

**EVALUASI EKONOMI PROSES PENCUCIAN BIJIH TIMAH
TANPA *SLUICE BOX* PADA KAPAL ISAP PRODUKSI (KIP)
DI LAUT MATRAS SUNGAILIAT*****ECONOMIC EVALUATION OF TIN ORE WASHING PROCESS
WITHOUT *SLUICE BOX* ON CUTTER SUCTION DREDGER
AT MATRAS SUNGAILIAT SEA***N. Kohirozi^{*1}, E. Ibrahim², B. Setiawan³^{1,2}Program Studi Magister Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya³Program Studi Teknik Geologi, Universitas Sriwijayae-mail: ¹nophiphobial@gmail.com, ²eddyibrahim@ft.unsri.ac.id, ³budhi.setiawan@unsri.ac.id**ABSTRAK**

Penelitian ini mengevaluasi efisiensi ekonomi dari proses pengolahan bijih timah pada Kapal Isap Produksi (KIP) di PT Timah Tbk, khususnya dengan menghilangkan fungsi *sluice box* dalam proses pencucian. Sejak dioperasikannya KIP pada tahun 2008, proses pencucian bijih timah telah mengalami beberapa perubahan untuk mengoptimalkan penanganan material dan konsentrat. Awalnya konsentrat hasil *Jig Clean Up* (Kompartemen A, B, dan C) dicuci kembali di *sluice box* untuk meningkatkan kadar Sn hingga lebih dari 50%. Namun, Sisa Hasil Pengolahan (SHP) dari proses ini sering dibuang ke laut karena keterbatasan penyimpanan dan alat angkut. Saat ini, dengan ketersediaan alat angkut dan hasil analisis yang menunjukkan kadar Sn pada SHP (berkisar 4-10%) masih ekonomis, SHP dikumpulkan kembali. Perhitungan menunjukkan bahwa konsentrat bijih timah dari *Jig Clean Up* tidak lagi memerlukan proses di *sluice box* dan dapat langsung dikirim ke Pusat Pengolahan Bijih Timah (PPBT). Pemotongan proses ini menghasilkan penghematan biaya sekitar Rp 2.306.742,- per pengiriman (30 ton ore) atau sekitar 4,37% lebih rendah dari metode eksisting. Penghematan biaya ini bukan sekadar pengurangan angka, melainkan cerminan dari keputusan strategis PT Timah Tbk untuk terus mengoptimalkan biaya operasional dan meningkatkan daya saingnya di pasar komoditas global yang fluktuatif. Selain itu, tenaga kerja yang sebelumnya dialokasikan untuk pengoperasian *sluice box* dapat dialihkan untuk kegiatan perawatan alat pencucian di KIP, menjaga variabel *jig* tetap stabil, dan meminimalkan kehilangan material.

Kata kunci: analisa ekonomi, bijih timah, *sluice box*, kapal isap produksi (kip), efisiensi biaya.

ABSTRACT

This study evaluates the economic efficiency of tin ore processing on a Cutter Suction Dredger (KIP) at PT Timah Tbk, specifically by eliminating the function of the sluice box in the washing process. Since KIP began operating in 2008, the tin ore washing process has undergone several changes to optimize material and concentrate handling. Initially, the concentrate from Jig Clean Up (Compartments A, B, and C) was re-washed in the sluice box to increase Sn content to over 50%. However, the Residue Processing Results (SHP) from this process were often returned to the sea due to limited storage capacity and transportation equipment. Currently, with the availability of transportation equipment and analysis results showing that the Sn content in SHP (ranging from 4-10%) is still economical, SHP is being re-collected. Calculations indicate that tin ore concentrate from Jig Clean Up no longer requires sluice box processing and can be sent directly to the Tin Ore Processing Center (PPBT). Eliminating this process results in cost savings of approximately Rp2.306.742,- per shipment (30 tons of ore), or about 4.37% lower than the existing method. This cost saving is not merely a numerical reduction but reflects PT Timah Tbk's strategic decision to continuously optimize operational costs and enhance its competitiveness in the fluctuating global commodity market. Additionally, labor previously allocated to sluice box operation can be redirected to maintenance activities for washing equipment on KIP, maintaining stable jig variables, and minimizing material losses.

Keywords: economic analysis, tin ore, sluice box, cutter suction dredge (kip), cost efficiency

PENDAHULUAN

Sejak awal dioperasikannya Kapal Isap Produksi (KIP) pada tahun 2008 oleh PT Timah Tbk, terdapat perbedaan signifikan dalam kadar konsentrat bijih timah yang dihasilkan dibandingkan dengan Kapal Keruk. KIP menghasilkan konsentrat dengan kadar berkisar 50-70% Sn, berbeda dengan hasil konsentrat Kapal Keruk yang berkisar antara 20-30% Sn. Untuk mendapatkan kadar ini, konsentrat akhir dari KIP, khususnya hasil *Jig Clean Up* (Kompartemen A, B, dan C), awalnya diproses lebih lanjut menggunakan *sluice box* hingga mencapai kadar >50%. Sisa Hasil Pengolahan (SHP) dari proses *sluice box* ini kemudian langsung dibuang ke laut sebagai *tailing*. Hal ini dilakukan karena keterbatasan kapasitas penampungan material di atas KIP dan kurangnya alat angkut, terutama mengingat jarak pengiriman bijih timah yang relatif jauh (140 km).

Sluice box sendiri merupakan salah satu alat pengolahan sederhana yang biasa digunakan sebagai alat pencucian atau pencucian mineral pada tambang timah alluvial umum digunakan oleh tambang rakyat atau tambang-tambang skala kecil untuk mencuci timah [1]. Lapisan alluvial yang disemprot dengan menggunakan air bertekanan tinggi kemudian melepaskan butiran material berharga dengan fragmen alluvial dan material tersebut disemprotkan ke dalam *sluice box* yang kemudian dilakukan pemisahan tahap awal [2].

Namun, seiring waktu, penelitian yang dilakukan pada tahun 2013 mengungkapkan bahwa SHP yang dibuang ke laut masih mengandung bijih timah dengan kadar yang ekonomis, berkisar antara 4-12%. Penemuan ini mendorong perubahan kebijakan, di mana SHP mulai dikumpulkan kembali untuk diolah ulang. Meskipun demikian, masih terjadi kehilangan bijih timah ke laut akibat rendahnya *recovery* dari *sluice box* dalam pengolahan ulang ini.

Dengan semakin menipisnya cadangan bijih timah dan kecenderungan ukuran butiran yang semakin halus, maka kini perlu dioptimalkan pengumpulan seluruh SHP untuk memastikan tidak ada material yang terbuang ke laut. Hal ini berarti seluruh konsentrat dari hasil *jig* sekunder dikirimkan langsung ke Pusat Pengolahan Bijih Timah (PPBT) tanpa melalui proses *sluice box*. Konsentrat ini terbagi menjadi tiga produk: *high grade* (>50%) dari pengolahan *sluice box* (sebelumnya), SHP, dan konsentrat kompartemen C.

PT Timah Tbk mengoptimalkan pemanfaatan sisa hasil pengolahan, penambangan mineral dengan kadar rendah, serta penambangan mineral ikutan sebagai bagian dari upaya pengelolaan dan pemanfaatan cadangan marginal timah [3]. Perubahan sistem pengolahan bijih di KIP dari kadar tinggi (*high grade*) menjadi kadar rendah (*low*

grade) membawa dampak signifikan terhadap proses operasi. Hal ini tidak hanya mengubah cara pengolahan, tetapi juga meningkatkan volume pengangkutan dan pemrosesan bijih. Bijih dengan kadar rendah memerlukan penanganan lebih lanjut dan harus diproses di PPBT. Tujuannya adalah untuk memastikan kandungan timah yang dihasilkan tetap optimal. Oleh karena itu, seluruh tahapan operasi perlu disesuaikan untuk mengakomodasi perubahan ini, termasuk peningkatan kapasitas fasilitas pengolahan dan pengangkutan. Langkah ini diperlukan demi menjaga efisiensi dan produktivitas dalam keseluruhan proses produksi [4].

Efisiensi biaya dan penanganan material merupakan aspek krusial dalam operasional pabrik. Sistem penanganan material yang baik dan efisien dapat mengurangi biaya material, meningkatkan kapasitas produksi, meminimalkan waktu tidak produktif, meningkatkan keselamatan pekerja, dan mengurangi biaya per unit produk. Konsep ini didukung oleh Assauri (2018) yang menekankan kontribusi positif sistem penanganan material terhadap efisiensi operasional dan peningkatan produktivitas secara keseluruhan [5].

Selain itu, biaya produksi dikatakan efisien dan efektif jika kuantitas dan kualitas produk yang dihasilkan sebanding dengan harga yang dapat diterima, sehingga menghindari pemborosan. Oleh karena itu, manajemen perlu mengevaluasi berbagai komponen biaya produksi untuk menciptakan efisiensi dan tentunya menurunkan biaya standar [6].

Penanganan material (*material handling*) merupakan aspek penting yang diperlukan untuk memastikan efektivitas dalam penyelesaian proses produksi, karena memiliki dampak yang signifikan terhadap pencapaian tujuan manajerial perusahaan. Penanganan material yang terorganisir dan efisien menjadi faktor kunci dalam menciptakan nilai tambah dan memastikan keberhasilan operasional perusahaan [7].

Pengumpulan seluruh material konsentrat dari *Jig Clean Up* (A, B, C) di KIP merupakan upaya untuk meminimalkan *losses* di *sluice box*. Namun, penerapan ini justru membuka pertanyaan baru mengenai efisiensi proses tersebut. Perlu dilakukan pengujian ilmiah untuk menentukan apakah tahap pengolahan di *sluice box* masih efektif atau tidak diperlukan lagi. Penghapusan tahap ini berpotensi membuat alur kerja lebih efisien secara waktu dan biaya melalui pengiriman konsentrat secara langsung.



Gambar 1. State of the art penelitian.

Penelitian ini mengisi kesenjangan dalam literatur yang ada dengan secara spesifik menganalisis keekonomian penghapusan fungsi *sluice box* dalam proses pengolahan bijih timah pada KIP (Gambar 1). Sementara studi umum tentang analisis ekonomi dalam pertambangan dan optimasi *sluice box* (seringkali untuk emas) telah dilakukan [8], belum ada studi komprehensif yang secara langsung membandingkan biaya operasional dua skenario ini secara rinci dalam konteks spesifik KIP milik PT Timah Tbk. Penelitian sebelumnya mungkin berfokus pada peningkatan kinerja *sluice box* itu sendiri, bukan pada potensi penghapusan fungsinya.

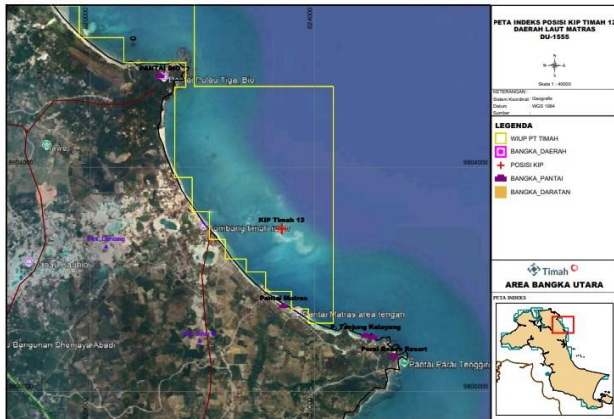
Fokus utama penelitian ini terletak pada penyediaan data ekonomi yang terperinci dan perbandingan langsung antara metode pengolahan bijih timah yang ada saat ini (dengan *sluice box*) dan metode yang diusulkan (tanpa *sluice box*). Seiring dengan menipisnya cadangan bijih bermutu tinggi yang mudah diakses, penekanan beralih ke optimalisasi setiap tahapan dalam rantai pemrosesan, bahkan dengan mempertimbangkan penghapusan peralatan yang tampaknya fundamental, untuk mempertahankan profitabilitas dan pemanfaatan sumber daya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan perhitungan keekonomian yang membandingkan sistem pengolahan bijih timah saat ini pada KIP (dengan *sluice box*) dengan sistem yang diusulkan (tanpa *sluice box*). Hasil perbandingan ini diharapkan dapat memberikan selisih nilai keekonomian yang jelas, yang kemudian dapat dijadikan sebagai salah satu acuan penting bagi PT Timah Tbk dalam membuat keputusan strategis terkait optimalisasi proses produksi.

METODE PENELITIAN

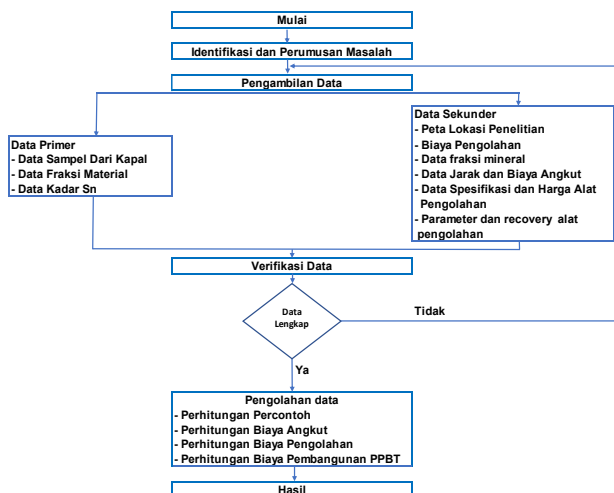
Lokasi penelitian berada di Laut Matras, Kabupaten Bangka, yang terletak di sebelah Utara kota Pangkal Pinang dengan jarak tempuh sebesar 44 Km, dengan waktu tempuh sekitar 1 jam menggunakan kendaraan roda 4, dilanjutkan dengan perjalanan laut menggunakan pompong selama kurang lebih 30 menit. Lokasi penelitian ini berada di dalam Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) PT Timah Tbk DU 1538, yang memiliki luas area sebesar 6.839 Ha (Gambar 2).

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan fokus utama pada perhitungan keekonomian pengolahan bijih timah. Perhitungan ini membandingkan kondisi pengolahan saat ini dengan skenario penghilangan salah satu proses, yaitu fungsi *sluice box*. Perhitungan biaya yang timbul pada setiap tahapan proses mengacu pada data primer dan sekunder yang sudah ada. Perhitungan biaya dihitung berdasarkan jumlah berat *feed* yang diolah pada setiap tahapan.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Dalam menghitung analisa keekonomian, salah satu yang sangat berpengaruh adalah biaya. Menurut Mulyadi (2018), biaya adalah pengorbanan sumber ekonomi, yang diukur dalam satuan uang yang telah menjadi atau kemungkinan akan terjadi untuk tujuan tertentu [9]. Sedangkan menurut Krismiaji dan Aryani (2011) biaya merupakan kas atau ekuivalen kas yang dikorbankan untuk membeli barang atau jasa yang diharapkan akan memberikan manfaat bagi perusahaan saat sekarang atau untuk periode mendatang [10]. Biaya yang dihitung dalam penelitian ini meliputi biaya pengolahan *Jig*, *Shaking table*, *Magnetic Separator* (MS), *High Tension Separator* (HTS). Untuk kondisi saat ini karena menggunakan *sluice box* maka akan ditambahkan biaya pekerja dalam mengoperasikannya.

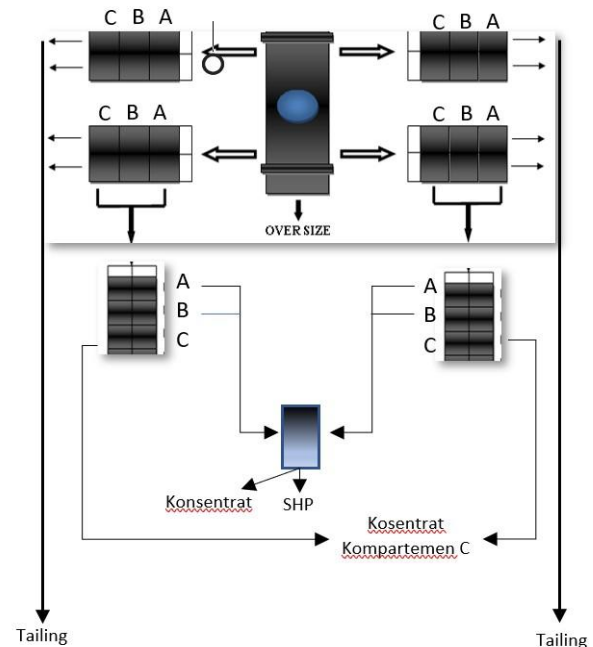


Gambar 3. Alur Penelitian

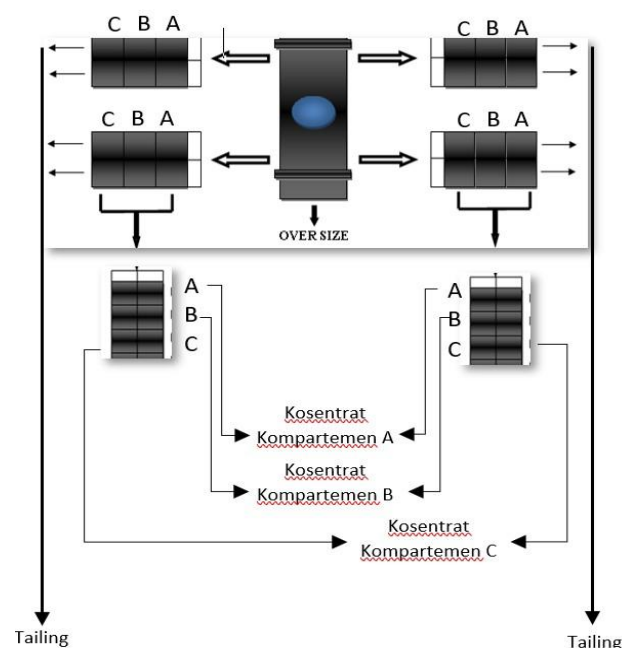
Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan dan evaluasi data terkait kondisi operasional yang sudah berjalan (2024-2025) dan pengumpulan data percobaan untuk kondisi yang diusulkan, yaitu menghilangkan proses *sluice box*. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

Kondisi Proses Saat Ini

Penelitian ini menitikberatkan perhitungan keekonomian pada dua alur proses yaitu alur proses saat ini yang sudah ada dan alur proses rencana dengan menghilangkan fungsi *sluice box*. Alur proses kondisi saat ini sebelum penelitian dilakukan percobaan tergambar pada Gambar 4.



Gambar 4. Kondisi saat ini



Gambar 5. Rencana penghilangan fungsi *sluice box*

Rencana Proses Menghilangkan Fungsi *Sluice Box*

Rencana penghilangan fungsi *sluice box* dengan langsung mengirimkan material dari kompartemen A, B dan C dapat terlihat pada Gambar 5.

Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer didapatkan dengan melakukan pengamatan langsung di lokasi penambangan timah. Data primer yang dikumpulkan berupa :

- Pengecekan kadar Sn pada setiap proses, dengan metodologi pengambilan sampel yang mengikuti standar operasional yang ditetapkan untuk memastikan representasi konsentrat yang diuji.
- Kondisi geologis serta karakteristik jenis material pada daerah penelitian.
- Data perhitungan biaya pengolahan bijih timah.
- Data simulasi keekonomian dan keuntungannya.
- Dokumentasi lapangan.

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh melalui studi pustaka dan studi instansi. Studi pustaka mencakup publikasi jurnal nasional dan internasional, hasil penelitian sebelumnya, literatur, dan sumber-sumber lain yang relevan dengan masalah penelitian. Studi instansional diperoleh dari PT Timah Tbk atau instansi terkait lainnya. Data sekunder yang dikumpulkan meliputi:

- Peta kesampaian daerah lokasi penelitian;
- Luasan Wilayah Penelitian;
- Data biaya pemrosesan; Dengan data primer dan sekunder ini, penelitian akan melakukan analisa

Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri atas:

1. Analisis Data *Recovery*

Data *recovery* dianalisis untuk setiap proses pada setiap tahapan pencucian bijih timah, baik untuk kondisi saat ini maupun kondisi yang diusulkan, mengacu pada data percobaan. *Recovery* dihitung berdasarkan berat dan kadar Sn dari *input*, *output*, dan *tailing*.

2. Analisis Kadar Sn

Kadar Sn dihitung berdasarkan uji laboratorium menggunakan metode *Grain Counting Analysis* (GCA). Kadar Sn didapatkan dari sampel yang diambil sesuai standar yang telah ditetapkan dan preparasi sampel, memastikan sampel dapat mewakili konsentrat yang diuji. Kadar Sn dinyatakan dalam satuan persen (%).

3. Analisis Keekonomian

Dalam menghitung analisa keekonomian, biaya merupakan faktor yang sangat berpengaruh. Biaya yang dihitung yaitu:

a. Biaya Pengolahan

Biaya Pengolahan adalah seluruh biaya yang timbul untuk meningkatkan kadar konsentrat hingga siap lebur (70%), dihitung per masing-masing alat yang digunakan dengan satuan Rp/ton.

b. Biaya Pengeringan

Biaya Pengeringan adalah biaya yang timbul untuk melakukan pengeringan bijih timah agar dapat dilakukan proses peningkatan kadar ke tahap selanjutnya atau bijih timah siap lebur dengan satuan Rp/ton.

c. Biaya *Material Handling*

Biaya *material handling* ditimbulkan dari perpindahan material dari suatu tempat ke tempat lain baik dalam satu area ataupun luar area. Biaya ini dihitung dari alat angkut yang dipakai dan tenaga kerja yang digunakan dengan satuan Rp/ton

d. Biaya Analisa Kadar

Biaya Pengolahan merupakan biaya yang timbul pada setiap tahapan pengolahan, biaya ini dihitung berdasarkan biaya laboratorium yang dibebankan pada setiap sampel yang diuji, dalam satuan Rupiah/ton *feed* yang diolah.

e. Data *Recovery* proses

Data *recovery* didapatkan dengan menghitung berat dan kadar Sn dari *input*, *output*, dan *tailing*. *Recovery* dinyatakan dalam satuan persen (%).

f. Data *Flow* proses pengolahan

Alur proses pengolahan dilakukan sesuai dengan standar yang dilakukan pada Pusat Pengolahan Bijih Timah dengan memperhatikan kadar Sn dan besaran butiran material. Alat yang digunakan menggunakan alat pencucian yang sudah ada tersedia di PPBT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biaya Pengolahan

Masing-masing proses di Pusat Pengolahan Bijih Timah (PPBT) memiliki biaya yang berbeda, seperti disajikan pada Tabel 1. Biaya-biaya ini merupakan dasar perhitungan untuk menganalisis keekonomian keseluruhan proses.

Tabel 1. Biaya Proses di PPBT

Komponen Biaya	Biaya (Rp)
<i>Jig</i> dan <i>Shaking table</i>	637.525
<i>Rotary Dryer</i>	617.278,01
<i>Magnetic Separator</i>	256.513,64
<i>High Tension Separator</i>	425.596,16
<i>Material Handling & Sampling</i>	47.866,48
Analisa GCA & Kimia	159.450,92

Recovery Masing-Masing Alat Pengolahan

Tingkat *recovery* alat pengolahan menunjukkan kemampuan setiap peralatan dalam menghasilkan konsentrat bijih timah. Data *recovery* ini penting untuk memahami efisiensi teknis dari setiap tahapan proses, dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. *Recovery* alat pengolahan

Peralatan Pengolahan	<i>Recovery</i> Total	Fraksi Butiran
Jig	50%	50#- 100#
Shaking Table	70%	70#- 100#
Magnetic Separator	75%	70#- 100#
High Tension Separator	75%	70#- 100#

Tingkat *recovery* ini secara langsung memengaruhi kuantitas material berharga yang berhasil diekstraksi, yang pada gilirannya berdampak pada pendapatan dan tingkat kehilangan material.

Biaya Pengolahan Dengan Kondisi Saat Ini

Biaya pengolahan terdiri dari biaya pengolahan alat, biaya pengeringan, biaya *material handling*, dan biaya pengecekan sampel. Perhitungan biaya pengolahan dilakukan untuk tiga jenis konsentrat yang diproses. Biaya pengolahan untuk kondisi saat ini dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.

Tabel 3. Komponen biaya *sluice box* (kadar 50,88%)

No	Komponen Biaya	Harga satuan	Berat <i>Sn</i> (Ton)	Jumlah
1	Biaya Pengolahan			Rp 12.027.295,71
	Jig	Rp 637.525,92	14,387	Rp 9.172.060,90
	Shaking table	Rp 637.525,92	3,453	Rp 2.201.294,62
	Air table	Rp 425.596,16	0,863	Rp 367.382,13
	High Tension Separator	Rp 425.596,16	0,673	Rp 286.558,07
2	Biaya Pengeringan			Rp 7.164.993,12
	RD1	Rp 617.278,01	10,071	Rp 6.216.528,49
	RD 2	Rp 617.278,01	0,863	Rp 532.845,30
	RD 3	Rp 617.278,01	0,673	Rp 415.619,33
3	Biaya Material Handling			Rp 688.653,20
	Biaya Material Handling	Rp 47.866,48	14,39	Rp 688.653,20
4	Biaya Pengecekan Kadar			Rp 2.710.665,66
	Biaya Analisa GCA	Rp 159.450,92	17,00	Rp 2.232.312,89
	Biaya Total			Rp 22.591.607,70

Dari jumlah biaya masing-masing proses, didapatkan total biaya untuk memproses 30 ton *ore* bijih timah pada kondisi saat ini adalah:

Biaya *sluice box* + biaya SHP + biaya kompartemen C =
Rp22.591.607,70 + Rp22.078.247,81 + Rp4.251.801,34 =
Rp48.921.656,84

Untuk pengolahan yang menggunakan *sluice box*, ditambahkan biaya pekerja sebanyak 8 orang. Perhitungan biaya pekerja adalah sebagai berikut:
Biaya pekerja =

$$\frac{\text{UMR Sebulan}}{\text{jam kerja perbulan}} \times \text{jam kerja sluice box per hari} \\ \times \frac{\text{Jam Kerja perbulan}}{\text{Jam Kerja per hari}} \times \text{Jumlah Pekerja}$$

$$= \frac{\text{Rp}3.876.600}{173} \times 1 \times \frac{173}{8} \times 8 \\ = \text{Rp} 22.408,09 \times 1 \times 21.625 \times 8 \\ = \text{Rp} 22.408,09 \times 1 \times 173 \\ = \text{Rp} 3.876.600$$

Dengan demikian, total biaya untuk kondisi saat ini, termasuk biaya pekerja, adalah:

$$\text{Total biaya} = \text{Rp}48.921.656,84 + \text{Rp}3.876.600,- \\ = \text{Rp}52.798.256,84$$



Tabel 4. Komponen biaya SHP (kadar 8,36%)

No	Komponen Biaya	Harga satuan	Berat Sn (Ton)	Jumlah Biaya
1	Biaya Pengolahan			Rp 16.961.890,54
	<i>Jig</i>	Rp 637.525,92	13,91	Rp 8.867.839,02
	<i>Shaking Table</i>	Rp 637.525,92	11,07	Rp 7.058.216,54
	<i>Air Table</i>	Rp 425.596,16	1,11	Rp 471.188,66
	<i>High Tension Separator</i>	Rp 425.596,16	1,00	Rp 424.069,80
	<i>Magnetic Separator</i>	Rp 256.513,64	0,55	Rp 140.576,52
2	Biaya Pengeringan			Rp 1.899.330,80
	<i>Rotary Dryer 1</i>	Rp 617.278,01	0,70	Rp 429.309,76
	<i>Rotary Dryer 2</i>	Rp 617.278,01	0,28	Rp 171.552,18
	<i>Rotary Dryer 3</i>	Rp 617.278,01	1,11	Rp 683.404,66
	<i>Rotary Dryer 4</i>	Rp 617.278,01	1,00	Rp 615.064,19
3	Biaya Material Handling			Rp 665.811,73
	<i>Biaya Material Handling</i>	Rp 47.866,48	13,91	Rp 665.811,73
	Biaya Pengecekan Kadar			Rp 2.551.214,74
4	<i>Biaya analisa GCA</i>	Rp 159.450,92	16,00	Rp 2.551.214,74
Biaya Total				Rp 22.078.247,81

Tabel 5. Komponen biaya kompartemen C (kadar 11,67%)

No	Komponen Biaya	Harga satuan	Berat Ore (Ton)	Jumlah
1	Biaya Pengolahan			Rp 1.890.169,06
	<i>Jig</i>	Rp 637.525,92	1,70	Rp 1.085.519,16
	<i>Shaking table</i>	Rp 637.525,92	1,19	Rp 759.863,41
	<i>Air table</i>	Rp 425.596,16	0,07	Rp 29.857,65
	<i>High Tension Separator</i>	Rp 425.596,16	0,04	Rp 14.928,83
2	Biaya Pengeringan			Rp 207.267,77
	<i>RD1</i>	Rp 617.278,01	0,27	Rp 163.962,70
	<i>RD 2</i>	Rp 617.278,01	0,07	Rp 43.305,07
3	Biaya Material Handling			Rp 81.502,54
	<i>Biaya Material Handling</i>	Rp 47.866,48	1,70	Rp 81.502,54
4	Biaya Pengecekan Kadar			Rp 2.072.861,97
	<i>Biaya Analisa GCA</i>	Rp 159.450,92	13,00	Rp 2.072.861,97
Biaya Total				Rp 4.251.801,34

Tabel 6. Komponen biaya kompartemen A (kadar 32,52%)

No	Komponen Biaya	Harga satuan	Berat Ore (Ton)	Jumlah
1	Biaya Pengolahan			Rp 23.996.860,56
	<i>Jig</i>	Rp 637.525,92	23,50	Rp 14.984.741,61
	<i>Shaking table</i>	Rp 637.525,92	11,38	Rp 7.252.614,94
	<i>Air table</i>	Rp 425.596,16	2,12	Rp 902.309,75
	<i>High Tension Separator</i>	Rp 425.596,16	2,01	Rp 857.194,26
2	Biaya Pengeringan			Rp 9.080.927,95
	<i>Rotary Dryer 1</i>	Rp 617.278,01	10,58	Rp 6.528.970,87
	<i>Rotary Dryer 2</i>	Rp 617.278,01	2,12	Rp 1.308.695,94
	<i>Rotary Dryer 3</i>	Rp 617.278,01	2,01	Rp 1.243.261,14
3	Biaya Material Handling			Rp 1.125.078,70
	<i>Biaya Material Handling</i>	Rp 47.866,48	23,50	Rp 355.911,44
4	Biaya Pengecekan Kadar			Rp 2.710.665,66
	<i>Biaya Analisa GCA</i>	Rp 159.450,92	17,00	Rp 2.710.665,66
Biaya Total				Rp 36.913.532,86

Tabel 7. Komponen biaya kompartemen B (kadar 17,17%)

No	Komponen Biaya	Harga satuan	Berat Ore (Ton)	Jumlah
1	Biaya Pengolahan			Rp 5.643.452,09
	<i>Jig</i>	Rp 637.525,92	4,793	Rp 3.055.515,10
	<i>Shaking table</i>	Rp 637.525,92	3,487	Rp 2.223.253,89
	<i>Air table</i>	Rp 425.596,16	0,443	Rp 188.369,37
	<i>High Tension Separator</i>	Rp 425.596,16	0,414	Rp 176.313,73
2	Biaya Pengeringan			Rp 1.061.551,14
	<i>Rotary Dryer 1</i>	Rp 617.278,01	1,086	Rp 670.389,65
	<i>Rotary Dryer 2</i>	Rp 617.278,01	0,219	Rp 135.438,83
	<i>Rotary Dryer 3</i>	Rp 617.278,01	0,414	Rp 255.722,67
3	Biaya Material Handling			Rp 229.413,03
	<i>Biaya Material Handling</i>	Rp 47.866,48	4,79	Rp 229.413,03
4	Biaya Pengecekan Kadar			Rp 2.391.763,82
	<i>Biaya Analisa GCA</i>	Rp 159.450,92	15,00	Rp 2.391.763,82
	Biaya Total			Rp 9.326.180,07

Tabel 8. Komponen biaya kompartemen C (kadar 11,67%)

No	Komponen Biaya	Harga satuan	Berat Ore (Ton)	Jumlah
1	Biaya Pengolahan			Rp 1.890.169,06
	<i>Jig</i>	Rp 637.525,92	1,703	Rp 1.085.519,16
	<i>Shaking table</i>	Rp 637.525,92	1,192	Rp 759.863,41
	<i>Air table</i>	Rp 425.596,16	0,070	Rp 29.857,65
	<i>High Tension Separator</i>	Rp 425.596,16	0,035	Rp 14.928,83
2	Biaya Pengeringan			Rp 207.267,77
	<i>Rotary Dryer 1</i>	Rp 617.278,01	0,266	Rp 163.962,70
	<i>Rotary Dryer 2</i>	Rp 617.278,01	0,070	Rp 43.305,07
3	Biaya Material Handling			Rp 81.502,54
	<i>Biaya Material Handling</i>	Rp 47.866,48	1,70	Rp 81.502,54
4	Biaya Pengecekan Kadar			Rp 2.072.861,97
	<i>Biaya Analisa GCA</i>	Rp 159.450,92	13,00	Rp 2.072.861,97
	Biaya Total			Rp 4.251.801,34

Biaya Pengolahan Tanpa Menggunakan *Sluice Box*

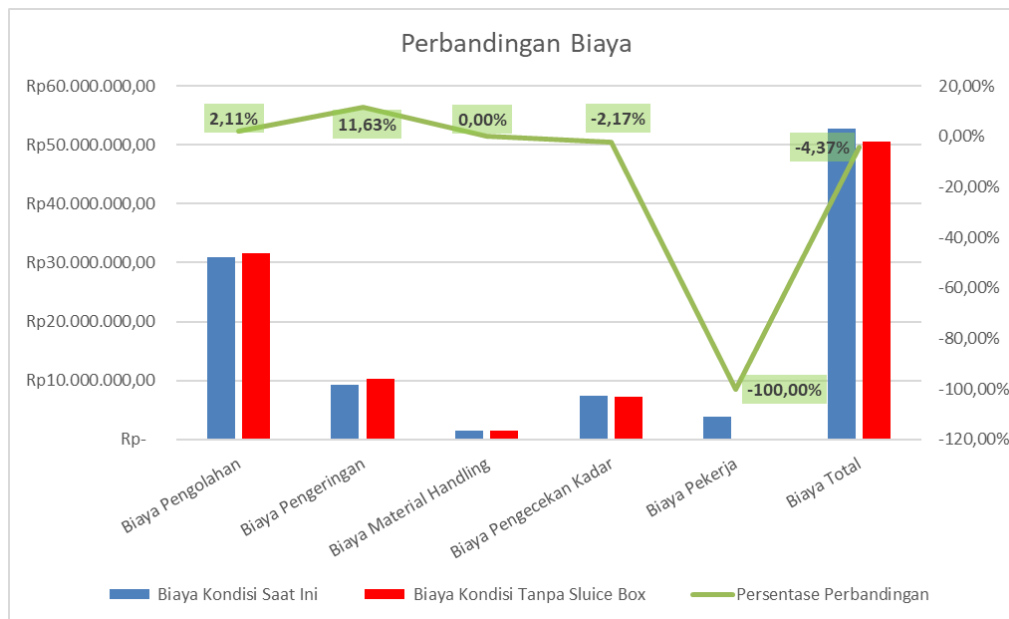
Komponen biaya pengolahan terdiri dari biaya pengolahan alat (tanpa *sluice box*), biaya pengeringan, biaya *material handling*, dan biaya pengecekan sampel. Biaya pengolahan dengan kondisi tanpa menggunakan *sluice box* dapat dilihat dari Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8.

Dari jumlah biaya masing-masing proses didapatkan total biaya untuk memproses 30 ton *ore* bijih timah untuk kondisi tanpa menggunakan *sluice box* adalah:

Biaya kompartemen A + Biaya kompartemen B + biaya kompartemen C = Rp36.913.532,86+ Rp9.326.180,07 + Rp4.251.801,34 = Rp50.491.514,27.

Perbandingan Kondisi Saat Ini dan Rencana

Untuk menentukan kelayakan finansial dan mengidentifikasi metode operasional yang paling efisien, dilakukan analisis keekonomian yang membandingkan skenario kondisi saat ini dengan implementasi rencana tanpa *sluice box*. Perbandingan ini mencakup perincian komponen biaya, perbedaan total biaya, serta analisis persentase perubahannya. Seluruh data perbandingan tersebut disajikan dengan rincian perhitungan yang tertera pada Tabel 9 dan visualisasi perbandingan dalam format grafik yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik perbandingan biaya

Tabel 9. Perbandingan kondisi saat ini dan rencana

No	Komponen Biaya	Biaya Kondisi Saat Ini	Biaya Kondisi Tanpa Sluice Box	Persentase Perbandingan
1	Biaya Pengolahan	Rp 30.879.355,31	Rp 31.530.481,70	2,11%
2	Biaya Pengeringan	Rp 9.271.591,69	Rp 10.349.746,86	11,63%
3	Biaya <i>Material Handling</i>	Rp 1.435.967,47	Rp 1.435.994,26	0,00%
4	Biaya Pengecekan Kadar	Rp 7.334.742,37	Rp 7.175.291,45	-2,17%
5	Biaya Pekerja	Rp 3.876.600,00	Rp -	-100,00%
Total		Rp 52.798.256,84	Rp 50.491.514,27	-4,37%

Analisis perbandingan biaya menunjukkan bahwa metode tanpa sluice box secara total lebih efisien 4,37% dibandingkan metode kondisi saat ini. Total biaya untuk metode tanpa *sluice box* adalah Rp50.491.514,27, sementara metode kondisi saat ini membutuhkan biaya Rp52.798.256,84, menghasilkan penghematan sebesar Rp2.306.742,57 atau 4,37%.

Penurunan total biaya ini terutama didorong oleh eliminasi seluruh biaya pekerja (-100,00%) dan efisiensi pada biaya pengecekan kadar (-2,17%). Meskipun terjadi kenaikan biaya pada komponen pengolahan (+2,11%) dan pengeringan (+11,63%), penghematan signifikan dari biaya tenaga kerja tersebut lebih dari cukup untuk menutupi kenaikan biaya operasional lainnya, sementara biaya *material handling* tidak menunjukkan perubahan yang berarti (0,00%).

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengolahan bijih timah dengan tanpa menggunakan *sluice box* membutuhkan biaya lebih rendah, yaitu Rp50.491.514,27 per 30 ton *ore*, sedangkan pengolahan dengan metode menggunakan *sluice box* membutuhkan biaya lebih besar, yaitu Rp52.798.256,84 per 30 ton *ore*. Dengan kata lain, penggunaan metode tanpa *sluice box* lebih murah Rp2.306.742,57 atau sekitar 4,37% lebih efisien dibanding metode saat ini.

Efisiensi biaya ini terutama didorong oleh eliminasi total biaya pekerja (-100,00%) dan penghematan pada biaya pengecekan kadar (-2,17%). Meskipun metode tanpa *sluice box* menyebabkan kenaikan pada biaya pengolahan (+2,11%) dan biaya pengeringan (+11,63%), kenaikan tersebut berhasil ditutupi oleh penghematan signifikan dari komponen biaya lainnya.



Dengan demikian, dari perspektif finansial, metode tanpa *sluice box* terbukti lebih ekonomis. Namun, perlu menjadi pertimbangan bahwa metode dengan *sluice box* memiliki aspek non-finansial berupa pemberdayaan tenaga kerja untuk tugas perawatan. Keputusan akhir untuk implementasi sebaiknya menimbang antara keunggulan biaya yang jelas pada metode tanpa *sluice box* dengan potensi manfaat stabilitas operasional dari pemberdayaan tenaga kerja pada metode saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. A. Lubis, Teknik Penambangan Timah Alluvial, Pangkalpinang: PT Timah (Persero) Tbk, 2018.
- [2] V. Rickford, "Optimization of Sluice box Performance," Guyana Geology and Mines Commissioner, 2014.
- [3] I. Aji, Upaya Konservasi Mineral Dan Proyeksi Masa Depan Pertambangan Timah Di Indonesia, Inspektur Tambang, Direktorat Teknik dan Lingkungan Mineral dan Batubara, 2019.
- [4] B. P. Hutahaean dan G. Yudoko, "Analysis And Proposed Changes Of Tin Ore Processing System On Cutter Suction Dredges Into Low Grade To Improve Added Value For The Company," *The Indonesian Journal of Business Administration*, vol. 2, no. 16, pp. 1936-1956, 2013.
- [5] S. Assauri, Manajemen Produksi dan Operasi, Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, 2018.
- [6] L. Hidayat dan S. Halim, "Analisis Biaya Produksi Dalam Meningkatkan Profitabilitas Perusahaan," *Jurnal Ilmiah Manajemen Kesatuan*, vol. 1, no. 2, p. 159-168, 2013.
- [7] M. P. Stephens dan F. E. Meyers, Manufacturing Facilities Design and Material Handling, West Lafayette, Indiana: Purdue University Press, 2013.
- [8] M. Fahrullah dan B. A. Makkarakka, "Optimization Management of Slope of Deck Shaking Table in Tin Ore Processing (Sn)," *Journal of Sustainable Mining and Industry (JSMI)*, vol. 1, no. 1, pp. 14-21, 2024.
- [9] Mulyadi, Akuntansi Biaya Edisi 5, Yogyakarta: UPP STIM YKPN, 2018.
- [10] Krismiaji dan Y. A. Aryani, Akuntansi Manajemen. Edisi 2, Yogyakarta: UPP STIM YKPN, 2011.