



## PEMBUATAN SERBUK PIGMEN $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> DARI BIJIH BESI PRIMER SUKABUMI DENGAN PROSES HIDRO-PIROMETALURGI

Agus Budi Prasetyo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : dosen01590@unpam.ac.id<sup>1</sup>

Masuk : 10 Maret 2020

Direvisi : 18 Maret 2020

Disetujui : 22 Maret 2020

**Abstract:** This research was conducted to make  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pigment powder from primary iron ore from Sukabumi, West Java. The process of making  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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,  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powder

**Abstrak:** Penelitian ini dilakukan dengan tujuan pembuatan serbuk pigmen  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dari bijih besi primer yang berasal dari Sukabumi, Jawa Barat. Proses pembuatan serbuk pigmen  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

## PENDAHULUAN

Bijih besi alam biasanya dalam bentuk magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) atau maghemite ( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 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 pencarian, penemuan, ataupun pengembangannya<sup>1)</sup>. Industri sekarang ini pemanfaatan bijih besi hematite maupun magnetit lebih banyak pada industri besi dan baja. Pengolahan bijih besi hematit menjadi serbuk hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang berukuran nano dapat digunakan untuk berbagai kegunaan<sup>2)</sup>. Aplikasi nano  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> banyak digunakan dalam dunia elektronika seperti untuk sensor gas etanol, super kapasitor dan bahan baku campuran katoda baterai lithium<sup>3)</sup>.  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> juga digunakan dalam dunia biomedis serta dapat diolah menjadi pigmen besi oksida yang berfungsi sebagai salah satu kompondasarcat<sup>2)</sup>. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat serbuk pigmen  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> melalui proses ekstraksi hidro-pirometalurgi dengan menggunakan bahan baku bijih besi magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) dari daerah Ciemas Sukabumi.

## TINJAUAN PUSTAKA

Bijih besi alam biasanya dalam bentuk magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) atau maghemite ( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 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 pengembangannya 1). Industri sekarang ini pemanfaatan bijih besi hematite maupun magnetit lebih banyak pada industri besi dan baja. Pengolahan bijih besi hematit menjadi serbuk hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang berukuran nano dapat digunakan untuk berbagai kegunaan<sup>2)</sup>. Aplikasi nano  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> banyak digunakan dalam dunia elektronika seperti untuk sensor gas etanol, superkapasitor dan bahan baku campuran katoda baterai lithium<sup>3)</sup>.  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> juga digunakan dalam dunia biomedis serta dapat diolah menjadi pigmen besi oksida yang berfungsi sebagai salah satu komponen dasar pembuatan cat<sup>1,2)</sup>. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat serbuk pigmen  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> melalui proses ekstraksi hidro-pirometalurgi dengan menggunakan bahan baku bijih besi magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) dari daerah Ciemas Sukabumi.

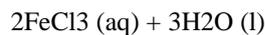
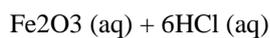
## TINJAUAN PUSTAKA

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<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), fasa maghemite ( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan wustite (FeO). Selain proses sintesis secara alami (natural), bahan ini juga secara terkontrol dapat disintesis di laboratorium<sup>4)</sup>. Perbedaan suhu kalsinasi akan menghasilkan berbagai bentuk fasa oksida besi, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dapat terbentuk pada suhu ruang,  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada kalsinasi 200oC,  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada kalsinasi 300 oC – 600oC dan FeO pada kalsinasi di atas 570oC<sup>5)</sup>. Hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) merupakan fasa oksida besi yang paling stabil dan termasuk dalam magnet ferrite. Hematite mempunyai struktur heksagonal atau rhombohedral<sup>6)</sup>. Hematite memiliki sifat anti ferromagnetik pada suhu dibawa 260oK dan ferromagnetik lemah di atas 260o K<sup>7)</sup>. 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  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat diaplikasikan sebagai fotokatalis<sup>8)</sup>. Koefisien absorpsi  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 104 cm<sup>-1</sup> sehingga  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat digunakan sebagai elektroda semikonduktor<sup>9)</sup>. 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 tertentu<sup>10)</sup>. Terdapat beberapa fasa pada Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, yaitu fasa Alpha ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), beta ( $\beta$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), gamma ( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan epsilon ( $\epsilon$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sup>11)</sup>. Serbuk pigmen  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> banyak digunakan dalam divais elektronika seperti untuk sensor gas etanol, superkapasitor dan bahan baku baterai litium<sup>12)</sup>. Selain untuk media elektronika,  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> juga digunakan dalam dunia biomedis dan  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat diolah menjadi pigmen

besi oksida yang berfungsi sebagai salah satu komponen dasar pembuatan cat. Untuk industri pembuatan baterai litium,  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> digunakan dalam pembuatan katoda sebagai campuran LiFePO<sub>4</sub> 3).

## METODE

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:H<sub>2</sub>O (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 800C 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 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang berwarna merah. Reaksi yang terjadi pada tahap ini yaitu :



## 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<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang semakin sedikit. Hal ini dikarenakan akan semakin sedikit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terlarut dalam proses leaching sehingga menyebabkan semakin sedikit serbuk Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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)

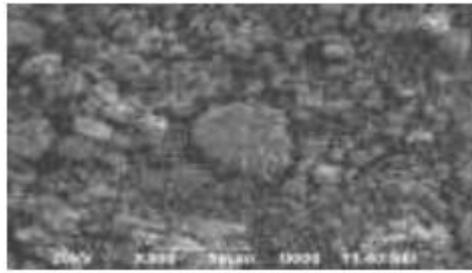
Setelah mendapatkan hasil optimum yaitu pada konsentrasi HCl pekat 37% dan waktu leaching 120 menit yang ditandakan dengan memperoleh serbuk yang merah pekat, dilakukan variasi temperatur roasting untuk mengetahui pengaruhnya terhadap hasil pengolahan bijih besi primer dengan asam klorida ini. Tabel 2. Pengaruh variasi waktu pemanggangan.

Tabel 2. Pengaruh variasi waktu pemanggangan

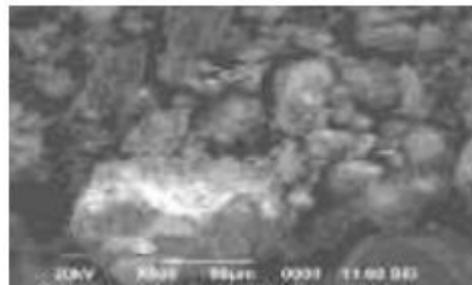
Konsentrasi HCl	Suhu Saat Roasting (°C)	Massa	Warna
Pekat 37%	400	11,76	Coklat
Pekat 37%	500	12,6	Coklat
Pekat 37%	600	13,15	Coklat Kemerahan
Pekat 37%	700	9,7	Merah

Berdasarkan tabel 2 diperoleh bahwa rentang suhu pemanggangan antara 400-700°C diperoleh hasil yang paling baik pada suhu 700°C. Pada temperatur 700°C diperoleh hasil pengolahan dengan penampakan warna paling baik yaitu warna merah. Hal ini sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan Richamawati, bahwa α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> berwarna merah pekat (13). Sehingga, pada temperatur 700°C merupakan hasil optimum dilakukannya roasting terhadap bijih besi primer.

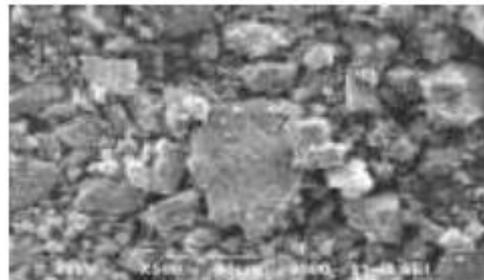
Uji analisis SEM dilakukan terhadap sampel bijih besi, Residu dan sampel hasil roasting pada suhu 400°C dan 700°C. Hal ini bertujuan untuk membandingkan morfologi masing-masing sampel. Hasil SEM terhadap sampel bijih besi primer Ciemas Sukabumi dapat dilihat bahwa morfologi tersebut berbentuk partikel-partikel 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.



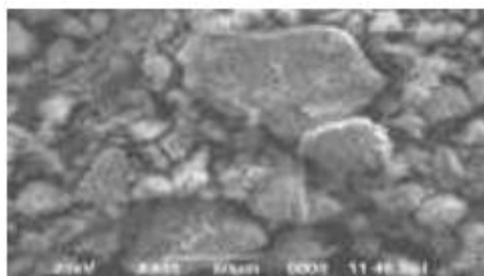
(a)



(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  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang berwarna merah pekat.



**Gambar 4.** Produk serbuk  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### **KESIMPULAN**

Dalam proses pembuatan  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dari bijih besi Ciemas Sukabumi dengan proses hidropirometalurgi memiliki tahapan yaitu proses pelindian (leaching), proses pengendapan (hydrolysis) dan proses pemanggangan (roasting). Dari penelitian diketahui bahwa hasil terbaik dalam pembuatan  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Prasetyo, A.B., Puguh P., dan Indira M. Karakteristik Bijih Besi Hematit dari Tanah Laut sebagai Bahan Baku Pembuatan Serbuk  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Biomassa pusat penelitian metalurgi. 2014.
- [2] Prasetyo, A.B., Puguh P., dan Indira M. Pembuatan  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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 LiFePO<sub>4</sub> for Lithium Battery Cathodes. Journal of The Electrochemical Society. 148. A224-A229. 2001.
- [4] Jurnal Sains Material Indonesia, No 7, 47-51. 2005
- [5] Grace. et al. Sintesis  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dari Mill Scale Pabrik Baja dengan Metode Presipitasi. Jurnal Sains Material Indonesia, No 7, 47-51. 2005.
- [6] 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. Edin supardi, Pengujian logam. Angkasa, Bandung. 1994
- [7] Yashita M. Analisis Stuktur Kristalin Hematite yang Disubstitusi Ion Manganes dan Ion Titanium. [skripsi]. Semarang: Departemen Fisika, Universitas Diponegoro . 2011
- [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 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Thin Film. Bull. Mater. Sc., 19, 155159. 1996.
- [10] Jun P, Sobahan K.M.A., Kwon H. Optical and Structural Properties of  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Thin Films Prepared by Ion-beam Assisted Deposition. Surface and Coating Technology, 203, 26462650. 2009.
- [11] Nagy M. Khalil. Extraction of Nanosized  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Particles from Hematite Ore, 2012 3rd International Conference on Chemistry and Chemical Engineering. IPCBEE vol.38 . Singapore: IACSIT Press. 2012