



**FOTODEGRADASI ZAT WARNA REMAZOL RED MENGGUNAKAN
KATALIS α -Fe₂O₃/Fe₃O₄ CORE SHELL NANOSTRUKTUR**

Agus Imam Ghozali*), Warlan Sugiyo, dan Latifah

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Maret 2012
Disetujui April 2012
Dipublikasikan Mei 2012

Kata kunci:
fotodegradasi
pH
waktu penyinaran

Abstrak

Penelitian mengenai pemanfaatan katalis α -Fe₂O₃/Fe₃O₄ yang dibentuk dari bahan magnetik Fe₃O₄ sebagai katalis fotodegradasi zat warna remazol red telah dilakukan. Teknologi fotokatalisis merupakan teknologi yang cukup efektif untuk mendegradasi limbah organik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur oksidasi pembentukan α -Fe₂O₃/Fe₃O₄ berbahan magnetik dari Fe₃O₄ dalam sintesis katalis dan untuk mengetahui pengaruh pH larutan serta waktu penyinaran terhadap fotodegradasi remazol red. Material Fe₃O₄ telah disintesis menggunakan metode kopresipitasi, kemudian dioksidasi pada temperatur (310°C, 380°C dan 450°C). Pengaruh pH larutan proses fotodegradasi dilakukan pada pH 6, 7, 8, 9, dan 10, sedangkan pengaruh waktu penyinaran dilakukan pada 15, 30, 45, dan 60 menit. Hasil karakterisasi menggunakan XRD, DR-UV, dan SEM menunjukkan pembentukan α -Fe₂O₃/Fe₃O₄ melalui oksidasi Fe₃O₄ paling maksimum pada temperatur 380°C yang memiliki energi gap 1,8 eV. Hasil presentase degradasi terhadap pH larutan menunjukkan hasil optimum pada pH 7 yaitu sebesar 53,72%. Untuk pengaruh waktu penyinaran menunjukkan hasil maksimum pada waktu 60 menit, dengan presentase degradasi sebesar 48,17%. Katalis α -Fe₂O₃/Fe₃O₄ memberikan presentase degradasi sebesar 42,55% lebih besar dari pada presentase degradasi katalis Fe₃O₄ yang sebesar 3,72%.

Pendahuluan

Air merupakan salah satu komponen penting bagi kebutuhan manusia. Adanya penambahan zat kimia yang tidak diinginkan menyebabkan kualitas air menjadi semakin buruk dan tidak layak digunakan. Zat kimia pencemar lingkungan yang banyak ditemukan saat ini adalah limbah zat warna industri (Ameta dkk, 2006).

Limbah zat warna azo seperti remazol red merupakan polutan organik bersifat karsinogenik yang sulit didegradasi oleh alam sehingga apabila dibuang ke ekosistem air akan merusak estetika dan meracuni biota air di dalam ekosistem tersebut (Gunadi, 2008).

Tujuan utama pengolahan air limbah dalam perairan adalah menghilangkan zat-zat beracun, zat warna sehingga dapat digunakan kembali untuk keperluan industri atau domestik. Beberapa cara penghilangan zat warna dan senyawa organik yang ada dalam pengolahan limbah cair industri dapat dilakukan, tetapi metode yang cukup efektif untuk pengolahan limbah zat warna adalah metode fotokatalitik.

Teknologi fotokatalisis merupakan kombinasi dari proses fotokimia dan katalisis yang terintegrasi untuk dapat melangsungkan suatu reaksi transformasi kimia. Reaksi transformasi tersebut berlangsung pada permukaan bahan katalis semikonduktor yang terinduksi oleh sinar sehingga dihasilkan radikal hidroksil yang akan mendegradasi polutan organik (Slamet dan Wahyu, 2003). Melalui metode ini, dimungkinkan terjadinya mineralisasi sempurna polutan organik menjadi CO_2 sehingga polutan organik yang semula bersifat non-biodegradable menjadi biodegradable.

Dari semua semikonduktor oksida logam yang dapat digunakan untuk fotokatalisis, oksida besi memberikan kinerja terbaik fotokatalisis dan stabilitas di media air. Selain keuntungan fotokatalisis, sifat magnetnya menjamin pemisahan yang efisien dan reusabilitas katalis untuk beberapa kali (Bharathi dkk., 2009). Fotokatalis berbahan magnetik memberikan cara mudah untuk menghilangkan polutan dan daur ulang katalis (Tian dkk., 2011).

Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas (Pirex), hotplate magnetic stirrer, termometer, pH meter, cawan

kruss, oven (Mettler), dan furnace. Selain itu diperlukan pula instrumen karakteristik berupa X-Ray Diffractometer (XRD) (PANalytical PW3373), Diffuse Reflectance-UV (DR-UV), dan Scanning Electron Microscopy (SEM) (Jeol JSM-6360LA). Alat uji aktifitas degradasi meliputi lampu UV dengan panjang gelombang 365 nm, spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu), dan High Performance Liquid Chromatograph (HPLC).

Bahan yang digunakan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, amonium hidroksida, kalium nitrat, natrium nitrat, etanol, dan asam asetat buatan Merck, serta zat warna remazol red dan akuades.

Nanopartikel Fe_3O_4 disintesis dengan mencampurkan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M 50 mL dan $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,05 M 50 mL (nisbah 2:1). Kemudian ditambahkan NH_4OH 1,5 M 20 mL dan dilanjutkan penetesan NH_4OH (8 tetes per menit), agar pH menjadi 9. Reaksi dilakukan selama 30 menit pada 60°C dan dengan pengadukan (800 rpm). Endapan Fe_3O_4 yang terbentuk dicuci dengan etanol dan dibilas dengan akuades. kemudian dikeringkan pada suhu 80°C selama ± 24 jam. Nanopartikel Fe_3O_4 yang terbentuk selanjutnya dilakukan karakterisasi menggunakan XRD, DR-UV, dan SEM.

Sintesis core-shell nanopartikel $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$ dilakukan dengan jalan mengambil sebanyak 4,2 gram natrium nitrat dan 2,5 gram kalium nitrat dicampurkan dalam cawan kruss. Sejumlah nanopartikel Fe_3O_4 yang terbentuk dimasukkan dalam kruss tersebut, dilanjutkan pemanasan dengan temperatur oksidasi 310°C , 380°C , dan 450°C direaksikan selama 30 menit. Setelah reaksi berakhir, kemudian didinginkan pada temperatur ruang. Produk yang terbentuk dicuci beberapa kali menggunakan akuades untuk menghilangkan nitrat, kemudian dikeringkan pada suhu 80°C selama 12 jam. Nanopartikel $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$ yang terbentuk selanjutnya dilakukan karakterisasi menggunakan XRD, DR-UV, dan SEM.

Panjang gelombang maksimum sampel larutan remazol red ditentukan dengan mengukur besar absorbansi larutan remazol red 10 ppm pada berbagai panjang gelombang dari 200 nm hingga 600 nm dengan interval 10 nm. Diukur panjang gelombang maksimum dari remazol red menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis.

Membuat larutan remazol red dengan konsentrasi 0, 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm. Kemudian mengukur absorbansi dari masing-masing konsentrasi larutan remazol red dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Setelah mendapatkan nilai absorbansi larutan remazol red, dilanjutkan membuat kurva kalibrasi antara konsentrasi pada sumbu x dengan absorbansi pada sumbu y.

Penentuan pH Optimum Larutan Remazol Red dilakukan dengan jalan mengambil larutan remazol red sebanyak 25 mL dengan konsentrasi 10 ppm ditempatkan dalam reaktor bersama 20 mg core-shell nanopartikel α -Fe₂O₃/Fe₃O₄. Diambil 5 mL sebagai sampel mula-mula. Sistem disinari dengan sinar UV selama 60 menit dan diaduk dengan kecepatan 200 rpm secara kontinyu. Degradasi dilakukan pada variasi pH 6, 7, 8, 9, dan 10. Pengaturan pH dilakukan dengan cara menambahkan CH₃COOH 0,1 M atau NH₄OH 0,1 M ke dalam larutan zat warna tersebut. Larutan hasil degradasi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan pH optimum pada proses degradasi.

Penentuan Waktu Penyinaran Maksimum dilakukan dengan cara mengambil sebanyak 25 mL larutan remazol red 10 ppm dengan pH optimum ditempatkan dalam reaktor bersama dengan 20 mg core-shell nanopartikel α -Fe₂O₃/Fe₃O₄. Diambil 5 mL sebagai sampel mula-mula. Sistem disinari dengan sinar UV dengan variasi waktu penyinaran 0, 15, 30, 45, dan 60 menit. Larutan hasil degradasi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan waktu penyinaran optimum pada proses degradasi.

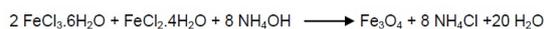
Aktifitas Fotodegradasi Remazol Red Berbagai Kondisi dilakukan dengan melihat pengaruh kondisi reaksi terhadap proses degradasi larutan remazol red, dilakukan perbandingan kondisi larutan remazol red kondisi fotokatalis (kehadiran core-shell nanopartikel α -Fe₂O₃/Fe₃O₄) dan kondisi fotolisis (tanpa kehadiran core-shell nanopartikel α -Fe₂O₃/Fe₃O₄) pada pH larutan remazol red optimum dan waktu penyinaran maksimum.

Untuk mengetahui hasil produk degradasinya dianalisis dengan teknik HPLC dengan kondisi kolom C-18, Detektor Ultra Violet, Panjang gelombang 270 nm, injeksi 20 mikroliter, kecepatan eluen 0,5 mL/ menit, dan

Eluen metanol : air : asam fosfat.

Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini Fe₃O₄ disintesis melalui metode kopresipitasi. Larutan prekursor yang digunakan adalah FeCl₃·6H₂O sebagai sumber Fe³⁺ dan FeCl₂·4H₂O sebagai sumber Fe²⁺, yang dicampurkan dengan nisbah 2:1. Basa amonium hidroksida (NH₄OH) digunakan sebagai bahan pengendap. Pendekatan reaksi pembentukan Fe₃O₄ yang terjadi adalah sebagai berikut:

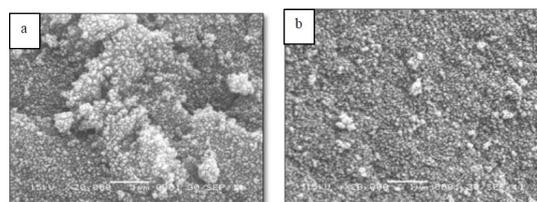


Pada pembentukan α -Fe₂O₃/Fe₃O₄ dilakukan kalsinasi pada temperatur 310, 380, dan 450°C dalam garam kalium nitrat dan natrium nitrat. Penggunaan garam-garam ini bertujuan untuk mengurangi laju oksidasi dari Fe₃O₄ menjadi α -Fe₂O₃ secara sempurna serta membantu oksidasi secara merata di sekeliling inti Fe₃O₄. Pendekatan reaksi oksidasi Fe₃O₄ yang terjadi adalah sebagai berikut:



Hasil Fe₃O₄ yang telah disintesis berupa gumpalan serbuk keras berwarna hitam, tetapi setelah dilakukan oksidasi sampel berubah menjadi serbuk halus berwarna merah kecoklatan.

Analisis secara kualitatif yang dilakukan untuk mengetahui fasa α -Fe₂O₃/Fe₃O₄ yang terbentuk yaitu dengan membandingkan difraktogram hasil karakterisasi dengan difraktogram Fe₃O₄ dan Fe₂O₃ standar. Difraktogram hasil karakterisasi pada Gambar 1.



Gambar 1. Foto SEM Fe₃O₄ (a), Foto SEM α -Fe₂O₃/Fe₃O₄ perbesaran 20.000 kali (b)

Dari difraktogram yang ditampilkan pada analisis XRD dapat diketahui bahwa Fe₃O₄ yang berhasil disintesis sama dengan difraktogram JCPDF Fe₃O₄ standar nomor 79-0419. Puncak-puncak yang muncul pada difraktogram berada pada $2\theta = 30,08; 35,43; 56,94; \text{ dan } 62,52$ sesuai dengan difraktogram Fe₃O₄ standar. Difraktogram Fe₃O₄ juga menunjukkan kesamaan dengan difraktogram JCPDF Fe₂O₃ standar nomor 84-0308. Puncak-

puncak yang muncul pada difraktogram berada pada $2\theta = 33,33; 35,79; 56,42; \text{ dan } 62,75$.

Ukuran partikel semikonduktor yang berhasil disintesis berada pada kisaran 38,03 nm–24,13 nm menandakan bahwa partikel yang disintesis tergolong dalam nanomaterial. Hasil perhitungan ukuran partikel dengan menggunakan persamaan Deybe-Scherrer disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran partikel Fe_3O_4 , oksidasi Fe_3O_4 310, 380, dan 450°C dari analisis XRD

Sampel	Ukuran Rata-Rata Partikel (nm)
Fe_3O_4	38,031
Fe_3O_4 310 $^\circ\text{C}$	25,688
Fe_3O_4 380 $^\circ\text{C}$	26,527
Fe_3O_4 450 $^\circ\text{C}$	24,126

Besarnya energi gap dapat ditentukan dengan DR-UV. Pada semikonduktor Fe_3O_4 , oksidasi Fe_3O_4 380, dan 450°C yang telah disintesis diperoleh energi gap seperti yang disajikan pada Tabel 2. Dari hasil yang ditunjukkan digunakan katalis setelah dioksidasi pada suhu 380°C untuk degradasi yang mempunyai energi gap 1,8 eV. Alasan pemilihan ini dikarenakan besar energi gap yang dihasilkan mendekati energi gap Fe_2O_3 secara teoritis yaitu 2,1 eV.

Tabel 2. Energi gap Fe_3O_4 , oksidasi Fe_3O_4 380, dan 450°C hasil karakterisasi DR-UV

Sampel	Energi Gap
Fe_3O_4	1,6 eV
Fe_3O_4 380 $^\circ\text{C}$	1,8 eV
Fe_3O_4 450 $^\circ\text{C}$	1,7 eV

Alasan lain penggunaan katalis setelah dioksidasi pada suhu 380°C untuk degradasi, dalam uji aktivitas fotodegradasi sumber energi foton yang digunakan mempunyai panjang gelombang 365 nm dan apabila dikonversi dalam satuan energi sebesar 3,4 eV yang mana dengan dikenai energi tersebut sudah terjadi loncatan elektron pada katalis.

Analisis morfologi permukaan padatan menggunakan SEM. Hasil analisis SEM adalah gambar morfologi kenampakan padatan disajikan pada Gambar 1. Dari kenampakan SEM terlihat senyawa Fe_3O_4 dan $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$ mempunyai morfologi yang relatif sama dan berpori. Hasil sintesis Fe_3O_4 dengan metode kopresipitasi menyebabkan pertumbuhan kristal ke segala arah tidak terkontrol sehingga dari foto SEM padatan terlihat beraglomerasi dan beragregasi, sedangkan foto SEM $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$ terlihat lebih homogen, pertumbuhan kristal lebih merata akibat dari oksidasi temperatur tinggi sehingga tidak terlihat beraglomerasi dan

beragregasi dibandingkan foto SEM Fe_3O_4 .

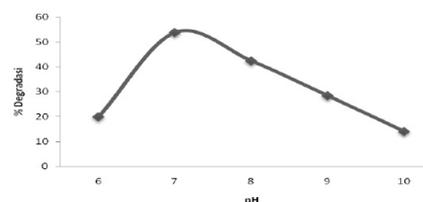
Dari hasil spektrum absorpsi yang diukur dengan UV-Vis terlihat bahwa puncak larutan remazol red pH 6, 7, 8, 9, dan 10 berturut-turut teramati pada panjang gelombang maksimum 519 nm, 521,5 nm, 518,5 nm, 519,5 nm, dan 520,5 nm. Serapan pada daerah tersebut menunjukkan adanya ikatan rangkap yang terkonjugasi yaitu gugus kromofor azo. Panjang gelombang maksimum masing-masing pH menunjukkan hasil yang berbeda tetapi tidak terlalu signifikan, hal ini menunjukkan larutan remazol red cukup stabil dalam berbagai kondisi pH.

Untuk mengetahui konversi nilai absorbansi menjadi nilai konsentrasi zat warna remazol red, maka dibuat kurva kalibrasi yang berupa persamaan linier dengan panjang gelombang maksimum berbagai pH. Pada pembuatan kurva kalibrasi ini, konsentrasi zat warna remazol red adalah 0, 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm. Hasil kurva kalibrasi masing-masing pH menghasilkan persamaan linier sebagai berikut: untuk pH 6: $y = 0,020x$, dengan $R^2 = 0,994$. Untuk pH 7: $y = 0,019x$, dengan $R^2 = 0,999$. Untuk pH 8: $y = 0,018x$, dengan $R^2 = 0,986$. Untuk pH 9: $y = 0,018x$, dengan $R^2 = 0,999$. Untuk pH 10: $y = 0,017x$, dengan $R^2 = 0,988$.

Optimasi pH larutan remazol red dilakukan untuk mengetahui pengaruh pH terhadap proses fotodegradasi larutan remazol red, dilakukan pengujian dengan memvariasikan pH 6, 7, 8, 9, dan 10. Hasil pengujian pengaruh pH larutan terhadap fotodegradasi larutan remazol red ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 2.

Tabel 3. Nilai persentase degradasi larutan remazol red pada berbagai pH

pH	Absorbansi		Konsentrasi (ppm)		% Degradasi	
	Awal	Akhir	awal	akhir		
6,0	6,18	0,207	0,166	10,35	8,30	19,81
7,0	7,23	0,188	0,087	9,89	4,57	53,72
8,0	7,99	0,196	0,113	10,89	6,28	42,35
9,0	9,02	0,187	0,134	10,39	7,44	28,34
10,0	9,81	0,164	0,141	9,65	8,29	14,02



Gambar 2. Kurva persentase degradasi larutan remazol red pada variasi pH

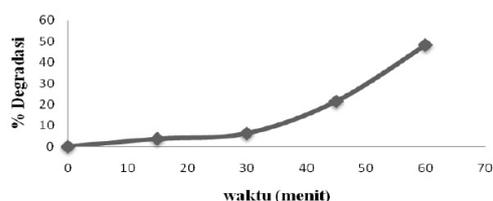
Berdasarkan hasil pada Tabel 3 dan Gambar 2 dapat dilihat pengaruh pH pada persentase degradasi zat warna remazol red terbesar ditunjukkan pada pH 7 yaitu 53,72%,

kemudian cenderung menurun seiring dengan meningkatnya pH. Hal ini dikarenakan pada suasana asam menuju netral spesiasi H_2O berbentuk H^+ dan OH^- yang mana OH^- jika bereaksi dengan h^+ akan membentuk radikal hidoksil (OH^\cdot) yang dapat mendegradasi zat warna. Penurunan presentase degradasi pada suasana basa dikarenakan pada suasana basa spesies H_2O hanya berbentuk OH^- yang mana jika bereaksi dengan h^+ juga akan membentuk radikal hidoksil (OH^\cdot), sedangkan dalam suasana basa sudah terdapat OH^- yang dapat menyebabkan pembentukan radikal hidoksil (OH^\cdot) lebih banyak akan tetapi dari radikal-radikal tersebut dimungkinkan bisa bergabung kembali menjadi senyawa baru melalui reaksi terminasi.

Parameter lain yang juga penting dalam suatu proses fotodegradasi adalah waktu penyinaran. Untuk mengetahui pengaruh waktu penyinaran terhadap proses fotodegradasi, dilakukan pengujian dengan memvariasikan waktu penyinaran 0, 15, 30, 45, dan 60 menit. Hasil pengujian pengaruh waktu penyinaran terhadap fotodegradasi larutan remazol red ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 3.

Tabel 4. Nilai persentase degradasi larutan remazol red pada berbagai waktu penyinaran

Waktu (menit)	pH akhir	Absorbansi	Konsentrasi	% Degradasi
0	7,00	0,191	10,05	0
15	6,50	0,184	9,68	3,67
30	7,09	0,179	9,42	6,28
45	6,59	0,150	7,89	21,47
60	6,47	0,099	5,21	48,17



Gambar 3. Kurva persentase degradasi larutan remazol red pada berbagai waktu penyinaran

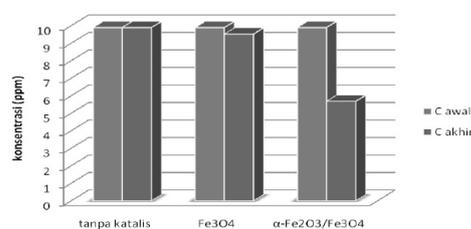
Persentase degradasi larutan remazol red maksimum ditunjukkan pada waktu penyinaran 60 menit sebesar 48,17 %. Waktu penyinaran pada proses degradasi mempengaruhi laju reaksi terbentuknya inisiator reaksi radikal bebas, dalam hal ini pembentukan radikal hidoksil. Semakin lama waktu penyinaran yang dilakukan dalam proses degradasi maka semakin banyak radikal hidoksil yang terbentuk. Pembentukan radikal hidoksil merupakan reaksi searah bukan reaksi bolak-balik, sehingga dimungkinkan apabila waktu penyinaran diteruskan semakin lama hasil degradasi yang didapatkan akan semakin

besar atau meningkat, tetapi apabila ada kecenderungan menurun atau sama hal ini disebabkan karena terjadinya reaksi terminasi radikal bebas yang membentuk senyawa baru.

Untuk mengetahui pengaruh kondisi reaksi, dilakukan uji degradasi terhadap larutan remazol red dengan konsentrasi 10 ppm, pH 7 dan waktu penyinaran 60 menit pada tiga kondisi berbeda, yaitu kondisi fotolisis (tanpa $\alpha-Fe_2O_3/Fe_3O_4$, hanya penyinaran sinar UV) dan kondisi fotokatalis (dengan katalis Fe_3O_4 dan $\alpha-Fe_2O_3/Fe_3O_4$, serta penyinaran sinar UV). Hasil pengujian dengan UV-Vis ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 4.

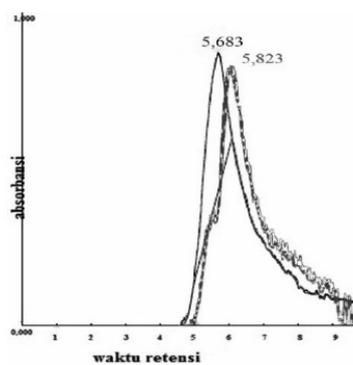
Tabel 5. Nilai persentase degradasi larutan remazol red pada berbagai kondisi

Kondisi	pH akhir	Absorbansi	Konsentrasi	% Degradasi
Tanpa Katalis	6,94	0,188	9,89	0
Fe_3O_4	6,87	0,181	9,52	3,72
$\alpha-Fe_2O_3/Fe_3O_4$	6,77	0,108	5,68	42,55



Gambar 4. Diagram persentase degradasi larutan remazol red pada berbagai kondisi

Dari Gambar 4 terjadi pengurangan konsentrasi yang signifikan yaitu sebesar 42,55% pada larutan remazol red dengan adanya katalis $\alpha-Fe_2O_3/Fe_3O_4$ dibandingkan dengan larutan remazol red dengan katalis Fe_3O_4 atau tanpa katalis. Hal ini menunjukkan bahwa $\alpha-Fe_2O_3/Fe_3O_4$ efektif digunakan sebagai katalis dalam fotodegradasi zat warna remazol red.



Gambar 5. Kromatogram remazol red sebelum fotodegradasi (5,823), dan setelah fotodegradasi (5,683)

Hasil degradasi larutan remazol red sebelum dan sesudah fotodegradasi dianalisis menggunakan HPLC (High Performance

Liquid Chromatography) menunjukkan puncak retensi remazol red sebelum fotodegradasi sebesar 5,823 menit dengan luas area 0,5946, sedangkan puncak retensi remazol red setelah fotodegradasi sebesar 5,683 menit dengan luas area 41,4688.

Standar asam oksalat mempunyai waktu retensi sebesar 5,305 menit, dengan membandingkan kedua kromatogram hasil setelah degradasi diasumsikan bahwa hasil penguraian zat warna remazol red berupa asam oksalat, karena waktu retensi yang ditunjukkan mendekati waktu retensi asam oksalat standar.

Simpulan

Temperatur oksidasi maksimum pembentukan fasa $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ pada Fe_3O_4 yaitu pada temperatur 380 °C. Optimasi pH larutan terhadap proses fotodegradasi larutan remazol red selama 60 menit, presentase tertinggi diperoleh pada larutan remazol red pH 7, yaitu sebesar 53,72%. Waktu penyinaran maksimum terhadap proses fotodegradasi larutan remazol red pada kondisi optimum pH 7, presentase tertinggi diperoleh pada waktu 60 menit, yaitu sebesar 48,17%. Perbandingan kondisi reaksi yang berbeda, katalis $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$ memberikan presentase degradasi sebesar 42,55% lebih besar dari pada presentase degradasi katalis Fe_3O_4 sebesar 3,72%.

Daftar Pustaka

- Ameta, R., J. Vardia, P. B. Punjabi, dan S. C. Ameta. 2006. Use of Semiconducting Iron (III) Oxide in Photocatalytic Bleaching of Some Dyes. *Indian Journal of Chemical Technology*, 13: 114-118.
- Bharathi, S., D. Nataraj, D. Mangalaraj, Y. Masuda, K. Senthil, dan K. Yong. 2009. Highly mesoporous $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ nanostructures: preparation, characterization and improved photocatalytic performance towards Rhodamine B (RhB). *J. Phys. D: Appl. Phys.* 43(2010) 015501. Tersedia di <http://iopscience.iop.org/0022-3727/43/1/015501> [diakses 27-01-2011].
- Gunadi, N. 2008. Degradasi fotokatalitik zat warna remazol red RB 133 dalam system TiO_2 suspensi. Skripsi. Jakarta: FMIPA Universitas Indonesia
- Slamet dan Wahyu. 2003. Pengolahan Limbah Logam Berat Chromium (VI) dengan Fotokatalis TiO_2 . *Makara, Teknologi*, 7(1): 27-32.
- Tian, Y., D. Wu, X. Jia, B. Yu dan S. Zhan. 2011. Core-Shell Nanostructure of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$: Synthesis and Photocatalysis for Methyl Orange. *Journal of Nanomaterials*, Vol. 2011. doi:10.1155/2011/837123.