

## Penurunan Ukuran Butir Serbuk Besi dengan *Ball Milling* 744 rpm dan *Ball to Powder Weight Ratio* 1:5

Haris Cahyo Triatmono<sup>1,a\*</sup>, Muslimin<sup>1</sup>, Lydia Anggraini<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Program Sarjana Teknik Mesin, Universitas Presiden, Jawa Barat, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Presiden, Jawa Barat, Indonesia

<sup>a</sup>harizhct@gmail.com, <sup>b</sup>lydia.anggra@president.ac.id

**Abstract.** *Creating a magnet with powder metallurgy technology, the materials to be processed must be available in powder form with a relatively very fine size, in micrometers ( $\mu\text{m}$ ). In the magnetism of materials, grinding the material to obtain a very fine powder size is intended to obtain a magnetic material powder having a single domain. One tool commonly used to reduce the size of the powder to reach the size of a micrometer ( $\mu\text{m}$ ) is a ball milling machine. This tool works by using hard balls in a drum. The balls are clashing each other with ground powder until the powder size becomes very small. Ball milling is using a strong material SS400, so it is expected to last long. While the special drum uses a base material of metal that is non-magnetic based Austenitic Manganese Steel. Ball uses a Ni-Hard ball. The AC motor measured with a stroboscope while carrying the load is 744 rpm. The process of smoothing that occurs inside the tube when the machine is run is the occurrence of collisions between Ni-Hard balls with the best grind sand is 83.3 grams with the number of Ni-Hard ball 101 fruit with a diameter of 10 mm and 75 pieces with a diameter of 11 mm, with using a 1:5 ratio. The process of shooting using Keyence optical microscope VHX 5000 with 200x bundle. Significant size changes occur with grinding with 10 mm diameter Ni-Hard ball from 15 minutes to 45 minutes. Then by using a Ni-Hard ball diameter of 11 mm also changed although not too significant.*

**Keywords.** *Ball Milling, Iron Ore, Ball Ni-Hard.*

**Abstrak.** Pembuatan magnet dengan teknologi metalurgi serbuk, maka bahan-bahan yang akan diolah harus tersedia dalam bentuk serbuk dengan ukuran yang relative sangat halus, yaitu dalam mikrometer ( $\mu\text{m}$ ). Dalam bidang kemagnetan bahan, penggilingan material hingga diperoleh ukuran serbuk yang sangat halus ini dimaksudkan untuk memperoleh serbuk bahan magnet yang memiliki domain magnetik tunggal (*single domain*). Salah satu alat yang lazim digunakan untuk mereduksi ukuran serbuk hingga mencapai ukuran mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) adalah mesin *ball milling*. Alat ini bekerja dengan menggunakan bola-bola keras dalam suatu drum. Bola-bola tersebut saling berbenturan menumbuk serbuk yang digiling hingga ukuran serbuk menjadi sangat kecil. *Ball milling* ini menggunakan bahan SS400 yang kuat, sehingga diharapkan bisa bertahan lama. Sedangkan khusus drum nya menggunakan bahan dasar dari logam yang bersifat non-magnetik yang berbahan dasar *Austenitic Manganese Steel*. Bola menggunakan *ball Ni-Hard*. Motor AC yang diukur dengan stroboskop saat membawa beban adalah 744 RPM. Proses penghalusan yang terjadi didalam tabung sewaktu mesin dijalankan adalah terjadinya tumbukan antara bola-bola *Ni-Hard* dengan pasir yang digiling yang paling baik adalah 83.3 gram dengan jumlah ball *Ni-Hard* 101 buah dengan diameter 10 mm dan 75 buah dengan diameter 11 mm, dengan menggunakan perbandingan 1:5. Proses pengambilan gambar tersebut menggunakan microscop keyence VHX 5000 dengan pembesaran 200x. Terlihat terjadi perubahan ukuran yang signifikan dengan penggilingan dengan *ball Ni-Hard* diameter 10 mm dari waktu 15 menit sampai 45 menit. Kemudian dengan menggunakan *ball Ni-Hard* diameter 11 mm juga mengalami perubahan walaupun tidak terlalu signifikan.

**Kata kunci.** *Ball Milling, Bijih Besi, Ball Ni-Hard*

### Latar Belakang

Indonesia memiliki sumber daya slam (SDA) yang melimpah, termasuk di dalamnya kandungan mineral alamiah. Tapi kekayaan alam tersebut banyak yang belum diolah dan

dimanfaatkan secara optimal. Salah satu kekayaan yang melimpah adalah pasir besi. Selama ini pasir besi ditambang dan dijual masih dalam bentuk mentah sehingga mempunyai nilai jual yang rendah. Untuk itu dibutuhkan suatu alat yang dapat mengolah pasir besi sehingga diharapkan dari pengolahan dapat meningkatkan nilai jualnya (Yulianto, 2003).

Dalam pasir besi mengandung mineral magnetik yang sebagian besar terdiri dari magnetit ( $Fe_3O_4$ ), hematit ( $\alpha-Fe_2O_3$ ) dan maghemit ( $\gamma-Fe_2O_3$ ) yang banyak dimanfaatkan dalam industri pembuatan magnet. Kandungan mineral magnetik terbesar pada pasir besi yaitu magnetit ( $Fe_3O_4$ ) yang merupakan keluarga besi 2 oksida. Bahan magnetit ( $Fe_3O_4$ ) secara kimia teroksidasi menjadi hematit ( $\alpha-Fe_2O_3$ ) dan maghemit ( $\gamma-Fe_2O_3$ ) (Yulianto, 2002).

Pembuatan magnet dengan teknologi metalurgi serbuk, maka bahan-bahan yang akan diolah harus tersedia dalam bentuk serbuk dengan ukuran yang relatif sangat halus, yaitu dalam orde mikrometer ( $\mu m$ ). Dalam bidang kemagnetan bahan, penggilingan material hingga diperoleh ukuran bulir yang sangat halus ini dimaksudkan untuk memperoleh bulir-bulir bahan magnet yang memiliki domain magnetik tunggal (*single domain*). Oleh karena itu, bahan alam semisal pasir besi atau bahan-bahan magnetik lain harus digiling terlebih dahulu sehingga ukurannya menjadi kecil, sebelum diolah lebih lanjut menjadi barang komoditi. Proses penggilingan ini dapat saja dilakukan secara manual dengan menggunakan mortar keramik, tetapi cara ini tentu akan menjadi tidak efisien. Dengan demikian diperlukan alat-alat mekanik yang dapat membantu proses penggilingan secara efektif.

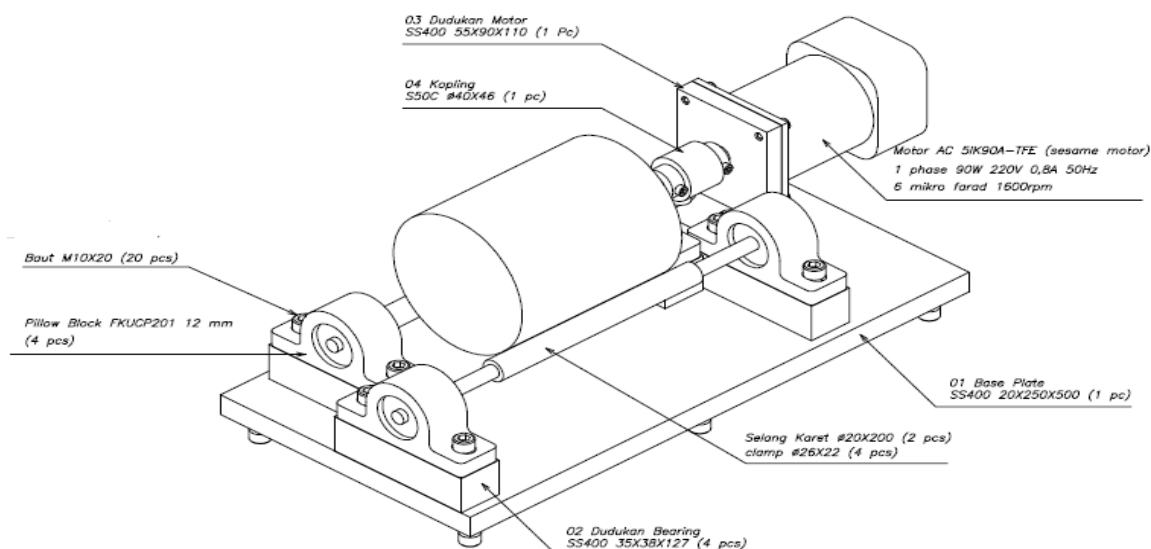
Salah satu alat yang lazim digunakan untuk mereduksi ukuran serbuk hingga mencapai ukuran mikrometer ( $\mu m$ ) adalah mesin *ball milling*. Alat ini bekerja dengan menggunakan bola-bola keras dalam suatu wadah. Bola-bola tersebut saling berbenturan menumbuk serbuk yang digiling hingga ukuran bulirnya menjadi sangat kecil. Mesin *ball milling* ini sebenarnya sudah ada di pasaran. Tetapi mesin tersebut selama ini menjadi produk khusus dari perusahaan luar negeri, dan dipasarkan di Indonesia sebagai produk impor. Akibatnya harga jual barang ini sangat mahal. Padahal berdasar kajian terhadap mesin sejenis hasil produk luar negeri, ternyata mesin tersebut memiliki konstruksi yang relatif sederhana, dan sangat mudah untuk dilakukan rancang bangun sendiri di dalam negeri. Perangkat mesin *ball milling* yang ada di pasaran biasanya bersifat umum dan cocok untuk bahan-bahan non magnetik, tetapi belum tentu cocok dengan bahan-bahan yang bersifat magnetik, karena bahan yang digunakan dalam pembuatan drum penggilingnya ini tidak bersifat non magnetik. Maka jika digunakan untuk menggiling bahan-bahan yang bersifat magnetik akan terjadi interaksi antara bahan yang digiling dengan drumnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem perancangan yang relatif khusus jika yang digiling adalah bahan yang bersifat magnetik, khususnya untuk bagian drum dan bola gilingnya.

## Metodologi Penelitian

Pada langkah ini bahan yang akan digiling adalah bahan magnetik maka dalam perancangan alat ini harus dipilih bahan-bahan logam yang bersifat non magnetik. Hal ini bertujuan agar bahan yang digiling tidak termagnetisasi oleh alat dan tidak terjadi interaksi antara bahan magnetik yang digiling dengan alat. Di antara bahan logam yang non-magnetik adalah *Ni-Hard*, *Austenitic Manganese Steel*, dan lain-lain. Kegiatan rancang bangun ini akan lebih banyak menggunakan bahan *stainless steel*, karena selain kuat, tahan korosi.

Desain alat yang dibuat mengacu pada alat yang kami lihat di youtube dan dibuat sederhana tetapi tetap maksimal untuk penggilingan material. Dalam pemilihan bahan-bahannya dipilih bahan yang bersifat non magnetik yaitu *Austenitic Manganese Steel* terutama untuk drum penggilingnya. Adapun rancangan komponen komponen alat *Ball Milling* ditunjukkan oleh beberapa di bawah ini.

Alat penggiling ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu plat berbentuk persegi kemudian dipasang *pillow block* sebanyak 4 buah kemudian dipasangkan dua buah *shaft* yang berdiameter 12 mm yang dibalut oleh karet sebagai tempat meletakkan tabung berdiameter 130 mm. Satu buah besi silinder yang digunakan sebagai besi yang berputar ini dihubungkan dengan sebuah motor listrik dengan menggunakan kopling sebagai penggerak. Berikut adalah bagian - bagian dari alat *ball milling* yang dibuat untuk proses penggilingan bijih besi.



Gambar 1. Desain Ball Milling

Tabel 1. Bagian – bagian alat *Ball Milling*

No	Nama Bagian	Ukuran	Spec/Bahan	Jumlah	Keterangan
1	Motor AC	Ø12 1600RPM	1Ø90W220V0,8A 50Hz	1	Standard Part
2	Base Plate	20X250X500	SS400	1	Machining
3	Selang Karet	Ø20X200		2	Standard Part
4	Dudukan Bearing	35X38X127	SS400	4	Machining
5	Poros Penopang	Ø12X390	SUS	1	Standard Part
6	Pillow block	-	FKUCP201 12 mm	4	Standard Part
7	Poros Pemutar	Ø12X350	SUS	1	Standard part
8	Drum	Ø130X160	Austenitic Manganese Steel	1	Casting
9	Kopling	Ø40X46	S50C	1	Machining
10	Dudukan Motor	55X90X110	SS400	1	Machining
A	Baut	M6X20		4	Standard Part
B	Baut	M5X10		2	Standard Part
C	Baut	M10X20		20	Standard Part

Selain spesifikasi alat *Ball Milling* tersebut ada juga bahan yang digunakan untuk menguji alat tersebut. Bahan-bahan tersebut sebagai berikut:

1. Serbuk Besi

Serbuk besi adalah media untuk digiling di alat *ball milling*. Serbuk besi saya beli di situs online seberat 250 gram kemudian dibagi menjadi 3 menjadi 83.3 gram per wadah nya. Setiap proses percobaan nanti menggunakan serbuk besi seberat 83.3 gram.

2. *Ball Ni-Hard*

*Ball Ni-Hard* yang saya gunakan ada dua macam yaitu diameter 10 mm dan 11 mm. Sebelum saya gunakan percobaan saya timbang *ball Ni-Hard* yang diameter 10 mm dan 11 mm. Dan didapatkan berat ball *Ni-Hard* yang diameter 10 mm adalah seberat 4.1 gram dan diameter 11 mm seberat 5.5 gram.

3. Drum *Austenitic Manganese Steel*

Drum *Austenitic Manganese Steel* diameter 130 mm x 160 mm digunakan untuk wadah menggiling serbuk besi dengan *ball Ni-Hard*. Saya akan memakai perbandingan 1:5. Dengan 83.3 gram serbuk besi digiling dengan 417 gram *ball Ni-Hard* (75 buah diameter 11 mm dan 101 buah diameter 10 mm).

Penggilingan serbuk besi akan menggunakan beberapa parameter yaitu terhadap waktu dan *ball Ni-Hard*. Proses ini akan dilihat perbedaan ukuran bulir serbuk besi yang sebelum digiling dan sesudah digiling. Berikut langkah langkah untuk melakukan penggilingan serbuk besi tersebut.

Langkah kerja :

1. Mengukur besar serbuk besi dengan microscop keyence.
2. Menimbang pasir besi sesuai yang dibutuhkan dengan teliti.
3. Menimbang bola- bola *Ni-Hard* ukuraan 10 mm dan 11 mm.
4. Pasir besi yang telah ditimbang dimasukan kedalam drum
5. Bola-bola *Ni-Hard* ukuran 10 mm dimasukkan juga kedalam drum.
6. Lakukan langkah sampai nomer 4 dengan memasukkan bola *Ni-Hard* ukuran 11 mm kedalam toples.
7. Drum ditutup dengan penutupnya.
8. Drum diletakkan di mesin *ball milling*.
9. Mesin *ball milling* dihidupkan selama 15 menit.
10. Lakukan langkah 1 sampai 7 tetapi mesin dihidupkan selama 30 menit dan 45 menit
11. Mencatat hasil dalam tabel berikut.

Tabel 2. Tabel Biji Besi sebelum penggilingan

<b>Ukuran Bulir Serbuk Besi sebelum diproses / digiling</b>	<b>150 ~ 300 <math>\mu</math>m</b>
---	------------------------------------

Tabel 3. Tabel Hasil Penggilingan 1

<b>Waktu</b>	<b>Ukuran ball <i>Ni-Hard</i></b>	<b>Ukuran bulir serbuk besi</b>
15 menit	10 mm	90 ~ 150 $\mu$ m
30 menit	10 mm	75 ~ 120 $\mu$ m
45 menit	10 mm	35 ~ 60 $\mu$ m

Tabel 4. Tabel Hasil Penggilingan 2

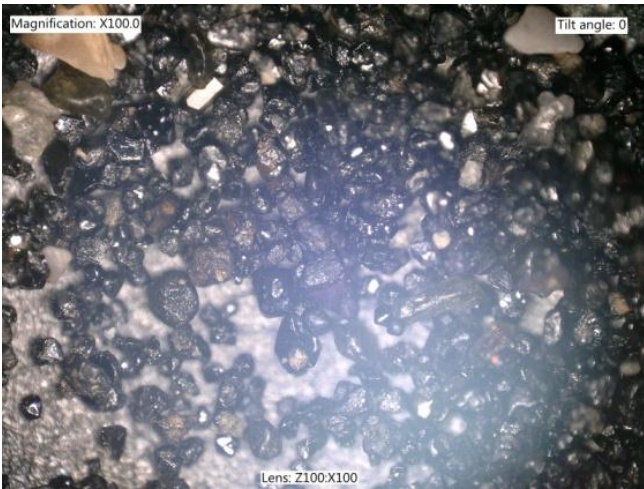
<b>Waktu</b>	<b>Ukuran ball <i>Ni-Hard</i></b>	<b>Ukuran bulir serbuk besi</b>
15 menit	11 mm	150 ~ 200 $\mu$ m
30 menit	11 mm	130 ~ 170 $\mu$ m
45 menit	11 mm	100 ~ 130 $\mu$ m

Tahapan ini merupakan tahap dimana data – data yang diperoleh diteliti dan dianalisa. Dengan melakukan proses penggilingan serbuk besi dan diberi beberapa parameter yaitu waktu dan ukuran *ball Ni-Hard*. Analisa dilakukan dengan membandingkan hasil ukuran serbuk besi sebelum di giling dan setelah di giling dengan menggunakan *ball milling*. Pengukuran akan di lihat dengan menggunakan microscop keyence di PT. *Honda Precision Parts Mfg*.

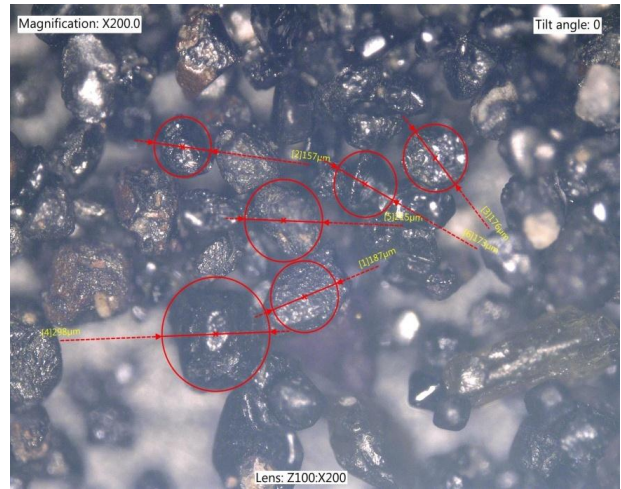
### **Hasil dan Pembahasan**

Hasil dari penelitian ini adalah sebuah alat *ball milling* yang telah diuji coba untuk menggiling pasir besi dengan menggunakan *ball Ni-Hard* diameter 10 mm dan 11 mm dengan melihat dan mengukur ukuran bulir pasir besi yang dihasilkan. Alat *ball milling* ini di desain dengan motor penggerak 90 A dengan 1600 rpm. Nilai hasil yang akan diukur adalah besar bulir biji besi sebelum digiling dan sesudah digiling. Untuk mengetahui besar bulir adalah dengan menggunakan menggunakan microscop dengan pembesaran 200x. Alat *ball milling* ini menggunakan motor 90 A dengan 1600 rpm. Pada proses penggilingan menggunakan rasio berat 1:5. Ada dua parameter yang digunakan yaitu dengan parameter diameter ball *Ni-Hard* dan waktu. *Ball Ni-Hard* yang dipakai adalah 10 mm dan 11 mm. Waktu yang dipakai adalah 15 menit, 30 menit dan 45 menit. Berat serbuk yang digunakan adalah 83.3 gram. Sebelum digiling serbuk besi diukur rata rata ukuran nya dengan microscop keyence dengan

pembesaran 200x dan didapat rata rata ukurannya adalah sebesar 150 ~ 300  $\mu\text{m}$  (100 ~ 50 mesh). Berikut adalah gambar dari pembesaran 100x bijih besi dengan menggunakan microscop.



Gambar 2. Ukuran serbuk besi sebelum diproses



Gambar 3. Ukuran serbuk besi sebelum diproses

Pada proses penggilingan menggunakan perbandingan 1:5. Ada dua parameter yang digunakan yaitu dengan parameter diameter *ball Ni-Hard* dan waktu. Berikut adalah hasil yang dicoba di alat *ball milling* ini.

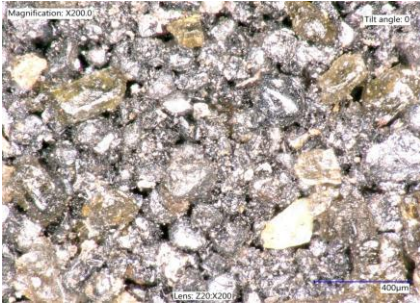
**1. Hasil penggilingan dengan *ball Ni-Hard* diameter 10 mm.**

- Spesifikasi :**
- Perbandingan 1:5
  - 101 Butir *Ball Ni-Hard*
  - 83.3 gram serbuk besi
  - 744 rpm
  - Waktu yang digunakan 15 menit, 30 menit dan 45 menit

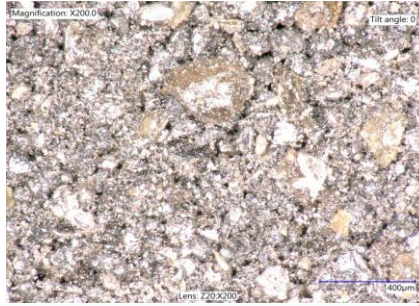
Tabel 5. Hasil pengujian dengan *ball Ni-Hard* 10 mm

Waktu	Ball Diameter	Ukuran butir sebelum proses	Ukuran butir setelah proses
15 menit	10 mm	150 ~ 300 $\mu\text{m}$	90 ~ 150 $\mu\text{m}$
30 menit	10 mm	150 ~ 300 $\mu\text{m}$	75 ~ 120 $\mu\text{m}$
45 menit	10 mm	150 ~ 300 $\mu\text{m}$	35 ~ 60 $\mu\text{m}$

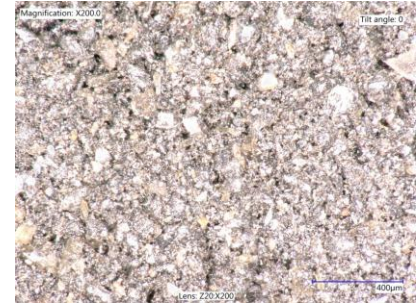
Gambar 4 adalah hasil penggilingan waktu 15 menit *ball Ni-Hard* 10 mm dari pengukuran microscop dengan pembesaran 400  $\mu\text{m}$  (200x). Dari hasil penggilingan didapatkan hasil ukuran bulir rata rata adalah 90 ~ 150  $\mu\text{m}$ . Gambar 5 adalah hasil penggilingan waktu 30 menit *ball Ni-Hard* 10 mm dari pengukuran microscop dengan pembesaran 400  $\mu\text{m}$  (200x). Dari hasil penggilingan didapatkan hasil ukuran bulir rata rata adalah 75 ~ 120  $\mu\text{m}$ . Gambar 6 adalah hasil penggilingan waktu 45 menit *ball Ni-Hard* 10 mm dari pengukuran microscop dengan pembesaran 400  $\mu\text{m}$  (200x). Dari hasil penggilingan didapatkan hasil ukuran bulir rata rata adalah 35 ~ 600  $\mu\text{m}$ .



Gambar 4. Ukuran serbuk besi setelah proses dengan waktu 15 menit



Gambar 5. Ukuran serbuk besi setelah proses dengan waktu 30 menit



Gambar 6. Ukuran serbuk besi setelah proses dengan waktu 45 menit

**2. Hasil penggilingan dengan ball Ni-Hard diameter 11 mm.**

- Spesifikasi :**
- Perbandingan 1:5
  - 75 Butir *Ball Ni-Hard*
  - 83.3 gram serbuk besi
  - 744 rpm
  - Waktu yang digunakan 15 menit, 30 menit dan 45 menit

Tabel 6. Hasil pengujian dengan *ball Ni-Hard* 11 mm

Waktu	Ball Diameter	Ukuran butir sebelum proses	Ukuran butir setelah proses
15 menit	11 mm	150 ~ 300 µm	150 ~ 200 µm
30 menit	11 mm	150 ~ 300 µm	130 ~ 170µm
45 menit	11 mm	150 ~ 300 µm	100 ~ 130 µm

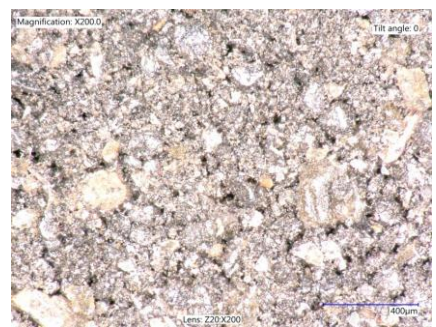
Gambar 7 adalah hasil penggilingan waktu 15 menit *ball Ni-Hard* 11 mm dari pengukuran microscop dengan pembesaran 400 µm (200x). Dari hasil penggilingan didapatkan hasil ukuran bulir rata rata adalah 150 ~ 200 µm. Gambar 8 adalah hasil penggilingan waktu 30 menit *ball Ni-Hard* 11 mm dari pengukuran microscop dengan pembesaran 400 µm (200x). Dari hasil penggilingan didapatkan hasil ukuran bulir rata rata adalah 130 ~ 170 µm. Gambar 9 adalah hasil penggilingan waktu 45 menit *ball Ni-Hard* 11 mm dari pengukuran microscop dengan pembesaran 400 µm (200x). Dari hasil penggilingan didapatkan hasil ukuran bulir rata rata adalah 100 ~ 120 µm.



Gambar 7. Ukuran serbuk besi setelah proses dengan waktu 15 menit



Gambar 8. Ukuran serbuk besi setelah proses dengan waktu 30 menit



Gambar 9. Ukuran serbuk besi setelah proses dengan waktu 45 menit

Proses pengambilan gambar tersebut menggunakan microscop keyence VHX 5000 dengan pembesaran 400  $\mu\text{m}$  (200x). Pada gambar 4 sampai dengan 9 memperlihatkan besar nya ukuran bulir bijih besi setelah digiling. Terlihat terjadi perubahan ukuran yang signifikan dengan penggilingan dengan *ball Ni-Hard* diameter 10 mm dari waktu 15 menit sampai 45 menit. Kemudian dengan menggunakan *ball Ni-Hard* diameter 11 mm juga mengalami perubahan walaupun tidak terlalu signifikan. Dalam pengamatan microscop juga masih terdapat ukuran bulir bijih besi yang tidak dalam range rata rata ukuran penggilingan. Hal ini karena bijih besi yang digiling banyak yang mengumpul pada sudut-sudut di dalam drum, sehingga *ball Ni-Hard* yang bertumbukan tidak menjangkau tempat tersebut. Dari hasil penggilingan tersebut saya belun menemukan bentuk yang sama di setiap bijih besi dan harus dikembangkan terus. Untuk membuat ukuran bijih besi menjadi lebih kecil alat *ball milling* ini sudah mampu.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil karakterisasi dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Alat *Ball Milling* ini sudah mampu untuk dan efektif untuk menggiling bijih besi.
2. Alat *Ball Milling* ini maksimal di antara rentang waktu 30 ~ 45 menit dengan hasil ukuran bulir bijih besi yang rata rata sama.
3. *Ball Ni-Hard* tidak akan rusak dan sama apabila digunakan pada rentang waktu 30 ~ 45 menit dan dengan perbandingan 1:5.

## Daftar Pustaka

- [1] Arie Fiandimas, Azwar Manaf. 2003. *Pembuatan Magnet Permanen Barium Hexaferit Berbahan Baku Mill Scale Dengan Teknik Metalurgi Serbuk*, Jurnal Sains Materi Indonesia (*Indonesian Journal of Material Science*), Vol. 5, No. 1, hal. 45-5.
- [2] Dunlop, David, J. 1997. *Rock Magnetism : Fundamentals and Fronteers*, Cambridge University Press, United Kingdom.
- [3] Goldman, Alex. 1991. *Modern Ferrite Technology*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- [4] Halliday, D. dan Resnick, R. 1989. *Fisika Jilid 2*. Terjemahan Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. Jakarta: Erlangga.
- [5] Sugiarto, Untung. 2003. *Proses Oksidasi Magnetit dan Karakterisasi Hasil-Hasilnya Dari Pasir Besi Pantai Bayuran Jepara Jawa Tengah*. Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA UNNES: Semarang.
- [6] Smallman, R. E. dan R. J. Bishop. 1991. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Edisi keenam. Terjemahan Sriati Djaprie. Jakarta : Erlangga
- [7] Ridwan, Grace, Mujamilah, 2003. *Sintesis Bahan Magnet Barium Hexaferrite Memanfaatkan Sumber Daya Alam Lokal*, Jurnal Sains Materi Indonesia (*Indonesian Journal of Material Science*), Vol. 5, No. 1, hal. 29-33.
- [8] Yulianto. 2002. *Studi Prelimier Mineral Magnetik (Tinjauan Kasus di JawaTengah)*, Makalah diseminarkan di Laboratorium Kemagnetan Bahan Jurusan Fisika UNNES.
- [9] Yulianto, A., Satria Bijaksana, W. Loeksmanto, Daniel Kurnia. 2003. *Produksi Hematit ( $\alpha \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dari Pasir Besi: Pemanfaatan Potensi Alam sebagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetan*, Jurnal Sains Materi Indonesia (*Indonesian Journal of Material Science*), Vol. 5, No. 1, hal.51-54.