

**KAJIAN PERBANDINGAN KINERJA PENGGALIAN BIJIH TIMAH
MENGUNAKAN KAPAL ISAP PRODUKSI TIMAH XV DENGAN
KOMBINASI KAPAL ISAP STRIPPING PULAU 7 DAN KAPAL ISAP
PRODUKSI TIMAH XV PADA AREA PENAMBANGAN LAUTTEMPILANG
PT. TIMAH (PERSERO), TBK**

**STUDY OF TIN ORE MINING PERFORMANCE DIFFERENCES USING
TIN CUTTER SUCTION DREDGER XV WITH COMBINATION OF
CUTTER SUCTION DREDGER STRIPPING PULAU 7 AND TIN
CUTTER SUCTION DREDGER XV AT TEMPILANG SEA
PT. TIMAH (Persero), Tbk**

Vivi¹, Maulana Yusuf², Hartini Iskandar³

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang Prabumulih KM.32, Indralaya, Sumatera Selatan, 30662, Indonesia

Telp/fax: (0711)580137; E-mail : tanvivi11@gmail.com

ABSTRAK

PT. Timah (Persero), Tbk menggunakan Kapal Isap Produksi sebagai salah satu peralatan penggalian bijih timah pada kegiatan penambangan lepas pantai. Kapal Isap Produksi digunakan untuk menggali lapisan tanah penutup (overburden) dan lapisan tanah mengandung timah (kaksa). Lapisan tanah yang terlalu tebal dan material penutup dominan lumpur mengakibatkan penggalian menggunakan Kapal Isap Produksi kurang efisien. Laju Pemindahan Tanah (LPT) KIP timah XV sebesar 174 m³/jam dari target LPT sebesar 200 m³/jam. LPT yang rendah menyebabkan produksi yang dihasilkan rendah. Penelitian ini dilakukan dengan menghitung produksi minimum dan kekayaan minimum bijih timah yang harus dihasilkan pada peta rencana kerja yaitu sebesar 11 ton dengan kekayaan 0,116 kg/m³. Penelitian menggunakan Kapal Isap Stripping sebagai kapal pembanding pada kegiatan penggalian overburden. LPT kapal isap stripping pulau 7 lebih tinggi yaitu sebesar 683 m³/jam. Penelitian dilakukan dengan membandingkan biaya penggalian dan waktu penggalian yang dibutuhkan serta produksi yang dihasilkan pada peta rencana kerja yang sama. Penggalian menggunakan Kapal Isap Produksi Timah XV membutuhkan biaya sebesar Rp18.963.918.792,90 dan waktu penggalian selama 7 bulan. Produksi yang dihasilkan adalah sebesar 25 ton/bulan. Penggalian menggunakan Kapal Isap Stripping Pulau 7 kombinasi Kapal Isap Produksi Timah XV membutuhkan biaya sebesar Rp 11.918.605.218,56 dengan waktu penggalian selama 4 bulan 7 hari. Produksi yang dihasilkan sebesar 41,25 ton/bulan.

Kata Kunci: Stripping, Penggalian, LPT

1. PENDAHULUAN

PT. Timah (Persero), Tbk merupakan salah satu perusahaan tambang bijih timah Indonesia yang menyediakan bijih timah untuk dalam maupun luar negeri yang berlokasi di Provinsi Bangka Belitung. Penambangan bijih timah di Pulau Bangka sudah dimulai sejak tahun 1709 [1]. Cadangan bijih timah yang ditambang oleh PT. Timah (Persero), Tbk adalah endapan bijih timah sekunder yaitu endapan bijih timah yang terbentuk akibat proses denudasi dalam periode waktu yang panjang. Denudasi adalah serangkaian proses panjang yang mengakibatkan pengikisan permukaan Bumi dan

berujung pada berkurangnya ketinggian dan relief bentang alam dan lanskap. Selanjutnya, terjadilah proses pelapukan terhadap endapan primer, sehingga menguraikan dan merombak endapan primer menjadi material lepas, lalu terjadi proses erosi dan transportasi dengan media air yang memilah material lepas berdasarkan berat jenisnya dan mengkonsentrasikan mineral-mineral berat dalam satu lapisan [2].

Proses Penambangan bijih timah Lepas Pantai (*offshore*) PT. Timah (Persero), Tbk menggunakan *Bucket Wheel Dredge*. Kapal Isap Produksi, dan Kapal Keruk sebagai peralatan penggaliannya. Kapal isap produksi (KIP) merupakan unit untuk menambang bijih timah lepas pantai (*offshore*) yang menggunakan peralatan gali dan isap (*cutter suction dredger*), dilengkapi dengan instalasi pencucian [3]. Kapal isap produksi digunakan untuk menggali material bijih dan mengupas lapisan tanah penutup [4].

Lapisan tanah yang terlalu tebal dan material penutup dominan lumpur mengakibatkan penggalian dengan menggunakan Kapal Isap Produksi kurang efisien. Laju Pemindahan Tanah pada Kapal Isap Produksi Bijih timah XV relatif rendah. PT. Timah (Persero), Tbk menetapkan target Laju pemindahan sebesar 200 m³/ton sedangkan pada tahun 2016, laju pemindahan tanah KIP timah XV hanya sebesar 174 m³/ton. Laju Pemindahan Tanah yang rendah menyebabkan Produksi yang dihasilkan rendah. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan kajian penggalian menggunakan kapal isap *stripping* pulau 7 sebagai pembandingan pada kegiatan penggalian tanah penutup. Pompa tanah dalam kapasitas besar dipakai untuk melakukan pembuangan tanah atas (*overburden*) dalam operasi kapal. [5]

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menghitung nilai titik impas atau BEP (*Break Even Point*) dan kekayaan rata-rata terendah yang masih ekonomis untuk ditambang atau BEG (*Break Even Grade*) per bulan;
- 2) Menghitung kinerja penggalian bijih timah menggunakan Kapal Isap Produksi pada satu rencana kerja;
- 3) Menghitung kinerja penggalian bijih timah menggunakan Kombinasi Kapal pada satu rencana kerja yang sama;
- 4) Menganalisis penggalian yang baik sebelum atau sesudah dilakukan kombinasi kapal.

Break Even Point atau titik impas merupakan suatu titik yang menunjukkan bahwa pendapatan total yang dihasilkan perusahaan sama dengan jumlah biaya yang dikeluarkan, sehingga perusahaan tidak memperoleh keuntungan dan tidak mengalami kerugian. *Break Even Point* dapat juga diartikan suatu keadaan dimana dalam operasi, perusahaan tidak memperoleh keuntungan dan kerugian. [6] Berikut rumusan BEP:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Revenue} &= \text{Total Cost} \\
 \text{Price} \times \text{Quantity} &= \text{Fixed Cost} + (\text{Variable Cost} \times \text{Quantity}) \\
 (\text{Price} \times \text{Quantity}) - (\text{Variable Cost} \times \text{Quantity}) &= \text{Fixed Cost} \\
 (\text{Price} - \text{Variable Cost}) \times \text{Quantity} &= \text{Fixed Cost} \\
 \text{Quantity} &= \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{Price/Unit} - \text{Variable Cost}} \\
 \text{BEP} &= \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{Price/Unit} - \text{Variable Cost}} \tag{1}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

- BEP : *Break Even Point* (ton)
Fixed Cost : Biaya Tetap Penambangan
Price/Unit : Harga/ton bijih timah

Break Even Grade (BEG) adalah batas minimal kekayaan bijih bijih timah yang ekonomis untuk ditambang [7]. Ada beberapa hal yang harus diketahui diantaranya KH (Koefisien Hasil), BAK (*Break After KH*) dan Idh (Isi dihitung). Adapun detail dalam perhitungan kadar rata-rata bijih timah terendah atau *Break Even Grade* (BEG) adalah sebagai berikut:

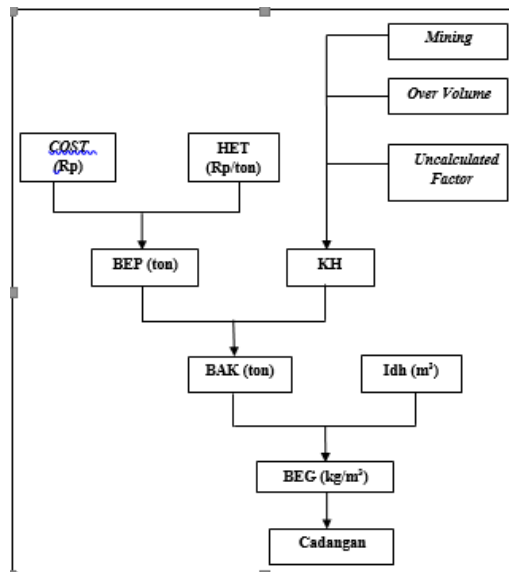
- 1) Menghitung Koefisien Hasil (KH)

$$\text{KH} = \text{Psb} / \text{Pdh} \tag{2}$$

- 2) Merencanakan jumlah jam jalan rata-rata/bulan dan laju pemindahan tanah/bulan
- 3) Menghitung Volume dihitung (Idh)

$$\text{Idh} = \text{IJ} / \text{Koefisied Talud} (1,1) \tag{3}$$

Hubungan antara BEP dan BEG dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1. Alir perhitungan nilai BEP dan BEG

4) Menghitung *Break After KH* (BAK)

$$\text{BAK} = \text{BEP} / \text{KH} \quad (4)$$

5) Menghitung nilai *Break Even Grade* (BEG)

$$\text{BEG} = (\text{BAK} / \text{IDH}) \times 1000 \quad (5)$$

Keterangan:

Psb : Produksi *Real*

Pdh : Target Produksi

BEG : *Break Even Grade* (kg/m³)

BAK : *Break After KH* (Ton)

IDH : Volume Tanah yang dipindahkan (m³)

Perhitungan keekonomisan penambangan bijih timah PT Timah (Persero), Tbk dihitung dari biaya operasional penambangan per m³ Idh. Biaya operasional adalah biaya-biaya yang berkaitan dengan aktivitas operasi perusahaan sehari-hari [8]. Isi dihitung merupakan volume total tanah yang dipindahkan atau material yang digali [9]. Isi dihitung menggunakan *software micromine*. *Micromine* menawarkan *tools* (alat-alat) untuk pemodelan, estimasi, desain, dan penjadwalan.[10]

2. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan di PT. Timah (Persero), Tbk terhitung dari tanggal 28 November 2016 sampai 28 Februari 2017. Penelitian dilakukan pada area penambangan Laut Tempilang, Bangka Barat. Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis menggabungkan antara studi pustaka dengan data-data dan hasil observasi yang dilakukan di lapangan dan menggabungkan keduanya untuk mendapatkan penyelesaian masalah. Penelitian yang dilakukan dengan tahapan yaitu:

2.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan referensi-referensi berupa bahan-bahan pustaka yang berhubungan dengan kegiatan penggalian pada Kapal Isap Produksi (KIP) timah XV dan Kapal Isap *Stripping* Pulau 7 serta literatur yang berkaitan dengan penelitian untuk mempermudah kegiatan penelitian.

2.2. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian kali ini merupakan gabungan dari data-data primer dan data sekunder. Dimana data primer yang didapat meliputi Kedalaman Penggalian, Waktu Operasional, dan Biaya Operasional Kapal Isap Produksitimah XV. Sedangkan data sekunder merupakan data penunjang yang berasal dari literatur dan data perusahaan selama kegiatan penelitian,yaitu Profil bor lokasi kerja kapal isap produksi timah XV, Rencana Kerja Anggaran Perusahaan KIP timah XV dan KIStripping Pulau 7 Tahun 2017, Peta lokasi penambangan dan peta rencana Kerja pada area penambangan laut tempilang, Rincian biaya dan Data Penggalian (*Verslag*)KIPItimah XV periode 2016 dan KI Stripping Pulau 7 periode Desember 2015, spesifikasi teknis dan peralatan KIP timah XV dan KIStrippingPulau 7, dandata performa Jam Jalan KIP timah XV dan KIStripping Pulau 7.

2.3. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah data-data penelitian yang diperlukan sudah terkumpul, dan kemudian diproses menggunakan rumus yang sudah ditetapkan perusahaan. *Output* dari hasil perhitungan akan menunjukkan kinerja penggalian yang meliputi biaya operasional, waktu penggalian, dan produksi perbulan yang dihasilkann antara menggunakan Kapal Isap Produksi atau Kapal Isap Produksi dikombinasikan Kapal Isap Stripping.

2.4. Analisis Data

Merupakan hasil pengolahan data dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan berupa perbandingan kinerja penggalian antara menggunakan Kapal Isap Produksi atau Kapal Isap Produksi dikombinasikan Kapal Isap Stripping.

2.5. Kesimpulan dan saran

Kesimpulan dan saran didapatkan berdasarkan hasil penelitian yang telahdilakukan dan nantinya akan dijadikan sebagai bahan rekomendasi ke perusahaandalam proses penggalian bijih bijih timah agar lebih efisien.

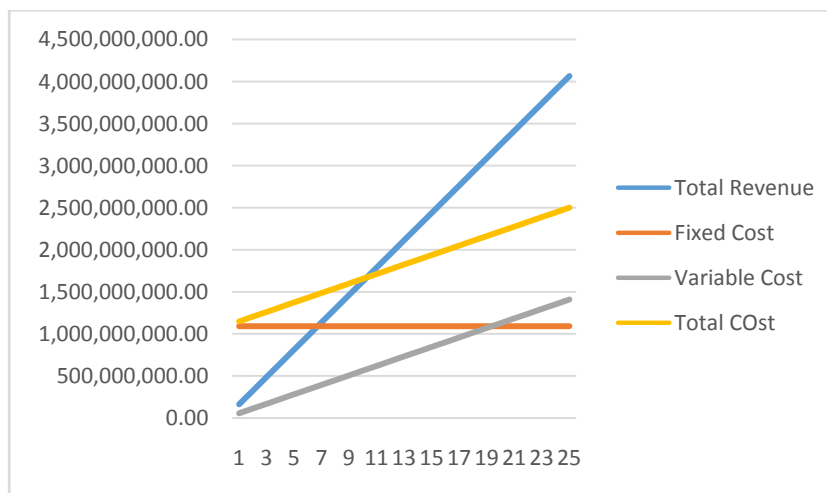
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kajian Ekonomis Penambangan

3.1.1. Perhitungan *Break Even Point*

Analisa yang dilakukan pada laporan keuangan tahun 2016 KIP timah XV diperoleh rata-rata biaya operasional penambangan per bulan yang menjadi dasar untuk perhitungan perencanaan tambang pada tahun 2017 adalah sebesar Rp2.157.439.733,17 dengan perkiraan inflasi pada tahun 2017 sebesar 4,6% sehingga berdampak pada kenaikan seluruh biaya yang dikeluarkan perusahaan dengan demikian biaya operasional penambangan menjadi Rp. 2.256.681.960,90. Harga efektif tambang untuk logam bijih timah pada february 2017 adalah sebesar Rp 162.655.766,00. Berdasarkan rumus (1) maka diperoleh:

$$\begin{aligned}
 BEP_{KIP} &= \frac{Rp\ 1.092.954.369,84}{Rp\ 162.655.766,00 - Rp\ 56.382.057,59} \\
 &= 10,28\ ton/bulan \sim 11\ ton/bulan
 \end{aligned}$$



Gambar2. Kurva *Break Even Point*

Hasil perhitungan BEP sebesar 11 ton lebih rendah dibandingkan target produksi yang ditetapkan oleh departemen Perencanaan Operasional Penambangan (POP) PT Timah (Persero), Tbk yaitu sebesar 20 ton yang artinya pada saat jumlah produksi 11 ton, usaha penambangan berada pada jumlah impas atau jumlah produksi balik modal sehingga total produksi sebesar 20 ton telah melebihi jumlah impas dengan kata lain memperoleh keuntungan.

3.1.2. Perhitungan *Break Even Grade*

Perencanaan tambang tahun 2017 KIP timah XV dengan asumsi jam jalan 20 jam/hari dan LPT 174 m³/jam. Berdasarkan rumus (1) maka diperoleh:

- 1) Nilai KH (Koefisien Hasil) dianggap 1 atau 100% artinya ketika melakukan penambangan produksi yang diharapkan (Pdh) dengan produksi yang sebenarnya (Psb) harus sama, dengan rumusan:
- 2) BAK (*Break After KH*)

$$BAK_{KIP} = \frac{11}{1}$$

Titik impas produksi KIP sesuai dengan KH adalah sebesar 11 ton/bulan.

3) *Break Even Grade* (BEG)

Perencanaan tambang tahun 2017 KIP Timah XV dengan asumsi jam jalan 20 jam/hari dan LPT 174 m³/jam. Berikut perhitungan BEG:

$$\begin{aligned} IJ &= 600 \text{ jam/bulan} \times 174 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 104.400 \text{ m}^3/\text{bulan} \\ IDH &= \frac{104.400 \text{ m}^3/\text{bulan}}{1,1} \\ &= 94.909,09 \text{ m}^3/\text{bulan} \\ BEG &= \frac{11 \text{ ton/bulan}}{94.909,09 \text{ m}^3/\text{bulan}} \\ &= 0.000116 \text{ ton/ m}^3 \times 1000 \text{ kg/ton} = 0,116 \text{ kg/ m}^3 \end{aligned}$$

Nilai kekayaan rata-rata terendah (BEG) yang harus tercapai perbulan berdasarkan peta rencana kerja tahun 2017 untuk KIP Biji timah XV adalah 0,116 kg/ m³. BEG yang dihitung sebesar 0,116 kg/ m³ lebih rendah dibandingkan dengan kekayaan terendah yang harus dicapai yang ditetapkan departemen POP PT. Timah (Persero), Tbk yaitu sebesar 0,305 kg/ m³. yang artinya pada saat kadar biji timah yang digali sebesar 0,116 kg/ m³ dengan volume tanah yang dipindahkan 94.909,09 m³/bulan, usaha penambangan berada pada jumlah impas.

3.2. Kinerja Penggalian Kapal Isap Produksi Biji timah XV

Kekayaan Peta Rencana Kerja KIP timah XV dihitung dengan menggunakan *Software Micromine* dengan metode *simple reserve* untuk memberikan hasil perhitungan yang akurat bagi peneliti. Hasil Pehitungan Cadangan RK Laut Tempilang Periode 2017 dinyatakan dalam Tabel 1.

Hasil perhitungan kegiatan penambangan KIP timah XV sebagai berikut :

- 1) Biaya operasional Periode 2016 = Rp 2.166.062.301,83
- 2) Rencana Biaya Operasional 2017 = Rp 2.265.701.167,72
- 3) Biaya performa Obyek = Rp 4.531.402,34/jam
- 4) LPT Kapal Isap Produksi = 174 m³ / jam
- 5) Volume gali Periode 2017 = 728.137 m³
- 6) Waktu Penggalian Periode 2017 = 4.184,70 jam ~ 4185 jam
- 7) Biaya operasional Periode 2017 = Rp. 18.963.918.792,90

Untuk menyelesaikan rencana kerja (RK) Laut Tempilang pada periode 2017 membutuhkan biaya sebesar Rp. 18.963.918.792,90 dengan jangka waktu 4185 jam atau sekitar 7 bulan (asumsi 1 hari adalah 20 jam waktu kerja), jadi membutuhkan biaya besar dan waktu lama untuk kegiatan penambangan.

- 8) Produksi per bulan = 25 ton/bulan
- 9) Rupiah per ton (HPP) = Rp 108.365.250,25

Tabel 1. Perhitungan Cadangan RK Laut Tempilang Periode 2017

HASIL PERHITUNGAN CADANGAN					
FORECAST	LDH	DDH	IDH	TDH	PDH
RK TEMPILANG	24.703 m²	26,80 m	661.943 m³	0,265 kg/m³	175 ton

3.3. Kinerja Penggalian Kombinasi

3.3.1. Penggalian Lapisan Tanah Penutup

Kedalaman pengupasan tanah penutup yang dengan Kapal Isap *Stripping* dilakukan hingga kedalaman 17 meter dari atas permukaan lautsesuai dengan batas kedalaman maksimal gali Kapal Isap *Stripping* Pulau 7. Hasil Pehitungan Cadangan yang akan di-*stripping* pada RK Laut Tempilang Periode 2017 dinyatakan dalam Tabel 2.

Untuk memperlihatkan kelayakan kombinasi kapal,perhitungan kinerja penggalian Kapal Isap *Stripping* Pulau 7 pada rencana kerja Laut Tempilang Periode 2017 sebagai berikut :

- 1) Biaya operasional Periode 2015 = Rp 1.011.982.852,20
- 2) Rencana Biaya Operasional 2017 = Rp 1.090.501.791,90
- 3) Biaya performaObyek = Rp5.405.213,34/ jam
- 4) LPT Kapal Isap *Stripping* = 683 m³ / jam
- 5) Volume gali Periode 2017 = 340.388 m³= 445.210,7 CuYd
- 6) Waktu Penggalian Periode 2017 = 498,30 jam ~ 499 jam
- 7) Biaya operasional Periode 2017 = Rp 2.697.201.456,66
- 8) Rupiah per CuYd = Rp 6.058,258

Untuk penggalian tanah atas RK Periode 2017 yang dilakukan dengan Kapal Isap *Stripping* Pulau 7 membutuhkan biaya sebesar Rp 2.697.201.456,66 dengan jangka waktu 499 jam atau sekitar 1 bulan kerja.

3.3.2. Penggalian Lapisan Bijih timah

Secara teknis Kapal IsapProduksi lebih dimudahkan karena hanya meneruskan penggalian dari lapisan batas kaksa atas saja. Otomatis hal tersebut membuat biaya penambangan semakin kecil. Dari segi perawatan, alat gali Kapal Isap Produksi tidak akan mudah aus karena hanya sedikit terbebani oleh material berat. Hasil Pehitungan Cadangan RK Laut Tempilang Periode 2017 setelah di *stripping* dinyatakan dalam Tabel 3 .

Perhitungan penggalian lapisan bijih timah setelah *stripping overburden* (penggalian tanah atas) dilakukan oleh Kapal Isap *Stripping* pada rencana kerja (RK) Laut Tempilang Periode 2017 sebagai berikut :

- 1) Volume tanah dipindahkan setelah penggalian tanah atas = 354.002 m³
- 2) Jam jalan = 2035 Jam atau sekitar 102 hari
- 3) Biaya operasional Periode 2017 = Rp. 9.221.403.761,90

Setelah mengetahui biaya penambangan dan waktu produktif yang didapatkan masing masing kapal dalam proses penambangan, maka ditentukanlah hasil perhitungan total penambangan sebagai berikut :

- 4) Jam jalan = 2534 jam (4 bulan 7 hari)
- 5) total biaya = Rp 11.918.605.218,56
- 6) produksi = 174,64 ton
- 7) produksi / bulan = 41,25 ton/bulan
- 8) HPP = Rp 68.246.709,76

Jadi untuk menyelesaikan penambangan periode tersebut hanya dengan biaya operasional penambangan sebesar Rp 11.918.605.218,56

Tabel 2. Perhitungan Cadangan *Stripping* RK Laut Tempilang Periode 2017

HASIL PERHITUNGAN CADANGAN					
FORECAST	LDH	DDH	IDH	TDH	PDH
RK TEMPILANG	24.703 m²	12,53 m	309.444 m³	0,002 kg/m³	0.725 ton

Tabel 3. Perhitungan Cadangan RK Laut Tempilang setelah di-Stripping

HASIL PERHITUNGAN CADANGAN					
FORECAST	LDH	DDH	IDH	TDH	PDH
RK TEMPILANG	24.703 m ²	14,33 m	354.002 m ³	0,493 kg/m ³	174,64 ton

4.4. Perbandingan Kinerja Penggalian

Perencanaan Kinerja Penggalian yang dihitung berdasarkan peta rencana kerja tersebut menghasilkan perbedaan antara penambangan kombinasi dan tanpa kombinasi kapal yang diperlihatkan pada tabel 4. Hasil kajian juga menunjukkan perbedaan perolehan produksi pada tiap bulan. Jadi, tidak hanya penggalian yang menjadi lebih efisien, namun produksi akan meningkat dalam waktu cepat.

Dari hasil perhitungan perencanaan juga dilakukan penghitungan penghematan biaya operasi dari selisih biaya operasi penambangan sebelum dan sesudah kombinasi kapal

$$\begin{aligned} \text{Penghematan Biaya Operasi} &= \text{Rp } 18.963.918.792,90 - \text{Rp } 11.918.605.218,56 \\ &= \text{Rp } 7.045.313.574,34 \end{aligned}$$

Penghematan biaya setelah dilakukan kombinasi sebesar Rp 7.045.313.574,34 per bulannya, sehingga sekitar 37 % terjadinya penghematan biaya operasi. Apabila penggalian dilakukan tanpa kombinasi membutuhkan tenaga dan perlakuan lebih atau ekstra terhadap peralatan instalasi pencucian, misalnya harus sering melakukan pembersihan saring dan penggemburan lapisan material ataupun mineral yang mengganggu proses pencucian. Waktu yang digunakan untuk melakukan reparasi atau perbaikan peralatan penambangan juga akan menjadi lebih efektif dan tidak terbuang dengan percuma. Hal ini disebabkan karena perawatan dan perbaikan yang dilakukan menjadi lebih mudah. Jika tidak dilakukan kombinasi kapal akan memberi dampak pada peralatan penggalian dan pencucian yang mudah rusak karena terbebani material berlebihan. Dari beberapa manfaat diatas, beberapa hal yang dapat diminimalisir apabila menggunakan kombinasi kapal antara lain:

- 1) penggantian *cutter* yang berlebihan
 - 2) penggemburan terhadap *jig* saat operasi
 - 3) penyumbatan saring dan *grizzly*
 - 4) penghematan tenaga sumber daya manusia nya
 - 5) penggantian batu hematit yang berlebihan (*bed jig*)
 - 6) biaya perawatan dan penggantian peralatan yang membengkak dikarenakan mudah aus atau rusak,
- Kapal Isap *Stripping* memungkinkan adanya ruang buang yang cukup, sehingga kolong kerja lebih bersih dari kontaminasi dan peralatan Kapal Isap Produksi tidak mudah rusak. Apabila ruang buang tidak memadai, dapat membuat kolong kotor, peralatan penggalian rusak karena lumpur, penggalian tidak efektif dan pencucian terganggu karena material kembali masuk instalasi pencucian.

Kombinasi kapal tersebut juga tidak hanya memiliki kelebihan dan keuntungan saja, tetapi juga memiliki kekurangan antara lain:

- 1) Pipa buang pada Kapal Isap *Stripping* akan mempersulit pengawasan terhadap pembuangan tanah atas yang digali. Apabila lapisan tanah tersumbat atau pipa mengalami kebocoran, pekerjaan penggalian akan terganggu.
- 2) Sumber Daya Manusia yang dibutuhkan akan lebih banyak ketika melakukan kombinasi ketimbang tanpa dilakukan kombinasi.
- 3) Persiapan awal untuk Penggantian penggunaan kapal (mobilisasi kapal) dalam melakukan penggalian lapisan atas dan kaksa (lapisan yang mengandung bijih timah) membutuhkan waktu lama.

Tabel 4. Hasil Perencanaan Efisiensi Penambangan

Variabel	Penambangan	
	KIP Tiimah XV	KI <i>Stripping</i> Pulau 7 dan KIP Timah XV
Jam Jalan	4185jam	2534 jam
Biaya Operasional	Rp 18.963.918.792,90	Rp 11.918.605.218,56
Produksi per bulan	25 ton per bulan	41,25 ton per bulan
Biaya per ton	Rp 108.365.250,25	Rp 68.246.708,76

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari pembahasan sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Nilai titik impas atau BEP (*Break Even Production*) yang harus dicapai KIP adalah 11 ton bijih/bulan dan nilai kekayaan rata-rata bijih bijih timah terendah ekonomis untuk ditambang atau BEG (*Break Even Grade*) sebesar 0,116 kg/m³.
2. Total biaya operasional penambangan Kapal Isap Produksi adalah Rp. 18.963.918.792,90 dalam rencana kerja Laut Tempilang Periode 2017 dengan waktu penggalian 7 bulan. Produksi perbulan penambangan menggunakan Kapal Isap Produksi adalah 25 ton/bulan.
3. Kombinasi kapal membutuhkan total biaya operasional untuk kegiatan penambangan sebesar Rp 11.918.605.218,56 dengan waktu produktif penggalian 4 bulan 7 hari. Produksi Bijih timah yang dihasilkan apabila penggalian dilakukan den kombinasi kapal adalah sebesar 41,25 ton/bulan.
4. Kombinasi kapal dapat memperkecil biaya operasional penambangan sebesar Rp 7.045.313.574,34 atau jika dipersentasikan penghematan tersebut sekitar 37 %. Total Produksi/bulan penggalian menggunakan kombinasi kapal yang dihasilkan lebih besar. Produksi perbulan penambangan menggunakan Kapal Isap Produksi adalah 25 ton/bulan sedangkan jika dilakukan kombinasi produksi yang dihasilkan sebesar 41,25 ton/bulan. Kombinasi kapal mempercepat waktu penggalian, ditunjukkan dalam rencana kerja Periode 2017 waktu produktif yang digunakan pada kombinasi kapal lebih cepat yaitu 4 bulan 7 hari dibandingkan tanpa dilakukan kombinasi 7 bulan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sujitno, S. (2007). *Sejarah Penambangan Bijih timah di Indonesia*. Pangkalpinang: PT. Timah (Persero), Tbk .
- [2] Azwardi, I. (2012). *Penambangan Bijih timah Alluvial*. Pangkal Pinang: PT Timah (Persero), Tbk.
- [3] Bray, S.N., dan Bates, A.D.(1996). *Dredging*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- [4] Macdonald, E.H. (1983). *Alluvial Mining*. Newyork: Chapman and Hall.
- [5] Wallwork, G.R.(1985). *Mining Technique Alluvial Tin Deposits*. Malaysia: Seatrad Centre.
- [6] Ariyanti, R., Rahayu, S.M., Husaini, A. (2014). Manajemen terhadap Perencanaan Volume Penjualan dan Laba. *Jurnal Administrasi Bisnis*, 11(1), 1-10.
- [7] Batubara, A.E.A. (1985). *Ekonomi dan Manajemen Pertambangan Alluvial*. Jakarta: Yayasan Pembinaan Perguruan Stannia.
- [8] Yusuf, J. (2006). Pengaruh Biaya Operasional terhadap Rentabilitas Sektor Perbankan. Skripsi, Fakultas Ekonomi: Universitas Komputer Indonesia.
- [9] Mulyono., Supangat, H. S., Panjaitan, M.O., dan Mangunsong, B. (2010). *Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan*. Pemali: Learning Centre.
- [10] Sumidjan, S., dan Prabowo, S. (2010). *Eksplorasi dan Evaluasi Cadangan Bijih timah Materi Pelatihan Teknis Menggunakan Micromine*. Pemali: Learning Centre.