

## PENGARUH DOPING *CHROMIUM* TERHADAP SIFAT MAGNETIK NANOPARTIKEL OKSIDA BESI

Indah Tamara Sitorus\*, Erwin Amiruddin, Juandi Muhammad, Erman Taer  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: indah.tamara1963@student.unri.ac.id

### ABSTRACT

*The purpose of this study is to determine the magnetic properties expressed in the hysteresis loop as well as the morphology of iron oxide nanoparticles from iron sand of Logas Village, natural sand, which were doped with chromium. The separation between magnetic and non-magnetic particles was carried out using the strong magnet neodymium iron boron (NdFeB). Magnetic nanoparticle preparation was carried out by ball milling method for 100 hours which is called BM3. The BM3 product was divided into three parts with the same amount of weight namely BM3A, BM3B, and BM3C. These products were doped with chromium with concentrations of 0, 10, and 20 (wt%) using ball milling for 20 hours. Magnetic properties were tested using a vibrating sample magnetometer and nanoparticle morphology with a scanning electron microscope (SEM). The magnetic properties of the samples were studied based on loop hysteresis showed that saturation magnetization, remanent magnetization, coercivity, loop squareness, and loop area decreased along with the addition of chromium doping concentration in the sample. The results of the SEM test showed that as the doping concentration was added to the sample the particle size became smaller, namely 1.316, 1.308, and 0.856  $\mu\text{m}$ .*

**Keywords:** Ball Milling, Chromium, Logas Natural Sand, Loop Hysteresis, Morphology.

### ABSTRAK

*Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat magnetik yang dinyatakan dalam lingkaran histeresis serta morfologi nanopartikel oksida besi pasir besi Desa Logas, pasir alami, yang didoping dengan chromium. Pemisahan antara partikel magnetik dan non-magnetik dilakukan dengan menggunakan magnet kuat neodymium iron boron (NdFeB). Persiapan nanopartikel magnetik dilakukan dengan metode ball milling selama 100 jam yang disebut BM3. Produk BM3 dibagi menjadi tiga bagian dengan jumlah berat yang sama yaitu BM3A, BM3B, dan BM3C. Produk-produk ini didoping dengan chromium dengan konsentrasi 0, 10, dan 20 (wt%) menggunakan ball milling selama 20 jam. Sifat magnetik diuji menggunakan vibrating sample magnetometer dan morfologi nanopartikel dengan scanning electron microscope (SEM). Sifat magnetik sampel diteliti berdasarkan loop hysteresis menunjukkan bahwa magnetisasi saturasi, magnetisasi remanen, koersivitas, loop squareness, dan luas loop menurun seiring dengan penambahan konsentrasi doping chromium dalam sampel. Hasil uji SEM menunjukkan bahwa ketika konsentrasi doping ditambahkan ke sampel ukuran partikel menjadi lebih kecil, yaitu 1,316, 1,308, dan 0,856  $\mu\text{m}$ .*

**Kata kunci:** Ball Milling, Chromium, Pasir Alam Logas, Loop Histeresis, Morfologi.

Diterima 06-02-2023 | Disetujui 02-09-2023 | Dipublikasi 30-11-2023

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terkenal dengan kekayaan sumber daya alamnya. Sumber daya alam berupa bahan-bahan galian industri maupun bahan-bahan tambang diketahui tersebar menyeluruh di Negara

Indonesia. Terkhusus di Provinsi Riau dapat ditemukan banyak bahan tambang dan galian industri terutama pasir alam. Namun menurut kajian penelitian yang ada, pemanfaatan sumber daya seperti pasir besi ini belum dapat dilakukan dengan maksimal [1-3].

Pasir besi merupakan batuan sedimentasi yang mengandung sejumlah unsur, dan pada umumnya banyak terdapat unsur besi (Fe). Fase *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), *maghemite* ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), silika ( $\text{SiO}_2$ ), alimina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), rutil ( $\text{TiO}_2$ ) dan *ilmenite* ( $\text{FeTiO}_3$ ) [4,5]. Ukuran partikel oksida besi yang diperkecil hingga mencapai ukuran nanometer memiliki sifat superparamagnetik yang aplikasinya digunakan sebagai katalis, *drug delivery target*, media penyimpanan data, sensor magnetik, dan tinta di mesin *photocopy* [6,7].

Sintesis oksida besi telah dilakukan dengan berbagai metode oleh para peneliti, diantaranya *spray pyrolysis*, *forced hydrolysis*, reaksi oksidasi reduksi besi hidroksida, teknik perparasi hidrotermal, sol-gel, dan kopresipitasi untuk mendapatkan partikel oksida besi dengan ukuran nanopartikel [8]. Namun, cara paling sederhana untuk mempersiapkan nanopartikel hematit adalah metode *ball milling*. Keuntungan menggunakan metode ini adalah sederhana, efisien, hasil tinggi dan biaya rendah dibandingkan dengan metode lain [9,10].

Penelitian ini menggunakan metode *ball milling* untuk preparasi nanopartikel oksida besi dari pasir besi Logas di daerah Kuantan Singingi. Metode *ball milling* menggunakan tabung (*vial*) berisikan pasir alam dan bola-bola penumbuk yang akan diputar oleh sistem penggerak dengan perbandingan volume *vial* dan beban (pasir alam + bola *milling*) sekitar 30%. Nanopartikel hematite selanjutnya didoping dengan *chromium* untuk memodifikasi sifat kemagnetan dan morfologi. Penentuan sifat magnetic menggunakan *vibrating sample magnetometer* (VSM) dan morfologi menggunakan *scanning electron microscope* (SEM).

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu: magnet *neodymium iron boron* (NdFeB) sebagai pemisah partikel non magnetik dan magnetik, *ball milling* alat

penghancur sampel, VSM alat mengukur magnetisasi, SEM untuk melihat morfologi nanopartikel, dan laptop sebagai sebagai penyimpanan atau pengolah data.

### Pemisahan Oksida Besi dengan NdFeB

Pasir alam yang berasal dari lokasi pengambilan sampel (desa Logas) dipisahkan antar oksida besi dan non-oksida besi menggunakan magnet NdFeB. Tujuan pemisahan ini adalah untuk mendapatkan oksida besi yang lebih murni (terhindar dari non-oksida besi). Proses pemisahan oksida besi dengan magnet kuat NdFeB membutuhkan kaca preparat untuk tempat meletakkan sampel. Produk diletakkan menggunakan spatula keatas kaca preparat, kemudian magnet NdFeB di tempelkan di balik kaca dan digerakkan searah dengan luas kaca preparat. Oksida besi kemudian akan bergerak mengikurti arah magnet ketika digerakkan, sedangkan non oksida besi tidak.

### Proses *Ball Milling*

Produk NdFeB kemudian dihaluskan dengan metode *ball milling*. Metode ini merupakan proses penghancuran partikel oksida besi dan oksida non besi lainnya dengan cara menghancurkan partikel-partikel menjadi lebih kecil lagi dengan menggunakan bola-bola *milling* melalui tumbukan. Bola-bola *milling* yang ditempatkan dalam tabung *milling* (*vial*) akan saling bertabrakan dengan partikel sampel menghasilkan produk yang lebih halus.

Proses *ball milling* dilakukan dalam 3 tahap. Bola-bola *milling* yang digunakan dalam proses *milling* ini berdiameter 1,5 cm sebanyak 17 buah. Bola-bola *milling* dimasukkan kedalam dua buah tabung *milling* (*vial*) dengan volume kosong yaitu 1 liter. Kemudian kedua *vial* dimasukkan kedalam tabung *ball milling* diletakkan pada mesin *milling*. Setelah tahap pertama *ball milling* selama 50 jam, maka dilakukan pemisahan oksida besi dan non oksida besi lainnya dengan magnet NdFeB. Magnet dilapisi dengan plastik tipis dan

diarahkan di atas produk *ball milling* dengan jarak 4 cm. Oksida besi akan tertarik dan menempel pada plastik yang melapisi magnet, sehingga memudahkan proses pemisahan. Produk ini dinamakan BM1, kemudian produk BM 1 ini di *ball milling* lagi untuk tahap kedua dengan durasi yang sama dan dilakukan pemisahan dengan magnet NdFeB kembali. Tujuan dilakukannya pemisahan setiap sebelum dilakukan *ball milling* adalah untuk mendapatkan oksida besi yang lebih murni dan tidak banyak terkontaminasi oksida lain.

Selanjutnya produk BM2 dibagi menjadi 3 bagian dengan berat yang sama. Produk BM2 kemudian di doping untuk merubah sifat magnetik dan morfologinya. Proses doping dilakukan selama 20 jam *ball milling*. Maka total waktunya dalam 3 tahap adalah 120 jam.

### Proses Doping Chromium

Pada proses pendopongan partikel oksida besi pada produk BM2 dan konsentrasi berat tembaga (wt.%) dalam tabung *ball milling*. Proses pendopongan dilakukan selama 20 jam pada masing-masing produk dengan variasi konsentrasi *chromium* 0%, 10%, 20%. Sehingga hasil dari doping ini dinamakan produk BM3A, BM3B, dan BM3C.

### Penentuan Sifat Magnetik Menggunakan VSM

VSM adalah metode yang dapat digunakan untuk menganalisis sifat magnetik dari sampel. Karakterisasi dengan VSM mendapatkan nilai magnetisasi suatu bahan sebagai fungsi medan magnetik luar yang digunakan dan output berupa kurva hysteresis loop. Pada hasil output kurva hysteresis tersebut didapatkan nilai-nilai parameter kemagnetan yaitu magnetisasi saturasi ( $M_s$ ), magnetisasi remanen ( $M_r$ ), dan medan koersivitas ( $H_c$ ), serta *loop squareness* ( $S$ ) [5].

### Penentuan Morfologi Oksida Besi Menggunakan SEM

SEM adalah sejenis mikroskop yang menggunakan elektron sebagai pengganti

cahaya untuk melihat benda dengan resolusi tinggi. Nanopartikel oksida besi (produk BM3) ini ditentukan sifat morfologinya seperti bentuk dan ukuran dari nanopartikel oksida besi tersebut dengan SEM untuk dianalisa.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

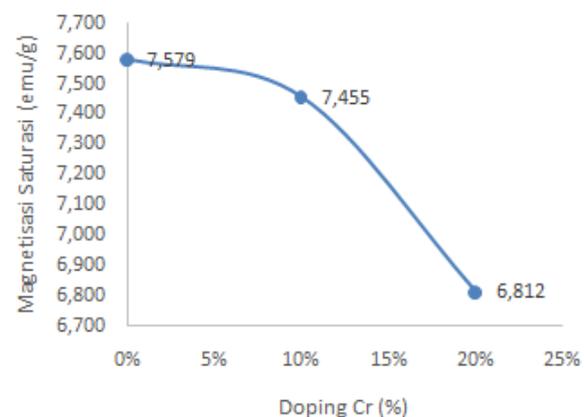
### Sifat Magnetik

Pengujian sifat magnetik nanopartikel  $\alpha$ - $Fe_2O_3$  yang di doping *chromium* dengan variasi konsentrasi 0%, 10%, dan 20% dan disintesis dengan metode *ball milling* dengan mempelajari loop hysteresisnya. Luaran dari VSM berupa loop hysteresis yang adalah plot dari nilai magnetisasi  $M$  (emu/g) terhadap medan luar  $H$  (Oe).

**Tabel 1.** Nilai parameter *loop hysteresis* nanopartikel.

Sampel	Sampel Magnetik				
	$M_s$	$M_r$	$H_c$	$S$	$A$
0%	7,79	1,425	238,03	0,188	1,2
10%	7,455	1,312	210,23	0,176	1,2
20%	6,812	1,112	195,34	0,163	1,1

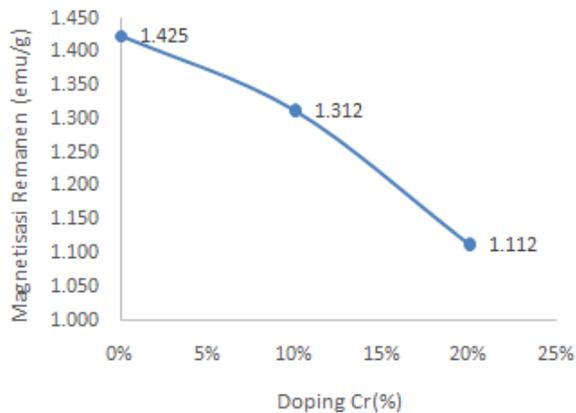
Parameter magnetik dari nanopartikel magnetik BM3 pada Tabel 1 di plot dalam bentuk grafik untuk mempelajari perubahan yang terjadi pada setiap sampel yang diuji (0%, 10%, dan 20%).



**Gambar 1.** Grafik perubahan nilai magnetisasi saturasi ( $M_s$ ).

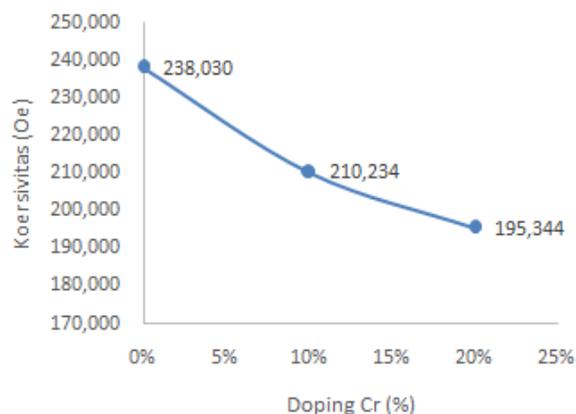
Nilai magnetisasi saturasi menunjukkan kemampuan bahan dalam termagnetisasi hingga mencapai titik jenuh yaitu saat

momen magnetik bahan sudah disearahkan seluruhnya. *Chromium* bersifat paramagnetik yang nilai magnetisasi saturasinya kecil dibandingkan dengan hematit yang bersifat ferromagnetik (lihat Gambar 1).



**Gambar 2.** Grafik perubahan nilai magnetisasi remanen ( $M_r$ ).

Penurunan nilai magnetisasi remanen disebabkan oleh interaksi antar partikel magnetic dalam sampel mengalami pengurangan karena adanya penambahan konsentrasi doping (lihat Gambar 2).



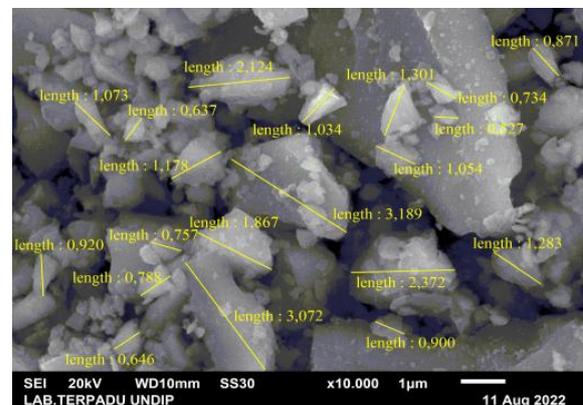
**Gambar 3.** Grafik perubahan nilai Koersivitas ( $H_c$ ).

Koersivitas ( $H_c$ ) adalah besar nilai medan magnet luar yang digunakan untuk membawa magnetisasi dari nanopartikel magnetik menjadi nol. Penurunan koersivitas disebabkan oleh besarnya ukuran terpisahnya butiran nanopartikel antara satu dengan lainnya oleh *chromium*, sehingga semakin kecil nilai medan magnet luar ( $H$ ) yang diperlukan untuk

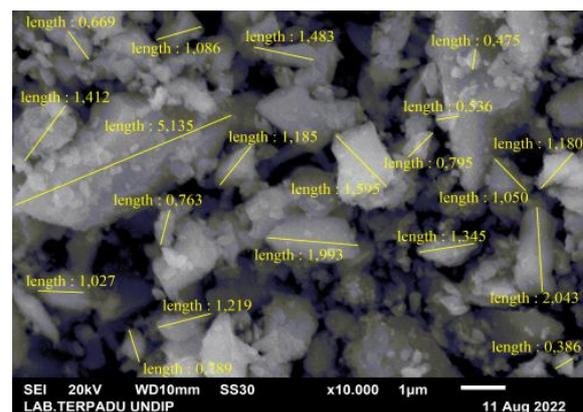
membawa magnetisasi menjadi nol (lihat Gambar 3).

*Loop squareness* ( $S$ ) adalah perbandingan antara nilai magnetisasi remanen ( $M_r$ ) dengan magnetisasi saturasi ( $M_s$ ). Luas *loop hysteresis* adalah luas daerah yang terdapat dalam kurva histeresis dengan satuan (kOe.emu/g). *Loop squareness* ( $S$ ) dan luas *area loop* ( $A$ ) berhubungan dengan nilai koersivitas bahan yang menurun. Penurunannya disebabkan interaksi antar partikel yang semakin meningkat sehingga data hasil uji menunjukkan penurunan.

### Morfologi Nanopartikel Oksida Besi



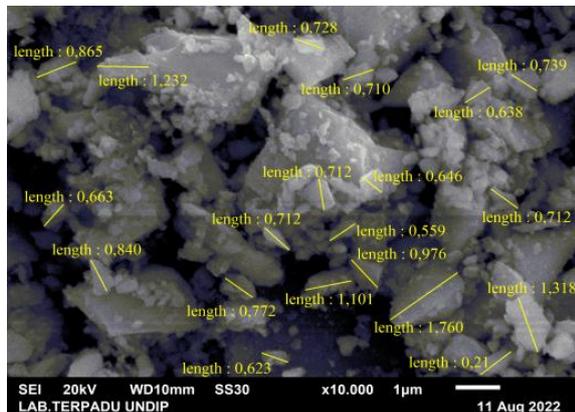
**Gambar 4.** Hasil pengolahan SEM produk BM3A 0 wt% diperbesar 10.000 kali.



**Gambar 5.** Hasil pengolahan SEM produk BM3B 10 wt% diperbesar 10.000 kali.

Pengujian ukuran partikel menggunakan SEM menghasilkan gambar yang dapat dianalisis untuk mengetahui bentuk dan ukuran partikel pasir besi setelah dilakukan penghancuran dengan metode *ball milling*. *Ball milling* pada pasir alam yang dilakukan

menggunakan bola-bola *milling* berdiameter 1,5 cm, menghasilkan partikel magnetik yang lebih kecil dan halus. Produk yang dianalisa merupakan hasil doping menggunakan *chromium* selama 20 jam *ball milling* dengan variasi konsentrasi doping yaitu 0, 10, dan 20 wt%.



**Gambar 6.** Hasil pengolahan SEM produk BM3C 20 wt% diperbesar 10.000 kali.

Gambar 4, 5, dan 6 menunjukkan hasil SEM dengan perbesaran 10.000 kali. Pada gambar diambil 20 titik acak untuk menentukan rata-rata ukuran partikel. Morfologi partikel pasir alam Desa Logas doping *chromium* memiliki ukuran yang halus hasil dari *ball milling* 120 jam dan tampak bahwa bentuk partikel irregular shape atau tidak beraturan dan tidak simetris. Pada data Tabel 2 terlihat penurunan ukuran rata-rata nanopartikel magnetik dari BM3A, BM3B, dan BM3C yang dipengaruhi konsentrasi doping pada produk.

**Tabel 2.** Data *mean* (rata-rata) ukuran partikel SEM perbesaran 10.000 kali.

Doping	0%	10%	20%
<i>Mean</i> (µm)	1,316	1,308	0,856

## KESIMPULAN

Sifat magnetik sampel yang diuji dengan menggunakan VSM menunjukkan bahwa nilai Magnetisasi saturasi ( $M_s$ ) yaitu 1,425 emu/g; 1,312 emu/g; dan 1,125 emu/g, Magnetisasi remanen ( $M_r$ ) 7,579 emu/g; 7,455 emu/g; dan 6,812 emu/g, Koersivitas ( $H_c$ ) nilainya menurun ketika konsentrasi *chromium*

ditingkatkan yaitu 238,03 Oe; 210,234 Oe; dan 195,344 Oe. Ukuran partikel magnetik berdasarkan foto SEM pada produk BM3A, BM3B, dan BM3C secara umum semakin kecil dengan nilai 1,316 pada 0%; 1,308 pada 10%; dan 0,856 pada 20%.

## REFERENSI

- Bødker, F., Hansen, M. F., Koch, C. B., Lefmann, K., & Mørup, S. (2000). Magnetic properties of hematite nanoparticles. *Physical Review B*, **61**(10), 6826.
- Nurhidayah, I., Sinuraya, S., Amiruddin, E., & Setiadi, R. N. (2023). Analisa perubahan suseptibilitas dan komposisi serta ukuran partikel oksida besi sebagai fungsi kecepatan putaran tabung *ball milling*. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **20**(1), 75–82.
- Kurniawan, R., Salomo, S., Erwin, E., & Defrianto, D. (2022). Pengaruh doping mangan terhadap komposisi dan sifat kristalinitas partikel oksida besi pasir alam Sungai Rokan dipreparasi dengan metode *ball milling*. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **19**(2), 113–118.
- Gubin, S. P., Koksharov, Y. A., Khomutov, G. B., & Yurkov, G. Y. (2005). Magnetic nanoparticles: preparation, structure and properties. *Russian Chemical Reviews*, **74**(6), 489.
- Safira, T. D., Sinuraya, S., Amiruddin, E., & Setiadi, R. N. (2023). Analisa kecepatan putaran tabung *ball mllllng* terhadap suseptibilitas magnetik dan komposlsl serta ukuran partlkel okslda besi pasir alam sungai rokan. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **20**(1), 83–90.
- Amiruddin, E., Awaluddin, A., Sihombing, M., Royka, A., & Syahrul, T. (2020). Morphology and structural properties of undoped and cobalt doped magnetic iron oxide particles for improving the

- environmental quality. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, **9**(6), 2249–8958.
7. Daviny, N., & Erwin, E. (2021). Pengaruh Ukuran Bola Milling terhadap Nilai Suseptibilitas Magnetik dan Distribusi Ukuran Nanopartikel Magnetik Disintesis dari Pasir Pantai Sungai Suci Bengkulu. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **18**(3), 204–207.
  8. Ahmad, T., Triwikantoro, T., Pratapa, S., & Darminto, D. (2009). Sintesis Partikel Nano Fe<sub>3</sub>-xMnxO<sub>4</sub> Berbasis Pasir Besi dan Karakterisasi Struktur serta Kemagnetannya. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, **1**(2), 67–73.
  9. Jiles, D. (1991). *Introduction to Magnetis and Magnetic Materials*. London: Chapman and Hall.
  10. Royka, A., & Amiruddin, E. (2021). Penentuan Nilai Suseptibilitas Dan Ukuran Partikel Magnetik Pasir Alam Logas Kabupaten Kuantan Singingi Menggunakan Variasi Ukuran Ball Milling. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **18**(1), 42–47.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)