

PENGOLAHAN PASIR BESI UNTUK MENINGKATKAN KADAR TITANIUM (Ti) DENGAN METODE PEMISAHAN MAGNETIK SECARA BASAH

PROCESSING OF IRON SAND TO INCREASE TITANIUM (Ti) LEVELS WITH WET MAGNETIC SEPARATION METHOD

Fathan Bahfie¹, Edi Ariansyah Harahap², Muhammad Iqbal Alfarisy², La Ode Arham²

¹Pusat Riset Teknologi Pertambangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional Indonesia
Jalan Ir. Sutami Km. 15 Lampung Selatan, Lampung, Indonesia, 35361

²Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Sumatera
Jalan Terusan Ryacudu, Lampung Selatan, Lampung, Indonesia, 35365

Dikirim 2 November 2022, Direvisi 12 Nvember 2022, Disetujui 28 November 2022

Abstrak: Pasir besi merupakan jenis pasir yang mengandung magnetit (Fe_3O_4). Pasir besi sering dijumpai di sepanjang pantai dan memiliki penampakan yang berkilau dan berwarna hitam. Adanya kandungan titanium dalam ilmenit ($FeTiO_3$) dapat memberikan nilai tambah yang signifikan pada pasir besi. Pada penelitian ini, pasir besi dilakukan proses pengayakan 100 mesh untuk homogenisasi dan proses pemisahan dengan metode magnetisasi basah sebanyak 4 kali. Konsentrat dan tailing hasil proses pemisahan magnetik kondisi basah dengan variasi 2, 4, 6, dan 8 kali pengulangan kemudian dilakukan pengujian XRF dan SEM-EDS untuk mengetahui persen Ti dan morfologi. Hasil optimal peningkatan titanium didapatkan pada kondisi pemisahan magnet secara 4 kali pengulangan dengan morfologi dan penyebaran titanium. Pemisahan titanium dengan metode pemisahan magnet basah dapat meningkatkan kandungan titanium dari 3,05 %berat menjadi 6,178 %berat dan mereduksi persen besi.

Kata kunci: pasir besi, titanium, magnetik separasi, proses pengolahan.

Abstract: Iron sand is a type of sand that contains magnetite (Fe_3O_4). Iron sand is often found along the coast and has a shiny and black appearance. The presence of titanium content in ilmenite ($FeTiO_3$) can provide significant added value to iron sand. In this study, the iron sand was sifted through 100 mesh for homogenization and the separation process was carried out by the wet magnetization method 4 times. The concentrate and tailings from the magnetic separation process in wet conditions with variations of 2, 4, 6, and 8 repetitions were then tested for XRF and SEM-EDS to determine the percent Ti and morphology. Optimal results of titanium enhancement were obtained under magnetic separation conditions in 4 repetitions with titanium morphology and dispersion. Separation of titanium by wet magnetic separation method can increase the titanium content from 3.05% by weight to 6.178% by weight and reduce the percentage of iron.

Keywords: iron sand, titanium, magnetic separation, processing.

PENDAHULUAN

Tulisan Pasir besi merupakan jenis pasir yang mengandung magnetit (Fe_3O_4). Pasir besi sering dijumpai di sepanjang pantai dan memiliki penampakan yang berkilau dan berwarna hitam (Datun dkk, 1996; Hall dkk, 2012; Juharni, 2016). Semakin gelap warna dari pasir tandanya mengandung mineral besi yang tinggi. Untuk menguji kandungan besi yang terdapat pada pasir besi, dapat dilakukan dengan mudah. Contohnya dengan menggunakan magnet, lalu dekatkan dengan pasir tersebut. Jika banyak mineral besi yang tertarik oleh

magnet tersebut, maka dapat dipastikan pasir tersebut adalah pasir besi. Pasir besi terbentuk karena proses penghancuran oleh cuaca, air permukaan dan gelombang terhadap batuan asal yang mengandung mineral besi, kemudian terakumulasi serta tercuci oleh gelombang air laut. Prospek pasir besi di Indonesia sudah dieksplorasi bahkan dieksploitasi untuk dimanfaatkan dan adanya peraturan kementerian ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral) (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018). Penambangan pasir besi ini banyak dilakukan di sepanjang pantai barat

Sumatera, pantai selatan Jawa dan Bali, hingga pantai utara Papua.

Cadangan pasir besi dapat mengandung mineral yang terdiri dari magnetit (Fe_3O_4), hematit (Fe_2O_3), maghemite (Fe_2O_3), dan ilmenite (FeTiO_3) (Kusuma, 2017). Mineral ini mungkin dapat dibuat sebagai bahan modern. Misalnya, magnetit dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk tinta kering (toner) pada scanner dan printer laser, sedangkan maghemite merupakan bahan utama untuk pita (Yulianto dkk, 2003).

Adanya kandungan titanium dalam ilmenit (FeTiO_3) dapat memberikan nilai tambah yang signifikan pada pasir besi. Pengaplikasian bahan titanium sendiri sangat diperlukan dalam beberapa bidang, salah satunya seperti pada bidang industri yang menggunakan titanium dalam membuat beberapa mesin pemindah panas (heat exchanger) dan bejana bertekanan tinggi serta pipa-pipa yang tahan korosi. Alasan penggunaan bahan titanium sendiri tak terlepas dari karakteristik titanium yang tahan pada suhu tinggi dan tahan terhadap korosi (Campbell, 2006).

Pada penelitian ini dilakukan upaya untuk meningkatkan kadar Fe dan Ti dari pasir besi melalui pemisahan magnetik basah dengan variasi 2, 4, 6, dan 8 kali pengulangan untuk mendapatkan produk titanium.

LANDASAN TEORI

A. *Pasir Besi*

Pasir besi merupakan mata air besi yang penggunaannya masih belum ideal. Di Indonesia, pasir besi masih terbatas untuk digunakan sebagai bahan tambahan pada produksi beton. Sementara itu, pemanfaatan pasir besi di luar negeri seperti di New Zealand telah dimanfaatkan sebagai bahan alam untuk pembuatan baja. Demikian pula dengan Cina, yang telah lama menggunakan pasir besi sebagai bahan mentah untuk pembuatan baja. Pasir besi pada dasarnya diperoleh dari batuan basaltik dan andesit vulkanik. Pada umumnya, pasir besi digunakan dalam

industri sebagai bahan mentah untuk pabrik baja, jalur produksi tanah liat, pabrik beton dan bahan yang tidak dapat diatur dengan mengambil silikat (Austin, 1985). Meskipun pasir besi akhir-akhir ini sudah serius dikembangkan, masih ada peluang untuk menemukan potensi baru. Terlebih lagi, dengan kemajuan inovasi pertambangan dan pengolahan, serta permintaan yang semakin berkembang, pasir besi kelas dua yang dulunya tidak dikembangkan karena tidak bernilai uang, akan berpeluang untuk dikembangkan mulai sekarang (Austin, 1985).

Pasir besi adalah pasir yang terdiri dari butiran pasir yang mengandung komponen besi yang menarik dan beberapa mengandung mineral yang berbeda, jadi berapa banyak zat besi dalam butiran pasir bukanlah sesuatu yang sangat mirip. Pasir besi merupakan salah satu bahan tambang di Indonesia yang dimanfaatkan untuk lingkup yang sangat besar. Pasir besi biasanya ditemukan di pegunungan, di sepanjang sungai dan paling melimpah di pantai. Ini termasuk sepanjang tepi barat Sumatera, pantai selatan Jawa dan Bali, pantai Sulawesi, Nusa Tenggara Timur, Maluku dan tepi utara Papua (Megatsari, Noer Aziz; 2000).

Pasir besi merupakan bahan mineral yang mengandung besi, titanium dan berbagai komponen. Nilai mineral ini sangat bergantung pada zat besi di dalamnya. Dengan demikian, zat besi dalam mineral ini harus dipecah. Penyelidikan penting harus dimungkinkan dengan beberapa strategi termasuk spektrometri dan titrasi. Pada teknik ini pasir besi dipecah dengan korosif klorida, larutan yang mengandung Fe^{+2} dan Fe^{+3} , besi valensi 3 diturunkan menggunakan stano klorida menjadi besi valensi 2, dengan respon: $\text{Fe}^{+3} + \text{Sn}^{+2} = \text{Fe}^{+2} + \text{Sn}^{+3}$ (Megatsari, 2000). Dapat dilihat bentuk fisik dari pasir besi pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk dari pasir besi.

B. Pembentukan Endapan Pasir Besi

Perkembangan deposit pasir besi memiliki awal yang berbeda dibandingkan dengan mineralisasi logam lainnya. Perkembangan pasir besi merupakan hasil dari siklus sintetik dan aktual dari batuan tengah jalan menjadi batuan terlarut atau dari batuan andesit ke basaltik. Di daerah tepi pantai, deposit pasir tepi pantai dinilai mulai dari pengumpulan hasil pemecahan sintesis dan aktual seperti disintegrasi, musnahnya batuan oleh aliran air, pencucian lanjutan, pengangkutan dan kesaksian. Pada Pulau Flores umumnya terletak di segmen melingkar batuan vulkanik-plutonik dinamis seperti Pulau Jawa dimana deposit besi yang mengandung titan dilacak di sepanjang pantai selatan (Ansori dkk, 2010). Tampaknya batuan vulkanik Flores adalah mata air utama pantai pasir besi yang ada saat ini.

Endapan pasir besi di Indonesia diketahui tersebar di sepanjang pesisir pantai Sumatera, Jawa, Pulau Sunda Kecil, dan Sulawesi (Palkrisman dan Budiman, 2014). Di pantai selatan Jawa, endapan pasir besi tersebar di provinsi Jawa Timur, Yogyakarta, Jawa Tengah, dan Jawa Barat. Pesisir selatan Yogyakarta mulai dari Bogowonto hingga Progoriverbanks, secara khusus menjadi sasaran penambangan pasir besi (Yanuary, 2012). Endapan placer pantai yang menutupi pantai selatan Yogyakarta terkait erat dengan mineral vulkanik yang berasal dari gunung berapi di bagian tengah Pulau Jawa. Saat batuan

vulkanik mengalami pelapukan dan terkena erosi oleh curah hujan dan aliran sungai, partikulat terbawa. Sedimen tersebut terendapkan di sepanjang tepian sungai dan garis pantai tempat sungai-sungai bergabung dengan air laut (Gertisser dan Keller, 2003). Teori lain menyatakan bahwa partikulat kecil dari mineral berat ini terakumulasi di garis pantai oleh arus pesisir. Selama air pasang, partikulat mineral berat yang duduk di dasar dibawa ke pantai oleh pekerjaan turbulensi ke atas. Namun, gelombang tidak akan menurunkan partikel saat air surut. Sebaliknya, partikulat mineral berat tetap berada di garis pantai (Chandramohan dkk, 2001). Seiring waktu, pekerjaan pergeseran pantai menyebabkan konsentrasi endapan mineral yang kaya di pantai selatan Yogyakarta.

C. Struktur Pasir Besi

Pasir jenis ini mengandung mineral magnetit (Fe_3O_4) dan hematit (Fe_2O_3). Magnetit merupakan logam besi yang paling sering ditambang (Pettijohn, 1975; Geost, 2016; Husain, 2016; Juharni, 2016; Kartika dan Pratapa, 2014). Magnetit merupakan mineral dengan kandungan besi paling tinggi (72,4%). Sedangkan hematit mungkin merupakan mineral yang paling melimpah di permukaan dunia dan penutupnya dangkal. Hematit benar-benar memiliki faktor ketenaran. Cahayanya dapat berubah dari submetalik ke metalik dengan kerangka batu mulia tiga sisi, variasi hematit berubah dari merah menjadi coklat dan gelap keabu-abuan. Hematit tidak menarik dan tidak ditarik oleh magnet. Meskipun demikian, banyak jenis hematit mengandung mineral magnetit sehingga dapat ditarik oleh magnet. Hematit yang tidak tercemar memiliki sintesis sekitar 70% besi dan 30% oksigen, sangat mirip dengan mineral lain yang terjadi secara normal. Pada pasir besi tidak hanya terdapat komponen magnetit dan hematit, pada pasir ini juga mengandung titanium, silika, dan mangan. Titanium umumnya ikatan dengan komponen yang berbeda di alam. Titanium adalah komponen

paling banyak di lambung dunia (0,63% berdasarkan massa).

Titanium umumnya hadir dalam batuan cair (batuan) dan dalam ampas yang diambil dari batu-batu ini. Dari 801 jenis batu yang diperiksa oleh US Geographical Overview, 784 mengandung titanium. Proporsi Ti dalam kotoran adalah sekitar 0,5-1,5%. Titanium juga dilacak dalam mineral rutil (TiO_2), ilmenit ($FeTiO_3$), dan sphene, yang dilacak dalam logam besi.

D. Pemisahan Magnetik

Pemisahan magnetik adalah teknik pemisahan mineral berdasarkan pada perbedaan sifat magnetiknya (Mufit, 2016; Ansori, 2013). Metode ini digunakan untuk memisahkan mineral berharga dari mineral pengganggu. Terdapat dua jenis pemisahan magnetik, yaitu metode kering dan basah (Bahfie dkk, 2021; Budiyanto dkk, 2021). Metode kering digunakan untuk bahan kasar dan kuat, sedangkan metode basah untuk bahan magnet kuat dalam campuran tanah halus dengan medium air (Suratman, 2008). Bijih pasir besi dikalsinasi kemudian dilanjutkan dengan pemisahan magnetik metode basah untuk memperoleh Fe dan Ti.

Pemisahan secara magnetik terjadi karena adanya perbedaan sifat fisik antar mineral magnetik dan mineral nonmagnetik yang dipengaruhi oleh kuat arus, sehingga mineral yang magnetic dan bersifat non magnetik dapat terpisah. Kedudukan magnet permanen yang tetap pada posisinya, menyebabkan medan magnet selama proses akan ikut tetap. Perbedaan arus dapat menyebabkan perubahan jarak medan magnet terhadap daerah aliran muatan sehingga akan terjadi perubahan pemisahan antara mineral magnetik (konsentrat), dan nonmagnetik (tailing). Proses pemisahan pada magnetik separator terjadi karena adanya perbedaan sifat magnetis dari mineral. Metode ini dipilih karena sederhana, hemat biaya, dan ramah lingkungan.

E. Pengujian XRF

X-Ray fluorescence (XRF) adalah teknik analisis non-destruktif yang dapat digunakan untuk menentukan komposisi unsur bahan. Karakterisasi dengan XRF digunakan untuk menentukan komposisi kimia suatu sampel dengan mengukur sinar-X fluoresen yang dipancarkan dari sampel ketika dieksitasi oleh sumber sinar-X. Setiap unsur atau senyawa yang ada dalam sampel menghasilkan karakteristik sinar-X fluoresen yang unik untuk senyawa spesifik tersebut. XRF adalah metode yang menggunakan sinar-X karakteristik (sinar-X fluoresen) yang dihasilkan ketika sinar-X menyinari suatu zat. Sinar-X fluoresen adalah gelombang elektromagnetik yang tercipta ketika sinar-X yang disinari memaksa elektron kulit bagian dalam dari atom penyusunnya ke kulit terluar dan elektron kulit terluar segera pindah ke kulit bagian dalam untuk mengisi kekosongan (Scholze et al., 2006).

XRF pada dasarnya menggunakan Sinar-X, ini dihasilkan ketika tabung sinar-X mempercepat elektron pada tegangan tinggi dan membombardirnya ke anoda logam (anti-katoda). Tabung sinar-X akan menghasilkan sinar-X dan menyinari permukaan sampel secara merata. Biasanya foil berilium sebagai pembentuk hamburan sinar-X. Anoda atau anti katoda digunakan dalam tahap ini, biasanya digunakan material Tungsten (W), Rhodium (Rh), Molibdenum (Mo) dan Kromium (Cr) adalah. Anti-katoda juga disebut sebagai gtargeth. Anti-katoda dipilih berdasarkan jenis sampel yang akan dianalisis. Tabung sinar-X dengan anti-katoda tidak boleh menggunakan unsur atau senyawa dengan senyawa yang akan dianalisis. Hamburan dari hasil penyinaran permukaan dari sampel ini akan ditangkap dengan detektor (Lim, 2013).

Detektor berdasar atas dioda, dioda ini hanya dapat melewatkan arus listrik dalam satu arah (mekanisme rektifikasi). Ketika tegangan diterapkan melawan arus (bias terbalik) dan cahaya diizinkan masuk,

elektron di pita terlarang tereksitasi ke pita konduktif dan hanya arus untuk elektron tereksitasi yang akan berjalan. Deteksi sinar-X dilakukan dengan mengukur, satu per satu, setiap pulsa arus yang sesuai dengan foton sinar-X yang datang. Nilai arus sesaat dari satu pulsa sebanding dengan energi sinar-X yang datang, dan dengan demikian energi sinar-X dapat ditemukan dengan mengukur tinggi pulsa dari pulsa saat ini. Pulsa ini lah yang akan terukur dan dijadikan informasi keluaran dari XRF untuk dapat dianalisis secara kuantitatif untuk mengetahui komposisi suatu sampel yang dikarakterisasi (Lim, 2013).

Pada umumnya metode ini digunakan dalam menganalisis suatu unsur dari bahan batuan, mineral, dan sedimen (Fitton, 1997). Analisis ini dilakukan berdasarkan identifikasi dan pembagian karakteristik sinar-X yang terjadi akibat efek fotolistrik. Efek ini berlangsung karena adanya elektron dalam atom target pada sampel yang terpapar sinar berenergi tinggi. Metode XRF bukan merupakan metode yang destruktif sehingga dalam penggunaannya tidak akan merusak sample (Solovyov dkk, 2000). Metode ini memperoleh dua jenis hasil berdasarkan analisis kualitatif dan kuantitatif. Pada hasil analisis kualitatif diperlihatkan oleh pucak spektrum yang menggantikan jenis unsur sesuai dengan energi sinar-X karakteristiknya, namun pada hasil analisis kuantitatif didapatkan melalui perbandingan antara intensitas sampel dengan standar.

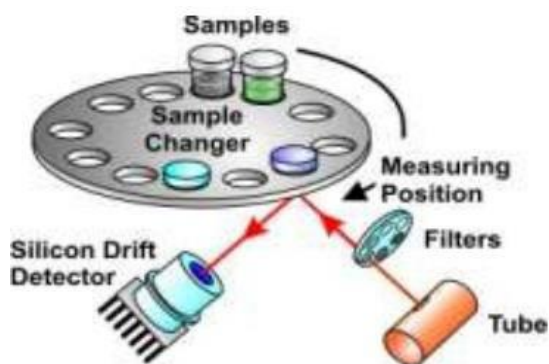
Spektroskopi fluoresensi sinar-X didasarkan pada eksitasi dengan sinar-x energi tinggi dan deteksi sinar-x fluoresensi energi rendah. Jika sinar-X monokromatik digunakan untuk eksitasi, batas deteksi yang rendah pada prinsipnya dimungkinkan karena tidak ada radiasi latar belakang pada energi garis fluoresensi. Jika untuk beberapa sinar-X yang terdeteksi, proses kehilangan energi dalam detektor menggeser energi yang diukur ke titik yang

lebih rendah, latar belakang energi rendah buatan di wilayah energi garis fluoresensi dibuat. Khusus untuk fluoresensi sinar-X refleksi total, latar belakang berenergi rendah ini dari insiden foton berenergi lebih tinggi pada detektor memperburuk batas deteksi elemen jejak. Oleh karena itu, untuk banyak aplikasi, yang disebut rasio puncak-ke-latar belakang, yang menentukan ketinggian relatif puncak energi penuh dalam spektrum yang dekat dengan latar belakang energi rendah, sangat penting. Efek yang tidak dapat dihindari, yang menyebabkan hilangnya energi, disebabkan oleh lepasnya fotoelektron atau elektron Auger dari volume detektor aktif. Sinar-X secara tidak langsung mengionisasi, yaitu, setelah penyerapan sinar-x, energinya masing-masing ditransfer sepenuhnya atau sebagian ke elektron Compton atau fotoelektron. Elektron-elektron ini menciptakan pembawa muatan yang terdeteksi oleh proses hamburan selama perlambatannya. Elektron menempuh jarak tertentu selama proses ini tergantung pada energi awalnya. Misalkan elektron seperti itu dibuat dekat dengan batas volume detektor aktif. Dalam hal ini, mungkin lolos dari detektor, dan bagian yang sesuai dari energi awal akan hilang (Beckoff dkk, 2007).

Ada juga kemungkinan untuk proses sebaliknya: energi dari foton yang diserap dekat dengan volume detektor aktif sebagian ditransfer ke dalam detektor. Probabilitas proses ini berskala dengan rasio volume detektor dinamis ke permukaan. Efek ini sangat mengganggu penggunaan praktis, terutama untuk deteksi kecil berenergi rendah berenergi rendah, terutama berlaku untuk detektor STJ murni, yang terbuat dari lapisan tipis superkonduktor yang juga berfungsi sebagai penyerap. Untuk energi foton di atas sekitar satu keV, sebagian besar pulsa yang terdeteksi dengan alat tersebut adalah pulsa latar, seringkali berasal dari foton yang terserap dalam substrat yang dekat dengan wilayah aktif (Bechstein dkk, 2004). Oleh karena itu, desain lanjutan

menggunakan penyerap yang terbuat dari bahan yang berbeda dari mana energi ditransfer ke sambungan STJ di mana terdeteksi (Bechstein dkk, 2004). Jika beberapa sambungan digunakan untuk membaca sinyal, resolusi spasial juga tercapai (Angloher dkk, 2000).

Karakterisasi menggunakan metode XRF (X-Ray Fluorescence) bertujuan untuk mengetahui komposisi unsur yang terkandung pada spesimen uji (Nayak and Singh, 2007). Data yang dihasilkan pada metode ini biasanya disajikan dalam bentuk tabel. Kelemahan dari metode ini adalah tidak dapat mengetahui unsur yang saling berikatan dan unsur yang kompleks. Skema proses XRF terlihat pada Gambar 2.

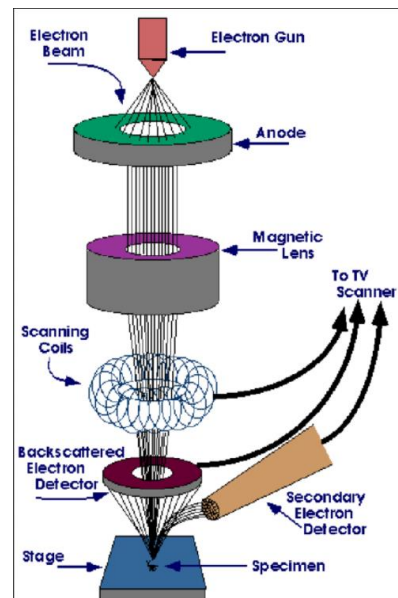


Gambar 2. Ilustrasi X-Ray Fluorescence (Munasir dkk., 2012).

F. Pengujian SEM-EDS

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron dengan perbesaran tinggi yang merepresentasikan permukaan suatu material atau sampel dengan menggunakan pemindaian oleh pancaran elektron. Fungsi utama karakterisasi menggunakan metode SEM mirip dengan fungsi mikroskop yaitu untuk melihat benda yang makroskopis untuk diamati secara mikroskopis. Perbedaan umum antara keduanya antarlain karakterisasi menggunakan metode SEM tidak menggunakan lensa saat pengoperasiannya melainkan

menggunakan elektron, karakterisasi menggunakan metode SEM dapat menyentuh hingga skala nano sedangkan mikroskop hanya sampai mikro, metode SEM tidak bergantung pada cahaya dalam proses pengamatan spesimen sedangkan mikroskop butuh cahaya, dan karakterisasi menggunakan metode SEM dapat menganalisis unsur sedang mikroskop tidak (Kahsyap dan Tangri, 1992). Sementara itu, Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy atau EDS merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengetahui unsur yang terkandung pada sample melalui pancaran elektron yang ditembakkan mesin SEM pada sample uji. Pada hakikatnya metode EDS hampir sama dengan metode XRF namun EDS pada mesin SEM dapat dilakukan pada daerah yang relatif kecil (titik) selain itu fungsi lainnya adalah dapat mengetahui sebaran unsur (mapping) pada sample (Viklund, 2008). Skema alat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema alat uji SEM.

Prinsip kerja SEM pertama memasukkan sample ke dalam chamber yang tersedia, setelah itu chamber pada alat uji SEM akan di vacuum, pada chamber juga terdapat beberapa komponen. Komponen thermionic katoda yang terdiri dari

(electron gun dan electron beam) melewati anoda sehingga terjadi lompatan elektron dari katoda menuju anoda akibatnya elektron tersebar ke arah spesimen, akan tetapi sebaran elektron masih harus difokuskan ke arah spesimen dengan komponen magnetic lens, setelah itu akan difokuskan lagi elektron yang disebar ke titik yang hendak dilakukan scanning menggunakan komponen elektromagnetic deflection. Elektron yang tertembak ke spesimen dinamakan dengan primary elektron, primary elektron yang terpapar ke spesimen akan membentuk secondary elektron, kemudian secondary elektron akan di deteksi oleh komputer kemudian di proses hingga menghasilkan gambar scanning yang ditampilkan pada layar LCD (Alam, 2012).

METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan penyediaan sampel pasir besi sebanyak 100 gram dengan ukuran lolos pengayakan 100 mesh yang berasal dari Banten dengan kandungan besi 50,5 %berat dan titanium 3,05 %berat, dilanjutkan dengan proses pemisahan magnetik secara basah dengan pengulangan sebanyak 2, 4, 6, dan 8 kali, untuk mendapatkan tailing dan konsentrat dari material pasir besi. Kemudian dilakukan pengeringan sampel kedalam oven pada suhu 120 °C selama 4 jam dan dilakukan analisa XRF dan SEM-EDS menggunakan XRF Bench Top PANalytical Epsilon 3XLE dan Thermo-scintific Quatro 6 dan Bruker.

HASIL DAN PEMBAHASAN

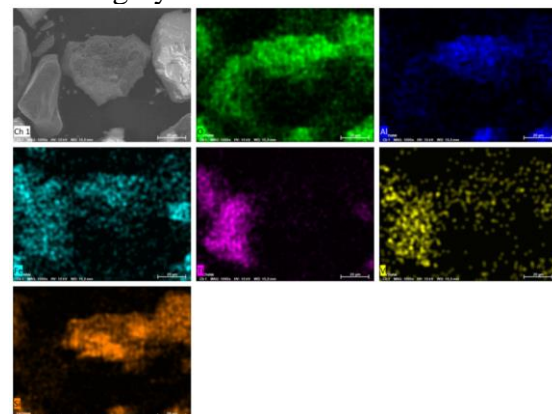
Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa material magnetik pasir besi terdapat unsur Fe dan Ti untuk penelitian saat ini. Berdasarkan hasil karakterisasi XRF tersebut, terlihat bahwa unsur Fe mengalami penurunan pada tailing produk, dan Ti mengalami peningkatan. Kadar Fe yang cukup tinggi tersebut disebabkan oleh faktor preparasi sampel yang dilakukan

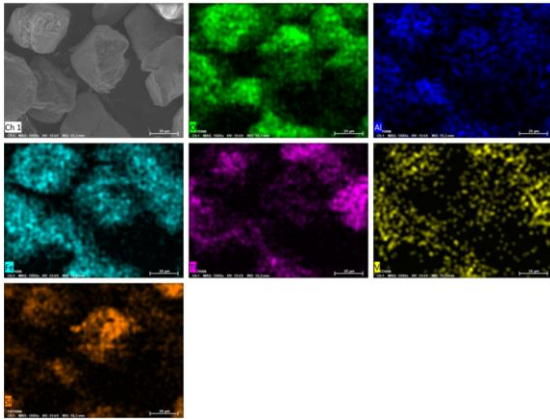
dengan menggunakan magnet dan faktor kondisi geografis daerah diperolehnya sampel. Pada hasil XRF tersebut terlihat bahwa kadar unsur Ti pada material magnetik ini cukup besar. Kadar unsur Ti yang cukup besar dikarenakan unsur Ti juga merupakan unsur yang bersifat magnetik. Oleh karena itu, ketika material magnetik pasir besi ditarik oleh magnet, unsur Ti juga tertarik magnet.

Tabel 1. Persentase besi dan titanium setelah pemisahan magnet pada tailing produk dengan variasi pengulangan A) 2, B) 4, C) 6, dan D) 8 kali.

Unsur (%berat)			
No.	Kode	Fe	Ti
1	A	29,75	5,22
2	B	35,17	6,18
3	C	31,76	5,63
4	D	32,1	5,61

Berdasarkan morfologi dapat dilihat pada sampel B dan D tidak memiliki perbedaan ukuran partikelnya dan penyebaran tiap unsur dapat dilihat pada Gambar 4. Faktor pemisahan magnet secara basah tidak mempengaruhi ukuran dan penyebaran dari Fe dan Ti secara morfologinya.





Gambar 4. SEM dan penyebaran EDS pada sampel B (A) dan sampel D (B).

KESIMPULAN

Pada penelitian ini didapatkan hasil analisa XRF dan SEM-EDS pada pasir besi yang sudah dilakukan pemisahan magnetik secara basah dan didapatkan kondisi optimal pada pengulangan 4 kali dengan besi dan titanium sebesar 35,17 dan 6,18 % berat, masing-masing. Saran pada penelitian ini, diperlukan perbandingan antara proses reduksi selektif setelah proses pemisahan ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Riset Teknologi Pertambangan BRIN dan Jurusan Teknik Pertambangan ITERA.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin M. (2014). Inovasi Material Pada Pembuatan Bata Merah Tanpa Dibakar Untuk Kemakmuran Industri Kerakyatan. *Inovasi Pembangunan: Jurnal Kelitbangan (JIP)*, Vol. 2, No. 3, 13-31.
- Angloher G., Hettl P., Huber M., Jochum J., Feilitzsch, F. V., Mößbauer R. L. (2001). Energy resolution of 12 eV at 5.9 keV from Al-superconducting tunnel junction detectors. *Journal of Applied Physics* Vol. 89, No. 2, 1425-1429.

Ansori C., Rahardjo P. D., dan Puswanto E. (2010). Pola distribusi ukuran butir pasir besi pada jalur Pantai Selatan Purworejo-Kebumen. Prosiding Seminar Nasional Ke-5 Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi. Yogyakarta, 18 Desember 2010; STT

Ansori C. (2013). Mengoptimalkan Perolehan Mineral Magnetik Pada Proses Separasi Magnetik Pasir Besi Pantai Selatan Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara* Vol. 9, No. 3, 145 – 156.

Austin, T. George. (1984). Shreve's chemical process industries. Fifth Edition. New York: McGraw-Hill Book Company.

Bahfie F., Manaf A., Astuti W., Nurjaman F., Herlina U. (2021). Tinjauan Teknologi Proses Ekstraksi Bijih Nikel Laterit. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara* Vol. 17, No.3, 135-152.

Bechstein S., Beckhoff B., Fliegau R., Weser J., Ulm G. (2004). Characterization of an Nb/Al/AlOx/Al/Nb superconducting tunnel junction detector with a very high spatial resolution in the soft X-ray range. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* Vol. 59, No. 2, 215-221.

Beckhoff B., Kanngießner B., Langhoff N., Wedell R., Wolff H. (Eds.). (2007). Handbook of practical X-ray fluorescence analysis. Springer Science & Business Media.

Budiyanto E., Yuono L. D., Bahfie F., Sulistiyo D. Ekstraksi Limonit Dengan Metode Dua Tahap Reduksi Selektif Dan Magnetic Separation Dengan Variasi Waktu Tahan Dan Suhu Rendah. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin* Vol. 10, No. 1, 104-114.

- Campbell Jr. F.C. (2011). Manufacturing technology for aerospace structural materials. Elsevier.
- Chandramohan P., Jena B. K., dan Kumar V. S. (2001). Littoral drift sources and sinks along the Indian coast. *Current Science*, 292-297.
- Datun M, Sukandarrumidi, Hermanto B, Suwarna N. (1996). Peta Geologi Lembar Ngawi, Jawa. Second Edition. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- den Hartoge R., Verhoeve P., Martin D., Randi N., Peacock A., Krumrey M., Goldie D. J. (2000). An X-ray photon-counting imaging spectrometer based on a Ta absorber with four superconducting tunnel junctions. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* Vol. 444, No. 1-2, 278-282.
- Geost F. (2016). Batu Pasir dan Proses Pembentukannya. *Geology and Earth Science: Geologinesia*.
- Gertisser R. dan Keller J. (2003). Temporal variations in magma composition at Merapi Volcano (Central Java, Indonesia): magmatic cycles during the past 2000 years of explosive activity. *Journal of Volcanology and Geothermal research* Vol. 123, No. 1-2, 1-23.
- Hall, R. (2012). Late Jurassic – Cenozoic Reconstruction of The Indonesian Region and The Indian Ocean. *Tectonophysic* Vol. 570-571, 1-41.
- Husain S., Suarso E., dan Maddu A. (2016). Karakterisasi Kandungan Bijih Besi Alam Sebagai Bahan Baku Magnetit Nanopartikel, 19–21.
- Juharni. (2016). Karakteristik Pasir Besi di Pantai Marina Kabupaten Bantaeng. Skripsi. Makassar: Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Kartika D. L. dan Pratapa S. (2014). Sintesis Fe₂O₃ dari Pasir Besi dengan Metode Logam Terlarut Asam Klorida. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits* Vol. 3, No. 2, 33–35.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018). Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia tentang Pengusahaan Pertambangan Mineral dan Batubara No. 25-2018. Jakarta.
- Kusuma R. (2017). Analisis Struktur Kristal dan Sifat Magnetik Pasir Besi Sungai Bengawan Solo Kecamatan Trucuk Kabupaten Bojonegoro. Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret. Solo.
- Megatsari N. A. (2000). Geologi Fisik. Bandung: Penerbit ITB.
- Mufit F., Fadhillah, Amir H., Bijaksana S. (2006). Kajian tentang sifat magnetik pasir besi dari Pantai Sanur, Pariaman, Sumatera Barat. *Jurnal Geofisika I*, 2-5.
- Palkrisman dan Budiman A. (2014). Pemetaan Persentase Kandungan Dan Nilai Suseptibilitas Mineral Magnetik Pasir Besi Pantai Sunur Kabupaten Padang Pariaman Sumatera Barat. *Jurnal Fisika Unand* Vol. 3, No. 4, 242-248.
- Pettijohn, F.J. (1975). *Sedimentary Rocks*. New York: Harper & Row Publication.
- Shofi A., Nurjaman F., Bahfie F., Eliyani E., Syafriadi S. Pengaruh Penambahan MgCl₂ pada Proses Reduksi Seletif Bijih Limonit. *Jurnal Riset Teknologi Industri* Vol. 14, No. 1, 36-44.
- Suratman. (2008). Benefisiasi pasir besi Jene Gumanti, Sulawesi Selatan. *Jurnal Bahan Galian Industri* Vol. 12, No. 34, 8-13.

- Yulianto, A., Bijaksana, S., Loeksmanto, W., Kurnia, D. (2003), Produksi Hematite (α -Fe₂O₃) dari Pasir Besi: Pemanfaatan Potensi Alam Sebagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetan, *Indonesian Journal of Material Science*, Vol.5, No.1, 51-54.
- Supriyatna Y. I., Suharto, dan Amin M. (2015). Pembuatan Sponge Iron dari Bijih Besi Lampung Menggunakan Rotary Kiln dalam Rangka Mendukung Industri Logam Nasional. *Inovasi Pembangunan: Jurnal Kelitbangan (JIP)*, Vol. 3, No. 3, 288-298.
- Rajiman. (2015). Pengaruh Material Alam Lampung Sebagai Agregat Kasar Terhadap Karakteristik Beton. *Inovasi Pembangunan: Jurnal Kelitbangan (JIP)*, Vol. 3, No. 3, 273-287.
- Scholze F., Longoni A., Fiorini C., Strüder L., Meidinger N., Hartmann R., Shoji T. (2006). X-ray detectors and XRF detection channels. In *Handbook of practical X-ray fluorescence analysis* (pp. 199-308). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lim S. (2013). X-Ray Fluorescence (XRF) Analyzer-Theory, Utility, and QA/QC for Environmental and Commercial Product Samples in Cambodia.
- Nayak P. S., dan Singh B. K. (2007). Instrumental characterization of clay by XRF, XRD and FTIR. *Bulletin of Materials Science* Vol. 30, No. 3, 235-238.
- Fitton G. (1997). X-ray fluorescence spectrometry. *Modern analytical geochemistry: an introduction to quantitative chemical analysis for earth, environmental and material scientists: Addison Wesley Longman, UK*, 9.
- Solovyov V. F., Wiesmann H. J., Wu L. J., Zhu Y., Suenaga M. (2000). Kinetics of YBa₂Cu₃O₇ film growth by postdeposition processing. *Applied Physics Letters* Vol. 76, No. 14, 1911-1913.
- Munasir M., Triwikantoro T., Zainuri M., Darminto, D. (2012). Uji Xrd Dan Xrf Pada Bahan Mineral (Batuan Dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO₃ DAN SiO₂)”, *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, Vol. 2, No. 1, 20–29.
- Kashyap B. P. dan Tangri, K. (1992). Grain growth behaviour of type 316L stainless steel. *Materials Science and Engineering: A*, Vol. 149, No. 2, L13-L16.
- Yanuary D. (2012). Commoning, Dispossession Projects and Resistance: A Land Dispossession Project for Sand Iron Mining in Yogyakarta, Indonesia. In *International Conference on Global Land Grabbing II October* (Vol. 17, hal. 19).
- Viklund, A. (2008) Teknik Pemeriksaan Material Menggunakan XRF, XRD, dan SEM-EDS. *Jurnal Sains*, ITB, Bandung.