

BENTONIT-Fe₃O₄ SEBAGAI FOTOKATALIS DALAM PROSES FOTODEGRADASI NAPHTHOL BLUE BLACK DENGAN IRADIASI UV

I. E. Suprihatin*, N. D. Murdani dan I W. Suarsa

Program Studi Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali, Indonesia 80361

*Email: eka_suprihatin@unud.ac.id

ABSTRAK

Bentonit adalah salah satu jenis bahan yang umum digunakan sebagai penyerap limbah zat warna. Namun, masih terdapat kesulitan dalam pemisahan dan pengumpulan kembali adsorben setelah proses penyerapan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini bentonit dijadikan komposit dengan oksida besi yang bersifat magnetik untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mendegradasi zat warna *Naphthol blue black* menggunakan bentonit-Fe₃O₄ sebagai fotokatalis bukan sekedar adsorben. Penelitian ini meliputi penentuan massa bentonit-Fe₃O₄ optimum, pH optimum, waktu iradiasi optimum, serta efektivitas fotodegradasi pada kondisi optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum yang diperoleh yaitu massa bentonit-Fe₃O₄ sebesar 50 mg, pH 5 dan waktu iradiasi dengan sinar UV adalah 30 menit. Persentase fotodegradasi pada kondisi optimum sebesar 98,95±0,01% yang menunjukkan fotodegradasi menggunakan fotokatalis bentonit-Fe₃O₄ efektif menurunkan konsentrasi zat warna *Naphthol blue black*.

Kata kunci: fotodegradasi, katalis bentonit-Fe₃O₄, *Naphthol blue black*

ABSTRACT

Bentonite is one of the best adsorbents for dye waste. However, there is a problem in separating and re-collecting the adsorbent after the adsorption process. Therefore, in this research bentonit was composited with Fe₃O₄ which was paramagnetic and used as a photocatalyst instead of adsorbent. This study aimed to degrade Naphthol blue black dyes using the bentonite-Fe₃O₄ photocatalysts. In this research the bentonite-Fe₃O₄ photocatalyst was used to assist the photodegradation of blue-black naphthol using UV light. The study included the determination of the optimum conditions namely the mass of bentonite-Fe₃O₄, pH, and irradiation time, as well as the effectiveness of photodegradation under the optimum conditions. The result of the study showed that the optimum conditions obtained were as follows: the mass of bentonite-Fe₃O₄ of 50 mg, pH 5, and the irradiation time of 30 minutes. The effectiveness of photodegradation under the optimum conditions was 98.95±0.01%. This indicated that photodegradation method using bentonite-Fe₃O₄ as the photocatalysts effectively decreased the concentration of Naphthol Blue Black dyes in the waste.

Keywords: bentonit-Fe₃O₄ catalyst, *Naphthol blue black*, photodegradation

PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan lingkungan saat ini adalah limbah cair yang berasal dari industri. Limbah bisa mencemari bahkan merusak lingkungan, baik untuk jangka waktu yang pendek maupun panjang (Effendi, 2003). Dalam limbah cair tersebut juga terdapat berbagai macam polutan sisa proses produksi. Limbah cair proses produksi tekstil biasanya mengandung zat warna sintetis yang merupakan gabungan dari senyawa organik tidak jenuh, kromofor dan

auksokrom sebagai pengaktif kerja kromofor dan pengikat antara warna dengan serat. Zat warna sintetis seperti *naphthol blue black* bersifat sangat stabil. Apabila pewarna tekstil ini berada di lingkungan terlalu lama maka akan menyebabkan pencemaran yang berbahaya karena senyawa ini bersifat karsinogenik dan tergolong senyawa *non biodegradable*. Oleh karenanya limbah pabrik seperti pencelupan yang menggunakan zat warna ini harus diolah dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

Berbagai metode pengolahan limbah zat warna tekstil saat ini telah banyak dikembangkan. Pengolahan tersebut mencakup pengolahan secara fisik, kimia, dan biologis seperti pengolahan dengan lumpur aktif, penambahan koagulan serta dengan cara adsorpsi. Metode pengolahan limbah secara adsorpsi dinilai kurang efektif karena tidak mampu memecah polutan zat warna menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana, tetapi hanya memindahkan polutan ke dalam fase padat partikel adsorben yang apabila tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan permasalahan baru (Wijaya *et al.*, 2006). Sistem pengolahan limbah zat warna secara biologis di sisi lain, menurut Nandiyanto (2008) kurang efektif karena memerlukan komponen biologis yang spesifik untuk mendegradasi satu jenis zat warna saja. Metode alternatif yang saat ini cocok dikembangkan untuk mengolah limbah zat warna tekstil adalah fotodegradasi.

Metode fotodegradasi dimanfaatkan sebagai salah satu metode untuk pengolahan limbah zat warna. Zat warna organik dalam metode ini diuraikan menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana dengan adanya bantuan sinar atau foton dan katalis. Zat warna mendekati permukaan fotokatalis yang kemudian mengalami degradasi dengan bantuan sinar UV (Bharathi *et al.*, 2009).

Kinerja fotokatalis dapat di optimalkan dengan melakukan pengembangan suatu material pendukung. Besi oksida yang digunakan yaitu Fe_3O_4 yang dikenal sebagai magnetit atau magnet dalam bentuk mineral dan mempunyai struktur spinel dengan sel unit kubik yang terdiri dari 32 ion oksigen, dimana di setiap celahnya ditempati oleh ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} . Selain kemudahan pemisahannya fotokatalis Fe_3O_4 dalam metode fotodegradasi ini memungkinkan terjadinya mineralisasi sempurna polutan organik menjadi CO_2 sehingga polutan organik yang awalnya bersifat *non-biodegradable* menjadi *biodegradable* (Bilalodin *et al.*, 2013). Pengembangan Fe_3O_4 ke dalam bentonit diharapkan dapat meningkatkan jumlah situs aktif fotokatalisis sehingga terjadi peningkatan kinerja degradasi.

Penggunaan bentonit sebagai padatan pengembangan didasarkan pada beberapa alasan, antara lain, dengan adanya bentonit maka luas permukaan interaksi pada katalis akan lebih besar, sehingga penggunaan oksida fotokatalis akan semakin efisien. Bentonit juga memiliki sifat adsorpsi yang sangat baik sehingga penggunaan bentonit sebagai padatan pengembangan akan

memudahkan dan mempercepat proses transfer massa adsorbat sehingga kontak antara oksida logam fotokatalis dengan senyawa organik lebih mudah terjadi dan reaksi akan lebih cepat berlangsung. Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan peningkatan kemampuan komposit bentonit dengan beberapa jenis semikonduktor seperti ZnO (Sitepu *et al.*, 2016; Diantariani *et al.*, 2016), TiO_2 (Leksono, 2012), Fe_2O_3 (Riskiani *et al.*, 2019), SnO_2 (Zhuang *et al.*, 2014), ZnS (Aruna *et al.*, 2002), CuS (Nurdani, 2009), CeO_2 (Futikhaningtyas *et al.*, 2013), ZrO_2 (Zhang *et al.*, 2001) dan WO_3 juga sering digunakan (Satanized *et al.*, 2011). Partikel nano ZnO yang diimbangkan pada bentonit mampu mendegradasi *Acid Yellow 11* hingga mencapai 90% (Diantariani *et al.*, 2016). Bentonit yang dimodifikasi dengan menambahkan semikonduktor TiO_2 dan ZnO (Diantariani, 2016; Sitepu, 2016) dapat meningkatkan persentase degradasinya. Pada Fe_2O_3 , mengadsorpsikan larutan garam logam yang mengandung komponen aktif logam pada padatan bentonit merupakan cara yang dapat digunakan untuk memperbanyak jumlah sisi aktif katalis. Fotokatalis bentonit- Fe_2O_3 efektif mendegradasi metilen biru dengan sinar UV (Dewi *et al.*, 2016; Riskiani *et al.*, 2019). Dengan demikian, dengan mensintesis komposit bentonit dengan logam dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi bentonit dalam mendegradasi polutan dalam limbah.

Dalam artikel ini dilaporkan tentang sintesis komposit bentonit- Fe_3O_4 dan pemanfaatannya sebagai fotokatalis untuk mendegradasi zat warna *Naphthol blue black*.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi zat warna *naphthol blue black*, bentonit, $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, NaOH, HCl, aquades, dan aqua demineralisasi (aqua DM).

Alat

Alat yang digunakan meliputi alat-alat gelas, timbangan analitik, pH meter, *stirer*, kertas saring, pipet tetes, irradiator UV, oven, plastik hitam, aluminium foil. Analisis dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis 1800 Shimadzu dan *Scanning Electron Microscopy – Energy*

Dispersive Spectroscopy (SEM-EDXJEOL JSM-6510LA).

Cara Kerja

Preparasi Bentonit

Sebanyak 100 g lempung bentonit digerus sampai halus dan diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Kemudian bentonit dicuci dengan menambahkan 2 L aqua DM dan diaduk selama 2 jam. Bentonit dikeringkan dalam oven pada temperatur 120°C selama 24 jam. Bentonit yang sudah kering kemudian digerus dan diayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh.

Preparasi Fe₃O₄

Sebanyak 2 mmol FeCl₂ dan 4 mmol FeCl₃ dilarutkan dalam etanol 80%. Kemudian diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 30 menit. Setelah itu larutan NaOH (5%) diteteskan ke dalam campuran FeCl₂ dan FeCl₃ untuk menaikkan pH sambil diaduk secara konstan menggunakan magnetic stirrer selama 1 jam. Setelah semua tercampur kemudian didinginkan dan dicuci menggunakan etanol absolut, kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 300°C selama 2 jam.

Preparasi Komposit Bentonit-Fe₃O₄

Sebanyak 10 g Fe₃O₄ dilarutkan dengan 20 mL HCL 12 M. Larutan kemudian diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 60 menit pada 90°C. Sebanyak 25 mL NH₄OH 6 M ditambahkan ke dalam filtrat, diaduk, lalu didiamkan selama 30 menit sehingga diperoleh endapan Fe₃O₄. Endapan Fe₃O₄ yang berwarna hitam pekat dipisahkan, kemudian dicuci menggunakan aquades sebanyak 3 kali agar didapatkan hasil yang bersih dari pengotor. Setelah didapatkan endapan Fe₃O₄ kemudian ditambahkan bentonit sebanyak 20 gram dan diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 30 menit pada 60°C. Selanjutnya endapan dikeringkan dengan cara dipanaskan dalam tanur sampai suhu 300°C hingga menjadi serbuk kemudian dikarakterisasi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi dan ukuran partikelnya.

Penentuan Massa Fotokatalis Optimum

Sebanyak 5 buah gelas beker 100 mL yang telah dibungkus plastik hitam masing-masing diisi 25 mL larutan *naphthol blue black* 100 ppm. Ke dalam masing-masing gelas beker ditambahkan Fe₃O₄ sebanyak 25, 50, 100, 200 dan

300 mg. Diiradiasi dengan lampu UV selama 60 menit, sambil diaduk menggunakan pengaduk magnetik. Kemudian disaring dan filtratnya diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 371 nm.

Penentuan pH Optimum

Sebanyak 8 buah gelas beker 100 mL yang telah dibungkus plastik hitam masing-masing diisi 25 mL larutan *Naphthol blue black* 100 ppm. Ke dalam masing-masing gelas beker tersebut ditambahkan komposit bentonit-Fe₃O₄ sebanyak massa optimumnya. Kedelapan larutan tersebut diatur pHnya dengan nilai yang berbeda yaitu pH 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10. Diiradiasi dengan lampu UV selama 60 menit, sambil diaduk dengan pengaduk magnetik. Kemudian disaring dan filtratnya diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 371 nm.

Penentuan Waktu Iradiasi Optimum

Sebanyak 6 buah gelas beker 100 mL yang telah dibungkus plastik hitam masing-masing diisi 25 mL larutan *naphthol blue black* 100 ppm pada pH 5 dan 50 mg. Fotokatalis (pH dan massa optimum). Diiradiasi dengan lampu UV dengan variasi waktu 5, 15, 30, 60, 120, dan 180 menit sambil diaduk dengan pengaduk magnetik. Kemudian disaring dan filtratnya diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 371 nm.

Penentuan Efektivitas Proses Fotodegradasi

Efektivitas yang dimaksud dalam hal ini adalah keberhasilan fotokatalis bentonit-Fe₃O₄ untuk mendapatkan persentase degradasi yang diinginkan. Dapat dikatakan efektif jika persentase degradasi lebih besar atau sama dengan (≥) 60% (Lubis *et al.*, 2018).

Efektivitas fotodegradasi larutan *Naphthol blue black* ditentukan dengan 2 perlakuan, yaitu tanpa dan dengan radiasi UV. Ke dalam gelas beker diisi 25 ml larutan *Naphthol blue black* 100 ppm dan ditambahkan 50 mg fotokatalis bentonit-Fe₃O₄ dan diatur agar pH 5. Gelas beker pertama dimasukkan ke kotak radiasi dan pembungkus plastik hitam dilepaskan. Selanjutnya gelas beker diiradiasi dengan sinar UV selama waktu optimum yang diperoleh, sambil diaduk dengan pengaduk magnetik. Gelas beker kedua hanya diaduk tanpa iradiasi. Selanjutnya, campuran sambil diaduk dengan pengaduk magnetik selama 30 menit.

Dalam semua proses, konsentrasi zat warna yang tidak terdegradasi ditentukan dengan mengukur absorbansi filtrat setelah campuran hasil fotodegradasi disaring. Konsentrasi ditentukan dengan metode kalibrasi Kemudian konsentrasi *Naphthol blue black* dimasukkan ke dalam rumus persentase degradasi (%D) dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% D = \frac{Co-Ct}{Co} \times 100\%$$

Co = konsentrasi awal *Naphthol blue black*

Ct = konsentrasi *Naphthol blue black* setelah degradasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

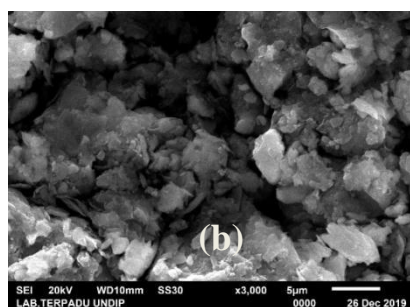
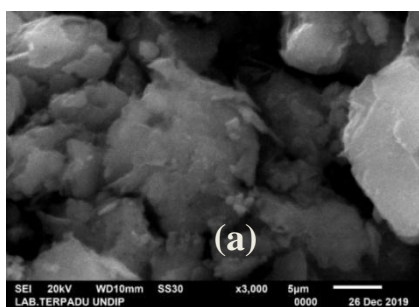
Hasil Karakterisasi menggunakan SEM

Karakterisasi menggunakan SEM bertujuan untuk mengetahui perbedaan antara bentonit dengan bentonit-Fe₃O₄. Hasil SEM bentonit ditunjukkan pada Gambar 1(a) sedangkan komposit bentonit-Fe₃O₄ pada Gambar 1(b). Terlihat pada Gambar 1 (a) bahwa partikel

bentonit mempunyai morfologi yang seragam yaitu bulat (*spherical*) dan permukaan partikel yang tidak beraturan. Hasil ini sama dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Perdana *et al* (2010).

Analisis dengan menggunakan SEM pada prinsipnya adalah menggunakan elektron yang direfleksikan dari permukaan preparat atau sampel untuk menghasilkan gambar tiga dimensi. Pada Gambar 1(b) tampak bahwa partikel Fe₃O₄ yang disintesis mempunyai ukuran yang tidak seragam dan banyak partikel yang menggumpal dan masih berupa aglomerat serta mempunyai porositas yang cukup besar. Ini ditandai dengan adanya cekungan berwarna hitam yang mengindikasikan bagian pori yang lebih besar.

Nampak bahwa warna hitam lebih banyak, yang menunjukkan bahwa komponen bentonit lebih banyak daripada Fe₃O₄ sesuai dengan formulasi pembentukan bentonit-Fe₃O₄, dimana material bentonit lebih banyak dibandingkan Fe₃O₄.



Gambar 1. SEM Komposit (a) Bentonit (b) Bentonit-Fe₃O₄

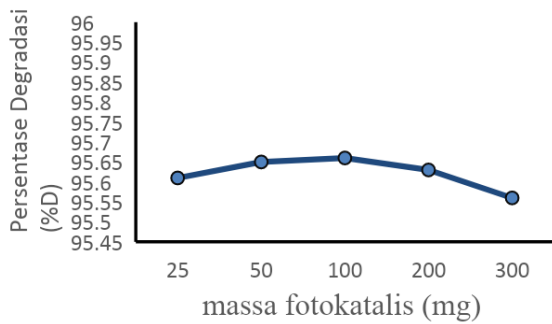
Tabel 1. Komposisi unsur pada bentonit-Fe₃O₄

Unsur	% Massa	
	Bentonit	Bentonit-Fe ₃ O ₄
C	23,56	19,47
O	33,19	35,54
Mg	1,94	1,04
Al	12,03	10,56
Si	21,32	19,24
Cl	2,37	2,37
K	2,41	0,85
Ca	1,75	0,89
Ti	1,60	0,43
Fe	3,08	8,91
Cu	0,70	0,70

Nilai kuantitatif dari perubahan morfologi permukaan bentonit ditunjukkan melalui perubahan komposisi unsur yang dianalisis dengan *electron dispersive spectroscopy* (EDS). Hasil analisis perubahan komposisi unsur ditampilkan pada Tabel 1. yang menunjukkan adanya perubahan sebelum dan sesudah bentonit dikompositkan dengan Fe₃O₄. Keberhasilan sintesis bentonit Fe₃O₄ ditunjukkan dengan kenaikan persentase Fe dari 3,08% pada bentonit menjadi 8,91% pada bentonit-Fe₃O₄.

Massa Optimum

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan massa fotokatalis terendah yang memberikan persentase degradasi larutan *Naphthol blue black* yang tertinggi.



Gambar 2. Pengaruh massa fotokatalis bentonit-Fe₃O₄ terhadap persentase degradasi rata-rata (%D)

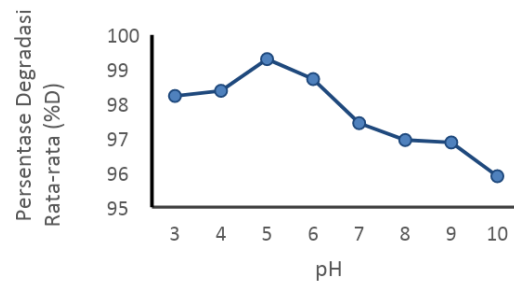
Hasil optimasi massa fotokatalis menunjukkan terjadinya kenaikan persentase degradasi sebesar 0,04% dari 95,61% menjadi 95,65% pada 50 mg. Persentase degradasi menggunakan 100 mg fotokatalis sebesar 95,66%. Pada kenaikan fotokatalis dari 200 mg menjadi 300 mg terjadi penurunan persentase degradasi sebesar 0,07% dari 95,63% menjadi 95,56%. Gambar 2 memperlihatkan bahwa persentase degradasi (%D) turun dengan bertambahnya massa fotokatalis bentonit-Fe₃O₄ dari 100 mg sebesar 99,66% ke 300 mg sebesar 95,56%. Terjadinya penurunan persentase degradasi (%D) ini mungkin disebabkan sinar UV yang masuk ke dalam larutan kurang akibat katalis yang tersuspensi sehingga persentase degradasi (%D) akan menjadi menurun (Madhu, *et al.*, 2007).

Kurva tersebut menunjukkan massa fotokatalis bentonit-Fe₃O₄ optimum adalah 50 mg dengan persentase degradasi rata-rata sebesar 95,65%. Berdasarkan data hasil optimasi massa, massa fotokatalis sebesar 50 mg dipilih sebagai massa optimum karena persentase degradasi *Naphthol blue black* telah relatif konstan.

pH Optimum

Nilai pH merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap proses mendegradasi zat warna *Naphthol blue black*, sebab besarnya pH berpengaruh terhadap kecepatan reaksi degradasi zat warna *Naphthol blue black* (Leksono, 2012). pH optimum adalah kondisi pH larutan yang dibutuhkan untuk memberikan persentase degradasi terbaik pada reaksi fotodegradasi *Naphthol blue black* oleh fotokatalis bentonit-Fe₃O₄. Perbedaan kondisi pH larutan dapat menyebabkan perubahan muatan permukaan dan pergeseran potensial reaksi fotokatalis sehingga mempengaruhi proses degradasi zat warna. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara nilai pH

dengan persentase degradasi pada reaksi fotodegradasi *Naphthol blue black* oleh fotokatalis bentonit-Fe₃O₄.



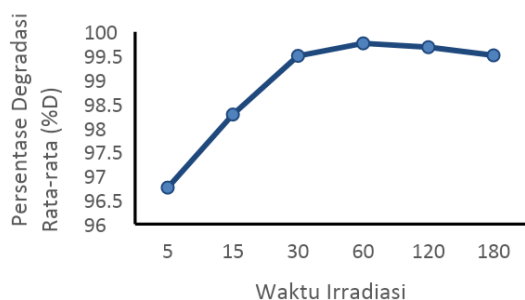
Gambar 3. Pengaruh pH terhadap persentase degradasi rata-rata (%D)

Gambar 3 menunjukkan bahwa *Naphthol blue black* relatif lebih mudah terdegradasi pada pH asam daripada pH basa. Persentase degradasi mengalami peningkatan dari pH 3 ke 5 dan dari pH 5 ke pH yang lebih tinggi mengalami penurunan. Jadi disimpulkan bahwa pH optimum untuk mendegradasi zat warna adalah pada pH 5 dengan persentase degradasi sebesar 99,30%.

Persentase degradasi tertinggi diperoleh pada pH 5 karena perbedaan muatan permukaan antara fotokatalis dan polutan menyebabkan terjadinya interaksi elektrostatis antara permukaan katalis yang bermuatan positif dengan anion dari *Naphthol blue black* yang bermuatan negatif menghasilkan adsorpsi yang kuat. Sementara itu, pada pH basa terjadi gaya tolak-menolak (*Coulombic repulsion*) yang diakibatkan oleh permukaan katalis dan polutan sama-sama bermuatan negatif (Mozia *et al.*, 2009). Hal ini menyebabkan *Naphthol blue black* terdegradasi lebih efektif pada pH asam dibanding pH basa. Pada suasana asam terjadi dengan cepat karena OH⁻ akan berikatan dengan H⁺ sehingga meningkatkan jumlah radikal hidroksil yang menyebabkan degradasi zat warna semakin besar. Zat warna alam didegradasi oleh OH• menjadi CO₂ dan H₂O dan hasil samping lainnya.

Waktu Iradiasi Optimum

Penentuan waktu iradiasi optimum *Naphthol blue black* dilakukan bertujuan untuk mengetahui lama waktu yang diperlukan komposit bentonit-Fe₃O₄ dalam mendegradasi *Naphthol blue black* dalam jumlah besar. Waktu optimum fotodegradasi *Naphthol blue black* dapat diketahui dengan membuat kurva hubungan antara waktu dengan persentase degradasi. Kurva tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Waktu Irradiasi terhadap Persentase Degradasi Rata-rata (%D)

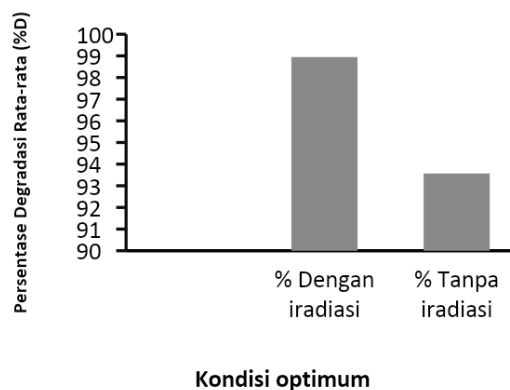
Pada awalnya, semakin lama waktu radiasi sinar UV maka semakin banyak foton yang mengenai Fe_3O_4 , sehingga meningkatkan jumlah terbentuknya radikal hidroksil dan ion superoksida. Kedua spesies ini yang nantinya menyerang *Naphthol blue black* sehingga semakin banyak *Naphthol blue black* yang terdegradasi. Gambar 4 menunjukkan bahwa rata-rata persentase degradasi *Naphthol blue black* pada menit ke-30 telah mencapai 99,50%. Berdasarkan hasil tersebut, maka waktu iradiasi selama 30 menit dipilih sebagai waktu iradiasi optimum untuk proses fotodegradasi *Naphthol blue black* oleh fotokatalis bentonit- Fe_3O_4 . Tidak dipilihnya waktu pada 60 menit dikarenakan perbedaan persentase degradasi antara waktu 30 menit dengan 60 menit relatif sedikit sehingga lebih efektif bila dipilih waktu yang lebih singkat.

Penelitian yang dilakukan oleh Diantari *et al.*, (2016) juga menyebutkan persentase degradasi meningkat pada awal dan menurun setelah bertambahnya waktu degradasi. Kenaikan persentase degradasi yang berbanding lurus dengan waktu pada awal proses berhubungan dengan intensitas cahaya yang diberikan pada sistem. Apabila intensitas cahaya yang diberikan pada sistem cukup rendah ($0\text{-}20 \text{ mW/cm}^2$), maka reaksi fotodegradasi akan bergantung pada pembentukan *hole* elektron. Hal ini berarti, semakin besar intensitas cahaya yang diberikan, maka persentase degradasi dan dekolonisasi akan semakin tinggi sebelum mencapai waktu optimum (Kumar dan Pandey, 2017).

Efektivitas Proses Fotodegradasi

Efektivitas yang dimaksud dalam hal ini adalah keberhasilan fotokatalis bentonit- Fe_3O_4 untuk mendapatkan persentase degradasi yang diinginkan. Fotodegradasi dapat dikatakan efektif jika persentase degradasi $\geq 60\%$ (Lubis *et al.*, 2018). Semakin tinggi persentase degradasinya

maka semakin efektif sehingga metode dapat digunakan untuk menghilangkan polutan yang ada dilingkungan. Efektivitas fotodegradasi larutan *Naphthol blue black* ditentukan dengan 2 perlakuan, yaitu tanpa dan dengan radiasi UV. Perlakuan dengan sinar dan tanpa sinar, yang dimaksudkan untuk memperkirakan persentase fotodegradasi yang terjadi, sebab proses fotodegradasi selalu berjalan bersamaan dengan proses adsorpsi sehingga perlu diselidiki proses mana yang terjadi.



Gambar 5. Persentase Degradasi pada Kondisi Optimum

Gambar 5 menunjukkan bahwa persentase degradasi bentonit- Fe_3O_4 sebesar $98,95 \pm 0,01\%$ diperoleh dengan sinar UV dan $93,57 \pm 0,02\%$ tanpa iradiasi. Berdasarkan nilai persentase degradasi yang diperoleh dalam penelitian ini yang jauh lebih tinggi dari target ($\geq 60\%$), maka dapat dikatakan bahwa fotodegradasi zat warna *Naphthol blue black* dengan fotokatalis bentonit- Fe_3O_4 ini efektif.

Komposit bentonit- Fe_3O_4 mempunyai kemampuan mendegradasi yang tinggi karena berfungsi sebagai katalis yang mempercepat reaksi redoks sehingga kontak antara zat warna dengan katalis tersebut besar. Percobaan dengan iradiasi memberikan persentase degradasi lebih tinggi yang membuktikan terjadinya proses fotodegradasi dengan bantuan bentonit- Fe_3O_4 . Zat warna yang telah masuk ke dalam fotokatalis bentonit- Fe_3O_4 akan didegradasi oleh radikal hidroksil sehingga dihasilkan CO_2 , H_2O , dan hasil samping lainnya..Terjadinya fotodegradasi diperkuat dengan turunnya pH. Pada keadaan tanpa cahaya kemungkinan zat warna masuk ke dalam bentonit (adsorpsi) sehingga terjadi penurunan konsentrasi zat warna.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh simpulan sebagai berikut : Kondisi optimum yang diperoleh dalam proses degradasi zat warna *Naphthol blue black* yaitu massa fotokatalis bentonit-Fe₃O₄ 50 mg, waktu iradiasi selama 30 menit dan pH 5. Persentase degradasi *Naphthol blue black* oleh cahaya UV dengan fotokatalis bentonit-Fe₃O₄ pada kondisi optimum mencapai 98,95±0,01%, sehingga fotodegradasi dengan fotokatalis yang disintesis ini sangat efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aruna, S.T., and Patil, K.C. 2002. *Journal of Material Synthesis and Processing*. 4(3): 175 – 179.
- Bharathi, S., Nataraj, D., Mangalaraj, D., Masuda, Y., Senthil, K. and Yong, K. 2009. Highly Mesoporous α -Fe₃O₄ Nanostructures: Preparation, Characterization and Improved Photocatalytic Performance Towards Rhodamine B (RhB). *J. Phys.* 43 (1): 1-9.
- Bilalodin, Sunardi dan Muthtar Effendy. 2013. Analisis Kandungan Senyawa Kimia dan Uji Sifat Magnetik Pasir Besi Pantai Ambal. *Jurnal Fisika Indonesia*. 17(50): 1410-2994.
- Budhyantoro, A. and Widi, R. K. 2014. Preparation Of TiO₂-Fe₃O₄ Supported Bentonite and Its Activity Test for Photocatalytic Of Phenol. In: *The 2nd International Seminar on Fundamental And Application of Chemical Engineering 2014*. 12-13.
- Dewi M. A., Suprihatin, I. E., dan Sibarani J. 2017. Fotodegradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue dengan Bentonit Terimpregnasi Fe₂O₃. *Jurnal Kimia*. 11(1): 82-87.
- Diantariani, N. P., Suprihatin, I. E. dan Widihati, I. A. G. 2016. Synthesis Of ZnO-AC Composite and Its Use in Reducing Textile Dyes Concentrations Of Methylene Blue and Congo Red By Photodegradation. *Cakra Kimia*. 4(1): 1-7.
- Effendi, H. 2003. *Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan*. PT. Kanisius. Yogyakarta.
- Gu, F. S., Wang, F., Song, C. F., Lu, M. K., Qi, Y. X. G., Zhou, J., Xu, D., and Yuan, D. R. 2003. Synthesis and luminescence properties of SnO₂ nanoparticles. *Chem. Phys. Lett.* 371: 451-454.
- Fatimah, I., Wang, S. and Wulandary. D. 2010. ZnO/Montmorillonite for Photocatalytic and Photochemical Degradation of Methylene Blue. *Journal Science*. 53: 553-560.
- Feng C., Jincai Z., and Hisao H. 2003. Highly selective deethylation of rhodamine B: Adsorption and photooxidation pathways of the dye on the TiO₂/SiO₂ composite photocatalyst. *International Journal of Photoenergy*. 5: 23-25
- Xu, H., Yu, T. and Liu, J. 2014. Photodegradation of Acid Yellow 11 in aqueous on nano-ZnO/Bentonite under ultraviolet and visible light irradiation. *Materials Letters*. 117: 263–265,
- Pan, J., Xu, L., Dai J. et al. 2011. Magnetic molecularly imprinted polymers based on attapulgite/Fe₃O₄ particles for the selective recognition of 2,4-dichlorophenol. *Chemical Engineering Journal*. 174(1): 68–75.
- Kumar, S. & Pandey, A. 2017. Photodegradation of New Methylene Blue N in Aqueous Solution Using Zinc Oxide and Titanium Dioxide as Catalyst. *Desalination*. 1-14
- Leksono, V. A. 2012. Pengolahan Zat Warna Tekstil *Naphthol blue black* Menggunakan Bentonit Terpillar Titanium Oksida TiO₂. *Skripsi*. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Lubis S., Sheilatina, P., Vicky. P., Nika. S. S. 2018. Preparation and Characterization of Titania/Bentonite Composite Application on the Degradation of Naphthol Blue Black Dye. *Research Journal of Chemistry and Environment*. 22(3): 48-53.
- Madhu, G. M., Lourdu, A. R. M. A., Vasantha, Kumar P. K., and Shreyas. 2007. Photodegradation of Methylene Blue Dye using UV/BaTiO₃, UV/H₂O₂, and UV/H₂O₂/BaTiO₃ Oxidation Processes, *Indian Journal of Chemical Technology*. 14: 139–144.
- Mondestov, A., Blezer, V., Marjasin, I., and Lev, O. 1997, Photocatalytic degradation of Chlorinated Phenoxyacetic Acids by A New Buoyant Titania-Exfoliated

- Graphite Composite Photocatalyst. *J. Phys. Chem B*. 101: 4623-4629
- Mozia S, Morawski A.W, Toyoda M, Inagaki M. 2009. Application of anatase phase TiO₂ for decomposition of azo dye in photocatalytic membrane reactor. *J. Desalination*. 241(1-3): 97-105.
- Nandiyanto, A. B. D., 2008. *Advances in Surface Science* Vol . 38. Academica Press, Los Angeles.
- Nurdani Yusni. 2009. *Sintesis dan Karakterisasi CuO-Bentonit Serta Aplikasi sebagai Fotokatalis*. FMIPA UI. Depok.
- Nogueira, R. F. P, and Jardim, W. F. 1993. Photodegradation of methylene Blue Using SolarLight and Semiconductor (TiO₂).*Journal of Chemical Education*. 70 (10): 861-862.
- Puspaningrum. S. 2007. Pengaruh Jenis Adsorben Pada Pemurnian Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas L*).*Journal of Chemistry*. 2:1.
- Futikhamimhtyas, R., Puspaningrum, N. W. and Nurhasanah, I. 2013. Analisis mikrostruktur nanopartikel CeO₂ didoping Zn yang disintesis menggunakan metode presipitasi. *Youngster Physic Journal*. 2(2): 21-26.
- Riskiani, E., Suprihatin, I. E. dan Sibarani, J. 2019. Fotokatalis Bentonit-Fe₂O₃ Untuk Degradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue. *Cakra Kimia*. 7(1): 46-54.
- Zhuang, S., Xu, X., Feng, B., Hu, J., Pang, Y., Zhou, G., Tong, L., and Zhou. Y. 2014. Photogenerated carries transfer in dye-graphene-SnO₂ composites for highly efficient visible-light photocatalysts. *Appl. Mater. Interfaces* 6: 61-621.
- Sharma, V. K. , Ria A. Y, Yekaterina L. 2009, Silver Nanoparticles: Green Synthesis and Their Antimicrobial Activities, *J. Adv. Colloid Interface Sci*. 145: 83-96.
- Sitepu, C. O.,Ratnayani, O., Suprihatin, I. E., 2016. Sintesis Komposit ZnO-Bentonit dan Penggunaannya Dalam Proses Fotodegradasi Methyl Orange. *Cakra Kimia*. 4(2): 153-160.
- Rao K. V. S., Lavedrine B. and Boule P. 2003. Influence of metallic species on TiO₂ for the photocatalytic degradation of dyes and dye intermediates. *J. Photochem. Photobiol. A: Chem*. 154: 189-193.
- Sun Z., Chen Y., Ke Q., Yang Y. And Yuan J. 2002. Photocatalytic degradation of a cationic azo dye by TiO₂/bentonite nanocomposite. *J. Photochem. Photobiol. A:Chem*. 149: 169-174.
- Soltaninezhad, M., dan Aminifar, A. 2011. Study nanostructures of semiconductor zinc oxide (ZnO) as a photocatalyst for the degradation of organic pollutants. *International Journal Of Nano Dimension*. 2(2): 137-145.
- Stock, N. L., Peller, J., Vinadgopal, K., Kamat, P. V. 2000. Combinative Sonolysis & Photocatalysis for Textile Dye Degradation. *J. Environ. Sci.Technology*. 34: 1747-1750.
- Xu, T., Liu, Y., Ge, F. and Ouyang, Y. 2014. Simulated solar light photooxidation of azocarmine B over hydroxyl iron-aluminum pillared bentonite using hydrogen peroxide. *Applied Clay Science*. 100: 35-42.
- Wang, J., Guo, B., Zhang, X., Zhang, Z., Han, J., Wu, J. 2005. Sonocatalytic Degradation of Methyl Orange in the Presence of TiO₂ Catalysts and Catalytic Activity Comparison of Rutile and Anatase, *J Ultrasonics Sonochemistry*. 12: 331-337.
- Widihati, I.A.G. 2002. Sintesis Lempung Montmorillonit Terpilir Fe₂O₃ dan Kajian Sifat-sifat Kimia-Fisikanya, Tesis Program Pasca Sarjana, UGM. Yogyakarta.
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., dan Kurniaysih, D. 2006. Utilisasi TiO₂-Zeolit Dan Sinar UV Untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Berkala MIPA*. 3 :27-35.
- Zhang, L., Kanki, T., Sano, N., Toyoda, A. 2001. Photocatalytic degradation of organic compounds in aqueous solution by a TiO₂-coated rotating- drum reactor using solar light, *Solar Energy*. 70(4): 331-337.