

PENGARUH LARUTAN ASAM FLUORIDA PADA PENCUCIAN MATERIAL MAGNETIK PASIR BESI PANTAI JOMBLON

Ricka Prasdiantika¹⁾, Abdul Rohman²⁾, Niyar Candra Agustin³⁾

¹Fakultas Teknik, Universitas Pandanaran, Semarang 50268, Indonesia
email: ricka.prasdiantika@unpand.ac.id

²Fakultas Teknik, Universitas Pandanaran, Semarang 50268, Indonesia
email: abdul.rohman15@gmail.com

³Fakultas Teknik, Universitas Pandanaran, Semarang 50268, Indonesia
email: niyaragustin@gmail.com

Abstract

This research has aims to determined the effect of fluoride acid solution on the magnetic material washing on iron sand in Jomblom Beach. The magnetic material was separated from the iron sand by using an external magnet and washed by aquadest, HCl solution, and HF solution 0.5 M.. Material characterization was performed by using Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectrophotometer, X-Ray Diffractometer (XRD), and X-Ray Fluorescence (XRF). The characterization results indicate was showed that washing of magnetic materials using H₂O-HCl-HF 0.5 M did not affect the type of iron oxide on the Iron Sand Jomblom Beach. The washing of magnetic material of iron sand using H₂O-HCl-HF 0.5 M resulted in a higher XRD intensity than the magnetic material of iron sand washed by H₂O-HCl. The washing of material magnetic using H₂O-HCl-HF 0.5 M can reduce the composition of silica oxide. The washing of magnetic material by H₂O-HCl-HF 0.5 M yields crystallinity of 88,29 % and iron oxide composition of 80.32%.

Keywords: Washing, Iron Sand, Magnetic Material, Jomblom Beach, Solution of Fluoride Acid

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber daya alam mineral yang tersebar di beberapa daerah dengan jumlah yang cukup besar seperti pasir besi (Yulianto dkk. 2007). Pasir besi di Indonesia dimanfaatkan dalam bentuk bahan mentah sebagai bahan baku pembuatan baja (Amal, 2008), dan bahan tambahan dalam industri semen (Lutfi, 2012).

Pasir besi di Indonesia banyak ditemukan di pesisir pantai seperti pesisir pantai Jawa Tengah (Afza, 2011), pantai Masang Sumatera Barat (Mufit dkk., 2013), pantai selatan Kebumen Kutoarjo (Ansori, 2013), dan pesisir pantai Kabupaten Kendal (Prasdiantika dkk., 2019). Pasir besi mempunyai komposisi utama oksida besi yaitu maghemit (γ -Fe₂O₃), magnetit (Fe₃O₄), dan hematit (α -Fe₂O₃) (Cornell dan Schwertmann, 2003), serta beberapa senyawa oksida lain seperti Al₂O₃, MgO, dan SiO₂ (Komatina dkk., 2004).

Bijih besi dalam endapan pasir besi memiliki komposisi dengan kadar yang bervariasi di setiap wilayah. Hasil karakterisasi material magnetik pasir besi Pantai Lansilowo Sulawesi Tenggara mengandung unsur Fe (46,13%), unsur Cr (28,08%), Mg (10,11%), Si (8,20%) dan unsur minor lainnya (Prasdiantika dan Susanto, 2016).

Prasdiantika (2019) melakukan preparasi pasir besi Pantai Jomblom Kabupaten Kendal menggunakan magnet eksternal dan diketahui mengandung unsur Fe (72,28%), unsur Ti (7,89%), Al (7,00%), Si (7,60%) dan unsur minor lainnya, dengan persentase unsur Fe meningkat menjadi 79,47% setelah dilakukan pencucian menggunakan akuades. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa material magnetik pasir besi Pantai Jomblom masih mengandung oksida pengotor. Oleh karena itu, material perlu dicuci dengan

menggunakan larutan asam seperti HCl untuk menghilangkan oksida-oksida pengotor (Wijaya dkk., 2004).

Prasdiatika (2015) melakukan aktivasi oksida besi yang terkandung pada pasir besi Lansilowo menggunakan larutan HCl dengan kondisi optimum 1 M. Aktivasi tersebut mampu menghilangkan oksida-oksida yang dapat larut dengan asam. Namun kandungan silika dalam material magnetik yang cukup tinggi tidak dapat hilang, jika hanya dicuci menggunakan larutan HCl saja. Material magnetik perlu dicuci dengan larutan HF untuk menghilangkan oksida silika.

Dalam penelitian ini dilakukan pencucian material magnetik pasir besi Pantai Jomblo menggunakan akuades, larutan HCl 1 M, dan larutan HF 0,5 M. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh larutan HF pada pencucian material magnetik pasir besi, memberikan alternatif pemurnian material magnetik pasir besi, dan cara meningkatkan kemurnian oksida besi pada material magnetik pasir besi.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1 Material Magnetik dari Pasir Besi

Material magnetik seperti magnetit dapat disintesis di Laboratorium. Sumber material magnetik yang sering digunakan berasal dari prekursor $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Sayahi dkk., 2014; Iida dkk., 2007), atau $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (Chung dkk., 2012). Material magnetit hasil sintesis dengan menggunakan garam $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ memiliki sifat kemagnetan lebih tinggi daripada menggunakan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Chung dkk., 2012). Namun, prekursor-prekursor tersebut relatif mahal dan menghasilkan limbah baru. Oleh karena itu, diperlukan sumber material magnetik yang lebih efisien, murah, dan aman bagi lingkungan. Sumber material magnetik yang dapat digunakan adalah pasir besi.

Pasir besi mempunyai komposisi utama oksida besi yaitu magnetit (Fe_3O_4), hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), dan maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) (Cornell dan Shwertmann, 2003), beberapa senyawa oksida lain seperti Al_2O_3 , MgO , dan SiO_2 (Komatina dkk., 2004). Pasir besi di Indonesia banyak ditemukan di wilayah pantai seperti pesisir pantai Masang Sumatera Barat (Mufit dkk., 2013), pesisir pantai selatan Kebumen Kutoarjo (Ansori, 2013), pesisir pantai Utara Pulau Jawa (Rahmawati dan Handayani, 2013), pesisir selatan Lampung Barat, pantai Sunur kota Pariaman, pesisir selatan Pandeglang Banten dan pesisir Jawa Tengah (Afza, 2011).

Bijih besi dalam endapan pasir besi memiliki komposisi dengan kadar yang bervariasi di setiap wilayah. Bijih besi yang berasal dari Sukabumi Jawa Barat mengandung unsur-unsur yaitu: Fe 76,93%, Ti 21,02%, Mn 0,91%, Zn 0,08%, Nb 0,03%, V 0,36%, Sn 0,07% dan Sb 0,14% (Setiawati dkk., 2013). Material magnetik pasir besi Pantai Lansilowo Sulawesi Tenggara mengandung unsur Fe (46,13%), unsur Cr (28,08%), Mg (10,11%), Si (8,20%) dan unsur minor lainnya (Prasdiatika dan Susanto, 2016). Kandungan Fe yang relatif tinggi dalam pasir besi berpotensi memberikan kontribusi yang baik sebagai material magnetik.

2.2 Pemurnian Material Magnetik Pasir Besi

Material magnetik yang diperoleh dari pasir besi biasanya bercampur dengan tanah liat, sehingga dibutuhkan cara untuk memurnikannya. Pada skala laboratorium, material magnetik pasir besi dipreparasi secara manual menggunakan magnet eksternal (Yulianto, 2007). Material magnetik yang dipreparasi dengan menggunakan magnet eksternal masih mengandung beberapa pengotor yang tidak dapat ditarik oleh magnet (Zulfalina dan Manaf, 2004). Oleh karena itu, material magnetik perlu dimurnikan dengan dicuci menggunakan

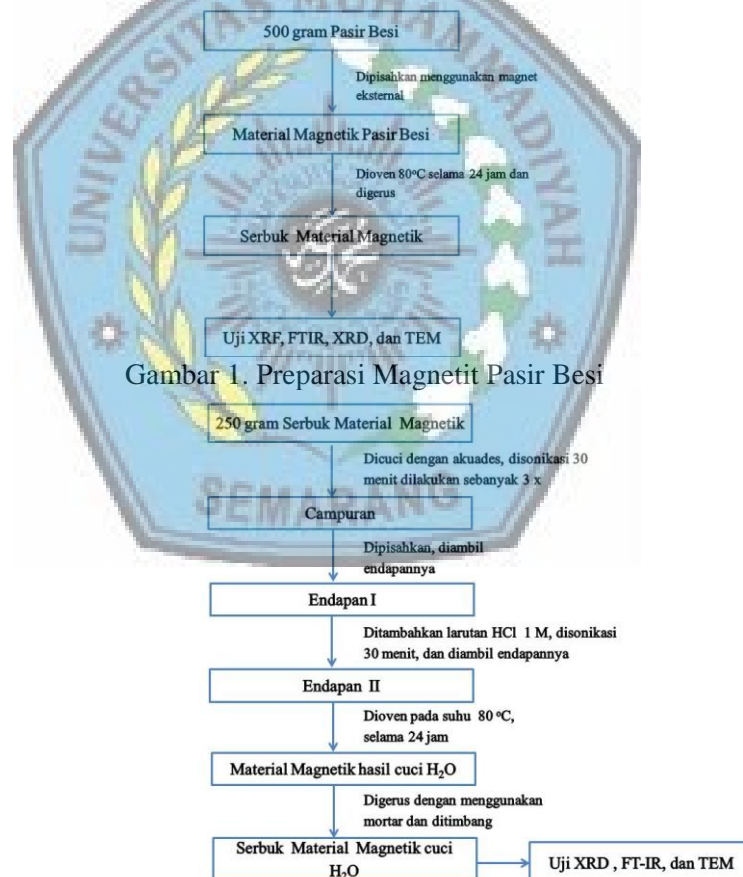
air (Prasdiatika dan Susanto, 2016). Hal ini dilakukan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang tidak dapat ditarik oleh magnet eksternal dan dapat larut dengan air.

Namun, pencucian material magnetik pasir besi menggunakan air masih mengandung beberapa mineral pengotor seperti oksida silika, oksida aluminium, dan oksida magnesium Zulfalina dan Manaf, 2004). Oleh karena itu, material perlu dicuci dengan larutan asam untuk menghilangkan pengotor oksida tersebut. Proses ini disebut aktivasi. Aktivasi dapat dilakukan dengan mencuci material menggunakan larutan-larutan asam anorganik seperti larutan HF, HCl, atau H₂SO₄.

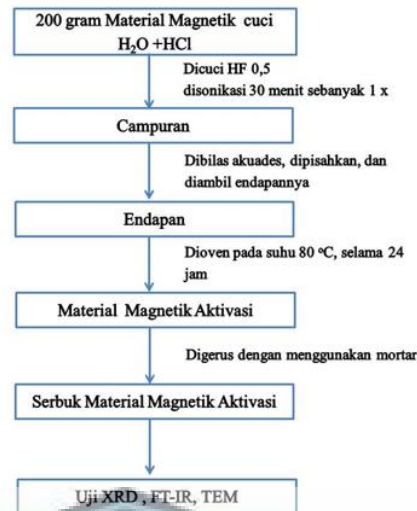
3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan kegiatan

1. Pengambilan sampel pasir besi di Pantai Jomblom di Desa Margorejo, Kecamatan Cepiring, Kabupaten Kendal.
2. Preparasi material magnetik pasir besi.
3. Pencucian material magnetik pasir besi menggunakan larutan Asam Klorida 1 M.
4. Pencucian material magnetik pasir besi dengan larutan Asam Fluorida 0,5 M.
5. Karakterisasi material menggunakan FT-IR *Spectrophotometer*, dan XRD.



Gambar 2. Pencucian Magnetit Pasir Besi dengan Larutan HCl



Gambar 3 Pencucian Magnetit Pasir Besi dengan Larutan HF

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian yaitu material magnetik pasir besi pesisir Pantai Jomblom di Desa Margorejo, Kecamatan Cepiring, Kabupaten Kendal.

3.3 Bahan dan alat utama

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu pasir besi Pantai Jomblom, larutan HF (Merck), larutan HCl 37% (Merck), larutan Natrium Sifat 0,5 M (Merck), dan akuades. Peralatan yang digunakan yaitu gelas ukur berbagai ukuran, gelas Beaker berbagai ukuran, lumpang, oven (Fisher Scientific), neraca analitik (Mettler AE 160), sonikator (bransonik 3210 dengan frekuensi 48 KHz; 220 volt), dan magnet eksternal (Niobium)..

3.4 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Pandanaran.. Uji karakterisasi material dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Gadjah Mada (UGM), Laboratorium Terpadu Universitas Negeri Malang (UM).

3.5 Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara mengkarakterisasi material di laboratorium guna memperoleh data untuk dilakukan analisis

3.5.1 Mineralogi

Karakterisasi dilakukan menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) PAnalytical Minipal 4 untuk identifikasi unsur-unsur yang terkandung dalam material. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui kandungan penyusun bahan magnetik pasir besi terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil karakterisasi XRF bijih besi alam (Sunaryo dan Sugihartono, 2010; Wicaksono, 2011; Setiawati dkk., 2013)

Unsur	Kadar Komposisi (%)		
	Sunaryo dan Sugihartono (2010)	Wicaksono (2011)	Setiawati dkk. (2013)
Fe	65,20	69,07	76,93
Si	12,23	5,91	-
Ti	10,94	6,26	21,02
Mn	0,06	0,57	0,91
Al	6,26	2,00	-
Zn	-	-	0,08
Mg	3,10	-	-
K	-	0,37	-
Cr	0,21	0,01	-
Nb	-	-	0,03
Ca	1,08	2,18	-
V	0,58	0,61	0,36
Sn	-	-	0,07
P	0,21	0,21	-
Mn	0,06	0,57	-
S	0,13	-	-
Sb	-	-	0,14

3.5.2. Gugus Fungsional

Karakterisasi dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectrophotometer* Shimadzu FTIR-PRESTIGE 21 untuk mengidentifikasi secara kualitatif keberadaan suatu gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam suatu senyawa sampel.

Tabel 2 Karakterisasi spektra FT-IR magnetit (Yamaura dkk., 2004))

Jenis vibrasi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)
Ulur Fe-O	585-632
Ulur Fe-O-Si	584
Ulur Si-O-R	1186, 1118 dan 1029
Ulur Si-O-Si	1048
Ulur Si-C	1226
Ulur CH ₂ (<i>scissoring</i>)	1463
Ulur simetri CH ₂	2852-2856
Ulur asimetri CH ₂	2922-2931
Ulur simetri CH ₃	~2954
Ulur O-H	3100-3600

*R= H, C, Si

3.5.3 Kristalinitas

X-Ray Difraktometer (XRD) Shimadzu 6000 untuk identifikasi jenis material, struktur kristal, kristalinitas, dan ukuran kristal material berdasarkan pola difraksinya. Tabel 3 menunjukkan sudut difraksi puncak karakteristik magnetit dari peneliti-peneliti sebelumnya.

Tabel 3. Sudut difraksi puncak karakteristik magnetit (Hui dkk., 2008; Tan dan Bakar, 2006; Sulistyorini, 2014)

Indeks bidang	Sudut difraksi, 2θ (°)		
	Hui dkk., 2008	Tan dan Bakar, 2006	Sulistyorini, 2014
[220]	30,0	30,3	30,13
[311]	35,4	35,6	35,48
[400]	43,0	43,2	43,13
[422]	53,4	53,6	53,52
[511]	56,9	57,1	57,02
[440]	62,5	62,8	62,62

3.6 Teknik analisis

- Metode analisa gambar yaitu dengan menganalisa gambar-gambar yang diperoleh dari hasil karakterisasi material.
- Metode analisa grafik yaitu pengambilan keterangan dari data yang ada disusun dalam bentuk grafik yang diperoleh dari hasil karakterisasi

- c. Metode analisa statistik yaitu menganalisa data yang sudah diperoleh, menggunakan metode pengolahan data statistik.

4. HASIL PENELITIAN

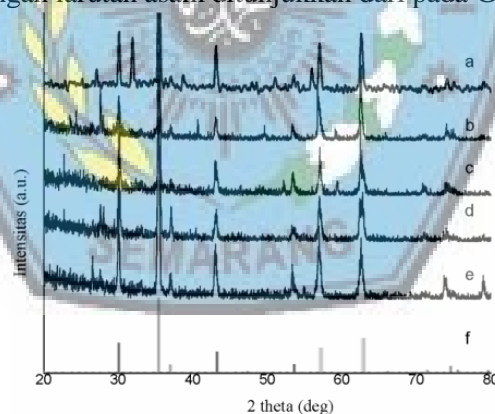
Hasil Preparasi Material Magnetik Pasir Besi Pantai Jomblom

Pasir besi Pantai Jomblom dipreparasi menggunakan magnet eksternal untuk mendapatkan material magnetiknya. Material magnetik hasil preparasi dicuci dengan H₂O untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang dapat larut dengan H₂O (Prasdiatika dan Susanto, 2016). Hasil karakterisasi *X-Ray Fluoresence* (XRF) menunjukkan material magnetik yang diperoleh dari pasir besi Pantai Jomblom didominasi oleh oksida besi magnetit, dan mengandung beberapa oksida lain seperti oksida titanium, oksida alumina, dan oksida silika (Prasdiatika, dkk., 2019).

Hasil Pencucian Material Magnetik Pasir Besi Pantai Jomblom dengan Larutan Asam

Material magnetik kemudian dicuci dengan larutan asam HCl dan HF. Material magnetik pasir besi dicuci dengan larutan HCl dengan konsentrasi optimum 1 M dapat menghilangkan oksida-oksida pengotor yang larut dengan asam dan meningkatkan kemurnian oksida besi (Prasdiatika, 2015). Namun material magnetik perlu dicuci dengan larutan HF untuk menghilangkan dan meminimalisir kandungan silika pada material magnetik pasir besi.

Material magnetik pasir besi hasil pencucian dengan larutan asam dikarakterisasi dengan XRD, spektrofotometer FT-IR, dan XRF untuk mengetahui pengaruh pencucian material menggunakan larutan HF. Hasil karakterisasi XRD dari pencucian material magnetik pasir besi dengan larutan asam ditunjukkan dari pada Gambar 4.



Gambar 4. Difraktogram (a) Magnetit Komersial, (b) Material Magnetik Pasir Besi, (c) cuci H₂O, (d) cuci H₂O-HCl, (e) cuci H₂O-HCl-HF, (f) JCPDS 01-075-0449

Pada Gambar 4 dapat dilihat adanya perbedaan tinggi puncak yang terbentuk dari material magnetik pasir besi tanpa pencucian, pencucian dengan H₂O, pencucian dengan H₂O-HCl, dan pencucian dengan H₂O-HCl-HF. Namun, letak puncak-puncak tertinggi yang terbentuk, semuanya terletak pada sudut 2 θ (2 theta) yang sama yaitu berada pada sudut 35°, 43°, 57° dan 62°. Puncak-puncak tersebut menunjukkan puncak karakteristik dari oksida besi magnetit (Susanto dkk., 2016). Puncak-puncak karakteristik dari magnetit yang dihasilkan dari difraktogram material magnetik pasir besi yang dicuci H₂O, cuci H₂O-HCl, dan cuci H₂O-HCl-HF dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Puncak-puncak karakterisasi hasil XRD dari material magnetik

2 θ (deg)			
Magnetit Komersial	Magnetik cuci H ₂ O	Magnetik cuci H ₂ O-HCl	Magnetik cuci H ₂ O-HCl-HF
30,13	30,12	30,04	30,03
35,48	35,48	35,37	35,38
43,13	43,01	43,11	42,99
53,52	53,43	53,51	53,37
57,02	57,07	56,97	56,93
62,62	62,49	62,52	62,58

Pada Tabel 4 terlihat bahwa material magnetik pasir besi yang dicuci H₂O, cuci H₂O-HCl, dan cuci H₂O-HCl-HF memiliki puncak-puncak karakteristik yang bersesuaian dengan puncak magnetit komersial.

Pada difraktogram Gambar 4 terlihat adanya perbedaan intensitas dari material magnetik hasil pencucian. Analisis XRD pada gambar tersebut menunjukkan puncak oksida besi magnetit mengalami peningkatan intensitas setelah proses pencucian dengan larutan HF. Pada Gambar 5 terlihat bahwa material magnetik yang dicuci dengan menggunakan H₂O-HCl-HF menghasilkan intensitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan material magnetik pasir besi yang hanya dicuci dengan H₂O-HCl. Intensitas yang rendah pada material magnetik yang hanya dicuci dengan H₂O-HCl dikarenakan pada material magnetik tersebut masih mengandung banyak pengotor seperti oksida silika yang tidak dapat larut dengan larutan HCl, yang masih menyelimuti material magnetik. Pada Gambar 5 terlihat bahwa hasil pencucian material magnetik dengan larutan HF dapat menghilangkan beberapa puncak residu dari material magnetik. Hal ini mengindikasikan bahwa beberapa oksida pengotor lain dari material magnetik sudah hilang.

Pada material magnetik hasil pencucian, dilakukan perhitungan jarak antar bidang kristal (d_{hkl}) dan parameter kisi (a). Sesuai dengan perhitungan yang dilakukan, diperoleh parameter kisi dan jarak antar bidang kristal seperti yang terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan jarak antar bidang kristal dan parameter kisi material magnetik

Material	d_{hkl} (Å)	a (Å)
Magnetit Komersial	2,065	8,381± 0,0008
PB	2,069	8,397± 0,0049
PB-H ₂ O	2,067	8,388± 0,0041
PB-H ₂ O-HCl	2,068	8,392± 0,0047
PB-H ₂ O-HCl-HF	2,070	8,399± 0,0031

*PB= material magnetik pasir besi

Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa material magnetik hasil pencucian dengan magnetit komersial memiliki parameter kisi dan jarak antar bidang kristal yang relatif hampir sama.

Material magnetik yang telah dicuci dengan larutan HF (H₂O-HCl-HF) memiliki sifat yang lebih kristalin dari pada material yang hanya dicuci dengan larutan HCl (H₂O-HCl). Hal ini dapat dilihat pada hasil karakterisasi XRD material magnetik setelah pencucian dengan larutan HF memiliki FWHM yang lebih kecil daripada sebelum dilakukan pencucian dengan larutan HF, difraktogram material magnetik mengalami penyempitan puncak setelah dilakukan pencucian dengan larutan HF, dan dari hasil perhitungan % kristalinitas. Hasil perhitungan kristalinitas dari material magnetik tanpa pencucian, cuci H₂O, cuci H₂O-HCl, dan cuci H₂O-HCl-HF dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan ukuran dan kristalinitas material magnetik

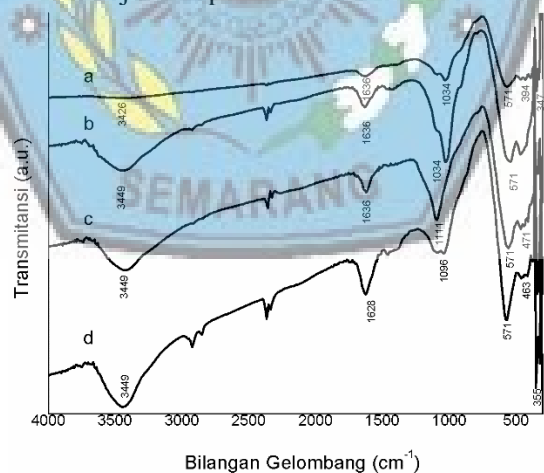
Material	Dxrd (nm)	Kristalinitas (%)
PB	62,78	55,22
PB-H ₂ O	52,78	74,94
PB-H ₂ O-HCl	43,54	67,71
PB-H ₂ O-HCl-HF	33,73	88,29

*PB= material magnetik pasir besi

Berdasarkan Tabel 6 terlihat kristalinitas (%) dari masing-masing perlakuan pencucian terhadap material magnetik. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa material magnetik yang dicuci menggunakan larutan HF menghasilkan kristalinitas paling tinggi yaitu 88,29%, lebih besar daripada material magnetik yang hanya dicuci dengan larutan HCl.

Pada material magnetik juga dilakukan penentuan ukuran kristal dengan menggunakan persamaan Deybe-Scherrer sebagaimana dikemukakan oleh Wu dkk. (2011). Ukuran kristal dari material magnetik setelah dilakukan perhitungan, diperoleh hasil seperti yang tersaji pada Tabel 6. Pada tabel tersebut terlihat bahwa material magnetik yang dicuci dengan larutan HCl menghasilkan ukuran kristal yaitu 43,54 nm. Pencucian material magnetik yang dicuci menggunakan larutan HF menghasilkan ukuran kristal yang lebih kecil yaitu 33,73 nm. Ukuran kristal material magnetik yang dicuci dengan larutan HF menghasilkan ukuran kristal yang lebih kecil dibandingkan yang hanya dicuci dengan larutan HCl dimungkinkan karena sebagian partikel-partikel pengotor yang menyelimuti partikel material magnetik sudah hilang.

Material magnetik dikarakterisasi dengan spektrofotometer FT-IR untuk mengetahui pengaruh pencucian larutan HF terhadap material magnetik. Hasil karakterisasi spektrofotometer FT-IR material magnetik pasir besi sebelum dan sesudah pencucian menggunakan larutan HF ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Spektra FT-IR (a) material magnetik, (b) cuci H₂O, (c) cuci H₂O-HCl, dan (d) cuci H₂O-HCl-HF

Berdasarkan hasil spektrofotometer FT-IR pada Gambar 5 terlihat bahwa spektra FT-IR dari material magnetik pencucian dengan H₂O, pencucian H₂O-HCl, maupun pencucian H₂O-HCl-HF tidak jauh berbeda. Puncak-puncak serapan karakteristik dari oksida besi magnetit masih terlihat setelah proses pencucian dengan menggunakan larutan asam.

Puncak-puncak serapan karakteristik tersebut diantaranya terdapat pada bilangan gelombang 571 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi ulur dari Fe-O dari magnetit (Yamaura dkk.,

2004). Setelah dilakukan pencucian dengan larutan asam HCl dan HF muncul pita serapan baru pada bilangan gelombang 355 cm^{-1} yang juga merupakan vibrasi ulur dari Fe-O. Pada bilangan gelombang $1628\text{-}1636\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi tekuk dari gugus -OH pada permukaan oksida besi (Fe-OH) atau silanol (Si-OH) (Susanto dan Prasdiantika, 2018). Pada bilangan gelombang 3449 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur -OH dari Fe-OH atau Si-OH (Petcharoen dan Sirivat, 2012; Susanto dkk., 2017)

Keberadaan silika pada pencucian material magnetik ini juga masih terlihat pada bilangan gelombang $1034\text{-}1111\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan serapan karakteristik untuk vibrasi ulur asimetri Si-O dari gugus siloksan Si-O-Si (Saman dkk., 2013), dan pada bilangan gelombang 447 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk Si-O dari Si-O-Si (Zulkifli dkk., 2013). Perbandingan puncak-puncak serapan pada material magnetik sebelum dan setelah pencucian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan serapan FT-IR dari material magnetik hasil pencucian

Karakter Serapan	Bilangan Gelombang (cm^{-1})		
	PB-H ₂ O	PB-H ₂ O-HCl	PB-H ₂ O-HCl-HF
Vibrasi ulur dari Fe-O	571	355,571	355, 571
Vibrasi tekuk Si-O dari Si-O-Si	307,324	309, 470	463
Vibrasi ulur asimetri Si-O dari Si-O-Si	1034	1111	1042
Vibrasi tekuk O-H dari FeOH, SiOH	1636	1636	1628
Vibrasi ulur O-H dari Fe-OH atau Si-OH	3449	3449	3449

Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat adanya sedikit pergeseran bilangan gelombang pada beberapa puncak serapan dari gugus fungsi utama material magnetik. Namun, puncak tersebut masih dalam range spesiasi vibrasi gugus yang sama, sehingga masih tetap dapat diidentifikasi sebagai serapan gugus fungsi dari material magnetik (Prasdiantika dan Susanto, 2016). Berdasarkan karakterisasi tersebut, dapat terlihat bahwa pencucian material magnetik dengan menggunakan larutan HF tidak mempengaruhi pergeseran puncak spektra secara signifikan. Oksida besi dari material magnetik pasir besi Pantai Jomblom tetap berupa oksida besi magnetik.

Tabel 7. Hasil karakterisasi XRF material magnetik pasir besi Pantai Jomblom

Unsur	Kadar Komposisi (%)	
	Cuci H ₂ O-HCl	Cuci H ₂ O-HCl HF
Fe ₃ O ₄	76,81	80,32
TiO ₂	8,15	8,15
Al ₂ O ₃	3,40	3,00
SiO ₂	6,70	4,02
CaO	1,23	0,99
Bi ₂ O ₃	0,62	0,61
V ₂ O ₅	0,69	0,69
Eu ₂ O ₃	0,57	0,62
MnO	0,51	0,46
Rb ₂ O	0,28	0,24
K ₂ O	0,21	0,07

Pada material magnetik hasil pencucian dengan larutan asam juga dilakukan karakterisasi XRF. Karakterisasi tersebut dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur

pengotor yang hilang setelah proses pencucian dengan larutan HF. Hasil karakterisasi XRF material magnetik setelah pencucian dapat dilihat pada Tabel 7. Pada tabel tersebut terlihat bahwa persen komposisi dari oksida besi meningkat menjadi 80,32% setelah dilakukan pencucian dengan larutan HF. Pencucian menggunakan larutan HF 0,5 M dapat meminimalisir komposisi dari oksida silika.

5. SIMPULAN

Pencucian material magnetik dengan menggunakan larutan HF tidak mempengaruhi jenis oksida besi magnetit pasir besi Pantai Jomblom. Material magnetik tanpa dan setelah pencucian dengan larutan HF memiliki parameter kisi dan jarak antar bidang kristal yang relatif sama. Pencucian material magnetik pasir besi menggunakan larutan HF menghasilkan intensitas XRD yang lebih tinggi dibandingkan material magnetik tanpa pencucian larutan HF. Pencucian material magnetik menggunakan larutan HF dapat meningkatkan kristalinitas material magnetik, meningkatkan kadar komposisi oksida besi material magnetik, dan mengurangi kadar komposisi oksida silika. Pencucian material magnetik pasir besi Pantai Jomblom dengan larutan HF menghasilkan kristalinitas sebesar 88,29% dengan kadar komposisi oksida besi 80,32%. Hasil analisis pencucian material magnetik dengan larutan HF 0,5 M menunjukkan masih adanya oksida silika dalam material magnetik. Sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai kondisi optimum penggunaan larutan HF pada proses pencucian material magnetik untuk meminimalisir kandungan oksida pengotor guna meningkatkan kemurnian oksida besinya.

6. REFERENSI

- Afza, E., Pembuatan Magnet Permanent Ba-Hexa Ferrite dengan Metode Koopresipitasi dan Karakterisasinya, *Skripsi*, Program Sarjana USU, Medan, 2011.
- Amal, M.I., Penambahan Pasir Besi untuk Pembuatan Baja Butir Halus dengan Pemaduan Mekanik dan Pengerolan Panas, *Tesis*, Pasca Sarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, Jakarta, 2008.
- Ansori, C., Mengoptimalkan Perolehan Mineral Magnetik pada Proses Separasi Magnetik Pasir Besi Pantai Selatan Kabupaten Kebumen Jawa Tengah, *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara* 9, 3, (2013) 145-156.
- Chung, J., Chun, J., Lee, J., Lee, S.H., Lee, Y.J., and Hong, S.W., Sorption of Pb(II) and Cu(II) Onto Multi-amine Grafted Mesoporous Silica Embedded with Nano-Magnetite: Effects of Steric Factors, *Journal of Hazardous Materials* 239-240, (2012), 183-191.
- Cornell, R.M. and Shwertmann, U., *The Iron Oxide: Structure, Properties, Reaction, Occurrences and Use*. 2nd ed, WILEY-VCH GmbH & Co, KgaA, 2003.
- Hui, C., Shen, C., Yang, T., Bao, L., Tian, J., Ding, H., Li, C., and Gao, H.J., Large-Scale Fe₃O₄ Nanoparticles Soluble in Water Synthesized by a Facile Method, *J. Phys. Chem. C.*, 112, (2008), 11336-11339.
- Iida H., Takayanagi, K., Nakanishi, T., and Osaka, T., Synthesis of Fe₃O₄ Nanoparticles with Various Size and Magnetic Properties by Controlled Hydrolysis. *Journal of Colloid and Interface Science* 314, (2007), 274-280.
- Komatina, M., Heinrich, W., and Gudenau, The Sticking Problem During Direct Reduction of Fine Iron Ore in The Fluidized Bed, *Journal Metallurgy* 3, (2004), 309.
- Lutfi, Penggunaan Pasir Besi sebagai Pengganti Semen terhadap Kuat Tekan dan Kuat tarik Belah Beton. *Media Bina Ilmiah Mataram* 6, 2, (2012), 24-28.
- Mufit, F., Amir, H., Fadhilah, dan Bijaksana, S., Kaitan Sifat Magnetik dengan Tingkat Kehiatangan (*Darkness*) Pasir Besi di Pantai Masang Sumatera Barat, *Eksakta* 2, (2013), 70-75.

- Petcharoen, K., and Sirivat. A., Synthesis and Characterization of Magnetite Nanoparticles Via The Chemical Co-Precipitation Method. *Materials Science Engineering B* 177, 5, (2012), 421-427.
- Prasdiatika, R., dan Susanto, Preparasi dan Penentuan Jenis Oksida Besi pada Material Magnetik Pasir Besi Lansilowo, *Jurnal Teknosains.*, 6,1, (2016), 7-15.
- Prasdiatika, R., dan Susanto, Preparasi Magnetit Pasir Besi Terdispersi Natirum Sitrat untuk Adsorpsi Au(III), *Jurnal Neo Teknika*, 2, 2, (2016), 13-20.
- Prasdiatika, R., Sintesis Silika Termodifikasi Propildietilentrriamin Terlapis pada Pasir Besi untuk Adsorpsi Au(III), *Tesis*, Jurusan Pasca Sarjana Kimia UGM, Yogyakarta, 2015.
- Prasdiatika, R., Rohman, A., dan Agustin, N.C., Identifikasi Oksida Besi dan Pengaruh Pencucian Material Magnetik Pasir Besi Pantai Jomblo Menggunakan Metode Sonokimia, *Jurnal Presipitasi*, 16, 2, (2019), 48-56.
- Rahmawati, R., dan Handayani, N., Fabrikasi Ferrogel Berbahan Dasar Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) dari Hasil Sintesis Pasir Besi Pantai Utara Jawa dan Sifat Magneto-Elastisitasnya, *Kaunia IX* 1, (2013), 70-82.
- S. Susanto, dan Prasdiatika, R., Pengaruh Rute Sintesis Terhadap Keefektifan Pengikatan Gugus PDETA pada Sintesis $\text{Fe}_3\text{O}_4@SiO_2@PDETA$, *Jurnal Teknosains*, 8, 1, (2018), 39.
- S. Susanto, Prasdiatika, R., dan Bolle, T.C.M., Pengaruh Pelarut Terhadap Dispersi Partikel $\text{Fe}_3\text{O}_4@SiO_2$, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 17, 4, (2016), 153-159.
- S. Susanto, Prasdiatika, R., dan Bolle, T.C.M., Sintesis Nanomaterial Magnetit-Sitrat Dan Pengujian Aplikasinya Sebagai Adsorben Emas (III), *Jurnal Teknosains*, 6, 2, (2017), 124.
- Saman, N., Johari, K., and Mat, H., Adsorption Characteristics of Sulfur-Functionalized Silica Microspheres with Respect to the Removal of Hg(II) from Aqueous Solutions. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 53, 3, (2013), 1225-1233.
- Sayahi, H., Kiani, M.A., and Kazemi, S.H., Ultrasonic-assisted synthesis of magnetite/carbon nanocomposite for electrochemical supercapacitor, *J. Solid State Electrochem*, 18, (2014), 535-543.
- Setiawati, L.D., Rahman, T.P., Nugroho, D.W., Nofrizal, Ikono, R., Suryandaru, Yuswono, Siswanto, dan Rochman, N.T., Ekstraksi Titanium Dioksida (TiO_2) dari Pasir Besi dengan Metode Hidrometalurgi, *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, (2013), 465-468.
- Sulistiyorini, L., Pelapisan Magnetit dengan Silika Termodifikasi Amino, *Skripsi*, Jurusan Kimia UGM, Yogyakarta. 2014.
- Sunaryo, dan Sugihartono, I., Pemisahan Senyawa Titanomagnetite $\text{Fe}_{3-x}\text{Ti}_x\text{O}_{4(0<x<1)}$ dari Pasir Alam Indramayu Jawa Barat, *Teknologi*, 14, (2010), 106-110.
- Tan, W. L., and Bakar, M.A., The Effects of Additives on The Size of Fe_3O_4 Particles, *J. Phys. Sci.*, 2, (2006), 37-50.
- Wicaksono, H.S., Analisis Ukuran Partikel Campuran (Pasir Besi, Batubara dan Cao) dan Lama Penyinaran Gelombang Mikro Pada Reduksi Besi Oksida, *Skripsi*, Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, ITS, 2011.
- Wijaya, K., Sugiharto E., Mudasir., Tahir, I., dan Liawati, I., Sintesis Komposit Oksida-Besi Montmorillonit dan Uji Stabilitas Strukturnya Terhadap Asam Sulfat, *Indo. J. Mater. Chem.*, 4, (2004), 33-42.
- Wu, W., He, Q., and Jiang, C., Magnetic Iron Oxide Nanoparticles: Synthesis and Surface Functionalization Strategies, *J. Nanoscale. Res. Lett.*, 3 (2008), 397-415.

- Yamaura, M., Camilo, R. L., Sampaio, L.C., Macedo, M.A., Nakamura, N., and Toma, H.E., Preparation and Characterization of (3-aminopropyl) triethoxysilane-coated Magnetite Nanoparticles, *J. Magn. Magn. Mater.*, 279 (2004), 210-217.
- Yulianto, A., Fasa Oksida Besi untuk Sintesis Serbuk Magnet Ferit, *Indonesian Journal Material Science* 8, (2007), 39-41.
- Zulfalina, dan Manaf, A., Identifikasi Senyawa Mineral dan Ekstraksi Titanium Dioksida dari Pasir Mineral, *Indonesian Journal Material Science* 5 (2004), 46-50.
- Zulkifli, N.S.C., Rahman, I.A., Mohamad, D., and Husein, A., A Green Sol-Gel Route For The Synthesis of Structurally Controled Silica Particles From Rice Husk for Dental Composie Filler. *Ceramics International* 39, 4, (2013), 4559-4567.

