

ANALISA KINERJA HASIL PERANCANGAN ALAT REDUKSI DAN KLASIFIKASI UKURAN PENGGERUSAN TIPE *SCREENER BALL MILL*

Dendi Arman Hidayat

D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : dendihidayat@mhs.unesa.ac.id

Arya Mahendra Sakti

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

Email : aryamahendara@unesa.ac.id

Abstrak

Screener Ball mill merupakan alat industri yang sangat berperan penting dalam bidang produksi terutama industri semen. *Ball mill* merupakan bola penggiling yang digunakan dalam proses pembuatan semen yang memiliki karakteristik keras seperti silika, kapur, alumina, dan besi oksida yang masih berbentuk bongkahan batu. *Screener* berfungsi sebagai klasifikasi ukuran material yang di reduksi menjadi mesh. Prinsip kerja mesin *screener ball mill* dimulai dari perputaran tubuh barel yang kemudian menghasilkan gaya sentrifugal, *steel ball* akan terbawa pada ketinggian tertentu dan jatuh untuk membuat material tergiling. Setelah proses penggilingan maka tahap selanjutnya serbuk dipisahkan dengan bola baja dengan menggunakan sebuah screening. Secara Umum proses reduksi melalui dua proses berbeda dari *ball mill* kemudian *screening* untuk menghasilkan mineral yang lebih halus. Mesin ini sudah dirancang oleh teman saya sendiri yaitu Saudara Naswan Dwi Suharsono di tahun 2018, dan saya berkeinginan untuk menindaklanjuti dengan menganalisa kinerja alat tersebut. Dari proses pengujian diperoleh massa paling banyak tertampung yaitu pada kecepatan *screening* 50 rpm dengan massa 985 gram dengan jumlah 45 bola baja. Sedangkan massa paling sedikit tertampung yaitu pada kecepatan *screening* 40 rpm dengan massa 810 gram dengan jumlah 30 bola baja yang digunakan sebagai media penghancur pada proses *milling*.

Kata Kunci : *Screener, Ball mill*

Abstract

Screener Ball mill is an industrial tool that plays an important role in the production sector, especially the cement industry. Ball mill is a grinding ball used in the process of making cement which has hard characteristics such as silica, lime, alumina, and iron oxide which are still in the form of chunks of stone. Screener functions as a classification of the size of the material being reduced to mesh. The working principle of the ball mill screener machine starts from the rotation of the barrel body which then produces a centrifugal force, the steel ball will be carried at a certain height and fall to make the material grind. After the grinding process, the next step is to separate the powder with steel balls using a screening. In general the reduction process goes through two different processes from the ball mill and then screening to produce finer minerals. This machine has been designed by my own friend, Brother Naswan Dwi Suharsono in 2018, and I want to follow up by analyzing the performance of the tool. From the testing process, the most abundant mass was obtained, namely at the screening speed of 50 rpm with a mass of 985 grams with a total of 45 steel balls. Whereas the fewest masses were accommodated, namely at the screening speed of 40 rpm with a mass of 810 grams with the amount of 30 steel balls used as the crushing medium in the milling process.

Keywords: *Screener, Ball mill*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah, dimana harta ini tersebar diseluruh wilayah Indonesia. Begitu juga kebutuhan dunia akan bahan galian semakin meningkat. Pada proses penambangan diperlukan adanya tahap pemisahan bahan tambang menjadi barang yang

berharga, dimana membutuhkan tahap pemisahan yang panjang dengan menggunakan teknologi yang canggih. Di Indonesia, hingga saat ini masih banyak terdapat hasil pertambangan ilegal yang diproses menggunakan alat sederhana tanpa memperhatikan keselamatan para pekerja dan ekosistem lingkungan, selain itu ketersediaan

teknologi dan sumber daya manusia yang kurang juga berpengaruh terhadap pengolahan hasil pertambangan mineral dan batubara. Dari permasalahan tersebut mengharuskan pemerintah untuk mengeluarkan Undang-undang tentang hasil pertambangan mineral dan batubara (Minerba) No. 4 Tahun 2009 untuk memberikan nilai tambah.

Screener Ball mill merupakan alat industri yang sangat berperan penting dalam bidang produksi terutama pada industri semen yang merupakan bahan utama konstruksi sipil. *Ball mill* merupakan bola penggiling yang digunakan dalam proses pembuatan semen yang mempunyai karakteristik keras sehingga dapat menghancurkan dan menggiling bahan baku semen, seperti kapur, silica, alumina, dan besi oksida yang masih berbentuk bongkahan batu, sedangkan *Screener* sebagai klasifikasi ukuran material yang di reduksi menjadi mesh.

Pada skala industri, *ball mill* bekerja secara sinambung, masukan pada salah satu sisi dan keluaran pada sisi yang lainnya. Tahap terakhir pada proses tersebut adalah *Screener*, dimana material akan dipisahkan dengan bola-bola baja. *Ball mill* berkualitas tinggi dapat menggiling partikel campuran menjadi ukuran partikel, meningkatkan luas permukaan dan laju kering. Terdapat dua macam *ball mill* berdasarkan cara pelepasan material, yaitu tipe *overflow mill* dan tipe *grate discharge mill*.

Prinsip kerja mesin *screener ball mill* dimulai dari perputaran tubuh barel yang kemudian menghasilkan gaya sentrifugal, *steel ball* akan terbawa pada ketinggian tertentu dan jatuh untuk membuat material tergiling. Waktu yang digunakan dalam proses penggilingan tergantung dari jumlah material dan jenis material, sehingga hal tersebut yang dapat menentukan kehalusan material. Setelah proses penggilingan maka tahap selanjutnya serbuk dipisahkan dengan bola baja dengan menggunakan sebuah screening, dimana setiap tingkatan memiliki kerenggangan saringan tergantung pada diameter bola baja yang digunakan. Mesin ini sudah dirancang oleh Saudara Naswan Dwi Suharsono (2018), dan penulis berkeinginan untuk menindaklanjuti dengan cara melakukan analisis kinerja alat tersebut.

Dari permasalahan tersebut penulis berkeinginan untuk menindaklanjuti sebagai tugas akhir dengan judul "Analisa Kinerja Hasil Perancangan Alat Reduksi dan Klasifikasi Ukuran Penggerusan Tipe *Screener Ball mill*". Alat ini merupakan gabungan dari *ball mill* dan *screener*, dimana secara umum di pasaran kedua alat terpisah prosesnya. Alat ini juga dilengkapi dengan

transmisi yang berguna sebagai pemindah putaran motor ke salah satu *Pulley*. *Pulley* tersebutlah yang akan menggerakkan *ball mill* atau *screener*, sehingga efektif dan efisien dalam operasional, serta daya yang digunakan.

METODE

Metodologi Rekayasa

Penelitian awal adalah uraian tentang prosedur-prosedur atau langkah-langkah penulis untuk mengumpulkan data dan analisis data. Merupakan studi penelitian tentang kinerja hasil perancangan alat reduksi dan klasifikasi ukuran penggerusan tipe *screener ballmill* yang umumnya digunakan dalam skala industri besar.

Tujuan penelitian dengan analisa perancangan hasil kinerja alat reduksi dan klasifikasi ukuran penggerusan tipe *screener ballmill* ini adalah untuk dapat digunakan dalam skala industri kecil maupun laboratorium untuk mempermudah proses reduksi dan klasifikasi ukuran material.

Waktu dan Tempat

- Waktu
Waktu penelitian eksperimen (*experiment research*) analisa kinerja hasil perancangan alat reduksi dan klasifikasi ukuran penggerusan tipe *screener ballmill* dimulai di bulan Mei 2018 diperkirakan selesai pada bulan Agustus 2018.
- Tempat
Penelitian eksperimen (*experiment research*) dilaksanakan di Laboratorium Pelapisan Logam, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya.

Variabel Penelitian

Menurut Sugiono (2014), Variabel penelitian adalah suatu atribut atau suatu sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya.

Adapun variabel yang terdapat pada tugas akhir yaitu:

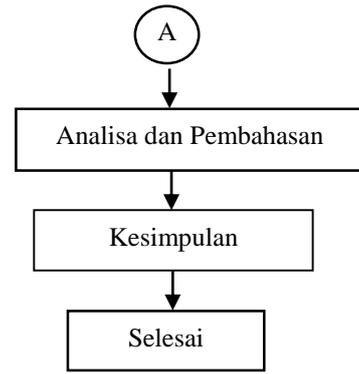
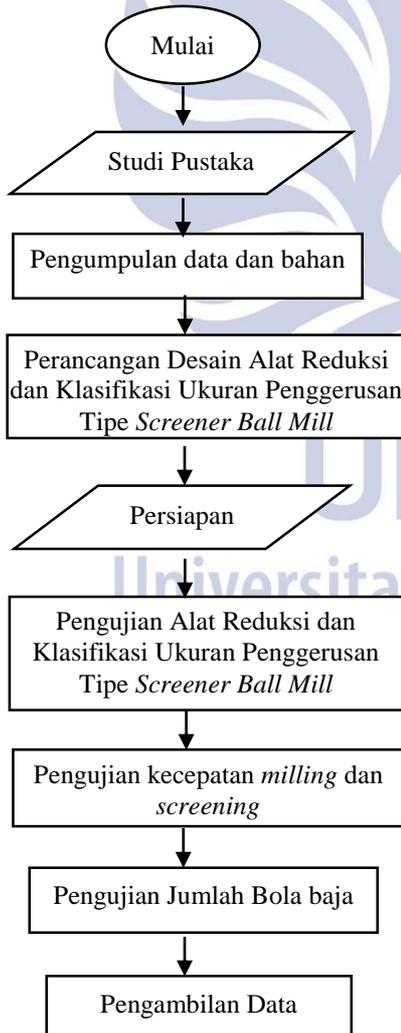
- Variabel terikat
Variabel terikat merupakan variable yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2014). Variabel terikat dalam pengujian ini adalah:
 - Ukuran serbuk (mesh).
 - Berat massa (kg).
- Variabel Bebas
Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menyebabkan perubahan atau timbulnya variabel terikat"

(Sugiyono, 2014). Variabel bebas dalam pengujian ini adalah:

- Variabel jumlah bola baja yang digunakan pada *ball mill* yaitu 45 buah dan 30 buah
- Kecepatan pada proses *milling* yaitu 60, 50 rpm dan pada proses *screening* yaitu 50, 40 rpm.
- Variabel Kontrol
Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel independen terhadap variable dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti” (Sugiyono, 2014). Variabel kontrol pada pengujian ini adalah:
 - Material arang tempurung kelapa.
 - Ukuran bola baja dengan diameter 3 cm.
 - Waktu penggerusan yaitu 20 menit.

Rencana Kegiatan

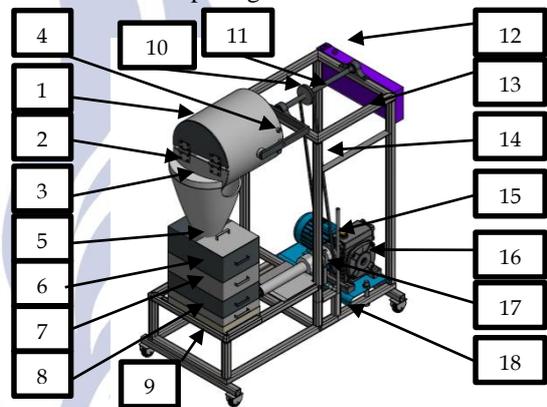
Pembuatan Tugas Akhir ini meliputi tahapan–tahapan dalam proses pengumpulan data dan menganalisis data dalam analisa kinerja hasil perancangan alat reduksi dan klasifikasi ukuran penggerusan tipe *screener ball mill*.



Gambar 1. Flow Chart Analisa Alat

Gambar Design Mesin

Desain mesin Alat Reduksi dan Klasifikasi Ukuran penggerusan Tipe *Screener-ball Mill* dibuat pada tugas akhir ini berbentuk seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2. Alat Reduksi dan Klasifikasi Ukuran Penggerusan Tipe *Screener Ball Mill*

Keterangan:

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| I. <i>Ball mill</i> | III. Transmisi |
| 1. <i>Ball mill</i> | 10. <i>Pulley Ball Mill</i> |
| 2. <i>Tutup</i> | 11. <i>Poros ball mill</i> |
| 3. <i>Pengunci tutup</i> | 12. <i>Box Panel</i> |
| 4. <i>Pengunci badan</i> | 13. <i>Rangka</i> |
| II. <i>Screener</i> | 14. <i>Sabuk V-Belt</i> |
| 5. <i>Tutup Screener</i> | 15. <i>Motor</i> |
| 6. <i>Screener 1</i> | 16. <i>Reducer</i> |
| 7. <i>Screener 2</i> | 17. <i>Poros Transmisi</i> |
| 8. <i>Screener 3</i> | 18. <i>Tuas Transmisi</i> |
| 9. <i>Penampung Material</i> | |

Prosedur Pengujian Kinerja Hasil Perancangan Alat Reduksi dan Klasifikasi Ukuran Penggerusan Tipe *Screener Ballmill*

Pengujian dengan variabel kecepatan *milling* dan *screening* ini dilakukan untuk mengetahui diameter hasil *milling* yang berpengaruh terhadap variabel ukuran serbuk (mesh). Pengujian ini dilakukan dengan berbagai variabel jumlah bola baja dan kecepatan untuk

memperoleh hasil akhir dari *screener ballmill* yaitu serbuk halus.

Proses pengujiannya sebagai berikut:

- Siapkan alat dan bahan :
 - Mesin *screener ball mill*.
 - Stopwatch atau jam.
 - Arang tempurung kelapa.
 - Timbangan analisis.
 - Kuas kecil.
- Memastikan komponen mesin *screener ball mill* terpasang dengan benar.
- Melakukan penimbangan menggunakan timbangan analisis pada arang tempurung kelapa yang akan di *milling*.
- Memasukan material arang tempurung kelapa ke dalam tabung *milling* seberat 1,1 kg.
- Memasukkan bola baja sebanyak 45 buah ke dalam tabung *milling*.
- Menutup dan memastikan tabung terkunci dengan sempurna sebelum mesin *screener ball mill* dinyalakan.
- Menyalakan mesin *screener ball mill* pada kecepatan 60 rpm saat proses *milling*,
- Melakukan timer selama 15 menit pada proses *milling*.
- Melakukan penimbangan kembali menggunakan timbangan analisis.
- Menuangkan arang yang telah di *milling* dan dilakukan penimbangan kembali tersebut ke dalam *screening*.
- Mengatur kecepatan *screening* yaitu 50 rpm.
- Melakukan timer selama 5 menit.
- Melakukan penimbangan akhir dari arang tempurung kelapa dengan timbangan analisis.
- Membersihkan dan memastikan alat dalam keadaan bersih dengan dibersihkan menggunakan kuas dan serbet setiap melakukan uji coba selanjutnya.
- Kemudian dengan variabel berbeda yaitu dengan jumlah bola baja 30 buah, diatur pada kecepatan 60 rpm pada proses *milling* dan pada proses *screening* kecepatan yaitu 50 rpm.
- Selanjutnya yaitu dengan variabel *screening* 40 rpm dengan jumlah 45 bola baja, dan yang kedua 30 bola baja dengan rpm *milling* yang sama.
- Setelah itu dengan variabel kedua yaitu *milling* kecepatan 50 rpm dengan jumlah 45 bola baja pertama, dan kedua 30 bola baja. Dilanjutkan dengan proses *screening*nya dengan kecepatan 50 rpm.
- Selanjutnya yaitu dengan variabel *screening* 40 rpm dengan jumlah 45 bola baja, dan yang kedua 30 bola baja dengan rpm *milling* yang sama.

- Mencatat hasil akhir dari proses *milling* dan *screening*.
- Memasukkan semua data hasil pengujian ke dalam tabel.
- Membuat kesimpulan dari hasil analisa pengujian.

Analisa Pengujian

Pembahasan yang dihasilkan dalam pengujian ini adalah analisa kinerja hasil perancangan alat reduksi dan klasifikasi ukuran penggerusan tipe *screener ballmill*. Setelah memperoleh data pengujian, maka dilanjutkan untuk menganalisa hasil menggunakan tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

• **Hasil Pengujian**

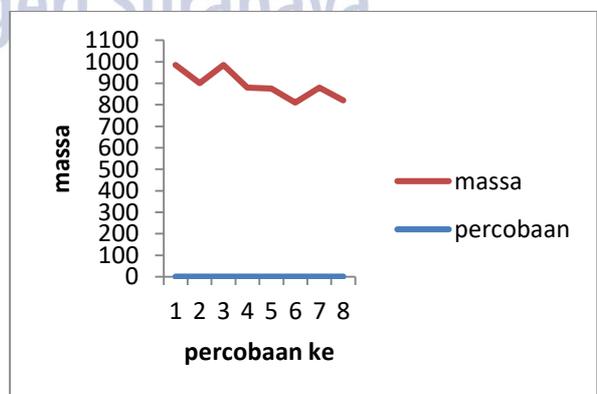
Hasil pengujian dari mesin reduksi dan klasifikasi ukuran penggerusan tipe *screener ball mill* bahwa material melalui suatu proses penghancuran menjadi partikel yang lebih kecil yang kemudian dilakukan tahapan pemisahan ukuran dengan proses pengayakan. Pengayakan adalah proses pemisahan secara mekanik berdasarkan ukuran partikel.

• **Data hasil tabel**

Waktu : 20 menit
 Pengayakan 1.100 gram arang tempurung kelapa

Tabel 1. Data pengujian variabel jumlah bola baja dan kecepatan pada proses *Screener Ball mill*

	<i>Milling</i> (rpm)	<i>Screening</i> (rpm)	Jumlah bola baja (buah)	Ukuran Serbuk (mesh)	Massa (gr)
Kecepatan	60	50	45	10	985
			30	10	900
		40	45	10	985
			30	10	880
	50	50	45	10	875
			30	10	810
40		45	10	880	
		30	10	820	



Gambar 3. Pengaruh variabel jumlah bola baja dan kecepatan pada proses *milling* dan *screening*

Gambar 3. menunjukkan adanya perubahan jumlah material yang lolos. Pada grafik diatas variabel bola baja yang digunakan sebanyak 45 bola menghasilkan jumlah serbuk halus yang lebih banyak dengan hasil 985 gram pada pengujian ke 1 dan 3 dengan kecepatan milling 60 rpm dan screening 50 rpm dibandingkan dengan jumlah 30 bola baja yang digunakan sebagai media penggerus. Selain itu kecepatan putaran *milling* juga berpengaruh menghancurkan arang tempurung kelapa menjadi partikel yang lebih halus.

• **Perhitungan**

- Perhitungan motor

Adapun Spesifikasi motor listrik yang digunakan Mesin reduksi dan klasifikasi ukuran penggerusan tipe *screener-ball mill* sebagai berikut:

- Jenis : Motor listrik Scooter DC
- Daya : ½ Pk
- Speed : 2750 rpm
- Watt : 350 Watt

Untuk dapat menggerakkan alat dan mendapat hasil yang optimal maka terdapat perhitungan daya motor listrik sebagai berikut:

• Torsi (Nm)

Berdasarkan data yang diperoleh untuk daya motor ½ Pk, dan Putaran motor sebesar 2750 Rpm. Adapun persamaan untuk mencari torsi sebagai berikut:

$$T = (5253 \times P) : N \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- P = Daya dalam satuan HP (horse power)
- N = Jumlah putaran per-menit (Rpm)
- 5253 = nilai ketetapan (konstanta) untuk daya motor dalam satuan Hp

Maka:

$$T = (5253 \times 0,5) : 2750$$

$$T = 0,95 \text{ Nm}$$

• Kecepatan (m/menit)

Berdasarkan data yang diperoleh untuk putaran motor sebesar 2750 Rpm, dan diameter poros motor 10 mm , adapun persamaan untuk mencari kecepatan motor sebagai berikut:

$$Vc = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- n = Putaran (rpm)
- d = diameter (mm)

Maka:

$$Vc = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$Vc = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 2750}{1000}$$

$$Vc = 86,35 \text{ m/menit}$$

- Kapasitas Ballmill

Perhitungan kapasitas produksi berdasarkan banyaknya volume tabung ballmill dalam menampung arang yang direduksi secara optimal. Adapun perhitungan kapasitas produksi menggunakan persamaan sebagai berikut :

o Volume tabung

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \dots\dots\dots(3)$$

$$V = 3,14 \cdot 1,5^2 \cdot 30$$

$$V = 21195 \text{ m}^3$$

$$V = 0,021 \text{ m}^3$$

o Menentukan massa (Kg)

$$m = \rho \cdot V \dots\dots\dots(4)$$

$$m = 0,021 \cdot 208$$

$$m = 4,3 \text{ Kg}$$

Jadi untuk menentukan jumlah arang yang digunakan pada proses reduksi dan klasifikasi material sebagai berikut:

$$\Sigma \text{ max arang} = m \cdot \frac{1}{4}$$

$$\Sigma \text{ max arang} = 4,3 \text{ kg} \cdot \frac{1}{4}$$

$$\Sigma \text{ max arang} = 1,1 \text{ kg}$$

(Dikali ¼ karena di dalam tabung dimasukan ½ dari volume tabung yang terdiri dari ¼ bola baja dan ¼ arang tempurung kelapa)

- Menghitung jumlah bola baja

o Volume tabung

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \dots\dots\dots(5)$$

$$V = 3,14 \cdot 1,5^2 \cdot 30$$

$$V = 21195 \text{ m}^3 : \frac{1}{4} \text{ (dibagi } \frac{1}{4} \text{ dari volume tabung)}$$

$$= 5298,75 \text{ m}^3$$

o Volume Bola

$$\text{Diameter bola} = 3 \text{ cm}$$

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

$$\dots\dots\dots(6)$$

$$V = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 1,5^3$$

$$= 14,13 \text{ m}^3$$

$$\text{Bola} = \frac{V. \text{ Tabung} : V. \text{ Bola}}$$

$$= \frac{5298,75}{14,13}$$

$$= 375 \times 15\%$$

$$\text{Bola} = 56,25$$

Jumlah bola disesuaikan dengan pengujian yaitu maksimal 45 bola.

Pembahasan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dapat dilakukan analisa bahwa *screaming* atau pengayakan adalah proses pemisahan secara mekanik berdasarkan ukuran partikel, sedangkan *ball mill* didefinisikan sebagai penghancur ukuran bahan padat dengan kerja mekanis, yaitu membaginya menjadi partikel yang lebih kecil.

Pada percobaan kali ini bahan yang digunakan yaitu arang tempurung kelapa. Tahap awal yang dilakukan adalah proses *ball mill* yang kemudian dilanjutkan dengan proses *screening* untuk memperoleh hasil akhir dari proses *ball mill* yang akan tertampung di nampan yang nantinya akan ditimbang menggunakan timbangan analis. Pada proses penghancuran *ball mill*, waktu diatur selama 15 menit kemudian dilanjutkan proses *screening* atau pengayakan selama 5 menit. Ukuran ayakan atau no mesh yang digunakan yaitu 1, 4, dan 10.

Kemudian setiap kali melakukan uji coba selanjutnya, pastikan tabung *milling* dan di setiap susunan *screening* dalam keadaan bersih dengan membersihkan menggunakan kuas kecil dan serbet dari sisa arang tempurung kelapa yang menempel dari setiap pengujian untuk memperoleh hasil data yang sesuai. Jika dalam melakukan uji coba kondisi alat tidak bersih, maka data yang diperoleh tidak maksimal. Pada pengujian diperoleh hasil paling bagus yaitu 985 gram pada pengujian ke 1 dan 3 dengan kecepatan *milling* 60 rpm dan *screening* 50 rpm dengan variabel 45 bola baja sebagai media penggerusnya. Pada proses *milling*, jumlah bola baja yang digunakan berpengaruh terhadap banyaknya jumlah partikel halus dari arang tempurung kelapa yang tergerus. Hal ini disebabkan karena beban berat dari jumlah bola baja tadi membantu proses penghancuran arang tempurung kelapa menjadi lebih halus.

Selain beban dari jumlah bola baja, kecepatan putaran *milling* juga mempengaruhi tinggi bola jatuh dalam tabung, sehingga peluang tumbukan bola dengan arang tempurung kelapa semakin besar. Sebelum melakukan proses *screening*, dilakukan penimbangan setelah selesai proses *milling* yang berfungsi sebagai pengontrol jika banyak terjadi *losses* atau data terbuang.

Proses terakhir yaitu dilakukan penimbangan berulang-ulang hingga memperoleh hasil yang konstan. Untuk memperoleh hasil yang ideal yaitu menjaga kondisi alat selalu bersih dari sisa arang tempurung kelapa yang menempel pada tabung maupun pada ayakan setiap melakukan pengambilan data, selain itu juga harus memperhatikan waktu

yang diperlukan dalam menguji data. Namun ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam proses pengayakan, yaitu jenis pengayakan, kecepatan ayakan, waktu pengayakan, sifat bahan yang akan diayak, dan ukuran ayakan.

SIMPULAN

Adapun simpulan dari analisa kinerja hasil perancangan alat reduksi dan klasifikasi ukuran penggerusan tipe *screener ball mill* sebagai berikut:

- Massa paling banyak tertampung pada nampan yaitu pada kecepatan *screening* 50 rpm dengan massa 985 gram.
- Massa paling sedikit tertampung pada nampan yaitu pada kecepatan *screening* 40 rpm dengan massa 810 gram
- Massa paling tinggi yaitu 985 gram dengan jumlah 45 bola baja
- Massa paling sedikit yaitu 810 gram dengan jumlah 30 bola baja

SARAN

- Saat proses percobaan yang dilakukan secara berulang, perlu diperhatikan kebersihan wadah tabung *ball mill* maupun *screening* dari sisa arang yang menempel.
- Corong plastik sebagai media untuk menuangkan partikel serbuk arang ke dalam *screener* bisa dibuat lebih tertutup untuk menghindari hilangnya serbuk arang yang sudah halus.

DAFTAR PUSTAKA

- ANON. 1934. *Latest Ore-crushing Machinery, Mining and Met.* England. 135, 580.
- Anonim <https://ardra.biz/sainteknologi/mineral/pengolahan-mineral/operasi-penggerusan-grinding/>. Diakses pada Minggu 20 Mei 2018.
- Anonim <https://waterpluspure.wordpress.com/2010/11/06/tentang-karbon/>. Diakses pada Minggu 20 Mei 2018.
- BOND, FRED C., and WALTER L. MAXSON. 1934. *Crushing and Grinding Characteristics as Determined from Screen Analyses, Trans. Am.Inst. Mining Met. Engrs.* 112: 146-160.
- Fadarina. 2013. *Penuntun Praktikum Satuan Operasi I.* Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya
- Kelly, E. G. 1982. "Introduction to Mineral Processing". New York: John Wiley and Son
- MILLER, W. T. W. 1935. "Crushers for Stone and Ore". London: Mining Publications Ltd.

- Prabowo, H. 2009. *Tugas Perlakuan Mekanik “Neraca Bahan Pada Pengayakan”*. Padang: Akademi Teknologi Industri Padang
- Wills, B. A. 1988. “*Mineral Processing Technology*”. Oxford: Pergamon Press

