

## PEMBENTUKAN PARTIKEL $Fe_3O_4$ BERBAHAN PASIR BESI PANTAI PUGER JAWA TIMUR DENGAN METODE MECHANICAL ALLOYING & ULTRASONIC MIXING

Marjuki Zulziar

Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Banten  
[dosen01775@unpam.ac.id](mailto:dosen01775@unpam.ac.id)

### ABSTRAK

Telah dilakukan Penelitian tentang penggunaan pantai pasir besi Puger di Jawa Timur sebagai sumber magnetit  $Fe_3O_4$ . Proses penghilangan magnetik menggunakan magnet permanen BaFe12O19 yang diperoleh dengan pasir besi 94,3%  $Fe_3O_4$  dan terus menyempurnakan bubuk magnetik dengan bola spex 8000 dan pabrik energi tinggi (HEBM) selama 30 menit. Ini adalah pembentukan partikel dalam nanometer melalui proses kimia dengan HCl dan NaOH dengan pelarutan dan sedimen yang merupakan partikel  $Fe_3O_4$  dengan dimensi nanometrik. Analisis struktur kristal dengan difraksi sinar-X (DRX) oleh radiasi CoKa pada interval  $2\theta$  antara 200 dan 1000 memungkinkan untuk mendapatkan fase  $Fe_3O_4$  dan pembaruan diperpanjang puncak difraksi dalam debu yang dihasilkan. Proses turunan  $Fe_3O_4$ . Perhitungan ukuran kristal dalam data difraksi sinar-X menggunakan perangkat lunak PANalytical dalam HighScore Plus versi 3.0 dan mengurangi ukuran kristal dari 56,5 nm menjadi 13,3 nm. Ini menunjukkan bahwa pembentukan partikel  $Fe_3O_4$  dalam nanometer diperlukan dengan sukses.

**Kata Kunci :** Pasir Besi, Magnetik,  $Fe_2O_3$ , Magnetik, Sinar X

### I. PENDAHULUAN

Sumber daya alam mineral Indonesia yang sangat besar perlu dieksplorasi untuk dikembangkan sebagai bahan baku industri. Sebagai contoh pada pasir besi berupa senyawa besi oksida  $Fe_3O_4$  (magnetite) potensinya sangat besar. Salah satu metode dalam proses ekstraksi menggunakan separator magnetik untuk memisahkan senyawa magnetik  $Fe_3O_4$ . Banyak manfaat dari pasir besi dengan senyawa magnetik  $Fe_3O_4$  ini selain untuk industri logam besi juga telah banyak dimanfaatkan pada industri semen. Pasir besi ini banyak terdapat seluruh wilayah Indonesia mulai dari Sumatera, Lombok, Sumbawa, Sumba, Flores, sampai ke Papua. Kandungan pasir besi seperti Fe, Ti, Mg, dan Si memiliki ukuran partikel serbuk 0,074 sampai 0,075 mm, dengan ukuran kasar 3-5 mm sebagai sumber material ferromagnetik  $Fe_2O_3$  yang berasal dari senyawa magnetik  $Fe_3O_4$  melalui proses pemisahan secara magnetik yang dapat diproses dalam industri material magnet permanen.

Dalam penelitian ini telah dilakukan proses pembentukan material magnetite  $Fe_3O_4$  berukuran partikel nanometer yang berasal dari pasir besi pantai Puger Jawa Timur

melalui proses secara magnetik dan kimiawi. Dengan maksud agar pemanfaatan material magnet alam ini bisa dikembangkan lebih lanjut dan memanfaatkan lebih luas.

### II. LANDASAN TEORI

#### A. Proses Preparasi Pasir Besi

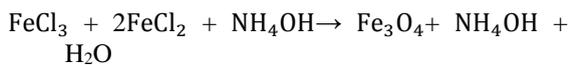
Kandungan besi oksida dalam sampel pasir alami dipisahkan menggunakan magnet permanen dengan kekuatan sekitar 38,9 kJ / m<sup>3</sup>, yang dilapisi dengan kertas plastik 0,1. tebal mm. Magnet mendekati semua bagian pasir pada jarak sekitar 1,5 cm dari pasir sampai semua pasir besi terangkat. Pasir besi ditempatkan di wadah lain. Pemisahan diulang untuk pasir kadar besi tinggi dengan meningkatkan jarak magnetik dari sampel sampai pasir hitam (kontaminan kecil) diperoleh. Pemisahan terakhir pasir besi.

Setelah proses pemisahan akhir, sampel dengan massa terbesar dipilih untuk digunakan dalam proses selanjutnya. Sampel pasir besi kemudian ditempatkan dalam ball mill bergetar (VBM) menggunakan 10 bola baja dengan rasio pengambilan sampel 100 g: 10 bola dan dinyalakan selama 50 menit untuk grinding atau milling. Sebelumnya, pipa VBM dan bola baja pertama kali dibersihkan dengan toluena. Setelah 50 menit, sampel dituangkan ke dalam

wadah plastik besar dan kemudian diganti. Wadah yang tersisa ditimbang lagi. 10 butir diambil sebagai sampel untuk proses ekstraksi kimia dengan larutan HCl 20 ml dalam konsentrasi 32%. Langkah ini menciptakan solusi FeCl<sub>2</sub> atau FeCl<sub>3</sub>. Proses mengikuti persamaan:



Langkah selanjutnya adalah menuangkan perlahan larutan ammonium hidroksida (NH<sub>4</sub>OH) ke dalam FeCl<sub>2</sub> atau FeCl<sub>3</sub> hingga terbentuk magnetit atau bentuk titanomagnetit. Prosesnya mengikuti persamaan:



Kemudian, untuk menghilangkan beberapa kotoran, endapan titanomagnetite dibuat dengan menambahkan sedikit udara dan kemudian diolah dengan alat sentrifugal selama 3 menit pada 6.500 rpm dan 6 menit pada 13.000 rpm.

Data ditampilkan dan disajikan dengan nama sampel fluoresensi sinar-X (XRF), visualisasi lengkap suara dengan fase yang digunakan dan fase pemahaman (XRD). Kemudian, hasil dianalisis berdasarkan data kristalografi dari difraksi internasional (ICDD) untuk mendapatkan nilai-nilai parameter jaringan.

## B. Sinar X

Salah satu metode tertua dan paling banyak digunakan untuk mengkarakterisasi bahan adalah difraksi sinar-X (XRD). Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fase kristal dalam material, untuk menentukan parameter struktur kisi dan untuk mendapatkan ukuran partikel.

Difraksi sinar-X terjadi pada dispersi elastis foton sinar-X oleh atom dalam jaringan periodik. Hamburan sinar-X monokrom di stadion ini menimbulkan gangguan konstruktif. Dasar untuk penggunaan difraksi sinar-X pada penyelidikan kisi kristal berdasarkan Bragg'schen

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta; n = 1, 2, \dots$$

Dimana  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan, adalah jarak antara dua bidang terakhir,  $\theta$  adalah sudut antara sinar datang dan bilangan bulat normal, yang menunjukkan urutan refraksi.

Ketika sinar-X disimpan pada sampel kristal, bidang kristal sesuai dengan persamaan Bragg. Sinar bias dideteksi oleh detektor dan kemudian dikonversi menjadi puncak difraksi. Saya memiliki permukaan kaca di probe, ini lebih besar intensitas penyimpangan masing-masing. Setiap puncak yang muncul dalam pola XRD mewakili bidang kristal yang memiliki orientasi spesifik pada sumbu tiga dimensi. Nilai yang diukur kemudian disesuaikan dengan pola difraksi sinar-X untuk hampir semua jenis bahan. Pola ini disebut JCPDS.

Metode difraksi sinar-X digunakan untuk menentukan struktur film tipis yang terbentuk. Sampel ditempatkan dalam sampel difraksi sinar-X. Proses difraksi sinar-X dimulai dengan persetujuan dari difraktometer, di mana pola difraksi dipertahankan. Dengan difraktometer sinar-X, sinar-X datang dari tabung sinar-X. Sinar-X tercermin dalam sampel konvergen yang menerima ruang sebagai respons terhadap fokus sinar-X pada posisi simetris. Radiasi sinar-X ini terdeteksi dan dimodifikasi oleh detektor percikan. Sinyal untuk menghilangkan elemen stör akan dihitung sebagai pisau pulsa tinggi. Teknik sinar-X juga digunakan, ukuran kristal

## III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan eksperimen Pemisahan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan Magnet Permanen BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>, Penghalusan dengan High Energy Ball Mill (HEBM) Spex 8000 selama 30 menit, Pemisahan kimiawi material magnetik dilarutkan dengan HCl yang dilanjutkan dengan penambahan NaOH Dengan Ultrasonic Mixing.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pemisahan Dengan Magnet Permanen

Terlihat dari tabel di atas menunjukkan bahwa kandungan material magnetik untuk setiap kali proses pemisahan diperoleh hasil rata-rata 85,56 %.

**Tabel 1. Pemisahan Pasir Besi Dengan Magnet Permanen**

Proses pemisahan	Pasir Besi (gr)	Material Magnetik (gr)	Material Non Magnetik (gr)
1	100	87.93	12.07
2	100	84.82	15.18
3	100	90.72	9.28
4	100	85.90	14.10
5	100	78.83	21.17

**B. Pemisahan Dengan Ultrasonic Mixing**

Dari data di atas maka rata-rata tiap 5 gram material magnetite yang terangkat adalah

4.71. Sehingga dapat disimpulkan bahwa bahan dasar yang berupa pasir besi yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan material ferromagnetik adalah 79,6 %.

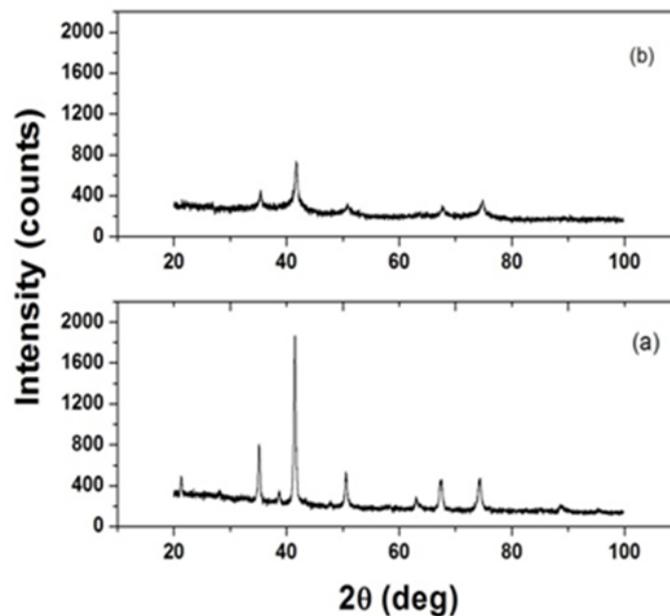
**Tabel 2.. Pemisahan Pasir Besi dengan Ultrasonic Mixing**

M	Pasir Besi (gr)	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (gr)	Zat Lain (gr)
1	5	4.77	0.23
2	5	4.80	0.19
3	5	4.62	0.38
4	5	4.67	0.33
5	5	4.67	0.35

**C. Analisa dengan Difraksi Sinar-X**

Difraksi sinar-X terhadap material material magnet hasil proses kimiawi

memperlihatkan telah terjadi proses pelebaran dan penurunan puncak intensitas (gambar 1b).



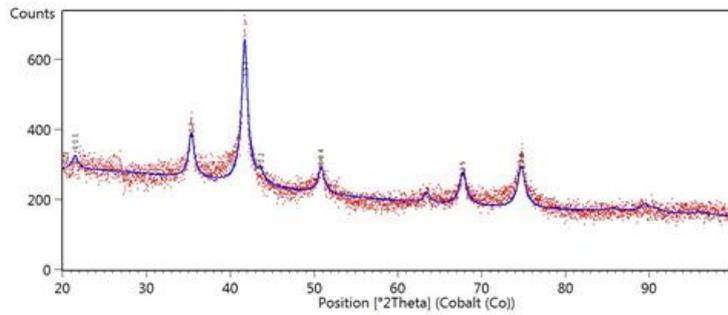
**Gambar 1. Pola difraksi sinar-X (a) material magnet pasir besi dan (b) setelah proses kimiawi**

Hasil proses pemisahan secara magnetik pasir besi pantai Puger dengan berat 5 gram diperoleh 4,71 gram material magnet yang dipastikan sebagai fasa magnetite Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

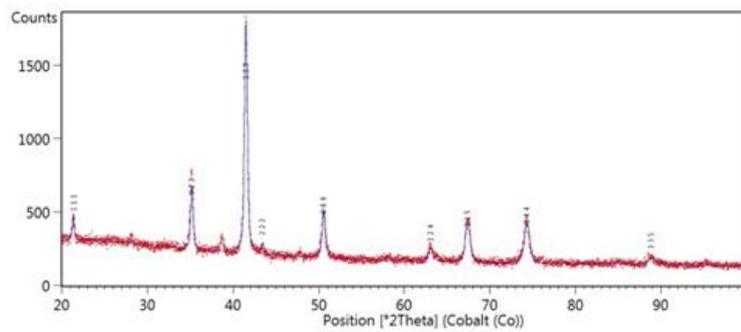
Pengukuran dengan difraksi sinar-X (gambar 1a) menunjukkan bahwa puncak-puncak difraksi yang teridentifikasi merupakan

puncak dari fasa Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> berdasarkan

pencocokan data standar ICDD no. 750440



**Gambar 2.** Pola difraksi sinar-X material magnetite Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> hasil dari pemisahan secara magnetik pada pasir besi pantai Puger Jawa Timur.



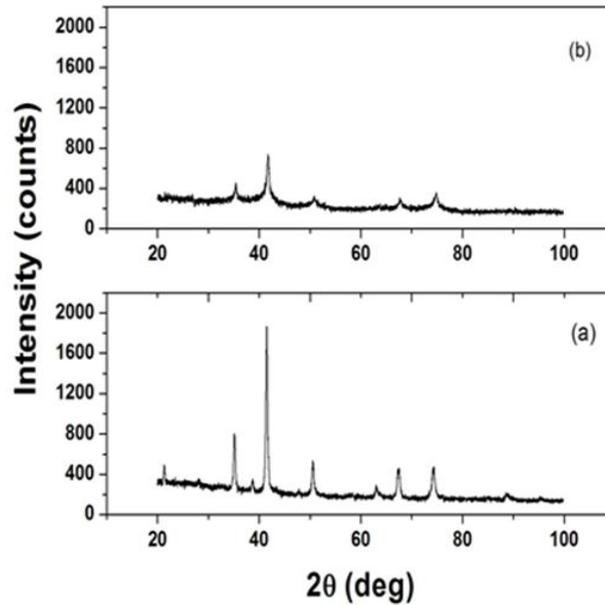
**Gambar 3.** memperlihatkan pola difraksi sinar-X material magnetite Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> setelah melalui proses kimiawi

**Tabel 3. Nilai kuantitatif material Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sebelum dan sesudah proses kimiawi.**

Pasir besi Magnetite	Parameter kisi			Ukuran kristal (nm)
	a (nm)	b (nm)	c (nm)	
Setelah proses magnetik	0,838	0,838	0,838	56,
Setelah proses kimiawi	0,835	0,835	0,835	13,

difraksi sinar-X terhadap material material magnet hasil proses kimiawi memperlihatkan telah terjadi proses

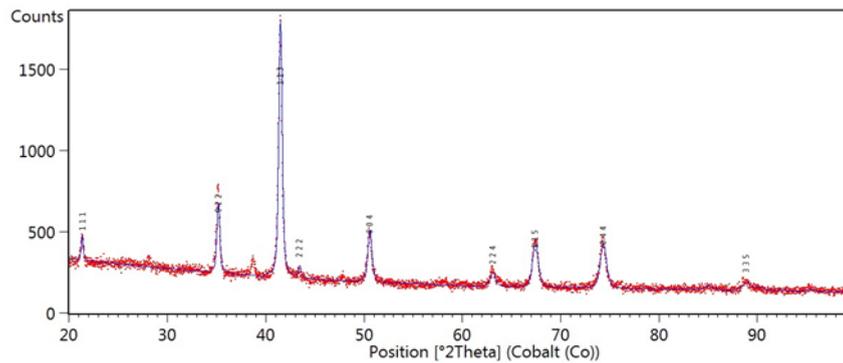
pelebaran dan penurunan puncak intensitas (gambar 1b).



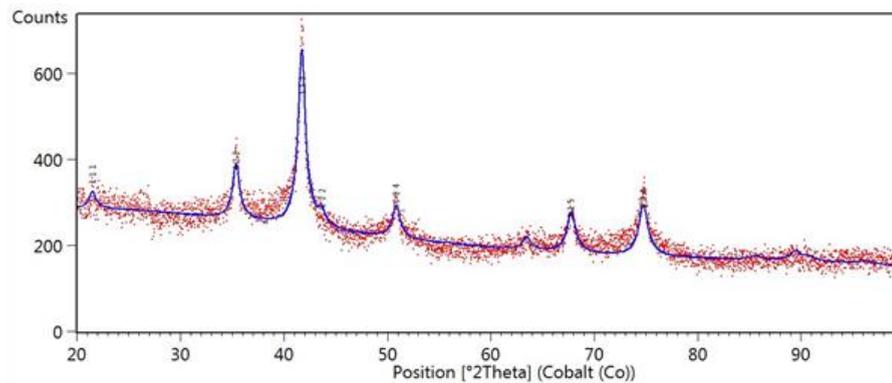
**Gambar 1.** Pola difraksi sinar-X (a) material magnet pasir besi dan (b) setelah proses kimiawi

Analisis kualitatif menunjukkan tidak terjadi dekomposisi fasa setelah proses kimiawi. Sedangkan analisis kuantitatif yaitu mengolah data difraksi sinar-X dengan menggunakan *software HighScore Plus Version 3.0e PANalytical* telah diperoleh ukuran kristal pada masing masing material Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Sebagai

perbandingan menunjukkan telah penurunan ukuran kristal dari 56,5 nm menjadi 13,3 nm. Gambar 2 dan 3 memperlihatkan pola difraksi sinar-X yang telah diolah dengan menggunakan *software*. Tabel 1 merupakan nilai kuantitatif hasil pengolahan data difraksi untuk material magnetik pasir besi sebelum dan sesudah proses kimiawi.



**Gambar 2.** Pola difraksi sinar-X material magnetite Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> hasil dari pemisahan secara magnetik pada pasir besi pantai Puger Jawa Timur.



**Gambar 3.** memperlihatkan pola difraksi sinar-X material magnetite  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  setelah melalui proses kimiawi

**Tabel 1.** Nilai kuantitatif material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebelum dan sesudah proses kimiawi.

Pasir besi Maganetite	Parameter kisi			Ukuran kristal (nm)
	a (nm)	b (nm)	c (nm)	
Setelah proses magnetik	0,838	0,838	0,838	56,5
Setelah proses kimiawi	0,835	0,835	0,835	13,3

## V. KESIMPULAN

1. Penelitian pasir besi pantai Puger Jawa Timur sebagai sumber material magnetite  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  telah dilakukan. Telah berhasil proses pemisahan dengan metode magnetik (*magnetic sparation*) menggunakan magnet permanen  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  diperoleh 85,56 %.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dari pasir besi.
2. Pembentukan partikel nanometer dengan proses kimiawi dengan menggunakan HCl dan NaOH melalui pelarutan dan diperoleh endapan yang merupakan partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  berukuran nanometer.
3. Perhitungan ukuran kristal terhadap data difraksi sinar-X dengan menggunakan software *HighScore Plus Version 3.0e PANalytical* telah terjadi penurunan ukuran kristal dari 47,6 nm menjadi 18,7 nm. Ini menunjukkan bahwa pembentukan partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  berukuran nanometer telah berhasil diperoleh.

## DAFTAR PUSTAKA

- El Ghandoor, H., Zidan, H. M., Khalil, M. M., & Ismail, M. I. M. (2012). Synthesis and some physical properties of magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) nanoparticles. *Int. J. Electrochem. Sci*, 7(6), 5734-5745.
- Kartika, D. L., & Pratapa, S. (2014). Sintesis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dari Pasir Besi dengan Metode Logam Terlarut Asam Klorida. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 3(2), B33-B35.
- Kartika, T. (2014). *Perempuan lokal vs tambang pasir besi global*. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Sumarni, S., Satyarno, I., & Wijatna, A. B. (2009). Penggunaan Pasir Besi dan Barit sebagai Agregat Beton Berat untuk Perisai Radiasi Sinar Gamma. *Media Teknik Sipil*, 7(2), 93-100.
- Wang, J., Chen, Q., Zeng, C., & Hou, B. (2004). Magnetic- field- induced growth of single- crystalline  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanowires. *Advanced Materials*, 16(2), 137-140.
- Wei, Y., Han, B., Hu, X., Lin, Y., Wang, X., & Deng, X. (2012). Synthesis of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles and their magnetic properties. *Procedia Engineering*, 27, 632-637.
- Yu, H., Chen, M., Rice, P. M., Wang, S. X., White, R. L., & Sun, S. (2005). Dumbbell-like bifunctional Au-

- Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles. *Nano letters*, 5(2), 379-382.
- Yulianto, A., Bijaksana, S., Loeksmanto, W., & Kurnia, D. (2019). Produksi Hematit ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dari Pasir Besi: Pemanfaatan Potensi Alam Sebagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetan. *Jusami/ Indonesian Journal of Materials Science*, 5(1), 51-54.
- Yulianto, A., S. Bijaksana, and W. Loeksmanto. "Karakterisasi magnetik dari pasir besi Cilacap." *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia A 5* (2002): 0527-1.
- Zulziar, M. (2018). ANALISA MATERIAL BAHAN PEMBUAT SENSOR La<sub>0.67</sub>Ba<sub>0.33</sub>Mn<sub>1-x</sub>Ni<sub>x</sub>O<sub>3</sub> DENGAN PENAMBAHAN Ni MENGGUNAKAN FOUR POINT PROBE. *TEKNOLOGI: Jurnal Ilmiah dan Teknologi*, 1(1), 1-9.
- Zulziar, M., Kurniawan, B., & Saptari, S. A. (2018, September). The effect of doping Ni to the resistivity and ratio magnetization on La<sub>0.67</sub>Ba<sub>0.33</sub>Mn<sub>1-x</sub>Ni<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0.0; 0.1; 0.2; 0.4). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1091, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.