

Optimasi Proses Kominusi Bijih Timah Primer Domain Oxide Menggunakan Alat Ball Mill di PT Timah Tbk UPTP Batu Besi, Desa Burong Mandi, Kecamatan Damar, Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

Hardianti Putri*, Yunus Ashari, Solihin

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*hardiantiputri29@gmail.com, yunus_ashari@unisba.ac.id, solihin@unisba.ac.id

Abstract. Primary tin deposits are formed from the magmatism process of granite which is a carrier rock or source rock where tin ore is formed with many associated minerals and is bound to each other. There are three types of tin-bearing mineral domains, namely skarn, greissen, and oxide. One that is being processed is oxide with a mineral composition dominated by cassiterite minerals and iron oxide minerals. Tin ore is processed in several stages, namely the comminution stage, size uniformity, and concentration. The comminution process using a ball mill aims to reduce the size of the minerals that are bound together so that they can be properly liberated. Ball mill work with a wet process with the incoming feed material in the form of a slurry (a mixture of water and solids) so as to produce a certain percentage of solid. The grinding operation runs continuously, the material will be eroded due to the force of impact, compression, shear/chipping and abrasion of the material with steel balls in it so as to produce a product in the form of material with a certain fraction. To get the right grain size, it is necessary to pay attention to and optimize the control variables that can affect the grinding process, namely the feed size and the percent solid value used. To determine the exact size of the grinding results using a ball mill, it can be seen from the value of the degree of liberation of the cassiterite mineral in the oxide material. Experiments were carried out with 30 different percent solid values which resulted in different grain sizes so that optimal scouring results could be known. Based on these experiments, the optimal grain size for the concentration process in the shaking table was -325 mesh with a solid percentage of 20%-35%.

Keywords: *Oxide, Comminution, Percent Solid.*

Abstrak. Endapan timah primer terbentuk dari proses magmatisme batu granit yang merupakan batuan pembawa atau batuan induk tempat bijih timah terbentuk dengan banyak mineral ikutan yang saling berasosiasi dan saling terikat. Terdapat tiga jenis domain mineral pembawa timah yaitu skarn, greissen, dan oxide. Salah satu yang sedang diolah adalah oxide dengan komposisi mineralnya didominasi oleh mineral kasiterit serta mineral oksida besi. Bijih timah diolah dengan beberapa tahapan, yaitu tahap kominusi, penyeragaman ukuran, serta konsentrasi. Proses kominusi menggunakan alat ball mill bertujuan untuk mereduksi ukuran mineral yang saling terikat sehingga dapat terliberasi dengan baik. Ball mill bekerja dengan proses basah (wet) dengan material umpan yang masuk berbentuk slurry (campuran air dan padatan) sehingga menghasilkan nilai persen solid tertentu. Operasi penggerusan berjalan secara kontinu, material akan tergerus karena adanya gaya impact, compression, shear/chipping dan abrasion dari material dengan bola-bola baja di dalamnya sehingga menghasilkan produk berupa material dengan fraksi tertentu. Untuk mendapatkan ukuran butir yang tepat perlu memperhatikan dan mengoptimasi variabel kontrol yang dapat mempengaruhi proses penggerusan yaitu ukuran umpan dan nilai persen solid yang digunakan. Untuk mengetahui ukuran yang tepat dari proses kominusi dengan menggunakan ball mill dapat dilihat dari nilai derajat liberasi mineral kasiterit pada material oxide. Percobaan dilakukan sebanyak 30 nilai persen solid yang berbeda-beda dan menghasilkan ukuran butir yang berbeda-beda pula, sehingga dapat diketahui hasil gerusan yang optimal. Berdasarkan percobaan tersebut diperoleh ukuran butir yang optimal untuk proses konsentrasi pada shaking table adalah -325 mesh dengan persen solid sebesar 20%-35%.

Kata Kunci: *Oxide, Kominusi, Persen Solid.*

A. Pendahuluan

Unit Produksi Timah Primer (UPTP) Batu Besi PT Timah Tbk merupakan perusahaan di bidang pertambangan dengan bahan galiannya berupa endapan timah primer. Endapan timah primer ini terbentuk sebagai bagian dari proses magmatisme batu granit yang bersifat asam yang merupakan batuan pembawa atau batuan induk tempat bijih timah tersebut terbentuk dengan banyak mineral ikutan. Di alam, mineral berharga dan mineral pengotor saling terikat dalam batuan induk dengan sistem endapan berupa vein.

UPTP Batu Besi memiliki tiga jenis domain pembawa timah yaitu skarn, greissen, serta oxide. Untuk saat ini, material yang sedang diolah yaitu oxide, yang didominasi oleh mineral kasiterit (SnO_2) serta mineral ikutan berupa mineral-mineral oksida besi seperti hematit, magnetit, serta ilmenite. Bijih timah perlu dipisahkan dari mineral ikutannya hal tersebut dilakukan dengan melalui proses pengolahan, pada batuan yang masih dalam bentuk bongkah harus direduksi ukurannya melalui proses kominusi agar mineral yang saling terikat dapat terliberasi dengan optimal dan dapat bernilai ekonomis.

Proses kominusi dilakukan untuk mereduksi ukuran material menjadi fraksi ukuran tertentu sesuai dengan kebutuhan proses konsentrasi. Dalam proses penggerusan menggunakan ball mill, ada beberapa variabel yang mempengaruhi yaitu ukuran umpan dan persen solid, variabel inilah yang perlu diperhatikan agar ukuran butir yang diperoleh optimal.

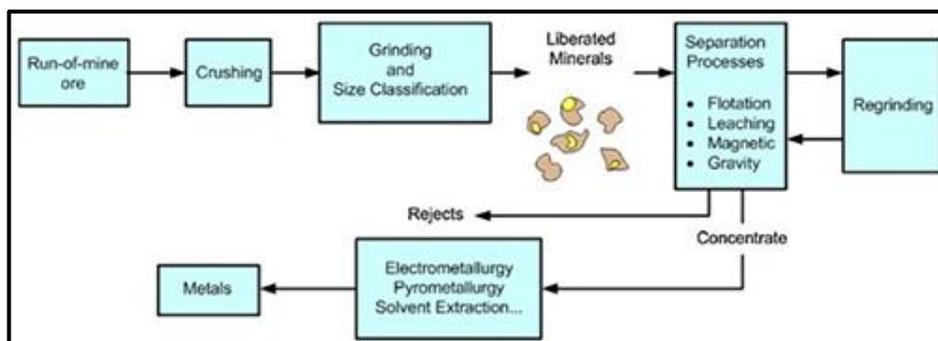
Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat beberapa tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh faktor ukuran umpan terhadap ukuran butir hasil gerusan ball mill.
2. Mengetahui pengaruh faktor persen solid yang digunakan dalam proses penggerusan terhadap hasil ukuran butir gerusan ball mill.
3. Menghitung nilai recovery konsentrat shaking table yang umpannya dari proses penggerusan ball mill.

B. Metodologi Penelitian

Berdasarkan UU No.3 Tahun 2020 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, penggolongan bahan galian dikelompokkan menjadi 2 (dua) yaitu pertambangan mineral dan pertambangan batubara. Di mana pertambangan mineral juga terbagi atas pertambangan mineral logam, pertambangan mineral bukan logam, dan pertambangan batuan. Endapan bahan galian mineral logam, merupakan endapan bahan galian yang dalam pengolahannya dapat diambil atau diekstrak logamnya.

Berdasarkan UU No.3 Tahun 2020 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara pengolahan bahan galian adalah suatu upaya meningkatkan mutu komoditas tambang mineral untuk menghasilkan produk dengan sifat fisik dan kimia yang tidak berubah dari sifat komoditas tambang asal untuk dilakukan pemurnian atau menjadi bahan baku industri. Secara garis besar, pengolahan endapan bahan galian biasa disebut dengan teknologi pengolahan bahan galian (mineral processing technology) terdiri dari proses kominusi (comminution) dan konsentrasi (mineral dressing), serta ekstraksi (extractive metallurgy) meliputi peleburan (smelting) dan pemurnian (refining). Alur mineral processing dan Metalurgical Plants dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Mineral Processing dan Metallurgical Plants

Endapan timah primer yang terbentuk di alam terbentuk secara bersama dengan batuan pembawa (host rock) yang berasosiasi dengan mineral lain, sehingga perlu dilakukan pemisahan antar mineral agar dapat meningkatkan kualitas mineral tersebut dan dapat dilakukan proses pengolahan tahap selanjutnya untuk menjadi bahan baku industri. Kominusi atau penghancuran merupakan proses pertama dalam melakukan operasi mineral dressing, bertujuan untuk memecahkan bongkah-bongkah besar menjadi fragmen-fragmen yang lebih kecil agar mineralnya dapat terpisah satu sama lain.

Penggerusan adalah tahap di mana adanya efektivitas gaya dari luar yang bekerja pada bijih yang akan digerus yang tergantung pada sifat dan karakter bijihnya. Gaya yang bekerja dalam proses penggerusan ada 4, yaitu:

1. Compression, adanya gaya tekan pada bijih sehingga permukaan diantara dua permukaan plat;
2. Impact, adanya gaya banting yang bekerja pada bijih;
3. Attrition, adanya gaya abrasi pada bijih, terjadi karena energi yang dihasilkan terlalu kecil;
4. Shear, pengecilan dengan prinsip pemotongan, namun prinsip ini jarang digunakan.

Bijih mempunyai ukuran optimum yang ekonomis agar dapat dipisah secara mekanik dengan memanfaatkan sifat-sifat fisiknya, ukuran optimumnya tergantung dengan ukuran liberasi dari masing-masing mineral. Bijih yang kurang tergerus akan menghasilkan bijih berukuran kasar, dapat dilihat dari pemakaian energi yang rendah, mengakibatkan mineral berharga tidak terbebaskan/terpisahakan dari ikatannya dengan gangue. Sehingga hasil konsentrasi tidak akan optimum yang dapat dilihat dari nilai recovery yang rendah atau nilai kadar yang rendah. Sebaliknya, jika bijih terlalu tergerus akan mengakibatkan ukuran bijih yang sangat halus dapat menyebabkan pemakaian energi yang besar, sehingga dapat menyebabkan bijih dengan liberasi yang tinggi, di mana hasil pemisahan dapat meningkatkan kadar mineral berharga dalam konsentrat namun akan menurunkan nilai recovery yang didapat.

Ball mill merupakan salah satu alat yang berfungsi untuk menghaluskan material yang berbutir kasar menjadi material yang berbutir halus, yang bisa di sesuaikan ukurannya tergantung yang diinginkan. Ball mill atau tumbling mill memiliki bentuk seperti tabung silinder yang berputar pada sumbu horizontalnya yang di dalamnya terdapat media penghancur berupa bola-bola besi, baja, karet, baja alloy dan keramik, ukuran bola-bola tersebut mulai dari 25 – 150 cm, panjang mill dan diameternya relatif sama. Operasi alat ball mill berjalan dengan umpan masuk melalui area input atau incoming feed secara kontinu dengan kecepatan tertentu kemudian dalam beberapa waktu keluar melalui ball mill discharge area.

Penggerusan dapat dilakukan dengan cara kering atau basah, tergantung kriteria yang digunakan serta tahap lanjutan setelah proses penggerusan. Penggerusan cara basah menggunakan media air sebagai campuran bijih yang nanti akan membentuk persen solid tertentu, yang menyatakan perbandingan dalam berat antara berat padatan, atau bijih terhadap berat pulp, atau slurry (campuran padatan dan air).

Dalam proses penggerusan yang dilakukan oleh ball mill, ada beberapa variabel atau faktor yang mempengaruhi hasilnya (Schlanz, 1987).

1. Perubahan laju umpan, mempengaruhi kapasitas dan waktu tinggal (residence time).
2. Perubahan beban sirkulasi, mempengaruhi efektivitas penggerusan. Di mana semakin besar nilai rasio material yang masuk terhadap kapasitas ball mill efektivitasnya akan berkurang.
3. Ukuran umpan, mempengaruhi waktu/kecepatan gerusan. Di mana semakin kecil ukuran umpan yang masuk kecepatan proses gerusan akan semakin cepat.
4. Kekerasan bijih, mempengaruhi efektivitas penggerusan dan pemilihan jenis grinder serta ketahanan grinder.
5. Laju air, mempengaruhi waktu dan hasil gerusan. Di mana semakin tinggi laju air maka akan semakin cepat material tertransportasi dalam proses milling.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

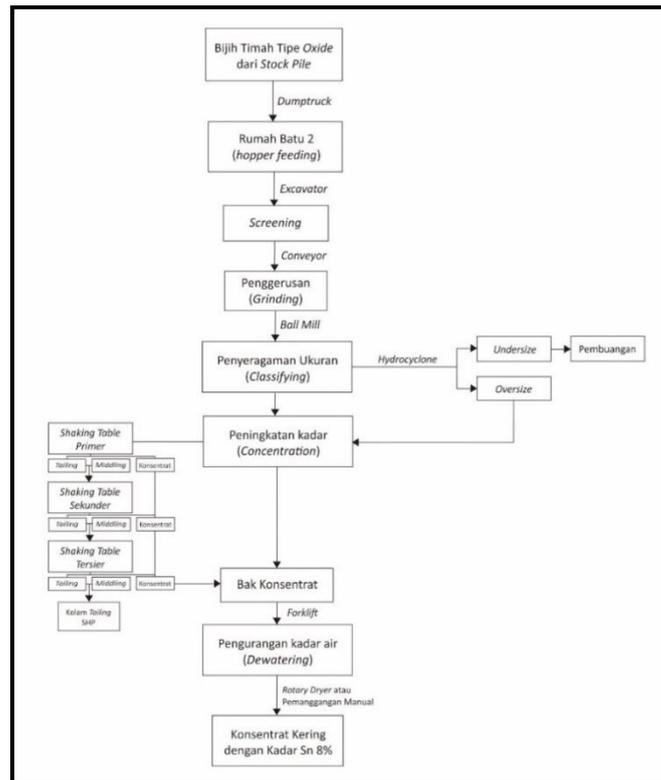
Pengolahan menggunakan *ball mill* menggunakan umpan material tipe *oxide* yang memiliki karakteristik cukup berbeda dibandingkan *greisen* ataupun *skarn*, karena mineral penyusunnya sangat kompleks dan banyak mengandung material *clay*, terdiri dari berbagai komposisi kimia dan distribusi ukuran butir berdasarkan analisis laboratorium dan laporan SGS PT Timah, pada Tabel 4.1 kandungan Sn pada material domain *oxide* memiliki derajat liberasi sebesar 27,5 μm . Berdasarkan hasil uji laboratorium diperoleh distribusi ukuran butir dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Ukuran Butir *Oxide*

Mineral	P80 (mikron/ μm)
PSD	820.0
Cassiterite	27.5
Fe Oxides / Hydroxides	188.6
Mn Oxides	124.6
Al Oxides / Hydroxides	133.5
Quartz	171.8
K-Feldspar	36.3
Muscovite	43.7
Clays	73.0
Amphibole	20.4
Clino-pyroxene	22.1
Garnet	209.2
Epidote-Zoisite	109.8
Fluorite	169.0
Scheelite	-

Proses Penggerusan dengan *Ball Mill*

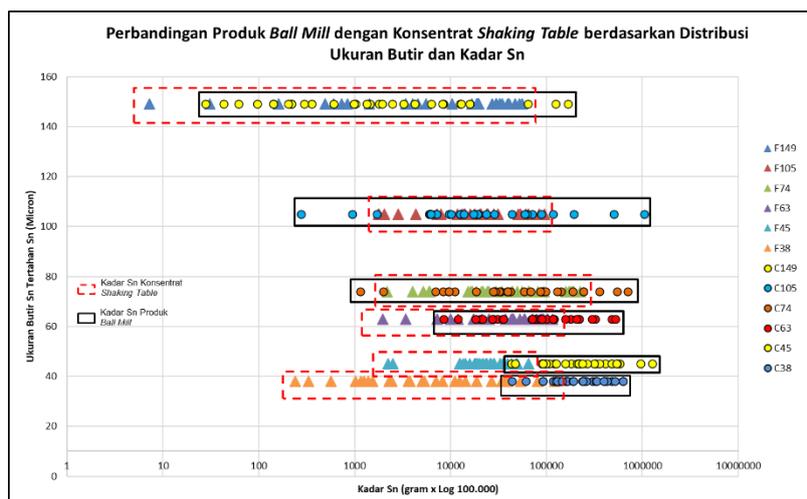
Ball mill yang digunakan dalam proses penggerusan material adalah *wet ball mill*, yang dalam prosesnya menggunakan air sebagai media yang berfungsi untuk membawa bijih yang sudah dihaluskan ke arah pengeluaran (*discharge area*). Material (*feed oxide clay*) yang berada di *stockpile* diangkut ke rumah batu 2 (*hopper feed ball mill*) yang merupakan tempat pengumpanan untuk *ball mill* menggunakan *dump truck*. Material umpan dimuat ke *hopper feeding* menggunakan *excavator* dengan produktivitas alat muat sebesar 16 ton/jam. Kemudian material *feed* melalui *conveyor* menuju *ball mill*, sebelum masuk ke tabung *mill* material dicampur air dengan debit tertentu. *Ball mill* yang digunakan di UPTP Batu Besi PT Timah memiliki dimensi 2100 mm x 6000 mm, menggunakan *grinding media* yang memiliki 3 jenis diameter dan massa yang berbeda-beda yaitu $d_1=100$ mm $m_1=4000$ gram, $d_2=70$ mm $m_2=3000$ gram, dan $d_3=40$ mm $m_3=2000$ gram. Data dimensi *ball mill* digunakan untuk menghitung kecepatan kritis *ball mill*, yang akan mempengaruhi mekanisme dan gaya yang terjadi dalam proses penggerusan material yang berpengaruh pada produk yang dihasilkan akan cenderung halus atau kasar. Dimensi *ball mill* juga berpengaruh terhadap waktu yang dibutuhkan untuk menggerus umpan hingga menjadi produk. Kecepatan putar *ball mill* adalah banyaknya putaran yang terjadi dalam satuan waktu, biasanya dihitung dalam satu menit, sehingga satuannya yang biasa digunakan adalah rpm (*rotation per minutes*). Berdasarkan data aktual di lapangan *ball mill* yang digunakan memiliki kecepatan putar rata-rata yaitu sebesar 22,7 rpm, yang diukur menggunakan alat *tachometer* DT-2234Q+. Alur pengolahan bijih timah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Pengolahan Bijih Timah Domain Oxide di UPTP Batu Besi

Analisis Kadar Sn Shaking Table terhadap Produk Ball Mill

Tingkat keberhasilan proses penggerusan menggunakan *ball mill* dapat dilihat dari hasil ukuran butir produk *ball mill* terhadap kadar konsentrat Sn di *shaking table*, karena tujuan dari proses penggerusan adalah untuk menemukan ukuran butir yang tepat pada proses konsentrasi. Adapun grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 3.

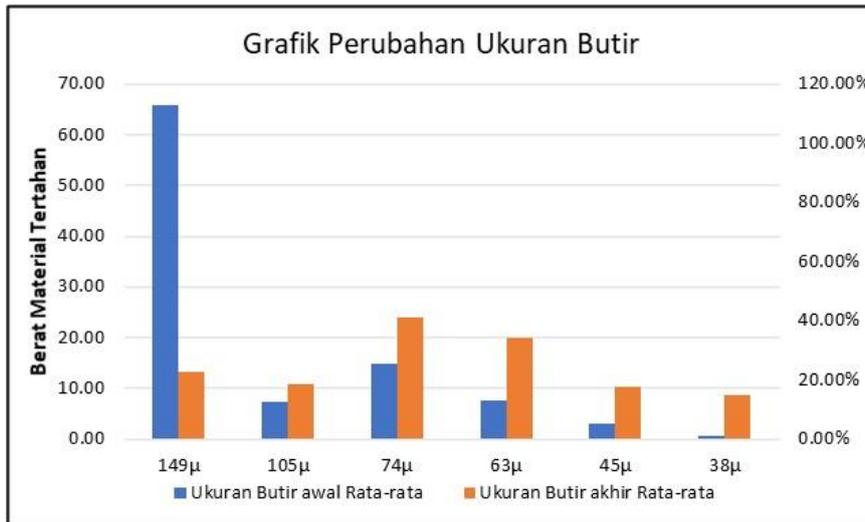


Gambar 3. Grafik Perbandingan Distribusi Ukuran Butir dan Kadar Sn pada Produk *Shaking Table* Terhadap Produk *Ball Mill*

Kadar Konsentrat Sn yang meningkat secara signifikan dimulai dari ukuran butir 45 mikron dengan persen peningkatan kadar Sn sebesar 11% dan ukuran butir 38 mikron dengan persen peningkatan kadar Sn sebesar 14% sehingga dapat disimpulkan kadar Sn paling tinggi dan paling banyak terakumulasi pada ukuran butir 45 mikron sampai 38 mikron.

Analisis Pengaruh Persen Solid terhadap Efektifitas Produk *Ball Mill*

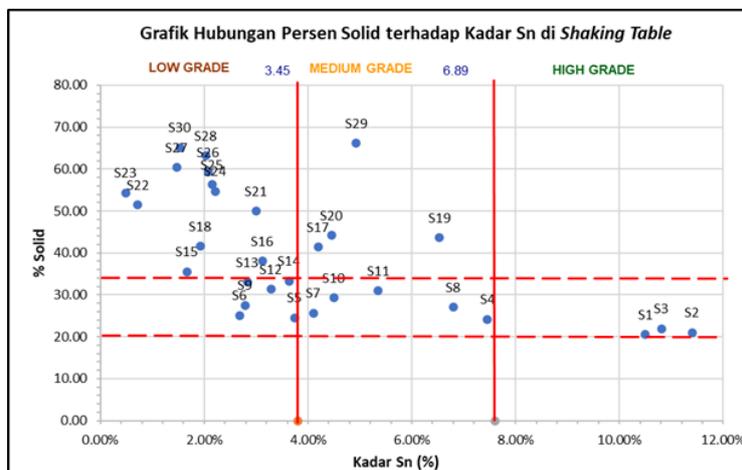
Untuk mengetahui efektivitas penggerusan *ball mill* dapat dilihat dari perubahan ukuran butir umpan yang masuk (*input*) dengan produk hasil gerusan (*output*) *ball mill*. Umumnya, semakin tinggi nilai persen solid maka ukuran butir yang dihasilkan akan semakin halus sehingga derajat liberasi makin tinggi yang berarti mineral yang sebelumnya saling terikat telah terliberasi dari mineral pengikatnya. Namun secara teknis di lapangan, dalam penelitian semakin halus ukuran butir material bukan merupakan hasil yang optimal, karena hasil yang diinginkan dari gerusan *ball mill* bergantung pada kemampuan *shaking table* menangkap konsentrat dan menghasilkan peningkatan kadar yang tinggi. Ukuran butir yang terlalu halus justru akan terbuang menjadi *tailing* sehingga kadar konsentrat yang didapat akan sedikit.



Gambar 4. Grafik Histogram Perubahan Ukuran Butir *Feed Ball Mill* menjadi Produk *Ball Mill*

Perolehan Kadar Sn *Shaking Table* terhadap Produk *Ball Mill*

Produk yang dihasilkan dalam proses penggerusan *ball mill* mengacu pada produk yang dihasilkan dari konsentrat *shaking table*, perolehan kadar Sn di *shaking table* dipengaruhi oleh kemampuan *shaking table* dalam memisahkan mineral berharga dengan mineral pengotor dan dipengaruhi juga oleh *feed* yang digunakan *shaking table*. Agar produk *shaking table* yang dihasilkan optimal maka ukuran butir *feed* yang masuk harus tepat, sehingga perlunya optimasi pada proses penggerusan di *ball mill* agar mendapatkan hasil ukuran butir yang optimal sesuai dengan kebutuhan proses konsentrasi. Kadar Sn didapat dari data pengujian ayak sampel produk *shaking table* yang menghasilkan data dengan per ukuran saringan yaitu 149 mikron, 105 mikron, 74 mikron, 63 mikron, 45 mikron, 38 mikron, dan -38 mikron.



Gambar 5. Grafik Hubungan Persen Solid Terhadap Perolehan Kadar Sn di *Shaking Table*

Dari grafik di atas menunjukkan persentase *recovery* mineral Sn berdasarkan pengaruh persen solid yang digunakan. Beberapa sampel yang termasuk kedalam kategori *high grade recovery* yaitu S1 dengan perolehan 9,84%, S2 dengan perolehan 12,79%, S3 dengan perolehan 11,41%, S4 dengan perolehan 10,15%, S8 dengan perolehan 14,38%, dan S29 dengan perolehan 12,33%. Dari analisis tersebut dapat diketahui kelas per kelompok *grade* yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Recovery Kadar Sn Konsentrat *Shaking Table* Terhadap Produk *Ball Mill*

No Sampel	Persen Solid	Recovery	Kelas	No Sampel	Persen Solid	Recovery	Kelas
S1	20.585	9.84	HIGH	S16	38.030	4.41	LOW
S2	21.050	12.79	HIGH	S17	41.450	2.81	LOW
S3	21.970	11.41	HIGH	S18	41.550	2.86	LOW
S4	24.150	10.15	HIGH	S19	43.670	6.99	MEDIUM
S5	24.520	4.33	LOW	S20	44.170	3.09	LOW
S6	25.100	3.53	LOW	S21	49.960	4.17	LOW
S7	25.650	6.17	MEDIUM	S22	51.470	1.29	LOW
S8	27.030	14.38	HIGH	S23	54.310	0.55	LOW
S9	27.500	3.78	LOW	S24	54.740	3.60	LOW
S10	29.270	5.00	MEDIUM	S25	56.246	2.28	LOW
S11	30.950	4.88	MEDIUM	S26	59.246	3.37	LOW
S12	31.300	2.13	LOW	S27	60.429	5.02	MEDIUM
S13	33.000	1.75	LOW	S28	63.217	4.62	LOW
S14	33.300	2.19	LOW	S29	66.115	12.33	HIGH
S15	35.500	1.15	LOW	S30	65.131	3.62	LOW

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Dari kegiatan penelitian ini diketahui ukuran material umpan yang masuk ke dalam ball mill adalah sebesar 120 mm sampai dengan $-38\mu\text{m}$. Dengan distribusi ukuran 80% terdapat pada >100 mesh atau 149 mikron. Keseragaman ukuran umpan yang masuk ke ball mill sangat penting karena akan berpengaruh pada distribusi ukuran yang dihasilkan.
2. Berdasarkan pengujian dan analisis data, kemampuan *shaking table* dalam proses konsentrasi menghasilkan kadar Sn tertinggi yaitu sebesar 14% pada ukuran butir <75 mikron sampai 38 mikron sehingga hasil yang diinginkan dari proses penggrusan ball mill mengacu pada nilai tersebut. Persen solid berpengaruh dan berperan penting terhadap hasil gerusan ball mill, di mana nilai persen solid berbanding lurus dengan debit dan jumlah umpan masuk ke dalam ball mill. Berdasarkan pengujian dan analisis data, nilai persen solid yang tepat untuk mencapai target ukuran butir pada sesuai dengan kemampuan *shaking table* dalam proses konsentrasi menggunakan persen solid sebesar 20% sampai 35%.
3. Dari hasil pengujian menunjukkan persentase perolehan mineral Sn dari produk ball mill yang dapat diproses *shaking table* adalah sebesar 14.38% dengan kadar Sn 6,31%, hasil tersebut diperoleh berdasarkan variabel persen solid yang mempengaruhi proses penggerusan dan produk yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

- [1] Ali, Yahlia. 2019. "Effects of "Impact" and Abrasive Particle Size on the Performance of White Cast Irons Relative to Low-Alloy Steels in Laboratory Ball Mills".

- [2] Anonim. 2011“Landasan Teori Ball Mill”. Universitas Muhammadiyah Malang.
- [3] Arif, A. Taufik. 2014. “Pengolahan Bahan Galian (Mineral Dressing)”. Buku Ajar Jurusan Teknik Pertambang Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Palembang.
- [4] Badan Pusat Statistik. 2021. “Kabupaten Belitung Timur Dalam Angka 2021”. Belitungtimurkab.bps.go.id.
- [5] Budiman, Yosef A.W. 2020. “Evaluasi Kinerja BallMill Terhadap Distribusi Butir Ore Oxide Sebagai Umpan Shaking Table di PT Timah Tbk Site Batubesi Belitung Timur”. UPN “Veteran” Yogyakarta.
- [6] Graha, Dodi. S. 1987. “Batuan dan Mineral”. Nova. Bandung.
- [7] Lindgren, W. 1933. “Mineral Deposits”. United States of California: Springer-Verlag.
- [8] Paterson, L.A. 2018. “Mineralogical Report No:MY173”. SGS Australia.
- [9] Prayitno, Eko. 2019. “Efektifitas Penggerusan Bijih Timah Primer Menggunakan Ball Mill di PT Menara Cipta Mulia Desa Senyubuk Kabupaten Belitung Timur, Bangka Belitung”. Repository.ubb.ac.id
- [10] Septiyan, Irfan. 2010. “Pengaruh Milling Terhadap Peningkatan Kualitas Pasir Besi Sebagai Bahan Baku Industri Logam”. Repository.uinjkt.ac.id.
- [11] Schlantz, J. W. 1987. “Grinding : An Overview Of Operation And Design”. Spurce Pine, NC.
- [12] Shabana, N. 2010. “Cement Mill Notebook. Doha: Qatar national cement company”.
- [13] Tim Kajian KESDM Badan Geologi. 2013. “Laporan Kajian Timah Primer di Pulau Belitung Provinsi Bangka Belitung”. Pusat Sumber Daya Geologi. Bandung.
- [14] Tobing, Safif L. 2002. “Prinsip Dasar Pengolahan Bahan Galian”. Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA. Bandung.
- [15] Walas, S.M. 1988. “Chemical process equipment selection and design”. Kansas: Departement of Chemical and Petroleum Engineering University of Kansas.
- [16] Wibowo P. Aryo, dkk. 2017. “Laporan Feasibility Study (FS) Tambang Batu Besi Belitung Timur PT Timah Tbk”. Bandung.
- [17] Wills, B.A.. Atkinson, K. 1991. “The Development of mineral engineering in the 20th century, minerals engng”.0.100000vf
- [18] Wills Barry A. 2016. “Wills’ Minerla Processing Technology”. ELSEVIER Publishing USA, p. 147-173.
- [19] Yunianto Bambang. 2009. “Kajian Problema Pertambangan Timah di Propinsi Kepulauan Bangka Belitung Sebagai Masukan Kebijakan Pertimahan Nasional”. Puslitbang TEKMIRA. Bandung. Jurnal TEKMIRA Vol.5, No.3.