

## **REVIEW LITERATUR: SINTESIS PASIR BESI MENJADI NANOPARTIKEL MAGNETIT MELALUI PENERAPAN METODE KOPRESIPITASI**

**Sri Nengsih**

Prodi Teknik Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

\*E-mail: sringensih@ar-raniry.ac.id

**Abstract :** *The process of synthesizing magnetite ( $Fe_3O_4$ ) nanoparticles from iron sand through the coprecipitation method has been investigated for various variations of the process. The purpose of this study is to find a suitable step to produce magnetite nanoparticle sizes below 100 nm. A qualitative approach was chosen in this study to obtain more detailed information. The data sources used are national and international journals. The findings obtained from this study are the need for initial treatment of the natural iron sand base material before the synthesis process is carried out to obtain the purity of iron sand. In the synthesis stage of magnetite nanoparticles, it is necessary to control the amount of mixed material composition, control the synthesis process and the surrounding environment. Through this control, it is hoped that the size of the magnetite nanoparticles will be homogeneous and the distribution of the particles will be greater and avoid particle agglomeration.*

**Keywords:** *Coprecipitation method, magnetite nanoparticles, iron sand*

**Abstrak :** Proses sintesis nanopartikel magnetit ( $Fe_3O_4$ ) dari pasir besi melalui metode kopresipitasi telah diteliti untuk berbagai proses variasinya. Adapun tujuan kajian ini agar menemukan tahapan proses sintesis yang sesuai untuk menghasilkan ukuran nanopartikel magnetit di bawah 100 nm. Pendekatan kualitatif dipilih dalam kajian ini untuk mendapatkan informasi selengkapnyanya. Sumber data yang digunakan adalah dari jurnal berskala nasional maupun jurnal internasional. Temuan yang didapatkan dari kajian ini adalah perlunya perlakuan awal pada bahan dasar pasir besi alami sebelum dilakukan proses sintesis untuk mendapatkan kemurnian pasir besi. Pada tahapan sintesis nanopartikel magnetit diperlukan kontrol pada jumlah komposisi bahan yang dicampurkan, kontrol proses sintesis dan lingkungan sekitarnya. Melalui kontrol tersebut diharapkan dapat ukuran nanopartikel magnetit yang homogen dan distribusi partikelnya lebih banyak serta terhindar dari aglomerasi partikel.

**Kata Kunci:** *Metode kopresipitasi, nanopartikel magnetit, pasir besi.*

## PENDAHULUAN

### Pasir Besi

Jumlah pasir besi di Indonesia sangat banyak sekali. Hampir seluruh daerah yang ada di Indonesia memiliki potensi keberadaan pasir besi. Hal ini tidak terlepas dari aktivitas gunung api yang aktif yang selalu mengeluarkan material mineral yang dikandungnya. Penyebaran pasir besi di Indonesia terdapat di pulau Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Identifikasi senyawa logam dalam pasir besi di provinsi Aceh pada daerah Lampanah Kabupaten Aceh Besar dan Mon Keulayu Kabupaten Bireuen telah dikaji dan diketahui bahwa dominan mengandung senyawa yang sama yaitu hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Silika ( $\text{SiO}_2$ ) Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan rutil ( $\text{TiO}_2$ ) (Akhyar dkk, 2012). Berdasarkan data ESDM untuk Kabupaten Aceh Besar, diketahui bahwa potensi pasir besi berdasarkan survey geofisika magnetik dan pengambilan sampel pasir di pesisir pantai mempunyai cadangan yang cukup besar.

Beberapa penyebab rendahnya penggunaan pasir besi di dalam industri seperti masih tingginya unsur pengotor pada pasir besi dan ukuran butir pasir besi yang tidak homogen. Hal ini membuat efisiensi pasir besi dalam industri menjadi rendah (Septiyan, 2010). Namun perlu diketahui bahwa di dalam pasir besi memiliki mineral yang bernilai tambah tinggi seperti magnetit, ilmetit, rutil, hematit dan sebagainya. Dalam banyak kajian menunjukkan bahwa kandungan mineral yang tinggi dalam pasir besi adalah magnetit (Jalil dkk. 2014). Magnetit dikenal memiliki sifat magnetis yang paling dikuat diantara oksida besi lainnya.

Pasir besi yang berukuran nano memiliki sifat feromagnetik mempunyai peluang aplikasi yang luas sekali. Pengaplikasian pasir besi yang berukuran partikel nano merupakan alternatif yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri di bidang elektronik yang dalam perkembangan dan

kebutuhan semakin meningkat (Nengsih, 2018). Pasir besi yang berukuran nano memiliki potensi dalam aplikasi pada penyimpanan informasi dengan densitas yang tinggi, pembentukkan gambar dengan resonansi magnetik, sistem pengiriman untuk obat-obatan, *absorbent* maupun dalam diagnosis medis (Bakar dkk. 2007). Selain itu juga diaplikasikan dalam mengkovert *target drug* yang bersifat magnetik (Priya, 2014).

### Nanopartikel magnetit

Magnetit salah satu material yang memiliki peluang besar dalam industri, hal ini dikarenakan magnetit memiliki sifat fisis, biologi dan kimiawi yang menarik saat ukuran materialnya menjadi skala nanometer. Berikut beberapa parameter yang mempengaruhi sifat dari magnetit tersebut seperti bentuk, ukuran, luas permukaan, kristalinitas, komposisi dan morfologi (Bahadur dkk. 2017). Kontrol terhadap parameter tersebut menjadikan nanopartikel magnetit dapat lebih fleksibel digunakan dalam mengingat logam berat sehingga memudahkan pemisahan adsorben dari larutan (Susilowati dkk. 2017) dan juga sebagai katalis heterogen karena memiliki luas permukaan yang besar (Puspasari dkk. 2012).

Karakteristik yang dimiliki oleh nanopartikel berkaitan dengan tingginya energi permukaan yang dimiliki, sifat racunnya rendah, biokompatibel yang baik dengan lingkungan, memiliki kemampuan superparamagnetik, mempunyai daya serap yang tinggi dan mampu mentransfer elektron (Amoozadeh dkk. 2015 ; Saragi dkk. 2018 ; Mishra dkk. 2016).

Melalui perubahan ukuran pasir besi menjadi berskala nanometer telah menyebabkan perubahan sifat kimia dan fisika jika dibandingkan dengan ukuran besarnya. Sifat ini dipengaruhi oleh pengontrolan pada ukuran partikel, pengaturan komposisi bahan kimia, adanya modifikasi permukaan serta kontrol interaksi antar partikel. Sifat magnetik dari nanopartikel sangat dipengaruhi oleh efek ukuran dan efek permukaannya. Efek ukuran dihasilkan

dari elektron yang terperangkapnya secara kuantum sedangkan efek permukaan dihubungkan kepada perubahan simetri dari struktur kristal pada bidang batas setiap partikel (Saragi dkk. 2018).

Nanopartikel magnetik menunjukkan perbedaan sifat magnetik dari material besarnya walaupun dengan komposisi kimia yang sama, namun bergantung pada ukuran partikel dan temperatur. Penurunan ukuran partikel di bawah dimensi kritis menyebabkan transisi dari struktur magnetik multidomain ke domain tunggal disertai dengan perubahan drastis dalam sifat magnetik (Nkurikiyimfura dkk. 2020). Nanopartikel magnetit merupakan material yang paling banyak dikaji dikarenakan respon medan magnetik melalui sifat superparamagnetik pada suhu ruang dengan magnetisasi saturasi yang tinggi. Nanopartikel magnetit memiliki sifat racun yang rendah, metode persiapan yang sederhana, mudah untuk dipisahkan, dan dapat menyerap cahaya dalam spektrum matahari dan dapat didaur ulang (Shen dkk. 2014).

Pembuatan partikel nano yang sudah dikembangkan dalam serbuk  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  berukuran nanometer telah dilakukan dengan metode kopresipitasi (Mascolo et al., 2013 ; Cheng dkk. 2012; M. Awwad & M. Salem, 2013; Nkurikiyimfura dkk. 2020; Sunaryono dkk. 2015); metode *spray pyrolysis*, metode *forced hydrolysis*, metode reaksi oksidasi reduksi besi hidroksida, *irradiasi microwave* besi hidroksida, pembakaran besi (III) nitrat, teknik mikro emulsi serta teknik preparasi hidrotermal (M. Awwad & M. Salem, 2013). Selain metode kopresipitasi, semua metode ini tidak bisa digunakan untuk skala besar karena hasil sintesis yang rendah, terbentuk penggumpalan dan distribusi ukuran yang tidak seragam.

Nanopartikel magnetik telah disintesis dalam fase dan komposisi yang berbeda seperti, logam murni (Fe, Co, Ni), Alloy/campuran logam ( $\text{FePt}$ ,  $\text{FePt}_3$ ,  $\text{CoPt}_3$ ) dan logam oksida ( $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Zn}_{0.35}\text{Ni}_{0.65}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) (S Shylesh dkk. 2010 ; AH Lu

dkk. 2007). Meskipun logam murni memberikan saturasi magnetisasinya paling tinggi, mereka kurang diminati dikarenakan tingginya sifat racun dan sangat mudah teroksidasi (Sharifi dkk. 2012). Hal ini berlawanan dengan besi oksida yang tidak mudah teroksidasi dan mampu memberikan respon magnetik yang stabil.

Senyawa magnetit memiliki kemampuan aktivitas redok permukaan yang tinggi dan kemampuan transpor elektron yang kuat. Namun magnetit tidak stabil dan medium asam dan mengalami hidrolisis dalam larutan asam. Melalui pelapisan magnetit dengan senyawa padat yang stabil seperti  $\text{TiO}_2$  dapat meningkatkan aplikasi magnetit dalam larutan asam.

### Metode Kopresipitasi

Berbagai metode sintesis dalam menghasilkan nanopartikel magnetit telah dilaporkan dan dinyatakan telah berhasil baik dalam menghasilkan keseragaman bentuk partikelnya, distribusi partikel yang banyak dan seragam serta rentang ukuran yang rata-rata berskala 50 nm. Namun walaupun demikian, usaha mereka dalam mendapatkan pasir besi berskala nanometer ini juga melalui langkah percobaan yang rumit, waktu perlakuan yang lama, biaya mahal dari bahan pereaksi yang digunakan serta peralatan yang canggih. Hal ini mendorong para peneliti untuk menemukan suatu metode sintesis yang lebih sederhana dan simpel yakni metode *Kopresipitasi* yakni metode sintesis yang paling umum digunakan untuk menghasilkan nanopartikel magnetik. Metode *Kopresipitasi* untuk mensintesis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  atau  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  adalah melalui larutan garam encer dari ferrous ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan Ferrik ( $\text{Fe}^{3+}$ ) dan ditambah alkali seperti NaOH dan  $\text{NH}_4\text{OH}$  (AK Gupta dkk. 2005). Metode Kopresipitasi melibatkan larutan perintis dari besi yaitu  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  dengan rasio molar 1:2. Ukuran, bentuk dan komposisi dari nanopartikel besi oksida bergantung pada jenis garam yang digunakan (klorida, sulfat, nitrat), perbandingan rasio molar  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ , suhu

reaksi, jenis agen penstabil, nilai pH, kekuatan ionic dari media reaksi dan parameter reaksi lainnya (AK Gupta dkk. 2005, XM Li dkk. 2011).

Berbagai kajian nanopartikel magnetit melalui metode *kopresipitasi* telah disampaikan (Sunaryono dkk. 2015; Darminto dkk. 2011; S. Liang, 2005 ; J. Sun dkk. 2007; Nengsih, 2019). Baik yang menggunakan bahan tambahan sebagai dopping maupun modifikasi dalam langkah perlakuan dalam metode *Kopresipitasi* (Nurdin dkk. 2015)

Magnetit telah lama diketahui rentan terhadap oksidasi di bawah atmosfer ambien, menyebabkan magnetit non-stoikiometrik teroksidasi sebagian menjadi maghemit atau campuran keduanya (Klencsár dkk. 2019). Dalam kasus cairan magnetik, untuk mencegah aglomerasi, pelapisan permukaan partikel sangat penting untuk memiliki dispersi koloid yang stabil dalam rentang pH yang luas. Selain itu, lapisan adsorpsi juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap oksidasi magnetit menjadi maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) (Mascolo dkk. 2013).

Sintesis nanopartikel magnetit monodispersi dengan sifat fisika dan kimia yang seragam melalui metode kopresipitasi masih menjadi tantangan karena terjadinya proses nukleasi, pertumbuhan, dan aglomerasi secara simultan terkait dengan metode sintesis ini. Sedangkan nanopartikel magnetit dengan morfologi seragam umumnya dapat disintesis menggunakan surfaktan, metode sonokimia, dan presipitasi reaktif gravitasi tinggi, keseragaman dalam ukuran partikel dapat dicapai melalui kontrol yang tepat dari parameter eksperimental, seperti nilai pH, konsentrasi reaktan dan ion, suhu dan laju pengadukan (Nkurikiyimpura dkk. 2020).

Beberapa metode kopresipitasi dilakukan dengan adanya polimer, termasuk polivinil alkohol (PVA) dan dekstran untuk mencegah aglomerasi dan oksidasi nanopartikel. Metode kopresipitasi ini relatif kompleks dan memerlukan kontrol ketat terhadap kondisi presipitasi (Mascolo dkk. 2013). Modifikasi dari metode kopresipitasi telah dilakukan

menambahkan campuran organik dan kerosin sebagai agen penstabil dalam mengontrol proses nukleasi. Bahkan ada yang menambahkan ekstrak daun belimbing dalam sintesis nanopartikel magnetit sebagai surfaktan alami untuk modifikasi insitu dari struktur dan sifat optik dari magnetit.

Nanopartikel magnetit juga disintesis secara ramah lingkungan dengan menambahkan asam sitrit dalam metode kopresipitasi yang dimodifikasi. Agen presipitasi menggunakan *hydrazine* ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) dan natrium hidroksida (NaOH) dan jus lemon sebagai sumber asam sitrit berperan menjadi agen penstabil untuk cairan ferrik (Bahadur dkk. 2017). Ada juga sintesis nanopartikel magnetit melalui metode kimia kopresipitasi dengan agen presipitasinya berupa amonium hidroksida. Ukuran nanopartikel magnetit diatur melalui perubahan suhu reaksi dan modifikasi permukaan. Sebagai agen pelindung permukaan (*capping agent*) digunakan *hexanoic acid* dan *oleic acid*. Asam lemak ditemukan secara alami pada lemak hewan mengandung grup karboksilik yang dapat digunakan untuk agen pelindung pada magnetit. *Oleic acid* telah dilaporkan sebagai surfaktan yang bagus untuk sifat tahan airnya (Petcharoen & Sirivat, 2012). Perubahan bentuk nanopartikel magnetit juga telah dikaji dimana struktur nano dan ukuran partikel yang berbeda dari nanospora  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , nanokubik dan nano jarum berhasil disintesis dengan mengontrol jumlah SDS (*Sodium Dodecyl Sulfate*) dan pengontrolan terhadap waktu penyinaran dengan cahaya tampak (Shen dkk. 2014).

Melalui kajian ini, peneliti ingin menemukan formulasi yang tepat dalam sintesis nanopartikel magnetik melalui metode *Kopresipitasi* sehingga kajian optimalisasi terhadap metode ini dapat memberikan hasil yang diharapkan. Kajian dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif tentang data nanopartikel pasir besi yang disintesis menggunakan metode *Kopresipitasi* baik yang menggunakan bahan tambahan maupun yang memodifikasi langkah perlakuan dalam mendapatkan pasir besi

berukuran nanometer. Literatur Jurnal dalam skala nasional maupun internasional dijadikan sebagai data sekunder penelitian ini dan juga rujukkan dalam menggumpulkan data yang dibutuhkan. Melalui teknik deskriptif kualitatif, telah dipilih untuk menganalisis hasil penelitian dalam mengetahui informasi sepenuhnya tentang nanopartikel pasir besi sehingga dapat diperoleh langkah ataupun perlakuan yang optimal.

Studi tentang penerapan metode kopresipitasi dalam menghasilkan

nanopartikel magnetit yang bersumber dari beberapa jurnal telah digabungkan kedalam sebuah Tabel. Adanya modifikasi perlakuan dan penambahan bahan dalam reaksi pada proses sintesis nanopartikel magnetit memberikan hasil ukuran dalam skala nanometer, wujudnya struktur kristal magnetit dan memiliki kemampuan magnetisasi. Berikut Tabel 1 menghimpun beberapa penelitian yang menggunakan metode *Kopresipitasi* dalam menghasilkan nanopartikel magnetit.

**Tabel 1.** Proses sintesis nanopartikel magnetit dengan metode kopresipitasi

Peneliti	Bahan	Proses sintesis	Variasi perlakuan	Karakteristik dan Hasil
Rahmawati dkk. 2017	Pasir Besi Pantai Selatan Indonesia, 12 mol/L HCl (99% Sigma Aldrich), 3,5 mol/L NaOH (99% Sigma Aldrich), Air distilasi	Pasir besi diekstrak dengan magnet. Hasil ekstrasi dilarutkan dalam HCl menggunakan magnetik stirrer dgn kecepatan 900 rpm suhu 80 C selama 30 Menit. Larutan tersebut disaring. Kemudian di teteskan NaOH secara perlahan samapi terbentuk endapan hitam. Saat terbentuk endapan diberi sinaran gelombang ultrasonic dengan frekuensi 300 KHz sambil diaduk dengan kecepatan 500 rpm suhu 80 C selama 2 jam. Hasil sedimen tersebut dicuci berulang kali dengan air distilasi dan etanol sampai pH netral. Terakhir endapan tersebut dikeringkan.	Variasi kecepatan pengadukan yakni dari 500 rpm, 600 rpm, 700 rpm, 800 rpm dan 900 rpm. Variasi frekuensi penyinaran yakni 300 KHz, 400 KHz dan 600 KHz.	XRD : diperoleh struktur Kristal magnetit dengan bentuk spinel invers dengan grup ruang Fd-3m diperoleh indeks millernya [220], [311], [400], [511] dan [440]  TEM : morfologi partikel yang terbentuk adalah sferikal dengan adanya partikel tunggal dan partikel gabungan.  VSM : diberikan pada medan magnet -1 s/d 1 T diperoleh Magnetisasi Saturasi (Ms) = 25 emu/gram, Magnetisasi Ramanen = 6,0562 emu/gram dan Medan Koersivitas (Hc) = 0.0108
N Mufti dkk 2014	Pasir besi dari pantai Dlado Tulungagung Jawa timur, HCl, Amoniak (NH <sub>4</sub> OH),	Pasir besi diayak menggunakan ukuran 100 Mesh lalu diekstrak dengan batang magnet. Hasil	Variasi proses pengeringan endapan: dengan sinar matahari dan dengan hotplate	XRD: Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> yang dikeringkan dengan cahaya matahari (hitam pekat) menunjukkan bentuk yang sesuai dengan indek magnetit.

Aquades	<p>ekstrak dilarutkan dalam HCl dan diendapkan dengan Amoniak. Endapan <math>Fe_3O_4</math> dicuci berulang kali dengan aquades lalu dikeringkan yakni dengan cahaya matahari dan dengan hotplate 100 C. Pigmen warna yang dihasilkan hitam.</p>	<p>100 C Variasi proses sintesis untuk menghasilkan beberapa pigmen pada nanopartikel yakni pigmen hitam (Magnetit), pigmen merah (Hematite) dan pigmen kuning (geotite)</p>	<p>Sedangakn melalui Hotplate 100 C diperoleh bentuk pola sesuai indek magnetit ditambah kemunculan hematit (coklat tua) Dari persamaan Scherrer diperkirakan ukuran partikel untuk disinari matahari 11,7 nm dan dipanasi diatas hotplate berukuran 14,6 nm. SEM: seluruh pigmen yang telah ada memberikan bentuk morpologi yang sama yakni bentuk gumpalan Pada Pigmen merah diperoleh ukuran partikel meningkat dengan pertambahn suhu (pada suhu 400 C berukuran 32,4 nm dan pada suhu 700 berukuran 39,5 nm) sedangkan pada pigmen kuning melalui peningkatan pH reaksi diperoleh ukuran partikel bertambah besar (pH 7 ukuran 48,6 nm)</p>	
<p>Pigmen Merah pada Nanopartikel dihasilkan melalui nanopartikel <math>Fe_3O_4</math> disinter dalam wadah alumina pada suhu 400 C – 700 C selama 1 jam di udara.</p>	<p>Pigmen Kuning pada Nanopartikel dihasilkan dengan sintesis dengan menyuci residu larutan <math>Fe_3O_4</math> dengan aquades sampai berwarna kuning lalu ditambahkan larutan <math>NaHCO_3</math> untuk mengatur pH larutan dari 4 – 7</p>			
Nuridin dkk. 2015	<p>Pasir besi, 40 ml HCl 37 %, 30 ml <math>NH_4OH</math> 25 %, Kertas saring, PEG 6000, air distilasi</p>	<p>Pasir besi dipisahkan dengan magnet lalu diayak dengan ukuran 200 Mesh. Hasil ayakan pasir besi diambil 20 gram dicampurkan dengan HCl lalu diaduk pada suhu 70 C selama 30 menit lalu disaring dengan kertas saring. PEG 6000 dipanaskan sampai suhu 50 C selama 15 menit lalu</p>	<p>Variasi volume larutan PEG 6000 : volume Larutan <math>Fe_3O_4</math> yakni 1:3, 1:4 dan 1:5</p>	<p>XRD: dari variasi volume PEG 6000: larutan <math>Fe_3O_4</math> diperoleh bentuk puncak difraksi yang semakin melebar dengan peningkatan volume variasi yang dibuat sehingga melalui persamaan Scherrer dihasilkan ukuran partikelnya dibawah 33 nm. VSM: analisis sifat magnetiknya dengan medan magnet -1 s/d 1 T untuk variasi ini diperoleh</p>

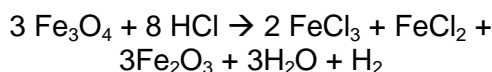
		dicampurkan dengan larutan saringan tadi dengan volume variasinya 1: 3, 1: 4, 1: 5. Setelah larutan diberi PEG 6000 dilanjutkan dengan diaduk pada suhu 70 C selama 40 menit, Tambahkan Amoniak dalam larutan tersebut saat masih diaduk dan dipanaskan pada suhu 70 C selama 40 menit. Hasil endapan dicuci berulang kali dengan air distilasi, lalu disaring dan dikeringkan di oven pada suhu 70 C selama 2 jam		bahwa $M_s$ = dari 27,9 – 51,7 emu/gram, $M_r$ = 10,3 – 18,1 emu/gram dan $H_c$ = 0,009 – 0,14 T  FTIR: analisis ini menunjukkan adanya pergeseran puncak transmisi yang mengidentifikasi peningkatan jumlah PEG
A Taufiq dkk. 2008	Pasir Besi dari Lumajang Jawa Timur 12,063 mol/L HCl PA 99% 6,5 mol/L $NH_4OH$ PA 99,9 % Aquades	Pasir besi diekstrak dengan magnet permanen dan dilarutkan dalam HCl sambil diaduk pada suhu 70 C selama 20 menit. Larutan di saring dengan kertas saring dan hasil saringan dicampurkan $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ dan diendapkan dengan ammonia. Hasil endapan di saring dan di cuci dengan aquades sampai bersih. Lanjut dikeringkan dengan oven pada suhu 100 C selama 1 jam.	Variasi pada nanopartikel $Fe_3-xMnxOx$ dengan rentang nilai $x$ yakni $0 \leq x \leq 3$ dengan selisih nilai 0,5	XRD: dari hasil uji untuk nanopartikel $Fe_3-xMnxOx$ didapatkan fasa tunggal dengan ukuran partikel berkisar 11 – 78 nm. Transisi struktur nanopartikel terjadi dari spinel kubik ke tetragonal pada $x = 1,5$ sedangkan $Fe_3-xMnxOx$ dalam bentuk bulk dan film terjadi pada $x = 2$ .  VSM: Magnetisasi saturasi mengikuti pola teoritis. Medan $H_c$ menunjukkan fungsi dari komposisi $x$ dan fungsi dari ukuran Kristal.  TEM: semua sampel memiliki ukuran partikel dibawah 100 nm dengan distribusi ukuran partikel serupa dengan ukuran Kristal hasil XRD.

Berdasarkan informasi Tabel 1, diketahui bahwa Rahmawati dkk. (2017), N. Mufti dkk (2014) dan A. Taufiq dkk. (2008) tidak melakukan proses pengayakan terlebih dahulu namun langsung melakukan proses sintesis pasir besi dari hasil

ekstraksi magnet batang. Sedangkan Nurdin dkk melakukan ayak setelah diekstrak dari alam. Selain itu Rahmawati dkk (2017) mencampurkan asam dan basa kuat nya dalam sintesis, sedangkan N. Mufti dkk. (2014), A. Taufiq dkk. (2008)

dan Nurdin dkk. (2015) menggunakan asam kuat dan alkali. Perlakuan yang berbeda dalam proses sintesis memberikan variasi bentuk, ukuran dan terkadang adanya aglomerasi yang dihasilkan dari proses sintesis.

Berdasarkan kajian Simamora & Krisna (2017), bahwa pasir besi yang dicampurkan dengan asam kuat seperti HCl memiliki persamaan reaksi sebagai berikut:



Hasil reaksi ini menunjukkan telah terbentuknya ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan ion  $\text{Fe}^{3+}$ . Saat ion-ion ferrik ini terbentuk dengan jumlah rasio keduanya (1:2) dalam larutan menjadi penentu terbentuknya nano magnetit. Seperti yang ditunjukkan dalam persamaan di bawah ini ketika ion-ion ferrik ini bereaksi dengan satu alkali ini dinetralkan sampai mencapai pH normal melalui aquades dan etanol. Tahapan akhir dapat menambahkan ball

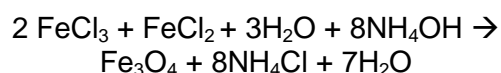
## KESIMPULAN

Review sintesis nanopartikel magnetit melalui metode *Kopresipitasi* telah selesai disarikan dari beberapa referensi. Dapat beberapa tahapan dalam mengoptimalkan metode ini yaitu melalui persiapan bahan dasar, kontrol dalam sintesis metode *Kopresipitasi* dan proses karakterisasi. Modifikasi perlakuan dan tambahan bahan doping dalam metode *Kopresipitasi* dapat dilakukan dan disesuaikan dengan kebutuhan lanjutan dalam berbagai

## DAFTAR RUJUKAN

A.-H. Lu, E.L. Salabas, & F. Schüth, (2007) . Magnetic nanoparticles: Synthesis, protection, functionalization, and application, *Angew. Chem. Int. Ed.* 46. 1222–1244.

$\text{NH}_4\text{OH}$  maka diperoleh persamaan reaksinya sebagai berikut



Oleh karena itu berdasarkan review yang sudah dilakukan di atas dapat dibuat suatu tahapan dalam sintesis nanopartikel magnetit melalui metode *kopresipitasi* sebagai berikut: Persiapan bahan dasar melalui adanya proses ekstraksi menggunakan magnet dan adanya pengayakan demi mendapatkan pasir besi yang bebas pengotor dan memperoleh ukuran pasir besi yang seragam. Tahapan berikutnya proses pereduksian pasir besi menggunakan asam kuat. Dalam hal ini menghasilkan ion-ion ferrik yang selanjutnya diendapkan melalui penambahan alkali. Kontrol dalam proses ini diperlukan agar mencegah terbentuknya aglomerasi. Hasil presipitasi

mill agar endapan magnetit lebih seragam dalam ukuran partikel berskala nanometer.

aplikasi. Kesederhanaan proses, suhu perlakuan yang rendah dan hanya menggunakan peralatan yang sederhana sehingga metode ini dapat diterapkan dalam menghasilkan nanopartikel magnetit. Diperlukan kontrol lingkungan dalam perlakuan untuk mencegah terjadinya aglomerasi ukuran partikel.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian ESDM Banda Aceh atas bantuan informasi tentang pasir besi.

A.Taufiq, Triwikantoro, Pratapa, S., & Darminto. (2008). Sintesis Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{-xMnxO}_x$  dan karakteristik struktur serta kemagnetannya. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. Vol. 1 No. 2 Hal



- 67
- A.K. Gupta, & M. Gupta. (2005). Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biomedical applications, *Biomaterials* 26 .3995–4021
- Akhyar I., Ilyas Yusuf & Azwar. (2012). Identifikasi senyawa Logam dalam Pasir Besi di Provinsi Aceh. *Majalah Ilmiah Bissotek Vo;* 7 No. 1 Hal. 44-51
- Amoozadeh, A., Golian, S., & Rahmani, S. (2015). TiO<sub>2</sub>-coated magnetite nanoparticle-supported sulfonic acid as a new, efficient, magnetically separable and reusable heterogeneous solid acid catalyst for multicomponent reactions. *RSC Advances*, 5(57), 45974–45982. <https://doi.org/10.1039/c5ra06515a>
- Bahadur, A., Saeed, A., Shoaib, M., Iqbal, S., Bashir, M. I., Waqas, M., Hussain, M. N., & Abbas, N. (2017). Eco-friendly synthesis of magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) nanoparticles with tunable size: Dielectric, magnetic, thermal and optical studies. *Materials Chemistry and Physics*, 198, 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2017.05.061>.
- Bakar, M.A., Tan, W.L., N.H.H. & Abu Bakar. (2007). *J. Magn. Mater.* 314, 1 .
- Cheng, Z., Tan, A. L. K., Tao, Y., Shan, D., Ting, K. E., & Yin, X. J. (2012). Synthesis and characterization of iron oxide nanoparticles and applications in the removal of heavy metals from industrial wastewater. *International Journal of Photoenergy*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/608298>.
- Darminto, M.N., Cholishoh, F.A. Perdana, M.A. Baqiya, Mashuri, Y. Cahyono, Triwikantoro. (2011). Preparing Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles from Fe<sup>2+</sup> ions source by co-precipitation process in various pH, *AIP Conf. Proc.* 1415.234–237
- J. Sun, S. Zhou, P. Hou, Y. Yang, J. Weng, X. Li, & M. Li. (2007). Synthesis and characterization of biocompatible Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles, *J. Biomed. Mater. Res. A* 80 : 333–341.
- Jalil, Z., Sari, E. N., AB, I., & Handoko, E. (2014). Studi Komposisi Fasa dan Sifat Kemagnetan Pasir Besi Pesisir Pantai Aceh yang Dipreparasi dengan Metode Mechanical Milling. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 04(1), 110–114.
- M. Awwad, A., & M. Salem, N. (2013). A Green and Facile Approach for Synthesis of Magnetite Nanoparticles. *Nanoscience and Nanotechnology*, 2(6), 208–213. <https://doi.org/10.5923/j.nn.20120206.09>
- Mascolo, M. C., Pei, Y., & Ring, T. A. (2013). Room Temperature Co-Precipitation Synthesis of Magnetite Nanoparticles in a Large pH Window with Different Bases. *Materials*, 6(12), 5549–5567. <https://doi.org/10.3390/ma6125549>
- Mishra, P. M., Naik, G. K., Nayak, A., & Parida, K. M. (2016). Facile synthesis of nano-structured magnetite in presence of natural surfactant for enhanced photocatalytic activity for water decomposition and Cr (VI) reduction. *Chemical Engineering Journal*, 299(Vi), 227–235. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.04>.

- 052.
- N Mufti, T Atma, A Fuad & E Sutadji. (2014). Syntesis and Characterization of black, red and yello nanopartikel pigment from the iron sand. AIP Conference Proceeding. Vol 1617 Hal 165 – 169
- Nengsih, S. (2018). Potensi Nanopartikel Magnetit Pasir Besi Lampanah Aceh Besar Melalui Studi Kajian Teknik Pengolahan ,. *Jurnal Circuit*, 2(1), 1–8.
- Nengsih, S. (2019). Karakteristik Nanopartikel Magnetite Besi Oksida Lampanah Aceh Besar Melalui Metode Kopresipitasi. *Elkawnie*, 5(1), 76.
- Nkurikiyimfura, I., Wang, Y., Safari, B., & Nshingabigwi, E. (2020). Temperature-dependent magnetic properties of magnetite nanoparticles synthesized via coprecipitation method. *Journal of Alloys and Compounds*, 846. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.156344>.
- Nurdin, B., Frida, E., Simamora, P., Sinaga, T. (2015). Analisis Difraksi Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Metode Kopresipitasi dengan polietilen Gliukol 6000. Seminar Nasional Fisika UNJ Vol. IV Hal 163-166
- Petcharoen, K., & Sirivat, A. (2012). Synthesis and characterization of magnetite nanoparticles via the chemical co-precipitation method. *Materials Science and Engineering B: Solid-State Materials for Advanced Technology*, 177(5), 421–427. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2012.01.003>.
- Priya J. H., R. John, A. Alex, K.R. Anoop. (2014). Smart polymers for the controlled delivery of drugs – a concise overview, *Acta Pharm. Sin. B*. 4. 120–127.
- Puspasari, A. D., Fajaroh, F., & Sutrisno. (2012). Sintesis Nanopartikel Magnetit Secara Kopresipitasi Dan Konversinya Menjadi Maghemit Serta Uji Katalitiknya Pada Oksidasi Metilen Biru. *Materials Science and Engineering*, 4(2012), 1–9.
- Rahmawati, R., Permana, M.G., Harison, B., Nugraha, , Suyatman, B.Y., & Kurniadi, D. (2017). Optimalization of frequency and stirring rate for synthesis of magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Nanoparticles by using coprecipitation-ultrasonic irradiation methods. *Procedia Engineering* Vol 170 Hal 55-5
- S. Liong. (2005). A multifunctional approach to development, fabrication, and characterization of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> composites, Georgia Institut of Technology.
- S. Shylesh, V. Schünemann, & W.R. Thiel. (2010). Magnetically separable nano- catalysts: Bridges between homogeneous and heterogeneous catalysis, *Angew. Chem. Int. Ed.* 49 3428–3459
- Saragi, T., Depi, B. L., Butarbutar, S., Permana, B., & Risdiana. (2018). The impact of synthesis temperature on magnetite nanoparticles size synthesized by co-precipitation method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012190>
- Septiyan, I. (2010). Pengaruh milling terhadap peningkatan kualitas pasir

- besi sebagai bahan baku industri logam. *Universitas Islam Negeri*, 10–13.
- Sharifi, I., Shokrollahi, H., & Amiri, S. (2012). Ferrite-based magnetic nanofluids used in hyperthermia applications, *J. Magn. Mater.* 324 (2012) 903–915.
- Shen, L., Qiao, Y., Guo, Y., Meng, S., Yang, G., Wu, M., & Zhao, J. (2014). Facile co-precipitation synthesis of shape-controlled magnetite nanoparticles. *Ceramics International*, 40(1 PART B), 1519–1524.  
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.07.037>.
- Simamora, P., & Krisna. (2017). Sintesis dan karakteristik sifat magnetik nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Montmorilonit berdasarkan variasi suhu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika UNJ Vol. IV Hal 75-80*.
- Sunaryono, Taufiq, A., Mashuri, Pratapa, S., Zainuri, M., Triwikantoro, & Darminto. (2015). Various magnetic properties of magnetite nanoparticles synthesized from iron-sands by coprecipitation method at room temperature. *Materials Science Forum*, 827(June), 229–234.  
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.827.229>
- Susilowati, E. N., Fajaroh, F., & Wonorahardjo, S. (2017). Sintesis Nanopartikel Magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Secara Elektrokimia dan Aplikasinya Sebagai Penyerap Pb(II). *Jurnal Kimia, li*, 1–10.
- X.M. Li, G. Xu, Y. Liu, T. He, Magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles: Synthesis and application in water treatment, *Nanosci. Nanotechnol.-Asia* 1 (2011) 14–24.