



**BENEFISIASI PASIR BESI TANJUNG BAYANG DENGAN
KONSENTRASI PEMISAHAN MAGNETIK**

***BENEFICIATION OF TANJUNG BAYANG IRON SAND WITH
MAGNETIC SEPARATION CONCENTRATION***

S. Bakri¹, M. R. Hidayat², S. R. Nurhawaisyah³, M. I. Juradi⁴, M. Arifin⁵

¹⁻⁵ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia

¹⁻⁵Jl. Urip Sumoharjo Km.5 Makassar Sulawesi Selatan

e-mail: *¹suriyanto.bakri@umiac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan bahan galian tambang berupa pasir besi di Indonesia cukup bervariasi. Pada industri semen dan industri pembuatan baja, pasir besi dalam bentuk bahan mentah atau *raw material* dimanfaatkan sebagai bahan campuran. Di Sulawesi Selatan tepatnya di sepanjang Pantai Tanjung Bayang ditemukan pasir pantai yang penyebarannya memanjang sepanjang arah pantai. Namun kadar Fe nya belum layak untuk diolah atau dijual lebih lanjut, baik untuk pemanfaatan pasir besi lokal sebagai bahan baku besi dan baja maupun untuk industri semen. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui geokimia pasir besi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF), menentukan kecepatan putar drum optimum dan mengetahui *recovery* yang optimum terhadap peningkatan kadar Fe pasir besi menggunakan *Magnetic Separator*. Metode penelitian dilakukan secara induktif menggunakan perpaduan antara penelitian kuantitatif dengan kualitatif, kesimpulan diperoleh dari perpaduan antara data lapangan dengan data hasil uji laboratorium. Hasil analisis XRD (*X-Ray Diffraction*) menunjukkan sampel pasir besi tersusun oleh mineral *diopside* ($MgCaSi_2O_6$), *quartz* (SiO_2), *magnetite* (Fe_3O_4) dan *hematite* (Fe_2O_3). Hasil analisis *X-Ray fluorescence spectrometry* (XRF) memiliki Fe_2O_3 27,93%, SiO_2 36,86%, Al_2O_3 20,317%, CaO 9,78%, TiO_2 3,34%, MnO , K_2O , V_2O_5 , Cr_2O_3 , ZrO_2 , SrO , ZnO , dan P_2O_5 masing-masing di bawah 1%. Hasil menunjukkan bahwa persen berat menggunakan *magnetic separator type dry-low intensity drum* dengan variasi kecepatan putar 200, 250 dan 300 rpm masing-masing 79,25%; 44,17% dan 46,04% sedangkan kadar Fe_2O_3 masing-masing 29,98%, 49,08% dan 44,15% dengan *recovery* 85,08%; 77,62% dan 72,78%. *Recovery* Fe_2O_3 optimum diperoleh pada kecepatan 250 rpm.

Kata kunci: pasir besi, pemisahan magnetik, kecepatan putar, tanjung bayang

ABSTRACT

The utilization of mining minerals in the form of iron sand in Indonesia is quite varied. In the cement industry and steel making industry, iron sand in the form of raw material is used as a mixture. In South Sulawesi, precisely along the coast of Tanjung Bayang, beach sand is found which spreads along the coast. However, the Fe content is not suitable for further processing or sale, both for the use of local iron sand as raw material for iron and steel as well as for the cement industry. This research was conducted with the aim of knowing the geochemistry of iron sands using X-Ray Diffraction (XRD) and X-Ray Fluorescence (XRF), determining the optimum drum rotational speed and determining the optimum recovery for increasing levels of Fe in iron sands using Magnetic Separator. The research method was carried out inductively using a combination of quantitative and qualitative research, conclusions obtained from a combination of field data and laboratory test data. The results of XRD (X-Ray Diffraction) analysis showed that the iron sand samples were composed of the minerals diopside ($MgCaSi_2O_6$), quartz (SiO_2), magnetite (Fe_3O_4) and hematite (Fe_2O_3). The results of X-Ray fluorescence spectrometry (XRF) analysis have Fe_2O_3 27.93%, SiO_2 36.86%, Al_2O_3 20.317%, CaO 9.78%, TiO_2 3.34%, MnO , K_2O , V_2O_5 , Cr_2O_3 , ZrO_2 , SrO , ZnO , and P_2O_5 are below 1%, respectively. The results show that the percent by weight using a dry-low intensity drum type magnetic separator with variations in rotational speed of 200, 250 and 300 rpm, respectively 79.25%; 44.17% and 46.04% while the levels of Fe_2O_3 were 29.98%, 49.08% and 44.15%, respectively, with a recovery of 85.08%; 77.62% and 72.78%. The optimum Fe_2O_3 recovery was obtained at a speed of 250 rpm.

Keywords: iron sand, magnetic separation, rotating speed, tanjung bayang

PENDAHULUAN

Pasir besi pada umumnya merupakan pasir besi pantai yang banyak tersebar antara lain di sepanjang pantai barat Sumatera, pantai selatan Jawa dan Bali, pantai-pantai Sulawesi, Nusa Tenggara Timur, Maluku dan pantai utara Papua [1]. Pemanfaatan bahan galian tambang berupa pasir besi di Indonesia cukup bervariasi. Pada industri semen dan industri pembuatan baja, pasir besi dalam bentuk bahan mentah atau *raw material* dimanfaatkan sebagai bahan campuran [2,3].

Keberadaan unsur Fe umumnya didapatkan dari kandungan mineral *magnetite* (Fe_3O_4) dan mineral magnetik lain seperti *hematite* (Fe_2O_4) serta *ilmenite* ($FeTiO_3$). Kandungan mineral magnetik pada pasir besi juga telah ditemukan oleh Purnawan S., dkk (2014, 2018) tentang Karakteristik Sedimen dan Kandungan Mineral Pasir Besi di Labuhan Haji Timur, Kabupaten Aceh Selatan dan pantai Lhok Mee, Beureunut Kabupaten Aceh Besar; Afdhal dkk. (2013) tentang Karakterisasi Sifat Magnet Dan Kandungan Mineral Pasir Besi Sungai Batang Kuranji Padang Sumatera Barat [4,5,6]. Namun berbeda dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini dilanjutkan dengan percobaan peningkatan kadar Fe_2O_3 pada pasir besi.

Di Sulawesi Selatan tepatnya di sepanjang pantai Tanjung Bayang ditemukan pasir pantai yang penyebarannya memanjang sepanjang arah pantai. Namun kadar Fe nya belum layak untuk diolah atau dijual lebih lanjut, baik untuk pemanfaatan pasir besi lokal sebagai bahan baku industri semen maupun untuk industri besi dan baja maupun untuk industri lainnya [7]. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang “Benefisiasi pasir besi Tanjung Bayang dengan menggunakan *magnetic separator*” di Tanjung Bayang, Kecamatan Tamalate, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Hasil dari penelitian diharapkan dapat memberikan informasi kadar Fe_2O_3 pasir besi sebelum dan setelah dilakukan konsentrasi magnetik.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan menggunakan metode induktif dengan analisis pendekatan perpaduan antara penelitian kualitatif dan kuantitatif. Hasil-hasil kajian pustaka, data lapangan dan data hasil laboratorium selanjutnya dikaji, dianalisis, dan disintesis secara komprehensif [8]. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui peningkatan kadar Fe_2O_3 dan *recovery* pasir besi daerah Pantai Tanjung Bayang.

Sampel pasir besi dari lapangan dilakukan preparasi terlebih dahulu sebelum dilakukan karakterisasi dan digunakan sebagai umpan pada konsentrasi magnetik. Karakterisasi sampel dilakukan dengan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) dan Analisis *X-ray fluorescence*

spectrometry (XRF). XRD merupakan alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan padat, semua bahan yang mengandung kristal tertentu ketika dianalisa menggunakan XRD akan memunculkan puncak-puncak yang spesifik. XRF merupakan suatu teknik analisis yang dapat menganalisa unsur-unsur yang membangun suatu material. Teknik ini juga dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi unsur berdasarkan panjang gelombang dan jumlah sinar x yang dipancarkan kembali setelah suatu material ditembak sinar x berenergi tinggi.

Sampel pasir besi hasil preparasi (Gambar 1) selanjutnya dilakukan percobaan pemisahan magnetik. Pemisahan secara magnetik merupakan proses konsentrasi yang memanfaatkan perbedaan sifat kemagnetan yang dimiliki oleh mineral. Pada percobaan ini menggunakan pemisahan magnetik tipe *dry-low intensity drum* dengan variasi kecepatan putar yaitu 200, 250 dan 300 rpm dengan umpan pasir besi masing-masing sebanyak 1 kg. Proses pemisahan magnetik pasir besi asal Tanjung Bayang menggunakan *magnetic separator* (Gambar 2).



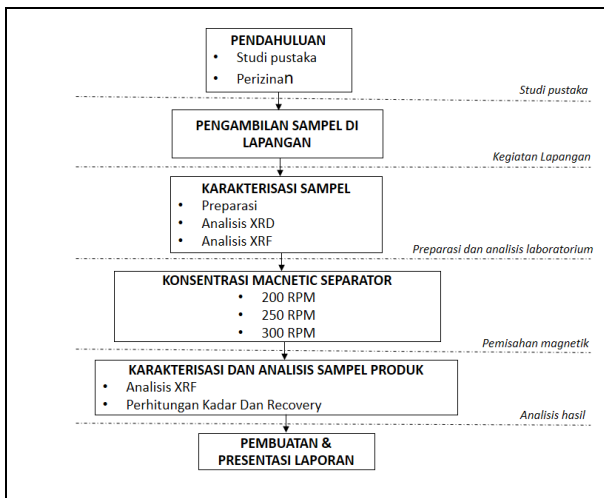
Gambar 1. Sampel pasir besi Tanjung Bayang

Dilakukan perhitungan persen berat konsentrat dan *tailing* hasil konsentrasi pemisahan magnetik sebelum dilakukan analisis XRF untuk masing-masing produk variasi kecepatan putar. Selanjutnya dilakukan perhitungan *recovery* juga untuk masing-masing produk variasi kecepatan putar sehingga *recovery optimum* dapat diperoleh.



Gambar 2. Proses pemisahan magnetik (kiri), material magnetik yang melekat pada drum magnet (kanan)

Desain percobaan, mulai dari persiapan administrasi, pengambilan sampel lapangan, preparasi, karakterisasi percobaan peningkatan kadar, analisis data sampai dihasilkannya kesimpulan dapat dilihat pada gambar di bawah ini (Gambar 3).



Gambar 3. Desain percobaan

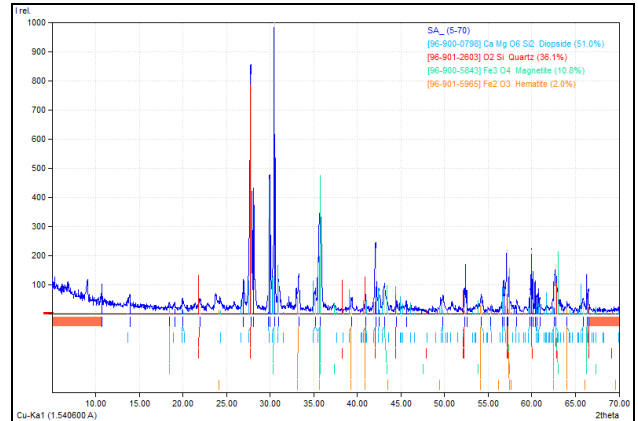
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Sampel Pasir Besi

Hasil XRD sampel pasir besi menunjukkan bahwa kandungan mineral pasir besi tersusun oleh mineral *diopside* ($MgCaSi_2O_6$) sebesar 51,01%, *quartz* (SiO_2) 36,10%, *magnetite* (Fe_3O_4) 10,80% dan *hematite* (Fe_2O_3) 2% [4,5,6,7,9]. Hasil identifikasi mineral analisis difraktogram sampel pasir besi menggunakan XRD dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 4.

Tabel 1. Identifikasi mineral sampel pasir besi

No	Mineral	Komposisi (%)
1.	<i>Diopside</i> ($MgCaSi_2O_6$)	51,01
2.	<i>Quartz</i> (SiO_2),	36,10
3.	<i>Magnetite</i> (Fe_3O_4)	10,80
4.	<i>Hematite</i> (Fe_2O_3).	2,00



Gambar 4. Difraktogram XRD sampel pasir besi

Hasil XRF sampel pasir besi menunjukkan bahwa pasir besi memiliki kandungan Fe_2O_3 27,93%, SiO_2 36,86%, Al_2O_3 20,317%, CaO 9,78%, TiO_2 3,344%, MnO , K_2O , V_2O_5 , Cr_2O_3 , ZrO_2 , SrO , ZnO , dan P_2O_5 masing-masing di bawah 1%. Hasil identifikasi unsur sampel pasir besi menggunakan XRF dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Identifikasi unsur dalam senyawa oksida sampel pasir besi

No	Mineral	Komposisi (%)
1.	SiO_2	36,86
2.	Fe_2O_3	27,93
3.	Al_2O_3	20,32
4.	CaO	9,74
5.	TiO_2	3,34
6.	K_2O	0,95
7.	MnO	0,36
8.	V_2O_5	0,23
9.	Cr_2O_3	0,10
10.	ZrO_2	0,05
11.	SrO	0,04
12.	ZnO	0,03
13.	P_2O_5	0,001

Persentase Berat Pemisahan Magnetik

Produk hasil proses pemisahan magnetik menggunakan *magnetic separator type dry-low intensity drum* diperoleh dua kelompok yaitu bahan magnetik (konsentrat) dan bahan diamagnetik (*tailing*) dari ketiga variasi kecepatan drum (200, 250 dan 300 rpm). Saat proses pemisahan konsentrasi magnetik juga terjadi kehilangan berat (*loss*) yang disebabkan oleh faktor terlemparnya material halus akibat kecepatan putar drum dan faktor lain di antaranya terjadi pada saat pemindahan material ke wadah sebelum dilakukan penimbangan [2,8]. Distribusi persentase berat konsentrat, *tailing* dan material *loss* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi persentase berat sampel

Kecepatan (rpm)	Konsentrat (%)	Tailing (%)	Loss (%)
200	79,25	18,54	2,20
250	44,17	50,47	5,35
300	46,04	47,05	6,90

Berdasarkan tabel 3 di atas terlihat bahwa semakin besar kecepatan putar drum, maka semakin besar persentase kehilangan berat sampel [2] (berbanding lurus). Hal ini mungkin dipengaruhi oleh semakin besarnya kecepatan putar maka semakin besar pula peluang material halus untuk terlempar jauh dari medan magnet. Persentase berat terbesar terdapat pada kecepatan 300 rpm. Hal ini terjadi juga dikarenakan kurangnya pembersihan sampel yang tertempel pada alat *magnetic separator* setelah proses pemisahan dan wadah yang merupakan tempat penampungan konsentrat saat alat beroperasi bergeser dari lubang pembuangannya. Namun tidak berbanding lurus pada persentase berat konsentrat dan *tailing*. Konsentrat pada kecepatan 200 rpm mengalami penurunan sebesar 35% pada kecepatan 250 rpm dan kembali naik pada kecepatan 300 rpm sebesar 1,87%, hal yang sama juga terjadi pada persentase berat *tailing*.

Kadar Magnetik Konsentrat dan Tailing

Konsentrat hasil pemisahan magnetik dari variasi kecepatan putar drum, dilakukan analisis XRF. Hasil analisis XRF konsentrat dapat dilihat seperti tabel 4.

Tabel 4. Analisis XRF konsentrat

No	Mineral	200 rpm	250 rpm	300 rpm
		Komposisi (%)		
1.	SiO ₂	36,50	21,56	24,40
2.	Fe ₂ O ₃	29,98	49,08	44,15
3.	Al ₂ O ₃	18,07	17,34	19,16
4.	CaO	10,42	4,07	5,44
5.	TiO ₂	3,31	5,67	5,08
6.	K ₂ O	0,76	0,52	0,45
7.	MnO	0,38	0,45	0,43
8.	V ₂ O ₅	0,21	0,42	0,36
9.	Cr ₂ O ₃	0,10	0,14	0,12
10.	ZrO ₂	0,03	0,02	-
11.	SrO	0,03	0,01	0,02
12.	ZnO	0,03	0,05	0,05
13.	P ₂ O ₅	0,12	0,64	0,28

Terlihat pada tabel di atas bahwa kadar konsentrat Fe₂O₃ pada kecepatan 200 rpm sebesar 29,98% dan mengalami peningkatan sebesar 49,08% pada kecepatan 250 rpm serta menurun sebesar 44,15% pada kecepatan 300 rpm. Penurunan kadar Fe₂O₃ disebabkan oleh meningkatnya kadar SiO₂ yang diperkirakan karena material halus diamagnetik terjebak di antara material hematit pasir besi. Konsentrat pasir besi secara umum memiliki komposisi utama mineral oksida seperti SiO₂, Fe₂O₃,

Al₂O₃, CaO, TiO₂ dan mineral oksida lainnya seperti MnO, K₂O, V₂O₅, Cr₂O₃, ZrO₂, SrO, ZnO, dan P₂O₅ masing-masing di bawah 1% [2,6,7]. Berdasarkan analisis XRF pada konsentrat diperoleh kandungan SiO₂ dan Al₂O₃ yang sudah cukup rendah setelah dilakukan pemisahan magnetik, SiO₂ mengalami penurunan pada semua variasi kecepatan yang disebabkan karena komposisi kedua mineral oksida tersebut yang terlalu halus dan bersifat diamagnetik sehingga tidak terpengaruh oleh induksi medan magnet yang dihasilkan drum *magnetic separation* [9,10].

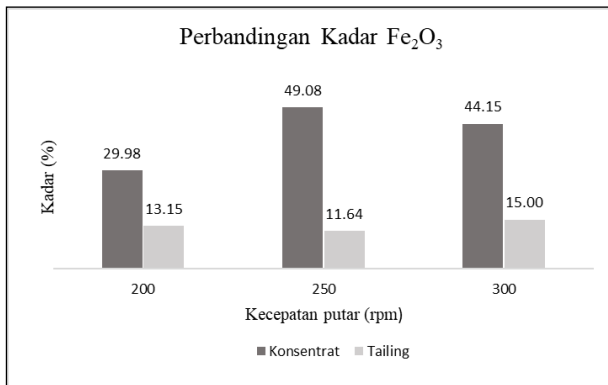
Peningkatan kadar Fe₂O₃ paling tinggi terdapat pada kecepatan 250 rpm sedangkan peningkatan kadar Fe₂O₃ terendah terdapat pada kecepatan 200 rpm. Sementara konsentrat yang dihasilkan pada kecepatan 250 rpm memiliki persentase berat konsentrat paling rendah. Oleh karenanya penggunaan kecepatan putar harus disesuaikan dengan jenis alat pemisahan magnetik [10]. Ketika kecepatan dinaikkan maka banyak material yang tidak tertarik begitupun jika kecepatan diturunkan maka material akan terus jatuh melewati medan magnet.

Tabel 5. Analisis XRF *tailing*

No	Mineral	200 rpm	250 rpm	300 rpm
		Komposisi (%)		
1.	SiO ₂	48,02	48,01	45,68
2.	Fe ₂ O ₃	13,15	11,64	15,00
3.	Al ₂ O ₃	18,98	22,14	20,94
4.	CaO	16,89	15,04	14,60
5.	TiO ₂	1,41	1,38	1,81
6.	K ₂ O	0,88	1,24	1,17
7.	MnO	0,30	0,26	0,31
8.	V ₂ O ₅	0,05	0,06	0,08
9.	Cr ₂ O ₃	0,09	0,06	0,08
10.	ZrO ₂	0,06	0,03	0,05
11.	SrO	0,06	0,06	0,05
12.	ZnO	0,01	0,01	0,01
13.	Ag ₂ O	0,10	0,07	0,11
14.	NiO	0,20	0,05	0,20

Hasil proses pemisahan secara magnetik dalam hal ini berupa produk *tailing*, juga dilakukan identifikasi unsur-unsur dalam bentuk oksidanya. Identifikasi dilakukan agar dapat mengetahui unsur kimia oksida dari *tailing* dan agar dapat mengkaji tingkat keefektifan dari proses pemisahan secara magnetik. Hasil XRF menunjukkan kadar Fe₂O₃ cukup mengalami penurunan pada variasi kecepatan 200 dan 250 rpm, akan tetapi meningkat pada kecepatan 300 rpm (Gambar 5). Kadar CaO mengalami penurunan pada semua variasi kecepatan putar (Tabel 5). Pada *tailing* juga muncul senyawa baru yaitu Ag₂O, dan NiO dengan komposisi di bawah 0,5%. Kemunculan mineral oksida diperkirakan dari alat-alat yang

digunakan terkontaminasi bekas sampel lain atau alat yang tidak bersih.



Gambar 5. Grafik perbandingan kadar Fe₂O₃ produk pemisahan magnetik

Recovery Pemisahan Magnetik

Recovery yang diperoleh dari proses pengolahan bahan galian selalu kontradiktif antara kuantitas dan kualitas yaitu jumlah tonase dengan kadar yang dihasilkan [2,11]. Hal demikian juga terjadi pada proses pemisahan pasir besi dengan konsentrasi magnetik, semakin besar tonase konsentrat yang dihasilkan maka semakin kecil kadar mineral Fe₂O₃ yang diperoleh dan begitupun sebaliknya.

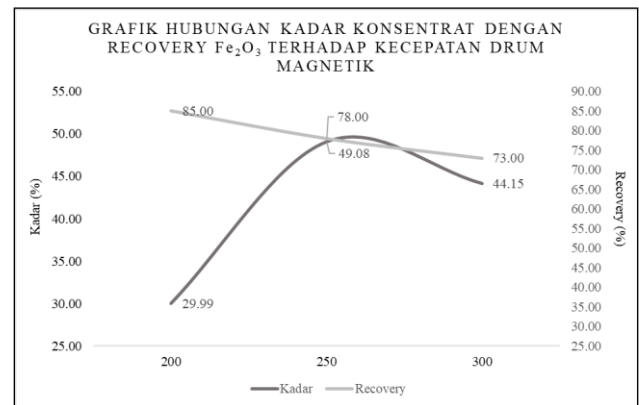
Tabel 6. *Recovery* Fe₂O₃ pemisahan magnetik

Kecepatan (rpm)	Konsentrat		<i>Recovery</i> (%)
	(%)	(gram)	
200	29,98	79,25	85
250	49,08	44,17	78
300	44,15	46,04	73

Nilai *recovery* Fe₂O₃ terbesar diperoleh pada variasi kecepatan 200 rpm dengan nilai 85% sedangkan nilai *recovery* terendah diperoleh pada kecepatan 300 rpm dengan nilai 73% (Tabel 6). Persentase berat dan kadar Fe₂O₃ konsentrat mempengaruhi *recovery* pasir besi yang didapatkan pada benefisiasi pasir besi Tanjung Bayang kecil. Semakin tinggi kecepatan putar drum maka semakin kecil *recovery* yang diperoleh. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu ditentukan *recovery* optimumnya pada kecepatan putar drum berapa rpm. Gambar 6 menunjukkan grafik hubungan antara kadar Fe₂O₃ dan *recovery* terhadap kecepatan putar drum pemisahan magnetik.

Benefisiasi pasir besi menggunakan konsentrasi pemisahan magnetik dapat meningkatkan kadar Fe₂O₃ untuk setiap variasi kecepatan namun tidak berbanding lurus dan peningkatan *recovery* pada setiap variasi kecepatan. Terjadi penurunan *recovery* selama kecepatan putar drum ditingkatkan tetapi tidak berlaku pada nilai kadar Fe₂O₃. Persentase berat konsentrat yang diperoleh

dapat mempengaruhi meningkatnya *recovery*. Titik optimum nilai kadar dan *recovery* terhadap kecepatan putar drum diperoleh pada kecepatan 250 rpm (Gambar 6).



Gambar 6. Grafik hubungan kadar konsentrat dan *recovery* Fe₂O₃ terhadap kecepatan putar drum magnetik

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pasir besi Tanjung Bayang tersusun oleh mineral *diopside* (MgCaSi₂O₆), *quartz* (SiO₂), *magnetite* (Fe₃O₄) dan *hematite* (Fe₂O₃) dengan kandungan Fe₂O₃ 27,93%, SiO₂ 36,86%, Al₂O₃ 20,317%, CaO 9,78%, TiO₂ 3,344%, MnO, K₂O, V₂O₅, Cr₂O₃, ZrO₂, SrO, ZnO, dan P₂O₅ masing-masing di bawah 1%. Hasil menunjukkan bahwa persentase berat konsentrat dengan *magnetic separator type dry-low intensity drum* pada variasi kecepatan putar 200, 250 dan 300 rpm masing-masing 79,25%; 44,17% dan 46,04% sedangkan kadar Fe₂O₃ masing-masing 29,98%, 49,08% dan 44,15% dengan *recovery* 85,08%; 77,62% dan 72,78%. *Recovery* Fe₂O₃ optimum diperoleh pada kecepatan 250 rpm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya (LP2S) UMI yang telah memberi dukungan dalam bentuk finansial dan kepada Laboratorium Pengolahan Galian Program Studi Teknik Pertambangan UMI yang memfasilitasi peralatan preparasi sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andani, Y., & Octova, A. (2020). Eksplorasi Pasir Besi Kawasan Pasia Paneh Nagari Tiku Selatan Kecamatan Tanjung Mutiara Sebagai Bahan Baku Industri Di Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 5(3), 88-101.
- [2] Ansori, C. (2013). Mengoptimalkan perolehan mineral magnetik pada proses separasi



- magnetik pasir besi pantai selatan Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 9(3), 145-156.
- [3] Rahim, A. (2020). Kajian Penambangan Pasir Besi Menggunakan Magnetic Separator Pada PT. Bhineka Bumi Kecamatan Adipala Kabupaten Cilacap Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Teknik AMATA*, 1(1), 1-4.
- [4] Purnawan, S., Azizah, A., Jalil, Z., & Zaki, M. (2018). Karakteristik Sedimen dan Kandungan Mineral Pasir Besi di Labuhan Haji Timur, Kabupaten Aceh Selatan. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 13(2), 110-119.
- [5] Purnawan, S., & Karina, S. (2014). Karakteristik dan kandungan mineral pasir pantai Lhok Mee, Beureunut dan Leungah, Kabupaten Aceh Besar. *Depik*, 3(3).
- [6] Afdal, A. (2013). Karakterisasi Sifat Magnet Dan Kandungan Mineral Pasir Besi Sungai Batang Kuranji Padang Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Fisika| Universitas Andalas*, 5(1), 24-30.
- [7] Bakri, S., Alfian Nawir, M. F., Nurhawaisyah, S. R., Juradi, M. I., Firdaus, F., Wakila, M. H., & Thamsi, A. B. (2022). Karakterisasi Kandungan Mineral dan Sifat Kerentanan Magnetik Pasir Besi Pantai Galesong Takalar Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine*, 9(3), 275-284.
- [8] Juradi, M. I., Umar, E. P., Nurhawaisyah, S. R., Bakri, S., & Arifin, M. (2021). Pengaruh Ukuran Partikel Pada Proses Peningkatan Kadar Dan Perolehan Bijih Besi Bontocani Menggunakan Dry Intensity Drum Magnetic Separator. *Jurnal Pertambangan*, 5(4), 153-157.
- [9] Yulianto, A., Bijaksana, S., Loeksmanto, W., & Kurnia, D. (2019). Produksi Hematit (α -Fe₂O₃) dari pasir besi: Pemanfaatan potensi alam sebagai bahan industri berbasis sifat kemagnetan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 5(1), 51-54.
- [10] Sufiandi, D. (2015). Konsentrasi pasir besi titan dari pengotornya dengan cara magnetik. *Metalurgi*, 26(1), 15-20.
- [11] Bakri, S., & Sanwani, E. (2019). Studi transformasi goetit menjadi hematit secara mekanokimia untuk benefisi bijih besi laterit. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 15(3), 179-188.