

Benefisiasi Timah Sisa Hasil Pengolahan PT Babel Utama Korpora Menggunakan *Humprey Spiral*

(*Tin Beneficiation from PT Babel Utama Korpora Tailing by Using Humprey Spiral*)

Aqwammul Fauzan¹, Hafid Zul Hakim¹, La Ode Arham¹, Fika Rofiek², Rahmat Fadhilah¹, Jarwinda¹

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Sumatera

²Badan Riset dan Inovasi Nasional Pusat Riset Teknologi Pertambangan Lampung

*Korespondensi E-mail: aqwammul.120370143@student.itera.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara penghasil timah terbesar nomor dua di dunia setelah China. Sebaran sabuk timah Indonesia membentang dari Semenanjung Malaysia, Riau, hingga ke Kepulauan Bangka Belitung. Namun, cadangan bijih timah darat yang semakin sedikit, mengakibatkan diperlukannya pemanfaatan timah *low grade* untuk tetap memenuhi kebutuhan timah. Salah satu sumber timah *low grade* yang memiliki peluang untuk diolah kembali adalah Sisa Hasil Pengolahan (SHP). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik kandungan dalam Sisa Hasil Pengolahan PT Babel Utama Korpora lalu melakukan peningkatan kadar melalui pengolahan menggunakan metode *gravity concentration* dengan alat *humprey spiral*. Proses analisa kadar dilakukan dengan metode *Grain Counting Analysis (GCA)* dan *X-ray Fluorescence (XRF)*. Variabel operasi *humprey spiral* yang digunakan adalah ukuran butir sebesar 30 mesh, 40 mesh dan 80 mesh, serta variasi lebar diameter daun *humprey spiral* 60 cm dan 90 cm. Percobaan peningkatan mendapatkan hasil optimal pada kombinasi variabel ukuran butir 40 mesh dengan lebar diameter daun *humprey spiral* 60 cm sebesar 0,5% Sn dengan *recovery* sebesar 26,75%. Namun hasil ini menunjukkan pengolahan kembali *tailing* tidak ekonomis dikarenakan sangat jauh dari kadar yang diterima untuk proses peleburan yaitu 60% Sn.

Kata kunci: timah, *tailing*, *humprey spiral*, kadar, *recovery*

Abstract

Indonesia was the second of the largest tin-producer country in the world after China. Tin belt in Indonesia spread from Malay Peninsula, Riau, to Bangka Belitung Island. However, the mineral reserves on land is decreasing, have led to the need for utilizing low-grade tin to fulfill tin requirements. One of the potential source of low-grade tin can be reprocessed is tailings. This study was conducted to determine the characteristic of the tailings from PT Babel Utama Korpora and then improve the grade through processing using the gravity concentration method with a humprey spiral. The concentration analysis was performed using Grain Counting Analysis (GCA) and X-Ray Fluorescence (XRF) method. The operating variables for the humprey spiral used include feed particle size of 30 mesh, 40 mesh, and 80 mesh, as well as variations in the spiral diameter width of 60 cm and 90 cm. The optimal results were obtained with a combination of a 40 mesh feed particle size and a 60 cm spiral diameter width, yielding 0,5% Sn with recovery rate of 26,75%. However, these results indicate that the tailings reprocessing is not economically because it is too far from the acceptable grade for smelting, which is 60% Sn.

Keywords: tin, *tailing*, *humprey spiral*, grade, *recovery*

1. Pendahuluan

Hampir 2/3 luas daerah Jalur Timah Indonesia berada di bawah permukaan laut. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode pengolahan timah dengan menggunakan metode – metode baru yang berpotensi dapat menemukan potensi endapan timah yang ekonomis (Mardiah, 2013). Dengan semakin sedikitnya cadangan timah yang tersedia di daratan, menyebabkan timah Sisa Hasil Pengolahan (SHP) memiliki peluang yang besar untuk diolah kembali (Panjaitan et al., 2023). PT Babel Utama Korpora merupakan salah satu mitra PT Timah Tbk. yang bergerak dibidang pengolahan Sisa Hasil Pengolahan (SHP) timah yang berlokasi di desa Pemali, Kecamatan Pemali, Kabupaten Bangka, Provinsi Bangka Belitung.

Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai benefisiasi timah Sisa Hasil Pengolahan (SHP) PT Babel Utama Korpora. Diharapkan dengan adanya benefisiasi timah dari Sisa Hasil Pengolahan (SHP) dapat memenuhi kebutuhan akan timah.

Menurut UU Nomor 4 tahun 2020, pasal 1 angka 20, pengolahan adalah kegiatan usaha pertambangan untuk meningkatkan mutu mineral dan atau batubara serta untuk memanfaatkan dan memperoleh mineral lain. Menurut Pryor (1971), pengolahan bahan galian dimulai dengan meliberasi mineral dan dilanjutkan dengan pemisahan material yang diinginkan dengan pengotornya. Biasanya, pengolahan bahan galian

mentah menjadi material berharga membutuhkan banyak tahapan pemisahan.

Salah satu tahap pemisahan material adalah dengan memanfaatkan gravitasi (*gravity concentration*). *Gravity concentration* merupakan tahapan pemisahan mineral – mineral berdasarkan berat jenis yang berbeda dengan gerakan relative mineral dalam merespon gravitasi (Wills et al., 2006). Salah satu alat pemisahan yang menggunakan prinsip kerja *gravity concentration* adalah *humprey spiral*.

Menurut Wills (2006), *humprey spiral* merupakan suatu alat yang memisahkan mineral dari pengotornya berdasarkan perbedaan berat jenis mineralnya yang juga dipengaruhi oleh gaya sentrifugal dari arus air yang memutar dalam *humprey spiral*. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pemisahan material pada *humprey spiral* adalah ukuran butir *feed* dan lebar diameter daun *humprey spiral*.

Analisis ukuran butir mempengaruhi pembebasan material berharga dari material pengotor (*gangue*) dan juga menjadi tolak ukur atau standar kategori material yang optimal untuk dimasukkan ke dalam suatu alat pengolahan bahan galian (Widara & Rauf, 2018).

Dikarenakan *humprey spiral* dipengaruhi oleh gaya sentrifugal, maka lebar jari – jari dari *humprey spiral* juga mempengaruhi proses pemisahan material. Hal ini dapat dilihat pada rumus gaya sentrifugal berikut;

$$F_s = m \frac{v^2}{r}$$

Dimana, F_s merupakan gaya sentrifugal (N), m adalah massa (Kg), v merupakan kecepatan linear (m/s), dan r merupakan jari – jari lintasan (m).

Menurut Wills (2006), analisa kadar mineral menggunakan *Grain Counting Analysis* (GCA) merupakan teknik sederhana yang menghitung kadar mineral secara manual untuk memperkirakan kadar hasil *sampling*. Cara melakukan teknik ini adalah dengan menjatuhkan sebagian sampel ke dalam suatu kotak persegi dengan ukuran tertentu, kemudian menghitung banyaknya masing – masing butir dalam kotak.

X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan suatu metode analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada padatan bubuk maupun sampel cair. Secara umum, XRF mengukur panjang gelombang komponen material secara individu dari emisi fluoresensi yang dihasilkan sampel saat diradiasi dengan sinar-x (Jamaluddin & Prasetywati Umar, 2018).

Menurut Maduma et al (2020), *Material Balance* adalah suatu perhitungan kesetimbangan

dalam proses pengolahan bahan galian. Dimana jumlah partikel bahan yang dimasukkan ke dalam peralatan pengolahan sama dengan jumlah partikel bahan yang dikeluarkan. Perhitungan *material balance* dapat menggunakan rumus:

$$F = K + T$$

Dimana F merupakan berat material *feed* (Kg), K adalah berat konsentrat (Kg), dan T adalah berat *tailing* (Kg)

Recovery dalam hal pengolahan mineral adalah persentase dari total yang terkandung dalam bijih yang terdapat dalam konsentrat, misalnya apabila tingkat *recovery* 90%, maka 90% dari logam yang diinginkan yang sebelumnya terkandung dalam *feed* ada di dalam konsentrat, sedangkan 10% sisanya terbawa dalam *tailing* (Suprpto, 2007). Adapun rumus perhitungan *recovery* adalah:

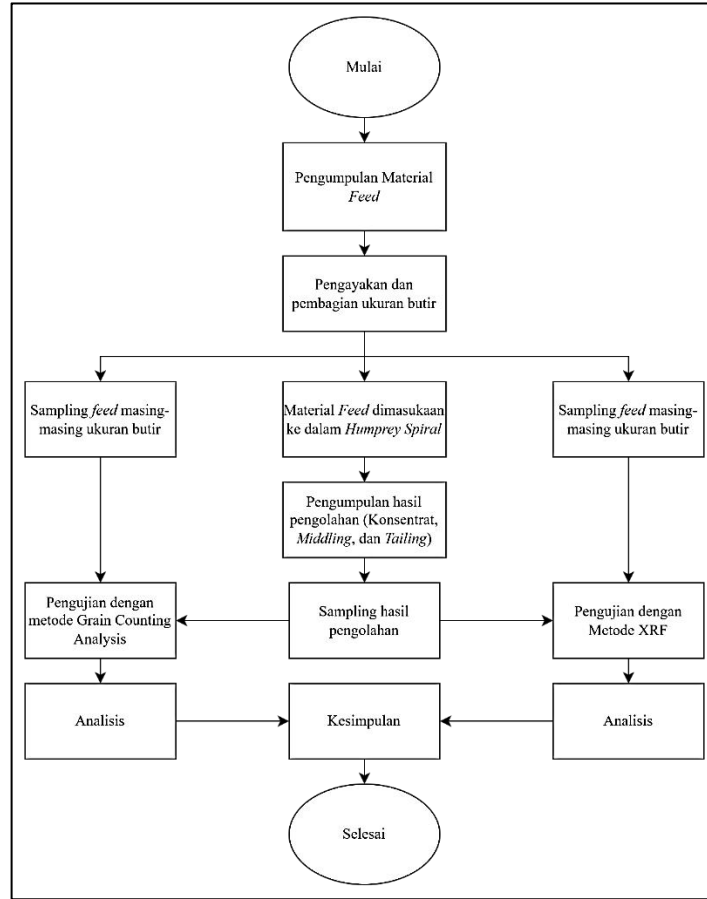
$$R = \frac{C \cdot c}{F \cdot f}$$

Dimana R merupakan *recovery* (%), C merupakan berat konsentrat (Kg), c adalah kadar konsentrat (%), F merupakan berat *feed* (Kg) dan f adalah kadar *feed* (%).

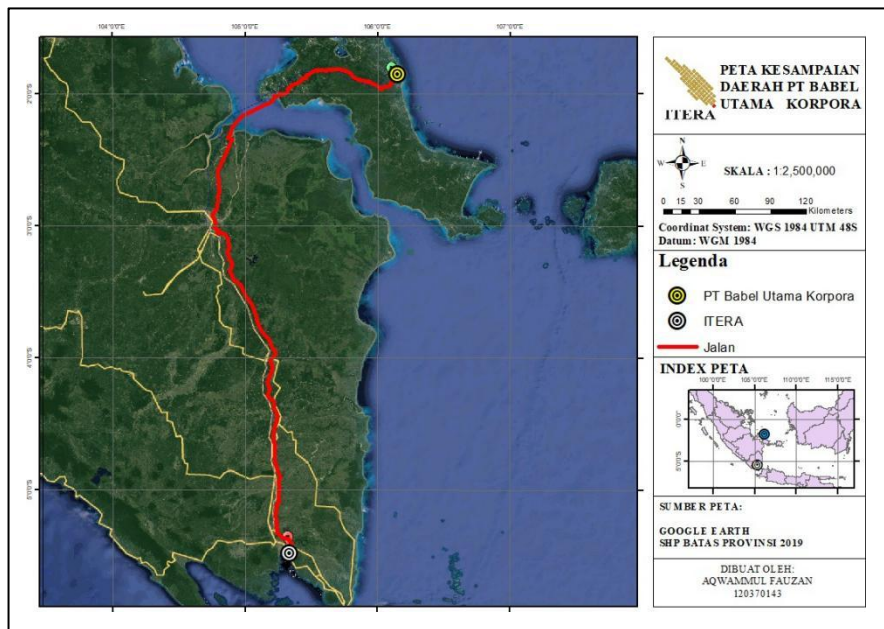
2. Metode

Penelitian dilakukan di *site* PT Babel Utama Korpora di Desa Air Simpur, Kelurahan Pemali, Kabupaten Bangka, Provinsi Bangka Belitung yang dilakukan dari tanggal 24 Februari 2024 sampai dengan 24 April 2024. Material *feed* yang digunakan untuk percobaan berasal dari bukit tumpukan *taling* PT Babel Utama Korpora. Sampel pengujian diambil dari *feed* percobaan, konsentrat, *middling*, dan *tailing* dari hasil pengolahan menggunakan *humprey spiral* yang dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Sampel yang diuji berjumlah sebanyak 21 buah dengan 6 percobaan.

Alat yang digunakan adalah *humprey spiral* yang terpisah dari alur pengolahan *existing* PT Babel Utama Korpora dengan lebar diameter 60 cm dan 90 cm. Variasi ukuran butir *feed* yang digunakan sebesar 30#, 40#, dan 80# yang sebelumnya sudah dilakukan uji coba ayak dengan ayakan ukuran 30#, 40#, 50#, 80# dan 100#, dan didapatkan berat tertahan (*oversize*) dominan pada variasi ukuran butir *feed* yang digunakan. Metode yang digunakan adalah kuantitatif berupa analisis dengan menggunakan XRF *portable* dan *Grain Counting Analysis* (GCA). Selanjutnya dilakukan perhitungan dari hasil analisis untuk mendapatkan nilai *material balance* dan nilai *recovery* dari hasil pengolahan menggunakan *humprey spiral*.



Gambar 1. Diagram Alir Pengujian



Gambar 2. Peta Kesampaian Daerah

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum dilakukannya pengolahan, sampel *feed* diuji menggunakan XRF *portable* dan dengan metode *Grain Counting Analysis* (GCA).

Analisis Kadar Mineral Feed

Untuk mengetahui kadar mineral yang terkandung dalam *feed* pengujian, maka

dilakukan terlebih dahulu analisis dengan XRF dan *Grain Counting Analysis* (GCA).

Tabel 1. Kandungan Mineral *Feed* Hasil GCA

Uraian Mineral	Feed 30 mesh (%)	Feed 40 mesh (%)	Feed 80 mesh (%)
Cassiterite	3,737	3,787	3,896
Ilmenite	0	0,823	0
Zircon	0	0	0
Monazite	0	0	0
Pyrite	0	0	0
Kuarsa	82,614	82,781	84,186
Biotit	2,383	3,623	3,106
Hematite	11,265	7,612	8,810
Galena	0	1,372	0
Muscovit	0	0	0

Setelah dilakukan pengujian dengan GCA, *feed* penelitian dengan ukuran 30# mengandung kasiterit sebanyak 3,73%, kuarsa 82,61%, biotit 2,38 %, dan hematit 11,26%. Untuk ukuran butir *feed* 40#, kandungan mineral berupa kasiterit sebanyak 3,78%, iliminite 0,82%, kuarsa 82,78%, biotit 3,62%, hematit 7,61%, dan galena 1,37%. Ukuran butir *feed* 80# mengandung mineral kasiterit sebanyak 3,89%, kuarsa 84,18%, biotit 3,1%, dan hematit 8,81%.

Saat dilakukan pengujian menggunakan alat XRF portabel, *feed* dengan ukuran butir 30# mengandung 0,19% Al, 23,35% Si, 0,05% Ti, 0,04% Cr, 0,05% Mn, 2,34% Fe, 0,01% Zr, 0,1 Sn, dan 0,01 Pb, serta 73,87% *light element*. *Feed* dengan ukuran butir 40# mengandung 0,34% Al, 23,67% Si, 0,03% Ti, 0,05% Cr, 0,05% Mn, 2,49% Fe, 0,02% Zr, 0,1% Sn, dan 0,01% Pb, serta 73,24% *light element*. Untuk *feed* dengan ukuran butir 80# mengandung 0,25% Al, 23,48% Si, 0,03%Ti, 0,04% Cr, 0,05% Mn, 2,27% Fe, 0,01% Zr, 0,011% Sn, dan 0,01% Pb, serta 73,76% *light element*.

Tabel 2. Kandungan Unsur *Feed* Hasil Analisa XRF

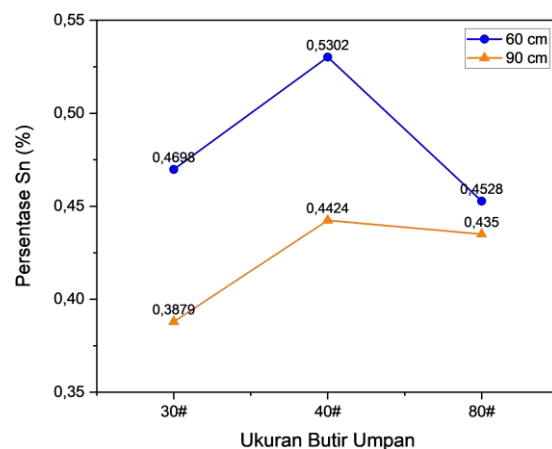
Ukuran <i>Feed</i> (mesh)	Unsur									
	Al (%)	Si (%)	Ti (%)	Cr (%)	Mn (%)	Fe (%)	Zr (%)	Sn (%)	Pb (%)	Lain - Lain (%)
30 mesh	0,19	23,35	0,05	0,04	0,05	2,34	0,01	0,10	0,01	73,87
40 mesh	0,34	23,67	0,03	0,05	0,05	2,49	0,02	0,10	0,01	73,24
80 mesh	0,25	23,48	0,03	0,04	0,05	2,27	0,01	0,11	0,01	73,76

Perbandingan Kadar Mineral Hasil Pengolahan dari Kombinasi Variabel Operasi

Kadar Sn tiap ukuran butir cenderung lebih tinggi pada proses pengolahan menggunakan *humprey spiral* dengan diameter 60 cm dibandingkan dengan diameter 90 cm.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan untuk proses pengolahan SHP PT Babel Utama Korpora optimal menggunakan *humprey spiral* dengan diameter 60 cm. Dengan diameter yang lebih kecil, maka gaya sentrifugal yang dihasilkan lebih besar, sehingga pemisahan mineral dari pengotor lebih optimal dibandingkan menggunakan diameter yang lebih besar.

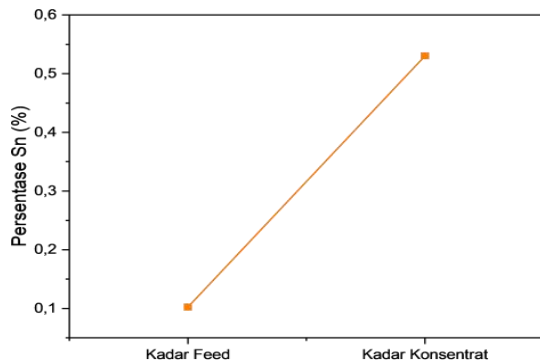
Kenaikan kadar timah (Sn) hasil pengolahan menggunakan *humprey spiral* yang diuji menggunakan XRF portabel dapat dilihat pada grafik di bawah.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kadar Sn Hasil Uji XRF

Untuk ukuran butir, optimal berada pada ukuran butir 40#, baik dengan diameter humprey spiral 60 cm dan 90 cm. Dapat ditarik kesimpulan bahwa ukuran butir 40# merupakan ukuran butir

optimal untuk diolah menggunakan *humprey spiral* karena pemisahan mineral lebih efektif sehingga menghasilkan kadar yang lebih tinggi.



Gambar 4. Grafik Peningkatan Kadar Percobaan Lima

Pada gambar 3, dapat dilihat bahwa kenaikan kadar Sn dari variasi variabel operasi yang paling optimal berada pada percobaan lima dengan ukuran butir *feed* 40# dan diameter daun spiral 60 cm. Dengan kombinasi variabel ini, *feed* berkadar 0,1% Sn naik lima kali lipat menjadi konsentrat dengan kadar 0,5% Sn.

Analisa Material Balance dari Hasil Pengolahan

Analisa *material balance* dilakukan setelah proses pengolahan material *feed* dengan alat *humprey spiral* selesai dilakukan. Dapat dilihat pada Tabel 3, persentase kadar *loss* Sn terbesar diperoleh pada percobaan tiga dengan variasi Ukuran butir 80# dan diameter *humprey spiral* 60 cm, sebesar 7%. Persentase *loss* Sn terkecil diperoleh pada percobaan satu dengan variasi ukuran butir 30# dan diameter *humprey spiral* 90 cm sebesar 1,3%.

Sampel percobaan tiga dan percobaan enam memiliki kesamaan dalam ukuran butir *feed* sebesar 80#. Sampel percobaan satu dan percobaan empat juga memiliki kesamaan ukuran butir *feed* sebesar 30#. Dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin kecil atau semakin halus ukuran butir *feed*, maka persentase *loss* Sn akan semakin besar, begitu juga dengan sebaliknya.

Tabel 3. Hasil Analisa Material Balance

Kode Sampel	Berat Sn dalam Feed (gr)	Berat Sn dalam Konsentrat (gr)	Berat Sn dalam Middling (gr)	Berat Sn dalam Tailing (gr)	Berat Sn Loss (gr)	Loss Sn (%)
P1	6096	930,96	1978,35	3106,15	80,54	1,3
P2	6144	1305,08	2276	2445,3	117,62	1,9
P3	6672	1348,5	3365,6	1448	509,9	7,6
P4	6096	1197,99	2454,75	2367,5	75,76	1,2
P5	6144	1643,62	2270,7	2120,8	108,88	1,8
P6	6672	1494,24	2880	1780	517,76	7,8

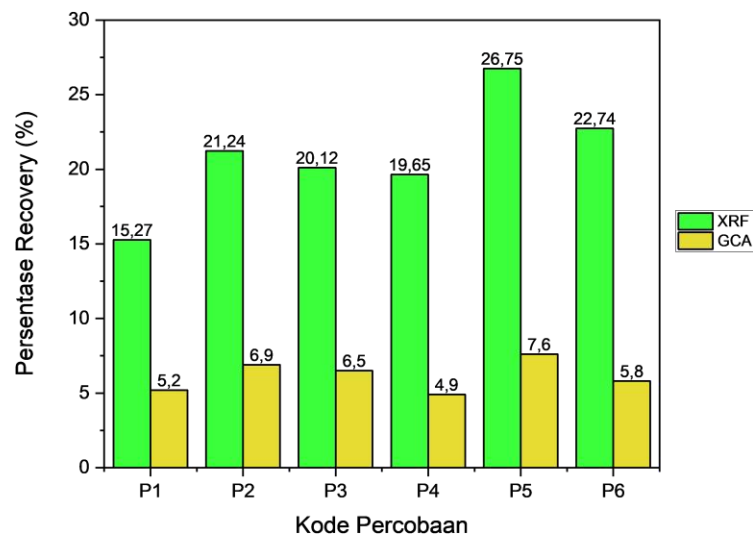
Analisa Recovery Hasil Pengolahan

Untuk mengetahui pengaruh dari variabel operasi terhadap *recovery*, kadar Sn terlebih dahulu dipindai dengan menggunakan XRF portabel. Dapat dilihat pada Tabel 4, tingkat *recovery* Sn tertinggi diperoleh pada percobaan lima berada pada angka 26,75% dengan

kombinasi ukuran butir *feed* 40# dan diameter *humprey spiral* 60 cm. Tingkat *recovery* terendah diperoleh pada percobaan satu dengan kombinasi ukuran butir *feed* 30# dan diameter *humprey spiral* 90 cm

Tabel 4. Analisa *Recovery* Hasil Pengolahan

No	Kode Sampel	Ukuran Butir	Diameter Daun Humprey Spiral (cm)	Berat Feed (gr)	Kadar Sn dalam Feed (%)	Berat Konsentrat (gr)	Kadar Sn dalam Konsentrat (%)	Recovery (%)
1	P1	30 mesh	90	60000	0,1016	2400	0,3879	15,27
2	P2	40 mesh	90	60000	0,1024	2950	0,4424	21,24
3	P3	80 mesh	90	60000	0,1112	3100	0,435	20,21
4	P4	30 mesh	60	60000	0,1016	2550	0,4698	19,65
5	P5	40 mesh	60	60000	0,1024	3100	0,5302	26,75
6	P6	80 mesh	60	60000	0,1112	3350	0,4528	22,74



Gambar 5. Grafik Perbandingan Recovery XRF dan GCA

Perbedaan persentase *recovery* yang didapat antara analisa menggunakan metode XRF dan GCA cukup jauh, namun hasil yang ditunjukkan memiliki kesimpulan yang sama. Berdasarkan grafik pada Gambar 4, hasil dari kombinasi

variabel operasi yang paling optimal ditunjukkan pada sampe percobaan lima, yaitu dengan kombinasi ukuran butir *feed* 40# dan lebar diameter *humprey spiral* 60 cm.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, antara lain mineral yang terkandung dalam *feed* penelitian terdiri dari mineral kasiterit, ileminit, kuarsa, biotit, hematit, dan sedikit galena. Ukuran butir *feed* dan lebar daun *humprey spiral* berpengaruh terhadap perolehan *recovery* dan persentase *material loss* dalam penelitian. Hal ini dapat dilihat dari persentase *material loss* yang

lebih tinggi pada ukuran butir *feed* yang lebih halus. Selain itu, perolehan persentase *recovery* yang cukup tinggi pada percobaan menggunakan diameter 60 cm. Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu, diperlukannya penelitian lebih lanjut terakait kombinasi variabel laju air dan lebar bukaan *splitter*.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada PT Babel Utama Korpora yang telah membantu menyediakan material dan sarana penelitian.

Daftar Pustaka

- Drzymala, Jan., & Swatek, A. (2007). *Mineral Processing: Foundations of Theory and Practice of Minerallurgy*. University Of Technology.
- Irzon, R. (2021). Penambangan Timah Di Indonesia: Sejarah, Masa Kini, Dan Prospekti. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 17(3), 179–189.
- Jamaluddin, & Prasetyawati Umar, E. (2018). Identifikasi Kandungan Unsur Logam Batuan Menggunakan Metode Xrf (X - Ray Fluorescence) (Studi Kasus: Kabupaten Buton). *Jurnal Gecelebes*, 2(2), 47–52.
- Kinnaird, J. A., Nex, P. A. M., & Milani, L. (2016). Tin In Africa. *Episodes*, 39(2), 361–380.
- Maduma, F., Malau, W., & Perangin - Angin, H. P. (2020). Produksi *Crushing Plant* PT Pulau Lemon Kabupaten Manokwari. In *Intan Jurnal Penelitian Tambang* (Vol. 3, Issue 2).
- Mardiah. (2013). Karakteristik Endapan Timah Sekunder Daerah Kelayang Dan Sekitarnya Kabupaten Bangka Barat. *Promine*, 1(1).
- Millar, S. W. S. (2014). Colluvial Deposit. In *Encyclopedia of Planetary Landforms* (Pp. 1–10). Springer New York.
- Nurtia, N. E., & Jamaan, A. (2014). Pengaruh Pasar Timah Indonesia (Inatin) Terhadap Posisi Tawar Timah Indonesia. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik Universitas Riau*, 1, No.2.
- Panjaitan, K. D., Pitulima, J., & Andini, D. E. (2023). *Kajian Teknis Pengolahan Shp Menggunakan Shaking Table Untuk Mengoptimalkan Kadar Dan Recovery Sn Di Tb Batu Besi PT Timah Tbk (Technical Study of Shp Processing Using Shaking Tables to Optimize Sn Levels and Recovery In Batu Besi TB PT Timah Tbk)* (Vol. 8, Issue 1).
- Pitulima, J., Irawati, & Franto. (2023). *Evaluasi Teknis Pengolahan Sisa Hasil Produksi Timah Di PT Babel Utama Korpora Kabupaten Bangka*.
- Powell, W., Yazgan, E., Johnson, M., Aslihan Yener, K., & Mathur, R. (2021). *Mineralogical Analysis Of The Kestel Mine: An Early Bronze Age Source Of Tin Ore In The Taurus Mountains, Turkey*. *Minerals*, 11(1), 1–16.
- Prayoga, A. (2019). *Pembentukan Potasium Stannat Dari Mineral Kasiterit Bangka Dengan Proses Dekomposisi Basa (Koh)*.
- Projosantoso, A. K., Widjajanti, E., & Utomo, Pranjoto. M. (2011). Sintesis Dan Karakterisasi SnO₂ Sebagai Upaya Pengembangan Produk Hilir Timah Putih Untuk Meningkatkan Devisa Nasional. *Jurnal Penelitian Saintek*, Vol. 16, No.2.
- Pryor, E. J. (1971). *Mineral Processing*. Springer Netherlands.
- Saliman, H., & Hendratmoko, I. (2018). Perhitungan Recovery Aktual Timah Dalam Proses Pencucian Dengan Jigpan American Di Open Pit Tb 1.42 Pemali, PT Timah (Persero), Tbk. *Calculation Of Tin Actual Recovery on Washing Process with Jigpan American at Open Pit Tb 1.42 Pemali, PT Timah (Persero), Tbk. In Indonesian Mining and Energy Journal* (Vol. 1, Issue 1).
- Suryani, Franto, & Ega Andini, D. (2022). Pengaruh Laju Aliran Dan Ukuran Umpan Sisa Hasil Pengolahan Dengan Humprey Spiral Pada Skala Laboratorium Kabupaten Bangka. *Mine Journal Universlty of Bangka Belitung*, 7(2), 37–43.
- Syafrizal, Amertho, S. D., Azwardi, I., Indriati, T., Nabila, O. A., Suharjo, E. G. W., & Hede, A. N. H. (2019). Karakterisasi Mineral Ikutan Timah Pada Endapan Primer, Sekunder, Dan Tailing di Bangka Selatan Dan Belitung. *Prosiding Temu Profesi Tahunan Perhapi*.
- Widara, M. R., & Rauf, A. (2018). Perbandingan Hasil Logam Emas Pada Pengolahan Bijih Emas Dengan Metode Sianida (Heap Leaching) Berdasarkan Perbedaan Ukuran Butir Umpan. *Prosiding Seminar Nasional Xii "Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi"*.
- Wills, B. A. (Barry A., Napier - Munn, Tim., Wills, B. A. (Barry A., & Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre. (2006). *Wills' Mineral Processing Technology: An Introduction to The Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery*. Elsevier/Bh.
- Yolanda, A., Arief, T., & Ningsih, Y. B. (2020). *Effect Of Air Table Slope on Cassiterite Contents and Recovery*. *Jurnal Pertambangan*, Vol 4, No. 3.