

Analisis Panjang Pukulan *Jig* Terhadap Nilai *Losses* pada Kapal Isap Produksi Timah 19 (KIP 19) Unit Penambangan Laut Kundur, Provinsi Kepulauan Riau

Fadli Hadi*, Riko Maiyudi

Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

* fdlhdi@gmail.com

Abstrak. PT. Timah Tbk merupakan salah satu perusahaan BUMN yang bergerak dalam bidang penambangan dan pengolahan bijih timah. Pencucian bijih timah adalah bagian dari penambangan pada objek produksi. Material yang ditambang di lepas pantai (*off shore*) ialah material lepas dan tidak kompak, sehingga proses penambangan serta pencucian harus benar-benar dimaksimalkan untuk menghindari material yang terbuang (*losses*) dan menghilangkan *Cassiterite* pada *tailing*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai *Losses* dan nilai *recovery* pada *jig*. Setelah dilakukan analisis terhadap kinerja *jig* pada KIP 19 maka didapatkan nilai *losses* pada *sampling* 1 sebesar 6,897 Kg/jam dengan nilai *recovery* sebesar 89,678% dan kerugian perbulan Rp 1,478.584,377. Pada *sampling* 1 banyak terdapat variabel *Jig* yang tidak sesuai dengan SOP yang telah ditetapkan contohnya pada jumlah pukulan, panjang pukulan dan kecepatan aliran yang masih dibawah standar. Pada *sampling* 2 dilakukan perubahan pada jumlah pukulan, panjang pukulan dan kecepatan aliran sesuai dengan SOP yang telah ditetapkan. Pada *sampling* 2 menghasilkan nilai *losses* sebesar 3,209 kg/jam dengan nilai *recovery* 94,333% dan kerugian perbulan Rp 687.947,987. Hasil yang didapat pada *sampling* 2 menunjukkan bahwa belum tercapainya target nilai *recovery* pada KIP 19, maka dilakukan pengambilan *sampling* 3 yang bertujuan untuk mencari nilai optimal *recovery*. pada pengambilan *sampling* 3 nilai variabel *jig* yang diubah hanya panjang pukulan saja yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh panjang pukulan guna mendapatkan nilai optimal *losses* dan *recovery* pada *jig* KIP 19. Pada *sampling* 3 menghasilkan nilai *losses* sebesar 2,805 kg/jam dengan nilai *recovery* 96,287% dan kerugian Rp 601.338,144. Pengambilan *sampling* 4 bertujuan untuk mengetahui nilai *recovery* maksimal yang didapat jika variabel *jig* dilakukan evaluasi pada settingan maksimal SOP. Pada *sampling* 4 menghasilkan nilai *losses* sebesar 3.284 Kg/jam dengan nilai *recovery* 94,42% dan kerugian Rp 704.026,547. Pada data *sampling* 5 bertujuan untuk mengetahui pengaruh panjang pukulan jika kecepatan panjang pukulan di setting di atas nilai SOP yang telah ditetapkan. Pada *sampling* 5 menghasilkan nilai *losses* sebesar 3,256 Kg Sn/jam dengan nilai *recovery* 94,35% dan kerugian Rp 698.023.885. Dapat disimpulkan jika panjang pukulan terlalu cepat maka akan mempengaruhi hasil dari nilai *losses* dan nilai *recovery jig* dan telah didapatkan nilai optimal panjang pukulan pada *sampling* 3 dengan didapatnya nilai *losses* yang lebih sedikit, nilai *recovery* yang sudah ditetapkan oleh perusahaan sebesar 96% dan kerugian perusahaan Rp 601.338,144.

Abstract. PT Timah Tbk is one of the state-owned companies engaged in mining and processing tin ore. Tin ore washing is part of mining on production objects. The material mined off shore is loose and non-compact material, so the mining and washing process must be maximized to avoid losses and remove Cassiterite in the tailings. The purpose of this study is to determine the Losses value and recovery value of the jig. After analyzing the performance of the jig at KIP 19, it was found that the loss value at sampling 1 was 6.897 Kg / hour with a recovery value of 89.678% and a monthly loss of Rp 1,478,584,377. In sampling 1 there are many Jig variables that are not in accordance with the predetermined SOPs, for example the number of punches, the length of the punch and the flow speed which is still below standard. In sampling 2 changes were made to the number of strokes, stroke length and flow speed in accordance with the established SOP. Sampling 2 resulted in a loss value of 3.209 Kg / hour with a recovery value of 94.333% and a monthly loss of Rp 687,947.987. The results obtained in sampling 2 show that the target recovery value on KIP 19 has not been achieved, so sampling 3 is taken which aims to find the optimal value of recovery. in sampling 3 the value of the jig variable that is changed is only the length of the punch which aims to know the effect of the length of the punch to get the optimal value of losses and recovery on the KIP 19 jig. Sampling 3 resulted in a loss value of 2,805 Kg / hour with a recovery value of 96.287% and a loss of Rp 601,338,144. Sampling 4 aims to determine the maximum recovery value obtained if the jig variable is evaluated at the maximum SOP setting. Sampling 4 resulted in a loss value of 3,284 Kg / hour with a recovery value of 94.42% and a loss of Rp 704,026,547. In sampling 5 data aims to determine the effect of punch length if the punch length speed is set above the predetermined SOP value. Sampling 5 resulted in a loss value of 3.256 Kg Sn / hour with a recovery value of 94.35% and a loss of Rp 698,023,885. It can be concluded that if the length of the punch is too fast, it will affect the results of the loss value and the recovery value of the jig and the optimal value of the punch length has been obtained at sampling 3 with the acquisition of a smaller loss value, a recovery value set by the company of 96% and a company loss of Rp 601,338,144.

Kata kunci: *tailing*, konsentrat *cassiterite*, *losses*, *recovery jig*, kapal isap produksi

Tanggal Diterima: 06/06/2024; Tanggal Direvisi: 08/06/2024; Tanggal Disetujui: 10/06/2024; Tanggal Dipublikasi: 10/06/2024

1. Pendahuluan

PT Timah Tbk adalah perusahaan milik negara yang bergerak di bidang ekstraksi dan pemurnian bijih timah. Perusahaan ini berbasis di Provinsi Bangka Belitung dan memiliki pabrik di Kundur (Kepulauan Riau). Penambangan lepas pantai (*off shore*) digunakan untuk menambang cadangan bijih timah yang terdapat di perairan Kepulauan Riau. Kapal Isap Produksi (KIP), *Bucket Wheel Dredge (BWD)*, dan *Bucket Dredger (BD)* digunakan dalam penambangan lepas pantai (PT Timah, 2012). Pada penambangan timah tidak terlepas dari proses pencucian pada Kapal Isap Produksi (KIP). Kualitas dan kuantitas bijih timah yang diperoleh sangat bergantung pada seberapa baik atau buruknya proses pencucian tersebut. Proses pencucian memisahkan bahan yang digali untuk menghasilkan mineral utama ialah *Cassiterite*. Oleh karena itu, perhatian khusus harus di berikan pada peralatan yang digunakan, seperti saring putar, pompa, dan *jig*. Pada Kapal Isap Produksi 19 *jig* yang digunakan terdiri dari dua tingkatan, yaitu *jig* primer dan *jig* sekunder. Tujuan utama dari *jig* primer adalah untuk memfasilitasi pemisahan material atau umpan yang berasal dari ayakan putar, dengan tujuan memaksimalkan ekstraksi material. Sebaliknya, *jig* sekunder digunakan untuk meningkatkan tingkat konsentrasi *jig* primer.

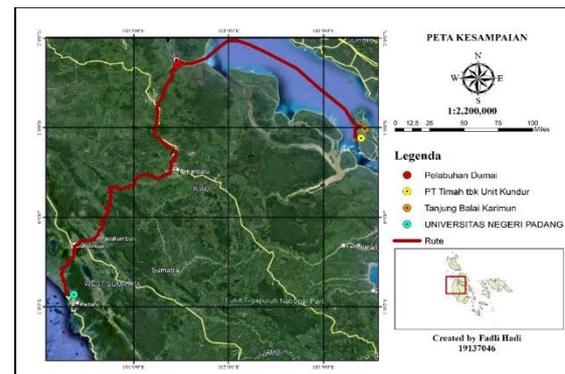
Untuk mengevaluasi efektivitas proses pencucian dalam sistem operasi produksi di dalam Kapal isap produksi, maka penting untuk mengetahui jumlah +bijih yang berhasil dipulihkan dan peningkatan konsentrasi Sn yang sesuai. Proses pencucian timah pasti akan menghasilkan *tailing*. *Tailing* adalah sisa lumpur, batuan, atau tanah yang tersisa setelah ekstraksi dan pemisahan mineral berharga dari proses ekstraksi pertambangan. *Tailing* dapat dipahami sebagai kumpulan mineral dan produk sampingan yang dihasilkan dari kegiatan pengolahan, yang ditandai dengan konsentrasinya yang relatif rendah. Pencucian yang tidak optimal akan menyebabkan kadar mineral berharga seperti *Cassiterite* meningkat pada *tailing*, hal ini menimbulkan permasalahan pada perusahaan dikarenakan menyebabkan kerugian dan nilai *recovery* tidak tercapai yang telah ditetapkan pada KIP yaitu sebesar 96%, maka dari itu diperlukan evaluasi kinerja *jig* sehingga mineral berharga pada *tailing* tidak banyak yang terbuang atau *Losses*. Salah satu variabel *jig* yang berpengaruh untuk meningkatkan nilai *recovery* dan mengurangi nilai *losses* yaitu panjang pukulan. Peningkatan *losses* bijih timah dapat disebabkan oleh pengaturan yang tidak tepat pada panjang pukulan *jig*. Perubahan pada variabel panjang pukulan ini dapat meningkatkan *recovery* bijih timah. Pada saat penulis melakukan observasi di PT.Timah Tbk, penulis menemukan panjang pukulan *jig* pada Kapal Isap Produksi 19 tidak sesuai dengan SOP yang telah

ditetapkan sehingga menyebabkan nilai *losses* yang tinggi dan nilai *recovery* yang rendah.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Lokasi Kesempaan Daerah

Lokasi penelitian dan kesempaan daerah secara administratif wilayah pertambangan PT. Timah Tbk wilayah Kepri dan Riau dapat ditempuh melalui jalur darat menggunakan rute Padang–pelabuhan Dumai dengan total waktu perjalanan ±10 jam dan dilanjutkan menggunakan rute dari pelabuhan Dumai - Tanjung Balai Karimun – pulau Kundur dengan total waktu perjalanan yaitu ± 8 jam, yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Iklim dan Pasang Surut Air Laut

Laut Paya Kundur memiliki kondisi iklim tropis yang ditandai dengan dua musim yang berbeda: musim kemarau dan musim hujan. Periode musim hujan berlangsung dari bulan Juni hingga November, dan ditandai dengan adanya angin kencang dan ombak laut yang besar. Kondisi seperti ini sangat mempengaruhi operasi penambangan di Kapal Isap Produksi, terutama dalam menentukan kedalaman penurunan ladder saat penggalian sedang berlangsung.

2.3 Timah

Suatu logam yang berwarna putih keperakan yang mudah dibentuk dan lentur, berstruktur kristal, namun logam ini mudah patah dalam kondisi yang dingin. Timah tidak terbentuk secara alami dalam bentuk elemen di dalam kerak bumi, melainkan berasal dari senyawanya. Timah sekarang berasal dari mineral *cassiterite*. *Cassiterite*, mineral oksida yang terdiri dari timah (Sn), memiliki struktur kristal dan mengandung konsentrasi timah sebesar 78%. *Cassiterite*, mineral yang umumnya ditemukan di endapan *aluvial*, berfungsi sebagai sumber utama untuk produksi logam timah. Timah juga dapat digunakan sebagai pelapis logam lainnya untuk mencegah karat, sebagai cinderamata dan lainnya.

2.4 Sifat Fisik Karakteristik Mineral

Sebagian besar bijih timah alluvial yang ditambang di Indonesia adalah endapan timah sekunder, juga dikenal sebagai timah placer, yang telah terlepas dari endapan induknya, timah *primer*, dan diendapkan kembali oleh air di tempat yang lebih rendah.

2.4.1 Mineral Utama

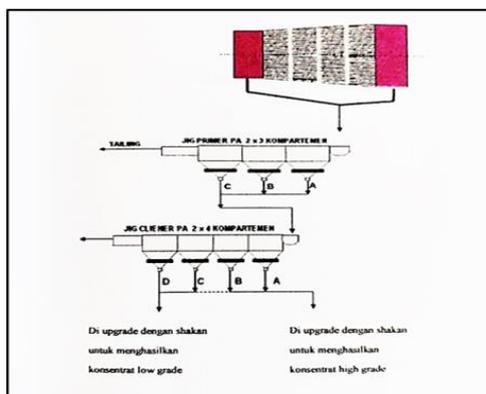
Cassiterite (SnO_2) merupakan mineral utama bijih timah, dihasilkan dari sebagian kecil sulfida seperti stannit, silindrit, frankeit, kanfieldit, dan teatlit. Berat jenis *cassiterite* berkisar antara 6,8 dan 7,1 gram/cm^3 dengan warna kuning kecoklatan, kuning kemerahan, coklat kehitaman, atau coklat tua. Permukaan mineral *cassiterite* berminyak dan berkilau. Meskipun biasanya tidak tembus cahaya, lapisan kristalnya berkilau.

2.4.2 Mineral Ikutan

Pada Pulau Kundur hanya terdapat 11 mineral ikutan seperti *cassiterite*, *limonite*, *monazite*, *xenotime*, *zircon*, *rtil*, kuarsa, *marcasite*, *Pyrite*, *hematite*, *sidernite*, *torvalite*.

2.5 Kapal Isap Produksi

Kapal Isap Produksi (KIP) adalah kategori kapal khusus yang termasuk dalam kategori kapal *cutter suction dredge*. KIP menggunakan alat penggali yang disebut *cutter* untuk memisahkan lapisan tanah di dasar laut. selanjutnya, material yang terberai oleh *cutter* dipindahkan ke instalasi pencucian sementara di KIP melalui pipa yang dilengkapi dengan pompa hisap. disana, material akan diolah untuk meningkatkan jumlah biji yang akan ditambang. Material yang di peroleh dari penggalian dipindahkan ke bagian pencucian bijih timah, yang berfungsi untuk membedakan *cassiterite* (SnO_2), yang merupakan material penting dari mineral pengotor lainnya. Mineral *cassiterite* yang telah dicuci ditampung kedalam karung (kampil) bijih, sedangkan material pengotor lainnya langsung terpisah dan dibuang kembali ke laut selama proses perolehan *cassiterite* (SnO_2). Pada proses pencucian menggunakan alat yang bernama *jig*. Berikut merupakan *flowsheet* dari pencucian pada KIP 19:



Gambar 2. Flowsheet Pencucian KIP 19

2.6 Peralatan Kapal Isap Produksi

2.6.1 Cutter

Digunakan untuk memberai lapisan tanah yang mengandung pasir timah (kaksa) kemudian dihisap oleh pompa hisap.

2.6.2 Pompa Tanah

Berfungsi sebagai alat yang mendukung untuk menghisap material (*feed*) dan kemudian menyemprotkan ke saring putar.

2.6.3 Saring Putar

Berfungsi sebagai alat pemisah (*sizing*), dimana material *oversize* akan keluar sebagai *tailing* dan material *undersize* akan masuk ke dalam *jig primer*.

2.6.4 Jig

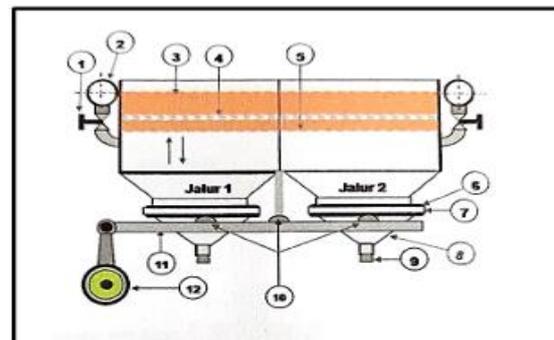
Jig pada Kapal Isap terdiri dari *jig primer* dan *jig Sekunder*, yang mana pada *jig primer* material *oversize* akan hanyut sebagai *tailing* sedangkan untuk material berat akan menuju ke *Jig primer* untuk dipisahkan kembali hingga mendapatkan mineral *cassiterite* dan akan di alirkan ke bak kompartemen (A, B, dan C) atau yang bisa disebut dengan penampung konsentrat.

2.6.5 Sluice Box

Digunakan untuk proses pencucian akhir pada KIP dengan cara manual yaitu disemprotkan oleh air sehingga menghasilkan konsentrat dengan kadar $\text{Sn} = 60-70\%$ yang dikemas dalam karung atau kampil dan ditimbang dengan berat 50 kg/kampil.

2.7 Jig dan Proses Pemisahan

Peralatan utama yang digunakan untuk pemisahan mineral di Kapal Isap Produksi adalah *jig*. *Jig* berfungsi sebagai metode pemisahan material *cassiterite* dari mineral pengotor lainnya dengan menggunakan variasi nilai berat jenis mineral penyusunnya. Terjadinya pemisahan mineral di dalam *jig* dapat dikaitkan dengan teori ilmiah tentang klasifikasi mineral di dalam media *fluida*. Proses pemisahan ini melibatkan pemanfaatan lapisan pemisah yang dikenal sebagai *ragging*, yang memiliki berat jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan *cassiterite* tetapi memiliki berat jenis yang lebih besar dibandingkan dengan mineral lain seperti kuarsa



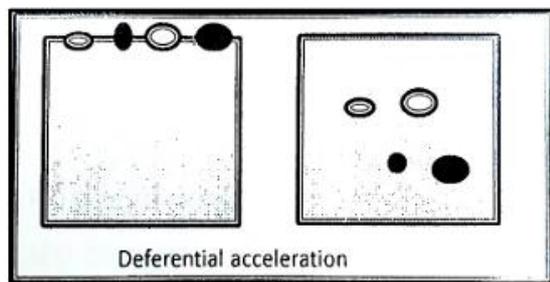
Gambar 3. Jig Type Pan Amercia (PA)

Pada Gambar 3 di atas dapat dilihat beberapa bagian-bagian *jig* yaitu :

1. *Afsluiter Underwater*
2. *Pipa Undewater*
3. *Rooster Atas*
4. *Wire Screen*
5. *Rooster Bawah*
6. *Rubber Membrane*
7. *Clamp Membrane*
8. *Cone Diaphragma*
9. *Rubber Spigot*
10. *Fillow Block*
11. *Rocker Arm*
12. *Eksentric*

2.7.1 Defferential Acceleration

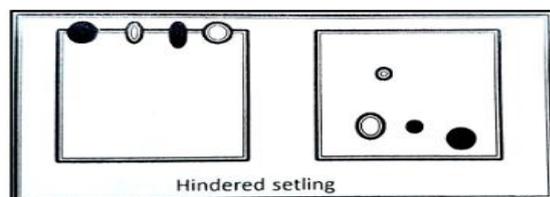
Percepatan diferensial partikel pada awal jatuh, juga dikenal sebagai percepatan Defferential Acceleration yang mana suatu keadaan dimana partikel diam mulai bergerak secara visual. percepatan awal partikel atau butir mineral tidak bergantung pada ukuran atau bentuk, tetapi hanya ada densitas padatan dan fluida. Dalam *jigging* mekanisme ini diterapkan untuk pengendapan berulang ulang yang menghasilkan gerakan bolak balik fluida.



Gambar 4. Deferential Acceleration

2.7.2 Hindered Settling Clasification

Suatu metode pengendapan yang terjadi pada sekelompok partikel yang memiliki berat jenis berbeda. Dalam proses ini, partikel-partikel yang memiliki berat jenis tinggi dan diameter besar memiliki kemungkinan untuk tidak lolos dari saringan, sedangkan partikel-partikel yang memiliki diameter kecil akan lolos dan akan terus mengendap.



Gambar 5. Hindered Settling Clasification

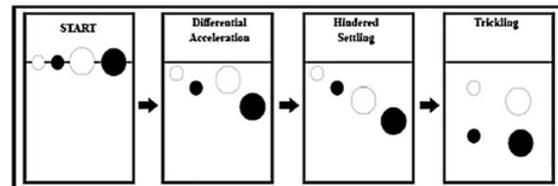
2.7.3 Consolidation Trickling

Pengendapan partikel partikel dengan densitas, ukuran, dan bentuk yang berbeda selama periode waktu tertentu disebut *Consolidation Trickling*. Partikel besar akan tiba terlebih dahulu daripada partikel kecil, tetapi partikel kecil masih

dapat bergerak di antara partikel besar dalam kondisi tertentu. Efek ini hanya akan terjadi apabila partikel kecil memiliki waktu yang cukup untuk bergerak di antara partikel besar.

Proses pemisahan mineral dalam *jig* melibatkan pemisahan mineral dengan berat jenis yang berbeda-beda, seperti yang ditunjukkan oleh tiga kriteria yang disebutkan di atas. *Cassiterite*, xenotim, monasit, limenit, zirkon, dan bijih besi, yang merupakan mineral yang sangat berharga, diekstraksi dari mineral *tailing* seperti kuarsa dan pasir. Mineral konsentrat dengan berat jenis yang lebih tinggi dimasukkan ke dalam tangki dan kemudian dikeluarkan melalui keran.

Tekanan yang diberikan oleh umpan berikutnya dan arus horizontal pada permukaan dasar menyebabkan perpindahan kontaminan kecil atau besar atau mineral ringan, yang mengakibatkan pelepasannya sebagai *tailing*. Proses *jigging* ideal terjadi ketika ketiga komponen tersebut digabungkan.



Gambar 6. Ideal Jigging

2.8 Variabel Jig

Ada dua kategori variabel *jig*, Variabel tetap adalah variabel yang tidak dapat diubah yang bergantung pada durasi produksi atau pilihan *jig*, sedangkan variabel tidak tetap adalah variabel yang dapat diubah.

2.8.1 Variabel Tetap

Untuk variabel tetap pada *jig* yaitu ukuran dan jumlah, jumlah kompartemen, bentuk ukuran.

2.8.2 Variabel Tidak Tetap

Untuk variabel tidak tetap pada *jig* yaitu Panjang pukulan, jumlah pukulan, Kecepatan aliran, ketebalan dan ukuran bed, uderwater, diameter lubang spigot.

2.9 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Losses Tailing pada Jig

2.9.1 Variabel Jig

Beberapa faktor yang harus diperhatikan pada variabel yaitu panjang pukulan, jumlah pukulan, dan kecepatan aliran (*crossflow*). pada panjang pukulan yang harus disesuaikan harus disesuaikan dengan ukuran mineral *cassiterite*, banyak mineral *cassiterite* akan hilang (terbuang) ke *tailing* jika mineral *cassiterite* pada ukuran (*mesh*) yang halus digunakan pada panjang pukulan yang terlalu besar. Karena tekanan ke atas tidak boleh melebihi kecepatan pengendapan partikel, jumlah pukulan ini memengaruhi jumlah tekanan ke atas yang akan dihasilkan. Jika ini terjadi, akan terjadi

kehilangan material penting. Variabel kecepatan aliran (*crossflow*) tidak boleh terlalu besar karena banyak mineral berukuran halus akan hilang atau dibuang ke *tailing*. Selain itu, kecepatan aliran tidak boleh lebih rendah dari kecepatan pengendapan mineral karena ini akan mengakibatkan mineral berat jenis lebih kecil dan ringan mengendap di atas permukaan *bed jig*, yang mengganggu proses *jigging*. Terakhir, tinggi batu hematit pada roster tidak boleh lebih tinggi dari roster. Tujuan dari praktik ini adalah untuk menciptakan area kosong guna melindungi mineral yang belum terserap ke dalam konsentrat dari dampak kecepatan aliran di atas permukaan *jig*, sehingga dapat mengurangi risiko kehilangan *tailing*.

2.9.2 Roster Mengalami Kerusakan

Jika *roster* mengalami kerusakan maka mineral yang berharga akan terbawa ke bandar *tailing*, sehingga *roster* harus sangat diperhatikan kondisinya dalam waktu tertentu.

2.9.3 Bed Mampet

Pada *jig* jika tidak ada gaya tekanan dan hisapan maka sudah dipastikan *bed* mengalami penyumbatan, kejadian ini dikarenakan material seperti *pyrite* dan *markasit* yang mengganggu sehingga *bed* menjadi tersumbat.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang berkaitan dengan penelitian terapan. Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang berdasarkan dari data yang didapatkan dengan observasi dan melakukan analisis menggunakan statistik untuk alat yang terkomputerisasi. Pendekatan ini mendapatkan kesimpulan tentang permasalahan yang teliti.

Dengan arti lainnya, penelitian ini dikerjakan dengan mengelompokan data ke dalam kategori yang dapat dipisahkan atau ditulis dan menjalin hubungan antar setiap variabel.

3.2 Teknis Analisis Data

Teknik analisa data yaitu menggunakan metode yang menggabungkan teori dan data observasi lapangan untuk mendapatkan solusi permasalahan yang ada.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Hasil Sampling

4.1.1 Data Hasil Sampling 1

Pada tabel dibawah ini panjang pukulan *sampling 1* menghasilkan nilai *losses* sebesar 6,897 kg/jam dengan total konsentrat sebanyak 59,924 kg/jam dan persentase nilai *recovery* yang didapat 89,678%. Pada data panjang pukulan *sampling 1* menunjukkan nilai *recovery* yang didapat belum memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan minimal sebesar 96%.

Tabel 1. Data Hasil Sampling 1

Kompartemen	Panjang Pukulan		SOP	Nama Canto	Berat Konsentrat Tailing Kg/jam	Berat Asal %	Sn Kg/jam
	Panjang Pukulan (mm)						
Jig Primer SB (Kanan)							
A1	30	30-35		Jig Primer SB			
B1	30	20-30		Tailing Primer SB No. 1.	612.00	0.011	0.068
C1	30	20-25		Tailing Primer SB No. 2.	306.00	1.298	3.971
A2	30	30-35		Total Tailing Primer SB	918.00	0.040	4.039
B2	30	20-30		Jig Primer BB	1836.00		
C2	30	20-25		Tailing Primer BB No. 1.	306.00	0.025	0.107
				Tailing Primer BB No. 2.	612.00	0.013	0.081
				Total Tailing Primer BB	918.00	0.020	0.188
				Total Tailing Primer SB + BB	1836.00	0.236	4.227
Jig Primer BB (Kiri)							
A1	30	30-35		Jig Sekunder SB/BB			
B1	30	20-30		Tailing Sekunder SB	2570.40	0.016	0.411
C1	30	20-25		Tailing Sekunder BB	918.00	0.247	2.267
A2	30	30-35		Total Tailing Jig Sekunder	3488.40	0.077	2.678
B2	30	20-30					
C2	30	20-25		TOTAL TAILING KELUAR	5324.40	0.130	6.897
Jig Sekunder SB (Kanan)							
A1	30	10-12		Konsentrat Jig Sekunder			
B1	30	8-10		Konsentrat Jig Sekunder SB ABC	91.80	28.438	26.104
C1	30	6-8		Konsentrat Jig Sekunder BB ABC	91.80	36.842	33.820
				TOTAL KONT. JIG SEK. SB/BB ABC	183.6	32.639	29.924
Jig Sekunder BB (Kiri)							
A1	30	10-12		UNDERSIZE SARING PUTAR	5008.00	1.213	68.821
B1	30	8-10					
C1	30	6-8		RECOVERY JIG		89.678%	

4.1.2 Data Hasil Sampling 2

Pada tabel dibawah ini panjang pukulan *sampling 2* menghasilkan nilai *losses* sebesar 3,209 kg/jam dengan total konsentrat sebanyak 53,414 kg/jam dan persentase nilai *recovery* yang didapat 94,333%. Pada data panjang pukulan *sampling 2* menunjukkan nilai *recovery* yang didapat belum memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan minimal sebesar 96%.

Tabel 2. Data Hasil Sampling 2

Kompartemen	Panjang Pukulan		SOP	Nama Canto	Berat Konsentrat Tailing Kg/jam	Berat Asal %	Sn Kg/jam
	Panjang Pukulan (mm)						
Jig Primer SB (Kanan)							
A1	30	30-35		Jig Primer SB			
B1	30	20-30		Tailing Primer SB No. 1.	225.00	0.009	0.21
C1	30	20-25		Tailing Primer SB No. 2.	183.60	0.023	0.464
A2	30	30-35		Total Tailing Primer SB	411.00	0.016	0.674
B2	30	20-30		Jig Primer BB	1836.00		
C2	30	20-25		Tailing Primer BB No. 1.	348.00	0.011	0.259
				Tailing Primer BB No. 2.	1008.00	0.017	1.709
				Total Tailing Primer BB	1356.00	0.016	1.968
				Total Tailing Jig Sekunder	1667.00	0.016	2.642
Jig Primer BB (Kiri)							
A1	30	30-35		Jig Sekunder SB/BB			
B1	30	20-30		Tailing Sekunder SB	1508.00	0.006	0.352
C1	30	20-25		Tailing Sekunder BB	367.00	0.006	0.215
A2	30	30-35		Total Tailing Jig Sekunder	918.00	0.006	0.567
B2	30	20-30					
C2	30	20-25		TOTAL TAILING KELUAR	2587.00	0.012	3.209
Jig Sekunder SB (Kanan)							
A1	30	10-12		Konsentrat Jig Sekunder			
B1	30	8-10		Konsentrat Jig Sekunder SB ABC	91.80	30.009	27.585
C1	30	6-8		Konsentrat Jig Sekunder BB ABC	76.50	33.764	25.829
				TOTAL KONT. JIG SEK. SB/BB ABC	168.3	31.737	53.414
Jig Sekunder BB (Kiri)							
A1	30	10-12		UNDERSIZE SARING PUTAR	28025.1	0.218	56.823
B1	30	8-10					
C1	30	6-8		RECOVERY JIG		94.333%	

4.1.3 Data Hasil Sampling 3

Pada tabel dibawah ini panjang pukulan *sampling 3* menghasilkan nilai *losses* sebesar 2,710 kg/jam dengan total konsentrat sebanyak 72,760 kg/jam dan persentase nilai *recovery* yang didapat 96,287%. Pada data panjang pukulan *sampling 3* menunjukkan nilai *recovery* yang didapat belum memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan minimal sebesar 96%.

Tabel 3. Data Hasil Sampling 3

Kompartemen	Panjang Pukulan		SOP	Nama Canto	Berat Konsentrat Tailing Kg/jam	Berat Asal %	Sn Kg/jam
	Panjang Pukulan (mm)						
Jig Primer SB (Kanan)							
A1	34	30-35		Jig Primer SB			
B1	34	20-30		Tailing Primer SB No. 1.	306.00	0.015	0.449
C1	34	20-25		Tailing Primer SB No. 2.	1530.00	0.027	0.409
A2	34	30-35		Total Tailing Primer SB	4950.00	0.002	0.858
B2	34	20-30		Jig Primer BB	1872.00		
C2	34	20-25		Tailing Primer BB No. 1.	307.20	0.004	0.134
				Tailing Primer BB No. 2.	2142.00	0.018	0.376
				Total Tailing Primer BB	3814.00	0.009	0.511
				Total Tailing Primer SB + BB	10044.00	0.013	1.369
Jig Primer BB (Kiri)							
A1	34	30-35		Jig Sekunder SB/BB			
B1	34	20-30		Tailing Sekunder SB	1103.00	0.010	1.062
C1	34	30-35		Tailing Sekunder BB	7257.00	0.004	0.270
A2	34	20-30		Total Tailing Jig Sekunder	18445.00	0.007	1.333
B2	34	20-25					
C2	34	20-25		TOTAL TAILING KELUAR	28947.00	0.009	2.710
Jig Sekunder SB (Kanan)							
A1	34	10-12		Konsentrat Jig Sekunder			
B1	34	8-10		Konsentrat Jig Sekunder SB ABC	76.50	42.201	32.288
C1	34	6-8		Konsentrat Jig Sekunder BB ABC	102.00	37.793	40.474
				TOTAL KONT. JIG SEK. SB/BB ABC	183.60	39.629	72.760
Jig Sekunder BB (Kiri)							
A1	34	10-12		UNDERSIZE SARING PUTAR	29111.2	0.258	75.461
B1	34	8-10					
C1	34	6-8		RECOVERY JIG		96.287%	

4.1.4 Data Hasil Sampling 4

Pada tabel diatas panjang pukulan sampling 4 menghasilkan nilai losses sebesar 3,284 kg/jam dengan total konsentrat sebanyak 55,528 kg/jam dan persentase nilai recovery yang didapat 94,417%. Pada data panjang pukulan sampling 4 menunjukkan nilai recovery yang didapat belum memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan minimal sebesar 96%.

Tabel 4. Data Hasil Sampling 4

Kompartemen	Panjang Pukulan		SQP	Nama Canto	Berat Konsentrat talling Kg/jam	Berat Asal Sn %	Sn Kg/jam
	Panjang Pukulan (mm)	Panjang Pukulan (mm)					
Jig Primer SB (Kanan)							
A1	30	30-35		Tailing Primer SB No. 1.	Jig Primer SB	0.008	0.296
B1	30	20-25		Tailing Primer SB No. 2.		0.024	0.477
A2	35	30-35		Total Tailing Primer SB	4561.20	0.014	0.683
B2	30	25-30		Jig Primer BB			
C2	25	20-25		Tailing Primer BB No. 1.	2725.20	0.020	0.272
				Tailing Primer BB No. 2.	10232.80	0.017	1.742
				Total Tailing Primer BB	12958.00	0.025	2.034
A1	30	30-35		Total Tailing Primer SB + BB	17620.20	0.025	2.697
B1	30	25-30		Jig Sekunder SB/BB			
C1	25	20-25		Tailing Sekunder SB	7944.00	0.005	0.167
A2	35	30-35		Tailing Sekunder BB	5000.00	0.004	0.220
B2	30	25-30		Total Tailing Jig Sekunder	12944.00	0.004	0.587
C2	24	20-25		TOTAL TAILING KELUAR	30591.20	0.011	3.284
Jig Sekunder SB (Kanan)							
A1	10	10-12		Konsentrat Jig Sekunder SB ABC	95.04	30.090	28.597
B1	10	8-10		Konsentrat Jig Sekunder BB ABC	78.56	33.820	26.811
C1	6	6-8		TOTAL Kost. Jig Sek. SB/BB ABC	173.60	63.91	55.528
Jig Sekunder BB (Kiri)							
A1	12	10-12		UNDERSIZE SARING PUTAR	30563.8	0.192	58.812
B1	10	8-10					
C1	8	6-8		RECOVERY JIG		94.417%	

4.1.5 Data Hasil Ssampling 5

Pada tabel di atas panjang pukulan sampling 5 menghasilkan nilai losses sebesar 3,256 kg/jam dengan total konsentrat sebanyak 54,373 kg/jam dan persentase nilai recovery yang didapat 94,350%. Pada data panjang pukulan sampling 5 menunjukkan nilai recovery yang didapat belum memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan minimal sebesar 96%.

Tabel 5. Data Hasil Sampling 5

Kompartemen	Panjang Pukulan		SQP	Nama Canto	Berat Konsentrat talling Kg/jam	Berat Asal Sn %	Sn Kg/jam
	Panjang Pukulan (mm)	Panjang Pukulan (mm)					
Jig Primer SB (Kanan)							
A1	30	30-35		Tailing Primer SB No. 1.	Jig Primer SB	0.009	0.214
B1	30	25-30		Tailing Primer SB No. 2.	1868.40	0.025	0.487
A2	35	30-35		Total Tailing Primer SB	4255.20	0.016	0.681
B2	30	25-30		Jig Primer BB			
C2	25	20-25		Tailing Primer BB No. 1.	2802.80	0.030	0.280
				Tailing Primer BB No. 2.	30295.60	0.017	1.732
				Total Tailing Primer BB	32798.40	0.038	1.992
A1	30	30-35		Total Tailing Primer SB + BB	37053.60	0.038	2.679
B1	30	25-30		Jig Sekunder SB/BB			
C1	25	20-25		Tailing Sekunder SB	6428.00	0.006	0.385
A2	35	30-35		Tailing Sekunder BB	6557.20	0.004	0.188
B2	30	25-30		Total Tailing Jig Sekunder	12985.20	0.005	0.583
C2	25	20-25		TOTAL TAILING KELUAR	28432.80	0.011	3.256
Jig Sekunder SB (Kanan)							
A1	12	10-12		Konsentrat Jig Sekunder SB ABC	93.24	30.680	28.647
B1	10	8-10		Konsentrat Jig Sekunder BB ABC	78.12	33.700	26.326
C1	6	6-8		TOTAL Kost. Jig Sek. SB/BB ABC	171.36	31.73	54.373
Jig Sekunder BB (Kiri)							
A1	22	10-12		UNDERSIZE SARING PUTAR	28804.16	0.201	57.629
B1	10	8-10					
C1	8	6-8		RECOVERY JIG		94.350%	

4.2 Peralatan Penambangan

4.2.1 Data Hasil Sampling 1

Pada Sampling 1 didapatkan nilai Losses sebanyak 6,897 kg/jam maka:

$$\begin{aligned} \text{Losses perjam} \times 500 \text{ jam jalan} &= 6,897 \text{ kg Sn/jam} \times 500 \\ &= 3.448,5 \text{ kg} \\ &= 3,448 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ton} \times \text{Harga LME Tin} \times \text{rupiah} &= 3,448 \text{ Ton} \times 27,520.00 \text{ US\$/Ton} \\ &= 94.902,720 \text{ US\$/Ton} \times \text{Rp } 15.580 \\ &= \text{Rp } 1.478.584.377 \end{aligned}$$

4.2.2 Data Hasil Sampling 2

Pada Sampling 2 didapatkan nilai losses sebanyak 3,209 kg Sn/jam maka:

$$\begin{aligned} \text{Losses perjam} \times 500 \text{ jam jalan} &= 3,209 \text{ kg Sn/jam} \times 500 \\ &= 1.604,5 \text{ kg} \\ &= 1,604 \text{ ton} \\ \text{Ton} \times \text{Harga LME Tin} \times \text{rupiah} &= 1,604 \text{ ton} \times 27,520.00 \text{ US\$/ton} \\ &= 44.155,840 \text{ US\$/ton} \times \text{Rp } 15.580 \\ &= \text{Rp } 687.947.987 \end{aligned}$$

4.2.3 Data Hasil Sampling 3

Pada Sampling 3 didapatkan nilai losses sebanyak 2,805 kg Sn/jam maka :

$$\begin{aligned} \text{Losses perjam} \times 500 \text{ jam jalan} &= 2,805 \text{ kg} \times 500 \\ &= 1.402,5 \text{ kg} \\ &= 1,402 \text{ ton} \\ \text{Ton} \times \text{Harga LME Tin} \times \text{rupiah} &= 1,402 \text{ ton} \times 27,520.00 \text{ US\$/Ton} \\ &= 38.596,800 \text{ US\$/ton} \times \text{Rp } 15.580 \\ &= \text{Rp } 601.338.144 \end{aligned}$$

4.2.4 Data Hasil Sampling 4

Pada Sampling 4 didapatkan nilai losses sebanyak 3,284 kg Sn/jam maka :

$$\begin{aligned} \text{Losses perjam} \times 500 \text{ jam jalan} &= 3,284 \text{ kg} \times 500 \\ &= 1.642 \text{ kg} \\ &= 1,642 \text{ ton} \\ \text{Ton} \times \text{Harga LME Tin} \times \text{rupiah} &= 1,642 \text{ Ton} \times 27,520.00 \text{ US\$/ton} \\ &= 45.187.840 \text{ US\$/ton} \times \text{Rp } 15.580 \\ &= \text{Rp } 704.026.547 \end{aligned}$$

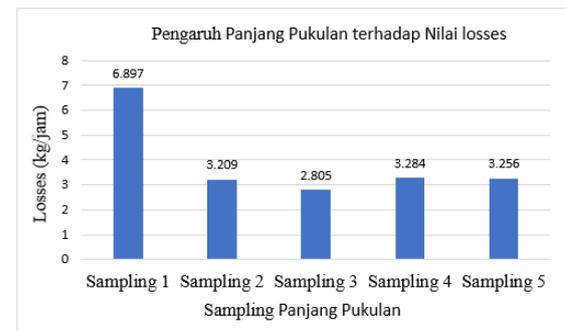
4.2.5 Data Hasil Sampling 5

Pada Sampling 5 didapatkan nilai losses sebanyak 3,256 kg Sn/jam maka :

$$\begin{aligned} \text{Losses perjam} \times 500 \text{ jam jalan} &= 3,256 \text{ kg} \times 500 \\ &= 1.628 \text{ kg} \\ &= 1,628 \text{ ton} \\ \text{Ton} \times \text{Harga LME Tin} \times \text{rupiah} &= 1,628 \text{ ton} \times 27,520.00 \text{ US\$/ton} \\ &= 44.802.560 \text{ US\$/ton} \times \text{Rp } 15.580 \\ &= \text{Rp } 698.023.885 \end{aligned}$$

4.3 Pembahasan Hasil Sampling

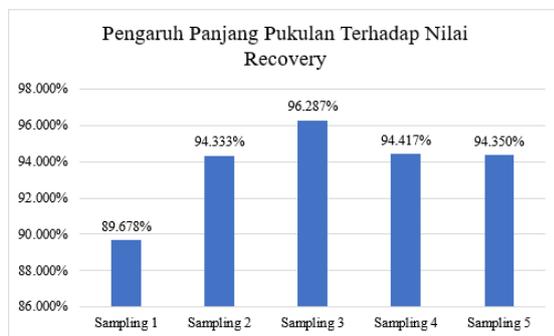
4.3.1 Pengaruh Panjang Pukulan Terhadap Nilai Losses



Gambar 7. Pengaruh Panjang Pukulan Terhadap Nilai Losses

Pada pembahasan pengaruh panjang pukulan terhadap nilai *losses* terdapat 5 *sampling*, yang mana penulis menambahkan nilai panjang pukulan pada tiap *sampling* untuk mencapai nilai *losses* yang rendah. Nilai panjang pukulan yang paling optimal terdapat pada *sampling* 3, dikarenakan nilai *losses* yang dihasilkan paling rendah sebesar 2,805 kg/jam. Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 7, memperlihatkan bahwa hasil dari penambahan panjang pukulan pada tiap *sampling* berpengaruh terhadap nilai *losses*. Semakin tinggi panjang pukulan, maka nilai *losses* yang dihasilkan semakin rendah. Jika panjang pukulan terlalu rendah dan terlalu tinggi (di luar ketentuan SOP) maka nilai *losses* yang dihasilkan tidak akan maksimal dapat dilihat pada *sampling* 1,4 dan 5.

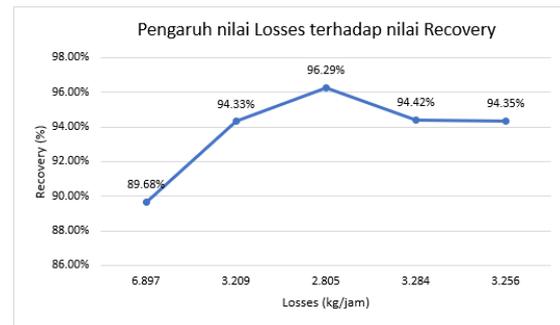
4.3.2 Pengaruh Panjang Pukulan terhadap Nilai Recovery



Gambar 8. Pengaruh panjang pukulan terhadap nilai Recovery

Pada pembahasan pengaruh panjang pukulan terhadap nilai *recovery* terdapat 5 *sampling*, yang mana penulis menambahkan nilai panjang pukulan pada tiap *sampling* untuk mencapai nilai *recovery* yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Nilai *recovery* yang sesuai standar perusahaan terdapat pada *sampling* 3, dikarenakan nilai *recovery* yang dihasilkan paling besar yaitu 96,287%. Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 8, memperlihatkan bahwa hasil dari penambahan panjang pukulan pada tiap *sampling* berpengaruh terhadap nilai *recovery*. Semakin tinggi panjang pukulan (dalam ketentuan SOP), maka didapatkan nilai *recovery* yang optimal. Jika panjang pukulan terlalu rendah dan terlalu tinggi (diluar ketentuan SiOP) maka nilai *recovery* yang dihasilkan tidak akan maksimal dapat dilihat pada *sampling* 1,2,4 dan 5.

4.3.3 Pengaruh nilai Losses Terhadap Nilai Recovery



Gambar 9. Pengaruh nilai Losses Terhadap Nilai Recovery

Pada pembahasan pengaruh nilai *losses* terhadap nilai *recovery* terdapat 5 *sampling*, yang mana penulis membandingkan nilai *losses* pada tiap *sampling* terhadap nilai *recovery*. Semakin besar nilai *losses* yang didapat maka semakin kecil nilai *recovery* yang dihasilkan. *Losses* merupakan material atau mineral pengotor yang tidak dapat dipisahkan secara efektif. Apabila *losses* ini terlalu banyak, maka konsentrat timah yang dihasilkan sedikit yang mengakibatkan nilai *recovery* rendah. Dapat dilihat pada Gambar 9 di atas ini.

4.3.4 Pengaruh Nilai Losses dengan Kerugian yang di Dapat Perusahaan



Gambar 10. Pengaruh Nilai Losses Terhadap Kerugian yang Didapatkan

Pada pembahasan Pengaruh nilai *Losses* dengan kerugian yang di dapat perusahaan, dapat dilihat pada Gambar 10 jika nilai *losses* yang didapatkan tinggi maka kerugian yang dialami PT.Timah Tbk juga akan besar. Kerugian yang paling besar didapatkan pada *sampling* 1 dengan nilai *losses* 6.897 kg/jam dengan kerugian yang didapat sebesar Rp 1,478,584,377.00. Kerugian yang paling sedikit didapatkan pada *sampling* 3 sebesar Rp 601,338,144.00 dengan nilai *losses* 2,805 kg/jam. Kerugian ini dapat dihitung dengan 500 jam jalan pada KIP.

4.3.5 Hasil Sampling Keseluruhan

Pada tabel diatas dapat dilihat untuk hasil *sampling* yang belum sesuai dengan SOP akan berwarna merah sedangkan panjang pukulan yang

sudah sesuai dengan SOP akan berwarna hijau. Untuk hasil *sampling* yang paling optimal yaitu pada *sampling* 3 dengan *losses* sebesar 2,805 kg/jam, konsentrat 72,760 kg/jam, nilai *recovery* yang didapatkan 96,287 % dengan kerugian Rp 601.338.144. Dapat diartikan pada penelitian ini, jika panjang pukulan yang terdapat pada *jig* terlalu cepat maka akan mempengaruhi hasil dari *losses*, *recovery* dan kerugian yang dialami oleh perusahaan.

Tabel 6. Hasil *Sampling* Keseluruhan

Kompartemen	Panjang Pukulan (mm)					SOP
	Sampling 1	Sampling 2	Sampling 3	Sampling 4	Sampling 5	
Jig Primer SB (Kanan)						
A1	25	30	34	36	38	30-35
A2	23	26	28	31	33	25-30
A3	18	20	24	26	25	20-25
A4	25	30	33	35	35	30-35
A5	20	21	22	30	30	25-30
A6	20	20	23	25	25	20-25
Jig Primer BB (Kiri)						
A1	28	30	34	36	36	30-35
B1	18	23	28	30	32	25-30
B2	16	21	23	25	25	20-25
B3	28	30	34	35	35	30-35
B4	24	25	28	31	31	25-30
B5	19	22	22	24	25	20-25
Jig Sekunder SB (Kanan)						
A1	10	9	11	13	13	10-12
A2	12	8	10	10	12	8-10
A3	6	6	8	8	8	6-8
Jig Sekunder BB (Kiri)						
A1	10	9	10	12	12	10-12
A2	6	8	9	10	10	8-10
A3	6	6	7	8	8	6-8
Losses (Kg/jam)	6,897	3,209	2,710	3,284	3,256	
konsentrat (Kg/jam)	59,924	53,414	72,760	55,528	54,373	
Recovery %	89,678%	94,333%	96,287%	94,417%	94,350%	

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan setelah dilakukan Analisis Panjang Pukulan *Jig* Terhadap Nilai *Losses* pada Kapal Isap Produksi Timah 19 (KIP 19) Unit Penambangan Laut Kundur, Provinsi Kepulauan Riau yaitu:

- Variabel *jig* pada Kapal Isap Produksi 19 pada awal *sampling* masih tidak sesuai dengan *SOP*, hingga dilakukannya evaluasi variabel *jig* dengan 5 kali percobaan *sampling* dengan mengubah settingan variabel *jig* sesuai dengan *SOP* yang berlaku. *Sampling* 1 pada kompartemen panjang pukulan *jig* primer SB (kanan) A1 25 mm, C1 18 mm, A2 25 mm, B2 20 mm. *Jig* primer BB (kiri) kompartemen C1 16 mm, C2 19. *Jig* sekunder SB (kanan) kompartemen B1 12 mm dan *jig* sekunder BB (kiri) B1, ini menunjukan bahwa variabel panjang pukulan belum sesuai dengan *SOP* yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Maka dilakukan evaluasi variabel *jig* panjang pukulan pada *Sampling* 2,3,4 dan 5 yang bertujuan untuk mencari nilai optimal panjang pukulan sehingga menghasilkan nilai *tailing* dan *recovery* yang optimal.
- Panjang pukulan yang paling efektif untuk mengurangi nilai *losses* pada kapal isap produksi 19 yaitu pada *sampling* 3 dengan hasil *tailing*

yang didapatkan sebesar 2,805 kg/jam dan nilai *recovery* 96,287%. Rentang nilai variabel panjang pukulan optimal pada KIP 19 yaitu pada *jig* primer kompartemen A antara 33–34 mm, kompartemen B 28 mm, kompartemen C 22–24 mm dan pada *jig* sekunder kompartemen A 10–11 mm, kompartemen B 8–10 mm dan kompartemen C 6–8 mm.

- Nilai *recovery* yang didapatkan pada *jig* kapal isap produksi 19 pada *sampling* 1 sebesar 89,678%, *sampling* 2 sebesar 94,333%, *sampling* 3 sebesar 96,287%, *sampling* 4 sebesar 94,417% dan *sampling* 5 sebesar 94,350%. Peningkatan nilai *recovery* sebelum dan sesudah dilakukan evaluasi pada variabel *jig* yaitu 6,604%.
- Kerugian yang dibahas penulis pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kerugian jika *losses* yang didapat terlalu banyak. pada data hasil 1 *Losses* yang didapat sebesar 6,897 kg/jam dengan kerugian Rp 1.478.584,377 dihitung dengan 500 jam jalan. Pada data hasil 2 *Losses* yang didapat sebesar 3,209 kg Sn/jam dengan kerugian Rp 687.947,987. Pada data hasil 3 *Losses* yang didapat sebesar 2,805 kg Sn/jam dengan kerugian Rp 601.338,144. Pada data hasil 4 *Losses* yang didapat sebesar 3,284 kg Sn/jam dengan kerugian Rp 704.026,547 dan pada data hasil 5 *Losses* yang didapat sebesar 3,256 kg Sn/jam dengan kerugian Rp 698.023.885.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan yang telah diuraikan, maka penulis ingin memberikan beberapa saran demi menunjang keberhasilan pencucian pada *Jig* mendatang. Adapun saran yang ingin sampaikan yaitu:

- Variabel *Jig* pada Kapal Isap Produksi Timah 19 sebaiknya dilakukan pengecekan dalam skala waktu tertentu yang bertujuan untuk mengantisipasi nilai variabel *jig* yang jauh dari *SOP* yang telah di tetapkan agar nilai *losses* dan nilai *recovery* yang didapatkan maksimal.
- Perlunya dilakukan *maintenance* pada mesin *jig* secara berkala agar mendapatkan variabel yang optimal.

Referensi

- Adhiyatama, S. 2014. Proses penambangan timah alluvial pada tambang besar Nudur Hilir PT. Timah (Persero) Tbk, Kabupaten Bangka Selatan, Provinsi Bangka Belitung. Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia.
- Gafoer, S., Adiputra, R. N., Agustin, F., Sulastri, A., Abdullah, C. I., Nugraha, I., Andriansyah, R., & Hadiprayitno, M. 2020. *The tin ore separation process and optimizing the rare earth mineral (monazite) as a by-product of tin*

- mining in East Belitung Regency. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 413(1), 012004.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/413/1/012004/meta>
- [3] Arief, A. T. 2014. Evaluasi Kinerja *Jig* pada Kapal Isap Produksi Timah 12 Daerah Perairan Laut Tempilang Bangka Barat di Unit Laut Bangka PT Timah (Persero) Tbk, Provinsi Bangka Belitung. *Jurnal Ilmu Teknik Sriwijaya*, 2(5), 101219.
- [4] PT. Timah (Persero) Tbk. 2009. Pencucian Kapal Isap Produksi Materi Pelatihan Teknis Tingkat Lanjutan. PT. Timah (Persero) Tbk. Pangkalpinang.
- [5] PT. Timah (Persero) Tbk. 2009. Pencucian Kapal Isap Produksi Materi Pelatihan Teknis Tingkat Lanjutan. PT. Timah (Persero) Tbk. Pangkalpinang.
- [6] PT. Timah (Persero) Tbk. 2012. Pencucian Kapal Isap. PT. Timah (Persero) Tbk. Pangkalpinang.
- [7] Timah (Persero) Tbk. 2016. Learning Center Pemali: Konsentrasi Gravimetri. PT. Timah (Persero) Tbk.
- [8] Wills, B.A. 2006. *Mineral Processing Technology 7th Edition: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery*. Elsevier Science and Technology Books. Australia.
- [9] Timah.com. 2019. Sejarah PT Timah Tbk. <https://timah.com/blog/tentang-kami/sejarah.html>
- [10] Transentrada.com. 2013. Bidang Usaha, Kapal Isap Produksi. <https://transentrada.com/index.php/our-business2>