Evaluasi pengaruh debit air dan laju umpan terhadap efektivitas *rod mill primer* PT Babel Utama Korpora

Effect of water discharge and feed rate on primary rod mill effectiveness at PT Babel Utama Korpora

Pignollee Donarthy*, Irvani, Mardiah
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung
e-mail: ***pignolleed@gmail.com**, bujangbabel@yahoo.co.id, mardiah_geo@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penggerusan merupakan tahapan inti pengolahan bahan galian. Pengukuran keefektivan penggerusan didapat dari kelolosan sebesar 80% (P80) untuk ukuran butir yang ditargetkan 18 mesh. P80 saringan 18 mesh pada Bulan Agustus 2021 didapat sebesar 59% dengan pengaturan variabel yang belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas gerus Rod Mill Primer dan mendapatkan ukuran butir yang tepat pada proses konsentrasi terhadap sisa hasil pengolahan (SHP) bijih timah.

Variabel yang digunakan pada penelitian yaitu debit air dan laju umpan. Percobaan dilakukan sebanyak 9 kali dengan pengaturan variabel dilakukan secara secara kombinasi. Berbagai uji atau analisis dalam penelitian, berupa *sieve analysis, Grain Counting Analysis* (*GCA*) dan analisis geokimia menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF*)*, serta dianalisis statistik data yang diperoleh menggunakan *SPSS*.

SHP timah didominasi oleh mineral *quartz* 47,81%, dan terdapat mineral ikutan seperti *limonite, monazite, muscovite, hematite, magnetite, chalcopyrite* dan oksida besi. Terdapat pengaruh yang signifikan antara variabel debit air dengan P18 mesh sebesar 84,5%. Efektivitas penggerusan diperoleh pada variabel debit air tertinggi 1,75 m³/jam dan laju umpan terendah 24-26 ton/jam sebesar 82% dengan produksi 20,45 ton/jam. Optimalisasi penggerusan didapat pada variabel debit air tertinggi 1,75 m³/jam, laju umpan tertinggi 32-34 ton/jam, dengan persentase perolehan mencapai 81% dan besar produksi sebesar 27,69 ton/jam.

Kata-kata kunci*:* efektivitas, rod mill primer, SHP timah.

ABSTRACT

Grinding is the core stage of mineral processing. The measuring of the grinding-effectiveness value uses a pass of 80% (P80) for a targeted grain size of 18 mesh. Number P80 of 18 mesh-sieve in August 2021 is 59%, with an unknown variable setting. This study aims to evaluate the effectiveness of the primary rod mill and obtain a suitable grain size in the concentration process of residual processing of tin ore.

The variables used in this research are water discharge and feed rate. The experiment was carried out nine times with variable combination settings, tested using sieve analysis, Grain Counting Analysis (GCA), and Geochemistry analysis using X-Ray Fluorescence methods, then analyzed statistical data using SPSS.

The composition materials of residual processing of tin ore are mainly quartz minerals, about 47.81% in number. The other associated minerals are limonite, monazite, muscovite, hematite, magnetite, chalcopyrite, and iron oxide. The right grain size for the concentration process is 50 to -200 mesh. There are strong influences between the water discharge variable and the P18 mesh of 84.5%. The effectiveness of materials grinding at the highest water discharge variable is 1.75 m³/hour. The lowest feed rate is 24-26 tons/hour at 82% with a production of 20.45 tons/hour, and the grinding optimization at the highest water discharge variable 1, 75 m³/hour, and the highest feed rate is 32-34 tons/hour by 81% with a production of 27.69 tons/hour.

Keywords*: effectiveness, primary rod mill, residual processing of tin ore.*

PENDAHULUAN

Batuan granitik di Pulau Bangka merupakan bagian dari *Southeast Asian Tin Belt* telah diteliti oleh Cobbing et al. [1] dan Schwartz et al. [2]. Hasil penelitian tersebut membagi batuan granitik di Pulau Bangka menjadi dua grup besar yaitu *Eastern Province* dan *Main Range Province*. Terbentuknya jalur timah Indonesia disebabkan oleh tumbukan (kolisi) antara Lempeng Sibumasu dengan Lempeng Indochina. Selama proses tumbukan inilah terjadinya pengkayaan timah [3].

Endapan timah primer terbentuk bersamaan dengan proses pembekuan batuan granit. Batuan granit terbentuk dari magma asam yang menerobos batuan-batuan di daerah Kepulauan Riau dan Bangka Belitung [4]. Mineralisasi timah di tambang Pemali dijumpai pada satuan granit bertekstur sedang, mengalami alterasi hidrotermal greisen, albitisasi *post-greisen* dan argilik *post-greisen* [5]. Endapan greisen merupakan endapan bijih yang terbentuk pada fase *post* magmatik suatu pembekuan magma [6].

Seiring dengan kemanjuan teknologi, penelitian mengungkapkan bahwa tailing masih memiliki karakteristik yang dapat dimanfaatkan kembali [7]. Berdasarkan Keputusan Menteri No. 1827 Tahun 2018, pengolahan tailing/SHP dilakukan berdasarkan karakteristik dari material yang akan dilakukan pengolahan [8]. Dalam menentukan karakteristik mineral di lapangan dapat dilihat dari beberapa sifat fisiknya saja [9].

Penggerusan merupakan inti dari proses pengolahan bahan galian. Penggerusan dilakukan untuk mempersiapkan ukuran butir yang tepat pada proses konsentrasi, dan efektivitas penggerusan dilihat dari *passing* 80% (P80) target ukuran butir [10]. Pengaturan variabel proses *grinding* sangat penting karena berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan [11].

Beberapa variabel penting pada proses *grinding* adalah, waktu penggerusan, kecepatan putaran, perubahan beban sirkulasi, ukuran dan media penggerusan, laju umpan, ukuran umpan, dimensi alat, dan debit air [12].

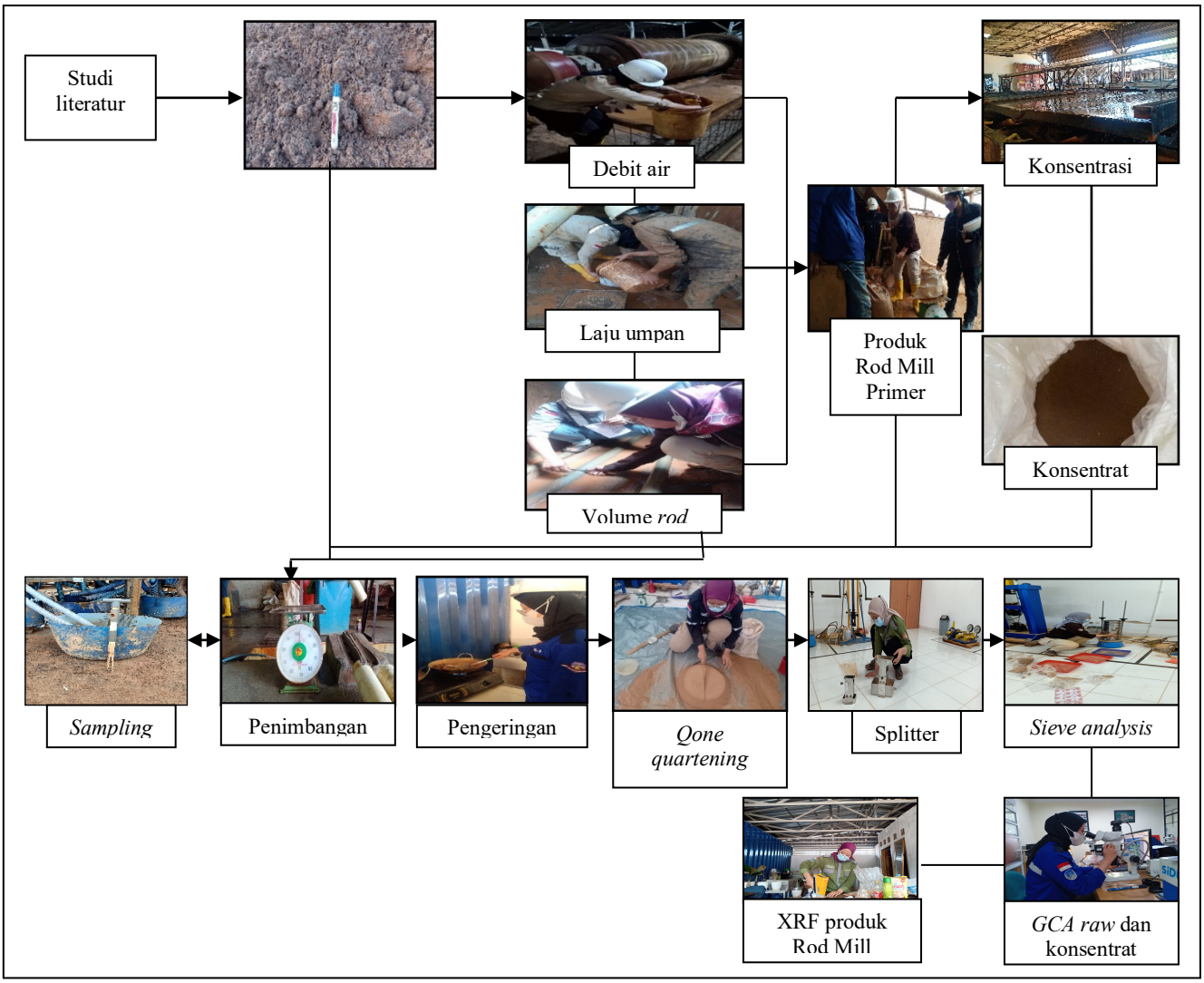
Keberhasilan suatu analisis bahan galian banyak ditentukan oleh berhasil tidaknya *sampling* yang dilakukan [10]. Fungsi utama analisis ukuran butir adalah untuk menentukan data kuantitatif dan distribusi ukuran partikel secara tepat, hal ini sangat penting dalam menentukan kualitas penggerusan dalam menetapkan tingkat pembebasan nilai mineral utama dari mineral pengotor pada berbagai ukuran partikel [13].

Unit Produksi SHP PT Babel Utama Korpora Site Pemali Kabupaten Bangka merupakan mitra PT Timah Tbk yang mengelolah sisa hasil pengolahan (SHP) timah. SHP timah diangkut dari waste dump UPTP Pemali menuju stockpile Unit Produksi SHP PT Babel Utama Korpora Site Pemali. Rod Mill Primer merupakan alat penggerus yang digunakan untuk mengecilkan ukuran butir SHP timah untuk mendapatkan ukuran butir yang lebih halus. Mekanisme kerja alat Rod Mill Primer yaitu menggunakan gaya tekan (*impact*), gesek (*abration*), dan potong (*chipping*).

Hasil observasi pendahuluan di lapangan, menunjukkan pada P18 mesh produk Rod Mill Primer yang didapatkan baru mencapai 59%, dengan volume *rod* 0,7 m³. Pada sisi lain, besar pengaturan variabel-variabel pada Rod Mill Primer yang digunakan dalam pengolahan SHP timah belum diketahui. Oleh karena itu hasil perolehan ukuran butir yang didapat belum mencapai target perusahaan yaitu ≤18 mesh lebih dari 80%.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dilakukan evaluasi pengaruh variabel debit air dan laju umpan terhadap efektivitas gerus Rod Mill Primer terhadap SHP timah. Pengaruh didapat berdasarkan analisis statistik regresi linear menggunakan *software SPSS*. Tujuan lainnya adalah untuk mendapatkan ukuran butir yang tepat pada proses konsentrasi dalam pengolahan SHP timah.

Analisis regresi linear berganda dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh dua variabel atau lebih variabel *independent* (X) terhadap variabel *dependent* (Y). *SPSS (Statistical Product and Service Solutions)* merupakan salah satu *software* yang digunakan untuk melakukan sebuah analisis statistik baik secara tepat dan cepat, dan dapat membaca berbagai jenis data [14].



Gambar-1. Alur kegiatan penelitian

METODOLOGI

Penelitian ini melakukan melalui proses identifikasi karakteristik fisik SHP timah secara mikroskopis dengan menggunakan Metode *Grain Counting Analysis* (*GCA),* mengetahui kandungan unsur-unsur yang terkandung dalam SHP timah dengan menggunkan uji XRF. Ukuran butir yang tepat pada proses konsentrasi didapatkan melalui *sieve analysis,* dan mendapatkan pengaruh variabel debit air dan laju umpan terhadap P18 mesh menggunakan *software SPSS* dengan metode statistik regresi linear. Sample SHP timah diambil terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian Secara umum Gambar-1 mengilustrasikan tahapan dalam penelitian.

Adapun tahapan-tahapan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan data *raw material* dan dilakukan *GCA* untuk mengetahui karakteristik SHP timah dan mineral ikutannya.
2. Pengaturan atau perubahan variabel debit air dilakukan dengan mengatur stop keran air yang masuk ke Rod Mill Primer sebanyak 3 kali perubahan, dan pengambilan data sebanyak 30 kali selama 10 detik setiap perubahan.
3. Perubahan variabel laju umpan dilakukan dengan cara mengatur banyaknya bucket produksi yang masuk ke Hopper Feeder dan mengatur inverter Belt Conveyor. Pengambilan data dilakukan sebanyak 6 kali selama 2 detik setiap perubahan variabel.
4. Pengukuran diameter dan panjang *rod* yang digunakan.
5. Pengambilan sampel hasil penggerusan sebanyak 20 kg dan dilakukan proses pengeringan, *sampling* dan *sieve analysis*, untuk mendapatkan efektivitas penggerusan Rod Mill Primer.
6. Pengambilan data konsentrat Shaking Table sebanyak 9 kali dan dilakukan *sieve analysis* dan *GCA* untuk mendapatkan ukuran butir yang tepat pada proses konsentrasi serta sifat fisik mineral penyusun.
7. Melakukan uji XRF Portable untuk mendapatkan kadar unsur Sn setiap nomor saringan sieve shaker.
8. Melakukan analisis statistik regresi linear menggunakan *SPSS* untuk mendapatkan pengaruh variabel debit air dan laju umpan hasil penggerusan.

HASIL DAN DISKUSI

Rod Mill merupakan alat penggerus yang bertujuan untuk mengecilkan ukuran butir. Mekanisme kerja alat Rod Mill yaitu menggunakan gaya tekan (*impact*), gesek (*abration*), dan potong *(chipping)*. Pada penelitian ini akan dilakukan perubahan terhadap variabel debit air dan laju umpan. Variabel ini dipilih karena mudah dilakukannya perubahan, diharapkan dapat menghasilkan penggerusan yang efektif dan mendapatkan ukuran butir yang tepat pada proses konsentrasi.

Karakteristik Fisik SHP Timah

SHP timah yang akan dilakukan pengolahan merupakan sisa hasil pengolahan timah primer yang terletak di Kecamatan Pemali, Kabupaten Bangka. SHP timah yang akan dilakukan pengolahan berukuran 4 cm sampai <0,074 mm tergolong kerikil hingga lempung, berwarna bening keputihan, kuning-kecoklatan, coklat-hitam sampai hitam dove-metalik, bentuk mineral *very angular* hingga *rounded,* tersusun oleh mineral *quartz* 47,81%, *monazite* 16,24%, *hematite* 11,87%, *limonite* 11,75%, oksida besi 7,84%, *muscovite* 4,11%, *chalcopyrite* 0,25% dan *magnetite* 0,02%.

Material yang akan dilakukan pengolahan bukan dari batuan timah primer yang utuh melainkan sudah berbentuk sisa hasil pengolahan dan terendapkan kembali di *waste dump*. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan analisis karakteristik fisik pada *raw material* SHP timah menggunakan metode *grain counting analysis,* berdasarkan 7 nomor saringan yaitu ukuran 10 mesh, 20 mesh, 50 mesh, 100 mesh, 150 mesh, 200 mesh dan -200 mesh (Tabel-1).

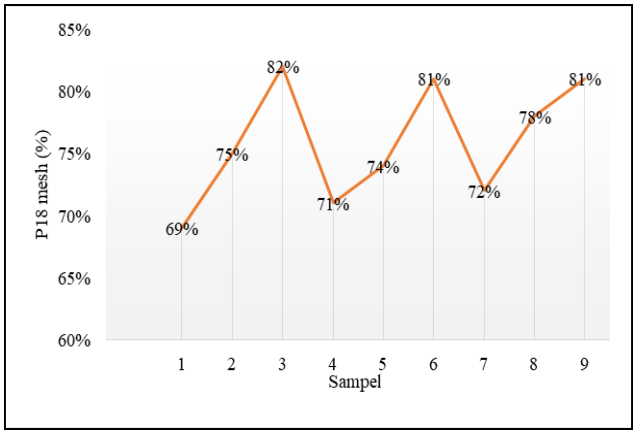
Keterdapatan mineral *cassiterite* paling tinggi berada di ukuran -200 mesh, hal ini dibuktikan dari hasil uji XRF Portable pada *raw material.* Hasil uji XRF Portable menunjukkan kadar unsur Sn pada ukuran 10 mesh sampai 200 mesh didapat < 1%, sedangkan pada ukuran -200 mesh kadar unnsur Sn yang didapat 3,40%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keterdapatan mineral *cassiterite* banyak ditemukan padaukuran halus -200 mesh karena pada ukuran ini mineral *cassiterite* telah terpisah dari mineral pengotornya.

Analisis Ukuran Butir Pada Proses Konsentrasi

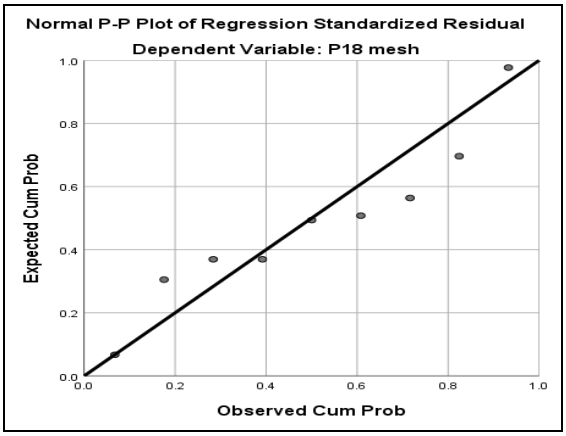
Efektivitas Rod Mill Primer pada Bulan Agustus 2021 hanya mencapai 59% dengan volume *rod* 0,7 m³, dan pengaturan variabel yang belum diketahui. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan perubahan pengaturan variabel debit air dan laju umpan secara kombinasi. Penggerusan dikatakan efektif apabila *passing* 80% (P80) produk Rod Mill Primer lolos dari saringan 18 mesh *(passing* 18 mesh). Produk Rod Mill Primer akan dilakukan proses pengeringan agar kadar air pada sampel hilang dan dilakukan *sieve analysis* menggunakan Sieve Shaker. Grafik P18 mesh dapat dilihat pada Gambar-2.

Tabel-1. Hasil Analisis *Grain Counting Analysis raw material*

No	Mineral	% Berat	Distribusi Besar Ukuran Butir						
			10#	20#	50#	100#	150#	200#	-200#
			236,99 gr	219,96 gr	96,93 gr	74,44 gr	9,28 gr	3,53 gr	2,08 gr
1.	*Quartz*	47,81	8,04	17,48	11,74	8,69	1,23	0,42	0,21
2.	*Monazite*	16,24		12,91	3,33				
3.	*Hematit*	11,87	9,64			1,93	0,17	0,13	0,12
4.	*Limonite*	11,75	11,75						
5.	Oksida besi	7,84	7,42			0,42			
6.	*Muscovite*	4,11		3,81		0,30			
7.	*Chalcopyrite*	0,25				0,22	0,03		
8.	*Magnetite*	0,02					0,02		



Gambar-2. Grafik P18 mesh sampel produk Rod Mill Primer



Gambar-3. *Ploting* data variabel *independent*

Berdasarkan grafik P18 mesh sampel Rod Mill Primer telah didapatkan 3 pengaturan variabel paling efektif dan mencapai target ukuran butir produk yang diinginkan, akan tetapi setelah dilakukan *seieve analysis* pada konsentrat Shaking Table ukuran butir yang tepat pada proses konsentrasi yaitu 50 mesh sampai -200 mesh. Berdasarkan hasil analisis ukuran butir yang telah dilakukan dapat disimpulkan ukuran butir yang ditetapkan perusahaan masih berukuran kasar, karena pada ukuran 18 mesh tidak dapat dilakukan proses konsentrasi menggunakan Shaking Table yang ada di PT Babel Utama Korpora. Berikut merupakan hasil perhitungan persentase ukuran butir yang harus dilakukan penggerusan kembali dari ukuran 18 mesh menjadi 50 mesh, dan dapat dilihat pada Tabel-2.

Persentase ukuran butir produk Rod Mill Primer yang tidak dapat dilakukan proses konsentrasi sebesar ± 30% dan perlu dilakukan penggerusan kembali. Berdasarkan hasil tersebut perlu dilakukan kajian ulang mengenai peningkatan target ukuran butir Rod Mill Primer sehingga dapat mempersiapkan ukuran butir yang tepat pada proses konsentrasi.

Evaluasi Variabel Debit Air Dan Laju Umpan

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara variabel debit air dan laju umpan terhadap ukuran butir produk Rod Mill Primer, serta mengetahui variabel yang signifikan yang mempengaruhi efektivitas penggerusan, dengan metode analisis statistik regresi linear menggunakan *software SPSS*.

Tabel-2. Persentase ukuran butir yang tidak tepat pada proses konsentrasi

No.	Variabel		*Oversize 50 mesh* (%)
	Debit Air (m^3/jam)	Laju Umpan (ton/jam)	
1	1	24-26	35,46
2	1,15	24-26	34,79
3	1,75	24-26	38,44
4	1	29-31	35,35
5	1,15	29-31	37,15
6	1,75	29-31	29,75
7	1	32-34	35,89
8	1,15	32-34	36,76
9	1,75	32-34	37,98

Uji normalitas ini perlu dilakukan karena semua perhitungan statistik parametrik memiliki normalitas sebaran. Model regresi dikatakan berdistribusi normal apabila data *ploting* yang dihasilkan mengikuti garis diagonal.

Grafik *ploting* data pada Gambar-3 menunjukkan titik *ploting* yang telah dilakukan mengikuti garis diagonal, artinya data yang digunakan terdistribusi normal dan siap untuk dilakukan uji F, uji determinasi (R^2) dan uji T.

Uji F digunakan untuk melihat apakah variabel debit air dan laju umpan terdapat pengaruh secara simultan terhadap P18 mesh. Hasil uji F didapatkan nilai sig yang dihasilkan sebesar 0,003 < 0,05 yang artinya terdapat pengaruh secara simultan antara variabel debit air dan laju umpan terhadap P18 mesh.

Berdasarkan hasil uji F variabel debit air dan laju umpan berpengaruh secara simultan terhadap P18 mesh, selanjutnya dilakukan uji koefisien determinasi (R^2) menggunakan *SPSS* untuk mengetahui persentase hubungan antara variabel debit air dan laju umpan terhadap P18 mesh. Model R *square* menunjukkan persentase pengaruh variabel debit air dan laju umpan terhadap P18 mesh sebesar 85,5%.

Uji T digunakan untuk melihat pengaruh dari variabel debit air dan laju umpan terhadap P18 mesh secara parsial. Hasil uji T-test independen menunjukkan pada variabel debit air nilai sig yang dihasilkan 0,001 < 0,05, artinya terdapat pengaruh yang signifikan antara variabel debit air terhadap P18 mesh. Sedangkan pada variabel laju umpan nilai sig yang dihasilkan 0,533 > 0,05, artinya tidak terdapat pengaruh antara variabel laju umpan terhadap P18 mesh.

Berdasarkan uji T menunjukkan pada variabel debit air berpengaruh secara signifikan terhadap P18 mesh, selanjutnya dilakukan uji koefisien determinasi pada variabel debit air untuk mendapatkan persentase hubungan antara variabel debit air dengan P18 mesh. Setelah dilakukan analisis didapatkan hasil model R *square* menunjukkan pengaruh variabel debit air terhadap P18 mesh sebesar 84,5%. Adapun hasil evaluasi pengaruh variabel debit air dan laju umpan disajikan dalam bentuk grafik sebagai Gambar-4.

Berdasarkan grafik P18 mesh hasil penggerusan yang paling efektif terdapat pada pengaturan variabel debit air paling tinggi 1,75 m^3 sebesar > 80%. Sedangkan pada pengaturan variabel debit air paling rendah 1 m^3

menghasilkan efektivitas penggerusan yang paling rendah yaitu < 73%. Berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan, untuk variabel debit air lebih mempengaruhi hasil penggerusan dibandingkan variabel laju umpan.

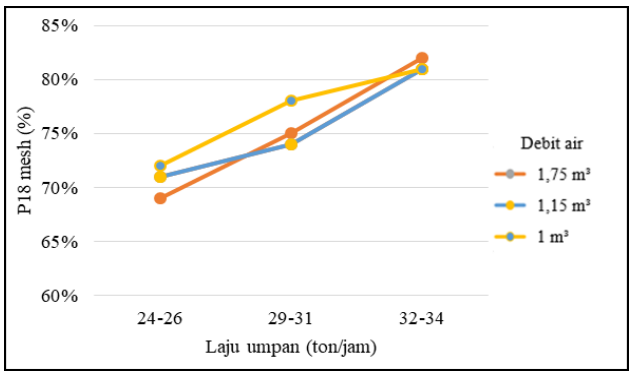
Efektivitas Penggerusan SHP Timah

Berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil 84,5% proses penggerusan dipengaruhi oleh variabel debit air, sedangkan sisanya dipegaruhi oleh variabel lainnya 15,5%. Hasil efektivitas penggerusan SHP timah disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar-5.

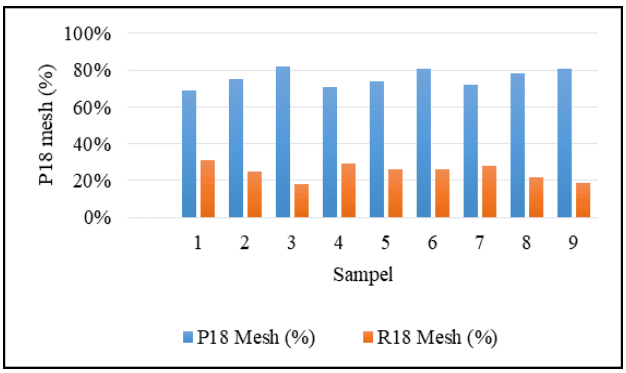
Pengaturan variabel yang paling efektif terdapat pada sampel 3, P18 mesh didapat sebesar 82% dengan produksi 20,45 ton/jam. Pengaturan variabel paling optimal terdapat pada sampel 9 P18 mesh didapat sebesar 81% dengan produksi 27,69 ton/jam.

Terjadi peningkatan efektivitas penggerusan pada Bulan September dibandingkan Bulan Agustus. Pada Bulan Agustus P18 mesh didapat hanya 59% dengan volume *rod* 0,7 m³ dan ketika dilakukan penambahan volume *rod* menjadi 0,9 m³ P18 mesh yang didapat meningkat menjadi 82%.

Berdasarkan hal tersebut perlu dilakuakan kajian dan evaluasi kembali mengenai pengaturan variabel pada Rod Mill Primer dan target ukuran butir Rod Mill Primer yang berkesesuaian dengan ukuran butir yang tepat pada proses konsentrasi menggunakan Shaking Table yaitu berukuran 50 mesh sampai -200 mesh.



Gambar-4. Grafik pengaruh variabel terhadap P18 mesh



Gambar-5. Grafik efektivitas Rod Mill Primer

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Unit Produksi SHP PT Babel Utama Korpora Site Pemali, maka dapat di tarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik fisik SHP timah termasuk golongan kerikil-lempung, berwarna bening-kekuningan, coklatan-hitam, hitam dove-metalik, bentuk mineral *very angular-rounded,* dan persentase mineral tertinggi yaitu ,mineral *quartz* 47,81%, dengan mineral ikutan lainnya seperti, *limonite, monazite, muscovite, hematite, magnetite, chalcopyrite,* dan oksida besi.
2. Variabel debit air lebih mempengaruhi hasil penggerusan sebesar 84,5%, sedangkan variabel laju umpan tidak mempengaruhi hasil penggerusan.
3. Efektivitas penggerusan terdapat pada sampel 3 sebesar 82% dengan produksi 20,45 ton/jam, dan hasil paling optimal terdapat pada sampel 9 dengan efektivitas sebesar 81% dan produksi 27,69 ton/jam.
4. Ukuran butir yang tepat pada proses konsentrasi yaitu 50 sampai -200 mesh, adapun target ukuran butir produk Rod Mill Primer yang diinginkan perusahaan telah tercapai sebesar 82 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada Unit Produksi SHP PT Babel Utama Korpora Site Pemali Kabupaten Bangka yang telah memberi saya izin melakukan penelitian mengenai efektivitas penggerusan SHP timah menggunakan Rod Mill Primer.

Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada Laboraturium Divisi Eksplorasi PT Timah Tbk yang telah memberi izin melakukan analisis *GCA* dan menggunakan XRF Portable.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Cobbing, E.J., Pitfield, P.E.J., Darbyshire, D.P.F, & Mallick, D.I.J. 1992. *The granites of the South-East Asian tin belt*. Overseas Memoir 10. British Geological Survey.

[2] Schwartz, M.O., Rajah, S.S., Askury, A.K., Putthapiban, P., dan Djaswadi, S. 1995. The Southeast Asian Tin Belt. *Elsevier Scientific Publishing Company*. Earth-Science Reviews.

[3] Barber, A.J., Crow, M.J., dan Milsom, J.S. 2005. *Sumatera: geology, resources and tectonic evolution.* Geological Society. London.

[4] Reed, B.L. 1986. *A descriptive model of sn veins*. In Cox, D.P., dan Singer, D.A., eds. 1963. *Mineral deposit models*. Amerika Serikat : Geological Survey Bulletin.

[5] Bramastya, K.G., Setijadji, L.D., Yogatama, A.W., dan Aviandono, R. 2018. Karakteristik granit pembawa timah di Pulau Bangka, studi kasus Tambang Terbuka Pemali Kabupaten Bangka Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Jurnal Proceeding Seminar Nasional Kebumian Ke 11.* Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

[6] Stemprok, M. 1987. *Greisenization.* Geoel. Rundchau.

[7] Purnama, Y. 2016. *Ekonomi hijau melalui teknologi solidifikasi tailing untuk mendukung infrastruktur hijau.* Workshop Continuing Professional Development (CPD) Ahli Teknik Penyehatan Lingkungan. Jakarta.

[8] Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2018. *Pedoman pelaksanaan kaidah teknik pertambangan yag baik.* Nomor 1827 K/30/MEM/2018. Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.

[9] Graha, D.S. 1987. *Batuan dan mineral*. Nova. Bandung.

[10] Wills, B.A, dan Napier, M.T.J. 2006. *Mineral processing technology*. In 7th Edition. United Kingdom: Elsevier Science And Technology Book.

[11] Schlanz, J.W. 1987. *Grinding: an overview of operation and design*. Spurce Pine, NC.

[12] Gupta, A., dan Yen, D.S. 2006. *Mineral processing design and operation an introduction.* Elsevier Science And Technology Book.

[13] Allen, T. 1997. *Particles size measurement*. Chapman and Hall. London.

[14] Ghozali, I. 2011. *Aplikasi analisis multivariate dengan program SPSS.* Semarang : Badan Penerbit Universitas Diponegoro.