



PEMBUATAN SERBUK PIGMEN α -Fe₂O₃ DARI BIJIH BESI PRIMER SUKABUMI DENGAN PROSES HIDRO-PIROMETALURGI

Agus Budi Prasetyo

Prodi Teknik Mesin, Universitas Pamulang,
Pamulang, Tangerang Selatan, Banten, 15417, Indonesia.

Abstrak: Penelitian ini dilakukan dengan tujuan pembuatan serbuk pigmen α -Fe₂O₃ dari bijih besi primer yang berasal dari Sukabumi, Jawa Barat. Proses pembuatan serbuk pigmen α -Fe₂O₃ dilakukan dengan proses gabungan antara hidro dan pirometalurgi. Tahapan penelitian ini yaitu preparasi sampel, pelindian (*leaching*), pengendapan (*hydrolysis*) dan pemanggangan (*roasting*). Preparasi sampel dilakukan dengan cara penggerusan dengan crusher dan diskmill untuk membuat bijih besi dengan ukuran -200 mesh. Proses *leaching* menggunakan asam HCl dengan variasi konsentrasi asam dan waktu leaching. Pengendapan menggunakan larutan amoniak terhadap larutan hasil leaching. Proses selanjutnya yaitu pemanggangan dengan *muffle furnace* dengan variasi temperature 400°C-700°C. Hasil optimum yang didapatkan pada kondisi penelitian dengan konsentrasi leaching HCl pekat 37% serta waktu leaching 120 menit dengan suhu pemanggangan 700 °C dengan ditandai serbuk pigmen besi oksida yang berwarna merah pekat.

Kata kunci: Bijih Besi, pelindian, pengendapan, pemanggangan dan serbuk α -Fe₂O₃

Abstract: This research was conducted to make α -Fe₂O₃ pigment powder from primary iron ore from Sukabumi, West Java. The process of making α -Fe₂O₃ pigment powder is carried out by a combined process of hydro and pyrometallurgy. The stages of this research are sample preparation, leaching, hydrolysis, and roasting. Sample preparation is done by grinding with a crusher and a disk mill to make iron ore with a size of -200 mesh. The leaching process uses HCl acid with variations in acid concentration and leaching time. Precipitation using ammonia solution to the leached solution. The next process is roasting with muffle furnaces with temperature variations of 400°C-700°C. Optimum results obtained in the study conditions with concentrations of 37% concentrated HCl leaching and 120 minutes leaching time with a roasting temperature of 700°C with marked red iron oxide pigment powder.

Keywords: Iron Ore, leaching, hydrolysis, roasting, α -Fe₂O₃ powder

I. PENDAHULUAN

Bijih besi alam biasanya dalam bentuk magnetite (Fe_3O_4), hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) atau maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) yang mengandung silikon, titanium dan unsur-unsur lain dengan kadar sedikit. Produk nyata yang dapat dibuat dari bijih besi adalah pigmen, baja, besi dan lain sebagainya. Beberapa proses pembentukan bijih besi antara lain: diferensiasi magmatik, larutan hidrotermal, proses sedimentasi, dan proses pelapukan. Dari proses tersebut tiap-tiap proses akan menghasilkan endapan bijih besi yang berbeda dalam hal mutu, besar cadangan, maupun jenis mineral ikutannya. Dengan mengetahui proses pembentukan besi di atas, maka akan sangat membantu dalam pencarian, penemuan, ataupun pengembangannya¹⁾.

Industri sekarang ini pemanfaatan bijih besi hematite maupun magnetit lebih banyak pada industri besi dan baja. Pengolahan bijih besi hematit menjadi serbuk hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) yang berukuran nano dapat digunakan untuk berbagai kegunaan²⁾. Aplikasi nano $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ banyak digunakan dalam dunia elektronika seperti untuk sensor gas etanol, superkapasitor dan bahan baku campuran katoda baterai lithium³⁾. $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ juga digunakan dalam dunia biomedis serta dapat diolah menjadi pigmen besi oksida yang berfungsi sebagai salah satu komponen dasar pembuatan cat^{1,2)}.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat serbuk pigmen $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ melalui proses ekstraksi hidro-pirometalurgi dengan menggunakan bahan

baku bijih besi magnetit (Fe_3O_4) dari daerah Ciemas Sukabumi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bijih besi adalah batuan yang mengandung mineral besi dan sejumlah mineral pengotor seperti silika, alumina, magnesia dan nikel. Bijih besi terdiri atas oksigen dan atom besi yang berikatan bersama dalam molekul. Besi merupakan logam kedua yang paling banyak di bumi ini setelah aluminium. Karakter dari endapan bijih besi ini bisa berupa endapan logam yang berdiri sendiri namun sering kali ditemukan berasosiasi dengan mineral logam lainnya. Kadang-kadang besi terdapat sebagai kandungan logam tanah (residual), namun jarang yang memiliki nilai ekonomis tinggi.

Bahan oksida besi tersedia di alam dalam jumlah yang sangat besar. Ada 4 fasa oksida besi yang dapat terbentuk meliputi fasa magnetite (Fe_3O_4), fasa maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan wustite (FeO). Selain proses sintesis secara alami (natural), bahan ini juga secara terkontrol dapat disintesis di laboratorium⁴⁾. Perbedaan suhu kalsinasi akan menghasilkan berbagai bentuk fasa oksida besi, Fe_3O_4 dapat terbentuk pada suhu ruang, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ pada kalsinasi 200°C, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ pada kalsinasi 300 °C – 600°C dan FeO pada kalsinasi di atas 570°C⁵⁾. Hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) merupakan fasa oksida besi yang paling stabil dan termasuk dalam magnet ferrite. Hematite mempunyai struktur heksagonal atau rhombohedral⁶⁾. Hematite memiliki sifat anti

ferromagnetik pada suhu dibawa 260°K dan ferromagnetik lemah di atas 260° K⁷⁾.

Hematite termasuk semikonduktor dengan *bandgap* rata-rata 2 eV, menyerap 40 % - 45 % energi cahaya matahari pada spektrum cahaya tampak antara 295 nm - 600 nm sehingga membuat α -Fe₂O₃ dapat diaplikasikan sebagai fotokatalis⁸⁾. Koefisien absorpsi α -Fe₂O₃ sebesar 10⁴ cm⁻¹ sehingga α -Fe₂O₃ dapat digunakan sebagai elektroda semikonduktor⁹⁾. Hematite juga memiliki indeks bias yang tinggi 2.31, sehingga dapat menyerap panjang gelombang pendek dan dapat diaplikasikan untuk filter interferensi optik, terutama filter untuk gelombang panjang tertentu¹⁰⁾. Terdapat beberapa fasa pada Fe₂O₃, yaitu fasa Alpha (α -Fe₂O₃), beta (β -Fe₂O₃), gamma (γ - Fe₂O₃) dan epsilon (ϵ -Fe₂O₃)¹¹⁾.

Serbuk pigmen α -Fe₂O₃ banyak digunakan dalam divais elektronika seperti untuk sensor gas etanol, superkapasitor dan bahan baku baterai litium¹²⁾. Selain untuk media elektronika, α -Fe₂O₃ juga digunakan dalam dunia biomedis dan α - Fe₂O₃ dapat diolah menjadi pigmen besi oksida yang berfungsi sebagai salah satu komponen dasar pembuatan cat. Untuk industri pembuatan baterai litium, α -Fe₂O₃ digunakan dalam pembuatan katoda sebagai campuran LiFePO₄³⁾.

III. METODOLOGI

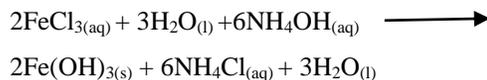
Proses preparasi awal yaitu sampel bijih besi dipanggang dengan suhu 100 °C dengan waktu 4 jam. Bijih besi yang sudah kering digerus dengan

alat *crusher*. Selanjutnya sampel tersebut digerus lagi dengan *disk mill* menjadi ukuran - 200 mesh.

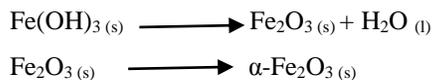
Hasil preparasi sampel dilakukan proses pelindian dengan variasi konsentrasi, variasi waktu *leaching*, dan variasi suhu *roasting*. Variasi konsentrasi HCl:H₂O (v/v) yang digunakan yaitu Pekat 37% ; 1:1 ; 1:2. Proses *leaching* dilakukan dengan pemanasan selama 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit, berada pada temperatur 80°C dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Reaksi yang terjadi pada proses *leaching* yaitu :



Filtrat hasil penyaringan dari proses *leaching* dihidrolisis dengan amoniak 25 % hingga pH 7, kemudian ditambah NaOH 10% sebanyak 10 ml. Reaksi yang terjadi pada tahap ini yaitu :



Endapan Fe₂O₃ yang dihasilkan berwarna coklat dilakukan proses pemanggangan (*roasting*) menggunakan *furnace carbolyte* dengan variasi suhu *roasting* yaitu 400°C, 500°C, 600°C, dan 700°C selama 1 jam hingga mendapatkan serbuk α -Fe₂O₃ yang berwarna merah. Reaksi yang terjadi pada tahap ini yaitu :



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Proses *Leaching* dan Pengendapan

Proses *leaching* dengan variasi konsentrasi HCl pekat 37% ; 1:1 ; 1:2, dan variasi waktu

leaching 30 menit; 60 menit; 90 menit dan 120 menit. Tabel 1 pada variasi konsentrasi HCl dan waktu *leaching* menunjukkan bahwa pada HCl Pekat 37% dengan waktu *leaching* 120 menit diperoleh endapan paling merah dan massa paling banyak diperoleh pada HCl pekat 37% dengan waktu *leaching* 30 menit. Sedangkan semakin encer konsentrasi yang digunakan pada proses *leaching* akan menghasilkan massa serbuk Fe_2O_3 yang semakin sedikit. Hal ini dikarenakan akan semakin sedikit Fe_2O_3 yang terlarut dalam proses *leaching* sehingga menyebabkan semakin sedikit serbuk Fe_2O_3 yang dihasilkan.

Tabel 1. Pengaruh Variasi Konsentrasi HCl dan Waktu *Leaching*

Variasi Konsentrasi HCl	Waktu Leaching (menit)	Massa	Warna Hasil Roasting
Pekat 37%	30	61,15	Coklat
Pekat 37%	60	29,8	Merah coklat
Pekat 37%	90	15,25	Merah
Pekat 37%	120	9,7	Merah pekat
1:1	30	29,2	Coklat
1:1	60	10,85	Coklat
1:1	90	27,75	Merah
1:1	120	13,6	Merah
1:2	30	9,25	Coklat
1:2	60	10,8	Coklat
1:2	90	13	Merah coklat
1:2	120	16,55	Merah

Dari tabel 1 diketahui bahwa konsentrasi optimum terjadi pada kondisi penelitian dengan

konsentrasi HCl pekat 37% dengan waktu *leaching* 120 menit dengan penampakan warna paling merah.

4.2. Proses Pemanggangan (*Roasting*)

Setelah mendapatkan hasil optimum yaitu pada konsentrasi HCl pekat 37% dan waktu *leaching* 120 menit yang ditandakan dengan memperoleh serbuk yang merah pekat, dilakukan variasi temperatur *roasting* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap hasil pengolahan bijih besi primer dengan asam klorida ini.

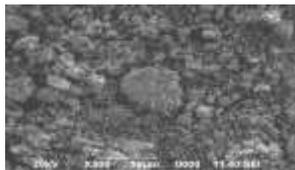
Tabel 2. Pengaruh variasi waktu pemanggangan

Konsentrasi HCl	Suhu Saat Roasting ($^{\circ}C$)	Massa	Warna
Pekat 37%	400	11,76	Coklat
Pekat 37%	500	12,6	Coklat
Pekat 37%	600	13,15	Coklat Kemerahan
Pekat 37%	700	9,7	Merah

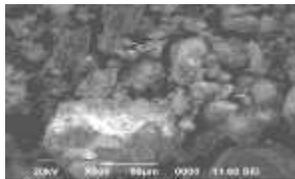
Berdasarkan tabel 2 diperoleh bahwa rentang suhu pemanggangan antara 400-700 $^{\circ}C$ diperoleh hasil yang paling baik pada suhu 700 $^{\circ}C$. Pada temperatur 700 $^{\circ}C$ diperoleh hasil pengolahan dengan penampakan warna paling baik yaitu warna merah. Hal ini sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan Richamawati, bahwa α - Fe_2O_3 berwarna merah pekat¹³. Sehingga, pada temperatur 700 $^{\circ}C$ merupakan hasil optimum dilakukannya *roasting* terhadap bijih besi primer.

Uji analisis SEM dilakukan terhadap sampel bijih besi, Residu dan sampel hasil *roasting* pada suhu 400 $^{\circ}C$ dan 700 $^{\circ}C$. Hal ini bertujuan

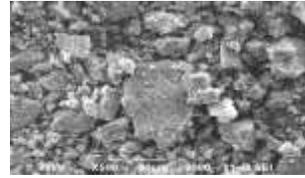
untuk membandingkan morfologi masing-masing sampel. Hasil SEM terhadap sampel bijih besi primer Ciemas Sukabumi dapat dilihat bahwa morfologi tersebut berbentuk partikel-partikel dengan distribusi yang tidak merata, serta bentuk dari partikel-partikel tersebut seperti bongkahan-bongkahan yang tidak homogen. Hal ini disebabkan karena pada sampel yang telah dilakukan pemanggangan pada suhu 700°C dimana dengan adanya pengaruh dari suhu akan menyebabkan partikel semakin halus dan akan memperluas luas permukaan dari serbuk yang dihasilkan^{1,2)}. Pada morfologi serbuk bijih besi primer Ciemas Sukabumi dapat dilihat bahwa pori-pori sampel tidak terlalu banyak hal ini dimungkinkan karena masih banyak mengandung pengotor lain. Namun jika dibandingkan dengan hasil SEM sampel hasil pemanggangan dapat dilihat bahwa morfologi sampel optimum memiliki bentuk partikel yang lebih halus tidak membentuk bongkahan-bongkahan seperti pada sampel awal bijih besi primer.



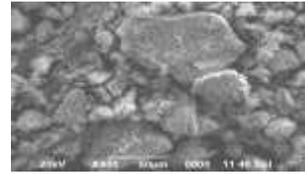
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 3. a) SEM-EDX bijih besi **b)** Residu **c)** pemanggangan suhu 400°C, dan **d)** pemanggangan suhu 700°C

Hal ini menandakan bahwa pori yang terbentuk pada sampel yang di panggang sudah banyak dan merata serta pengotor pada sampel optimum lebih sedikit dibandingkan dengan sampel awal bijih besi. Pada gambar 4 ditunjukkan produk akhir dari serbuk α - Fe_2O_3 yang berwarna merah pekat.



Gambar 4. Produk serbuk α - Fe_2O_3

IV. KESIMPULAN

Dalam proses pembuatan α - Fe_2O_3 dari bijih besi Ciemas Sukabumi dengan proses hidro-pirometalurgi memiliki tahapan yaitu proses pelindian (*leaching*), proses pengendapan

(*hydrolysis*) dan proses pemanggangan (*roasting*). Dari penelitian diketahui bahwa hasil terbaik dalam pembuatan α -Fe₂O₃ yaitu pada kondisi sampel ukuran 200 mesh dengan konsentrasi *leaching* HCl pekat 37% serta waktu leaching 120 menit dengan suhu pemanggangan 700 °C dengan ditandai dengan serbuk pigmen besi oksida warna merah pekat.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Saudari Inayatun dari Jurusan Kimia MIPA UNS atas kerjasamanya dan Pusat Penelitian Metalurgi dan Material LIPI atas sarana dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Prasetyo, A.B., Puguh P., dan Indira M. Karakteristik Bijih Besi Hematit dari Tanah Laut sebagai Bahan Baku Pembuatan Serbuk α -Fe₂O₃. Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Biomassa pusat penelitian metalurgi. 2014.
2. Prasetyo, A.B., Puguh P., dan Indira M. Pembuatan α -Fe₂O₃ Dari Hasil Pengolahan Bijih Besi Primer Jenis Hematit Untuk Bahan Baku Baterai Lithium. Majalah Metalurgi, Vol 29 No. 3. 2014.
3. Yamada, A. Chung, C. Hinokuma, K. Optimized LiFePO₄ for Lithium Battery Cathodes. Journal of The Electrochemical Society. 148. A224-A229. 2001.
4. Grace. et al. Sintesis γ -Fe₂O₃/ Fe₃O₄ dari Mill Scale Pabrik Baja dengan Metode Presipitasi. Jurnal Sains Material Indonesia, No 7, 47-51. 2005.
5. Bruce D, Hancock, P. Note on the Temperature Stability of Wüstite in Surface Oxide Films on iron. British Corrosion Journal, 4(4), 221-222. 1969.
6. Yashita M. Analisis Struktur Kristalin Hematite yang Disubstitusi Ion Manganes dan Ion Titanium. [skripsi]. Semarang: Departemen Fisika, Universitas Diponegoro . 2011.
7. Chirita M, Grozescu. Fe₂O₃ – Nanoparticle, Physical Properties and Their Photochemical and Photoelectrochemical Applications. Bull. Chem54, 68. 2009.
8. Yen-Huan C, Kuo-Jui T. Thickness Dependent on Photocatalytic Activity of Hematite Thin Films. International Journal of Photoenergy. 2012.
9. Tembhurkar, Y. D. Structural and Optical Properties of Spray Pyrolytically Prepared Fe₂O₃ Thin Film. Bull. Mater. Sc., 19, 155-159. 1996.
10. Jun P, Sobahan K.MA., Kwon H. Optical and Structural Properties of α -Fe₂O₃ Thin Films Prepared by Ion-beam Assisted Deposition. Surface and Coating Technology, 203, 2646-2650. 2009.
11. Nagy M. Khalil. Extraction of Nanosized α -Fe₂O₃ Particles from Hematite Ore, 2012 3rd International Conference on Chemistry and Chemical Engineering. IPCBEE vol.38 . Singapore: IACSIT Press. 2012.

Corresponding Author: Agus Budi Prasetyo, email : dosen01590@unpam.ac.id.

12. F.Wang, X. Y. Hydrothermal synthesis and characterization of α -Fe₂O₃ nanoparticles. *Materials Science in Semiconductor Processing* 16, 802-806. 2013.
13. Richmawati, A. Tugas Akhir Studi Konsentrasi Bijih Besi Lateritik Kadar Rendah dengan Metode Tabling. Bandung: ITB. 2007.