

PREPARASI Fe(III)-MONTMORILLONIT SEBAGAI KATALIS PADA FOTOOKSIDASI METILEN BIRU

Yuyun Yunani N, Is Fatimah, dan Riyanto

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia,

Yogyakarta 55281 Indonesia

E-mail: yuyunynkn@gmail.com

ABSTRACT

Preparation of Fe(III)-montmorillonite and its application on the methylene blue photo-degradation under UV illumination have been done. The preparation has been conducted by following steps; preparation of pillaring agent solution, intercalation, and calcination. The characterization of Fe(III)-montmorillonite were examined by x-ray diffraction (XRD), surface area analysis (SAA) by the BET equation and atomic absorption analysis (AAS). The degradation of methylene blue was carried out by treating with various methods such as adsorption, photocatalyst, photolysis, photo-oxidation, and oxidation. The result of XRD characterization showed that Fe(III)-montmorillonite has basal spacing 12.23 Å, specific surface area is 110.513 m²g⁻¹, the total volume of pores is 158.8 x 10⁻³ cm³g⁻¹ and radius average of pore is 28.74075 Å. The results of methylene blue degradation was analyzed using UV-visible absorption spectrophotometry. The best optimum degradation method is photo-oxidation test on pH 10, 180 minutes, and radiation under UVB illumination by using 0.1 g Fe(III)-montmorillonite for each 500 mL of 10⁻⁴ M methylene blue and 0.025 mL peroxide (H₂O₂ 50%) mL of 10⁻⁴ M. This photo-oxidation test could reduce of methylene blue content until 92.564 %.

Keywords: photodegradation, metylen blue, Fe (III)-montmorillonite

ABSTRAK

Preparasi Fe(III)-montmorilloit dan aplikasinya pada fotodegradasi metilen biru dengan sinar UV telah dilakukan. Preparasi Fe(III)-montmorillonit dilakukan dengan tahapan pembuatan larutan agen pemilar, interkalasi, dan kalsinasi. Karakterisasi material dilakukan menggunakan XRD, dan SAA melalui persamaan BET. Degradasi metilen biru dilakukan menggunakan beberapa metode yaitu adsorpsi, fotokatalis, fotolisis, fotooksidasi dan oksidasi. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan Fe(III)-montmorillonit mempunyai basal spacing 12,23 Å, luas permukaan spesifik 110,513 m²g⁻¹, volume total pori 158,8x10⁻³ cm³g⁻¹ dan rerata jejari pori 28,74075 Å. Hasil degradasi metien biru dianalisis dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Metode degradasi yang paling optimal adalah uji fotooksidasi pada pH 10, selama 180 menit, penyinaran di bawah sinar UVB (λ .. nm) dengan menggunakan 0,1 g Fe(III)-montmorillonit untuk setiap 500 mL MB 10⁻⁴ M dan peroksida (H₂O₂ 50%) sebanyak 0,025 mL dapat menurunkan kadar metilen biru sebesar 92,564 %.

Kata kunci : fotodegradasi, metilen biru, katalis Fe(III)-montmorillonit

PENDAHULUAN

Munculnya permasalahan limbah mendorong pemerintah untuk mengeluarkan Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999

(Riyanto, 2010) tentang pengolahan limbah bahan berbahaya dan beracun. Pada tanggal 27 Februari ditetapkan bahwa jenis industri atau kegiatan tekstil diantaranya (kode

limbah D213), menghasilkan pencemaran dari pigmen, zat warna dan pelarut organik, termasuk dalam daftar limbah B3 dari sumber yang spesifik.

Dalam industri tekstil, metilen biru (MB) merupakan salah satu zat warna *thiazine* yang sering digunakan, karena ekonomis dan mudah diperoleh. MB juga termasuk zat warna dasar yang penting dalam proses pewarnaan kulit, kain mori, kain katun, dan lain sebagainya (Ayu, *et al.*, 2011). Dalam pewarnaan, senyawa metilen biru hanya digunakan sekitar 5% sedangkan sisanya yaitu 95% akan dibuang sebagai limbah (Riyanto dan Julianto, 2009). Penggunaan senyawa ini dapat menimbulkan beberapa efek, seperti iritasi saluran pencernaan jika tertelan, menimbulkan sianosis jika terhirup, dan iritasi pada kulit jika tersentuh oleh kulit (Hamdaoui and Chiha, 2006). Sehingga, dibutuhkan pengolahan limbah lain untuk menghindari penumpukan *secondary pollution/waste* tersebut (Stylidi, 2003, Chen, 1999).

Sebagai alternatif dikembangkan metode fotodegradasi dengan menggunakan bahan fotokatalis dan radiasi sinar ultraviolet yang energinya sesuai atau lebih besar dari energi *band gap* fotokatalis tersebut. Dengan metode fotodegradasi ini, zat warna akan diurai menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana yang lebih aman untuk lingkungan (Anonim, 1999, Wijaya *et al.*, 2006, Ramirez *et al.*, 2010).

Dalam teknologi pengolahan limbah zat warna, metode foto-Fenton juga merupakan salah satu teknik yang sedang berkembang, diantaranya karena dapat meningkatkan efisiensi dan nilai ekonomis dari proses. Teknik ini didasarkan pada kemampuan oksidasi dari Fe^{2+} dan Fe^{3+} melalui adanya cahaya dan H_2O_2 sebagai sumber radikal dapat mengoksidasi senyawa organik secara lebih efektif (Ramirez *et al.*, 2010, Muthuvel *et al.*, 2012).

Logam transisi besi mempunyai kekuatan yang hebat dan banyak bermanfaat bagi manusia (Anonim, 2009a), diantaranya sebagai pemilar lempung yang bersifat semi konduktor, berenergi celah pita 3,2 eV dan sebagai reagen fenton. Beberapa keunggulan menurut Yang *et al.*, (1992) dari pilarisasi oksida besi adalah (1) memberikan ketinggian *gallery* ruang (2) memiliki luas permukaan yang relatif tinggi dan (3) dalam penggunaannya sebagai katalis selektif memiliki sifat tahan terhadap racun katalis seperti SO_2 . Sehingga dapat digunakan untuk menghendaki reaksi fotokatalis degradasi suatu senyawa organik.

Berdasar latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian tentang foto-degradasi zat warna metilen biru dengan katalis heterogen Fe(III)-montmorillonit. Dalam penelitian ini akan dipelajari kondisi optimum dari proses foto-degradasi zat warna metilen biru seperti berat fotokatalis Fe(III)-montmorillonit, dengan menggunakan

peroksida (H_2O_2), pH, waktu degradasi, dan perbandingannya dengan metode adsorpsi dan fotolisis.

METODE PENELITIAN

1.1. Alat dan Bahan Penelitian

a. Alat Penelitian

Difraksi Sinar-X, *Surface Area Analyzer*, HPLC (SHIMADZU, detektor LC-6A, injektor SCL-6B), Spektrofotometri Serapan Atom (Perkin-Elmer Zeemen 5100), Furnace, Spektrofotometer UV-Vis *double beam* (HITACHI U 2010), Lampu UV, Seperangkat alat gelas (Pyrex), *Oven* (Memmert), Pengaduk magnet, Kertas saring Whatman 42, Neraca analit (Sartorius BP 410).

b. Bahan Penelitian

$FeCl_3 \cdot 6H_2O$ (Merck-Millipore), Lempung montmorillonit (Laboratorium Kimia Lanjut FMIPA UII), Metilen biru (Merck-Millipore), HNO_3 (Merck-Millipore), HCl (Merck-Millipore), NaOH (Merck-Millipore), Air *de-ionizer* (Laboratorium gizi UGM), Akuades (Laboratorium Kimia Lanjut FMIPA UII).

1.2. Prosedur Penelitian

Sintesis Fe(III)-montmorillonit

Fe^{3+} dibuat dengan menimbang 1,104g $FeCl_3$ dalam 100 mL akuades dan diaduk dalam temperatur kamar selama 24 jam (larutan 1). Montmorillonit sebanyak

10g dalam 100mL akuades diaduk dalam temperatur kamar selama 24 jam (larutan 2), kemudian larutan 1 ditambahkan kedalam larutan 2, dan diaduk selama 24 jam, dan direfluks selama 4 jam. $FeCl_3$ -montmorillonit kemudian ditur pH-nya menjadi 6-7 dengan proses pencucian menggunakan air *de-ionizer* dan penyaringan, sehingga didapatkan Fe(III)-montmorillonit bebas dari ion Cl^- dan pH netral. Fe(III)-montmorillonit dimasukan dalam furnace pada temperatur $200^\circ C$, didiamkan 1 jam kemudian dinaikan temperturnya hingga $300^\circ C$ dan didiamkan selama 4 jam.

Karakterisasi Katalis Fe(III)-montmorillonit

Katalis Fe(III)-montmorillonit diamati parameter fisiknya (meliputi besarnya kristalinitas padatan) menggunakan XRD (*X-ray diffraction*). Analisis dilakukan dengan metode serapan nitrogen menggunakan instrumen *surface area analyzer* (SAA).

Uji Aktivitas Degradasi Metilen Biru dengan Fe(III)-montmorillonit

Larutan MB 10^{-4} M sebanyak 500 mL diambil 2 mL dan diencerkan sebanyak lima kali (untuk pengambilan menit ke 0), sisa larutan diuji aktivitas dengan variasi pada Tabel 1, kemudian diaduk menggunakan magnetik stirer dengan kecepatan putar ± 350 rpm. Sampel diambil

sebanyak 2 mL pada variasi waktu; 15, 30, 45, 60, 90, 120, dan 180 menit. Kemudian diencerkan sebanyak lima kali. Sampel dengan 8 variasi waktu dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

Tabel 1. Variasi kondisi analisis uji aktifitas degradasi MB

No.	Kondisi Analisis	+ Katalis (g)	+ UV B	+ H ₂ O ₂ (mL)
1	Adsorpsi	0,1	-	-
2	Fotokatalis	0,1	√	-
3	Fotolisis	-	√	-
4	Fotooksidasi	0,1	√	0,025
5	Oksidasi	-	√	0,025

Kondisi analisis adsorpsi, fotokatalis, fotolisis dan oksidasi dilakukan pada pH netral, sedangkan untuk fotooksidasi dilakukan dengan variasi pH 4, 7 dan 10, dengan penambahan asam atau basa, yang selanjutnya dilakukan dengan prosedur yang sama.

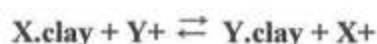
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Fe(III)-montmorillonit

Tahap preparasi lempung terpillar Fe³⁺ meliputi (1) proses pembuatan larutan agen pemilar, (2) tahap interkalasi, dan (3) tahap kalsinasi. Lempung montmorillonit sebanyak 10 g dalam 100 mL akuades diaduk dalam temperatur kamar selama 24 jam pada temperatur ruang (larutan 1). Larutan 2 atau oligomer sebagai agen pemilar dibuat dengan melarutkan sebanyak 1,104 gram

FeCl₃.6H₂O dalam 100 mL akuades dengan pengadukan selama 24 jam pada temperatur yang sama.

Larutan oligomer kemudian dicampurkan dalam larutan 1 secara perlahan dan diaduk selama 24 jam pada temperatur ruang, campuran kemudian direfluks untuk mempercepat proses pertukaran kation Fe dengan kation-kation yang terdapat dalam montmorillonit, reaksi yang terjadi merujuk pada (Woral, 1968):



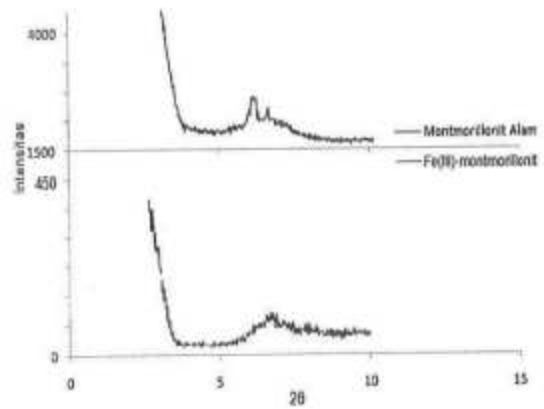
Tahapan pertukaran kation tersebut dinamakan tahap interkalasi atau penyisipan kation Fe³⁺ menggantikan posisi kation-kation dalam ruang antar lapis montmorillonit. Pertukaran kation terjadi karena ikatan kation yang ada pada antar lapis lempung relatif lemah. Kemudian dikalsinasi pada temperatur 200°C selama 1 jam dilanjutkan pada temperatur 300°C selama 4 jam. Dalam proses kalsinasi terjadi proses oksidasi yang bertujuan untuk menghilangkan senyawa-senyawa organik dalam lempung dan menghasilkan kation logam Fe³⁺ sebagai Fe₂O₃. Proses kalsinasi bertujuan untuk menstabilkan struktur kristal yang terbentuk dari proses interkalasi dan menjadikan mikropori yang ada pada antarlapis montmorillonit menjadi lebih terbuka sehingga logam pemilar menempati posisinya dan memperbesar pori pada lempung. Hasil pilarisasi ini disebut katalis

heterogen Fe(III)-montmorillonit dengan perolehan hasil sebanyak 3,89 gram.

Karakterisasi Katalis Fe(III)-montmorillonit

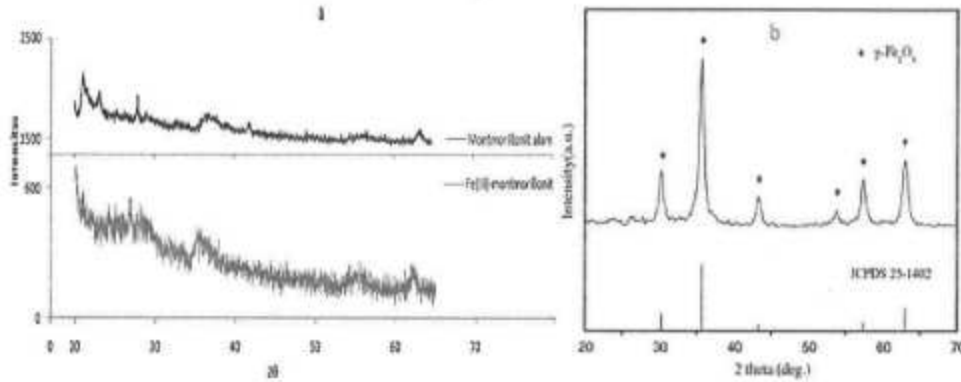
a. Hasil X-Ray Diffraction (XRD)

Basal spacing (d_{001}) atau besarnya kristalinitas padatan yang terjadi antara montmorillonit alam dan Fe(III)-montmorillonit dapat diidentifikasi menggunakan XRD dengan adanya pergeseran puncak pada d_{001} . Pentingnya pengamatan tersebut guna mengetahui peningkatan jarak antar lapis silikat lempung pada saat terbentuknya pilar, selisih antara d_{001} dari lempung terpillar dengan tebal lapisan silikat adalah tinggi pilar dari lempung terpillar. Analisis tersebut dilakukan pada dua sudut, yaitu (1) sudut kecil dan (2) sudut besar. Analisis menggunakan sudut kecil ($2\theta = 1,5-10^\circ$) (Gambar 1) bertujuan untuk menentukan *basal spacing* d_{001} dari montmorillonit setelah dipolarisasi dengan Fe_2O_3 , sedangkan dilakukannya analisis pada sudut besar ($2\theta = 20-65^\circ$) (Gambar 2a) ini bertujuan untuk menentukan ada tidaknya pembentukan kristal Fe_2O_3 .



Gambar 1. Difraktogram sinar-X dengan sudut kecil

Dari difraktogram (Gambar 1) dapat dilihat bahwa terjadi perubahan puncak montmorillonit alam dengan montmorillonit yang sudah dipolarisasi dengan Fe^{3+} sebagai bentuk oksidanya, Fe_2O_3 . Pergeseran puncak ke sudut yang lebih besar (kearah kanan dari difraktogram) tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan *basal spacing* montmorillonit alam $d_{001} = 14,56 \text{ \AA}$ ($2\theta = 6,3^\circ$) menjadi $d_{001} = 12,23 \text{ \AA}$ ($2\theta = 6,7^\circ$) pada Fe(III)-montmorillonit. Penurunan jarak antar lapis silikat tersebut disebabkan oleh terbentuknya partikel-partikel Fe_2O_3 yang menutupi permukaan montmorillonit.



Gambar 2. a. Pola difraksi sinar-X dengan sudut besar, b. Pola difraksi sinar-X standar JCPDS Fe₂O₃

Pola difraksi dari *Joint Committee of Powder Diffraction Standards* (JCPDS) untuk Fe₂O₃ tersebut dijadikan acuan untuk membandingkan puncak-puncak yang muncul pada pola difraksi pada Gambar 14a. Dari perbandingan yang telah dilakukan maka dapat diketahui bahwa Fe³⁺ dalam bentuk oksidanya, Fe₂O₃, sebagai penyebab peningkatan jarak antar lappis.

Gambar 2b menunjukkan puncak sekitar sudut 30°, 53°, 43°, 58° dan 62° untuk senyawaan Fe₂O₃, sedangkan pada gambar 14a puncak ditunjukkan pada sudut 35,4° dan 55,6°, kemungkinan kedua puncak tersebut adalah puncak Fe₂O₃.

b. Hasil Brunauer-Emmett-Teller (BET)

Adsorpsi fisik molekul gas pada permukaan padatan (*solid*) dapat dijelaskan dengan metode BET, perubahan fisik yang terjadi, meliputi; luas permukaan (*surface*)

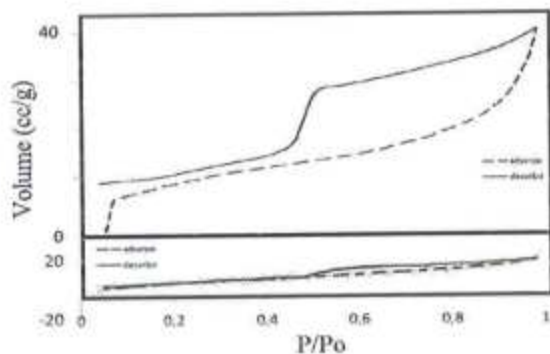
spesifik, volume total pori, dan distribusi pori dari lempung yang telah dilakukan pemiliran secara teoritis lempung akan mengalami perubahan. Perubahan tersebut dapat diidentifikasi menggunakan metode BET dengan adsorpsi gas N₂.

Tabel 2. Data SAA montmorillonit alam (1) dan Fe(III)-montmorillonit (2)

Jenis Sampel	Luas permukaan spesifik (m ² g ⁻¹)	Volume total pori (cm ³ g ⁻¹)	Rerata jejari pori (Å)
1	45,11	6,24x10 ⁻³	15,90
2	110,513	158,8x10 ⁻³	28,74075

Perubahan pola serapan gas N₂ dari Fe(III)-montmorillonit memiliki kemampuan serapan lebih baik dari montmorillonit alam. Data analisis SAA pada Tabel 2 menunjukkan bahwa terbentuknya agregat-agregat Fe₂O₃ pada material juga memiliki pori-pori yang menambah luas permukaan spesifik, volume total pori, dan rerata jejari pori. Dari analisis ini maka dapat diketahui

bahwa dengan adanya pemiliran lempung dengan menggunakan pilar Fe_2O_3 mengakibatkan adanya kenaikan yang cukup signifikan baik luas permukaan, volume total pori dan jari-jari porinya. Dengan adanya kenaikan ini, mengakibatkan kinerja dari lempung terpillar Fe_2O_3 untuk kepentingan lebih lanjut akan lebih maksimal baik itu untuk adsorpsi atau katalis. Pola hasil identifikasi adsorpsi-desorpsi material dapat dilihat pada Gambar 3.

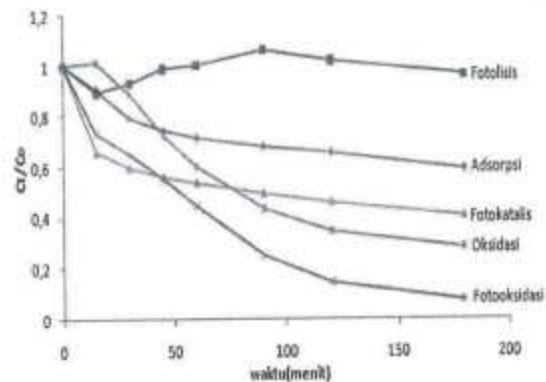


Gambar 3. Pola adsorpsi - desorpsi Fe(III)-montmorillonit (atas) dan montmorillonit alam (bawah)

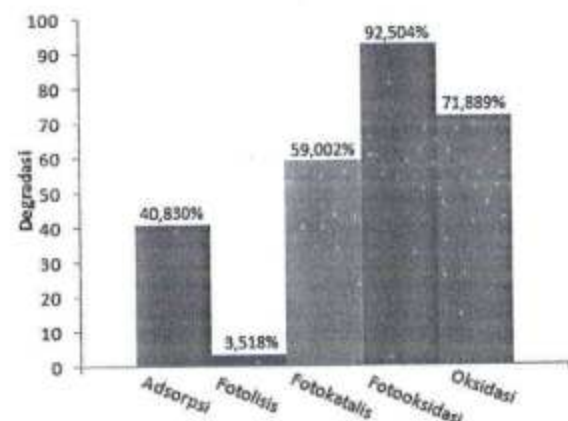
Degradasi Metilen Biru dengan Fe(III)-montmorillonit

Penurunan kadar MB dengan Fe(III)-montmorillonit sebagai fotokatalis degradasi dapat diketahui melalui hasil proses degradasi MB (Gambar 5 dan 6), terlihat bahwa secara umum Fe(III)-montmorillonit dengan kondisi fotooksidasi memberikan persen pengurangan yang relatif lebih tinggi

daripada Fe(III)-montmorillonit dengan kondisi lainnya.



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi MB terhadap waktu (dosis katalis: 0.1 g / L, sinar UV B, C_0 = konsentrasi MB mula-mula, C_t = konsentrasi MB pada saat diukur)



Gambar 6. Grafik persentase penurunan konsentrasi MB untuk beberapa variasi uji setelah menit ke-180

a. Kondisi Adsorpsi dan Fotolisis

Adsorpsi menurunkan konsentrasi MB lebih cepat dibandingkan fotolisis dan oksidasi. MB terserap oleh material meskipun tidak ada sumber cahaya, pada kondisi adsorpsi ini proses yang terjadi

hanyalah sorpsi pada permukaan Fe(III)-montmorillonit.

Pada kondisi fotolisis degradasi melalui penyinaran langsung oleh UV B memberikan penurunan konsentrasi MB sebesar 10,68; 6,78 dan 3,52% setelah penyinaran selama 15; 30 dan 180 menit (Gambar 5). Fotolisis menurunkan sedikit konsentrasi MB. Kurva degradasinya memperlihatkan penurunan kurva yang tidak stabil (Gambar 5) dibandingkan kurva proses degradasi lainnya. Setelah proses penyinaran, tidak tampak adanya perubahan warna larutan jika dibandingkan dengan menit ke-0. Hal ini mengindikasikan bahwa foton tidak cukup mampu atau kurang efektif untuk menguraikan ikatan kromofor MB, dimana jumlah radikal hidroksil yang dihasilkan oleh foton tidak banyak, sehingga tidak tampak adanya perubahan warna larutan (Palupi, 2006).

b. Kondisi Fotokatalis

Fotokatalisis berpengaruh signifikan terhadap penurunan MB. Pada menit ke-15 sebanyak $33 \pm 0,878\%$ MB dapat terdegradasi. Dalam kondisi ini terjadi eksitasi e^- (loncatan elektron) dari pita valensi ke pita konduksi pada logam semikonduktor Fe^{3+} disebabkan oleh energi foton yang berasal dari UV B. Loncatan elektron ini meninggalkan *hole* / h^+ (lubang elektron) pada pita valensi yang dapat berinteraksi dengan H_2O atau OH^- dan

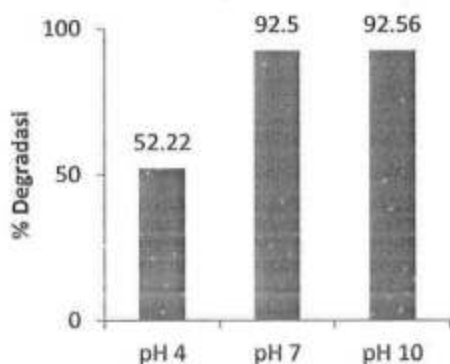
membentuk radikal hidroksil ($\bullet OH$) yang merupakan spesies oksidator yang sangat kuat (Fatimah, 2013).

Luas permukaan katalis yang digunakan selama proses fotokatalisis tetap, maka jumlah radikal $\bullet OH$ yang dihasilkan oleh katalis juga akan konstan. Akibatnya akan terjadi kurangan pasokan radikal pada proses degradasi dengan konsentrasi awal yang tinggi, dan hanya akan menghasilkan tetapan kelajuan degradasi yang kecil (Palupi, 2006). Walaupun demikian material tersebut terbukti berperan sebagai fotokatalis, tidak hanya sebagai adsorben.

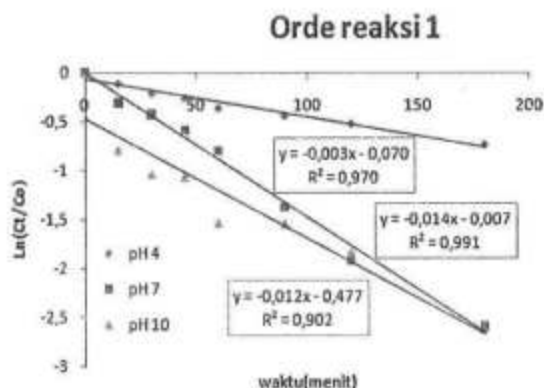
c. Kondisi Fotooksidasi pada pH 4, 7, dan 10

Degradasi dalam kondisi fotooksidasi memberikan penurunan konsentrasi sebesar 52,217% pada pH 4; 92,504% pada pH 7 dan 92,564% pada pH 10 setelah penyinaran selama 180 menit (Gambar 7), hasil penelitian tersebut berbeda dengan laporan yang dikeluarkan Industrial Wastewater (Anonim, 2009b), yaitu pH 3–6 merupakan kisaran pH yang baik untuk oksidasi Fenton. Pada pH tinggi degradasi MB cenderung lebih tinggi persen degradasinya, hal ini disebabkan MB merupakan senyawa yang memiliki ikatan S^+ sehingga MB termasuk dalam jenis *dye* kationik. Pada larutan dengan pH tinggi, MB yang bermuatan positif (bersifat basa) akan mudah teradsorpsi pada permukaan Fe^{3+} yang bermuatan positif.

Adsorpsi MB meningkat karena adanya interaksi elektrostatis antara MB dan partikel Fe^{3+} . Sebaliknya, pada pH rendah (bersifat asam), adsorpsi MB pada permukaan Fe^{3+} menjadi sukar dibanding ketika bermuatan basa, karena adanya gaya tolak menolak antara MB dan partikel Fe^{3+} yang sama-sama bermuatan positif. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa degradasi MB paling baik dilakukan pada keadaan basa. Semakin bersifat basa larutan tersebut, degradasi MB akan semakin baik.



Gambar 7. Kurva % degradasi fotooksidasi setelah menit ke-180



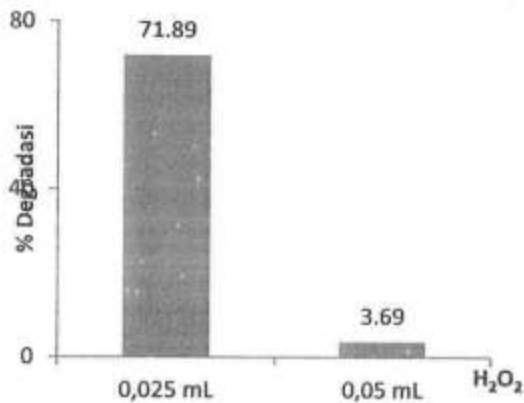
Gambar 8. Kurva $\ln(Ct/Co)$ versus waktu penyinaran untuk fotodegradasi uji fotooksidasi variasi pH dengan katalis Fe_2O_3 -montmorillonit dan montmorillonit alam

Untuk mengetahui konstanta laju reaksi degradasi MB yang dikatalis Fe_2O_3 -montmorillonit dibuat grafik $\ln(Ct/Co)$ sebagai fungsi waktu (Gambar 8). Harga konstanta kelajuan degradasinya (k) diperoleh dari perhitungan *slope*, yaitu sebesar 0,012 detik⁻¹ untuk uji fotooksidasi pH 10, 0,014 detik⁻¹ pH 7 dan 0,003 detik⁻¹ pH 4.

d. Kondisi Oksidasi

Pengaruh penambahan H_2O_2 dapat meningkatkan konsentrasi radikal hidroksil. H_2O_2 mempunyai dua fungsi dalam proses degradasi, yaitu mengikat elektron sehingga terjadi pemisahan muatan dan sebagai pembentuk radikal $\bullet OH$.

Penambahan 0,025 mL H_2O_2 dalam larutan MB yang disinari dengan UV B dapat mendegradasi $71 \pm 0,889\%$ MB pada menit ke-180 (Gambar 6 dan 10). Sedang penambahan sebanyak 0,05 mL H_2O_2 hanya mendegradasi $3 \pm 0,692\%$ pada menit ke-180 (Gambar 10). Hal ini disebabkan karena konsentrasi yang ditambahkan dalam larutan terlalu tinggi, sehingga akan menimbulkan efek negatif seperti yang telah dilaporkan oleh Palupi (2006) dalam penelitiannya. Efek negatif ini yaitu terbentuknya radikal $HO_2\bullet$ yang kurang reaktif dibandingkan radikal $\bullet OH$, dan terbentuknya molekul gas dalam sistem. Molekul gas ini tidak terlarut, sehingga akan menghalangi transfer energi foton.



Gambar 10. Kurva hubungan antara persentase degradasi dan waktu setelah menit ke-180

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa tidak terbentuk lempung terpillar Fe^{3+} . Hasil karakterisasi Fe(III)-montmorillonit memiliki d001, stabilitas termal, dan luas permukaan yang meningkat, sehingga dapat digunakan sebagai fotokatalis foto-degradasi metilen biru.

Metode yang optimum untuk mendegradasi zat warna metilen biru, adalah uji fotooksidasi pada pH 10, selama 180 menit, penyinaran UV B dengan menggunakan 0,1 g Fe(III)-montmorillonit untuk setiap 500 MB 10^{-4} M dan peroksida (H_2O_2 50%) sebanyak 0,025 mL merupakan reaksi orde satu. Penurunan kadar metilen biru pada kondisi tersebut sebesar 92,564%.

REFERENSI

- Anonim, 1999, *Innovative Technology: Summary Report Fenton's Reagent*, USDepartment of Energy, Amerika Serikat.
- Anonim, 2009a, *Al-Qur'an dan Terjemahnya: Special for Woman, A-Hadid*, 25, Dpartemen Agama RI, Sygma, Jakarta.
- Anonim, 2009b, *Industrial Wastewater, Fenton's reagent: iron-catalyzed hydrogenperoxide*, US Peroxide. www.h2o2.com/industrial/fentonsreagent.aspx?pid=84&name=Fenton-s-Reagent (diakses pada 30 November 2012).
- Ayu, I.G., Widiharti, P.N.D., & Farhatun, Y.N., 2011, *Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar UV dan Katalis Al_2O_3* , *J.Chem*, **5** (1), ISSN 1907-9850, hlm. 31-42.
- Chen, D.W., & Ray, A.K., 1999, *Photocatalytic Kinetics of Phenol and Its Derivatives Over UV Irradiated TiO_2* , *App.Catal.B.Envirion*, 1999, **23**(2-3), 143.
- Fatimah, I., 2013, *Kimia Kinetika*, hlm. 194-196, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Hamdaoui, O., & Chiha, M., 2006, *Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Wheat Bran*, *Acta.Chem.Slov*, (54), hlm. 407-418.
- Muthuvel, I., Krishnakumar, B., & Swaminathan, M., 2012, *Novel Fe Encapsulated Montmorillonite K10 Clay for Photo-Fenton Mineralization of Acid Yellow 17*, *Indiana.J.Chem*, **5**(A), hlm. 800-806.

- Palupi, E., 2006, *Degradasi Methylene Blue dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis Menggunakan film TiO₂*, Skripsi, Dpartemen Fisika FMIPA IPB, Bogor.
- Ramirez, J.H., Vicente, M.A., & Madeira, L.M., 2010, *Heterogenous With Pillared Clay-Based Catalysts for Wastewater treatment: A Review*, *App.Catal.B.Environ*, **98**, hlm. 10-26.
- Riyanto & Julianto, T.S., 2009, *Degradasi Senyawa Metilen Biru Dengan Metode Elektolisis Menggunakan Elektroda Platinum*, Proyek Penelitian Hibah Bersaing DIKTI, Yogyakarta.
- Riyanto, 2010, *Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)*, FMIPA UII, Yogyakarta.
- Stylidi, M., Kondarides, D.I., & Verykios, X.E., 2003, *Patways of Solar Light-Induced, Photocatalytic Degradation of Azo Dyes in Aqueous TiO₂ Suspension*, *App.Catal.B.Environ*, **40(4)**, hlm.271.
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono., Kurniaysih, D., 2006, *Utilisasi TiO₂-Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna CongoRed*, *Teknoin*, **6 (1)**.
- Woral, W.E., 1968, *Clay: Their Nature, Origin and General Properties*, hlm. 53, 117 - 119, McLaren and Aons, London.
- Yang, R.T. Chen, J.P., Kikinides, E.S., & Cheng, L.S., 1992, *Pillared Clays As Superior Catalyst for Selective Catalytic Reduction of Clay NO with NH₃*, *Ind.Eng.Chem.Res*, **31**, hlm. 1440 - 1445.