

Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Nanopartikel Magnetit Sebagai Katalis Pada Oksidasi Tartrazin

Fauziatul Fajaroh, Nazriati, Sutrisno, Ridwan Joharmawan
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang

*fau_kim_um@yahoo.co.id

ABSTRACT

Material magnetik berdimensi nanometer saat ini banyak dikembangkan. Kombinasi antara kemagnetan dan luas permukaan yang besar membuat materia ini dapat dimanfaatkan sebagai katalis heterogen dan bersifat dapat didaur ulang. Aspek penting yang berkaitan dengan aplikasi nanopartikel sebagai katalis adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kinerjanya.

Detail abstrak dan fullteks silahkan melihat pada dokumen fullteks.

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KINERJA NANOPARTIKEL MAGNETIT SEBAGAI KATALIS PADA OKSIDASI TARTRAZIN

Fauziatul Fajaroh*, Nazriati, Sutrisno, Ridwan Joharmawan
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang

*fau_kim_um@yahoo.co.id

ABSTRAK

Material magnetik berdimensi nanometer saat ini banyak dikembangkan. Kombinasi antara kemagnetan dan luas permukaan yang besar membuat material ini dapat dimanfaatkan sebagai katalis heterogen dan bersifat dapat didaur ulang (*renewable*). Aspek penting yang berkaitan dengan aplikasi nanopartikel sebagai katalis adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kinerjanya. Untuk itu tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh berbagai faktor terhadap kinerja nanopartikel magnetit (Fe_3O_4), NPM, sebagai katalis heterogen reaksi oksidasi tartrazin. NPM dalam hal ini disintesis dengan cara elektro-oksidasi besi dalam air pada voltase 70 V. Oksidator yang digunakan adalah hidrogen peroksida. Faktor-faktor yang dipelajari meliputi: konsentrasi awal oksidator, jumlah (dosis) katalis yang digunakan, serta pH awal sistem. Kinerja katalis dievaluasi berdasarkan persentase tartrazin yang teroksidasi (%oksidasi) yang ditandai dengan perubahan absorbansi sistem larutan tartrazin dalam air. Nanopartikel magnetit yang diaplikasikan sebagai katalis memiliki kemurnian dan kristalinitas relatif tinggi dengan luas permukaan spesifik = $71,857 \text{ m}^2/\text{g}$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga faktor ternyata berpengaruh terhadap kinerja katalis. Terdapat konsentrasi oksidator dan jumlah katalis optimum yang diperlukan untuk mengoptimalkan kinerja katalis. Faktor pH ternyata juga mempengaruhi kinerja katalis. Makin rendah pH sistem, kinerja katalis makin meningkat. Pada pH 3 % oksidasi mencapai 96,34% selama 2 jam reaksi, sedangkan dalam waktu yang sama %oksidasi tanpa katalis hanya sebesar 60,61%. Currently, magnetic material in nanometer dimension was widely developed. The combination of its magnetism and large surface area make this material can be used as heterogeneous catalysts and are recyclable (*renewable*). Important aspects related to the application of nanoparticles as catalysts is the factors that affect its performance. The purpose of this research is to study the influence of various factors on the performance of magnetite (Fe_3O_4) nanoparticles as a heterogeneous catalyst on oxidation reaction of Tartrazine. Magnetite nanoparticles in this study was synthesized by iron electro-oxidation in water at 70 V. The oxidising agent was hydrogen peroxide. Factors studied include: the initial concentration of oxidant, the amount (dose) of catalyst used, and the initial pH of the system. Catalyst performance is evaluated based on the percentage of oxidized Tartrazine (% oxidation) that is characterized by changes in the system absorbance of Tartrazine aqueous solution. Magnetite nanoparticles were applied as catalysts have relatively high purity and crystallinity and the specific surface area = $71.857 \text{ m}^2 / \text{g}$. The results showed that all of three factors apparently affect the performance of the catalyst. There were optimum of oxidant concentration and catalyst amount needed to optimize catalyst performance. pH factor was also affecting the performance of the catalyst. The lower pH of the system, increasing the performance of the catalyst. At pH 3% oxidation reaches 96.34% for 2 hours reaction, while at the same time% oxidation of the system without catalyst was only 60.61%.

Kata kunci : nanopartikel magnetit, katalis heterogen, oksidasi tartrazin

PENDAHULUAN

Nanoteknologi diyakini akan dapat menyelesaikan seluruh permasalahan teknologi di masa mendatang. Itulah sebabnya pengembangan nanoteknologi, termasuk pengembangan nanomaterial, yakni material dengan ukuran kurang dari 100 nm, menjadi salah satu fokus perhatian para ilmuwan di seluruh dunia (Abdullah & Khairurrijal, 2010). Material atau partikel

dalam ukuran nanometer mempunyai ukuran yang sangat kecil, sehingga luas permukaan dan reaktifitasnya sangat besar. Karakter inilah yang diunggulkan dalam banyak aplikasi, di antaranya adalah sebagai katalis.

Salah satu nanopartikel yang dapat dimanfaatkan sebagai katalis tersebut adalah nanopartikel magnetit (Fe_3O_4), NPM. Pada reaksi oksidasi dengan hidrogen peroksida sebagai oksidator, interaksi NPM dengan hidrogen peroksida menghasilkan radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$). Radikal $\bullet\text{OH}$ adalah elektrofil yang reaktif dan beraksi dengan cepat dalam mengoksidasi zat organik melalui mekanisme reaksi rantai. Radikal ini memiliki potensial oksidasi standar yang tinggi (2,80 V) dan bereaksi secara tidak selektif melalui mekanisme reaksi rantai dengan laju yang relatif tinggi yakni pada kisaran 10^7 - $10^{10} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ (Zhang dkk, 2010). Oksidator ini dapat menghancurkan senyawa-senyawa pencemar, antara lain senyawa-senyawa organik seperti minyak, pestisida, dan zat warna (Xue, dkk. 2009).

Keunggulan NPM di atas dapat dimanfaatkan dalam upaya-upaya untuk mendapatkan metode pengolahan limbah yang efektif dan efisien. Apalagi saat ini dunia industri yang semakin berkembang, tampaknya senantiasa menyisakan persoalan pengolahan limbahnya. Salah satu limbah organik yang masih memerlukan perhatian cukup besar adalah limbah pewarna. Salah satu pewarna yang sering digunakan dalam industri adalah tartrazin. Penanganan limbah proses pewarnaan yang kurang tepat akan berdampak pada tercemarnya lingkungan oleh zat warna tersebut. Untuk itu upaya remediasi lingkungan yang tercemar limbah organik khususnya zat warna termasuk tartrazin ini perlu dilakukan.

Efektivitas katalisasi oleh NPM bergantung kepada karakter partikel, antara lain ukuran dan cara preparasinya (Cornell & Schwertmann 2003: 59), karena itu perlu dikaji kinerja NPM yang disintesis dengan cara dan kondisi berbeda untuk mendegradasi tartrazin. Untuk itu telah dikembangkan metode sederhana dalam sintesis NPM yaitu metode elektrokimia berbahan air (Fajaroh dkk, 2014). Dengan cara elektro-oksidasi besi dalam air dengan menggunakan rapat arus tinggi sekitar $3000 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ yakni dengan penerapan voltase 70 V telah berhasil disintesis nanopartikel Fe_3O_4 yang memiliki kemurnian dan kristalinitas tinggi berukuran di sekitar 20-50 nm dan bersifat ferromagnetis dengan kemagnetan relatif tinggi.

Faktor-faktor yang diduga berpengaruh terhadap kinerja NPM sebagai katalis pada oksidasi tartrazin oleh hidrogen peroksida adalah faktor konsentrasi awal oksidator, jumlah (dosis) katalis yang digunakan, serta pH awal sistem. Konsentrasi awal oksidator dan jumlah (dosis) katalis diduga berpengaruh mengingat bahwa mekanisme reaksi katalitik ini diduga merupakan reaksi rantai yang melibatkan radikal bebas hidroksil, sehingga secara teoretis ada sejumlah oksidator atau pun jumlah katalis optimum yang diperlukan. Untuk itu perlu dikaji bagaimana pengaruh kedua faktor tersebut terhadap kinerja NPM sebagai katalis. Faktor pH

awal dari sistem reaksi juga diduga mempengaruhi kinerja NPM sebagai katalis, karena kinerja hidrogen peroksida dan radikal hidroksil sebagai oksidator dipengaruhi oleh pH.

Kinerja katalis ditentukan berdasarkan persen tartrazin yang teroksidasi (% oksidasi) yang diukur secara spektrofotometri, yakni dengan mengamati perubahan absorbansi sistem reaksi sebelum dan setelah dioksidasi. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh konsentrasi awal oksidator, dosis katalis, dan pH awal sistem terhadap kinerja katalis pada proses oksidasi tartrazin.

METODE PENELITIAN

1. Alat dan Bahan

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental laboratoris. Kegiatan pokok dalam penelitian ini adalah mempelajari aplikasi NPM yang disintesis secara elektrokimia sebagai katalis pada oksidasi tartrazin oleh hidrogen peroksida. Proses oksidasi dilakukan dalam beragam konsentrasi awal oksidator, jumlah (dosis) katalis yang digunakan, serta pH awal sistem.

Alat dan bahan yang diperlukan meliputi: alat-alat gelas, shaker (IKABasic), neraca analitik (Sartorius), centrifuge (Kokusan H-103n), magnetic stirrer. Bahan-bahan kimia meliputi Katalis NPM dengan luas permukaan spesifik = 71,857 m²/g, H₂SO₄, NaOH, H₂O₂, akuades, tartrazin, kertas Whatmann, spektrofotometer, alat-alat gelas, magnetic stirrer.

2. Pengaruh Konsentrasi Oksidator

Studi pengaruh konsentrasi oksidator terhadap kinerja katalis pada proses oksidasi diawali dengan mencampur sebanyak 50 mL larutan tartrazine 25 ppm dengan sejumlah tertentu NPM sehingga tercapai kesetimbangan adsorpsi-desorpsi, setelah itu ke dalam sistem ditambahkan larutan hidrogen peroksida dengan konsentrasi bervariasi. Absorbansi sistem diukur dengan *spectronic-20 (Genesys, Single Beam)* pada λ maksimum tartrazin yakni 426 nm yang telah ditentukan terlebih dahulu. Pengukuran absorbansi dilakukan sebelum dan setelah 3 jam penambahan oksidator.

3. Pengaruh Jumlah Katalis

Studi pengaruh jumlah katalis diawali dengan mencampur sebanyak 50 mL larutan tartrazine 25 ppm dengan sejumlah tertentu NPM (variasi massa 0,05 - 0,35 g) sehingga tercapai kesetimbangan adsorpsi-desorpsi, setelah itu ke dalam sistem ditambahkan larutan hidrogen peroksida dengan konsentrasi optimum. Absorbansi sistem diukur tiap 30 menit selama 2 jam.

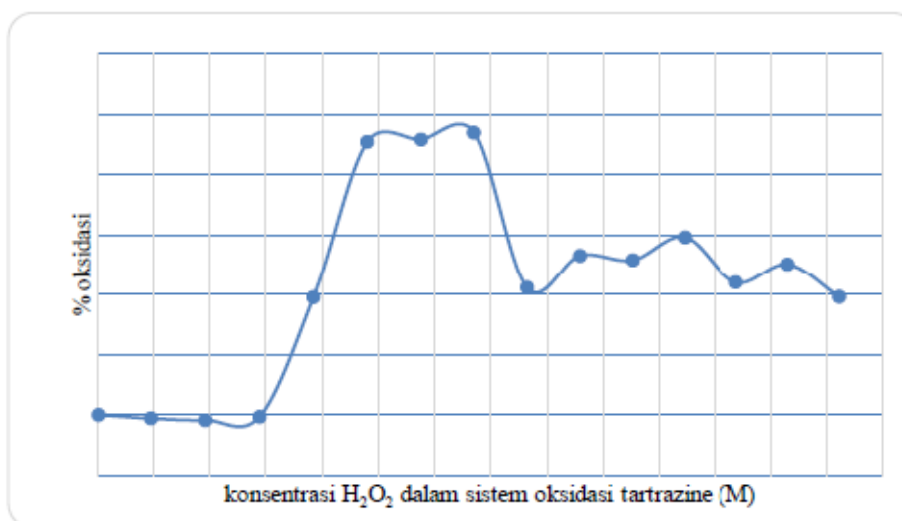
4. Pengaruh pH

Studi pengaruh pH (pH 3 dan 5) terhadap kinerja katalis ditentukan dengan cara mengukur nilai absorbansi sistem-sistem tartrazin + H₂O, tartrazin + Fe₃O₄, tartrazin + H₂O₂, dan tartrazin + H₂O₂ + Fe₃O₄ pada pH awal 3 dan 5 setiap 30 menit selama 2 jam dengan *spectronic 20* dengan langkah-langkah yang sama dengan studi sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Konsentrasi Oksidator terhadap Kinerja Katalis

Kinerja katalis pada oksidasi larutan tartrazin (yang dinyatakan sebagai persen oksidasi) pada beragam konsentrasi oksidator disajikan pada Gambar 1. Pada Gambar 1 tampak bahwa pada rentang konsentrasi rendah katalis belum memperlihatkan kinerjanya. Penyebabnya kemungkinan konsentrasi oksidator yang ada belum mencukupi bagi proses oksidasi tersebut. Penambahan konsentrasi oksidator ternyata mampu meningkatkan kinerja katalis sampai tercapainya konsentrasi optimum. Setelah titik ini penambahan konsentrasi oksidator justru menurunkan persen oksidasi. Hal ini menguatkan hipotesis bahwa reaksi oksidasi terkatalisis NPM ini mengikuti mekanisme reaksi rantai. Makin besar konsentrasi oksidator, makin banyak radikal OH terbentuk, makin besar kemungkinan terjadinya stabilisasi radikal, maka makin rendah laju proses oksidasi. Hal ini seperti yang diperoleh Hassan dan Hameed (2011).



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Oksidator terhadap Kinerja Katalis (Persen Oksidasi)

2. Pengaruh Jumlah Katalis terhadap Kinerja Katalis

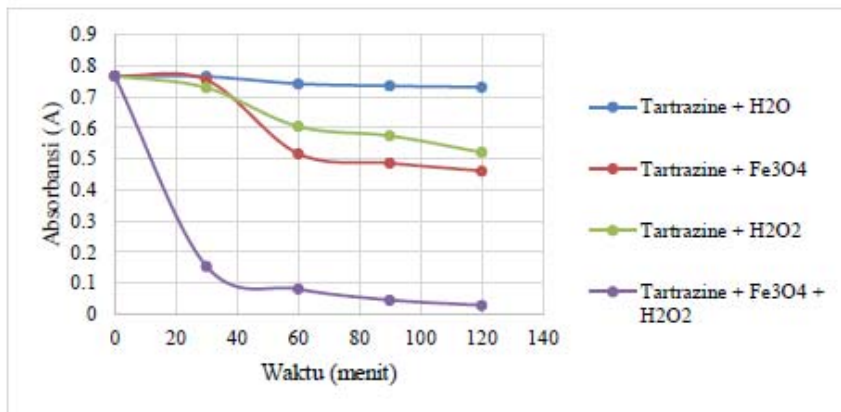
Kinerja katalis pada beragam jumlah katalis disajikan pada Tabel 1. Tampak bahwa pada rentang jumlah katalis yang rendah, makin besar jumlah katalis kinerja katalis makin besar sampai tercapainya kondisi optimum. Setelah titik ini penambahan jumlah katalis justru menurunkan persen oksidasi. Hal ini semakin menguatkan hipotesis bahwa reaksi oksidasi terkatalisis NPM ini mengikuti mekanisme reaksi rantai. Makin besar jumlah katalis, makin banyak radikal OH terbentuk sampai tercapainya kondisi optimum. Setelah itu, makin besar jumlah radikal bebas, kemungkinan terjadinya stabilisasi radikal makin besar, maka makin rendah kinerja katalis.

Tabel 1. Kinerja Katalis (% Oksidasi) pada Beragam Jumlah Katalis

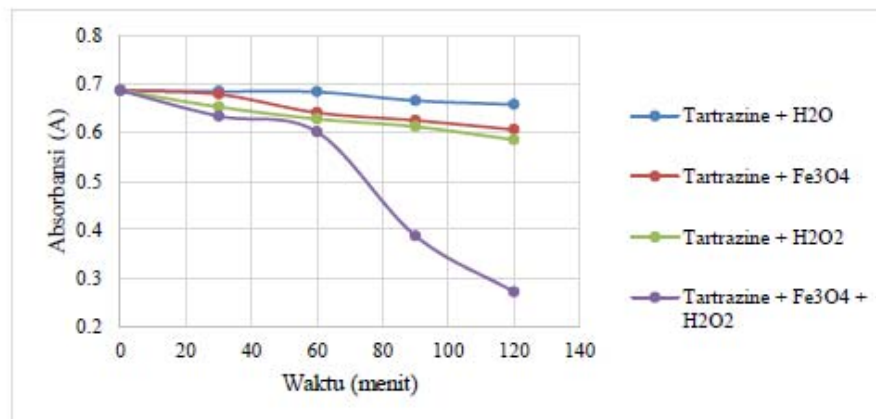
| Jumlah Katalis (g) | % Oksidasi |
|--------------------|------------|
| Tanpa katalis | 14,83% |
| 0,05 gram | 18,33 % |
| 0,10 gram | 30,90 % |
| 0,15 gram | 48,80% |
| 0,20 gram | 60,68% |
| 0,25 gram | 72,92% |
| 0,30 gram | 66,30% |
| 0,35 gram | 55,00% |

2. Ketergantungan Kinerja Katalis terhadap pH

Kinerja katalis pada pH 3 dan 5 dapat disimpulkan dari Gambar 2 dan Gambar 3 yang menyajikan perubahan absorbansi beragam sistem pada pH 3 dan 5. Tampak bahwa sistem dengan katalis NPM paling mampu menurunkan absorbansi sistem. Berdasarkan data ini, dihitung % oksidasi sistem-sistem tersebut sebagaimana tersaji pada Tabel 2.



Gambar 2. Perubahan Absorbansi Selama 2 Jam Reaksi dengan pH awal 3



Gambar 3. Perubahan Absorbansi Selama 2 Jam Reaksi dengan pH awal 5

Tabel 2. Persen Oksidasi Beragam Sistem dengan dan Tanpa Katalis pada pH 3

| Waktu (Menit) | % Oksidasi Sistem Tartrazine + H ₂ O ₂ (Tanpa Katalis) | % Oksidasi Sistem Tartrazine + H ₂ O ₂ + NPM (Dengan Katalis) |
|---------------|--|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 30 | 4,95 | 79,92 |
| 60 | 21,25 | 89,57 |
| 90 | 25,16 | 94,13 |
| 120 | 32,07 | 96,34 |

Tabel 3. Persen Oksidasi Beragam Sistem dengan dan Tanpa Katalis pada pH 5

| Waktu (Menit) | % Oksidasi Sistem Tartrazine + H ₂ O ₂ (Tanpa Katalis) | % Oksidasi Sistem Tartrazine + H ₂ O ₂ + NPM (Dengan Katalis) |
|---------------|--|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 30 | 4,94 | 7,71 |
| 60 | 8,58 | 12,50 |
| 90 | 10,91 | 43,75 |
| 120 | 14,83 | 60,61 |

Tabel 2 dan 3 menunjukkan bahwa kinerja katalis dipengaruhi oleh pH. Katalis bekerja makin efektif pada pH 3, ditandai dengan teroksidasinya tartrazin sebanyak 96,34%. Selain itu juga dapat disimpulkan bahwa oksidasi dengan katalis menghasilkan persen oksidasi yang lebih tinggi daripada tanpa katalis. Adanya katalis NPM dapat mempercepat pembentukan radikal hidroksil, sehingga lebih efektif mengoksidasi tartrazin. Pada pH yang lebih tinggi tampak terjadi penurunan % oksidasi, hal tersebut disebabkan karena larutan H₂O₂ dalam kondisi yang makin basa dapat mengalami dekomposisi menjadi air dan oksigen, sehingga H₂O₂ kehilangan kemampuan mengoksidasi zat warna.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang bisa dirumuskan berdasarkan hasil penelitian ini adalah:

1. Konsentrasi oksidator berpengaruh terhadap kinerja NPM sebagai katalis heterogen pada oksidasi tartrazin. Terdapat konsentrasi optimum oksidator yang mampu mengoksidasi tartrazin.
2. Jumlah katalis berpengaruh terhadap kinerja katalis. Terdapat jumlah katalis optimum yang mampu mengoksidasi tartrazin.
3. pH berpengaruh pada kinerja NPM. Pada penelitian ini pH optimum reaksi oksidasi tartrazine adalah pH 3 yang menunjukkan % oksidasi 96,34 selama 2 jam reaksi, sedangkan % oksidasi tanpa katalis sebesar 60,61.

DAFTAR PUSTAKA

Cornell, R.M. and Schwertmann, U. *The Iron Oxides*, 2003, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA.

Hassan, H. and Hameed, B.H. 2011. Decolorization of Acid Red 1 by Heterogeneous Fenton-Like Reaction Using Fe-Ball Clay Catalyst. 2011. International Conference on Environment Science and Engineering IPCBEE Vol. 8

Modirshahla, N., Abdoli, M., Behnajady, M.A., Vahid, B. 2013. Decolourization of Tartrazin From Aqueous Solution By Coupling Electrocoagulation with ZnO Photocatalyst. Environment Protection Engineering Vol 39 No. 1.

Banerjee, S. and Chattopadhyaya, M.C. 2013. Adsorption Characteristics for The Removal of a Toxic Dye, Tartrazin from Aqueous Solution by a Low Cost Agricultural By-Product. Arabian Journal of Chemistry. Article in Press.

Fajarah, F., Sutrisno, Nazriati, Wonorahardjo, S. 2014. To Enhance The purity and Crystallinity of Magnetite Nanoparticles Prepared by Surfactant Free Electrochemical Method by Imposing Higher Voltage. *AIP Conference Proceeding* 1558, 179 (2014).

Xue, X., Hanna, K., Deng, N. Fenton-like oxidation of Rhodamine B in the presence of two types of iron (II, III) oxide. *Journal of Hazardous Materials*, 2009,166, 407–414.

Zhang, Q.W., Gong, S.W.G., Zhang, Y., Yang, T., Wang, C.X. & Gu, N. 2010. Prussian Blue Modified Iron Oxide Magnetic Nanoparticles and their High Peroxide- Like Activity. *Journal of Material Chemistry*.