

**DEGRADASI ZAT WARNA TEKSTIL (Rhodamin B) DENGAN TEKNOLOGI AOP
(ADVANCED OXIDATION PROCESS) METODE FOTOKATALITIK MENGGUNAKAN
KATALIS NANOKOMPOSIT $ZnFe_2O_4/SBE$**

Affananda Taufik¹⁾, Zultiniar²⁾, Edy Saputra²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ²⁾Dosen Teknik Kimia
Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293
Email: affananda.taufik2779@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Dyestuffs which the result of the textile industry are non-biodegradable organic compounds, can cause environmental pollution especially the aquatic environment. One alternative to processing textile waste is to use the photocatalytic. Photocatalytic is a process of combination of catalyst and light. This study aims to synthesize $ZnFe_2O_4 / SBE$ catalysts with microwave methods and characterization, study the influence of process conditions in degradation and determine the best process conditions in dye degradation. Nanocomposites from $ZnFe_2O_4 / SBE$ have been successfully synthesized using the microwave method. The catalyst synthesis process is carried out by microwave for 20 minutes and followed by calcination at $500^\circ C$ for 5 hours. Photocatalytic degradation lasted 120 minutes, stirring speed 350 rpm and volume of 250 ml solution. The variation of $ZnFe_2O_4 / SBE$ concentration was 1.5 g / L, 1 g / L, 0.5 g / L and 0.25 g / L and the showed the maximum results from the best photocatalytic process obtained from variations in the catalyst concentration of 1.5 g / L

Keywords: *photocatalytic, rhodamine b, $znfe_2o_4/sbe$*

1. Pendahuluan

Seiring dengan pertumbuhan masyarakat akan kebutuhan sandang yang terus meningkat menyebabkan industri tekstil berkembang dengan pesat. Namun perkembangan industri yang pesat ini juga akan diiringi oleh pencemaran yang semakin meningkat. Industri tekstil menjadi salah satu penyebab pencemaran lingkungan yang berasal dari zat warna yang digunakan. Dengan semakin berkembangnya industri tekstil ini menyebabkan pencemaran lingkungan yang disebabkan zat warna dari proses pencelupan tekstil. Limbah zat warna yang merupakan hasil industri tekstil merupakan senyawa organik *non-biodegradable*, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan (Wijaya, 2006). Air yang digunakan pada proses pencelupan akan

langsung dibuang ke lingkungan dan menjadi limbah cair bagi lingkungan. Limbah cair ini akan merusak biota air dalam badan air sehingga berpengaruh pada intensitas cahaya matahari yang masuk kedalam air dan berpengaruh pada proses fotosintesis yang memiliki kontribusi besar pada kehidupan biota air. Untuk itulah diperlukan suatu penanganan limbah yang tepat. Proses pengolahan limbah industri tekstil yang telah dilakukan baik secara biologi, fisika, maupun kimia yang sering digunakan dirasa masih kurang efektif.

Beberapa cara pengolahan limbah cair tekstil secara konvensional telah banyak dikembangkan oleh para peneliti antara lain klorinasi, ozonisasi, dan biodegradasi. Beberapa kelemahan dari proses tersebut antara lain biaya operasional yang tinggi serta sulitnya diterapkan

di Indonesia. Proses adsorpsi yang saat ini banyak digunakan masih kurang efektif karena limbah organik yang teradsorpsi masih terakumulasi di dalam adsorben yang akan menimbulkan masalah baru bagi lingkungan (Utubira *et al*, 2006). Salah satu alternatif pengolahan limbah tekstil adalah dengan menggunakan prinsip fotokatalitik (Alinsafi *et al*, 2006). Fotokatalitik merupakan kombinasi antara proses fotokimia dan katalis. Pada proses fotokatalitik diawali dengan terbentuknya pasangan *electron hole* positif (e^- , h^+) dalam partikel semikonduktor. Pasangan *electron hole* positif mengalami reaksi reduksi oksidasi menghasilkan radikal hidroksil (OH^\bullet) yang dapat mendegradasi polutan organik berbahaya (Sakti *et al*, 2013).

Proses fotokatalisis terjadi ketika semikonduktor dikenai cahaya yang memiliki energi sama atau energi yang lebih besar dari celah pita, akibatnya terjadi proses aksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Hal ini menyebabkan terjadinya *hole* (h^+) pada pita valensi (VB) dan elektron (e^-) pada pita konduksi (CB). Lubang positif (h^+) yang ditinggalkan elektron memiliki sifat pengoksidasi yang sangat kuat, sedangkan elektron pada pita konduksi (CB) memiliki sifat pereduksi sehingga dengan adanya lubang positif (h^+) mampu mengoksidasi polutan organik yang beracun diuraikan menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana dan yang lebih aman untuk dilepaskan ke lingkungan.

Proses fotokatalitik terjadi pada fase teradsorpsi, hal ini menimbulkan masalah baru dalam proses fotodegradasi karena semikonduktor yang digunakan memiliki daya adsorpsi lemah, penambahan suatu adsorben yang dapat menopang semikonduktor dapat mengurangi kekurangan tersebut (El-maazawi, 2000). Penggabungan fotokatalitik dan adsorben dilakukan dengan harapan kontak fotokatalitik dengan polutan menjadi lebih optimal. Selain itu, adsorben yang digunakan tidak perlu didegradasi secara insitu oleh fotokatalitik sehingga kejenuhan adsorben dapat dihindari (Slamet *et al*, 2008).

Material semikonduktor yang sering digunakan sebagai fotokatalis adalah TiO_2 . Kelebihan TiO_2 dibandingkan dengan material

semikonduktor lain ialah tidak bersifat toksik, stabilitas kimia yang sangat baik, stabilitas termal yang sangat baik. Namun, celah pita (celah energi) yang lebar pada TiO_2 sekitar 3,2 eV, yang setara dengan cahaya UV dengan panjang gelombang 388 nm, membatasi proses fotokatalitiknya yang optimal pada daerah cahaya UV tetapi tidak pada cahaya tampak. Padahal cahaya tampak tersedia melimpah sebagai cahaya matahari ke bumi.

$ZnFe_2O_4$ merupakan salah satu nanopartikel spinel ferit dengan *band gap* sempit (1,9 eV) dan dipertimbangkan sebagai material yang berpotensi dalam proses fotokatalitik dibawah cahaya tampak karena memiliki sifat sensitifitas yang tinggi terhadap cahaya matahari, stabil secara fotokimia, toksisitas rendah dan memiliki keunggulan dengan sifat kemagnetannya (Amr, 2011). Selain berperan dalam proses fotokatalitik, $ZnFe_2O_4$ memiliki potensi yang sangat besar dalam aplikasi sebagai sensor gas, adsorben dan biosensor enzimatis. Ada berbagai macam metode dalam mensintesis $ZnFe_2O_4$ diantaranya: reaksi hidrotermal, *pyrolysis*, dekomposisi termal, co-presipitasi, dan reaksi padat-padat. Salah satu metoda lain dalam mensintesis $ZnFe_2O_4$ adalah dengan metoda *microwave*. Metoda ini dipilih dikarenakan proses pemasakan yang cepat, suhu reaksi yang rendah dibandingkan metoda sintesis lain.

Hasil penelitian (Nugroho, 2011) melaporkan bahwa dengan adanya fotokatalitik dapat menjernihkan air dan menghilangkan bau. Penelitian lain dengan menggunakan fotokatalitik pada daerah sinar tampak secara signifikan dapat mengurangi jumlah sel bakteri dan mengurangi aktivitas bakteri endospores (Liou dan Chang, 2012). Selain itu, fotokatalitik dapat mereduksi nilai TDS sebesar 44,08%, BOD sebesar 73,44% dan COD sebesar 71,21% pada limbah organik.

Kelebihan proses fotokatalitik dibandingkan dengan metode konvensional lain adalah hasil limbah tidak berbahaya dan lebih hemat dalam pemakaian bahan kimia serta energi. Fotokatalitik juga merupakan metode yang potensial dan efektif dalam mengolah limbah senyawa organik dan non organik karena mempunyai kemampuan sebagai reduktor dan oksidator (Slamet, 2004).

2. Metode Penelitian

Bahan baku seperti zinc nitrate, fe nitrate naoh aquades dan rhodamin B

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : neraca analitik, *hot plat*, *magnetic Stirrer*, oven, cawan porselin, spatula, termometer, gelas piala 500 ml, botol duran, statif, pH meter, *Mercury Lamp* 250 W, botol sampel penyimpan wadah, serta pipet tetes.

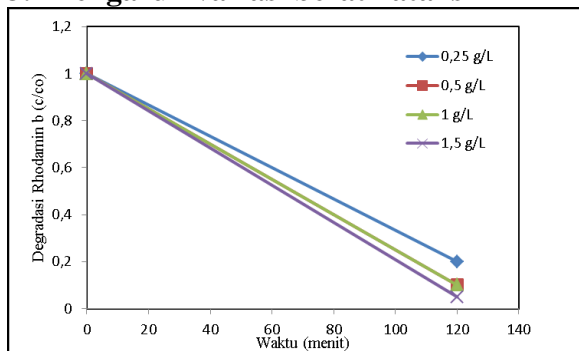
Proses Fotokatalitik

Proses degradasi fotokatalitik dilakukan dengan menggunakan katalis komposit $ZnFe_2O_4/SBE$ tersintesis dan *visible light mercury lamp* 250 Watt. Adapun prosedur degradasi fotokatalitik adalah sebagai berikut:

1. Terlebih dahulu disiapkan larutan RhB dengan volume 250 mL sesuai dengan konsentrasi (5 mg/L) melalui pengenceran bertahap.
2. Larutan RhB dimasukkan ke dalam reaktor (gelas piala 500 ml).
3. Kemudian kita atur suhu larutan $40^\circ C$ kemudian ditambahkan katalis sesuai dengan variasi konsentrasi katalis (0,25 ;0,5; 1,0; 1,5 g/L) pada setiap *running test* yang dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh variasi berat katalis



Gambar 3.1 Pengaruh variasi berat katalis

Kondisi proses penelitian yang dilakukan adalah dengan konsentrasi katalis antara lain 1,5 g/L, 1 g/L, 0,5 g/L, dan 0,25 g/L. Pada proses penentuan variabel konsentrasi katalis, kondisi proses degradasi dilaksanakan pada suhu $40^\circ C$ dan konsentrasi 5 ppm. Proses degradasi dilaksanakan dengan katalis 0,25 g/L terlebih dahulu hingga variasi 1,5 g/L. Sampel diambil

dengan rentang waktu 20 menit hingga menit ke 120 dan dianalisa UV-Vis. Fotodegradasi merupakan salah satu dari proses *advance oxidation process* (AOP) dimana zat warna dapat terdegradasi dengan adanya oksidasi dari radikal ($OH\bullet$).

Senyawa radikal ini dihasilkan dari adanya pasangan elektron dari celah pita bahan semikonduktor yang mengabsorpsi energi cahaya. Hasil degradasi RhB diperoleh pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Pengaruh variasi konsentrasi katalis

Variasi (gram/L)	Waktu (Menit)	Effisiensi (%)
0,25	120	73,90
0,5	120	75,88
1	120	78,22
1,5	120	80,19

Hasil degradasi fotokatalitik yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebesar 80,19%. Membandingkan dengan penelitian Daniel dkk (2018) dengan metode fotokatalitik menggunakan katalis $CeFe_2O_3/SBE$ untuk degradasi metilen biru (mb) adalah sebesar 99,20%. Perbedaan yang signifikan dari hasil degradasi ini diperoleh karena pada penelitian ini menggunakan senyawa rhodamin b yang sulit terdegradasi serta berbagai faktor faktor lain yang berpengaruh dalam proses fotokatalitik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa proses degradasi rhodamin b berhasil dilaksanakan. Variasi berat katalis yang paling optimum adalah 1,5 g/L. Karena semakin banyak katalis yang digunakan maka semakin banyak $OH\bullet$ yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

Abd Aziz, A. S., Nour, A. H., dan Rosli, M. Y. (2014). Development of water adsorbents synthesized from spent bleaching earth to dehydrate ethanol water mixture.

- Advanced Materials Research*, 970, 187–191.
- Alinsafi, A., F. Evenou, E.M Abdulkarim, M.N. Pons, O. Zahraa, A. Benhammou, A. dan Nejmeddine. (2007). *Treatment of textile of industry waste water by Supported Photocatalysis. Dyes and pigments-Dye Pigment*. 74(2) : 439-445.
- Ardiani, P., (2010). *Efektivitas Katalis Tio 2 Dengan Pengemban Mg (Oh) 2. 5h 2 O Pada Fotodegradasi Zat Warna Rhodamine B* (Doctoral dissertation, Universitas Sebelas Maret).
- Batubara, Y. M. (2008). Proses oksidasi lanjutan (advanced oxidation process) sebagai Pra Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air, Thesis, Universitas Sumatra Utara
- Bawen, B., dan Semarang, U. N. (2006). Pengaruh pengolahan limbah tekstil pt. apac inti corpora (aic) terhadap kualitas air sungai bade bawen.
- Chandra, A. D. (2012). Degradasi Zat warna Tekstil Rhodamin B menggunakan Zeolit Terimregnasi TiO₂, Skripsi, Universitas Airlangga.
- Chen, C. Y., Cheng, M. C. dan Chen, A. H., (2012), Photocatalytic decolorization of remazol black 5 and remazol brilliant orange 3R by mesoporous TiO₂, *Journal of Environmental Management*, 102, 125-133.
- Daniel, M. E, Saputra. dan Irdoni. (2018). Sintesis katalis perovskite komposit CeFe₂O₃/SBE dengan metode so-gel untuk proses degradasi fotokatalitik pewarna tekstil methylene blue. *JOM FTTEKNIK*.(5); 1-5
- Effendy. (2010). Logam, Aloi, Semikonduktor dan Superkonduktor. Malang: Banyumedia Publishing.
- Eko, I., P. (2012). Sensor kimia bentuk stik menggunakan reagen Zn(CNS)₂ untuk mendeteksi rhodamin b dalamsampelmakanan, *Skripsi*, Universitas Airlangga
- El-Mazzawi, m.s., a.n.finken, a.b. Nair, A. dan V Grassian. (2000). Adsorbision and Photocatalitic Oxidation of Acetone on TiO₂ : An In Situ Transmission FTIR Study. *Journal of Catalysis*. 191(1):138-146.
- Fogler, H., S., (1999), *Elements of Chemical Reaction Engineering*, 3rd edition, Prentice - Hall International Inc., New Jersey.
- Fu, Y., dan Wang, X. (2011). Magnetically Separable ZnFe 2 O 4 À Graphene Catalyst and its High Photocatalytic Performance under Visible Light Irradiation, 7210–7218.
- Geng, P., Li, W., Zhang, X., Zhang, X., Deng, Y. dan Kou, H., (2017). A novel theoretical model for the temperature dependence of band gap energy in semiconductors. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 50(40), p.40LT02.
- Gunlasuardi, J. (2001). Fotokatalisis pada permukaan TiO₂: Aspek Fundamental dan Aplikasinya. Seminar Nasional Kimia Fisika II. Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Indonesia.
- Herlambang, A. (2009), Peran Teknologi dalam Penentuan Kebijakan Pengolah Sumberdaya Air Nasional, *Jurnal Air Indonesia*, Vol 5, 179-189
- Jayakumar, G., Irudayaraj, A. A., dan Raj, A. D. (2017). ScienceDirect Photocatalytic Degradation of Methylene Blue by Nickel Oxide Nanoparticles. *Materials Today: Proceedings*, 4(11), 11690–11695.
- Jiao, Y., Wang, Y., Li, M., Liu, Y., Mao, P. dan Yang, Y., (2017). Visible Light Excited Catalysis and Reusability Performances of TiO₂@ Pr: Y2SiO5 Upconversion Materials. *Journal of Nanomaterials*, 2017.
- Jumeri, F. A., Lim, H. N., Arif, S. N., Huang, N. M., Teo, P. S., dan Fatim, S. O. (2014). Microwave synthesis of magnetically separable ZnFe 2 O 4 -reduced graphene oxide for wastewater treatment, 40, 7057–7065.
- Karnaji., dan Nurhasanah I., (2017), Photodegradation of rhodamine B by using ZnFe₂O₄ Nanoparticles synthesized through precipitation Methodh, *The 4th international Confrence on advance materials science and technology*.
- Kulkarni, D S., Kumbar s., Menon G S., dan Choudhari S., (2016), Magnetically

- Separable Core Shell ZnFe₂O₄@ZnO Nanoparticles for Visible Light photodegradation of methyl orange, *Material Reasech Bulletin*
- Kulkarni, S. D., Kumbar, S., Menon, S. G., Choudhari, K. S., dan Santhosh, C. (2016). Magnetically Separable core-shell ZnFe₂O₄@ZnO Nanoparticles for Visible Light photodegradation of methyl orange. *Materials Research Bulletin*.
- Lestari, D.N. (2009). Studi Preparasi dan Karakterisasi N-Doped TiO₂ dengan Metode Sol-Gel Menggunakan Prekursor Titanium Iso Propoksida (TTIP) dan Diethylamine (DEA). *Skripsi*. F. MIPA. Depok: Universitas Indonesia.
- Licciulli, A., dan Lisi, D. (2002). *Self-Cleaning Glass*. Universitas Degli Studio Di Lecce
- Liou, J. W., dan Chang, H. H. (2012). Bacterial Effect and Mechanisms of Visible Light-Responsive Titanium Dioxide Photocatalyst on Pathogenic Bacteria. *Review*. 60: 267-275
- Liu, Y., Ohko, Y., Zhang, R., Yang, Y. dan Zhang, Z., (2010). Degradation of malachite green on Pd/WO₃ photocatalysts under simulated solar light. *Journal of hazardous materials*, 184(1-3), pp.386-391.
- Loh, S. K., James, S., Ngatiman, M., Cheong, K. Y., Choo, Y. M., dan Lim, W. S., (2013), Enhancement of palm oil refinery waste – spent bleaching earth (SBE) into bio organic fertilizer and their effects on crop biomass growth, *Industrial Crops and Products*, 49, 775-781.
- Lu, D., Zhang, Y., Lin, S., Wang, L., dan Wang, C. (2013). Synthesis of magnetic ZnFe₂O₄ / graphene composite and its application in photocatalytic degradation of dyes. *Journal Of Alloys And Compounds*, 579, 336–342.
- Mady, A., H., Lara, M., dan Dirk, B. (2016). Facile microwave-assisted green synthesis of Ag-ZnFe₂O₄@rGO nanocomposites for efficient removal of organic dyes under UV- and visible-light irradiation. “*Applied Catalysis B, Environmental*.”
- Miller, C. J., Wadley, S., dan Waite, T. D. (2012). *Fenton, photo-Fenton and Fenton-like processes. Advanced Oxidation Processes for Water Treatment Fundamentals and Applications*.
- Mills, A., dan Hunte, S. Le. (2000). An overview of semiconductor photocatalysis, *108*(1997), 1–35.
- Moure, C., dan Peña, O. (2015). Recent Advances in Perovskites: Processing and Properties. *Progress in Solid State Chemistry*.
- Muarip, S. (2013). Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B dengan Fotokatalis Komposit TiO₂-SiO₂, *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
- Nguyen, T. B., dan Doong, R. (2017). RSC Advances with a highly recyclable visible-light-response for. *RSC Advances*, 7, 50006–50016.
- Nugroho, A. I. (2011). Deposisi Lapisan Tipis dan Pembuatan Sistem Pengolahan Air Limbah Organik Menggunakan Material Fotokatalis Titania (TiO₂). *Skripsi*. Jurusan Fisika. F MIPA: Undip Semarang.
- Nugroho, W. M., Riapanitra, A., dan Iswanto, P. (2015). Sintesis Nanokomposit Polianilin/ZnO (PANI/ZNO) dengan Metode Polimerisasi Antarmuka dan Uji Aktivitas Fotodegradasi terhadap Rhodamin B pada Cahaya Tampak. *Jurnal Molekul*. 121-128 (10).
- Omran, M., Fabritius, T., dan Chen, G. (2017). Subject Category: Subject Areas: Dielectric properties and carbothermic reduction of zinc oxide and zinc ferrite by microwave heating.
- Palupi, E. (2006). Degradasi Metilen Blue dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis Menggunakan Film TiO₂. *Skripsi*. F. MIPA. Bogor: IPB
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5, (2014), Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Tekstil, Jakarta.
- Phuruangrat, A., Maisang, W., dan Phonkhokong, T. (2017). Superparamagnetic and Ferromagnetic Behavior of ZnFe₂O₄ Nanoparticles Synthesized by Microwave-Assisted Hydrothermal Method. *Physical*

Chemistry of Nanoclusters and Nanomaterials 91(5), 951–956.

Saputra, E., Muhammad, S., Sun, H., Ang, H. M., Tadé, M. O. dan Wang, S., (2013), Manganese oxides at different oxidation state for heterogeneous activation of peroxymonosulfate for phenol degradation in aqueous solutions, *Applied Catalysis B: Environmental*, 142 – 143, 729-735.

Saputra, E., Muhammad, S., Sun, H., Ang, H. M., Tadé, M. O. dan Wang, S., (2014), Shape-controlled activation of peroxymonosulfate by single crystal α -Mn₂O₃ for catalytic phenol degradation in aqueous solution, *Applied Catalysis B: Environmental*, 154 – 155, 246-251.