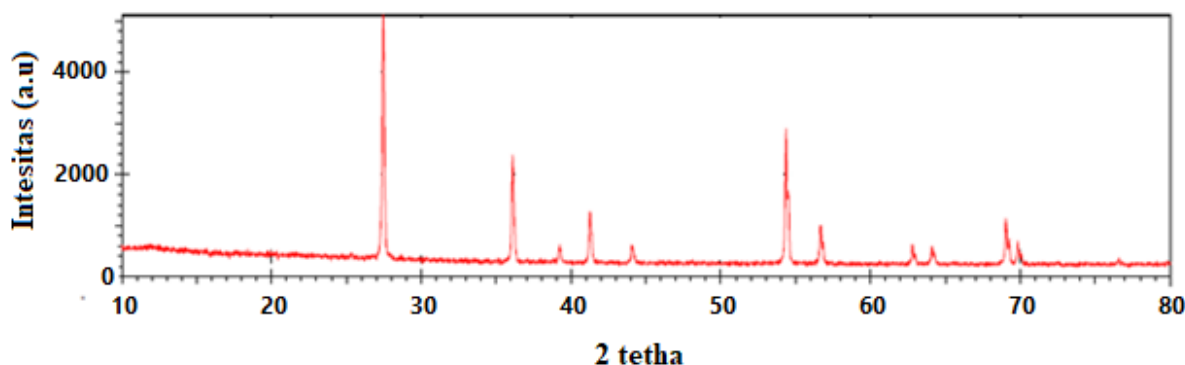
III. Hasil dan Pembahasan

Daftar Bahan Kimia dalam Limbah Cair Organik Laboratorium

Analisis bahan kimia organik dilakukan untuk menentukan jenis bahan kimia yang digunakan pada kegiatan praktikum perkuliahan dan penelitian yang terdapat dalam limbah yang akan diolah dengan sistem fotokatalitik. Hasil penelusuran yang dilakukan dengan mendata secara langsung jenis bahan organik yang digunakan baik pada kegiatan praktikum perkuliahan maupun penelitian menunjukkan terdapat enam puluh empat jenis bahan kimia organik. Dari keenam puluh empat bahan organik tersebut yang diambil pada penelitian ini untuk selanjutnya diolah yaitu hanya 35 jenis bahan. Hal ini didasarkan pada komponen bahan kimia organik yang digunakan dan menghasilkan limbah paling banyak dan memberikan efek berbahaya untuk lingkungan. Ketiga puluh lima bahan organik yang digunakan yaitu asetonilida, aseton, asetonfenon, alfa naftol, anilina, benzaldehida, asam benzoat, beta naftol, kloroform, asam sitrat, dietil eter, etanol, etil asetat, formaldehida, metilen biru, gelatin, glukosa, heksana, isoamil alkohol, laktosa, metanol, metil merah, metil jingga, fenofalein, metil salisilat, asam oksalat, fenol, resorsinol, toluena, asam tartrat, asam salisilat, sikloheksanon, sikloheksena. Dengan konsentrasi setiap larutan yang dibuat yaitu 100 ppm.

Karakteristik Kristal TiO_2

Pengujian karakteristik kristal dari fotokatalis TiO_2 yang digunakan telah dilakukan menggunakan instrumentasi XRD. Karakterisasi ini penting dilakukan untuk mengetahui fase kristal dari TiO_2 yang aktif sebagai fotokatalis. Dari hasil pengukuran dijelaskan bahwa TiO_2 yang digunakan memiliki pola difraksi sinar-X yang dapat dilihat pada Gambar 2. Puncak-puncak TiO_2 yang terlihat pada sudut $2\theta = 25^\circ, 38^\circ, 48^\circ, 54^\circ, 55^\circ, \text{ dan } 63^\circ$ sesuai dengan JCPDS 21-1272. Pola difraksi tersebut berdasarkan Fisli et al. (2017) menunjukkan bahwa fasa TiO_2 yang terbentuk adalah rutil, sementara pola difraksi dari fasa lainnya yakni rutil dan brukit tidak teramati.



Gambar 2. Pola difraksi sinar X fotokatalis TiO₂

Massa Optimum Fotokatalis TiO₂ terhadap Degradasi Fotokatalitik Zat Organik

Penentuan massa optimum fotokatalis TiO₂ dilakukan dengan mengukur daya degradasi TiO₂ terhadap zat warna metilen biru (MB) dengan konsentrasi 20 ppm. Penggunaan MB dilakukan sebagai salah satu sampel limbah organik yang banyak digunakan di laboratorium dan memiliki struktur molekul yang lebih kompleks dari senyawa organik lainnya. Sebelum dilakukan pengukuran nilai absorbansi MB sebelum dan sesudah difotokatalitik, terlebih dahulu dilakukan *scanning* panjang gelombang MB pada berbagai konsentrasi seperti yang ditampilkan pada gambar 3. Gambar 3 memperlihatkan bahwa

senyawa MB yang digunakan memiliki dua puncak serapan khas pada panjang gelombang 294 nm dari ikatan rangkap pada cincin heteroaromatik dan 664 nm dari gugus N(CH₃)₂ yang tersubstitusi pada cincin heteroaromatik (Samed et al., 2014). Puncak tertinggi pada spektrum MB yang terletak pada panjang gelombang 664 nm digunakan sebagai acuan pada pengukuran konsentrasi MB.

Massa optimum fotokatalis TiO₂ ditentukan dengan mengukur daya degradasi dari fotokatalis terhadap larutan MB 20 ppm yang memberikan nilai persen degradasi paling tinggi. Persen degradasi setiap massa fotokatalis yang digunakan ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil penentuan massa fotokatalis TiO₂ optimum

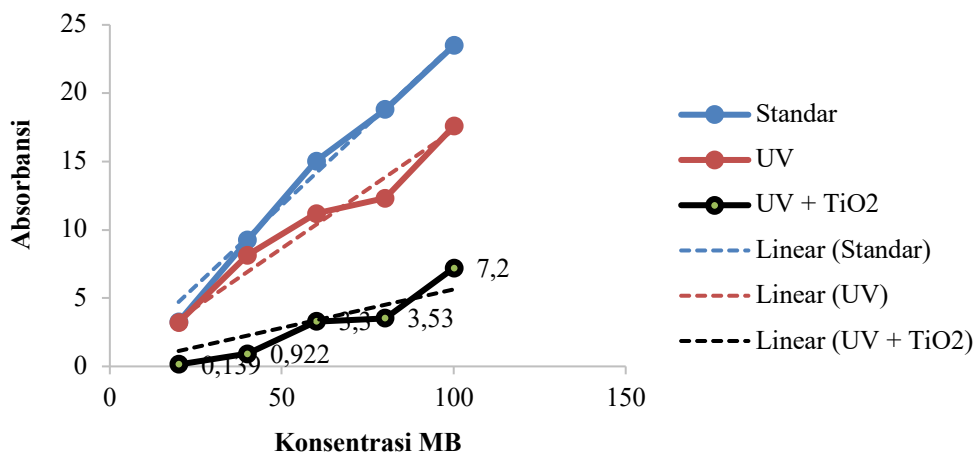
%Fotokatalis	Asorbansi	Absorbansi rata-rata	%Degradasi MB
0.0000	3.1640	3.2297	0.0000
	3.2700		
	3.2550		
	0.1560		
0.6000	0.1530	0.1537	95.2420
	0.1520		
	0.1390		
	0.1390		
0.8000	0.1390	0.1390	95.6962
	0.1390		
	0.2040		
	0.1980		
1.0000	0.1980	0.1980	93.8693
	0.1920		

Tabel 1 menunjukkan bahwa massa fotokatalis TiO₂ yang menghasilkan daya degradasi terhadap MB paling tinggi yaitu massa fotokatalis TiO₂ sebesar 0,8% (b/v) dengan persen degradasi MB sebesar 95,6962%. Oleh karena itu, massa fotokatalis yang akan digunakan pada analisis degradasi MB pada berbagai variasi konsentrasi selanjutnya yaitu sebesar 0,8% b/v.

Penentuan Konsentrasi Optimum Metilen Biru (MB)

Penentuan konsentrasi optimum metilen biru (MB) dilakukan untuk menentukan nilai konsentrasi

maksimum limbah zat organik yang diperbolehkan pada proses pengolahan limbah. Hal ini menjadi dasar apakah limbah yang diolah harus melalui proses pengenceran terlebih dahulu atau tidak. Apabila konsentrasi limbah yang digunakan melebihi konsentrasi optimum yang dapat didegradasi oleh fotokatalis TiO₂, maka limbah tersebut harus diencerkan terlebih dahulu. Pada pengujian ini dilakukan pengukuran daya degradasi fotokatalis TiO₂ dengan massa 0,8% (b/v) pada larutan metilen biru dengan variasi konsentrasi 20; 40; 60; dan 100 ppm. Hasil analisis daya degradasi MB ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil analisis daya degradasi fotokatalis TiO₂ terhadap metilen biru (MB)

Pengukuran ini dilakukan untuk menentukan konsentrasi maksimal dari komponen bahan organik dalam limbah yang akan diolah. Hasil pengukuran menunjukkan penambahan fotokatalis TiO₂ pada limbah yang diiradiasi sinar UV memberikan nilai penurunan nilai absorbansi lebih tinggi dibandingkan limbah yang iradiasi sinar UV tanpa penambahan TiO₂. Penurunan absorbansi metilen biru tersebut menunjukkan bahwa penambahan TiO₂ terbukti lebih efektif dan efisien dalam mendegradasi metilen biru.

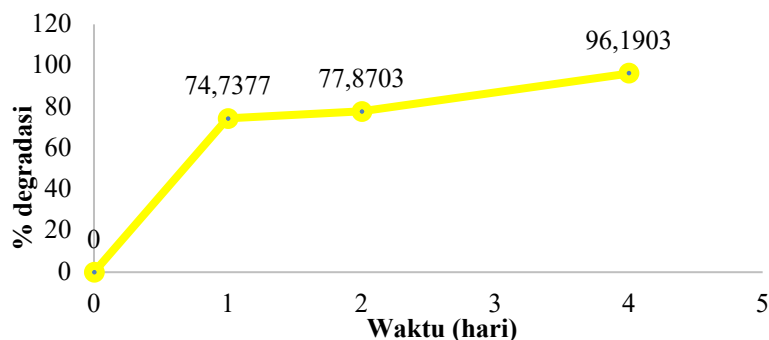
Penurunan nilai absorbansi sebanding dengan penurunan nilai konsentrasi metilen biru, akan tetapi berbanding terbalik dengan persen degradasi. Semakin rendah penurunan absorbansi metilen biru maka semakin tinggi nilai persen degradasi yang dihasilkan. Penambahan TiO₂ memberikan hasil yang sangat baik yaitu di atas 50% bahkan pada konsentrasi metilen biru 100 ppm. Akan tetapi, walaupun demikian terjadi penurunan persen degradasi metilen biru. Faktor utama yang mempengaruhi penurunan tersebut adalah adanya fotolisis akibat interaksi sinar UV terhadap molekul metilen biru.

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh persen degradasi TiO₂ terhadap metilen biru sebanyak 250 mL pada konsentrasi 20 ppm yaitu sebesar 95,74924%; pada konsentrasi 40 ppm yaitu sebesar 88,7975%, pada konsentrasi 60 ppm yaitu sebesar 78,06%, pada

konsentrasi 80 ppm yaitu 81,23% dan pada 100 ppm yaitu sebesar 69,33%. Intensitas sinar ultra violet mempengaruhi proses fotokatalitik dan fasa kristal anatase yg tinggi menjadi sebab terjadinya proses fotokatalitik yang cukup baik. Anatase memiliki peran penting dalam proses fotokatalitik karena dapat membentuk pasangan elektron dan hole yang paling stabil dibanding fasa TiO₂ lain yakni rutil dan brokit (Rahimi et al., 2016).

Pengujian Daya Degradasi TiO₂ Terhadap Sampel Limbah Organik Laboratorium

Pengujian daya degradasi TiO₂ terhadap limbah bahan organik dilakukan dengan cara mengukur parameter kandungan zat organik dalam sampel limbah bahan organik sebelum pengolahan, pengolahan dengan menggunakan sinar UV dan pengolahan dengan menggunakan sinar UV serta fotokatalis TiO₂. Sampel limbah yang digunakan merupakan sampel bahan yang berupa campuran dari 35 jenis bahan kimia organik dengan konsentrasi masing-masing bahan yaitu 100 ppm dan volume masing-masing bahan 25 mL. Daya degradasi limbah organik diukur dengan melihat adanya penurunan kandungan zat organik dalam sampel limbah menggunakan metode titrasi permanganometri. Persen degradasi zat organik dalam limbah setelah mengalami reaksi fotokatalitik ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Persen degradasi limbah cair organik menggunakan katalis TiO₂ 0,8% selama 4 hari

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh daya degradasi TiO₂ terhadap sampel limbah organik sebanyak 875 mL pada hari ke-0 yaitu sebesar 0%; pada hari ke-1 yaitu sebesar 74,33268%; pada hari ke-2 yaitu sebesar 77,87032%; pada hari ke-4 yaitu sebesar 96,19027%. Persen degradasi meningkat dengan meningkatnya waktu reaksi. Teknik fotokatalisis menggunakan TiO₂ menghasilkan kemampuan degradasi terhadap limbah cair organik yang efektif dimana 0,8% TiO₂ mampu memberikan penurunan kandungan senyawa organik dalam sampel limbah laboratorium dengan persen degradasi yang tinggi yaitu sebesar 96,19027% dalam waktu reaksi selama 4 hari.

IV. Kesimpulan

Fotokatalis TiO₂ dengan komposisi 0,8% (b/v) memiliki hasil degradasi tertinggi terhadap metilen biru 20 ppm yakni sebesar 95,681% selama 5 jam reaksi. Fotokatalis TiO₂ menghasilkan persen degradasi terhadap metilen biru bahkan pada konsentrasi 100 ppm yaitu sebesar 69,33%. Fotokatalis TiO₂ juga mampu menurunkan konsentrasi kandungan organik dalam limbah dengan persen degradasi sebesar 96,1902% dengan waktu reaksi selama 4 hari di bawah penyinaran sinar ultraviolet.

Daftar Pustaka

Asif, M. B., Majeed, N., Iftekhhar, S., Habib, R., Fida, S., & Tabraiz, S. (2016). Chemically enhanced primary treatment of textile effluent using alum sludge and chitosan. *Desalination and Water Treatment*, 57(16), 7280–7286. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.10154484>.

Badan Standardisasi Nasional. (2004). Cara Uji Nilai Permanganat secara Titrimetri. SNI 06-6989.22-2004.

Badan Standardisasi Nasional. (2006). Air Minum dalam Kemasan. SNI 01-3553- 2006.

Chong, M. N., Tneu, Z. Y., Poh, P. E., Jin, B., & Aryal, R. (2015). Synthesis, characterisation and application of TiO₂-zeolite nanocomposites for the advanced treatment of industrial dye wastewater. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 50(2014), 288–296.

<https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.12.013>

Dwiasi, D. W., Setyaningtyas, T. 2014. Fotodegradasi Zat Warna Tartrazin Limbah Cair Industri Mie Menggunakan Fotokatalis TiO₂-Sinar Matahari. *Molekul*. Vol. 9. No. 1: 56-62.

Fisli, A, Ridwan, Krisnandi, YK, Gunlazuardi, J. (2017). Preparation And Characterization of Fe₃O₄/SiO₂/TiO₂ Composite For Methylene Blue Removal In Water. *International Journal of Technology*. 1: 76–84.

Gupta, S., Tripathi, M. 2011. Areview of TiO₂ nanoparticles. *Chinese Science Bulletin*. 56(16):1639-1657

Maretta, A., Helmy, Q. 2015. Degradasi surfaktan sodium lauryl sulfat dengan proses fotokatalisis menggunakan nano partikel ZnO. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 21(1): 1-8.

Rahimi, N, Pax, RA, Gray, EMA. (2016). Review Of Functional Titanium Oxides. I: TiO₂ And Its Modifications. *Progress in Solid State Chemistry*. 44 (3).

Rosyida, A. (2011). Bottom ash Limbah Batubara sebagai Media Filter yang Efektif pada Pengolahan Limbah Cair Tekstil. *Rekayasa Proses*, 5(2), 56–61.

S Safni, Vepilia Wulanda, K Khoiriah, Diana Vanda Wellia. 2019. Degradasi senyawa fenol secara fotokatalisis dengan menggunakan katalis C-doped TiO₂. *Jurnal Litbang Industri - Vol. 9 No. 1, Juni 2019 : 51 – 57*.

Samed, AJ, Hasnat, MA., Machida, M. (2014). A COMposite Photocatalyst for Methylene Blue Degradation Under Visible Light Irradiation. *Asian Journal of Chemistry*. 26(8): 2459-2462.

Sani, A., Rostika, A., & Rakhmawaty, D. (2009). Pembuatan Fotokatalis TiO₂-Zeolit Alam Asal Tasikmalaya Untuk Fotodegradasi Methylene Blue. *Journal of Indonesia Zeolites*, 8(1), 1411–6723.

Sungging Haryo W, Arimaz Hangga, Warin Gusena, Tri Kurniawan dan Dyah Sawitri. 2012 Aplikasi Partikel TiO₂ Sebagai Self Cleaning Pada Cat Minyak. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan 2012 Serpong*, 3 Oktober 2012.