

## ANALISA KOMPOSISI DAN UKURAN PARTIKEL OKSIDA BESI PASIR ALAM SUNGAI ROKAN DISINTESIS MENGGUNAKAN BALL MILLING DAN KOPRESIPITASI

Salomo\*, Erwin, Awitdrus, Rahmondia, Vepy Asyana, Riduan Alvinsen  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: salomo@lecturer.unri.ac.id

### ABSTRACT

*This research was conducted to convert natural sand from the Rokan River in Riau Province into magnetic iron oxide nanoparticles to investigate changes in magnetic properties and particle size. Natural sand samples from the Rokan River were separated into magnetic and non-magnetic particles using an iron sand separator (ISS). The ISS product was then synthesized using ball milling (BM) and coprecipitation methods. The product resulting from BM for 70 hours, the result of coprecipitation without BM and the result of coprecipitation with BM of 70 hours were then subjected to NdFeB (neodymium iron boron) magnets to remove impurities including non-magnetic elements. The results of this study indicate that the highest magnetic susceptibility value was obtained from the samples obtained from coprecipitation with BM for 70 hours, namely  $12.9 \times 10^{-2}$ . This is because the samples of coprecipitation with BM 70 hours contain abundant chemicals in the form of magnetic elements. The results of the examination of chemical composition using X-ray fluorescence (XRF) showed that the coprecipitation product with 70 hours BM contained 64.504% iron (Fe), while the 70 hour BM product and the coprecipitation product without BM each contained 15.023% Fe. and 54.152%. Analysis using ImageJ software on the Scanning Electron Microscopy (SEM) results identified particles in the 70 hour BM product measuring 255.227 nm, the coprecipitation product without BM measuring 238.7817 nm, and the coprecipitation product with BM measuring 104.9683 nm. Based on the particle size variability obtained, the coprecipitation product with 70 hours BM has a high uniformity of particle size.*

**Keywords:** Natural River Sand, Ball Milling (BM), Coprecipitation Method, Iron Sand Separator (ISS), X-Ray Fluorescence (XRF), Scanning Electron Microscope (SEM), Magnetic Probe Pasco PS-2162.

### ABSTRAK

*Penelitian ini dilakukan untuk mengubah pasir alam yang berasal dari Sungai Rokan di Provinsi Riau menjadi nanopartikel oksida besi magnetik untuk menyelidiki perubahan sifat magnetik dan ukuran partikel. Sampel pasir alam dari Sungai Rokan dipisahkan menjadi partikel magnetik dan non magnetik menggunakan iron sand separator (ISS). Produk ISS kemudian disintesis menggunakan metode ball milling (BM) dan kopresipitasi. Produk hasil BM 70 jam, hasil kopresipitasi tanpa BM dan hasil kopresipitasi dengan BM 70 jam selanjutnya dikenai magnet NdFeB (Neodymium Iron Boron) untuk menghilangkan kotoran yang termasuk elemen non magnetik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik tertinggi diperoleh dari sampel hasil kopresipitasi dengan BM selama 70 jam yaitu  $12,9 \times 10^{-2}$ . Hal ini dikarenakan sampel hasil kopresipitasi dengan BM 70 jam mengandung bahan kimia yang melimpah yaitu berupa unsur magnetik. Hasil pemeriksaan komposisi kimia menggunakan X-ray fluorescence (XRF) menunjukkan bahwa produk kopresipitasi dengan BM 70 jam mengandung 64,504% besi (Fe), sedangkan produk BM 70 jam dan produk kopresipitasi tanpa BM masing-masing memiliki kandungan Fe sebesar 15,023% dan 54,152%. Analisis menggunakan software ImageJ pada hasil Scanning Electron Microscopy (SEM) mengidentifikasi partikel pada produk BM 70 jam berukuran 255,227 nm, produk kopresipitasi tanpa BM berukuran 238,7817 nm, dan produk kopresipitasi dengan BM berukuran 104,9683 nm. Berdasarkan variabilitas ukuran partikel yang diperoleh, produk kopresipitasi dengan BM 70 jam memiliki keseragaman ukuran partikel yang tinggi.*

**Kata kunci:** Pasir Alam Sungai, Ball Milling (BM), Metode Kopresipitasi, Iron Sand Separator (ISS), X-Ray Fluorescence (XRF), Scanning Electron Microscope (SEM), Probe Magnetic Pasco PS-2162.

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki bahan magnet alam yang melimpah termasuk pasir besi. Pasir besi merupakan material magnet alami yang terbentuk dari hasil erosi batuan geomorfik yang terdiri dari andesit, tufa, aglomerat, dan material piroklastik lainnya. Sebaran pasir besi di Indonesia tersebar di beberapa pulau yaitu Sumatera, Jawa, Sulawesi, Kalimantan dan Papua. Sumatera memiliki 29 sumber alam pasir besi, 10 di antaranya memiliki cadangan lebih dari 1 juta ton. Pemanfaatan pasir besi di Indonesia belum optimal karena saat ini hanya digunakan sebagai bahan tambahan dalam produksi semen. [1].

Pasir besi adalah material yang mengandung oksida besi magnetik yang terdiri dari magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dan maghemite ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Karena komponen magnetik yang terkandung dalam pasir besi, pasir besi banyak digunakan di berbagai bidang seperti elektronik, listrik, kimia, ferrofluids, katalis, dan diagnostik medis. Dengan pengolahan lebih lanjut pasir besi, dimungkinkan untuk menciptakan berbagai macam kegunaan untuk pasir besi. Salah satu pengolahan lebih lanjut dari pasir besi adalah mengubah pasir besi menjadi nanopartikel oksida besi magnetik [2].

Di bidang industri, magnetit besi oksida dapat digunakan sebagai magnet permanen dan film tipis dalam teknik elektro. Hematit besi oksida, di sisi lain, dapat digunakan sebagai bahan baku katoda pada baterai lithium, sensor gas etanol, dan superkapasitor. Oksida besi maghemite juga dapat digunakan sebagai bahan superkapasitor untuk elektroda dan sebagai bahan dasar pembuatan tinta kering untuk mesin fotokopi dan printer laser [3].

*Ball milling* (BM) adalah metode fisika pada pembuatan nanomaterial dengan mengurangi ukuran partikel. Penggilingan bola menggunakan teknologi *planetary* BM sebagai alat untuk proses penggilingan bahan menjadi sangat halus. *Planetary* BM adalah metode atomisasi yang menggunakan teknologi serbuk paduan mekanis untuk menghasilkan material

berukuran nano dalam waktu singkat dengan memanfaatkan energi tumbukan antara bola gerinda dan bola pada dinding wadah [4]. Pada sintesis nanopartikel dari pasir besi menggunakan metode BM, unsur pengotor yang ikut bersama pasir besi yang telah di BM dapat dipisahkan dengan menggunakan magnet.

Metode kopresipitasi merupakan salah satu metode sintetik sederhana nanopartikel magnetik. Partikel yang dihasilkan dari proses ini relatif stabil dan praktis tidak larut dalam pelarut [5]. Prinsip kerja proses kopresipitasi adalah mengubah garam logam menjadi endapan dengan menambahkan endapan hidroksida basa, yang diubah menjadi bentuk oksida dengan pemanasan [6].

XRF (*X-ray fluorescence*) merupakan salah satu uji karakterisasi bahan yang paling banyak digunakan untuk mengetahui komposisi kimia dan konsentrasi unsur dalam sampel menggunakan spektroskopi kandungan sampel [7]. Scanning Electron Microscope (SEM) adalah alat inspeksi mirip mikroskop yang menggunakan berkas elektron untuk menentukan ukuran butir dan morfologi permukaan sampel yang diperiksa [8].

Penelitian ini menjelaskan pengaruh metode kombinatorial yang digunakan selama sintesis nanopartikel oksida besi terhadap nilai induksi magnetik, suseptibilitas magnetik, dan komposisi kimia sampel menggunakan karakterisasi XRF.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir alam Sungai Rokan sebagai sampel penelitian, *iron sand separator* (ISS) sebagai alat pemisah partikel magnetik dan non magnetik, BM sebagai alat penghancur sampel, NdFeB (neodymium iron boron) magnet batang sebagai pemisah partikel magnetik yang mengandung pengotor, asam klorida (HCl) sebagai pelarut pasir besi, amonium hidroksida ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) sebagai pengendap, Aquades sebagai cairan pencuci,

*poly ethylene glycol* (PEG)-6000 sebagai polimer untuk mengontrol ukuran partikel sampel yang disintesis, kertas saring sebagai bahan untuk menyaring larutan, gelas ukur sebagai alat yang digunakan untuk mengukur volume zat yang digunakan, untuk menimbang bahan yang digunakan timbangan digital yang digunakan sebagai alat, magnetic stirrer, ultrasonic bath yang digunakan sebagai alat untuk sonikasi sampel, furnace yang digunakan sebagai alat untuk mengeringkan sampel pada suhu tinggi, XRF digunakan sebagai alat karakterisasi untuk menentukan komposisi kimia dari sampel dan SEM digunakan sebagai alat karakterisasi untuk menentukan ukuran partikel dari sampel.

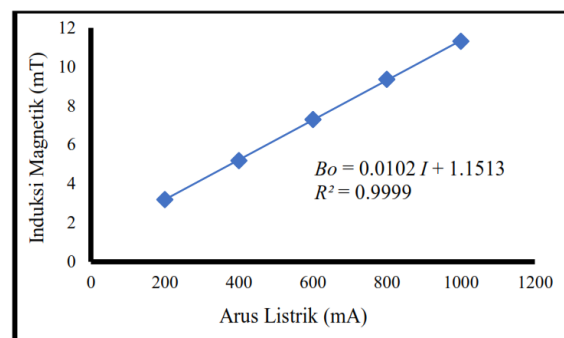
### Prosedur Penelitian

Sampel pasir alam Sungai Rokan dipisahkan dari partikel magnetik dan non-magnetik menggunakan ISS dengan kecepatan putaran belt 0,9 cm/s dan frekuensi getaran 2 Hz. Proses ISS diulang sebanyak 3 kali untuk membentuk produk ISS 300 gram. Produk yang dipisahkan dari ISS disebut produk ISS. Sebuah produk ISS dengan berat hingga 300 gram dibagi menjadi tiga bagian masing-masing 100 gram, selanjutnya disebut Sampel A, B dan C. sampel A dan B di BM selama 70 jam menggunakan 16 buah bola besi dengan diameter 2 cm pada kecepatan 200 rpm. Sampel A hasil dari 70 jam BM, selanjutnya disebut produk BM 70 jam. Sampel B dari ball mill dan sampel C dari produk ISS kemudian disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Masing-masing 10 gram sampel B dan C diambil dan dicampur dengan 20 ml asam klorida (HCl 12M) kemudian diaduk pada suhu 90°C selama 60 menit dengan menggunakan magnetic stirrer. Larutan B dan C kemudian disaring menggunakan kertas saring, ditambahkan 25 mL amonium hidroksida (NH<sub>4</sub>OH 25%), dan dibiarkan selama 30 menit sampai terbentuk endapan hitam pekat. Larutan B dan larutan C yang telah terjadi pengendapan, dicuci dengan aquades sebanyak tiga kali sampai pH larutan menjadi netral, yaitu pH 7.

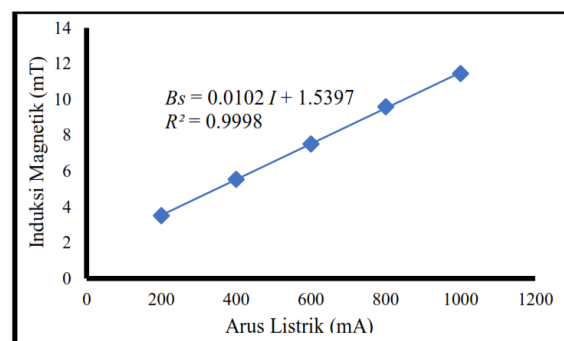
PEG-6000 dipanaskan pada suhu 100°C hingga mencair dan ditambahkan dengan dengan larutan B dan C dengan perbandingan 1:5 dan diaduk dengan magnetic stirrer. Larutan B dan larutan C yang ditambahkan PEG-6000 ditempatkan dalam ultrasonic bath pada suhu 50°C selama 3 jam. Larutan pekat B dan C kemudian dikeringkan dengan menggunakan furnace pada suhu 400°C selama 3 jam. Sampel B yang dikeringkan kemudian disebut sebagai produk kopresipitasi dengan BM 70 jam dan sampel C sebagai produk kopresipitasi tanpa BM. Nilai induksi magnetik pada masing-masing sampel diukur, suseptibilitas magnetik dihitung, dan digunakan XRF dan SEM dengan perbesaran 10.000 kali sebagai alat karakterisasi.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

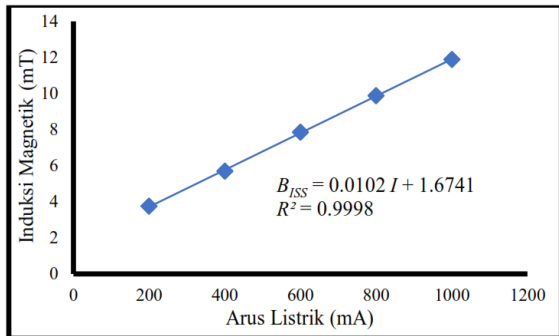
#### Induksi Magnetik dan Suseptibilitas Magnetik



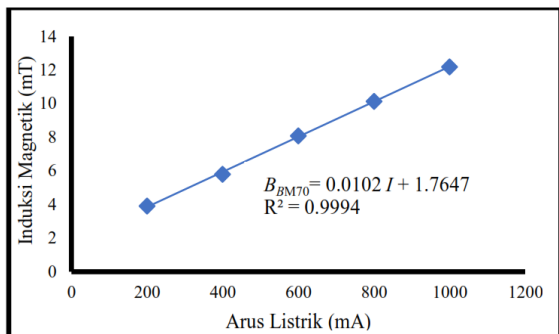
**Gambar 1.** Grafik hubungan antara induksi magnetik selenoid tanpa inti dengan arus listrik sebagai fungsinya.



**Gambar 2.** Grafik hubungan arus listrik (*I*) dengan induksi magnetik pada sampel pasir alam sungai rokan (*B<sub>s</sub>*).



**Gambar 3.** Grafik hubungan antara arus listrik ( $I$ ) dengan induksi magnetik pada produk ISS ( $B_{ISS}$ ).

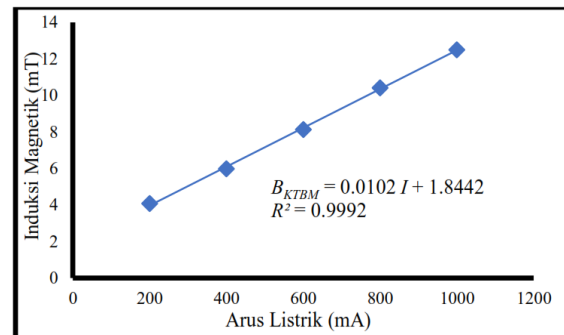


**Gambar 4.** Grafik hubungan antara arus listrik ( $I$ ) dengan induksi magnetik pada produk BM 70 jam ( $B_{BM70}$ ).

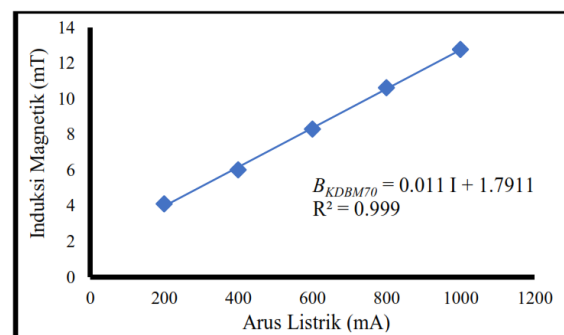
Pengukuran induksi magnetik solenoida dilakukan menggunakan sensor Pasco Probe Ps-2162 yang terhubung ke perangkat laptop dengan perangkat lunak data audio yang diinstal. Pengukuran induksi elektromagnetik terdiri dari pengukuran induksi tanpa inti ( $B_0$ ), pengukuran induksi magnetik pasir alam Sungai Rokan ( $B_S$ ), pengukuran induksi magnetik produk ISS ( $B_{ISS}$ ), pengukuran induksi magnetik produk BM 70 jam ( $B_{BM70}$ ), pengukuran induksi magnetik produk kopresipitasi tanpa BM ( $B_{KTBM}$ ) dan produk kopresipitasi dengan BM 70 jam ( $B_{KDBM70}$ ). Saat mengukur nilai induksi magnetik solenoida, diberikan 5 variasi arus yaitu 200 mA, 400 mA, 600 mA, 800 mA, dan 1000 mA. Sensor Pasco Probe Ps-2162 yang ditempatkan pada jarak tetap 1 mm dari solenoida yang digunakan untuk mengukur nilai induksi magnetik solenoida.

Berdasarkan Gambar 1, 2, 3, 4, 5, dan 6, nilai induksi magnet yang diperoleh sebanding dengan nilai arus yang diberikan sebagai fungsi.

Berdasarkan Gambar 1, nilai maksimum induksi magnet tanpa inti adalah 11,308 mT. Berdasarkan Gambar 2, nilai induksi magnetik maksimum untuk pasir alam Sungai Rokan diperoleh ketika arus 1000 mA diterapkan adalah 11,452 mT. Berdasarkan Gambar 3, nilai induksi magnetik maksimum untuk produk ISS diperoleh ketika arus 1000 mA diterapkan adalah 11,981 mT. Dari Gambar 4, nilai induksi magnetik tertinggi diperoleh untuk produk BM 70 jam saat diberikan arus sebesar 1000 mA yaitu sebesar 12.964 mT. Berdasarkan Gambar 5, nilai induksi magnetik tertinggi di kopresipitasi tanpa BM diperoleh ketika arus 1000 mA diterapkan adalah 13.098 mT. Berdasarkan Gambar 6, nilai induksi magnetik maksimum diperoleh untuk produk kopresipitasi dengan BM setelah 70 jam ketika arus 1000 mA diterapkan adalah 13,118 mT.



**Gambar 5.** Grafik hubungan arus listrik ( $I$ ) dengan induksi magnetik pada produk kopresipitasi tanpa BM ( $B_{KTBM}$ ).



**Gambar 6.** Grafik hubungan arus listrik ( $I$ ) dengan induksi magnetik pada produk kopresipitasi dengan BM 70 jam ( $B_{KDBM70}$ ).

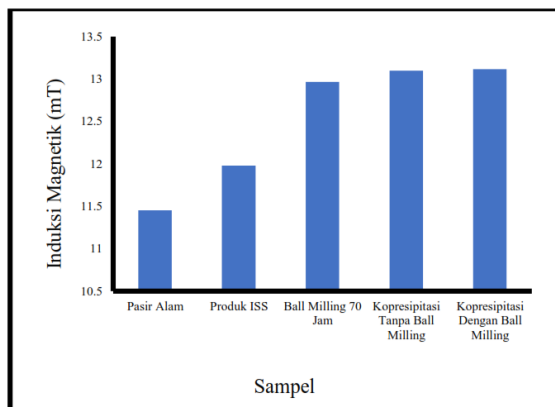
Suseptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) setiap sampel dapat dihitung dari nilai induksi magnetik yang

didapat. Suseptibilitas magnetik dihitung dengan menggunakan total induksi magnetik (BT) termasuk inti untuk setiap sampel, dikurangi nilai induksi magnetik tanpa inti (BO) dan dibagi dengan induksi magnetik tanpa inti (BO). Nilai induksi magnetik dan suseptibilitas magnetik untuk setiap sampel ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai induksi magnetik dan suseptibilitas magnetik setiap sampel pada arus 1000 mA.

Sampel	Bt (mT)	$\chi_m (10^{-2})$
Pasir alam	11,45	1,27
Produk ISS	11,98	5,07
Produk BM 70 Jam	12,96	7,84
Kopresipitasi tanpa BM	13,01	10,52
Kopresipitasi dengan BM	13,12	12,91

Data dalam Tabel 1 dapat digambarkan dalam bentuk grafik batang untuk menampilkan perbandingan nilai induksi magnetik total pada arus 1000 mA masing-masing sampel seperti terlihat pada Gambar 7.

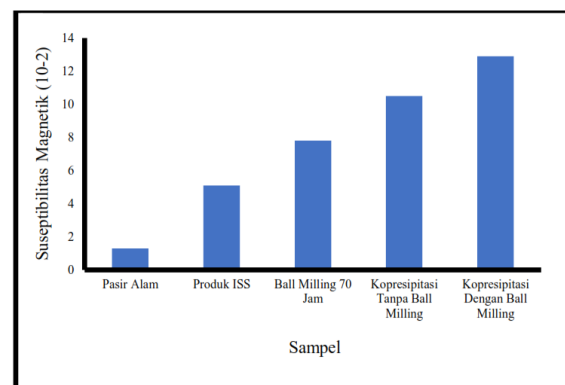


**Gambar 7.** Grafik perbandingan nilai induksi magnetik selenoida total setiap sampel pada arus 1000 mA.

Gambar 7 menunjukkan bahwa sampel kopresipitasi dengan ball milling 70 jam memiliki nilai induksi magnetik paling tinggi dibandingkan sampel lainnya. Nilai induksi magnetiknya sebesar 131.18 mT ketika sampel diberikan arus 1000 mA. Sintesis menggunakan

BM 70 jam sendiri menghasilkan partikel yang cukup kecil dengan nilai induksi magnet yang cukup tinggi yaitu 12.964 mT. sementara itu, Sampel pasir alam dari sungai Rokan menghasilkan pembacaan induksi magnetik yang cukup rendah yaitu 11,452 mT. Hal ini dikarenakan partikel magnetik pada sampel pasir alam masih sangat besar dan sampel masih tercampur dengan pasir yang tidak mengandung material magnetik.

Data pada Tabel 1 diplot kembali dalam bentuk grafik untuk menunjukkan perbandingan induksi magnetik total pada 1000 mA untuk setiap sampel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik perbandingan nilai suseptibilitas magnetik setiap sampel pada arus 1000 mA.

Gambar 8 menunjukkan bahwa sampel pasir alam memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang sangat rendah yaitu  $1,27 \times 10^{-2}$ . Nilai tersebut hanya 1 per 12 kali lebih rendah dari nilai suseptibilitas magnetik sampel kopresipitasi dengan BM 70 jam, yaitu sampel dengan dua metode sintesis (BM dan kopresipitasi). Hal ini dikarenakan sampel pasir alami Sungai Rokan mengandung kandungan magnet yang sangat sedikit, yang mengakibatkan nilai induksi magnetik rendah dan mempengaruhi nilai suseptibilitas magnetik yang dihitung. Untuk sampel BM 70 jam diperoleh nilai suseptibilitas magnetik sebesar  $7,84 \times 10^{-2}$ . Apabila sampel disintesis kembali dengan menggunakan metode kopresipitasi dapat meningkatkan

nilai suseptibilitas magnetik produk BM 70 jam sebesar 64,785%.

### Komposisi Kimia pada Sampel

Karakterisasi menggunakan XRF diperlukan pada penelitian ini untuk dapat mengidentifikasi kandungan bahan kimia yang terkandung pada masing – masing sampel. Identifikasi komposisi bahan kimia pada setiap sampel dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

**Tabel 2.** Hasil identifikasi komposisi kimia pada produk BM 70 jam menggunakan XRF.

Unsur	Konsentrasi (%)	Senyawa Oksida	Konsentrasi (%)
Si	57,894	SiO <sub>2</sub>	67,177
Fe	15,023	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,286
Al	12,251	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,262
Ca	5,996	CaO	3,611
K	2,964	K <sub>2</sub> O	1,580
Mg	2,032	MgO	2,242
Ti	1,727	TiO <sub>2</sub>	1,190
P	1,064	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,123
Ag	0,532	Ag <sub>2</sub> O	0,255
Mn	0,296	MnO	0,15
Unsur lain	0,211	Senyawa lain	0,124

Dari data pada Tabel 2 terlihat bahwa pada produk BM 70 jam memiliki kandungan silika (Si) sangat dominan baik pada oksida unsur maupun oksida senyawa, 57,894% pada unsur dan 67,177% pada oksida senyawa. Hal ini membuat hasil pengukuran nilai induksi magnetik dan hasil perhitungan suseptibilitas magnetik produk BM 70 jam menjadi sangat rendah. Hal ini dikarenakan produk BM masih didominasi oleh unsur non magnetik yaitu unsur yang mengandung silika.

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa unsur-unsur magnetik yang dominan, seperti Fe sebesar 54,152%, Al sebesar 24,86% dan unsur-unsur magnetik lainnya. Sedangkan unsur non magnetik hanya mengandung 1.279% jenis silika dan 1.294% fosfor. Kandungan unsur magnetik yang tinggi dalam suatu bahan akan meningkatkan nilai induksi magnet dan

suseptibilitas magnet bahan tersebut. Akibatnya, nilai induksi magnetik dan suseptibilitas magnetik untuk produk kopresipitasi tanpa BM lebih tinggi daripada produk BM 70 jam.

**Tabel 3.** Hasil identifikasi komposisi kimia pada produk kopresipitasi tanpa BM menggunakan XRF.

Unsur	Konsentrasi (%)	Senyawa Oksida	Konsentrasi (%)
Fe	54,152	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	46,046
Al	24,86	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,349
Cl	5,786	ClO	3,969
Ca	5,664	CaO	5,190
Ti	3,741	TiO <sub>2</sub>	3,997
Si	1,279	SiO <sub>2</sub>	1,930
P	1,294	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,074
Ag	0,949	Ag <sub>2</sub> O	0,681
K	0,618	K <sub>2</sub> O	0,495
Mn	0,652	MnO	0,511
Unsur lain	1,005	Senyawa lain	0,758

**Tabel 4.** Hasil identifikasi komposisi kimia pada produk kopresipitasi dengan *ball milling* menggunakan XRF.

Unsur	Konsentrasi (%)	Senyawa Oksida	Konsentrasi (%)
Fe	64,504	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	58,41
Al	17,404	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,755
Cl	6,359	ClO	4,567
Ca	3,912	CaO	3,775
Ti	2,914	TiO <sub>2</sub>	3,285
P	1,104	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,849
Ag	1,069	Ag <sub>2</sub> O	0,805
Mn	0,840	MnO	0,698
Si	0,399	SiO <sub>2</sub>	0,628
K	0,364	K <sub>2</sub> O	0,306
Unsur lain	1,131	Senyawa lain	0,750

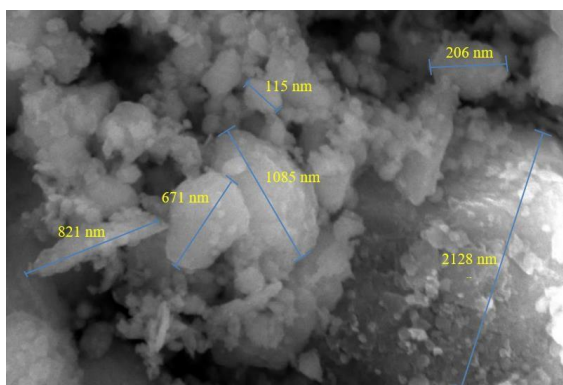
Dari data pada Tabel 4 terlihat bahwa komponen magnetik kembali mendominasi kandungan pada sampel kopresipitasi dengan BM 70 jam. Unsur Fe pada produk kopresipitasi dengan BM 70 jam meningkat 10,352% dibandingkan produk kopresipitasi

tanpa BM, dan meningkat tajam sebesar 49,481% dibandingkan produk dengan 70 jam BM.

Sebaliknya, unsur non magnetik seperti silika pada produk kopresipitasi dengan BM 70 jam mengalami penurunan. Hal ini berarti produk kopresipitasi dengan BM 70 jam memiliki sifat magnet yang lebih baik dibandingkan dengan produk dengan BM 70 jam atau kopresipitasi tanpa BM. Hal ini sesuai dengan nilai induksi magnetik dan suseptibilitas magnetik yang diperoleh untuk produk kopresipitasi dengan BM 70 jam meningkat pesat dibandingkan dengan produk BM 70 jam dan kopresipitasi tanpa BM.

### Ukuran Partikel pada Sampel

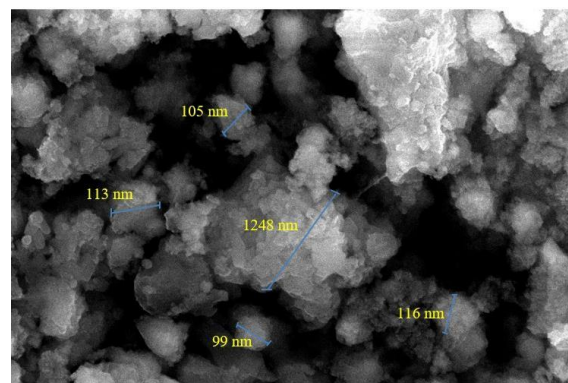
Karakterisasi menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) diperlukan pada penelitian ini untuk dapat mengetahui struktur morfologi permukaan sampel dan ukuran partikel pada masing – masing sampel Untuk dapat mengetahui ukuran partikel pada sampel adalah dengan menganalisa hasil SEM setiap sampel dengan menggunakan *software ImageJ*. Berdasarkan hasil uji menggunakan SEM didapatkan gambar struktur morfologi permukaan sampel yaitu produk BM 70 jam yang dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Struktur morfologi permukaan pada produk BM 70 jam hasil uji SEM dengan perbesaran 10.000 kali.

Berdasarkan Gambar 9 terlihat bahwa produk hasil BM 70 jam memiliki partikel berupa bongkahan–bongkahan yang cenderung

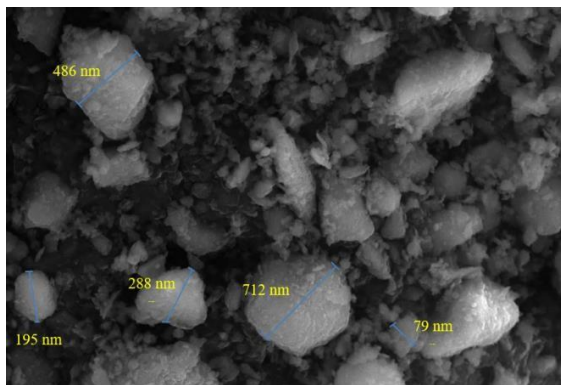
berbentuk bulat. Bongkahan yang terdapat pada produk BM 70 jam memiliki ukuran yang beragam mulai dari bongkahan kecil hingga terdapat bongkahan berukuran sangat besar. Bongkahan besar partikel pada gambar memperlihatkan partikel-partikel pada produk BM 70 jam mengalami penggumpalan. Penggumpalan (aglomerasi) yang terjadi partikel tersebut disebabkan karena adanya surface area yang besar yaitu rasio antara volume dengan luas permukaan partikel sehingga menghasilkan energi permukaan (surface energy) yang tinggi. Penggumpalan partikel ini menyebabkan ukuran partikel pada sampel menjadi lebih besar. Berdasarkan hasil analisa gambar hasil SEM pada Gambar 9 menggunakan software ImageJ didapatkan bahwa partikel yang terdapat pada sampel memiliki ukuran rata-rata 255,227 nm. Ukuran partikel yang cukup besar ini disebabkan karena banyak partikel pada sampel mengalami aglomerasi (penggumpalan) satu sama lain.



**Gambar 10.** Struktur morfologi permukaan pada produk kopresipitasi tanpa BM hasil uji SEM dengan perbesaran 10.000 kali.

Berdasarkan Gambar 10 terlihat bahwa produk kopresipitasi tanpa BM memiliki partikel berupa bongkahan–bongkahan yang tidak teratur bentuknya namun setiap sisi bongkahan didominasi dengan sisi tumpul dan bongkahan berbentuk bulat. Bongkahan yang terdapat pada produk kopresipitasi memiliki ukuran yang beragam dan ukuran bongkahan partikelnya tidak sebesar bongkahan partikel pada produk BM 70 jam. Hal ini menunjukkan bahwa produk kopresipitasi tanpa BM memiliki

pengumpulan partikel yang lebih kecil yang disebabkan oleh penambahan PEG-6000 dan penembakan gelombang ultrasonik kepada sampel ketika proses sintesis sampel dilakukan. Pengumpulan partikel yang semakin sedikit ini menyebabkan ukuran partikel pada sampel akan menjadi lebih kecil dan homogenitas ukuran partikelnya menjadi lebih besar. Berdasarkan hasil analisa Gambar 10 menggunakan *software ImageJ* didapatkan bahwa partikel yang terdapat pada sampel memiliki ukuran partikel 238,7817 nm.



**Gambar 11.** Struktur morfologi permukaan pada produk kopresipitasi dengan BM hasil uji SEM dengan perbesaran 10.000 kali.

Berdasarkan Gambar 11 terlihat bahwa produk kopresipitasi dengan BM 70 jam memiliki partikel berupa bongkahan-bongkahan yang berbentuk hampir bulat. Bongkahan yang terdapat pada produk kopresipitasi dengan BM memiliki ukuran yang beragam dan ukuran bongkahan partikelnya terlihat menjadi lebih kecil dari produk kopresipitasi tanpa BM dan produk BM 70 jam. Berdasarkan hasil analisa Gambar 11 menggunakan *ImageJ* diperoleh bahwa partikel yang terdapat pada sampel berukuran 104,9683 nm. Ukuran partikel pada produk kopresipitasi dengan BM tidak terlalu signifikan perbedaannya jika dibandingkan dengan produk kopresipitasi tanpa BM. Hal ini disebabkan kedua produk tersebut mendapat perlakuan sama yaitu menggunakan PEG-6000 dan melalui proses sonikasi selama 3 jam pada suhu 50°C ketika disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Selain akibat penambahan

PEG-6000, gelombang kejut yang diberikan melalui proses sonikasi juga dapat mengurangi pengumpulan partikel yang terjadi yaitu dengan meningkatkan dispersi nanopartikel pada sampel. Semakin tinggi suhu sonikasi maka morfologi partikel akan lebih jelas dan pengumpulan partikel semakin berkurang.

## KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Nilai induksi magnetik dipengaruhi oleh arus listrik sebagai fungsinya. Berdasarkan pengukuran nilai induksi magnetik dan susceptibilitas magnetik saat diberikan arus sebesar 1000 mA pada produk ISS diperoleh sebesar 11,881 mT dan  $5,1 \times 10^{-2}$  sedangkan pada produk hasil BM 70 jam diperoleh sebesar 12,194 mT dan  $7,8 \times 10^{-2}$ .
2. Berdasarkan pengukuran nilai induksi magnetik dan susceptibilitas magnetik saat diberikan arus sebesar 1000 mA pada produk BM 70 jam diperoleh sebesar 12,194 mT dan  $7,8 \times 10^{-2}$ , pada produk kopresipitasi tanpa BM diperoleh sebesar 12,498 mT dan  $10,5 \times 10^{-2}$  serta pada produk kopresipitasi dengan BM 70 jam diperoleh sebesar 12,768 mT dan  $12,9 \times 10^{-2}$  dimana arus listrik sebagai fungsi dari nilai induksi magnetik dan susceptibilitas magnetik yang diperoleh.
3. Berdasarkan hasil identifikasi bahan kimia menggunakan XRF, unsur persentase unsur Fe pada setiap produk adalah 15,023% pada produk BM 70 jam, 54,152 % pada produk kopresipitasi tanpa BM dan 64,504% pada produk kopresipitasi dengan BM.
4. Berdasarkan hasil uji SEM, diperoleh ukuran partikel pada setiap produk adalah 255,227 nm pada produk BM 70 jam, 238,7817 nm pada produk kopresipitasi tanpa *ball milling* dan 104,9683 nm pada produk kopresipitasi dengan BM 70 jam.



## REFERENSI

1. Nengsih, S. (2018). Potensi Nanopartikel Magnetit Pasir Besi Lampanah Aceh Besar Melalui Studi Kajian Teknik Pengolahan, Sintesis Dan Karakteristik Struktur. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 2(1), 1–8. doi.org/10.22373/crc.v2i1.3246.
2. Purwanto, S., & Dani, M. (2017). Struktur mikro Dan Sifat Magnet Pasir Besi Pasca Ultrasonifikasi. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 19(1), 14. doi.org/10.17146/jsmi.2017.19.1.4129.
3. Tebriani, S. (2019). Analisis Vibrating Sample Magnetometer ( VSM ) Pada Hasil Elektrodeposisi Lapisan Tipis Magnetite Menggunakan Arus continue Direct Current. *Natural Science Journal*, 5(1), 722–730.
4. Burmeister, C. F. dan A. Kwade. 2013. *Process engineering with planetary ball mills*. *Chemical Society Reviews*. 42(18):7660–7667.
5. Ningsih, S. K. W. (2016). *Sintesis Anorganik*. Padang: UNP Press.
6. Aygar, G., Kaya, M., Özkan, N., Kocabiyik, S., & Volkan, M. (2015). Preparation of silica coated cobalt ferrite magnetic nanoparticles for the purification of histidine-tagged proteins. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 87, 64–71. doi.org/10.1016/j.jpcs.2015.08.005.
7. Malvern Instrumets Limited. 2012. A Basic Guide to Particle Characterization. Tersedia di [www.malvern.com](http://www.malvern.com) [diakses 10-10-2021].
8. Wijayanto, S. O., & Bayuseno, A. . (2014). Analisis Kegagalan Material Pipa Ferrule Nickel Alloy N06025 Pada Waste Heat Boiler Akibat Suhu Tinggi Berdasarkan Pengujian : Mikrografi Dan Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin Undip*, 1(4), 33–39.



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