

## **PRODUKSI HEMATIT ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) DARI PASIR BESI : PEMANFAATAN POTENSI ALAM SEBAGAI BAHAN INDUSTRI BERBASIS SIFAT KEMAGNETAN**

**Agus Yulianto<sup>1</sup>, Satria Bijaksana<sup>2</sup>, Waloejo Loeksmanto<sup>2</sup> dan Daniel Kurnia<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Jurusan Fisika, Universitas Negeri Semarang  
Jl. Raya Sekaran, Gunung Pati, Semarang*

<sup>2</sup> *Departemen Fisika, Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesa 10, Bandung*

### **ABSTRAK**

**PRODUKSI HEMATIT ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) DARI PASIR BESI: PEMANFAATAN POTENSI ALAM SEBAGAI BAHAN INDUSTRI BERBASIS SIFAT KEMAGNETAN.** Dalam rangka meningkatkan nilai ekonomis pasir besi, kami telah melakukan pengolahan mineral magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) yang diambil dari pasir besi menjadi mineral hematit ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) melalui proses oksidasi. Mineral magnetit dipisahkan dari pasir besi yang diambil dari suatu lokasi di pesisir utara Jawa Tengah melalui proses ekstraksi, penghalusan dan pemisahan sehingga diperoleh dengan kemurnian yang tinggi. Magnetit yang dimurnikan tersebut kemudian dioksidasi pada suhu 500°C, 600°C dan 700°C, masing-masing selama 15 jam. Hasil oksidasi mempunyai penampakan fisika yang berbeda dan nilai *susceptibility* magnetik yang lebih kecil dibanding mineral magnetit asalnya. Semakin tinggi suhu oksidasi semakin mirip warnanya dengan diperoleh dengan mineral hematit yang dihasilkan oleh industri. Nilai *susceptibility* magnetik juga menurun dengan semakin tingginya suhu oksidasi. Analisis fotomineralogi menunjukkan bahwa kandungan hematit meningkat dari 11% pada suhu oksidasi 500°C, menjadi sekitar 99% pada 700°C. Analisis dengan metode difraksi sinar-X memperlihatkan bahwa puncak-puncak intensitas magnetit yang semula mendominasi pada bahan awal secara bertahap diganti dengan puncak-puncak hematit pada sampel-sampel hasil oksidasi

**Kata kunci :** Pasir besi, oksidasi, hematit, magnetit

### **ABSTRACT**

**PRODUCTION OF HEMATITE ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) FROM IRON SAND: UTILIZATION OF NATURAL POTENTIAL AS INDUSTRIAL MATERIALS BASED ON MAGNETIC CHARACTERISTIC.** In order to increase the economic value of iron sand, we have processed magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) extracted from iron sand into hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) through oxidation process. The iron sand was taken from an undisclosed location the north coast of Central Java. The magnetite was obtained through processes of extraction, grinding, and separation to achieve high purity. The magnetite was then oxidized for 15 hours in the high temperatures of 500°C, 600°C dan 700°C. Compared to the original magnetite, the oxidized substance has different physical appearance and lower magnetic susceptibility. As temperature increases, the color of the substance was getting closer to that of industrial grade hematite. Magnetic susceptibility of the oxidized substance decreases as temperature increases. Photomineralogical analysis shows that the hematite content increases from 11%, at oxidation temperature of 500°C, to 99%, at oxidation temperature of 700°C. X-ray diffraction analysis indicates that the peaks of magnetite in the original material were gradually replaced the peaks of hematite in the oxidized substances.

**Key words :** Iron sand, oxidation, hematite, magnetite

### **PENDAHULUAN**

Di propinsi Jawa Tengah dan beberapa wilayah lain di Indonesia, terdapat pasir besi yang keberadaannya tergolong unik dibanding dengan tempat lain di dunia. Penampakannya yang banyak di sepanjang pantai, memberi kemudahan bahan ini untuk ditambang dan diolah menjadi bahan lain yang bernilai lebih tinggi. Sayangnya selama ini pasir besi ditambang dan dijual ke pengguna dalam bentuk bahan mentah (*raw materials*),

sehingga Pendayagunaan seperti ini tentu saja tidak efektif.

Beberapa studi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa bahan alam pasir besi kaya akan mineral yang mengandung besi. Mineral yang mendominasi pasir besi adalah magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) [1,2]. Mineral jenis ini dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan besi baja, dan telah dilakukan studinya dalam

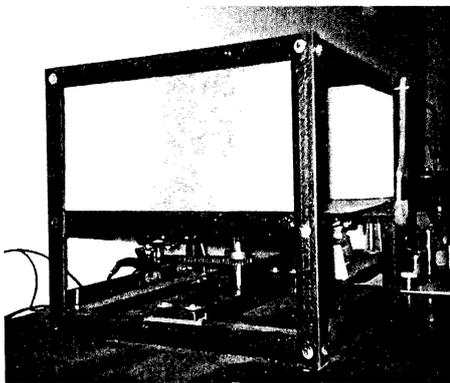
bentuk *pellet* [3]. Selain itu, mineral magnetit pasir besi juga sangat potensial untuk diolah menjadi bahan industri lain yang didasarkan pada sifat-sifat kemagnetannya. Penambahan oksigen (oksidasi) pada magnetit akan mengubah bahan ini menjadi maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) atau hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), bergantung pada suhu proses. Beberapa produk industri untuk berbagai keperluan ternyata dibuat dengan bahan dasar magnetit yang banyak terdapat pada pasir besi. Sebagai contoh, tinta kering (*toner*) pada mesin *photo-copy* dan *printer* laser terbuat dari magnetit [4], sementara magnetit adalah bahan utama untuk pita-kaset. Baik magnetit, hematit, dan maghemit juga digunakan sebagai pewarna serta campuran (*filler*) untuk cat. Ketiga mineral tersebut juga merupakan bahan dasar untuk industri magnet.

Dalam tulisan ini dipaparkan proses oksidasi magnetit pasir besi menjadi hematit sebagai upaya untuk meningkatkan nilai ekonomis pasir besi. Proses pemurnian magnetit dan oksidasinya dilakukan di Laboratorium Kemagnetan Bahan Jurusan Fisika UNNES, sementara karakterisasi hasil oksidasi dilakukan di Bandung, khususnya di Departemen Fisika ITB dan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral (PPTM).

## METODE PERCOBAAN

### Preparasi dan Proses Oksidasi

Contoh bahan pasir besi pada studi ini diambil dari suatu lokasi di pesisir utara Jawa Tengah yang mempunyai *susceptibility* magnetik yang lebih tinggi dibanding pasir besi dari lokasi-lokasi lainnya. Untuk mendapatkan magnetit dengan tingkat kemurnian yang tinggi dilakukan proses pemurnian melalui tahap pemisahan atau separasi dan penggerusan. Pertama, setelah dilakukan pembilasan dengan air bersih dan pengeringan, bahan magnetik yang ada pada pasir besi dipisahkan (diekstrak) secara manual, seperti yang dilakukan oleh pada penelitian terdahulu [1]. Tahap kedua, setelah diekstrak secara manual magnetit pasir besi digerus lagi sehingga memiliki ukuran butiran yang lebih kecil. Selanjutnya hasil gerusan kedua ini dimurnikan



Gambar 1. Alat pemisah atau separator bahan magnetik

dengan menggunakan alat pemisah atau separator yang didisain khusus untuk keperluan itu (lihat Gambar 1). Alat ini bekerja berdasar prinsip gaya sentrifugal.

Hasil pemisahan kemudian digerus lagi dan disaring dengan menggunakan kain (*screen*) sablon ukuran 150 mesh yang dipasang magnet permanen di bawahnya. Proses pemurnian magnetit pasir besi dengan proses tersebut di atas dapat menghasilkan magnetit dengan kemurnian hingga 99%.

Magnetit yang telah dimurnikan kemudian dioksidasi dengan sebuah tungku (*furnace*) yang khusus dikembangkan untuk keperluan ini. Oksidasi dilakukan selama 15 jam pada beberapa suhu, yaitu 500°C, 600°C dan 700°C. Untuk menyempurnakan hasil, selama proses oksidasi berlangsung dialirkan gas oksigen.

## Karakterisasi

Identifikasi dan karakterisasi hasil oksidasi dilakukan melalui beberapa tahapan. Pada tahap pertama dilakukan pemeriksaan penampakan fisik dengan cara membandingkan hasil oksidasi dengan hematit yang telah ada di pasaran. Selanjutnya, *susceptibility* magnetik dari hasil oksidasi di ukur dan dibandingkan nilainya dengan bahan sejenis yang diproduksi oleh industri. Pengukuran *susceptibility* magnetik dilakukan dengan menggunakan Bartington *magnetic susceptibilitymeter* tipe MS2B. Tahap identifikasi berikutnya adalah analisis fotomineralogi melalui analisis sayatan tipis (*thin section*). Dengan metode ini, jenis mineral yang dihasilkan pada proses oksidasi dapat diketahui serta dan dapat diperkirakan kuantitasnya. Analisis ini dilakukan di Laboratorium Fotomineralogi PPTM Bandung. Mineralogi dari hasil oksidasi selanjutnya juga dianalisis dengan menggunakan metode difraksi sinar X.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

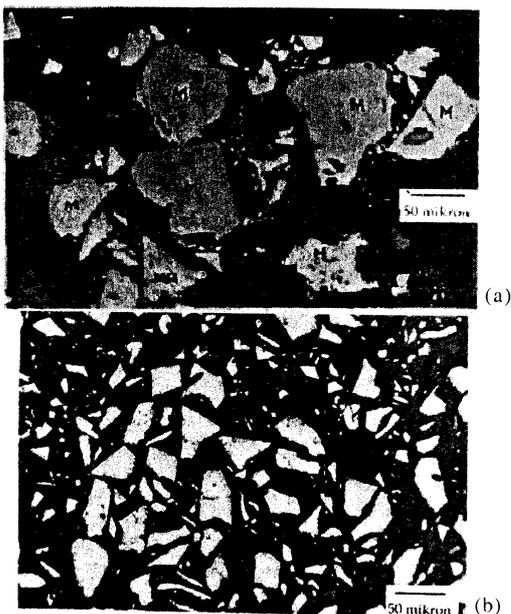
Pada proses oksidasi penampakan fisik dari magnetit mengalami perubahan dari hitam mengkilat menjadi ungu kecoklatan pada 500 °C dan ungu pada 600 dan 700 °C. Penampakan hasil oksidasi pada suhu 600 dan 700 °C sudah sangat menyerupai hematit yang diproduksi oleh Pfizer.

Sementara itu nilai *susceptibility* magnetik juga, secara konsisten, menurun seiring dengan naiknya suhu. Jika magnetit yang dimurnikan mempunyai nilai *susceptibility* magnetik sekitar  $4.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg}$ , maka bahan hasil oksidasi pada temperatur 500°C memiliki nilai *susceptibility* magnetik  $1.73 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg}$ . Oksidasi pada temperatur yang lebih tinggi menurunkan nilai *susceptibility* magnetik lebih jauh lagi. Hasil oksidasi pada 600 dan 700°C mempunyai *susceptibility* magnetik, masing-masing,  $4.45 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$  dan  $2.53 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$ . Penurunan nilai *susceptibility* in sesuai dengan yang diharapkan. Nilai *susceptibility* mineral magnetit jauh

lebih besar dari nilai untuk mineral hematit. Berkurangnya magnetit dan bertambahnya hematit dengan sendirinya akan menurunkan nilai *susceptibility* magnetik.

Dari perubahan penampakan fisik dan menurunnya nilai *susceptibility* magnetik dapat disimpulkan bahwa hasil oksidasi pada suhu 700°C mempunyai kandungan hematit yang lebih banyak dibanding dengan hasil oksidasi pada suhu yang lebih rendah. Nilai *susceptibility* magnetik pada hasil oksidasi 600 dan 700°C sudah berada pada orde yang sama dengan nilai *susceptibility* bahan magnetik dari sampel komersial yang dibuat oleh Pfizer. Sementara itu, nilai *susceptibility* dari hasil oksidasi pada 500°C masih berada pada orde yang sama dengan nilai *susceptibility* dari magnetit dan magnemite yang berada di pasaran. Ini berarti, oksidasi pada 500°C belum menghasilkan bahan yang didominasi oleh hematit.

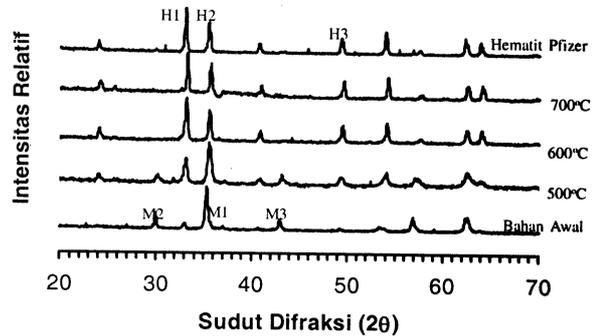
Hasil analisis fotomineralogi yang tercantum pada Gambar 2 memperkuat hal tersebut diatas. Gambar 2 menunjukkan perbedaan visual yang pada penampakan sebelum oksidasi (a) dan setelah proses oksidasi pada 700°C (b). Sebelum oksidasi magnetit merupakan mineral dominan disamping juga banyak terdapat mineral pengotor atau *gauge minerals*. Analisis fotomineralogi yang didasarkan pada perhitungan luasan mineral menunjukkan bahwa pada suhu 500°C kuantitas hematit pada bahan adalah 11% sementara pada suhu 600°C kuantitasnya naik menjadi 50%. Pada suhu 700°C, kuantitas hematit naik lagi menjadi 99%. Gambar 2b menunjukkan bahwa bulir-bulir yang diamati sudah sangat homogen.



Gambar 2. Foto dari bulir-bulir magnetit sebelum proses oksidasi (a) dan foto bulir-bulir hematit yang dihasilkan oleh proses oksidasi pada suhu 700°C selama 15 jam. Pada gambar (a) selain magnetit (M) dan hematit (H), masih terdapat mineral-mineral lain (*gauge minerals*). Pada gambar (b) penampakan mineral sudah lebih homogen dengan hematit sebagai mineral dominan.

Peningkatan kuantitas hematit seiring dengan naiknya suhu oksidasi juga terlihat dengan jelas pada hasil difraksi sinar X. Gambar 3 menunjukkan bagaimana puncak-puncak magnetit yang semula mendominasi bahan sebelum proses oksidasi mengecil pada suhu oksidasi yang semakin tinggi. Sebaliknya, puncak-puncak hematit menjadi semakin tinggi. Untuk hasil oksidasi pada temperatur 700°C, seluruh sudut-sudut utama hematit[5], masing-masing 33,31°, 35,77°, 49,60°, 54,28°, 62,59°C, dan 64,14° muncul pada difraktogram. Gambar 3 juga memperlihatkan bahwa pola difraktogram untuk hasil oksidasi pada suhu 700°C sudah serupa dengan pola difraktogram hematit komersial.

Hasil ini sesuai dengan apa yang dilaporkan pada makalah klasik [6] yang menyatakan bahwa pada suhu 600°C magnetit akan teroksidasi seluruhnya menjadi hematit. Hal yang sama tidak akan terjadi pada suhu yang lebih rendah, karena disinyalir hematit yang terbentuk di lapisan luar bulir magnetit akan melindungi lapisan dalamnya dari proses oksidasi lebih lanjut.



Gambar 3. Difraktogram untuk bahan awal (magnetit, paling bawah), hasil-hasil oksidasi serta bahan hematit yang dihasilkan oleh industri (paling atas). Terlihat bahwa intensitas magnetit (M1, M2 dan M3) semakin mengecil dengan naiknya suhu oksidasi sementara intensitas hematit (H1, H2, H3) bertambah. Pola difraktogram untuk hasil oksidasi pada suhu 700°C sudah menyerupai difraktogram untuk hematit komersial.

## KESIMPULAN

Proses oksidasi pada suhu tinggi selama 15 jam yang dilakukan pada serbuk magnetit yang diambil dari pasir besi telah berhasil mengubah magnetit menjadi hematit. Langkah-langkah identifikasi dan karakterisasi yang dilakukan menunjukkan bahwa kandungan hematit menjadi lebih tinggi seiring dengan suhu proses oksidasi. Analisis fotomineralogi mengindikasikan bahwa oksidasi pada suhu 700°C menghasilkan kandungan hematit sebesar 99%. Perubahan magnetit menjadi hematit juga ditunjukkan oleh indikator-indikator lain seperti perubahan penampakan fisik dan turunnya nilai *seceptibility* magnetik. Penampakan fisik dan nilai *seceptibility* magnetik dari hematit yang dihasilkan pada proses oksidasi ini sudah menyerupai hematit yang secara komersial yang dihasilkan oleh Pfizer.

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Pembiayaan penelitian ini diperoleh dari Hibah Bersaing X (S. Bijaksana dkk) dan Riset Unggulan Institut Teknologi Bandung (W. Loeksmanto dkk). Ucapan terima kasih juga disampaikan pada Untung Sugiarto, M. Subhan, dan Agus Nugroho yang telah membantu proses pelaksanaan penelitian ini.

## **DAFTAR ACUAN**

- [1]. YULIANTO A, S. BIJAKSANA, W. LOEKSMANTO, Karakterisasi Magnetik dari Pasir Besi Cilacap, *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia, Suplemen Prosiding, A5* (0527), (2002)
- [2]. YULIANTO A, S. BIJAKSANA, W. LOEKSMANTO, Comparative Study on Magnetic Characterization of Iron Sand from Several Locations in Central Java, *Kontribusi Fisika Indonesia, 14* (2), (2003) 63-66
- [3]. MUTA'ALIM, L. TAHLI, H. PURWANTO, SUBIANTORO, Pembuatan prerduced pellet pasir besi, *Laporan Penelitian PPTM*, Bandung, (1995)
- [4]. BIJAKSANA S, Y. AZIS, T. PRIYOUTOMO, A Combined Method for Identification and Grain Size Determination of Magnetite ( $Fe_3O_4$ ), *Kontribusi Fisika Indonesia, 11* (4), (2001) 105-108
- [5]. TUCKER M., *Techniques in Sedimentology*, Blackwell Science, Oxford (1988)
- [6]. FRANCO U.C., Magnetite oxidation: A Proposed Mechanism, *Science, 147* (1965) 1033-1034