

Potensi Nanopartikel Magnetit Pasir Besi Lampanah Aceh Besar Melalui Studi Kajian Teknik Pengolahan, Sintesis Dan Karakteristik Struktur

Sri Nengsih

Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan,
UIN Ar-Raniry Banda Aceh
e-mail: srinengsih@ar-raniry.ac.id

Abstract

Research on the sand iron potential in generating magnetite nanoparticles in Lampanah Aceh Besar through a study of techniques processing, synthesis methods and structural characteristics has been completed. The method used in this research is qualitative method in the kind of literature study from the data of Banda Aceh ESDM Ministry. The results of this study indicate that iron sand in Lampanah area has a dominant element which contained Fe₃O₄. The magnetic separation method is used to separate the iron sand from impurities, while the co-precipitation synthesis of one of the methods chosen in generating the magnetite nanoparticles which due to a simple, economical experimental process and low treatment temperature. Through the XRD test, the cubic iron sand magnetite nanoparticles with a 2 θ angle are 35,55 $^{\circ}$, 57,13 $^{\circ}$ and 62,70 $^{\circ}$ with the hkl [311], [511] and [440], while the TEM and SEM tests showed that the dominant particle shape is round and the distribution is tight. Therefore, controlling the size and shape of iron sand magnetite nanoparticles will provide great potential in the magnetic field of magnetism. The conclusions of this study show that the iron sand located in Aceh Besar has the potential to be a magnetite nanoparticle.

Keywords: Iron Sand, magnetite nanoparticles, Fe₃O₄

Abstrak

Penelitian mengenai potensi pasir besi dalam menghasilkan nanopartikel magnetit di Lampanah Aceh Besar melalui studi kajian teknik pengolahan, metode sintesis dan karakteristik struktur telah selesai dikaji. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif berupa studi literatur berdasarkan data sekunder dari Dinas ESDM Banda Aceh serta beberapa jurnal ilmiah dan karya tulis. Hasil kajian ini menunjukkan bahwa pasir besi di daerah Lampanah memiliki unsur dominan yang dikandungannya adalah Fe₃O₄. Metode magnetik separasi dipakai untuk memisahkan pasir besi dari pengotor, sedangkan sintesis co-precipitation salah satu metode yang dipilih dalam menghasilkan nanopartikel magnetit disebabkan proses eksperimen sederhana, ekonomis dan rendahnya suhu perlakuan. Melalui uji XRD, nanopartikel magnetit pasir besi berbentuk kubik dengan sudut 2 θ adalah 35,55 $^{\circ}$, 57,13 $^{\circ}$ dan 62,70 $^{\circ}$ dengan hkl yaitu [311], [511] dan [440], sedangkan dari uji TEM dan SEM didapatkan bahwa bentuk partikel dominan bulat dan distribusinya rapat. Oleh karena itu pengontrolan ukuran dan bentuk nanopartikel magnetit pasir besi akan memberikan potensi yang besar pada bidang kemagnetan superparamagnetik. Kesimpulan dari kajian ini menunjukkan hasil bahwa pasir besi yang berada di Aceh besar memiliki potensi untuk dijadikan nanopartikel magnetit.

Kata kunci: Pasir Besi, nanopartikel magnetit, Fe₃O₄

1. Pendahuluan

Pasir besi merupakan salah satu sumber besi yang pemanfaatannya masih belum optimal. Pemanfaatan pasir besi di Indonesia hingga saat ini masih terbatas hanya digunakan sebagai bahan tambahan pada pabrik semen. Pasir besi pada umumnya diekspor dalam bentuk mentah (raw material), padahal pasir besi dapat diolah lebih lanjut agar pemanfaatannya menjadi lebih efektif dan efisien serta harga jualnya menjadi lebih tinggi (Yulianto et al, 2002). Keberadaan 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. Menurut Eskini (1998) bahwa penyebaran pasir besi di Indonesia terdapat di pulau Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Keberadaan pasir besi di Propinsi Aceh telah dilakukan kajian untuk memprediksi kandungan senyawa mineralnya seperti pasir besi di LamPanh Kabupaten Aceh Besar, Mon Keulayu Bireuen, alur sungai putih Kabupaten Gayo Lues, Aloe Dawah, Aloe Camcung dan Aloe Udang Kabupaten Aceh Barat Daya. Selain itu keberadaan pasir besi juga terdapat di pesisir pantai Syiah Kuala Kabupaten Aceh Besar, Anoe Hitam dan Keneke Kabupaten Sabang, Beungkah, Dakota, lerhob dan Ceurapi Kabupaten Aceh Utara, Tangse Kabupaten Aceh Pidie.

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. Perhitungan cadangan sumber daya mineral pasir besi secara teraka dilakukan berdasarkan anomali pembacaan intensitas magnetik dan persentase kandungan Fe yang terdapat di daerah Kabupaten Aceh Besar. Adapun pengelompokan kadar Fe sebagai berikut: Kelompok kadar unsur Fe Tinggi (Mempunyai besaran intensitas magnetic 80 - 120 nT dengan persentase pasir besi *High Grade* 26 % - 50 % Fe, *medium* % CaO dan *Low* % SiO₂ dengan cadangan pasir besinya 492.732,174 Ton), Kelompok kadar unsur Fe menengah (Mempunyai besaran intensitas magnetic 30 – 80 nT dengan persentase pasir besi *Medium Grade* 10% - 26 % Fe, *Medium* % CaO dan *Low* % SiO₂ dengan cadangan pasir besinya 1.477.380,037 Ton) sedangkan Kelompok kadar unsur Fe rendah (Mempunyai intensitas magnetic -100 sampai 30 nT dengan persentase pasir besi *Low grade* di bawah 10%, *Low* % CaO, *High* % SiO₂ (50% - 70%) dan dengan cadangan pasir besinya 183.810,618 Ton). Dari informasi ini, dapat dikatakan bahwa provinsi Aceh memiliki cadangan pasir besi yang tinggi dan memiliki potensi kuat untuk diolah dan dikaji lebih lanjut seperti menjadikannya nanomaterial magnetik.

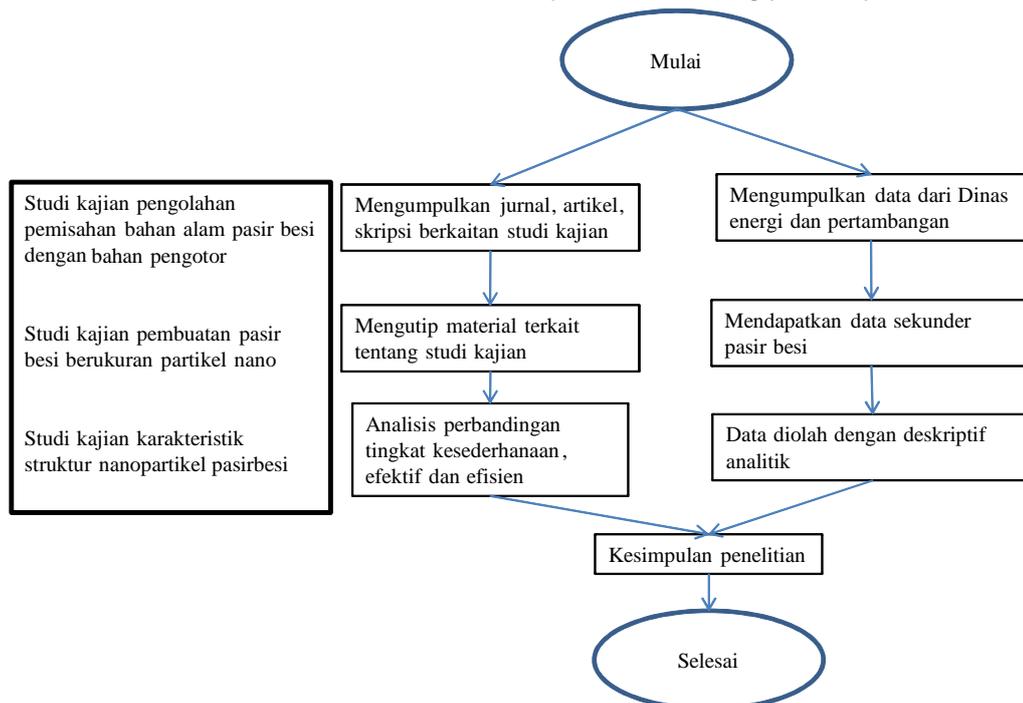
Pasir besi yang berukuran nano memiliki sifat feromagnetik mempunyai peluang aplikasi yang luas. Pengaplikasian pasir besi yang berukuran partikel nano merupakan alternatif yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri di bidang elektronik yang dalam perkembangan dan kebutuhan semakin meningkat. Pasir besi yang berukuran nano memiliki potensi dalam aplikasi di bidang industri seperti keramik, katalis, energy storage, magnetic data storage, ferrofluida, absorbent maupun dalam diagnosis medis (Bakar et al, 2007).

Dalam penelitian ini, studi kajian tentang teknik pengolahan pasir besi dijalankan sehingga pengotor (material lain selain pasir besi) yang berada didalamnya dapat dipisahkan secara lebih mudah. Kesulitan pada proses pengolahan pasir besi, menjadi penyebab pasir besi yang dijual selama ini berkualitas rendah. Seterusnya studi kajian juga dilakukan untuk mengetahui teknik sintesis pasir besi untuk menghasilkan partikel yang berukuran nano. Dengan didapatkan teknik pembuatan partikel nano pasir besi yang tepat, menjadikan bahan alam pasir besi dapat digunakan lebih ekonomis dan efisien ketika diaplikasikan dalam

berbagai bidang industri. Serta studi kajian karakteristik struktur dari nanopartikel pasir besi juga dilakukan untuk mengetahui komposisi fasa dan mendapatkan struktur magnetit yang lebih baik.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini bersifat penelitian kualitatif yaitu studi literatur tentang potensi pasir besi yang sumber datanya adalah data sekunder yang diperoleh dari jurnal, karya ilmiah dan data dari Dinas ESDM Banda Aceh. Berikut adalah desain dari penelitian tentang potensi pasir besi.



Gambar 1. Desain penelitian kualitatif potensi nanopartikel magnetit pasir besi

3. Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan informasi dari pihak ESDM, terjadi pengurangan jumlah pasir besi yang dikirim dari Aceh ketika sampai di negeri Cina disebabkan proses pengiriman melalui laut dan adanya hembusan angin laut yang mampu membuang pasir besi dari kapal ke laut. Kandungan persentase kimia pasir besi yang dominan didalamnya menurut pihak ESDM adalah magnetite (Fe_3O_4) yang masih digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan semen. Peningkatan mutu kualitas pasir besi belum ada dilakukan, baru sebatas kajian eksplorasi dan produksi untuk diekspor ke luar negeri, sehingga harga jualnya yang masih berbentuk material mental masing rendah. Kurangnya pendanaan dalam kajian peningkatan kualitas pasir besi sehingga menjadikannya bahan ini tidak diolah terlebih dahulu sebelum dilakukan pengiriman.

Dari data eksplorasi ESDM, diketahui bahwa potensi pasir besi berdasarkan survey geofisika magnetik dan pengambilan sampel pasir di pesisir pantai mempunyai cadangan yang cukup besar. Endapan pasir besi ini mengandung unsur Fe yang dipengaruhi oleh material vulkanik, pasokan material dari muara sungai dan arus gelombang laut. Hasil penyelidikannya mendapatkan jika kandungan pasir bermagnet di suatu daerah dominan maka nilai derajat dari mineral tersebut secara otomatis memiliki kemagnetan tinggi. Analisis kimia

dan fisika pun dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang kandungan pasir besi di Kabupaten Aceh Besar. Analisis kimia dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur dalam konsentrat antara lain Fe total (FeO dan Fe₂O₃, Fe₃O₄) dan titanium melalui uji AAS, Volumetrik, XRF dan ICP. Sedangkan analisis fisika dilakukan antara lain analisis mineral butir, analisis ayak, dan analisis sifat magnetik dan berat jenis. Analisis mineral butir dilakukan untuk mengetahui jenis dan persen berat mineral baik faksi magnetik maupun nonmagnetik. Analisis ayak dilakukan untuk mengetahui ukuran butiran pasir besi yang dominan. Sedangkan analisis berat jenis dilakukan untuk mengetahui berat jenis pasir besi.

Hasil eksplorasi dari data Dinas ESDM melalui variasi intensitas magnet terhadap pasir besi di kabupaten Aceh Besar, didapatkan intensitas magnet untuk perairan yaitu berkisar 41520 – 41880 nT (nT = Nano Tesla). Nilai intensitas magnet yang relatif besar dan kuat berkaitan dengan sifat objek yang menimbulkannya yaitu objek yang bersifat Ferromagnetik dengan intensitas magnetiknya 41700 – 41880 nT, Sedangkan intensitas medan magnet yang relatif kecil berkaitan dengan sifat bahan diamagnetik yang merupakan salah satu bentuk magnet yang cukup lemah dengan intensitas magnetiknya 41520 – 41595 nT. Sedangkan Intensitas magnetik sedang untuk sifat bahan Paramagnetik dengan kisaran 41595 – 41700 nT.

Pada pemisahan pasir besi dari material bakunya, kebanyakan teknik yang dipakai dengan menggunakan magnet batang yang didekatkan pada pasir besi. Teknik ini dikenal dengan nama *magnetic separation* (Oka et al. 2008). Sifat magnet yang dimiliki pasir besi, akan menyebabkannya terpisah dari material baku dengan menempel pada magnet batang. Pemisahan ini cukup baik jika kuantitas pasir besi tidak terlalu banyak yang ingin dipisahkan, namun jika dalam jumlah ton, sangat sukar untuk dilakukan pemisahan pasir besi dari pengotor-pengotornya. Selain itu juga bisa dilakukan dengan metode *mechanical milling* untuk memperhalus butiran pasir besi agar pemanfaatannya dalam proses peleburan menjadi lebih efisien. Kajian ini bersesuaian dengan temuan Zulkarnain dan Handoko untuk pasir besi pantai Syiah Kuala didapatinnya bahwa melalui metode *mechanical milling*, ukuran pasir besi yang dimilling selama 20 jam lebih halus ukuran kristal magnetiknya dan sehingga menyebabkan peningkatan nilai koersifitas (H_c). Hal ini dirangkum dalam Tabel 1 tentang data pasir besi yang disiapkan melalui *mechanical milling*.

Tabel 1 Data sifat kemagnetan pasir besi syiah kuala

Sampel (milling)	Sifat Kemagnetan		
	Magnetisasi Saturasi, M_s (T)	Koersivitas Intrinsik, iH_c (kA/m)	Remanen, B_r (T)
0 jam	0,333	1,34	0,022
20 jam	0,188	33,31	0,075

Sumber: Zulkarnain & Handoko, 2014

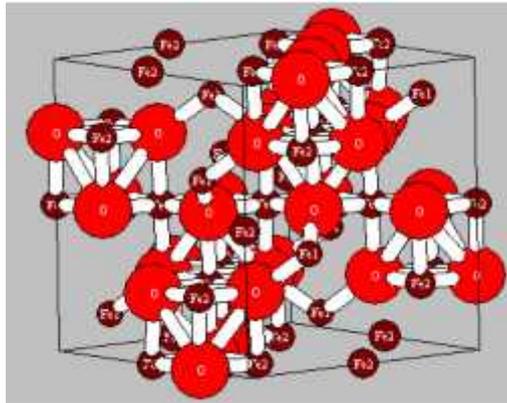
Sifat magnetik dari nanopartikel sangat dipengaruhi oleh efek ukuran dan efek permukaannya (YA Koksharov et al, 2009). Efek ukuran dihasilkan dari elektron yang terperangkapnya secara kuantum sedangkan efek permukaan dihubungkan kepada perubahan simetri dari struktur Kristal pada bidang batas setiap partikel. Partikel yang dalam rentang ukuran nanometer selalu menunjukkan domain tunggal dikarenakan sifat superparamagnetis.

Dalam proses mensintesis nanopartikel pasir besi dapat dilakukan setelah proses pemisahan pasir besi dari pengotornya. Berikut adalah Tabel perbandingan metode sintesis dari partikel magnetik besi oksida.

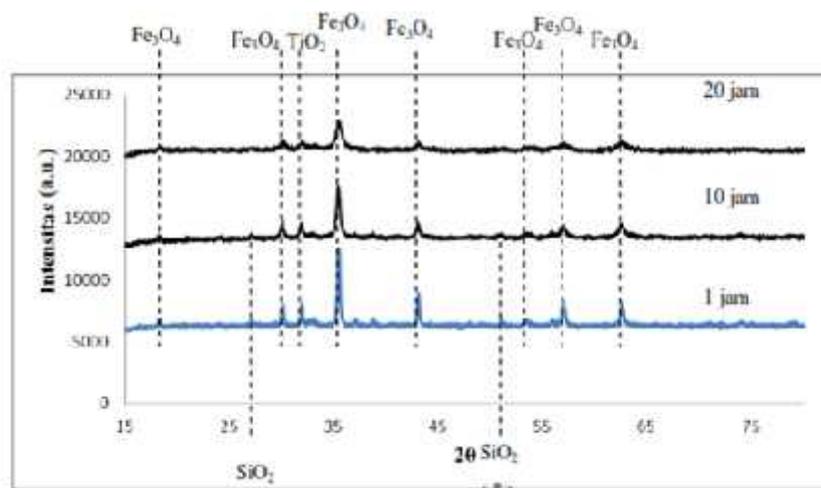
Tabel 2 Perbandingan metode sintesis nanopartikel magnetik

Metode	Kondisi Reaksi (AH Lu et al, 2007)	Karakteristik dari hasil yang didapatkan (G Salas et al, 2012)	Keuntungan	Kelemahan
<i>Co-precipitation</i>	Temperatur: 20 – 90 °C Durasi: dalam menit Pelarut: air	Kontrol bentuk: tidak baik Distribusi ukuran: besar-besar Sifat kristalin: polidispersinya lemah Nilai kemagnetannya: 20 – 80 emu/g (AK Gupta et.al., 2005; W Wu et.al., 2008)	Simpel, mudah, metode biaya rendah untuk menghasilkan produk dalam jumlah besar	Sulit untuk menghindari penggumpalan selama reaksi dan partikel yang dihasilkan mempunyai respon magnetik lemah
<i>Thermal decomposition</i>	Temperatur: 100-320°C Durasi: Jam sampai hari Pelarut: senyawa organic	Kontrol bentuk: sangat baik Distribusi ukuran: seragam kecil-kecil dan rapat Sifat kristalin: monodispersi tinggi Nilai kemagnetannya: diatas 90 emu/g (SM El-Sheikh et.al., 2009)	Kualitas tinggi dari nanopartikel Fe ₃ O ₄ yang dihasilkan	Memerlukan suhu yang relatif tinggi, prosedurnya yang rumit dan penggunaan bahan reaksi yang banyak.
<i>Solvothermal</i>	Temperatur: 140 – 260°C Durasi: jam Pelarut: pelarut organic/ Polyglycol	Kontrol bentuk: baik Distribusi ukuran: rapat sampai besar-besar Sifat kristalin: monodispersi tinggi Nilai kemagnetan: diatas 108 emu/g (D. Arndt et.al., 2014))	Tidak memerlukan agen pereduksi atau surfaktan kecuali untuk poliols cair	Sangat sensitif terhadap konsentrasi dari air dan alkalin Gerakannya relatif lambat dikarenakan penggunaan suhu yang rendah.
<i>Hydrothermal</i>	Temperatur: 150 – 220°C Durasi: jam sampai hari Pelarut: air-ethanol	Kontrol bentuk: sangat baik Distribusi ukuran: sangat rapat / rapat hingga besar-besar Sifat kristalin: monodispersi tinggi Nilai kemagnetan: diatas 93 emu/g (F Ozel et.al., 2015)	Menggunkan bahan kimia organik, biaya relatif rendah dan produk hasilnya tinggi	Gerakannya relatif lambat dikarenakan penggunaan suhu yang rendah
<i>Microemulsion</i>	Temperatur: 20-50°C Durasi: jam Pelarut: Senyawa organic	Kontrol bentuk: baik Distribusi ukuran : rapat Sifat kristalin: monodispersi rendah Nilai kemagnetan: diatas 113 emu/g (G Zhang et.al., 2010)	Partikel yang dihasilkan secara umum sangat seragam	pelarut yang digunakan dalam jumlah yang banyak untuk mensintesis nanomaterial dalam jumlah besar

Karakteristik nanopartikel magnetik juga dikaji melalui TEM (*Transmission electron microscopy*) dan SEM (*Scanning electron microscopy*) untuk mendapatkan informasi secara visual tentang morfologi seperti ukuran, bentuk dari besi oksida. TEM merupakan suatu peralatan yang mampu menghasilkan gambar dengan resolusi yang lebih tinggi dibandingkan SEM. Sedangkan metode XRD (*X-Ray Diffraction*) secara umum digunakan untuk mengidentifikasi sifat kristalin dan komposisi dari besi oksida. Struktur Fe_3O_4 membentuk *spinel invers* dalam bentuk kubik. Sesuai dengan ICSD dengan kode 30860 diketahui bahwa Fe_3O_4 memiliki grup ruang $Fd\bar{3}m$ dengan no 277 dan panjang kisi yang sama yaitu $a = b = c$ sebesar $8,396\text{\AA}$ dan sudut $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Berikut gambar struktur *spinel* Fe_3O_4 dan pola difraksi sinar X dari Fe_3O_4 .



Gambar 2. Struktur *spinel* Fe_3O_4 menurut ICSD kode 30860 [3].



Gambar 3. Pola difraksi sinar X pasir besi yang memiliki fasa utama Fe_3O_4 .

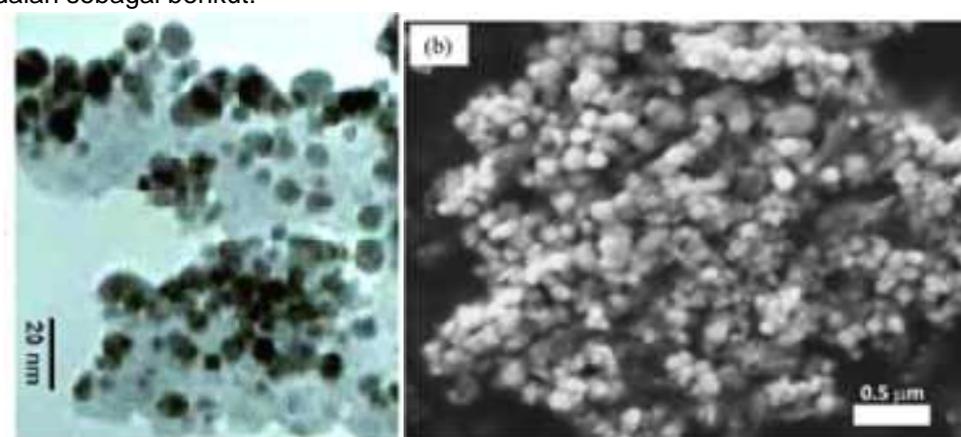
Berikut adalah posisi nanopartikel magnetit pasir besi yang ditunjukkan dalam sudut 2 theta dan hkl nya.

Tabel 3 Data XRD Nanopartikel magnetit

No	2 θ (°)	hkl
1	18.38	111
2	30.20	220
3	35.55	311
4	37.00	222
5	43.19	400
6	53.59	422
7	57.13	511
8	62.70	440
9	74.15	533

Sumber: DD suppiah, 2016

Berdasarkan uji morfologinya melalui TEM dan SEM untuk bentuk nanopartikel magnetit pasir besi adalah sebagai berikut:



Gambar 4. TEM dan SEM dari nanopartikel magnetit pasir besi [4,5].

4. Kesimpulan

Hasil yang didapatkan bahwa pasir besi yang berada di daerah Aceh besar memiliki potensi untuk dijadikan nanopartikel magnetit dengan besi oksida merupakan senyawa yang dominan didalamnya. Penggunaan metode magnet separator dapat dipakai dalam memisahkan pasir besi dari material bakunya. Hasil pemisahan ini dapat di proses lanjut untuk disintesis menjadi nanopartikel magnetit. Metode *Co-precipitation* dapat dijadikan pilihan dalam proses sintesis nanopartikel magnetite dari pasir besi dikarenakan kesederhanaan dalam proses dan singkatnya durasi reaksinya, namun diperlukan prosedur pemilihan ukuran untuk menstabilkan larutan koloid atau larutan partikel besar tersebut. Kajian struktur nanopartikel magnetite pasir besi dapat dilihat uji XRD untuk menunjukkan kandungan unsur dalam bahan dan sifat kristalnya, Uji TEM dan SEM dilakukan untuk mengamati distribusi ukuran dan bentuk nanopartikel magnetit pasir besi.

Referensi

- Abdulloh Fuad, Renik Wulansari, Ahmad Taufik, Sunaryono. (2010). Sintesis dan Karakteristik sifat Nanopartikel Fe₃-xMnxO₄ dengan metode kopresipasi. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jateng & DIY*. Hal. 139-145.
- Ahmad Taufiq et al. (2008). Sintesis nano Fe₃-xMnxO₄ berbasis pasir berbasis pasir besi dan karakteristik struktur serta kemagnetannya. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. 1(2). Hal 67-73
- A.H. Lu, E.L. Salabas, F. Schüth. (2007). *Magnetic nanoparticles: Synthesis, protection, functionalization, and application*, Angew. Chem. Int. Ed. 46. 1222–1244.

- A.K. Gupta, M. Gupta. (2005). Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biomedical applications, *Biomaterials* 26 (2005) 3995–4021.
- Dinas ESDM, 2012. *Data eksplorasi*
- D. Arndt, V. Zielasek, W. Dreher, M. Bäumer. (2014). Ethylene diamine-assisted synthesis of iron oxide nanoparticles in high-boiling polyols, *J. Colloid Interface Sci.* 417. Hal. 188–198
- DD Supiah, SBA Hamid. (2016). One step facile synthesis of ferromagnetic magnetite nanopartikel. *Journal of Magnetism and Magnetic material* 414:204-208
- Eskini. (1998), Potensi Bijih Besi di Indonesia, *ESDAL*, Vol. 103
- F. Ozel, H. Kockar. (2015). Growth and characterizations of magnetic nanoparticles under hydrothermal conditions: Reaction time and temperature, *J. Magn. Magn. Mater.* 373. Hal. 213–216.
- G. Zhang, Y. Liao, I. Baker. (2010). Surface engineering of core/shell iron/iron oxide nanoparticles from microemulsions for hyperthermia, *Mater. Sci. Eng. C* 30. Hal.92–97.
- G. Salas, R. Costo, Md.P. Morales. (2012). Synthesis of inorganic nanoparticles, in: MdIF. Jesus, V. Grazu (Eds.), *Frontiers of Nanoscience, Elsevier*. pp. 35–79 (Chapter 2).
- M.A. Bakar, W.L. Tan, N.H.H. Abu Bakar. J. Magn. Magn. (2007). *Mater.* 314, 1.
- S.M. El-Sheikh, F.A. Harraz, K.S. Abdel-Halim. (2009). *Catalytic performance of nanostructured iron oxides synthesized by thermal decomposition technique*. . 487. Hal.716–723.
- W. Wu, Q. He, C. Jiang. (2008). Magnetic iron oxide nanoparticles: Synthesis and surface functionalization strategies, *Nanoscale Res. Lett.* 3. Hal.397–415.
- Yulianto, A., Bijaksana, S. dan Loeksmanto, W. 2002. Karakterisasi Magnetik dari Pasir Besi Cilacap. *Jurnal Fisika*, Himpunan Fisika Indonesia, Suplemen Prosiding, Hal. A5-0527
- Y.A. Koksharov. (2009). *Magnetism of nanoparticles: effects of size, shape, and interactions*, in: S.P. Gubin (Ed.), *Magnetic Nanoparticles*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, pp. 197–254.
- Zulkarnain, J., Sari, E N., Ismail, Handoko, E., (2014) Studi komposisi fasa dan sifat kemagnetan pasir besi pesisir pantai aceh yang dipreparasi dengan metode mechanical milling. *Indonesian Journal of application Physics*. 04(1), Hal 110-114