

Penyisihan Ion Kromat Dalam Air Limbah Dengan Menggunakan Bioadsorben Magnetik

Irwan^{1*}, Zulkifli², Nurlaili³

^{1,2}Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe

³Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

*irwan@pnl.ac.id; (penulis korespondensi)

Abstrak— Penyisihan ion kromat dalam air limbah telah dilakukan dengan menggunakan bioadsorben magnetik sebagai bahan penyerap. Kajian dilakukan dalam dua tahapan, yaitu sintesis bioadsorben magnetik dan aplikasi bioadsorben magnetik. Sintesis bioadsorben magnetik dilakukan dengan menggunakan metode ko-presipitasi dengan variasi temperatur 50, 60, 70, 80, dan 90 °C. Karakterisasi partikel dilakukan pada sifat stabilitas panas dengan TGA dan sifat kristal partikel dengan XRD. Aplikasi bioadsorben magnetik dilakukan pada kajian efisiensi penyisihan ion kromat dalam air limbah artificial. Kajian dilakukan dengan mempelajari pengaruh variasi konsentrasi bioadsorben, yaitu 0, 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 mg/L dengan waktu kontak 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Hasil kajian menunjukkan bahwa partikel bioadsorben magnetik berhasil disintesis dengan stabilitas panas yang baik. Stabilitas panas terbaik diperoleh dengan sintesis pada temperatur 90 °C. Partikel bioadsorben magnetik yang dihasilkan bersifat amorf. Aplikasi bioadsorben magnetik menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi bioadsorben magnetik dan waktu kontak akan meningkatkan efisiensi penyisihan ion kromat dalam air limbah. Efisiensi penyisihan tertinggi sebesar 91,34% diperoleh pada konsentrasi partikel bioadsorben 6 mg/L dan waktu kontak 150 menit.

Kata kunci—Sintesis, bioadsorben magnetik, penyerapan, ion kromat, karakterisasi

Abstract— The removal of chromate ion in waste environment have been conducted using magnetic bio adsorbent. The study was managed in two stages, i.e., the synthesize of magnetic bio adsorbent and the application of magnetic bio adsorbent. The synthesis of magnetic bio adsorbent was performed by a coprecipitation method varying the temperature of 50, 60, 70, 80, and 90 °C. The characterization of the particles was conducted for thermal stability using Thermogravimetric Analysis (TGA) and particle structure using X-Ray Diffraction (XRD) method. The application of magnetic bio adsorbent was conducted by the study of the efficiency of chromate ion removal in artificial wastewater. The study was accomplished by the influence of magnetic bio adsorbent concentration, which is varying by 0, 1, 2, 3, 4, 5, and 6 mg/L and time of exposure, which are varying of 30, 60, 90, 120, and 150 minutes. The results showed that the particle of magnetic bio adsorbent had been synthesized using a coprecipitation method, which has good thermal stability. The highest thermal stability was achieved at a reaction temperature of 90 °C. The resulting particle of magnetic bio adsorbent was amorphous. The application of magnetic bio adsorbent showed that increasing magnetic bio adsorbent concentration and contact time increase the efficiency of removal chromate ion in the wastewater. The highest removal efficiency was obtained at 91.34%, which is achieved at a magnetic bio adsorbent concentration of 6 mg/L and a contact time of 150 minutes.

Keywords— Synthesize, magnetic bio adsorbent, adsorption, chromate ions, characterization.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan penyerap dalam pengendalian dampak lingkungan merupakan salah satu fokus yang dilakukan oleh para peneliti dewasa ini. Bahan penyerap atau adsorben yang digunakan untuk menghilangkan bahan-bahan pencemar dalam air limbah terdiri dari berbagai bahan yang dapat berupa bahan organik maupun anorganik.

Penggunaan bioadsorben sebagai penyerap bahan pencemar dalam air limbah telah diteliti baik di dalam negeri maupun secara global. Di dalam negeri beberapa kajian penggunaan bioadsorben di dalam negeri telah dilakukan dengan menggunakan bahan tambang dan pertanian sebagai bahan baku [1-3], sedangkan dari luar negeri kajian juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti terkait penggunaan bioadsorben sebagai bahan penyerap [4, 5].

Penggunaan bioadsorben sebagai bahan penyerap bahan-bahan pencemar mengalami kesulitan pada saat pemisahannya dengan air limbah, sehingga bioadsorben tersebut menjadi terbatas penggunaannya. Oleh karena itu, kajian terhadap kemudahan bioadsorben tersebut dipisahkan dari lingkungannya menjadi sesuatu yang sangat menjanjikan dalam aplikasi bioadsorben tersebut dalam berbagai bidang [5, 6].

Salah satu metoda untuk memudahkan pemisahan bioadsorben tersebut adalah memberikan sifat magnetik ke dalam bioadsorben tersebut sehingga dapat dipisahkan dari lingkungannya dengan menggunakan gaya magnet dari luar. Adanya sifat magnetik yang unik tersebut menyebabkan kajian terhadap material ini menarik dilakukan. Beberapa peneliti di dalam negeri telah melakukan kajian terhadap material ini.

Sintesa komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_4$ dan aplikasinya untuk mendegradasi limbah zat warna *Methylene Blue* mampu mendegradasi limbah *methylene blue* sebesar 98% dan dapat dipisahkan dengan mudah dari larutan dengan menggunakan magnet [7]. Sintesis bioadsorben magnetik dan pengaruh pH dalam aplikasi penyerapan thorium dalam air limbah menunjukkan bioadsorben magnetik bersifat superparamagnetik dan dapat dipisahkan dengan menggunakan gaya magnet dari luar, sementara dalam aplikasinya menunjukkan peningkatan pH meningkatkan efisiensi adsorpsi [8].

Sementara itu dari luar negeri kajian bioadsorben magnetik juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Sintesis *multiwalled carbon nanotube-k-carrageenan-Fe₃O₄ nanocomposite* sebagai bioadsorben magnetik berhasil dilakukan dengan kapasitas adsorpsi yang tinggi dan dapat

dipisahkan dengan gaya magnet dari luar. Penyerapan methylene blue meningkat dengan peningkatan konsentrasi bioadsorben magnetik [9]. Sementara sintesis Fe_3O_4 /karbon aktif/kitosan telah berhasil dilakukan untuk penyerapan antibiotik yang menunjukkan peningkatan efisiensi penyerapan dengan peningkatan konsentrasi bioadsorben [10]. Sintesis adsorben magnetit/musa acuminata telah berhasil dilakukan dan diaplikasikan untuk penyerapan ion Pb dalam air limbah yang menghasilkan efisiensi sebesar 80,3% [11]. Kajian lainnya juga menunjukkan bahwa bioadsorben magnetik berhasil disintesis dan diaplikasikan sebagai penyerap minyak dan berbagai ion logam berat berbahaya dalam air limbah dengan efisiensi penyerapan yang tinggi [12-15].

Kajian terhadap sintesis bioadsorben magnetik dilakukan dengan metoda reaksi kopresipitasi dari bahan-bahan bioadsorben dan magnetik. Kajian dilakukan pada berbagai temperatur reaksi untuk melihat karakteristik bioadsorben magnetik.

Tujuan khusus dari kajian ini adalah mempelajari pengaruh temperatur reaksi terhadap karakteristik bioadsorben magnetic yang dihasilkan dan pengaruh konsentrasi bioadsorben magnetik dan waktu pengontakan terhadap persentase penyisihan ion kromat dalam air limbah. Kajian ini juga diharapkan dapat memberikan kemudahan aplikasi dalam proses penyerapan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

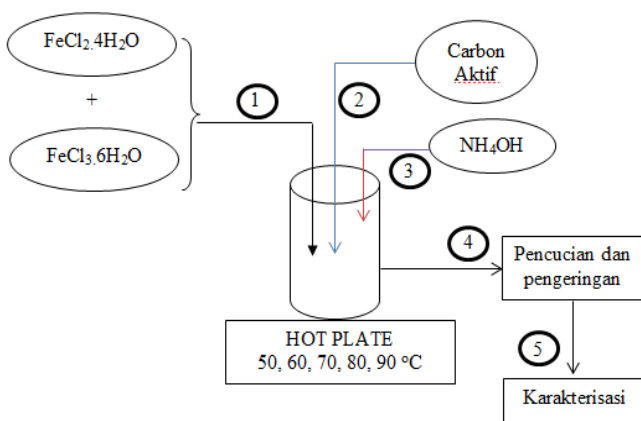
A. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam kajian ini adalah arang aktif sebagai adsorben, Ferro klorida tetrahidrat ($FeCl_2 \cdot 4H_2O$), Ferri klorida heksahidrat ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$), Ammonium hidroksida (NH_4OH), Kalium kromat ($K_2Cr_2O_4$). Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian berasal dari Merck Chemical.

Peralatan yang digunakan adalah beaker gelas, magnetik stirrer, timbangan analitik, termometer, stopwatch, magnet bar, buret, dan statif.

B. Prosedur Penelitian

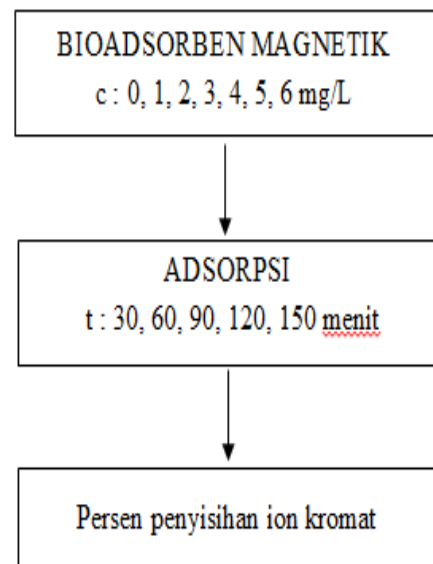
Prosedur kerja penelitian dibagi dalam dua tahapan, yaitu tahapan sintesis bioadsorben magnetik pada berbagai variasi temperatur beserta karakterisasinya dan tahapan aplikasi penyerapan ion kromat dalam air limbah pada berbagai variasi konsentrasi bioadsorben dan waktu pengontakan.



Gambar 1. Skematik tahapan sintesis bioadsorben magnetik

Pada tahapan sintesis bioadsorben magnetik, prekursor ferro klorida tetra hidrat dan ferri klorida heksahidrat dengan perbandingan rasio 1:2, dimasukkan ke dalam beaker gelas, diaduk dan dipanaskan sampai temperatur yang divariasikan. Temperatur divariasikan pada 50, 60, 70, 80, dan 90 °C. Setelah temperatur tercapai, arang aktif dimasukkan ke dalam larutan dan ditetaskan natrium hidroksida secara perlahan sampai terbentuk endapan hitam. Endapan yang diperoleh dicuci dengan air sampai netral dan dipisahkan dengan menggunakan magnet batang. Partikel bioadsorben yang diperoleh dilakukan karakterisasi struktur kristal dengan XRD dan stabilitas termal dengan termogravimetri analisis (TGA). Skematik tahapan sintesis bioadsorben magnetik diperlihatkan pada Gambar 1 di atas.

Hasil terbaik yang diperoleh pada tahapan sintesis digunakan sebagai sampel untuk pengujian penyerapan ion kromat dalam air limbah artifisial. Skematik tahapan aplikasi bioadsorben ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skematik tahapan aplikasi bioadsorben magnetik

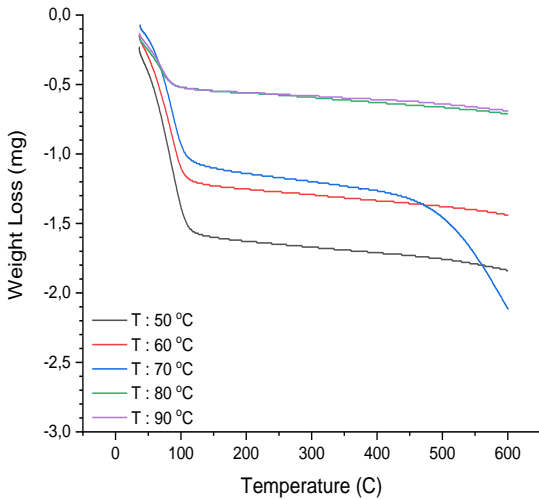
Pengujian dilakukan pada berbagai variasi konsentrasi bioadsorben dan waktu pengontakan. Konsentrasi biosdsorben divariasikan pada 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 mg/L dan waktu kontak pada 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Hasil pengujian dinyatakan dalam persentase penyisihan ion kromat dan laju kinetika adsorpsi. agian ini menjelaskan secara rinci tentang penelitian yang dilakukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan, yaitu sintesis bioadsorben magnetik komposit dan aplikasi bioadsorben magnetik sebagai bahan penyerap ion kromat dalam air limbah. Hasil dan pembahasan dari kajian ini dijelaskan dalam uraian berikut ini.

A. Sintesis Bioadsorben Magnetik

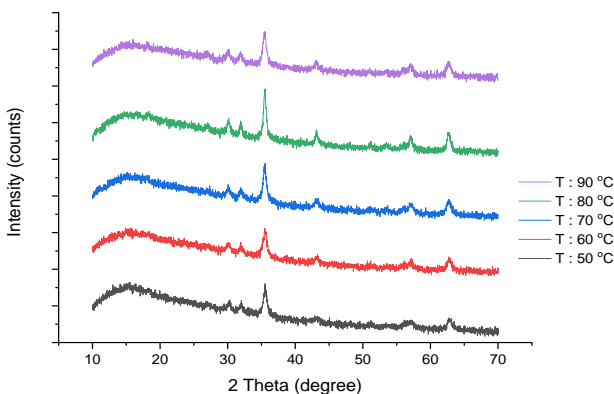
Sintesis bioadsorben magnetik dilakukan dengan metoda kopresipitasi pada berbagai temperatur. Bioadsorben magnetik hasil sintesis dikarakterisasi dengan berbagai metoda antara lain *ThermoGravimetri Analysis* (TGA) untuk mengetahui kestabilan partikel terhadap panas yang dinyatakan oleh kehilangan berat partikel pada range temperatur tertentu. Kurva TGA bioadsorben magnetik pada berbagai temperatur reaksi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik TGA pada berbagai temperatur sintesis bioadsorben magnetik

Dari gambar 3. terlihat bahwa kurva stabilitas termal partikel bioadsorben menunjukkan pola kehilangan berat yang sama dengan dua tahapan kehilangan berat. Tahapan awal kehilangan berat terjadi pada temperatur ambient sampai temperatur 120 °C dan tahapan akhir terjadi pada temperatur 130 °C sampai 450 °C. Kehilangan berat pada tahap awal berhubungan dengan penguapan air yang terserap dan air kristal pada partikel bioadsorben magnetik, sedangkan pada tahap akhir berhubungan dengan penguapan air terikat yang masih terdapat dalam sampel dan mengalami penguapan pada temperatur titik air yaitu 374 °C [16]. Stabilitas temperatur partikel menurun dengan peningkatan temperatur reaksi, hal ini menunjukkan bahwa pada temperatur reaksi yang lebih tinggi, partikel bioadsorben magnetik stabil lebih cepat dibandingkan dengan temperatur rendah.

Analisa Difraksi sinar X atau *X-ray diffraction* (XRD) adalah suatu metode analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Analisa XRD bahan bioadsorben magnetik pada variasi temperatur sintesis ditunjukkan pada Gambar 4.

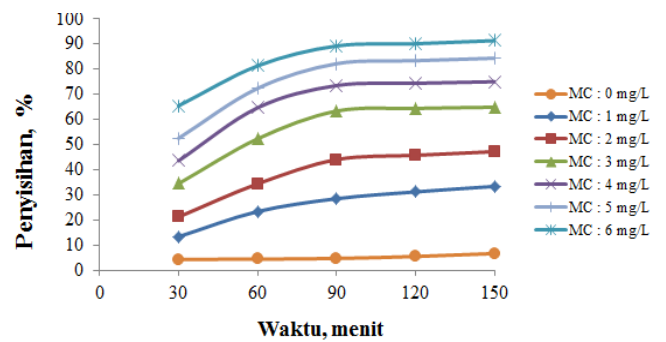


Gambar 4. XRD patern bioadsorben magnetik pada berbagai temperatur sintesis

Dari Gambar 4 terlihat bahwa kurva difraksi pada variasi temperatur reaksi menunjukkan pola yang sama dengan sedikit perbedaan pada ketinggian puncaknya, hal ini menunjukkan bahwa partikel yang terbentuk mempunyai komposisi yang sama. Hasil analisis struktur bioadsorben magnetik menunjukkan terbentuknya fasa magnetit dengan struktur kristal yang amorf atau nonkristalin yang ditunjukkan oleh puncak-puncak difraktogram yang tumpul dan intensitasnya rendah.

B. Persentase Penyisihan Ion Kromat

Persentase penyisihan ion kromat dalam air limbah artificial dengan menggunakan bioadsorben magnetik komposit ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Persentase penyisihan ion kromat

Dari gambar 5 terlihat bahwa peningkatan konsentrasi bioadsorben magnetik dan waktu akan meningkatkan efisiensi penyisihan ion kromat dari air limbah. Hal ini diakibatkan oleh semakin meningkatnya konsentrasi bioadsorben magnetik membuat jumlah partikel semakin banyak sehingga ion-ion kromat akan semakin banyak yang terserap di permukaan bioadsorben magnetik. Sementara itu semakin lama waktu menyebabkan konsentrasi ion kromat yang terserap ke permukaan adsorben semakin tinggi, sampai suatu saat permukaan adsorben akan penuh sehingga bioadsorben akan jenuh, sehingga proses penyerapan menjadi setimbang yang menyebabkan kurva menjadi landai. Persentase penyisihan tertinggi yang dihasilkan adalah 91,34% yang diperoleh pada konsentrasi bioadsorben magnetik 6 mg/L dan waktu kontak 150 menit.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Bioadsorben magnetik telah berhasil di sintesis melalui metode kopresipitasi. Temperatur reaksi berpengaruh terhadap sifat bioadsorben magnetik yang dihasilkan. Bioadsorben magnetik yang dihasilkan menunjukkan stabilitas termal yang baik, dengan stabilitas termal terbaik diperoleh pada temperatur reaksi 90 °C. Partikel bioadsorben yang dihasilkan menunjukkan sifat amorf pada semua variasi temperatur dengan fasa kristal magnetit.

Efisiensi penyisihan ion kromat dalam air limbah meningkat dengan peningkatan konsentrasi bioadsorben

magnetik dan waktu kontak. Efisiensi tertinggi diperoleh sebesar 91,34% pada waktu kontak 150 menit dan konsentrasi bioadsorben magnetik 6 mg/L.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Lhokseumawe melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat yang telah membiayai penelitian ini melalui dana DIPA PNL tahun 2020 dengan nomor B/582/PL20.7.1 /PT.01.03/2020.

REFERENSI

- [1] M. Zaki, "Penyisihan Ion Logam Merkuri (Hg²⁺) menggunakan Adsorben Berbahan Baku Limbah Pertanian dan Gulma Tanaman". *Jurnal Teknik Kimia USU*. Vol. 6 (1): p. 7-11, 2017.
- [2] L. Harimu, L. Rudi, A. Haetami, and G. A. P. Santoso, "Studi Variasi Konsentrasi NaOH dan H₂SO₄ Untuk Memurnikan Silika Dari Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Ion Logam Pb²⁺ dan Cu²⁺". *Indonesian Journal of Chemical Research*. Vol. 6 (2): p. 81-87, 2019.
- [3] I. S. Hardiyanti, I. Nurani, E. Apriliani, and E. A. P. Wibowo, "Pemanfaatan Silika (SiO₂) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik". *JST (Jurnal Sains Terapan)*. Vol. 3 (2), 2017.
- [4] K. Song, H. Xu, L. Xu, K. Xie, and Y. Yang, "Cellulose nanocrystal-reinforced keratin bioadsorbent for effective removal of dyes from aqueous solution". *Bioresource technology*. Vol. 232: p. 254-262, 2017.
- [5] A. Guleria, G. Kumari, and E. C. Lima, "Cellulose-g-poly-(acrylamide-co-acrylic acid) polymeric bioadsorbent for the removal of toxic inorganic pollutants from wastewaters". *Carbohydrate polymers*. Vol. 228: p. 115396, 2020.
- [6] S. Daneshfouzoun, M. Abdullah, and B. Abdullah, "Preparation and characterization of magnetic biosorbent based on oil palm empty fruit bunch fibers, cellulose and Ceiba pentandra for heavy metal ions removal". *Industrial Crops and Products*. Vol. 105: p. 93-103, 2017.
- [7] D. S. Winatapura and S. Yusuf, "Sintesis Komposit Fe₃O₄-sio₂-tio₂ dan Aplikasinya untuk Mendegradasi Limbah Zat Warna Methylene Blue". *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 15 (3): p. 147-152, 2018.
- [8] A. Fisli, A. Ariyani, S. Wardiyati, and S. Yusuf, "Adsorben Magnetik Nano Komposit Fe₃O₄-Karbon Aktif Untuk Menyerap Thorium". *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 13 (3): p. 192-197, 2018.
- [9] O. Duman, S. Tunç, T. G. Polat, and B. K. Bozoğlan, "Synthesis of magnetic oxidized multiwalled carbon nanotube-κ-carrageenan-Fe₃O₄ nanocomposite adsorbent and its application in cationic Methylene Blue dye adsorption". *Carbohydrate polymers*. Vol. 147: p. 79-88, 2016.
- [10] S. T. Danaloğlu, Ş. S. Bayazit, Ö. K. Kuyumcu, and M. A. Salam, "Efficient removal of antibiotics by a novel magnetic adsorbent: Magnetic activated carbon/chitosan (MACC) nanocomposite". *J Mol Liq*. Vol. 240: p. 589-596, 2017.
- [11] K. G. Akpomie and J. Conradie, "Efficient synthesis of magnetic nanoparticle-Musa acuminata peel composite for the adsorption of anionic dye". *Arabian Journal of Chemistry*. Vol. 13 (9): p. 7115-7131, 2020.
- [12] M. Sharma, M. Joshi, S. Nigam, D. K. Avasthi, R. Adlung, S. K. Srivastava, and Y. K. Mishra, "Efficient oil removal from wastewater based on polymer coated superhydrophobic tetrapodal magnetic nanocomposite adsorbent". *Applied Materials Today*. Vol. 17: p. 130-141, 2019.
- [13] F. Homayoon, H. Faghihian, and F. Torki, "Application of a novel magnetic carbon nanotube adsorbent for removal of mercury from aqueous solutions". *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 24 (12): p. 11764-11778, 2017.
- [14] V. Nejadshafiee and M. R. Islami, "Adsorption capacity of heavy metal ions using sultone-modified magnetic activated carbon as a bio-adsorbent". *Materials Science and Engineering: C*. Vol. 101: p. 42-52, 2019.
- [15] W. Gan, L. Gao, X. Zhan, and J. Li, "Preparation of thiol-functionalized magnetic sawdust composites as an adsorbent to remove heavy metal ions". *Rsc Adv*. Vol. 6 (44): p. 37600-37609, 2016.
- [16] I. Nurdin, M. R. Johan, I. I. Yaacob, and B. C. Ang, "Effect of nitric acid concentrations on synthesis and stability of maghemite nanoparticles suspension". *The Scientific World Journal*. Vol. 2014, 2014.