



**TESIS – TI185471**

**Evaluasi Ekonomi Pengoperasian *Mobile Screening Station Waterless System* pada Proses Penambangan dan Pengolahan Bijih Nikel Laterit**

**ANDY YUSTIAN  
NRP. 02411850077001**

**Dosen Pembimbing  
Erwin Widodo, ST, M.Eng, Dr. Eng**

**Dosen Ko Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc, M.Reg.Sc**

**PROGRAM MAGISTER  
DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

**Magister Teknik (M.T)**

di

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**ANDY YUSTIAN**

**NRP. 241185007001**

Tanggal Ujian: 12 Mei 2020

Periode Wisuda: September 2020

Disetujui Oleh:

**Pembimbing**

1. Erwin Widodo, ST,M.Eng, Dr. Eng  
NIP. 19740517 199903 1 002
2. Prof. Dr. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc, M.Reg.Sc  
NIP. 19590817 198703 1 002

  
.....  
  
.....

**Penguji:**

1. Prof. Ir. Budi Santosa, M.S, Ph. D  
NIP. 19690512 199402 1 001
2. Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph. D  
NIP. 19750408 199802 2 001

  
.....  
  
.....

Kepala Department Teknik Sistem dan Industri  
Fakultas Teknik Industri dan Rekayasa Sistem

  
.....  
  
**Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D**  
NIP: 19700523 199601 1 001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andy Yustian

NRP : 0241185007001

Program Studi : Magister Teknik Sistem dan Industri - ITS

Menyatakan bahwa tesis dengan judul

**“Evaluasi Ekonomi Pengoperasian *Mobile Screening Station Waterless System*  
pada Proses Penambangan dan Pengolahan Bijih Nikel Laterit”**

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 01 Agustus 2020

Yang membuat pernyataan



Andy Yustian

NRP. 0241185007001

# **Evaluasi Ekonomi Pengoperasian *Mobile Screening Station Waterless System* pada Proses Penambangan dan Pengolahan Bijih Nikel Laterit**

Nama Mahasiswa : Andy Yustian  
NRP Mahasiswa : 02411850077001  
Pembimbing : Erwin Widodo, ST, M. Eng, Dr. Eng  
Ko Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Moses L. Singgih, M. Sc, M. Reg.Sc

## **ABSTRAK**

Secara umum permasalahan yang dihadapi dalam operasi penambangan nikel laterit adalah jarak pengangkutan bijih ke *screening station* yang makin jauh setiap tahunnya. Hal ini menyebabkan penurunan produktivitas keseluruhan peralatan tambang dan peningkatan biaya unit operasi tambang setiap tahunnya. Suatu kajian *mobile screening station waterless system* (MSSWS) dilakukan oleh perusahaan X untuk menggantikan *fixed screening station* (FSS) dengan sistem penyiraman air di tahun 2020. Penggunaan MSSWS ini akan meningkatkan fleksibilitas operasi penambangan dengan menurunkan total jarak angkut penambangan dan mengurangi kandungan air dalam bijih nikel. Sehingga diharapkan akan berdampak pada peningkatan produktivitas dan efisiensi biaya operasional penambangan selama masa umur tambang. Penelitian ini menginvestigasi tingkat keekonomian pengoperasian MSSWS untuk pertama kalinya diterapkan di industri penambangan nikel laterit. Terdapat tiga alternatif investasi yang dibandingkan di dalam penelitian ini untuk menentukan pilihan yang paling ekonomis, yaitu: mempertahankan FSS saat ini (alternatif 1), pengadaan MSSWS (alternatif 2), dan pengadaan FSS yang baru (alternatif 3). Evaluasi dilakukan dengan melakukan analisis penghematan biaya, proyeksi *increment cash flow*, perhitungan NPV dan IRR serta analisis sensitivitas pada alternatif yang paling ekonomis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MSSWS memberikan nilai NPV dan IRR tertinggi. Penurunan jarak pengangkutan bijih dan kandungan air yang dikontribusikan dari operasional MSSWS menghasilkan penghematan biaya yang berarti melalui pengurangan biaya investasi dan operasional truk. Melalui penelitian ini dapat mengkonfirmasi bahwa pengadaan MSSWS adalah pilihan yang paling ekonomis. Keekonomian MSSWS sangat sensitif terhadap perubahan jarak pengangkutan bijih. Oleh karena itu, berdasarkan hasil analisis sensitivitas maka MSSWS akan dipindahkan pada periode waktu tertentu ketika perubahan minimum pada jarak rata-rata pengangkutan tercapai.

**Kata kunci:** Evaluasi ekonomi, efisiensi tambang, *mobile screening station waterless system*, pengangkutan bijih.

## **Economic Evaluation of Mobile Screening Station Waterless System Operation in Nickel Laterit Ore**

Student Name : Andy Yustian  
Student NRP : 02411850077001  
Mentor : Erwin Widodo, ST, M. Eng, Dr. Eng  
Co Mentor : Prof. Dr. Ir. Moses L. Singgih, M. Sc, M. Reg.Sc

### **ABSTRACT**

A common problem faced in lateritic nickel mining operations that the ore hauling distance to the existing fixed screening station becomes farther to the following years. It results decreasing in overall productivity of mining equipment and increasing in mining operating unit costs each year. A study of mobile screening station waterless system (MSSWS) is carried out by Company X to replace a fixed screening station (FSS) with water used system in year 2020. The use of MSSWS will increase the flexibility of mining operations by reducing total mining hauling distances and reducing the water content in nickel ore. Furthermore, it will be expected on increasing productivity and cost efficiency in mines over the life of the mine. The study investigates the economic level of operating MSSWS for the first-time application in the laterite nickel mining industry. Three investment alternatives are compared in this study in order to determine the most economical option, i.e.: maintaining existing FSS (alternative 1), purchasing a MSSWS (alternative 2), and purchasing a new FSS (alternative 3). Evaluation is made by performing cost savings analysis, increment cash flow projections, NPV and IRR calculation. Furthermore, sensitivity analysis of the most economic option will be done as well. The results show that MSSWS gives the highest NPV and IRR. The decreasing of ore hauling distance and water content that are contributed by MSSWS yields to significant cost saving in term of reducing hauled trucks investment and its operating cost. Thus, this study has been successfully confirmed that purchasing of MSSWS is the most economical option. In accordance to this analysis, the economic of MSSWS is very sensitive with the changed of ore hauling distance. In addition to this result a sensitivity analysis will be undertook based on the situation of moving the MSSWS over certain period of time once the minimum change in the average ore hauling distance is occurred.

**Keywords:** Economic evaluation, mine efficiency, mobile screening station waterless system, ore hauling.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Manfaat Penelitian .....	6
1.5. Batasan Penelitian .....	6
1.6. Sistematika Penulisan .....	7
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1. Formasi Geologi dan Karakter Bijih Nikel Laterit .....	9
2.2. Proses Penambangan dan Pengolahan Bijih Nikel Laterit .....	12
2.3. <i>Mobile Screening Station Waterless System</i> .....	16
2.4. Perhitungan Produktivitas Alat Tambang .....	20
2.5. Metode Penilaian Investasi .....	23
2.5.1. <i>Net Present Value</i> (NPV) .....	23
2.5.2. <i>Internal Rate Return</i> (IRR) .....	24
2.6. Aliran Kas Dalam Investasi .....	26
2.7. Analisis Sensitivitas .....	26
2.8. Metode Penyusutan (Depresiasi) .....	27
2.9. Penelitian Terdahulu .....	28
2.10. Kerangka Penelitian .....	29

3. METODOLOGI PENELITIAN .....	31
3.1. Rancangan Penelitian .....	31
3.2. Batasan Penelitian .....	32
3.3. Subyek dan Obyek Penelitian .....	33
3.4. Data yang Diperlukan .....	33
3.5. Teknik Pengumpulan Data .....	34
4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	35
4.1. Asumsi Parameter .....	35
4.1.1. Penyusutan (Depresiasi) .....	35
4.1.2. Pajak Penghasilan .....	38
4.1.3. Discount Rate .....	39
4.2. Pemilihan Alternatif 1 (Kondisi Saat Ini) .....	42
4.2.1. Biaya Penggalian dan Pemuatan Bijih Nikel ke Truk .....	42
4.2.2. Biaya Pengangkutan Bijih Nikel ke <i>Screening Station</i> .....	42
4.2.3. Biaya Penyaringan Bijih Nikel .....	43
4.2.4. Biaya Pengangkutan Bijih Tersaring Ukuran -6” .....	44
4.2.5. Biaya Pengangkutan Material Tidak Tersaring Ukuran +6” .....	44
4.3. Pemilihan Alternatif 2 (MSSWS) .....	45
4.3.1. Analisis Penghematan Biaya .....	45
4.3.2. Analisis Biaya Investasi .....	47
4.4. Pemilihan Alternatif 3 (Trade Off) .....	49
4.4.1. Analisis Penghematan Biaya .....	50
4.4.2. Analisis Biaya Investasi .....	51
4.5. Analisis Aliran Kas dan Penilaian Investasi .....	55
4.5.1. Perbandingan Alternatif 1 dan Alternatif 2 .....	55
4.5.2. Perbandingan Alternatif 1 dan Alternatif 3 .....	55
4.6. Analisis Sensitivitas .....	60
5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	63
5.1. Kesimpulan .....	63
5.2. Saran .....	64
DAFTAR PUSTAKA .....	65
BIOGRAFI PENULIS .....	76

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.2 Komposisi dan Kadar Nikel Fraksi Bijih Tersaring 6” .....	13
Tabel 2.9 Persamaan dan Perbedaan Dengan Penelitian Terdahulu .....	29
Tabel 4.1 Kelompok Harta Berwujud serta Tarif Penyusutannya .....	37
Tabel 4.2.3 Biaya Aktual <i>Fixed Screening Station</i> Tahun 2019 .....	43
Tabel 4.3.1 Estimasi biaya Investasi MSSWS .....	47
Tabel 4.3.2 Jam Kerja truk Sebelum dan Setelah MSSWS .....	49
Tabel 4.4.2.1 Estimasi Biaya Investasi <i>Fixed Screening Station</i> .....	53
Tabel 4.4.2.2 Jam Kerja truk Sebelum dan Setelah <i>FSS</i> Baru .....	54
Tabel 4.5 Ringkasan Analisis Biaya Setiap Alternatif .....	56
Tabel 4.5.1.1 Proyeksi Kas Bersih dan Analisis Ekonomi MSSWS .....	57
Tabel 4.5.1.2 Proyeksi Kas Bersih dan Analisis Ekonomi <i>Fixed Screening Station</i> yang Baru ( <i>Non-Modular</i> ) .....	58
Tabel 4.5.1.3 Proyeksi Kas Bersih dan Analisis Ekonomi <i>Fixed Screening Station</i> yang Baru ( <i>Modular</i> ) .....	59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.1 Profil Umum dan Kandungan Zona Laterit .....	12
Gambar 2.1.2 Profil Nyata Nikel Laterit .....	12
Gambar 2.2.1 Tahapan Proses Penambangan Bijih Nikel .....	14
Gambar 2.2.2 Proses Pengolahan dan Peleburan Nikel .....	16
Gambar 2.3.1 Diagram Alir Proses Penyaringan .....	18
Gambar 2.3.2 Desain Grafis MSSWS .....	19
Gambar 2.3.3 Mobile Screening Station (Jebsen & Jessen, 2018) .....	20
Gambar 2.4.1 Terminologi Waktu Alat Pemindahan Tanah Mekanis .....	22
Gambar 2.10 Diagram Alir Kerangka Penelitian .....	30
Gambar 3.1 Diagram Alir Rancangan Penelitian .....	32
Gambar 4.1.1 Biaya Pemeliharaan <i>Screening Station</i> Tahun 2005 – 2019 .....	36
Gambar 4.1.2 Perbandingan Hasil Metode Depresiasi .....	37
Gambar 4.6 Analisis Sensitivitas MSSWS .....	62

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Depresiasi MSSWS .....	67
Lampiran 2 Perkiraan Beta Beberapa Sektor .....	68
Lampiran 3 Equity Risk premium (ERP) .....	69
Lampiran 4 <i>Country Default Spread</i> (CDS) .....	70
Lampiran 5 Eskalasi, Inflasi dan Kurs Rupiah terhadap Dolar USA .....	71
Lampiran 6 Historis Harga Baja (Benchmark, Steel, Maret 2020) .....	72
Lampiran 7 Perbandingan Jarak Angkut FSS dan MSSWS .....	73
Lampiran 8 Perbandingan Teknologi Proses FSS dan MSSWS .....	74

# BAB 1

## PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang dilaksanakannya penelitian ini, tujuan dari dilakukannya penelitian, manfaat yang diharapkan dari diadakannya penelitian dan sistem penulisan penelitian ini.

### 1.1. Latar Belakang

Industri pertambangan merupakan industri yang bersifat padat modal dan karya sehingga membutuhkan pengelolaan optimasi dari sisi efisiensi biaya dan produktivitas secara berkelanjutan. Komponen biaya produksi dari harga berbagai komoditas yang cenderung meningkat dan harga produk mineral yang fluktuatif pada kebutuhan pasar memberikan pengaruh yang sensitif terhadap keuntungan yang dihasilkan dari suatu industri hulu pertambangan. Sejalan dengan pengembangan teknologi *Mining 4.0* saat ini menjadi peluang pengembangan dalam industri hulu pertambangan dalam meningkatkan produktivitas, efisiensi biaya operasional, optimalisasi ketersediaan bahan baku alam, dan pemenuhan standar baku mutu lingkungan hidup yang semakin tinggi sebagaimana diatur dalam ketentuan standar global industri dan peraturan suatu negara. Pengembangan *Mining 4.0* tersebut menjadi bagian yang perlu terus dieksplorasi untuk menjawab tantangan keberlanjutan operasional industri pertambangan.

Indonesia memiliki salah satu cadangan nikel terbesar di dunia bersama Kaledonia Baru dan Filipina yang memiliki potensi mengontrol  $\pm 20\%$  penyediaan mineral nikel di pasar dunia pada tahun 2019. Selain itu potensi pengembangan baterai untuk mobil listrik yang berbahan utama nikel dalam 10 tahun ke depan menyebabkan proyek-proyek *continuous improvement* dalam industri penambangan dan pengolahan nikel menjadi hal menarik untuk dikaji lebih lanjut untuk mempertahankan keberlanjutan operasional bisnis

industri pertambangan. Hal ini termasuk didalamnya adalah implementasi metodologi terbaru berbasis teknologi yang berdampak pada peningkatan produktivitas dan efisiensi biaya tambang.

PT X sebagai salah satu perusahaan yang bergerak di bisnis pertambangan nikel laterit, telah menyusun strategi kebijakan bisnis operasi perusahaan khususnya untuk lima tahun ke depan. Diantara strategi tersebut adalah melalui:

- *Operational Excellences* untuk pencapaian efisiensi unit biaya operasi menjadi \$6,000/ ton Nikel
- *Mining 4.0* untuk pencapaian produktivitas 25.100 Ton *nickel matte* per pekerja.

Sejalan dengan kedua strategi PT X tersebut maka salah satu proyek yang sedang dilakukan di operasi penambangan yaitu melakukan kajian evaluasi penggunaan *mobile screening station* dengan teknologi penyaringan tanpa air (*waterless*) dalam proses penyaringan bijih nikel laterit. *Mobile screening station waterless system* (MSSWS) ini direncanakan akan menggantikan metode konvensional *fixed screening station* (FSS) dengan penggunaan air yang dioperasikan saat ini.

*Mobile screening station* adalah teknologi yang telah digunakan dalam proses penambangan bijih mineral tipe batuan yang dikombinasikan dengan *crushing system* untuk mendapatkan produk ukuran fraksi (agregate) tertentu. Namun teknologi penyaringan dengan *waterless system* belum pernah teruji untuk sistem penyaringan bijih mineral tipe endapan seperti aluvial atau lateritik. Teknologi *mobile screening station* lebih awam dipakai di dunia untuk metode penambangan *continous surface mining* (truckless) dengan sistem alat gali seperti *bucket wheel excavator* dengan alat angkut *fixed* terpadu (*continous*) seperti *belt atau rail conveyors system*. Dimana sistim tersebut membutuhkan fasilitas stasiun penyaringan yang *mobile* dan dapat dipindahkan setiap waktu seiring dengan kemajuan proses penambangan pada alat gali *continous mining* yang umumnya diterapkan pada bukaan area penambangan yang relatif luas. *Mobile screening station* sangat jarang digunakan untuk sistem penambangan dengan alat konvensional pada truk

karena truk telah dianggap lebih fleksibel dibandingkan sistem penambangan *continous mining* dengan *fixed belt conveyor system*. Dalam hal ini implementasi teknologi MSSWS untuk proses penyaringan bijih nikel laterit diyakini adalah yang pertama dilakukan di industri pertambangan. Sehingga, perlu dilakukan evaluasi teknis dan ekonomi yang memadai untuk mengkonfirmasi tingkat keteknisan penyaringan material laterit yang bersifat lengket pada proses penyaringan tanpa air dan tingkat keekonomian dari metode proses penyaringan bijih nikel laterit.

*Scoping study* (FEL 1) telah dilakukan untuk mengevaluasi keekonomian awal penerapan MSSWS untuk menggantikan kelima (5) FSS yang ada saat ini menunjukkan:

- potensi efisiensi biaya energi pada pengeringan dengan *High Speed Diesel* (HSD) di *drying kiln* sebesar US\$2,000,000 per tahun selama 25 tahun umur tambang.
- peningkatan produktivitas dan efisiensi biaya alat tambang dengan mengoptimasi jarak angkut selama umur tambang melalui penggunaan *mobile screening station* diperkirakan US\$8,000,000 per tahun

Sebagai bagian dari *pre-feasibility study* (FEL 2), studi uji coba *mini mobile screening station* dengan kapasitas umpan 150 Ton/jam dari kebutuhan skala operasi 750 Ton/jam telah dilakukan. Studi tersebut dimaksudkan untuk mengkaji isu-isu kritical teknis operasional pada pengoperasian teknologi MSSWS dengan conto bijih nikel laterit sebanyak 6,000 Ton, menunjukkan:

- *Rotary barrel screen system* pada *mobile screening station* berfungsi dengan baik menyaring bijih nikel laterit hingga butiran produk akhir berukuran -1 inci tanpa penggunaan tambahan air.
- *Rotary barrel screen system* pada *mobile screening station* mendapatkan perolehan (recovery) penyaringan bijih nikel fraksi -6 inci yang lebih baik dibandingkan dengan model FSS. Sedangkan untuk mendapatkan fraksi -1 inci dibutuhkan dimensi *barrel screen* yang lebih panjang.
- *Rotary barrel screen system* pada *mobile screening station* menghasilkan dampak dilusi yang minor (insignificant) pada kandungan

nikel bijih tersaring, baik yang berukuran fraksi tersaring -6 inci hingga -1 inci.

- Kandungan air pada produk akhir tersaring *mobile screening station* lebih rendah dari yang dihasilkan oleh FSS.
- Kandungan air pada produk hasil *mobile screening station* juga dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan kedudukan profil bijih dalam tanah.

Berdasarkan hasil dari *scoping study* tersebut dilanjutkan pada tahapan *feasibility study* (FEL 3) dengan penyediaan detail *engineering* dan desain MSSWS. Kajian FEL 3 menghasilkan rekomendasi untuk melanjutkan proses tahap pengadaan dan konstruksi sebuah MSSWS dengan kapasitas 750 ton/jam yang akan digunakan pada area penambangan bijih nikel tipe *all passing* -6 inci (AP 6 inch) pada cadangan nikel laterit di area P. Jika dalam implementasi operasional MSSWS di area P tersebut membuktikan keberhasilan secara teknis operasional dan keekonomian yang disyaratkan maka akan dilanjutkan untuk melakukan studi pada alat *mobile screening station* tersebut pada tahun 2020 dengan memodifikasi ukuran *barrel screen* untuk proses penyaringan ukuran AP 1 inci pada tipe cadangan bijih nikel laterit di area lain. Hal ini perlu dilakukan sebelum dilakukan implementasi skala penuh untuk menggantikan kelima FSS saat ini.

## 1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang dihadapi dalam operasi penambangan nikel laterit adalah area penambangan yang berpindah setiap tahunnya seiring dengan habisnya cadangan nikel di area tersebut dan dilanjutkan rencana penambangan ke area yang baru. Dengan berpindahnya penambangan ke area yang baru mengakibatkan jarak pengangkutan bijih tambang semakin bertambah jauh dari FSS yang ada saat ini. Hal ini terjadi pada area penambangan blok P dimana jarak pengangkutan bijih dari area penambangan ke FSS saat ini telah mengalami penambahan jarak pengangkutan rata-rata dari 2 km menjadi 7 km dalam 15 tahun terakhir. Selain itu, penggunaan teknologi penyaringan FSS saat ini untuk memisahkan fraksi ukuran -6 inci (mengandung kadar nikel) dengan ukuran +6 inci (tidak mengandung kadar

nikel) dilakukan melalui proses penyaringan basah (dengan menggunakan penambahan air). Sehingga menyebabkan bertambahnya kandungan air dalam bijih tersaring. Penambahan jarak angkut ini menyebabkan penurunan produktivitas keseluruhan peralatan tambang dan peningkatan biaya unit operasi penambangan setiap tahunnya. Sedangkan penambahan air pada proses penyaringan saat ini menyebabkan biaya unit pengolahan bijih nikel selanjutnya di tanur pengeringan yang menggunakan energi pembakaran karbon (HSD) relatif tinggi setiap tahunnya. Sehingga dengan pengoperasian MSSWS untuk menggantikan FSS saat ini diharapkan akan meningkatkan fleksibilitas operasi penambangan untuk menurunkan jarak angkut penambangan setiap tahunnya dan mengurangi kandungan air dalam bijih nikel. Adapun penurunan jarak angkut tambang dilakukan dengan pemindahan MSSWS secara periodik mengikuti rencana perpindahan lokasi tambang relatif setiap tahunnya dan bukan secara perpetual atau terus menerus mengikuti kemajuan tambang setiap saat.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi bagaimana merumuskan komponen biaya investasi dan biaya penambangan bijih nikel yang dihasilkan dari pengoperasian MSSWS, bagaimana melakukan pemilihan alternatif investasi dan mengevaluasi tingkat keekonomian dari setiap alternatif, sejauh mana sensitivitas yang bisa ditolerir yang memungkinkan keputusan investasi dibuat, dan apakah keputusan yang seharusnya diambil terkait evaluasi ekonomi MSSWS.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari studi dasar kasus ini adalah melakukan kajian evaluasi penerapan metode baru dan yang pertama dengan pengoperasian MSSWS yang diaplikasikan pada proses pertambangan nikel laterit diantaranya:

- Mengevaluasi parameter-parameter yang akan digunakan dalam perhitungan ekonomi dari setiap alternatif investasi.
- Merumuskan komponen-komponen biaya dari setiap alternatif investasi

- Melakukan kajian ekonomi pengambilan keputusan investasi MSSWS dengan mempertimbangkan alternatif lainnya.

#### 1.4. Manfaat Penelitian

Dari pelaksanaan penelitian ini , beberapa manfaat yang diharapkan dapat dicapai adalah sebagai berikut:

- Penelitian diharapkan mampu memberikan penambahan ilmu pengetahuan untuk dapat mengevaluasi secara lebih menyeluruh tentang keekonomian implementasi operasional MSSWS dalam proses penambangan dan pengolahan bijih nikel laterit
- Penelitian mengetahui faktor yang paling berpengaruh terhadap pengambilan keputusan investasi dan memberikan gambaran mengenai model keputusan yang dapat digunakan dalam memilih investasi MSSWS
- Dari hasil penelitian diharapkan dapat menambah pengetahuan untuk mengkonfirmasi kesesuaian asumsi, hambatan yang dihadapi dan faktor-faktor lain yang belum diidentifikasi dalam evaluasi awal penerapan MSSWS
- Dari hasil penelitian implementasi tahap pertama MSSWS untuk cadangan deposit nikel laterit -6 inci di area blok P ini, dapat diperoleh data-data tambahan yang perlu dipertimbangkan sebelum penerapan MSSWS berikutnya di area lain khususnya potensi keberhasilan proses penyaringan tipe bijih nikel laterit hingga fraksi -1 inci.

#### 1.5. Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian yang ada adalah sebagai berikut:

- Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi keekonomian implementasi operasional MSSWS untuk bijih nikel laterit tipe -6 inci di area P.
- Pengolahan data dan unit biaya produksi didasarkan data operasional pada tahun 2019 dan 2020. Dalam hal ini akan diperlengkapi analisis

sensitivitas dalam evaluasi keekonomian penelitian ini untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang faktor-faktor utama yang berdampak sensitif terhadap perhitungan keekonomian selama umur operasional MSSWS

- Analisis ekonomi dilakukan dalam umur operasional alat MSSWS selama periode 8 tahun dan jarak yang timbul akibat posisi MSSWS pada periode tersebut telah ditentukan disesuaikan dengan pergerakan rencana area penambangan selama periode tersebut.

#### 1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini diuraikan menjadi beberapa bab sebagai berikut:

##### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini diawali dengan latar belakang dilakukannya penelitian yang dihubungkan dengan strategi program pengembangan bisnis 5 tahun kedepan PT X, dan sejauh mana kesesuaian penelitian proyek implementasi MSSWS untuk mendukung strategi perusahaan tersebut, perumusan masalah produktivitas dan efisiensi unit biaya operasional penambangan saat ini, tujuan dan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini serta sistematika penulisan.

##### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka berisi mengenai posisi penelitian dan kajian pustaka yang di dapat dari buku dan jurnal yang terkait tentang teori penunjang yang digunakan dalam pengerjaan penelitian.

##### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian berisi tentang alur penelitian yang digunakan, teknik pengumpulan data, metode yang digunakan disesuaikan dengan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya

## BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab analisis dan pembahasan akan melakukan pembahasan dari hasil pengolahan data yang dilakukan untuk dianalisis dan diuraikan secara sistematis. Analisis yang dilakukan dari pembahasan perhitungan biaya investasi dan komponen biaya bisnis proses penambangan dan penyaringan bijih nikel laterit. Kemudian ditutup dengan analisis sensitivitas parameter keekonomian operasional MSSWS.

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan dan saran dari pelaksanaan penelitian serta merekomendasikan saran untuk penelitian yang akan datang.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai kajian pustaka dan dasar teori dari penelitian evaluasi ekonomi pengoperasian MSSWS di bijih nikel laterit.

#### 2.1 Formasi Geologi dan Karakter Bijih Nikel Laterit

Istilah laterit berasal dari kata latin “later” yang berarti bata. Buchanan Hamilton yang pertama kali mengenalkan istilah tersebut di tahun 1807 untuk lapisan kerak besi (iron crusts) yang terbagi atas lapisan berbata untuk sebuah bangunan di Malabar, India Selatan. Menurut Buchanan, material bersifat cukup lunak untuk dipecahkan dalam bentuk lapisan berbata tetapi cukup keras seperti bata dan proses pengerasan tidak bisa diperbaharui. Semenjak saat itu istilah latin mengalami perubahan arti dengan warna aslinya berwarna merah, sebagian lapuk dan miskin kandungan humus sehingga digunakan istilah alluvial berwarna merah. Saat ini, istilah laterit digunakan merujuk pada jenis lapisan tanah residu (residual soils) yang kaya kandungan besi teroksidasi dan terbentuk oleh proses pelapukan kimia dibawah pengaruh air tanah tertentu. Tanah residu yang kaya kandungan aluminium hidrat teroksidasi diistilahkan bauksit. Pada umumnya terdapat pada batuan *mafik* yang memiliki kandungan Fe lebih tinggi dari Al pada wujud formasi granitik. Sedangkan batuan berlempung yang memiliki kandungan Al lebih tinggi dari Fe membentuk lapisan formasi bauksit. Kedua formasi tersebut miskin humus, terdepleksi silika dan mengandung lempung yang mengalami proses laterisasi oleh *leaching* secara intensif pada dasar lapisan sehingga mengakibatkan pengayaan residu elemen-elemen *non-mobile*. Laterit merupakan sumber utama kandungan Ni, Co, Al, Cr bahkan Au dan Pt.

Nikel laterit adalah lapisan tanah residu yang terbentuk dari batuan ultramafik melalui proses pelapukan kimia dan pengkayaan. Proses pelapukan kimia batuan dasar ultramafik yang disertai fraksinasi tipe-tipe elemen yang

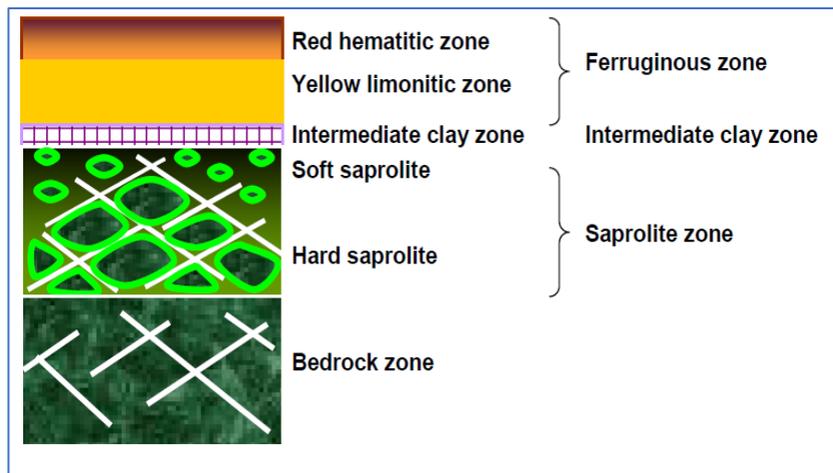
terlarut dan tidak terlarut kedalam air. Elemen-elemen terlarut air pada akhirnya mengalami proses *leaching* dan lolos keluar dalam sistem pelapukan. Sementara elemen-elemen yang tidak terlarut air tertinggal sebagai pengkayaan residu. Proses pelapukan kimia pada akhirnya menghasilkan formasi stratifikasi di dalam lapisan laterit di bagian bawah dan laterit awal di bagian atas. Stratifikasi pada profil pelapukan laterit terjadi oleh pengaruh kehadiran air dimana keduanya bergerak ke bawah melalui fluktuasi level air tanah. Sehingga dapat dipastikan bahwa tanpa kehadiran air, laterit tidak pernah dapat mencapai profil stratifikasi. Profil laterit menurut Waheed Ahmad (2009) dapat terbagi kedalam:

- a) *Zona Ferruginous* di bagian puncak, juga disebut zona laterit, zona limonit atau zona oksidasi (oxide). Zona ini terletak konsentrasi *non-mobile element* yang telah mencapai pengayaan pada nilai maksimum, semua komponen kimia terlarut (Ca, Na, K, Mg, Si) pada profile pelapukan telah ter-*leaching* meninggalkan profil pelapukan terjadi pengkayaan Fe, Al dan Mn teroksidasi. Bagian atas zona ini kaya akan *goethite* sedangkan dibagian bawah terkomposisi besi hidrat teroksidasi yang umumnya di dalam lapisan limonit. *Goethite* mungkin terpindahkan di permukaan tanah dalam kondisi asam dan terktistalisasi menjadi *ferricrete* (*iron cap, canga*). Secara ekstrem mineral tidak terlarut bertahan di dalam zona ini (*spinel, magnetite, maghemite, dan primary talc*). Dasar zona ini kaya akan manganis, kobalt dan nikel di dalam bongkahan manganis.
- b) *Zona intermediate clay* (zona *Smectite*). Zona ini terletak di antara limonit bagian bawah dan saprolit bagian atas (transisi) yang berisi lempung *smectite* yang lunak dan kristal kuarsa yang keras. Ketika zona ini terbentuk, gumpalan manganisasi terjadi lebih menonjol di bagian atas zona *intermediate* dibandingkan dengan bagian bawah zona limonit. Zona ini memiliki level porositas yang maksimum di dalam profile pelapukan. Pembentukan zona ini bergantung pada kekhasan iklim yang terjadi terbatas di dunia. Di dalam area curah hujan tinggi sepanjang tahun, silika dan magnesia tersiram keluar dari sistem profil pelapukan dan tidak ada lempung terbentuk. Tetapi di area iklim tropis basah dan kering dimana pelapukan kimia mungkin terbatas terjadi menghasilkan sebagian magnesia

dan silika tertinggal di dalam profil pelapukan didalam wujud lapisan lempung *smectite/nontronite*.

- c) *Zona serpentine ore* (Zona Saprolit). Ini adalah zona pelapukan dan perubahan batuan dasar dimana proses pelapukan kimia sedang terjadi secara aktif, umumnya terletak di bawah permukaan air tanah dalam kondisi profil pelapukan sebagian yang jenuh dan selalu basah. Pelapukan kimia terjadi sepanjang sambungan antar batu, patahan batuan, rekahan dan retakan mikro dalam kristal. Saprolitisasi sepanjang sambungan permukaan batuan membentuk formasi bongkahan (boulders) di dalam zona saprolit. Bongkahan batu tersebut dapat mengandung kerak saprolit yang dapat membawa kadar nikel yang baik. Pada batuan dasar *peridotite* tidak tersementisasi, saprolisasi terbatas pada permukaan bongkahan batu yang mengakibatkan tidak terdapatnya kandungan nikel pada bongkahan batu. Zona lapisan saprolit terbagi pada bagian kasar berbatu di bagian bawah dan halus lunak dibagian atas. Level porositas umumnya meningkat ke arah atas di dalam zona saprolit dan mencapai nilai maksimum di dalam zona *intermediate*.
- d) Dan batuan dasar di bagian paling bawah (zona bedrock). Zona ini berisi batuan dasar relatif keras di bawah profil lapisan pelapukan laterit. Zona lapisan ini adalah permulaan terjadinya proses pelapukan melalui keretakan dan susunan formasi batuan yang saling terkait. Batasan antara batuan dasar mungkin tidak terlalu jelas dan juga pembagian tidak pernah pada garis horisontal tetapi mengikuti kontur profir pelapukan yang dipenetrasi oleh sesar, patahan dan sambungan utama (major joints)

Adapun profil umum nikel laterit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.1 dan Gambar 2.1.2 dibawah ini.



Gambar 2.1.1 Profil Umum dan Kandungan Zona Laterit (Waheed Ahmad, 2009)



Gambar 2.1.2 Profil Nyata Nikel Laterit (Waheed Ahmad, 2009)

## 2.2 Proses Penambangan dan Pengolahan Bijih Nikel Laterit

Proses penambangan bijih nikel laterit melalui urutan tahapan berikut:

1. Pembersihan lahan dan pengupasan tanah pucuk

Pada tahap awal proses penambangan dimulai dengan pembersihan lahan dari pepohonan dan pengupasan tanah pucuk yang mengandung hara. Tanah

pucuk ini dikumpulkan dan akan digunakan dalam proses rehabilitasi area purna tambang.

2. Pengupasan dan penutupan tanah penutup (overburden)

Pengupasan tanah penutup untuk lapisan laterit yang memiliki kadar di bawah batas minimum (Cut off Grade) 1.5% Ni dan dikumpulkan di area disposal bekas tambang melalui sistem penutupan kembali (backfilling) dengan menggunakan armada alat dorong (bulldozer), alat gali (shovel) dan alat angkut (truk). Pengupasan tanah penutup berhenti hingga tersingkap lapisan bijih bagian atas (Ore exposed) dengan kadar minimum 1.5% Ni.

3. Penambangan bijih (ore) Nikel

Setelah lapisan bijih tersingkap maka dilakukan penambangan bijih nikel dengan penggunaan alat gali (excavator) dan alat angkut (truk) untuk diangkut ke stasiun penyaringan (screening station). Penggalan bijih Nikel berhenti hingga tersingkap batuan dasar (bed rock) dengan kadar minimum nikel 1.5%.

4. Penyaringan bijih Nikel di *Screening Station*

Penyaringan bijih Nikel di *screening station* dilakukan untuk memisahkan ukuran fraksi +6” yang memiliki kadar nikel di bawah 1.5% dengan ukuran fraksi -6” yang memiliki kadar nikel di atas 1.5%. Jika ukuran fraksi diatas +6” ditemukan kadar di atas 1.5% Ni atau dibutuhkan pencampuran kimia Fe dan atau rasio SiO<sub>2</sub>/MgO, maka akan diumpankan ke sistim *crushing* untuk diremukan hingga ukuran -1”. Selanjutnya hasil peremukan dicampurkan dengan produk hasil tersaring -6”. Hasil penyaringan dalam masing ukuran fraksi ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Komposisi dan Kadar Nikel Fraksi Bijih Tersaring 6”  
(data internal perusahaan)

	Wt. %	Ni	Fe	SiO <sub>2</sub>	MgO	S/M ratio
-1”	65.67	1.81	22.71	30.45	15.81	1.93
+1-3”	15.51	1.83	10.43	38.87	27.71	1.40
+3-6”	18.83	1.89	8.97	38.83	29.66	1.31
-6”	100.00	1.83	18.22	33.33	20.26	1.64

5. Pengangkutan produk *screening station* (SSP) ke *stockpile*

Produk hasil penyaringan bijih -6" (SSP) dimuat dengan alat muat (Loader) dan diangkut dengan truk menuju area *stockpile*. Setelah minimum 4 minggu waktu tunggu (*retention time*) untuk mengurangi kadar air secara alami dengan mengangin-anginkan di area *stockpile*, kemudian diangkut untuk proses pengolahan ke pabrik.

Adapun proses penambangan bijih nikel laterit ditunjukkan pada Gambar 2.2.1.



Gambar 2.2.1 Tahapan Proses Penambangan Bijih Nickel (data perusahaan)

Proses Pengolahan dan peleburan bijih nikel laterit melalui urutan tahapan berikut:

1. Proses Pengeringan di *Drying Kiln*

SSP diangkut dari WOS dan diumpankan ke *rotary drying kiln* dimana bijih dikeringkan dari kandungan air awal 30% - 40% sebagai DKF (Dryer Kiln

Feed) menjadi 19% - 21% DKP (Dryer Kiln Product). Kemudian DKP disimpan sementara di dalam *dry Ore Stockpile* (DOS)

2. Proses reduksi di *Reduction Kiln*

Pencampuran (blending) DKP dengan rasio tertentu dilakukan dari DOS untuk mendapatkan komposisi kimia bijih dan diumpankan ke *rotary reduction kiln* dengan temperatur tinggi dan proses reduksi. Di dalam zona pertama (preheating zone), *Reduction kiln* mengeringkan total kandungan air. Di dalam zona kedua (calcination zone), kandungan air kristal dalam mineral bijih dikeluarkan. Selanjutnya sebagian besar reduksi terjadi di zona ketiga (reduction zone) dengan menginjeksi *high sulphur fuel oil* (HSFO). Percikan minyak dan semburan api terkontrol menciptakan kondisi reduksi yang tinggi. Pada saat yang bersamaan, cairan belerang bereaksi dalam aliran bijih dan mereduksi besi dan nikel membentuk sulfida. Hasil produk kiln tereduksi disebut *calcine*. *Calcine* mengalir keluar melalui saluran akhir *reduction kiln* kedalam sebuah *refractory-lined surge bin* dimana transfer kontainer terisi, tertutup dan ditransportasi melalui bagian atas *electric furnace* ke *furnace feed bins*.

3. Proses peleburan di *Electrical Furnace*

*Calcine* dilebur di dalam *electric furnace* untuk memisahkan *slag* (oxids phase) dari *matte sulphide*. Cairan panas *slag* meluncur keluar secara menerus dari *furnace* dan kemudian ditampung ke dalam pot untuk diangkut ke tempat pembuangan dengan *slag pot carrier*. Cairan panas *furnace matte* mengandung 25% – 28% kadar nikel.

4. Proses Pemurnian di *Converter*

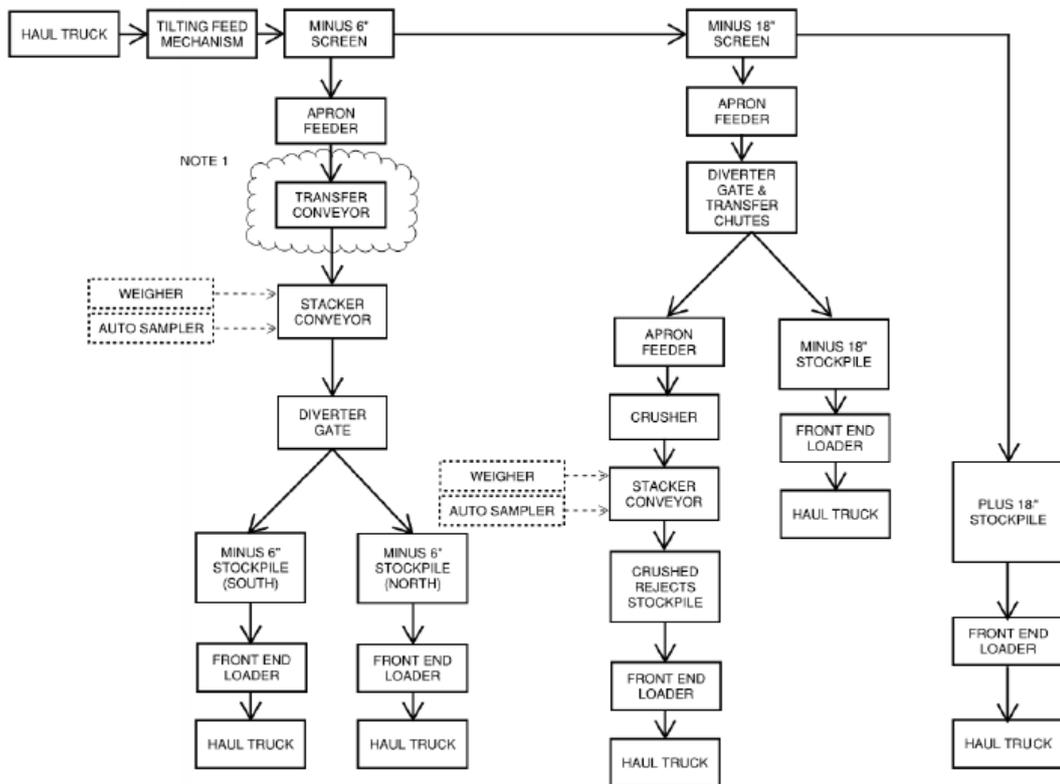
Cairan panas *furnace matte* ditransfer ke *converter* melalui *ladler*. Angin ditiupkan kedalam *converter* untuk mengoksidasi sisa besi dan seketika silika ditambahkan ke aliran besi teroksidasi kemudian dipindahkan keluar menjadi *slag*. Produk akhir pemurnian di *converter* menghasilkan *matte* dengan kandungan 78% - 80% Ni, 18% – 21% S, dan 1.00% - 1.54% Co dalam bentuk tergranulasi, kering, tersaring dan dikemas untuk di kirimkan ke pelabuhan.



- Enam inci hingga delapan belas inci (6 "-18") dengan kadar nikel rendah di bawah 1.5%
- *Reject Rock* lebih dari delapan belas inci (+18 ") yang tidak mengandung kadar nikel.

Pada saat tertentu yaitu jika kadar nikel masih di atas 1.5% atau jika dibutuhkan pencampuran kandungan Fe dan rasio  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$  berkadar rendah maka fraksi 6 "-18" akan dilewatkan melalui *jaw crusher* untuk direduksi menjadi ukuran 1" dan selanjutnya dicampurkan ke aliran SSP. Jika *jaw crusher* tidak beroperasi, gerbang pengalih dan *transfer chute* akan mengalihkan fraksi 6 "- 18" ke tumpukan yang tidak dihancurkan. Adapun diagram alir proses penyaringan ditunjukkan pada Gambar 2.3.1.

*Mobile screening station* ini dirancang untuk kapasitas umpan 750 ton/jam. Semua peralatan akan dioperasikan secara menerus dalam rentang waktu 24 jam per hari, 365 hari per tahun dengan *physical availability* 80% dengan mempertimbangkan kebutuhan pemeliharaan dan inspeksi rutin. Ukuran area penampungan (*stockpile*) untuk SSP (-6") adalah dengan tinggi maksimum puncak kerucut 4 Meter dan sudut kemiringan tumpukan diasumsikan  $10^0$ -  $15^0$ . Sedangkan ukuran area *stockpile* untuk fraksi +6" dan +18" dengan tinggi maksimum 6 Meter dengan sudut kemiringan tumpukan diasumsikan  $35^0$ .



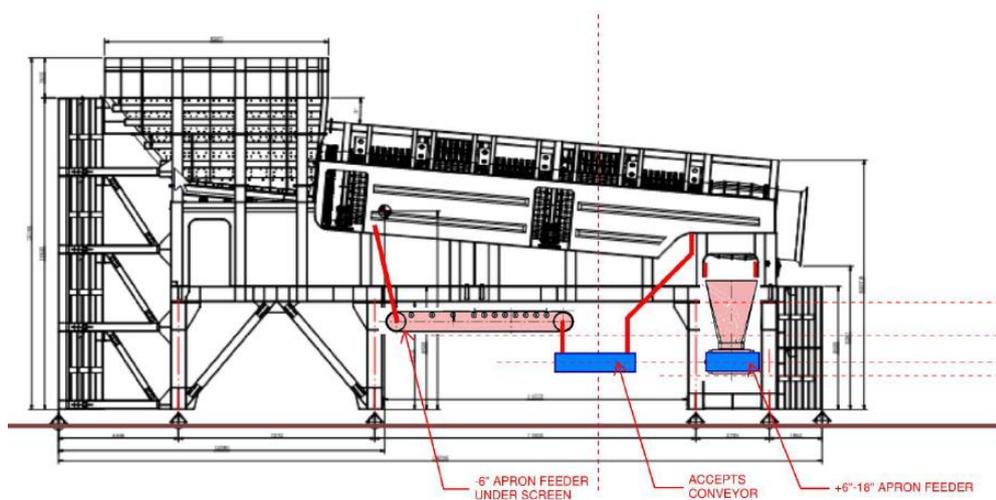
Gambar 2.3.1 Diagram Alir Proses Penyaringan (Beca Consultant, 2009)

Bagian komponen utama dan aliran material dari *mobile screening station* ditunjukkan pada gambar 2.3.2. dan dirangkum menurut referensi *Jebsen & Jessen consultant, 2018* sebagai berikut:

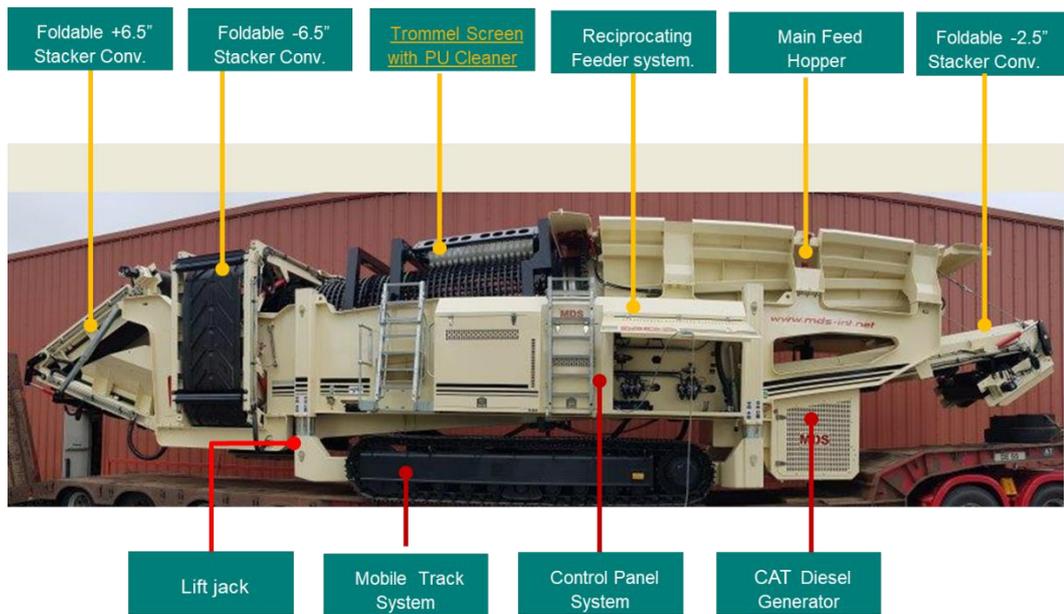
- Panel Penahan lereng (*Bench Retaining Panels*) - Pada belakang kerangka dasar utama dipasang dibagian bawah *hopper* yang dirancang untuk mendukung aktivitas pemuatan dan kestabilan instalasi pada lereng. Sepenuhnya diperkuat dan dikaitkan pada skid utama dan kerangka dasar.
- *Dump Truck Reversing / Front End Loader Stop Bar* – terletak pada titik penongkangan
- *Main Feed Hopper* – dengan kapasitas tampung  $90 \text{ M}^3$  (180T) dan di desain untuk dapat menerima material ROM berukuran  $< 2,000 \text{ mm}$  dari *Front End Loader* 20 Ton hingga truk kapasitas 100 Ton.
- *Reciprocating Feeder system* – Dirancang agar *feeder table* tidak pernah kosong atau mengeluarkan semua material. Feeder tersebut menyediakan

material di dasar sebagai bantalan terhadap dampak muatan material yang besar masuk ke *main feed hopper* sehingga melindungi *feeder table*. Material yang lengket akan didorong secara menerus ke barel untuk menghindari efek kelebihan muatan pada (*overloading*) pada barel.

- *Primary Screening Section* – Barel penyaringan dengan ukuran 2 M diameter x 11.5 M panjang. Dirancang untuk penyaringan efektif hingga fraksi material berukuran -2” dan -6” dan berkinerja dengan baik pada kondisi material kering dan atau basah. Sebuah rotary *self-cleaning system* di pasang pada bagian atas 3 Meter pertama dari barel penyaringan untuk mencegah material tersumbat pada lubang saringan barel. *Rotary cleaner* tersebut akan mendorong setiap material lengket kembali ke dalam barel untuk diproses kembali sehingga memastikan efisiensi operasi dapat tercapai dengan baik pada kondisi material kering dan atau sangat basah untuk disaring.
- *Secondary Screening section* – Barel penyaringan dengan ukuran 2,5 M diameter x 11,5 M panjang untuk menyaring fraksi material ROM ukuran +2”, +6” - 18”. Aliran material tersaring pada setiap fraksi dikeluarkan secara gravitasi dari *barrel screen* melalui saluran keluaran (*chute*) masing-masing.



Gambar 2.3.2 Desain Grafis MSSWS (Jebsen & Jessen, 2018)



Gambar 2.3.3 *Mobile Screening Station* (Jebsen & Jessen, 2018)

#### 2.4 Perhitungan Produktivitas Alat Tambang

Produktivitas suatu alat pemindahan tanah mekanis (Partanto Prodjosumarto, 1998) dapat dihitung dengan rumus umum:

$$P = \frac{E \cdot I \cdot H}{C} \quad \dots (2.1)$$

Dimana:

P: Produktivitas efektif per jam

E: Efisiensi kerja (menit)

I: *Swell factor* material (%)

H: Kapasitas munjung alat (ton atau m<sup>3</sup>)

C: Waktu daur (cycle time)

Waktu daur terdiri dari waktu tetap dan waktu variabel yang dapat dihitung pada beberapa alat seperti:

a) Alat gali atau muat

Waktu tetap: Waktu manuver (*spotting time*) + waktu menunggu (*holding time*)

Waktu variabel: Waktu muat (*loading time*), yang dihitung berapa waktu yang diperlukan untuk mengisi muatan truk yang bergantung pada ukuran kapasitas alat masing-masing

b) Alat angkut truk

Waktu tetap: waktu muat + waktu manuver (*spotting time*) + waktu tongkang (*dumping time*)

Waktu variabel: Waktu penuh perjalanan (*traveling time*), yang dihitung berapa waktu yang diperlukan untuk melakukan perjalanan ke tujuan pergi dan kembali yang bergantung pada kecepatan truk dan kondisi jalan.

Produksi yang dapat dihasilkan oleh alat pemindahan mekanis (Partanto Prodjosumarto, 1998) dihitung dengan rumus umum berikut:

$$\text{Produksi} = P \times UoA \times PA \times WH \quad \dots (2.2)$$

Dimana:

P : Produktivitas per jam

UoA : *Use of Availability*

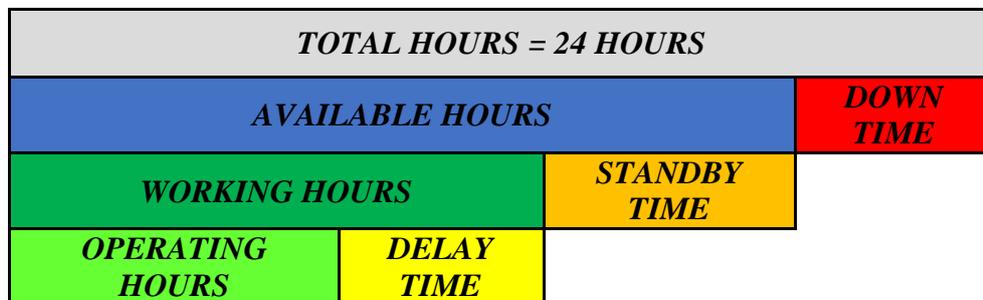
PA : *Physical Availability*

WH : Jam kerja (*Working Hours*)

Terminologi waktu yang digunakan dalam pengoperasian alat pemindahan tanah mekanis ditunjukkan pada Gambar 2.4.1 dan didefinisikan sebagai berikut:

1. *Total Hours*, yaitu total waktu yang tersedia untuk alat bekerja dalam periode tertentu (misal, 1 hari = 24 jam)

2. *Available Hours*, yaitu jumlah waktu yang tersedia yang dihitung dari total waktu yang tersedia dalam periode tertentu setelah dikurangi dengan keseluruhan waktu yang diperlukan untuk perawatan alat
3. *Working Hours*, yaitu waktu kerja suatu alat yang terhitung dari waktu yang tersedia (*available hours*) setelah dikurangi dengan waktu tunggu (*standby time*)
4. *Operating Hours* atau, waktu efektif yang tersedia untuk suatu alat beroperasi yang dihitung dengan mengurangi waktu kerja (*working hours*) dengan waktu tunda (*delay time*)



Gambar 2.4.1 Terminologi Waktu Alat Pemindahan Tanah Mekanis

Dengan menggunakan terminologi dan definisi waktu di atas maka efektivitas waktu dapat dirumuskan sebagai berikut (Partanto Prodjosumarto, 1998):

$$\text{Physical Availability} = \frac{\text{Available Hours (Working Hours + Standby time)}}{\text{Total Hours}} \quad \dots (2.3)$$

$$\text{Use of Availability} = \frac{\text{Working Hours (Operating Hours + Delay time)}}{\text{Available Hours}} \quad \dots (2.4)$$

$$\text{Utilization} = \frac{\text{Working Hours}}{\text{Total Hours}} \quad \dots (2.5)$$

## 2.5 Metode Penilaian Investasi

Dalam tahapan proses analisis ekonomi untuk penilaian dan pemilihan investasi maka langkah-langkah yang dilakukan yang dikutip dari W. Sullivan dkk, (2009) adalah sebagai berikut:

- a) Identifikasi, pedefinisian dan evaluasi masalah
- b) Kajian kelayakan alternatif
- c) Pengembangan hasil (*outcome*) dan aliran kas untuk setiap alternatif
- d) Pemilihan kriteria
- e) Analisis dan perbandingan alternatif
- f) Pemilihan alternatif yang lebih disukai
- g) Pemantauan kinerja dan hasil paska evaluasi

### 2.5.1 *Net Present Value* (NPV)

*Net Present value* (NPV) adalah suatu metode untuk mengevaluasi kelayakan suatu proyek yang didasarkan pada perhitungan nilai uang sekarang dari perkiraan adanya uang kas masuk bersih pada masa mendatang dibandingkan dengan jumlah investasi yang akan dilakukan. Selisih antara nilai yang ditanamkan dalam investasi awal dibandingkan dengan nilai *present value* dari arus kas masuk yang diperkirakan didapat dari adanya investasi tersebut itulah yang disebut dengan *net present value*.

Rumus umum dari *Net Present Value* menurut William Sullivan dkk (2009) sebagai berikut:

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} \quad \dots (2.6)$$

Dimana:

$R_t$  : *Net cash flow*, yaitu arus kas tahunan yang dihasilkan oleh proyek selama periode tertentu.

$I_0$  : *Initial cash investment, present value* dari biaya investasi awal

$i$  : *Discount rate* atau tingkat pengembalian yang dapat diperoleh pada suatu investasi  
 $t$  : Periode waktu

Jika NPV menunjukkan hasil positif maka investasi yang dilakukan pada akhirnya dapat meningkatkan nilai perusahaan, sehingga sebaiknya perusahaan dapat menjalankan proyek tersebut karena tidak dapat memberikan kenaikan nilai bagi perusahaan. Dalam kasus bahwa beberapa alternatif pilihan investasi sama-sama memberikan nilai NPV yang positif tetapi harus dipilih salah satu maka sebaiknya perusahaan memilih alternatif investasi yang memiliki NPV paling besar karena paling menguntungkan dari segi ekonomis.

### 2.5.2. *Internal Rate of Return*

*Internal rate of return* adalah metode yang menghitung tingkat bunga (*discount rate*) yang membuat nilai sekarang dari seluruh perkiraan arus kas masuk sama dengan nilai sekarang dari ekspektasi arus kas keluar.

IRR merupakan tingkat bunga yang membuat nilai NPV yang dihitung menjadi sama dengan nol. Rumus umum dari IRR menurut William Sullivan dkk (2009) sebagai berikut:

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} = 0 \quad \dots(2.7)$$

Dimana:

$R_t$  : *Net cash flow*, yaitu arus kas tahunan yang dihasilkan oleh proyek selama periode tertentu.

$I_0$  : *Initial cash investment, present value* dari biaya investasi awal

$i$  : *Internal rate return* atau tingkat pengembalian yang dapat diperoleh pada suatu investasi  
 $t$  : periode waktu

Setelah hasil IRR diperoleh maka selanjutnya untuk mengkaji apakah usulan investasi tersebut layak atau tidak dijalankan oleh perusahaan maka perlu dibandingkan dengan *Minimum Attractive Rate of Return* (MARR). MARR adalah *discount rate* yang ditetapkan berdasarkan kebijakan perusahaan tingkat *top management* pada suatu nilai minimum ekonomi dalam suatu organisasi yang mempertimbangkan beberapa hal menurut William Sullivan dkk (2009) sebagaimana berikut:

1. Ketersediaan dan sumber pendanaan investasi
2. Jumlah dan ketersediaan portfolio proyek-proyek yang layak untuk investasi dengan pertimbangan keperuntukannya seperti untuk kepentingan keberlanjutan atau ekspansi operasi perusahaan
3. Penilaian faktor risiko yang masih dapat diterima terhadap peluang investasi dan perkiraan tingkat biaya proyek dalam kerangka waktu jangka pendek maupun jangka panjang.
4. Tipe organisasi yang terlibat seperti: pemerintah, perusahaan publik atau swasta

Jika hasil IRR yang diperoleh lebih besar daripada MARR maka investasi yang dilakukan berarti dapat memberikan keuntungan yang lebih besar dari yang diharapkan, sehingga usulan investasi tersebut layak untuk dijalankan oleh perusahaan. Hal yang sebaliknya terjadi jika nilai perhitungan IRR lebih kecil daripada MARR maka perusahaan tidak menjalankan usulan investasi tersebut. Dalam kasus bahwa beberapa alternatif pilihan investasi sama-sama memberikan nilai IRR yang lebih tinggi dari MARR tetapi harus dipilih salah satu maka

sebaiknya perusahaan memilih alternatif investasi yang memiliki IRR paling besar karena paling menguntungkan dari segi ekonomis.

## 2.6 Aliran Kas dalam Investasi

Terminologi aliran kas digunakan untuk menunjukkan aliran kas bersih masuk (*net cash inflow*) atau aliran kas bersih keluar (*net cash outflow*) yang terjadi selama periode operasi tertentu seperti bulan atau tahun. Aliran kas masuk dari pendapatan (*revenues dan savings*) yang dikurangi dengan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan seperti biaya operasi, pajak penghasilan dan pembelanjaan modal adalah sama dengan aliran kas proyek pada periode tertentu. Jika aliran kas keluar melebihi aliran kas masuk maka aliran kas adalah negatif dan sebaliknya jika aliran masuk melebihi aliran kas keluar maka aliran kas adalah positif.

## 2.7 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas digunakan untuk mengetahui apa yang terjadi pada tingkat keuntungan suatu proyek ketika nilai pada parameter-parameter yang diperkirakan dalam studi mengalami perubahan nilai. Kemungkinan variasi pada parameter-parameter proyek diasosiasikan sebagai adanya faktor ketidakpastian dan risiko yang dianalisis untuk mengukur dampak terhadap tingkat pengembalian dari suatu proyek yang diharapkan dan untuk mengetahui tingkat kemungkinan kegagalan dari suatu proyek. Dimana, hal ini dilakukan dengan melakukan estimasi NPV untuk beberapa skenario seperti kondisi pesimis, sedang, dan optimis dari setiap variabel yang ada (Franklin & John Stermole, 1990). Hanya ada satu variabel pada satu waktu yang berubah dan dianalisis sedangkan variabel yang lain tetap dianggap konstan.

Beberapa tahapan yang dilakukan dalam analisis sensitivitas menurut Franklin dan John Stermole (2000) dapat diringkas sebagai berikut:

- a. Melakukan kalkulasi NPV proyek dengan menggunakan nilai pada kondisi sedang untuk dilakukan kalkulasi estimasi pada setiap variabel yang ada.

- b. Memilih hal-hal mana saja dari variabel ketidakpastiaan yang menjadi hambatan penting bagi manajemen untuk memprediksi kinerja dari proyek tersebut.
- c. Membuat suatu proyeksi dari ketiga kondisi tersebut pesimis, sedang, dan optimis untuk setiap variabel proyek tersebut.
- d. Menghitung ulang nilai NPV proyek dari setiap level variabel.
- e. Menghitung perubahan pada nilai dari NPV untuk setiap level dan variabel
- f. Mengidentifikasi variabel sensitivitasnya.

## 2.8. Metode Penyusutan (Depresiasi)

Depresiasi adalah penurunan suatu nilai fisik aset sejalan dengan waktu dan penggunaannya. Depresiasi adalah suatu konsep akunting yang diadakan sebagai pengurangan aliran kas tahunan sebelum pajak penghasilan sehingga efek waktu dan penggunaan suatu nilai aset yang mencerminkan pernyataan finansial perusahaan. Pembebanan biaya atas investasi suatu aset sangat tergantung pada metode penyusutan yang dipilih oleh perusahaan. Metode ini akan mempengaruhi analisis aliran kas secara tidak langsung. Beberapa metode penyusutan menurut Stefanus Eko Wiratno (Ekonomi Teknik, 2004) adalah sebagai berikut:

### a. *Straight line*

Metode ini adalah metode yang paling sederhana dengan membagi nilai penyusutan dengan jumlah tahun penyusutan aset. Hasilnya ada jumlah yang konstan selama waktu penyusutan. Metode ini cenderung untuk memperhalus grafik pendapatan sepanjang umur ekonomis aset karena pengeluaran dan pendapatan relatif konstan.

### b. *Accelerated declining balance*

Metode ini dilakukan dengan cara mengalikan sebuah bilangan persentase yang konstan dengan nilai buku aset yang sudah dikurangi dengan penyusutan setiap tahunnya. Angka yang menjadi dasar acuan perhitungan

adalah total biaya dari asset yang dikurangi setiap tahun oleh akumulatif penyusutan yang terjadi saat ini.

c. *Sum of the years digit*

Metode ini menggunakan nilai yang berubah-ubah. Setiap tahun sebuah bilangan proporsi dikalikan dengan nilai aset yang dapat disusutkan. Nilai yang menjadi numerator adalah jumlah tahun tersisa dari umur aset.

d. *Production unit based*

Metode ini bermanfaat ketika penggunaan aset terutama merupakan fungsi dari output yang dihasilkan. Pertama perlu dibuat perkiraan total output dari aset unit yang terukur. Lalu penyusutan dihitung berdasarkan proporsi dari total output yang diproduksi dalam tahun tersebut. Metode ini mempunyai keunggulan keakuratan dalam mencerminkan biaya yang dikeluarkan untuk output yang dihasilkan.

Pada penelitian saat ini investasi terkait dengan pembelian peralatan maka metode penyusutan yang akan digunakan adalah metode *accelerated declining balance*, dimana akan disusutkan selama umur ekonomis yaitu 8 tahun.

## 2.9. Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian diperlukan suatu landasan teori yang dipergunakan untuk mendukung teori yang diajukan. Landasan yang dapat digunakan sebagai acuan adalah dengan menggunakan penelitian terdahulu. Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang dipandang relevan dan dapat dijadikan pendukung dalam penelitian ini:

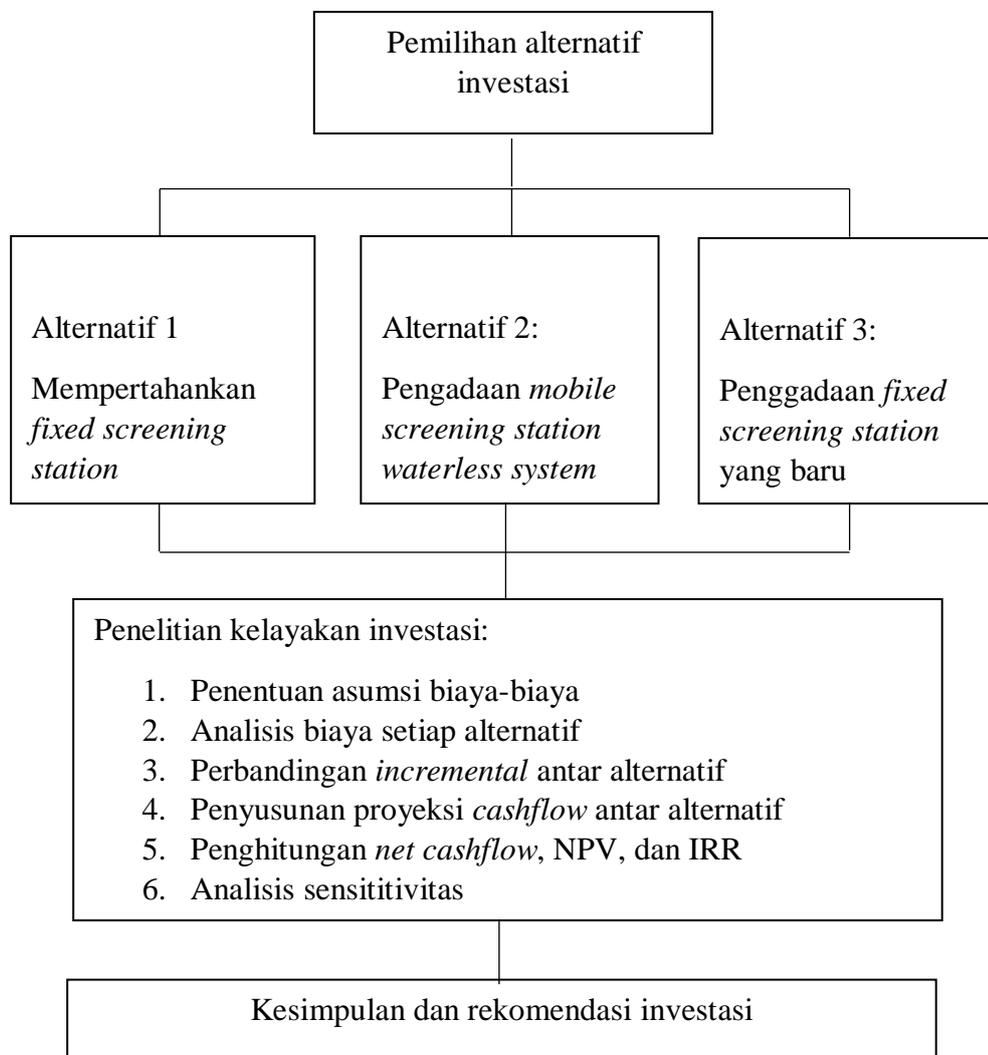
Tabel 2.9 Persamaan dan Perbedaan Dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian	Negara	Obyek	Analisis Data
Connelly, D, 2013	<i>Mobile Crushing and Screening Plant application for Small to medium Size Iron Ore Projects</i>	Australia	<i>Iron Ore</i>	NPV dan IRR
Richardson and R E Conder	<i>Evaluation of Materials Handling Transportation Systems</i>	Australia	<i>MRC Cable Belt Conveyor system.</i>	NPV dan IRR
Woodhouse M, Cox R and Cotton R E	<i>Economic Geology of the Digger Rocks Nickel Deposit, Forrestania, Western Australia</i>	Australia	<i>Nickel Sulphides</i>	NPV dan IRR
Yustian, Andy	<i>Evaluasi Ekonomi Pengoperasian Mobile Screening Station Waterless System pada Proses Penambangan dan Pengolahan Bijih Nikel Laterit</i>	Indonesia	<i>Nickel Laterit</i>	NPV dan IRR

#### 2.10. Kerangka Penelitian

Metode penelitian ini dibentuk berdasarkan pengembangan dari hasil landasan teori yang telah dibahas sebelumnya serta kondisi yang harus dihadapi di lapangan oleh perusahaan. Perusahaan dihadapkan pada dua pilihan investasi yaitu antara menambah alat angkut tambang (truk) dengan

mempertahankan *fixed screening station* dan proses pengolahan saat ini (alternatif 1) atau mengadakan *mobile screening station waterless system* untuk menggantikan *fixed screening station* (alternatif 2). Dalam hal ini ditambahkan sebuah alternatif lain yaitu dengan pengadaan *fixed screening station* yang baru (alternatif 3). Untuk menentukan pilihan investasi manakah yang harus diambil maka digunakan metode penelitian perhitungan NPV dan IRR. Kesimpulan akhir dari penelitian ini akan menghasilkan suatu rekomendasi berdasarkan perhitungan secara empiris pilihan mana yang sebaiknya harus diambil oleh perusahaan.



Gambar 2.10 Diagram Alir Kerangka Penelitian

## BAB 3

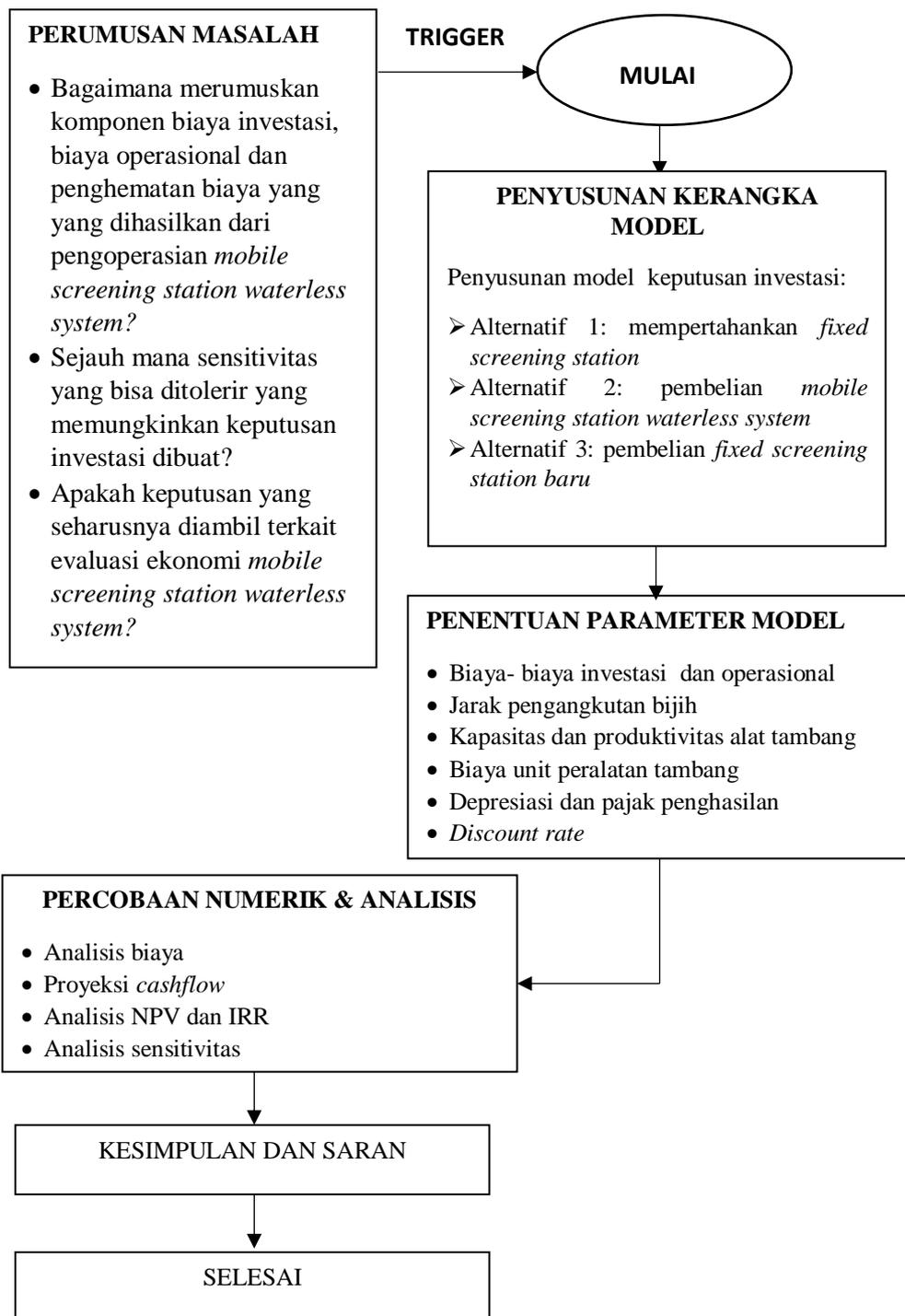
### METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai metode penelitian untuk melakukan evaluasi ekonomi pengoperasian *mobile screening station* di bijih Nikel laterit.

#### 3.1. Rancangan Penelitian

Berdasarkan dari jenis penelitian yang dilakukan maka penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian studi kasus pada obyek MSSWS. Dalam hal ini implementasi teknologi MSSWS untuk proses penyaringan bijih nikel laterit diyakini adalah yang pertama dilakukan di industri pertambangan. Sehingga, perlu dilakukan evaluasi teknis dan ekonomi yang memadai untuk mengkonfirmasi tingkat keteknisan penyaringan material laterit yang bersifat lengket pada proses penyaringan tanpa air dan tingkat keekonomian dari metode proses penyaringan ini untuk diaplikasikan pada proses penambangan dan pengolahan bijih nikel laterit.

Studi kasus ini meliputi analisis konstekstual dan mendalam yang dikembangkan dengan suatu pendekatan metodologi yang digunakan dalam mengevaluasi kelayakan ekonomi suatu investasi. Jika dilihat dari sumber data yang diperoleh dalam penelitian ini maka penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian primer, dimana data yang diperoleh berasal dari pihak pertama yang memiliki suatu data. Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir rancangan penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Alir Rancangan Penelitian

### 3.2. Batasan Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini terbatas pada evaluasi kelayakan ekonomi terhadap pengambilan keputusan investasi

pengoperasian MSSWS untuk pengolahan bijih nikel laterit pada PT X. Namun demikian, studi kasus ini berisi analisis studi kasus yang dapat dimiliki oleh situasi yang mirip dalam organisasi lain. Sehingga pendekatan analisis dan hasil analisis studi kasus ini mungkin dapat diadopsi pada analisis kasus yang memiliki sifat dan definisi masalah yang serupa dengan yang dialami dalam situasi saat ini.

### 3.3. Subyek dan Obyek Penelitian

Subyek penelitian adalah orang-orang yang terlibat dalam studi kasus ini di antaranya adalah *Mines General Manager, Finance Manager, Dryer Manager, Project Manager* dan *Project Engineer*. Dari sumber informan tersebut peneliti akan memperoleh data-data yang akan diolah terkait penilaian investasi proyek MSSWS di PT X. Data-data teknis, komponen-komponen biaya, dan proyeksi aliran kas terkait investasi, biaya operasional dan penghematan biaya yang akan diperoleh di masa mendatang akan menjadi obyek dalam penelitian ini untuk mengevaluasi tingkat kelayakan dari keputusan investasi ini.

### 3.4. Data yang Diperlukan

Dalam melaksanakan penelitian ini, peneliti membutuhkan beberapa data sebagai berikut untuk keperluan analisis lebih lanjut:

- a) Rincian keseluruhan biaya investasi MSSWS meliputi desain, pembelian, konstruksi dan instalasi alat *mobile screening station* serta keseluruhan fasilitas pendukung.
- b) Komponen waktu edar dan kapasitas peralatan tambang untuk menghitung penghematan dari kenaikan produktivitas alat melalui penurunan jarak angkut dengan penggunaan MSSWS.
- c) Peta lokasi dan jarak pengangkutan sebelum dan sesudah implementasi MSSWS.
- d) Biaya unit operasional dan pemeliharaan alat tambang termasuk *screening station*
- e) Estimasi nilai ekonomis (umur peyusutan) dari MSSWS

### 3.5. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini proses pengumpulan data dilakukan melalui 3 teknik yang meliputi sebagai berikut:

a) Wawancara

Wawancara dilakukan dengan semua subyek penelitian untuk mendapatkan gambaran tentang rencana investasi dan pra-studi yang telah dilakukan dalam pengoperasian MSSWS oleh PT X berikut kendala-kendala yang ada di lapangan selama ini.

b) Observasi

Observasi dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap obyek penelitian yang akan dianalisis. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran visual yang lebih jelas dalam melakukan evaluasi tentang konstruksi dan pengoperasian MSSWS dan penghematan yang diperoleh dari keseluruhan bisnis proses penambangan dan pengolahan terhadap keberadaan *mobile screening station* dan produk yang dihasilkan.

c) Teknik Dokumentasi

Proses dokumentasi dilakukan dengan meminta data-data dan pra-studi yang diperlukan dari perusahaan untuk dihitung dan dianalisis sehingga dapat dihasilkan suatu kesimpulan dari evaluasi kelayaan pengoperasian MSSWS.

Penelitian ini akan mengkaji tingkat keekonomian pengoperasian MSSWS untuk menggantikan FSS yang ada pada saat ini. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kembali bagaimana merumuskan komponen biaya investasi yang perlu dimasukkan kedalam MSSWS, bagaimana merumuskan komponen biaya penambangan dan pengolahan bijih nikel yang dihasilkan dari pengoperasian MSSWS, sejauh mana sensitivitas yang bisa ditolerir yang memungkinkan keputusan investasi dibuat, dan apakah keputusan yang seharusnya diambil terkait evaluasi ekonomi MSSWS.

## BAB 4

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan analisis dan pembahasan ekonomi dalam membuat suatu keputusan investasi MSSWS untuk menggantikan FSS yang meliputi: asumsi parameter yang digunakan, analisis pemilihan serta perbandingan proyeksi aliran kas dari setiap alternatif, dan analisis sensitivitas untuk mengetahui sejauh mana risiko yang bisa ditolerir yang memungkinkan keputusan investasi dibuat.

#### 4.1 Asumsi Parameter

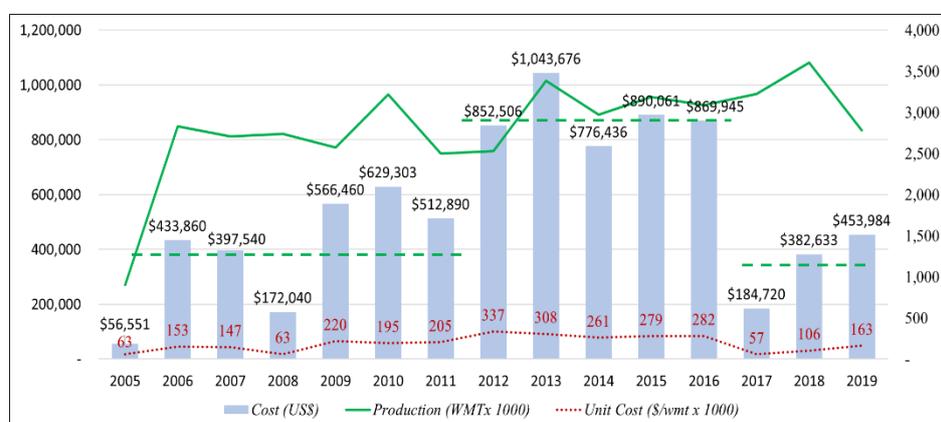
Sebagai dasar dalam perhitungan proyeksi arus kas maka akan digunakan asumsi perhitungan sebagai berikut:

##### 4.1.1 Penyusutan (Depresiasi)

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan penyusutan adalah umur pakai alat, kondisi perawatan dan operasi, pajak, serta perubahan teknologi di masa mendatang. Faktor-faktor tersebut memang tidak mudah untuk dapat dihitung secara pasti, tetapi bagaimanapun juga penyusutan harus diusahakan untuk diperkirakan secermat mungkin. Hal ini dikarenakan perhitungan penyusutan harus telah dilakukan sebelum menghitung keuntungan bersih. Dalam hal ini perkiraan umur pakai suatu alat adalah berdasar anggapan bahwa alat tersebut masih dapat dipakai secara ekonomis (economic life).

Berdasarkan pertimbangan kondisi operasional, tingkat perawatan dan kinerja peralatan FSS saat ini menunjukkan FSS telah dioperasikan hingga 15 tahun (tahun 2005 – tahun 2019). Berdasarkan analisis statistik biaya pemeliharaan selama periode waktu operasi sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.1 menunjukkan

peningkatan biaya pemeliharaan *screening station* yang tajam (rata-rata lebih dari dua kali lipat) mulai tahun ke-8 hingga tahun ke- 12 (tahun 2012 – 2016). Hal ini terjadi sehubungan dalam rentang tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 telah dilakukan pembaharuan pada komponen utama dan perkuatan struktur bangunan yang menyebabkan biaya pemeliharaan yang tinggi pada periode waktu tersebut. Berdasarkan kondisi tersebut, maka perkiraan umur ekonomis operasional MSSWS yang akan digunakan dalam analisis proyeksi aliran kas adalah selama rentang waktu operasional 8 tahun.



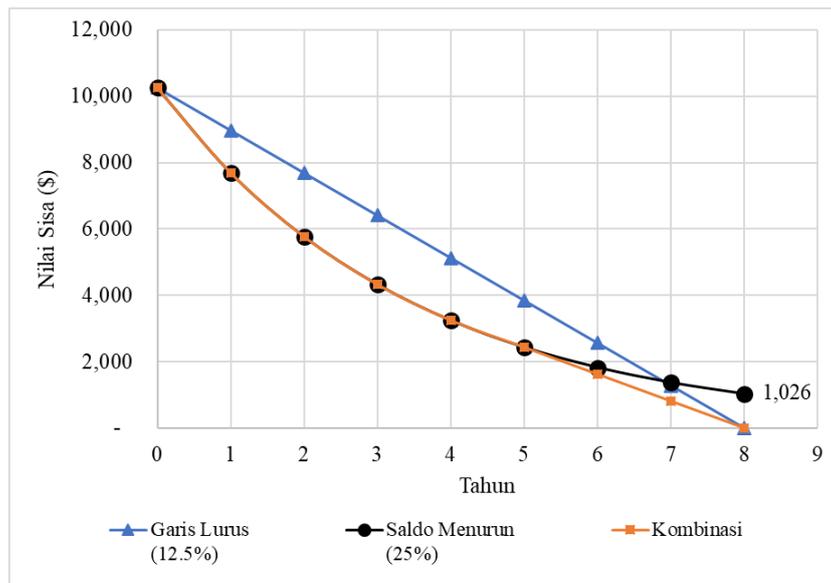
Gambar 4.1.1 Biaya Pemeliharaan *Screening Station* Tahun 2005 – 2019

Berdasarkan ketentuan UU No. 36 Tahun 2008 tentang Perubahan Keempat atas UU No.7 Tahun 1983 tentang Pajak Penghasilan pada pasal 11 ayat 6, untuk menghitung penyusutan, masa manfaat dan tarif penyusutan harta berwujud ditetapkan sebagaimana dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Kelompok Harta Berwujud serta Tarif Penyusutannya

Kelompok Harta Berwujud	Masa Manfaat	Tarif Penyusutan Berdasarkan Metode	
		Garis Lurus	Saldo Menurun
I. Bukan Bangunan			
• Kelompok 1	4 tahun	25%	50%
• Kelompok 2	8 tahun	12.5%	25%
• Kelompok 3	16 tahun	6.25%	12.5%
• Kelompok 4	20 tahun	5%	10%
II. Bangunan			
• Permanen	20 tahun	5%	-
• Tidak Permanen	10 tahun	10%	-

Berdasarkan Tabel 4.1 dan perkiraan umur alat 8 tahun maka MSSWS adalah masuk dalam kategori bukan bangunan pada kelompok 2 dengan faktor penyusutan 12.5% untuk metode garis lurus dan 25% dengan metode saldo menurun. Sedangkan dalam pemilihan metode penyusutan dilakukan analisis perhitungan dengan membandingkan metode garis lurus, saldo menurun dan kombinasi saldo menurun dengan garis lurus seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.2.



Gambar 4.1.2 Perbandingan Hasil Metode Depresiasi

Dalam menentukan metode penyusutan yang dipilih, maka dilakukan pendekatan dengan pertimbangan yaitu: dapat mengembalikan modal secepatnya, tidak terlalu rumit, dapat menjamin bahwa setiap saat nilai pembukuan tidak lebih besar dari nilai senyatanya, dan tidak menyalahi ketentuan yang ditetapkan oleh Undang - Undang Pajak Penghasilan. Dengan pertimbangan tersebut maka metode depresiasi saldo menurun dengan faktor 25% dan perkiraan nilai sisa kurang lebih 10% dari nilai investasi awal lebih mendekati dibandingkan metode garis lurus. Sedangkan metode kombinasi tidak dipilih karena penggunaan kombinasi metode garis lurus dengan faktor 25% pada rentang periode tahun ke 6 hingga ke 8 tidak sesuai dengan persyaratan UU.

#### 4.1.2 Pajak Penghasilan

Pembahasan selanjutnya adalah Pajak Penghasilan, yakni pajak yang dikenakan terhadap subyek pajak atas penghasilan bruto yang diterima atau diperolehnya dalam satu tahun pajak setelah dikurangi dengan suatu jumlah berkenaan dengan biaya-biaya, ongkos dan tunjangan yang diperkenankan berdasarkan peraturan perundangan perpajakan yang berlaku. Pajak penghasilan, seperti juga biaya lainnya, merupakan pembayaran atau pengeluaran, sehingga merupakan pengurangan terhadap keuntungan perusahaan. Pajak penghasilan merupakan persentase terhadap penghasilan terpacak (taxable income). Besarnya persentase (tarif) dalam penghitungan pajak penghasilan adalah sesuai dengan yang ditetapkan dalam peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah. Di Indonesia, tarif umum yang berlaku bagi wajib pajak dalam negeri, maupun wajib pajak luar negeri yang menjalankan usaha atau melakukan kegiatan di Indonesia melalui suatu bentuk usaha tetap di Indonesia, besarnya didasarkan atas lapisan penghasilan kena pajak. Adapun besar tarif tersebut, berdasar pasal 17 ayat (2a), Undang-undang No. 36 Tahun 2008, adalah “Wajib pajak badan dalam negeri dan bentuk usaha tetap paling rendah adalah sebesar 25%”. Kemudian diturunkan

dalam PP No.36 Tahun 2017 pada pasal 4 ayat (1a) adalah “Wajib pajak badan sebesar 25% (dua puluh lima persen)”.

#### 4.1.3 *Discount Rate*

*Discount rate* yang digunakan di perusahaan menggunakan perhitungan biaya modal rata-rata tertimbang atau *Weighted Average Cost of Capital* (WACC). WACC merupakan biaya modal suatu perusahaan yang terdiri dari saham, penggunaan hutang, dan laba ditahan. Marshall Hargrave (2019) menyatakan indikator yang digunakan untuk mengukur variabel biaya modal adalah dengan menghitung biaya modal rata-rata tertimbang dengan rumus:

$$WACC_{\text{nominal}} = D/V \cdot K_d \cdot (1-T_c) + E/V \cdot K_e \quad \dots (4.1)$$

Keterangan:

WACC = biaya modal rata-rata tertimbang

D = Nilai pasar dari hutang perusahaan

E = Nilai pasar dari saham perusahaan

V = D+E, yaitu total nilai pasar dari pembiayaan perusahaan

D/V = persentase hutang dari modal

E/V = persentase saham dari modal

$K_d$  = biaya hutang

$K_e$  = biaya saham

T = tarif pajak perusahaan (dalam persentase)

Biaya saham ( $K_e$ ) pada dasarnya adalah jumlah yang harus dikeluarkan perusahaan untuk mempertahankan harga saham yang akan memuaskan investornya. Karena pemegang saham akan mengharapkan untuk menerima pengembalian tertentu atas investasi mereka di perusahaan. Tingkat pengembalian yang disyaratkan pemegang saham

adalah biaya dari perspektif perusahaan. Hal ini dikarenakan jika perusahaan gagal memberikan pengembalian yang diharapkan ini, pemegang saham hanya akan menjual saham mereka. Dengan demikian akan mengarah pada penurunan harga saham dan nilai perusahaan. Sehingga biaya saham didefinisikan secara luas sebagai laba diproyeksikan tertimbang menurut risiko yang diperlukan oleh investor, di mana pengembalian sebagian besar tidak diketahui (unknown). Karenanya, biaya saham disimpulkan dengan membandingkan investasi dengan investasi lain (sebanding) dengan profil risiko serupa untuk menentukan biaya saham pasar. Biasanya disamakan menggunakan rumus model penentuan harga aset modal, yaitu:

$$K_e = R_f + CDS + \beta_s (R_m - R_f) \quad \dots (4.2)$$

Dimana:

$R_f$  = pengembalian bebas risiko yang diharapkan di pasar (misal: imbal hasil obligasi)

$\beta_s$  = sensitivitas terhadap risiko pasar

$R_m$  = premi risiko

$R_m - R_f$  = premi risiko dari aset pasar dikurangi aset bebas risiko

CDS = *Country Default Spread*

Dalam perhitungan biaya saham ini diperoleh data parameter sebagai berikut:

$R_f = 2,92\%$  (rata-rata perkiraan 2 tahun terakhir *obligasi US* yang akan jatuh tempo dalam 30 tahun, menurut Damodaran, Aswath- 2019)

$\beta_s = 1,31$  (beta rata-rata dari sektor pertambangan diperkirakan oleh Damodaran, Aswath - January 2020)

$(R_m - R_f) = 4,66\%$  (Premi risiko historis 1928-2018 diperkirakan oleh Damodaran, Aswath, *Equity Risk Premium (ERP)- the 2019 Edition*)

CDS = 1,59% untuk Indonesia, diperkirakan oleh Damodaran, Aswath, January 2020)

Sehingga dengan memasukkan nilai-nilai tersebut dalam rumus biaya saham diperoleh:

$$K_e = 2,92\% + 1,59\% + 1,31 \times 4,66\% = 10,6\%$$

Sedangkan untuk perhitungan WACC nominal diperoleh data parameter dari perusahaan pada tahun 2019 sebagai berikut:

D/V = 30% (data perusahaan)

E/V = 70% (data perusahaan)

$K_d = 3,9\%$  (hasil rata-rata dari dua tahun terakhir dari obligasi global perusahaan tambang besar dengan jatuh tempo 2025-2026: Vale, BHP, Rio Tinto, Anglo American, Glencore)

T = 34% (biaya pajak langsung di negara perusahaan induk, Brazil)

Maka dengan memasukkan nilai parameter pada rumus WACC nominal diperoleh:

$$WACC_{\text{nominal}} = 30\% \times 3,9\% \times (1 - 34\%) + 70\% \times 10,6\% = 8,2\%$$

Dengan inflasi 2,13% (inflasi rata-rata 2 tahun terakhir di USA, sumber: trading economics.com) maka diperoleh:

$$WACC_{\text{riil}} = WACC_{\text{nominal}} - \text{inflasi}$$

$$WACC_{\text{riil}} = 8,20\% - 2,13\% = 6,07\% \text{ atau dibulatkan } 6,00\%$$

Berdasarkan perhitungan tersebut maka *discount rate* yang akan digunakan dalam analisis ekonomi ini adalah sama dengan nilai  $WACC_{\text{riil}}$  yaitu 6,00%

#### 4.2 Pemilihan Alternatif 1 (Kondisi Saat Ini)

Sebagaimana proses kegiatan penambangan yang dijelaskan pada sub bab 2.2, maka biaya operasional penambangan bijih nikel terbagi atas kegiatan:

- Biaya penggalian dan pemuatan bijih nikel ke truk
- Biaya pengangkutan bijih nikel ke *screening station* oleh truk
- Biaya penyaringan bijih nikel
- Biaya pengangkutan bijih tersaring (SSP) ke *stockpile*
- Biaya pengangkutan material tidak tersaring ukuran +6”

##### 4.2.1 Biaya Penggalian dan Pemuatan Bijih Nikel ke Truk

Berdasarkan rencana produksi dalam 8 tahun kedepan dan parameter kinerja aktual peralatan pada tahun 2019 diketahui sebagai berikut:

- Produktivitas rata-rata *screening station* = 650 ton/jam, *physical availability* (PA) dan *use of availability* (UoA) *screening station* = 80% dan 75%. Total jam operasional per hari = 24 jam. Maka Produksi bijih per tahun yang akan disaring oleh *screening station* = 365 hari x 24 jam x 80% x 75% x 650 Ton/jam = 3.416.400 ton.

- Sedangkan produktivitas rata-rata alat gali atau alat muat adalah 400 ton/jam dengan PA dan UoA direncanakan adalah 80% dan 80%. Sehingga jam kerja (*working hours*) alat gali yang dibutuhkan dalam setahun adalah: 
$$\frac{3.416.400 \text{ Ton}}{(400 \text{ Ton/jam} \times 80\% \times 80\%)} = 13.345 \text{ jam}$$

Dimana, biaya unit alat gali berdasarkan data aktual tahun 2019 adalah \$85/jam. Maka perhitungan biaya alat gali atau muat dalam setahun adalah: 13.345 jam x \$85/jam = \$1.134.325.

##### 4.2.2 Biaya Pengangkutan Bijih Nikel ke *Screening Station*

Berdasarkan rencana produksi dalam 8 tahun kedepan dan parameter kinerja aktual peralatan pada tahun 2019 diketahui sebagai berikut:

Jarak rata-rata pengangkutan bijih ke *screening station* dalam 8 tahun kedepan adalah 7 km, kecepatan truck rata-rata 15 km/jam, berat muatan truck 87 ton. Maka total jam kerja truck yang dibutuhkan dalam setahun adalah:

$$\frac{2 \times 7 \text{ km}}{15 \text{ km/jam}} \times \frac{3,416,400 \text{ Ton}}{87 \text{ Ton}} = 36.651 \text{ jam}$$

Dimana, biaya unit truck berdasarkan data aktual tahun 2019 adalah \$102. Maka perhitungan biaya pengangkutan bijih ke *fixed screening station* per tahun adalah: 36.651 jam x \$102/jam = \$ 3.738.402

#### 4.2.3 Biaya Penyaringan Bijih Nikel

Berdasarkan rekaman data aktual tahun 2019, biaya penyaringan *fixed screening station* ditunjukkan pada tabel 4.2.3.

Tabel 4.2.3 Biaya Aktual *Fixed Screening Station* Tahun 2019

<i>Description</i>	<i>Cost (USD\$)</i>
<b>Supplies Cost</b>	<b>401,770</b>
<i>Civil Work</i>	140,377
<i>Conveyor belt</i>	14,716
<i>Electric</i>	40,894
<i>Steel</i>	24,663
<i>Equipment part</i>	173,256
<i>Lubricant</i>	3,915
<i>others</i>	3,949
<b>Services &amp; Contract Cost</b>	<b>52,213</b>
<i>Civil Work</i>	40,742
<i>Steel</i>	2,530
<i>Equipment services</i>	7,834
<i>others</i>	1,107
<b>Total Cost</b>	<b>453,983</b>
<i>Working Hours</i>	7,054
<b>Cost/Hours (\$/Hours)</b>	<b>64.36</b>
<i>Ton Ore (WMT)</i>	2,782,647
<b>Cost/WMT (\$/WMT)</b>	<b>0.16</b>

#### 4.2.4 Biaya Pengangkutan Bijih Tersaring Ukuran -6”

Berdasarkan data aktual tahun 2009 perolehan bijih tersaring (SSP) adalah 78% dari tonase bijih yang terumpankan ke *fixed screening station*. Jarak rata-rata pengangkutan SSP ke *stockpile* adalah 25 km dengan kecepatan rata-rata 26 km/jam dan berat muatan truk 84 ton. Maka total jam kerja truk yang dibutuhkan dalam setahun untuk mengangkut SSP ke *stockpile* adalah:

$$\frac{2 \times 25 \text{ km}}{26 \text{ km/jam}} \times \frac{3.416.400 \text{ Ton} \times 78\%}{84 \text{ Ton}} = 61.007 \text{ jam}$$

Dimana, biaya unit truk angkut SSP berdasarkan data aktual tahun 2019 adalah \$107. Maka perhitungan biaya pengangkutan SSP ke *stockpile* dalam setahun adalah:  $61.007 \times \$107 = \$6.527.749$ .

#### 4.2.5 Biaya Pengangkutan Material Tidak Tersaring Ukuran +6”

Material ukuran +6” yang tidak tersaring dan tidak mengandung nikel sebesar 22% dari bijih yang diumpankan ke *screening station* akan digunakan untuk konstruksi jalan tambang. Dimana, berdasarkan rencana penambangan dalam 8 tahun ke depan diketahui jarak angkut rata-rata adalah 7 km, dengan kecepatan truk rata-rata 15km/jam dan berat muatan truk 95 ton. Maka total jam kerja truk yang dibutuhkan dalam setahun untuk mengangkut material tersebut adalah:

$$\frac{2 \times 7 \text{ km}}{15 \text{ km/jam}} \times \frac{3.416.400 \text{ ton} \times 22\%}{95 \text{ ton}} = 7.384 \text{ jam}$$

Maka perhitungan biaya pengangkutan material ukuran +6” dalam setahun adalah:  $7.384 \times \$102 = \$753.168$ .

#### 4.3 Pemilihan Alternatif 2 (MSSWS)

Dalam pemilihan alternatif penggunaan MSSWS untuk menggantikan FSS yang ada saat ini, akan dilakukan identifikasi dan estimasi kebutuhan biaya investasi dan biaya dari perubahan jarak angkut penambangan bijih dan penurunan kandungan air dalam bijih tersaring oleh pengoperasian MSSWS.

##### 4.3.1 Analisis Penghematan Biaya

Perubahan biaya penambangan yang dihasilkan dari pengoperasian MSSWS diidentifikasi dari kontribusi perubahan jarak angkut penambangan bijih dan penurunan kandungan air dalam bijih tersaring oleh pengoperasian MSSWS berikut:

- Kegiatan penggalian bijih : tidak terdapat penghematan biaya dari alat gali bijih karena tidak berkorelasi langsung terhadap perubahan jarak angkut dan penurunan kandungan air pada bijih tersaring.
- Kegiatan pengangkutan bijih ke MSSWS: terdapat pengurangan jarak rata-rata pengangkutan bijih ke MSSWS sebesar 5 km selama periode waktu 8 tahun umur alat. Sehingga jarak rata-rata pengangkutan bijih ke MSSWS menjadi 2 km dan total waktu kerja pengangkutan bijih ke MSSWS diestimasi menjadi:

$$\frac{2 \times 2 \text{ km}}{15 \text{ km/jam}} \times \frac{3.416.400 \text{ ton}}{87 \text{ ton}} = 10.472 \text{ jam}$$

Dimana, biaya unit truk berdasarkan data aktual tahun 2019 adalah \$102. Maka perhitungan biaya pengangkutan bijih ke MSSWS per tahun adalah: 10.472 jam x \$102/jam = \$ 1.068.144. Jadi penghematan biaya truk untuk mengangkut bijih ke MSSWS adalah sama dengan biaya angkut bijih ke *fixed screening station* dikurangi dengan biaya angkut bijih ke MSSWS yaitu: \$ 3.738.402 - \$ 1.068.144 = \$2.670.258.

- Kegiatan penyaringan bijih di MSSWS: dalam analisis ini diasumsikan sama dengan biaya penyaringan di FSS sehubungan

ketidaktersediaan biaya aktual operasional dan pemeliharaan MSSWS saat ini dan diperlukan setidaknya ketersediaan data aktual yang mewakili yaitu minimum satu tahun.

- Kegiatan pengangkutan bijih tersaring ukuran -6” (SSP) ke *Stockpile*: terdapat penambahan dan pengurangan biaya untuk kegiatan ini. Dimana, penambahan biaya pengangkutan terjadi karena penambahan jarak rata-rata pengangkutan SSP dari MSSWS ke *stockpile* sebesar 5 km menjadi 30 km selama periode waktu 8 tahun umur alat. Sedangkan penghematan biaya terjadi oleh kontribusi pengurangan kandungan air oleh MSSWS sehingga mengurangi berat SSP yang diangkut per tahunnya. Berdasarkan ujicoba penyaringan dengan mini MSSWS dengan kapasitas umpan 150 ton/jam menunjukkan penurunan kandungan air 4% dari SSP yang dihasilkan oleh mini MSSWS. Sehingga total jam kerja pengangkutan SSP dari MSSWS ke *stockpile* diestimasi menjadi:

$$\frac{2 \times 30 \text{ km}}{26 \text{ km/jam}} \times \frac{3.416.400 \text{ ton} \times 78\% \times 96\%}{84 \text{ Ton}} = 70.280 \text{ jam}$$

Dimana, biaya unit truk pengangkut SSP berdasarkan data aktual tahun 2019 adalah \$107. Maka perhitungan biaya pengangkutan SSP ke MSSWS per tahun adalah: 70.280 jam x \$107/jam = \$ 7.519.960. Jadi penghematan biaya truk untuk mengangkut SSP dari MSSWS ke *stockpile* adalah sama dengan biaya angkut SSP dari FSS dikurangi dengan biaya angkut SSP dari MSSWS yaitu: \$6.527.749 - \$7.519.960 = - \$992.211.

- Kegiatan pengangkutan material tidak tersaring ukuran +6”): terdapat pengurangan jarak rata-rata pengangkutan material tidak tersaring dari MSSWS sebesar 5 km selama periode waktu 8 tahun umur alat. Sehingga jarak rata-rata pengangkutan material tidak tersaring dari MSSWS menjadi 2 km dan total waktu kerja pengangkutan material tersebut dari MSSWS diestimasi menjadi:

$$\frac{2 \times 2 \text{ km}}{15 \text{ km/jam}} \times \frac{3.416.400 \text{ Ton} \times 22\%}{95 \text{ Ton}} = 2.110 \text{ jam}$$

Dimana, biaya unit truk berdasarkan data aktual tahun 2019 adalah \$102. Maka perhitungan biaya pengangkutan material tidak tersaring dari MSSWS per tahun adalah: 2.110 jam x \$102/jam = \$ 215.220. Jadi penghematan biaya truk untuk mengangkut material +6” dari MSSWS adalah sama dengan biaya angkut material +6” dari FSS dikurangi dengan biaya angkut material +6” dari MSSWS yaitu: \$ 713.168 - \$ 215.220 = \$537.948.

#### 4.3.2 Analisis Biaya Investasi

Terdapat dua biaya investasi yang teridentifikasi sehubungan dengan pengadaan dan pengoperasian MSSWS yang diuraikan sebagai berikut:

##### a. Biaya investasi pengadaan MSSWS

Estimasi biaya investasi pengadaan dan instalasi MSSWS ditunjukkan dalam komponen biaya investasi pada Tabel 4.3.1.

Tabel 4.3.1 Estimasi biaya Investasi MSSWS

Description	Estimated Cost (US\$)
<b>Mobile Screening Station</b>	<b>10,249,700</b>
<b>Direct Cost</b>	<b>9,780,145</b>
<b>Procurement</b>	<b>8,095,496</b>
<i>Civil and electrical material</i>	513,419
<i>Basic Equipment, test and commissioning</i>	5,373,506
<i>Jaw Crusher</i>	958,571
<i>Belt Conveyor System</i>	1,250,000
<b>Construction</b>	<b>1,684,649</b>
<i>Earthworks</i>	1,247,535
<i>Assembling and Installation</i>	197,684
<i>Electrical Pole and installation</i>	189,356
<i>Equipment support</i>	50,073
<b>Indirect Cost</b>	<b>469,555</b>
<i>Training</i>	14,605
<i>Travel and accomodation</i>	12,811
<i>Design works</i>	114,887
<i>Geotechnical field Investigation</i>	188,945
<i>Consultancy</i>	106,164
<i>Permit</i>	32,143

b. Biaya persiapan dan pemindahan MSSWS

Biaya persiapan dan pemindahan MSSWS yang dimaksud adalah biaya investasi yang diperlukan untuk persiapan dan pemindahan MSSWS dalam periode waktu tertentu selama durasi 8 (delapan) tahun periode umur alat. Pemindahan MSSWS dilakukan mengikuti rencana pergeseran penambangan ke area yang baru yang diperkirakan akan dilakukan setiap 3 (tiga) tahun sekali. Estimasi biaya persiapan dan pemindahan MSSWS ke lokasi yang baru diuraikan sebagai berikut:

• <i>Earth works</i>	=	\$ 1.250.000
• <i>Installation</i>	=	\$ 200.000
• <i>Electrical line</i>	=	\$ 50.000
Total	=	\$ 1,500.000

c. Biaya investasi alat angkut (truk)

Sehubungan dengan analisis pengurangan jarak pengangkutan bijih melalui operasional MSSWS maka dihasilkan penghematan jam kerja operasional alat angkut (truk). Penghematan jam kerja operasional truk bukan saja mengakibatkan penghematan biaya operasional truk tetapi juga berpotensi penghematan investasi pengadaan truk untuk menggantikan truk-truk yang akan mencapai umur operasionalnya. Penghematan jam operasional truk akibat penurunan jarak pengangkutan bijih oleh operasional MSSWS dapat dihitung dari pengurangan total jam kerja operasional truk sebelum MSSWS sebagaimana ditunjukkan dari hasil perhitungan pada sub bab 4.2 terhadap total jam kerja operasional truk setelah MSSWS sebagaimana hasil perhitungan pada sub bab 4.3.1 yang diringkas pada Tabel 4.3.2.

Tabel 4.3.2 Jam Kerja truk Sebelum dan Setelah MSSWS

Jam Kerja Truk Sebelum Operasional MSSWS (Jam)			
Pengangkutan Biji	Pengangkutan SSP	Pengangkutan Material +6	Total
36.651	61.007	7.384	105.042
Jam Kerja Truk Setelah Operasional MSSWS (Jam)			
Pengangkutan Biji	Pengangkutan SSP	Pengangkutan Material +6	Total
10.472	70.280	2.110	82.862

Maka penghematan jam kerja operasional truk adalah:

$$105.042 \text{ jam} - 82.862 \text{ jam} = 22.180 \text{ jam}$$

Dimana, direncanakan rata-rata PA dan UoA Truk masing-masing adalah 85%. Maka jam kerja truk dalam satu tahun adalah:

$$24 \text{ jam} \times 365 \text{ hari} \times 85\% \times 85\% = 6.329 \text{ jam.}$$

Sehingga penghematan jam kerja truk dapat dikonversi menjadi jumlah penghematan unit truk yaitu:  $22.180 : 6.329 = 3,50$  atau dibulatkan ke bawah menjadi 3 unit truk. Diketahui bahwa biaya investasi satu unit truk diestimasi \$1.000.000. Maka potensi penghematan biaya investasi dari penggantian unit truk sebesar:  $3 \text{ unit} \times \$1.000.000 = \$ 3.000.000$ .

#### 4.4 Pemilihan Alternatif 3 (Trade Off)

Alternatif ketiga dipilih dalam ruang lingkup pembelian *fixed screening station* (FSS) baru dengan jenis dan spesifikasi yang sama dengan *screening station* yang ada saat ini dengan sistem proses penyaringan bertingkat dari *grizzly screen* ke *double step bar decks screen* dan penggunaan air. Lokasi penempatan FSS yang baru ini akan ditempatkan di rencana lokasi MSSWS tanpa pemindahan secara periodik selama 8 tahun umur alat. Dalam pemilihan alternatif ketiga ini akan dilakukan identifikasi dan perkiraan kebutuhan biaya

investasi dan estimasi penghematan biaya dari perubahan jarak angkut penambangan bijih melalui pengoperasian FSS yang baru.

#### 4.4.1 Analisis Penghematan Biaya

Sebagaimana lokasi FSS ini berada di lokasi rencana pengoperasian MSSWS maka kontribusi perubahan jarak angkut penambangan bijih dapat dihitung sebagai berikut:

- Kegiatan pengangkutan bijih ke FSS yang baru: terdapat pengurangan jarak rata-rata pengangkutan bijih sebesar 3 km selama periode waktu 8 tahun umur alat. Sehingga jarak rata-rata pengangkutan bijih ke FSS yang baru menjadi 4 km dan total waktu kerja pengangkutan bijih diestimasi menjadi:

$$\frac{2 \times 4 \text{ km}}{15 \text{ km/jam}} \times \frac{3,416,400 \text{ Ton}}{87 \text{ Ton}} = 20,943 \text{ jam}$$

Dimana, biaya unit truk berdasarkan data aktual tahun 2019 adalah \$102. Maka perhitungan biaya pengangkutan bijih per tahun adalah: 20.943 jam x \$102/jam = \$ 2.136.186. Jadi penghematan biaya truk untuk mengangkut bijih dibandingkan dengan alternatif 2 adalah sama dengan biaya angkut bijih ke FSS yang lama dikurangi dengan biaya angkut bijih ke FSS yang baru yaitu: \$ 3.738.402 - \$ 2.136.186 = \$1.602.216.

- Kegiatan pengangkutan bijih tersaring ukuran -6” (SSP) ke *Stockpile*: terdapat penambahan dan pengurangan biaya untuk kegiatan ini. Dimana, penambahan biaya pengangkutan terjadi karena penambahan jarak rata-rata pengangkutan SSP dari FSS yang baru ke *stockpile* sebesar 3 km menjadi 28 km selama periode waktu 8 tahun umur alat. Sehingga total jam kerja pengangkutan SSP ke *stockpile* diestimasi menjadi:

$$\frac{2 \times 28 \text{ km}}{26 \text{ km/jam}} \times \frac{3.416.400 \text{ Ton} \times 78\%}{84 \text{ Ton}} = 68.328 \text{ jam}$$

Dimana, biaya unit truk pengangkut SSP berdasarkan data aktual tahun 2019 adalah \$107. Maka perhitungan biaya pengangkutan SSP per tahun adalah: 68.328 jam x \$107/jam = \$ 7.311.096. Jadi penghematan biaya truk untuk mengangkut SSP ke *stockpile* adalah sama dengan biaya angkut SSP dari FSS yang lama dikurangi dengan biaya angkut SSP FSS yang baru yaitu: \$ 6.527.749 - \$ 7.311.096 = -\$783.347.

- Kegiatan pengangkutan material tidak tersaring ukuran +6”: terdapat pengurangan jarak rata-rata pengangkutan material tidak tersaring tersebut sebesar 3 km selama periode waktu 8 tahun umur alat. Sehingga jarak rata-rata pengangkutan material tidak tersaring menjadi 4 km dan total waktu kerja pengangkutan material tersebut diestimasi menjadi:

$$\frac{2 \times 4 \text{ km}}{15 \text{ km/jam}} \times \frac{3.416.400 \text{ ton} \times 22\%}{95 \text{ ton}} = 4.220 \text{ jam}$$

Dimana, biaya unit truk berdasarkan data aktual tahun 2019 adalah \$102. Maka perhitungan biaya pengangkutan material tidak tersaring dari MSSWS per tahun adalah: 4.220 jam x \$102/jam = \$ 430.440. Jadi penghematan biaya truk untuk mengangkut material +6” adalah sama dengan biaya angkut material +6” dari FSS yang lama dikurangi dengan biaya angkut material +6” dari FSS yang baru yaitu: \$ 713.168 - \$ 430.440 = \$332.728.

#### 4.4.2. Analisis Biaya Investasi

Biaya investasi yang teridentifikasi sehubungan dengan pengadaan dan pengoperasian FSS baru diuraikan sebagai berikut:

- a. Biaya investasi pengadaan FSS baru

Estimasi biaya investasi pengadaan dan instalasi FSS yang baru dilakukan dengan menggunakan pendekatan eskalasi dari biaya aktual pengadaan dan investasi suatu FSS yang telah dibangun pada tahun 2009. Pemilihan faktor eskalasi dari tahun 2009 ke tahun 2019 pada

setiap komponen biaya dilakukan dengan pendekatan struktur biaya komponen sebagai berikut:

- Harga stuktur baja dan material mekanikal didasarkan pada angka eskalasi harga baja. Berdasarkan nilai rata-rata harga baja di pasar dunia pada tahun 2019 terhadap tahun 2009 berdasarkan data *Bench Marker* (2020) menunjukkan penurunan yaitu -3%. Sehingga harga material baja dan mekanikal diasumsikan turun sebesar -3% pada tahun 2019 dibandingkan tahun 2009.
- Harga material elektrikal diestimasi dengan angka eskalasi harga tembaga tahun 2009 dibandingkan tahun 2019 menurut data *Investing.com* (2020) menunjukkan nilai eskalasi rata-rata 13,6%. Sehingga eskalasi harga material elektrikal di tahun 2019 sebesar 13,6% dari tahun 2009.
- Harga beton dengan aktual angka eskalasi semen pada tahun 2009 terhadap tahun 2019 di Indonesia sebesar 133% dikurangi eskalasi mata uang Dolar USA terhadap Rupiah sebesar 36,5%. Sehingga eskalasi biaya beton sebesar 96,5%.
- Biaya estimasi *earthwork* menggunakan biaya dari pembangunan MSSWS di tahun 2019.
- Biaya *Overhead* menggunakan data aktual akumulatif inflasi per tahun Indonesia dari tahun 2009 ke tahun 2019 sebesar 53% dikurangi dengan kenaikan rata rata per tahun mata uang Dolar USA terhadap Rupiah sebesar 37%. Sehingga biaya overhead menggunakan eskalasi 16%.

Adapun nilai estimasi dan eskalasi dari pembangunan FSS ditunjukkan pada Tabel 4.4.2.1.

Tabel 4.4.2.1 Estimasi Biaya Investasi *Fixed Screening Station*

<b>Deskripsi</b>	<b>Biaya (US\$)</b>
<b><i>Fixed Screening Station</i></b>	<b>11,442,734</b>
<b><i>Direct Cost</i></b>	<b>9,160,729</b>
<b><i>Earthworks</i></b>	<b>1,247,535</b>
<b><i>Static Grizzly Station</i></b>	<b>2,493,877</b>
<i>Civil</i>	6,285
<i>Concrete</i>	370,872
<i>Steel Structural</i>	296,873
<i>Mechanical</i>	1,698,686
<i>Piping</i>	32,121
<i>Electrical</i>	89,038.73
<b><i>Screening Station (Primary and Secondary)</i></b>	<b>2,379,546</b>
<i>Civil</i>	49,535
<i>Concrete</i>	567,942
<i>Steel Structural</i>	504,110
<i>Mechanical</i>	1,071,028
<i>Piping</i>	34,135
<i>Electrical</i>	152,795.68
<b><i>Belt and Staker Conveyor System</i></b>	<b>1,416,502</b>
<i>Concrete</i>	58,986
<i>Steel Structural</i>	269,277
<i>Mechanical</i>	827,611
<i>Piping</i>	34,388
<i>Electrical</i>	226,240
<b><i>Electrical Substation</i></b>	<b>609,185</b>
<b><i>Equipment Support</i></b>	<b>351,756</b>
<b><i>Ancillary Facilities</i></b>	<b>662,329</b>
<i>Concrete</i>	20,177
<i>Electrical</i>	642,152
<b><i>Indirect Cost</i></b>	<b>2,282,005</b>
<i>Engineering and Contruction management</i>	1,458,920
<i>Spare parts</i>	223,740
<i>Travel and accomodation</i>	33,446
<i>Freight</i>	548,508
<i>Start Up and Commisioning</i>	17,392

b. Biaya investasi alat angkut (truk)

Analisis pengurangan jarak pengangkutan bijih melalui operasional FSS yang baru dihasilkan penghematan jam kerja operasional alat angkut (truk). Penghematan jam kerja operasional truk bukan saja mengakibatkan penghematan biaya operasional truk tetapi juga berpotensi penghematan investasi pengadaan truk untuk menggantikan truk-truk yang akan mencapai umur operasionalnya. Penghematan jam operasional truk akibat penurunan jarak pengangkutan bijih dapat dihitung dari pengurangan total jam kerja operasional truk dengan FSS yang lama terhadap yang baru sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.4.2.2

Tabel 4.4.2.2 Jam Kerja truk Sebelum dan Setelah FSS Baru

Jam Kerja Truk Dengan <i>Fixed Screening Station</i> Lama (Jam)			
Pengangkutan Bijih	Pengangkutan SSP	Pengangkutan Material +6	Total
36.651	61.007	7.384	105.042
Jam Kerja Truk Dengan <i>Fixed Screening Station</i> Baru (Jam)			
Pengangkutan Bijih	Pengangkutan SSP	Pengangkutan Material +6	Total
20.943	68.328	4.220	93.491

Maka penghematan jam kerja operasional truk adalah:

$$105.042 \text{ jam} - 93.491 \text{ jam} = 11.551 \text{ jam}$$

Dimana, direncanakan rata-rata PA dan UoA Truk masing-masing adalah 85%. Maka jam kerja truk dalam satu tahun adalah:

$$24 \text{ jam} \times 365 \text{ hari} \times 85\% \times 85\% = 6.329 \text{ jam.}$$

Sehingga penghematan jam kerja truk dapat dikonversi menjadi jumlah penghematan unit truk yaitu:  $11.551 : 6.329 = 1,83$  atau dibulatkan ke menjadi 2 unit truk. Diketahui bahwa biaya investasi

satu unit truk diestimasi \$1.000.000. Maka potensi penghematan biaya investasi dari penggantian unit truk sebesar:  $2 \text{ unit} \times \$1.000.000 = \$2.000.000$ .

#### 4.5 Analisis Aliran Kas dan Penilaian Investasi

##### 4.5.1 Perbandingan Alternatif 1 dan Alternatif 2

Analisis proyeksi aliran bersih kas pengadaan dan operasional MSSWS untuk menggantikan FSS seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5.1.1 menghasilkan nilai NPV positif sebesar \$ 3.269.700 dan IRR sebesar 17,4% dengan *payback period* 4,0 tahun. Sehingga jika berdasarkan kriteria kelayakan investasi dimana nilai NPV > 0 dan nilai IRR yang diatas kriteria MARR yang disyaratkan yaitu di atas 11% maka usulan pengadaan dan operasional MSSWS dapat dikatakan layak untuk dijalankan karena mendatangkan keuntungan bagi perusahaan.

##### 4.5.2 Perbandingan Alternatif 1 dan Alternatif 3

Analisis proyeksi aliran bersih kas pengadaan dan operasional FSS yang baru untuk menggantikan FSS yang lama seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5.1.2 menghasilkan nilai NPV negatif sebesar - \$ 1.960.600 dan IRR sebesar 0,0%. Sehingga jika berdasarkan kriteria kelayakan investasi dimana nilai NPV < 0 dan nilai IRR yang di bawah kriteria yang disyaratkan yaitu di atas 6% maka usulan pengadaan dan operasional FSS yang baru dapat dikatakan tidak layak untuk dijalankan karena mendatangkan kerugian bagi perusahaan. Hal ini terjadi karena desain FSS yang baru tidak memungkinkan dipindahkan secara periodik selama periode 8 tahun umur alat sebagaimana MSSWS. Sehingga penghematan biaya oleh pengurangan jarak pengangkutan bijih rata-rata yang dapat dioptimalkan menjadi 4 km selama umur alat tidak cukup untuk dapat menutupi biaya investasi yang diperlukan. Apabila dapat dilakukan modifikasi struktural FSS dengan sistem modular sehingga memungkinkan dipindahkan secara periodik selama periode 8 tahun umur alat sebagaimana MSSWS, maka dihasilkan NPV positif

sebesar \$845.900 dan IRR sebesar 8,7% dengan *payback period* 5,5 tahun. Namun demikian nilai NPV dan IRR tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan pengadaan dan pengoperasionalan MSSWS sebesar \$ 3.269.700 dan IRR sebesar 17,4%. Hal ini disebabkan biaya investasi MSSWS lebih murah dibandingkan biaya investasi FSS dan disamping itu terdapat kontribusi penghematan dari pengurangan kandungan air di SSP oleh MSSWS. Proses penyaringan oleh MSSWS yang lebih sederhana yaitu hanya melalui 1 jalur barel *trommel screen* tanpa *transfer conveyor system* memberikan penghematan biaya investasi yang relatif cukup besar dibandingkan sistem penyaringan bertingkat oleh *fixed screening station* yang dimulai dari *grizzly screening station*, *primary screening station* dan *secondary primary* yang dihubungkan masing-masing oleh *transfer belt conveyor system*.

Berdasarkan perhitungan dan analisis di atas, maka perbandingan biaya setiap alternatif dapat diringkaskan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Ringkasan Analisis Biaya Setiap Alternatif

Komponen Biaya	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Biaya investasi	0	\$10.249.700	\$11.442.734
Biaya angkut bijih	\$ 3.738.402	\$ 1.068.144	\$ 2.136.186
Biaya angkut material +6	\$753.168	\$ 215.220	\$ 430.440
Biaya angkut SSP	\$6.527.749	\$ 7.519.960	\$ 7.311.096
Biaya Relokasi	0	\$3.000.000	0
Biaya Penyaringan	\$546.524	\$546.524	\$546.524
Penghematan investasi Truk	0	\$3.000.000	\$2.000.000

Tabel 4.5.1.1 Proyeksi Kas Bersih dan Analisis Ekonomi MSSWS

		<i>Total</i>	2019 Tahun 0	2020 Tahun 1	2021 Tahun 2	2022 Tahun 3	2023 Tahun 4	2024 Tahun 5	2025 Tahun 6	2026 Tahun 7	2027 Tahun 8
<b>Biaya Investasi</b>											
Biaya investasi MSSWS	\$US (x000)	(\$10,250.0)	(\$10,250.0)	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Penghematan biaya investasi truk	\$US (x000)	\$3,000.0	\$3,000.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Biaya pemindahan MSSWS	\$US (x000)	(\$3,000.0)	\$0.0	\$0.0	\$0.0	(\$1,500.0)	\$0.0	\$0.0	(\$1,500.0)	\$0.0	\$0.0
<b>Incremental penghematan biaya operasional</b>											
Biaya pengangkutan bijih	\$US (x000)	\$2,670.3	\$0.0	\$2,670.3	\$2,670.3	\$2,670.3	\$2,670.3	\$2,670.3	\$2,670.3	\$2,670.3	\$2,670.3
Biaya pengangkutan SSP	\$US (x000)	(\$992.2)	\$0.0	(\$992.2)	(\$992.2)	(\$992.2)	(\$992.2)	(\$992.2)	(\$992.2)	(\$992.2)	(\$992.2)
Biaya pengangkutan material +6	\$US (x000)	\$537.9	\$0.0	\$537.9	\$537.9	\$537.9	\$537.9	\$537.9	\$537.9	\$537.9	\$537.9
<b>Net Incremental Benefits</b>		<b>\$17,728.0</b>	<b>\$0.0</b>	<b>\$2,216.0</b>							
<b>Net Cash Flow before tax</b>	\$US (x000)	\$7,478.0	(\$7,250.0)	\$2,216.0	\$2,216.0	\$716.0	\$2,216.0	\$2,216.0	\$716.0	\$2,216.0	\$2,216.0
<b>Tax Rate</b>			25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
<b>Cash Taxes</b>		(\$3,682.0)	\$0.0	(\$554.0)	(\$554.0)	(\$179.0)	(\$554.0)	(\$554.0)	(\$179.0)	(\$554.0)	(\$554.0)
Assumed Cash Tax Depreciation	\$US (x000)	\$9,223.8	\$0.0	\$2,562.5	\$1,921.9	\$1,441.4	\$1,081.1	\$810.8	\$608.1	\$456.1	\$342.1
Remaining Depreciation	\$US (x000)	(\$1,026.2)									
<b>Tax provision on depreciation</b>	\$US (x000)	\$2,306.0	\$0.0	\$640.6	\$480.5	\$360.4	\$270.3	\$202.7	\$152.0	\$114.0	\$85.5
<b>NET Cash Flow after tax</b>	\$US (x000)	\$6,101.9	(\$7,250.0)	\$2,302.6	\$2,142.5	\$897.3	\$1,932.3	\$1,864.7	\$689.0	\$1,776.0	\$1,747.5
<b>PV discount factor @:</b>	6.0%		100%	94%	89%	84%	79%	75%	70%	67%	63%
<b>DISCOUNTED CASH FLOW</b>	\$US (x000)		(\$7,250.0)	\$2,172.3	\$1,906.8	\$753.4	\$1,530.5	\$1,393.4	\$485.7	\$1,181.2	\$1,096.4

**Net Present Value (NPV) in \$US (x000)**

**\$3,269.7**

**Internal Rate of Return (IRR)**

**17.4%**

**Undiscounted Payback Period**

**4.0**

Tabel 4.5.1.2 Proyeksi Kas Bersih dan Analisis Ekonomi *Fixed Screening Station* yang Baru (*Non-Modular*)

		<b>Total</b>	<b>2019</b> Tahun 0	<b>2020</b> Tahun 1	<b>2021</b> Tahun 2	<b>2022</b> Tahun 3	<b>2023</b> Tahun 4	<b>2024</b> Tahun 5	<b>2025</b> Tahun 6	<b>2026</b> Tahun 7	<b>2027</b> Tahun 8
<b>Biaya Investasi</b>											
Biaya investasi fixed screening station	\$US (x000)	(\$11,442.7)	(\$11,442.7)	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Penghematan biaya investasi truk	\$US (x000)	\$2,000.0	\$2,000.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Biaya pemindahan MSSWS	\$US (x000)	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
<b>Incremental penghematan biaya operasional</b>											
Biaya pengangkutan bijih	\$US (x000)	\$1,602.2	\$0.0	\$1,602.2	\$1,602.2	\$1,602.2	\$1,602.2	\$1,602.2	\$1,602.2	\$1,602.2	\$1,602.2
Biaya pengangkutan SSP	\$US (x000)	(\$783.3)	\$0.0	(\$783.3)	(\$783.3)	(\$783.3)	(\$783.3)	(\$783.3)	(\$783.3)	(\$783.3)	(\$783.3)
Biaya pengangkutan material +6	\$US (x000)	\$322.7	\$0.0	\$322.7	\$322.7	\$322.7	\$322.7	\$322.7	\$322.7	\$322.7	\$322.7
<b>Net Incremental Benefits</b>		<b>\$9,132.8</b>	<b>\$0.0</b>	<b>\$1,141.6</b>							
<b>Net Cash Flow before tax</b>	\$US (x000)	(\$310.0)	(\$9,442.7)	\$1,141.6	\$1,141.6	\$1,141.6	\$1,141.6	\$1,141.6	\$1,141.6	\$1,141.6	\$1,141.6
<b>Tax Rate</b>			25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
<b>Cash Taxes</b>		(\$2,283.2)	\$0.0	(\$285.4)	(\$285.4)	(\$285.4)	(\$285.4)	(\$285.4)	(\$285.4)	(\$285.4)	(\$285.4)
Assumed Cash Tax Depreciation	\$US (x000)	\$10,309.3	\$0.0	\$2,872.1	\$2,151.2	\$1,611.3	\$1,206.8	\$903.9	\$677.0	\$507.1	\$379.8
Remaining Depreciation	\$US (x000)	(\$1,133.4)									
<b>Tax provision on depreciation</b>	\$US (x000)	\$2,577.3	\$0.0	\$718.0	\$537.8	\$402.8	\$301.7	\$226.0	\$169.3	\$126.8	\$95.0
<b>NET Cash Flow after tax</b>	\$US (x000)	(\$15.8)	(\$9,442.7)	\$1,574.2	\$1,394.0	\$1,259.0	\$1,157.9	\$1,082.2	\$1,025.5	\$983.0	\$951.2
<b>PV discount factor @:</b>	6.0%		100%	94%	89%	84%	79%	75%	70%	67%	63%
<b>DISCOUNTED CASH FLOW</b>	\$US (x000)	(\$9,442.7)	\$1,485.1	\$1,240.7	\$1,057.1	\$917.2	\$808.7	\$722.9	\$653.7	\$596.8	

**Net Present Value (NPV) in \$US (x000)**

**(\$1,960.6)**

**Internal Rate of Return (IRR)**

**0.0%**

**Undiscounted Payback Period**

**8.0**

Tabel 4.5.1.3 Proyeksi Kas Bersih dan Analisis Ekonomi *Fixed Screening Station* yang Baru (Modular)

		<i>Total</i>	2019 Tahun 0	2020 Tahun 1	2021 Tahun 2	2022 Tahun 3	2023 Tahun 4	2024 Tahun 5	2025 Tahun 6	2026 Tahun 7	2027 Tahun 8
<b>Biaya Investasi</b>											
Biaya investasi fixed screening station	\$US (x000)	(\$11,442.7)	(\$11,442.7)	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Penghematan biaya investasi truk	\$US (x000)	\$3,000.0	\$3,000.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0
Biaya pemindahan MSSWS	\$US (x000)	(\$3,000.0)	\$0.0	\$0.0	\$0.0	(\$1,500.0)	\$0.0	\$0.0	(\$1,500.0)	\$0.0	\$0.0
<b>Incremental penghematan biaya operasional</b>											
Biaya pengangkutan bijih	\$US (x000)	\$2,670.3	\$0.0	\$2,670.3	\$2,670.3	\$2,670.3	\$2,670.3	\$2,670.3	\$2,670.3	\$2,670.3	\$2,670.3
Biaya pengangkutan SSP	\$US (x000)	(\$1,305.6)	\$0.0	(\$1,305.6)	(\$1,305.6)	(\$1,305.6)	(\$1,305.6)	(\$1,305.6)	(\$1,305.6)	(\$1,305.6)	(\$1,305.6)
Biaya pengangkutan material +6	\$US (x000)	\$537.9	\$0.0	\$537.9	\$537.9	\$537.9	\$537.9	\$537.9	\$537.9	\$537.9	\$537.9
<b>Net Incremental Benefits</b>		<b>\$15,220.7</b>	<b>\$0.0</b>	<b>\$1,902.6</b>							
<b>Net Cash Flow before tax</b>	\$US (x000)	\$3,778.0	(\$8,442.7)	\$1,902.6	\$1,902.6	\$402.6	\$1,902.6	\$1,902.6	\$402.6	\$1,902.6	\$1,902.6
<b>Tax Rate</b>			25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
<b>Cash Taxes</b>		(\$3,055.2)	\$0.0	(\$475.6)	(\$475.6)	(\$100.6)	(\$475.6)	(\$475.6)	(\$100.6)	(\$475.6)	(\$475.6)
Assumed Cash Tax Depreciation	\$US (x000)	\$10,309.3	\$0.0	\$2,872.1	\$2,151.2	\$1,611.3	\$1,206.8	\$903.9	\$677.0	\$507.1	\$379.8
Remaining Depreciation	\$US (x000)	(\$1,133.4)									
<b>Tax provision on depreciation</b>	\$US (x000)	\$2,577.3	\$0.0	\$718.0	\$537.8	\$402.8	\$301.7	\$226.0	\$169.3	\$126.8	\$95.0
<b>NET Cash Flow after tax</b>	\$US (x000)	\$3,300.2	(\$8,442.7)	\$2,145.0	\$1,964.7	\$704.8	\$1,728.7	\$1,652.9	\$471.2	\$1,553.7	\$1,521.9
<b>PV discount factor @:</b>	6.0%		100%	94%	89%	84%	79%	75%	70%	67%	63%
<b>DISCOUNTED CASH FLOW</b>	\$US (x000)	(\$8,442.7)		\$2,023.6	\$1,748.6	\$591.7	\$1,369.3	\$1,235.2	\$332.2	\$1,033.3	\$954.9

**Net Present Value (NPV) in \$US (x000)**

**\$845.9**

**Internal Rate of Return (IRR)**

**8.7%**

**Undiscounted Payback Period**

**5.5**

#### 4.6 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk pemilihan alternatif penerapan MSSWS (alternatif 2) sebagai alternatif yang paling ekonomis pada beberapa parameter yaitu: biaya investasi, biaya operasional unit alat tambang, jarak angkut bijih, penurunan kadar air, dan *discount rate*.

Analisis sensitivitas yang dilakukan dengan perubahan biaya investasi menunjukkan NPV dapat bernilai nol (breakeven point) pada kenaikan biaya investasi sekitar 40%. Sedangkan, jika biaya investasi MSSWS naik sekitar 35% menunjukkan nilai NPV MSSWS yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan alternatif modifikasi FSS baru dengan sistem modular (alternatif 3 dengan sistem modular). Sehingga dalam kondisi kenaikan biaya investasi MSSWS sekitar 35% maka pilihan alternatif investasi FSS dengan modifikasi sistem modular menjadi pilihan yang paling ekonomis. Namun demikian perlu dilakukan analisis lebih lanjut bahwa faktor-faktor yang dapat menyebabkan kenaikan biaya investasi MSSWS juga dapat berdampak pada kenaikan secara linier terhadap biaya investasi FSS yang baru. Walau kemungkinan kenaikan biaya investasi hingga 35% atau 40% tersebut relatif kecil terjadi tahun ini, namun beberapa hal yang dapat menyebabkan kenaikan biaya investasi yang besar pada tahun yang akan datang adalah melalui gabungan dari beberapa faktor seperti:

- Kenaikan harga material dan komponen MSSWS khususnya material baja, mekanikal dan elektrikal. Berdasarkan data 10 tahun terakhir terjadi fluktuasi penurunan dan kenaikan harga komoditas tersebut yang cukup besar di pasar sebagaimana ditunjukkan pada Lampiran 5 dan Lampiran 6.
- Perubahan mayor pada modifikasi MSSWS untuk disesuaikan dengan kebutuhan operasional seperti penambahan *spreader* pada *stacker system*, *crushing plant system* dan perbedaan kondisi area topografis yang mengakibatkan biaya *earthwork* yang besar.

Analisis sensitivitas yang dilakukan dengan perubahan biaya unit operasional alat tambang menunjukkan NPV dapat bernilai nol (break event point) ketika rata-rata biaya unit alat tambang turun menjadi -30%.

Namun demikian kemungkinan penurunan biaya unit alat tambang hingga 30% selama 8 tahun adalah sangat kecil karena pertimbangan inflasi dan kenaikan harga komoditas. Hal yang dapat menyebabkan penurunan biaya unit alat tambang yang besar dapat terjadi pada tiga komponen utama biaya unit alat tambang yaitu pada harga minyak mesin disel, material mekanikal (spare part), dan harga ban alat berat akibat perubahan persediaan dan permintaan pasar yang besar.

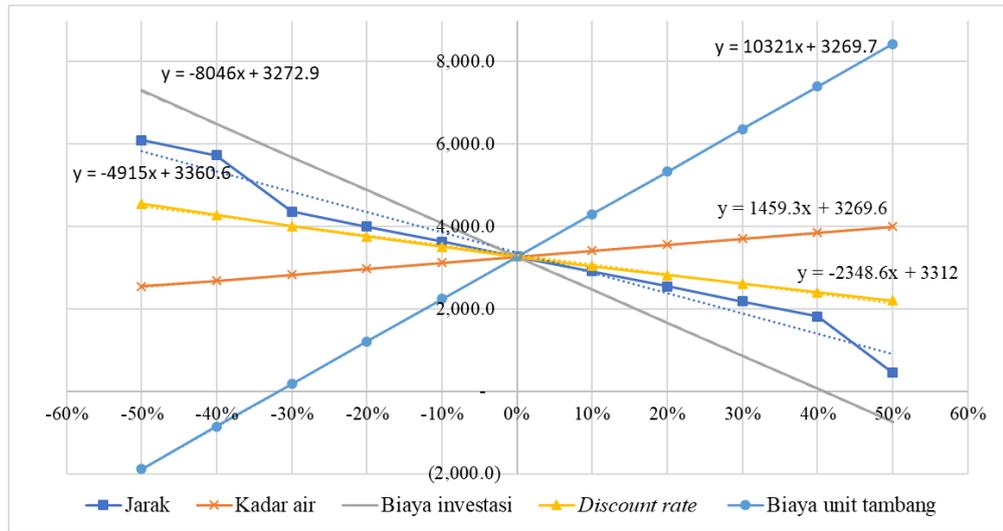
Analisis sensitivitas dilakukan dengan perubahan jarak pengangkutan bijih akibat perubahan rencana penambangan akan menghasilkan *breakeven point* pada penambahan jarak sebesar 62.5% atau jarak pengangkutan bijih berubah menjadi kurang-lebih 3,25 km. Hal ini dapat terjadi akibat perubahan rencana urutan jadwal dan lokasi penambangan yang disebabkan karena perubahan strategis rencana penambangan, risiko geologi cadangan mineral pada setiap area tambang, risiko dampak aspek sosial, dan legal area rencana tambang.

Analisis sensitivitas oleh perubahan kandungan air di SSP menunjukkan dampak yang relatif kecil terhadap biaya penambangan dan NVP. Jika MSSWS diasumsikan tidak berhasil menurunkan kandungan air di SSP maka nilai NPV yang dihasilkan masih menunjukkan positif yaitu sebesar \$1.810.100 dengan IRR 12,6%.

Analisis sensitivitas terhadap *discount factor* menunjukkan dampak yang relatif kecil terhadap nilai keekonomian MSSWS. Dimana, *breakeven point* terjadi pada nilai discount rate yang sama dengan IRR yang dihasilkan pada alternatif 2 yaitu kurang lebih 17,4% dibandingkan dengan asumsi *discount rate* yang digunakan dalam perhitungan ekonomi MSSWS sebesar 6%. Namun demikian penurunan harga nikel dan kenaikan harga komoditas yang besar dapat berdampak pada penurunan tingkat keuntungan dan penyediaan dana kas investasi perusahaan. Sehingga hal tersebut dapat berakibat pada perubahan strategi kebijakan perusahaan dalam menetapkan skala prioritas proyek investasi dengan menetapkan *Minimum Attractive Rate of Return* (MARR) yang jauh lebih tinggi dari 11%. Hal tersebut dapat

menyebabkan investasi MSSWS dinilai kurang atraktif dibandingkan dengan investasi proyek strategis lainnya.

Analisis sensitivitas ekonomi MSSWS terhadap beberapa faktor dan parameter risiko ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Analisis Sensitivitas MSSWS

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

- a. Evaluasi ekonomi dari pemilihan ketiga alternatif menunjukkan pembelian *mobile screening station waterless system* (alternatif 2) adalah alternatif yang paling ekonomis dimana dihasilkan nilai tertinggi NPV yaitu \$3,269,700 dan IRR 17,4% dengan *payback period* 4 tahun. Penurunan jarak pengangkutan bijih nikel yang oleh MSSWS menghasilkan penghematan biaya operasional tambang yang berarti dengan penurunan biaya operasi pengangkutan bijih dan biaya investasi untuk penggantian truk.
- b. Berdasarkan hasil analisis sensitivitas, faktor risiko yang paling berpengaruh pada nilai keekonomian MSSWS adalah perubahan jarak pengangkutan yang dapat terjadi karena perubahan rencana tambang. Risiko kemungkinan terjadinya perubahan besar pada biaya investasi MSSWS dan biaya unit operasional tambang yang berdampak pada keekonomisan operasional MSSWS relatif kecil pada tahun ini. Namun kemungkinan perubahan nilai investasi dan biaya unit tambang tersebut masih ada untuk implementasi pada tahun-tahun yang akan datang. Maka hal yang perlu dilakukan untuk mengatasi risiko tersebut adalah dengan mengembangkan keakurasian rencana tambang, kedetailan desain teknis MSSWS, kajian yang matang terhadap kapasitas desain MSSWS yang sesuai dengan laju target produksi, dan meninjau kembali parameter-parameter analisis ekonomi akan yang digunakan pada tahun yang mendatang.

## 5.2 Saran

- a. MSSWS menghasilkan pengurangan kandungan air pada bijih nikel tersaring yang berdampak pada adanya potensi penghematan biaya efisiensi energi di proses pengeringan bijih selanjutnya. Potensi penghematan biaya tersebut belum termasuk dalam ruang lingkup penelitian ini. Oleh karenanya direkomendasikan untuk mengembangkan penelitian lanjutan untuk mengkaji penambahan nilai ekonomis MSSWS yang berdampak pada penghematan biaya pembakaran energi *High Speed Diesel* (HSD) di drying kiln.
- b. Asumsi yang digunakan dalam perhitungan dan analisis ekonomi didasarkan pada periode tahun 2019 dan tahun 2020. Sehingga perlu dilakukan peninjauan kembali asumsi parameter-parameter ekonomi tersebut jika MSSWS akan digunakan untuk tahun-tahun yang akan datang.
- c. Kerangka kerja penelitian ini terbatas diimplementasikan pada kondisi bijih nikel laterit yang sesuai dengan objek penelitian. Oleh karenanya diperlukan studi lebih lanjut jika akan diimplementasikan pada kondisi lingkungan geologi bijih nikel laterit yang berbeda untuk area tambang yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

AACE, International (2006), “*Total Cost Management Framework*”, First Edition, Bab 3-6, hal. 35-98.

Beca Consultant (2018), “*Modular Screening Station Design Basis*”, Appendix A and B.

Connely, D (2013), “*Mobile Crushing and Screening Plant application for Small to Medium Size Iron Ore Projects*”.

Damodaran, Aswath (April 2019), “*Equity Risk Premiums (ERP): Determinants, Estimation and Implications*”, The 2019 Edition, page 34-35, [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3378246](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3378246)

Damodaran, Aswath (January 2020), “*Betas by Sector (US)*”, [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)

Damodaran, Aswath (January 2020), “*Country Default Spreads and Risk Premiums*”, [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/ctrypre.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctrypre.html)

Internal Corporate Data (2019), “*Average Yield of the Last Two Years from Global Bonds of Large Mining Companies with Maturing of 2025-2026*”.

Investing (March 2020),” *Copper Futures Historical Data*”, <https://www.investing.com/commodities/copper-historical-data>.

Investing (March 2020), ”*Data Historis USD/IDR*”, <https://id.investing.com/currencies/usd-idr-historical-data>.

Bank Indonesia (March 2020), “*Laporan Inflasi (Indeks Harga Konsumen) Berdasarkan Perhitungan Inflasi Tahunan*”, <https://www.bi.go.id/id/moneter/inflasi/data/Default.aspx>.

Jebsen & Jessen (2018), “*Technical Proposals for the Supply of Mobile Screening & Stockpiling Equipment*”, page 1-20.

Marshall Hargrave (2019), “*Weighted Average Cost of Capital – WACC*”, <https://www.investopedia.com/terms/w/wacc.asp>.

Peraturan Pemerintah No. 36 (2017), “*Pengenaan Pajak Penghasilan Atas Penghasilan Tertentu Berupa Harta Bersih yang Diperlakukan atau Dianggap sebagai Penghasilan*”, Pasal 4, Ayat 1a.

Prodjosumarto, Partanto (1998),” *Modul Pendidikan dan Pelatihan Aplikasi Pemindahan Tanah Mekanis di Tambang Terbuka, Cara Menghitung Produksi dan Ongkos Produksi*”, hal. 4-11.

Richardson and R E Conder (2004), “*Evaluation of Materials Handling Transportation Systems*”, Conference Proceeding, Ausimm.

Benchmarker, Steel (March 2020), “Price History Tables and Charts”, page 4, [www.steelbenchmarker.com](http://www.steelbenchmarker.com).

Stermole, Franklin dan Stermole, John (1990), “*Economic Evaluation and Investment Decision Methods*”, Seventh edition, hal.229-232.

Sullivan, William dan Wicks, Elin (2009), “*Engineering Economy*”, Fourteenth Edition, hal.26-27, 212-236, 493-398.

Trading Economics, ”*United States 30 Years Bond Yield 1977- 2019 Data*”, <https://tradingeconomics.com/united-states/30-year-bond-yield> .

Trading Economics, “*United States Inflation Rate 1914-2020 Data*”, <https://tradingeconomics.com/united-states/inflation-cpi>

Undang-Undang No.36 (2008), “*Amandemen Keempat UU No.7/1983 tentang Pajak Penghasilan*”, Pasal 11, Ayat 6, hal. 18.

Waheed, Ahmad (2009), “*Nickel Laterites Fundamentals of Chemistry, Mineralogy, Weathering Processes, Formation, and Exploration*”, Chapter 6 Formation of laterites & their characteristics, hal. 6.1 -6.42.

Woodhouse, M and Cotton, R (1990), “*Economic Geology of the Digger Rocks Nickel Deposit, Forrestania, Western Australia*”, Conference Proceeding, Ausimm.

## LAMPIRAN 1

### Perhitungan Depresiasi MSSWS

Tahun	Depresiasi (\$ x 1000)			Nilai Sisa (\$ x 1000)		
	Garis Lurus (12.5%)	Saldo Menurun (25%)	Kombinasi	Garis Lurus (12.5%)	Saldo Menurun (25%)	Kombinasi
0	0	0	0	10,250	10,250	10,250
1	1,281	2,563	2,563	8,969	7,688	7,688
2	1,281	1,922	1,922	7,688	5,766	5,766
3	1,281	1,441	1,441	6,406	4,324	4,324
4	1,281	1,081	1,081	5,125	3,243	3,243
5	1,281	811	811	3,844	2,432	2,432
6	1,281	608	811	2,563	1,824	1,622
7	1,281	456	811	1,281	1,368	811
8	1,281	342	811	-	1,026	-

## LAMPIRAN 2

### Perkiraan Beta Beberapa Sektor (Damodaran, Aswath – Januari 2020)

<i>Industry Name</i>	<i>Number of firms</i>	<i>Beta</i>	<i>D/E Ratio</i>
<i>Advertising</i>	47	1.44	85.08%
<i>Auto &amp; Truck</i>	13	1.1	164.93%
<i>Bank (Money Center)</i>	7	1	177.75%
<i>Banks (Regional)</i>	611	0.57	62.92%
<i>Building Materials</i>	42	1.23	32.07%
<i>Business &amp; Consumer Services</i>	165	1.07	30.31%
<i>Coal &amp; Related Energy</i>	22	1.4	79.69%
<i>Computer Services</i>	106	1.2	44.65%
<i>Electrical Equipment</i>	113	1.44	21.00%
<i>Electronics (Consumer &amp; Office)</i>	20	1.28	20.67%
<i>Farming/Agriculture</i>	31	0.89	62.39%
<i>Financial Svcs. (Non-bank &amp; Insurance)</i>	232	0.73	882.21%
<i>Food Processing</i>	88	0.88	37.38%
<i>Green &amp; Renewable Energy</i>	22	1.07	112.64%
<i>Healthcare Products</i>	242	1.04	13.25%
<i>Healthcare Support Services</i>	128	1.17	39.91%
<i>Insurance (General)</i>	19	0.74	41.41%
<i>Insurance (Life)</i>	24	1.08	97.50%
<i>Machinery</i>	120	1.25	23.86%
<b><i>Metals &amp; Mining</i></b>	<b>92</b>	<b>1.31</b>	<b>38.21%</b>
<i>Oil/Gas (Production and Exploration)</i>	269	1.48	56.39%
<i>Oil/Gas Distribution</i>	24	1.02	89.69%
<i>Oilfield Svcs/Equip.</i>	136	1.58	48.65%
<i>Power</i>	52	0.58	72.51%
<i>Precious Metals</i>	83	1.44	18.37%
<i>Real Estate (Operations &amp; Services)</i>	57	0.93	58.80%
<i>Software (Internet)</i>	30	1.67	20.41%
<i>Software (System &amp; Application)</i>	363	1.2	9.67%
<i>Steel</i>	32	1.62	46.97%
<i>Telecom (Wireless)</i>	18	1.14	131.19%
<i>Telecom. Equipment</i>	91	0.89	17.22%
<i>Telecom. Services</i>	67	1.05	79.19%
<i>Utility (General)</i>	16	0.28	66.95%
<i>Utility (Water)</i>	17	0.68	35.75%

### LAMPIRAN 3

#### *Equity Risk Premium (ERP), Damodaran, Aswath – Januari 2020*

<b>Pendekatan</b>	<b>ERP</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Survey: CFOs</i>	4,42%	Estimasi rata-rata <i>Ambell and Harvey Survey of CFOs (2018)</i> ; Median adalah 3,63%
<i>Survey: Global Fund Managers</i>	4,60%	<i>Merrill Lynch (January 2014) Survey of Global Managers</i>
<i>Historical-US</i>	4,66%	<i>Geometric average - Stocks over T.Bonds: 1928-2018</i>
<i>Historical – Multiple Equity Markets</i>	3,20%	Nilai rata-rata premium pada 20 pasar dari tahun 1900-2017: Dimson, Marsh and Staunton (2018)
<i>Current Implied Premium</i>	5,96%	<i>S&amp;P 500 – January 1, 2019</i>
<i>Average Implied Premium (1960-2018)</i>	4,19%	<i>Average of implied equity risk premium</i>
<i>Average Implied Premium (2009-2018)</i>	5,49%	<i>Average of implied equity risk premium</i>
<i>Default spread based premium</i>	4,91%	<i>Baa Default Spread * Median value of (ERP/ Default Spread) on 1/1/19</i>

## LAMPIRAN 4

### *Country Default Spread (CDR), Damodaran, Aswath – Januari 2020*

<i>Country</i>	<i>Country Default Spread</i>	<i>Country Risk Premium</i>	<i>Corporate Tax Rate</i>
<i>Australia</i>	<i>0.00%</i>	<i>0.00%</i>	<i>30.00%</i>
<i>Brazil</i>	<i>2.51%</i>	<i>2.96%</i>	<i>34.00%</i>
<i>China</i>	<i>0.59%</i>	<i>0.69%</i>	<i>25.00%</i>
<i>Germany</i>	<i>0.00%</i>	<i>0.00%</i>	<i>30.00%</i>
<i>Hong Kong</i>	<i>0.41%</i>	<i>0.49%</i>	<i>16.50%</i>
<i>India</i>	<i>1.59%</i>	<i>1.88%</i>	<i>30.00%</i>
<b><i>Indonesia</i></b>	<b><i>1.59%</i></b>	<b><i>1.88%</i></b>	<b><i>25.00%</i></b>
<i>Italy</i>	<i>1.84%</i>	<i>2.17%</i>	<i>24.00%</i>
<i>Japan</i>	<i>0.59%</i>	<i>0.69%</i>	<i>30.62%</i>
<i>Korea</i>	<i>0.41%</i>	<i>0.49%</i>	<i>25.00%</i>
<i>Malaysia</i>	<i>1.00%</i>	<i>1.18%</i>	<i>24.00%</i>
<i>Mexico</i>	<i>1.00%</i>	<i>1.18%</i>	<i>30.00%</i>
<i>Mozambique</i>	<i>7.53%</i>	<i>8.88%</i>	<i>32.00%</i>
<i>Myanmar</i>	<i>5.44%</i>	<i>6.42%</i>	<i>25.00%</i>
<i>Netherlands</i>	<i>0.00%</i>	<i>0.00%</i>	<i>25.00%</i>
<i>New Zealand</i>	<i>0.00%</i>	<i>0.00%</i>	<i>28.00%</i>
<i>Philippines</i>	<i>1.59%</i>	<i>1.88%</i>	<i>30.00%</i>
<i>Portugal</i>	<i>1.84%</i>	<i>2.17%</i>	<i>21.00%</i>
<i>Qatar</i>	<i>0.51%</i>	<i>0.60%</i>	<i>10.00%</i>
<i>Russia</i>	<i>1.84%</i>	<i>2.17%</i>	<i>20.00%</i>
<i>Saudi Arabia</i>	<i>0.59%</i>	<i>0.69%</i>	<i>20.00%</i>
<i>Singapore</i>	<i>0.00%</i>	<i>0.00%</i>	<i>17.00%</i>
<i>South Africa</i>	<i>1.84%</i>	<i>2.17%</i>	<i>28.00%</i>
<i>Spain</i>	<i>1.34%</i>	<i>1.57%</i>	<i>25.00%</i>
<i>Taiwan</i>	<i>0.51%</i>	<i>0.60%</i>	<i>20.00%</i>
<i>Thailand</i>	<i>1.34%</i>	<i>1.57%</i>	<i>20.00%</i>
<i>Turkey</i>	<i>3.76%</i>	<i>4.44%</i>	<i>22.00%</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>0.41%</i>	<i>0.49%</i>	<i>19.00%</i>
<i>United States</i>	<i>0.00%</i>	<i>0.00%</i>	<i>25.00%</i>
<i>Venezuela</i>	<i>15.00%</i>	<i>17.69%</i>	<i>34.00%</i>
<i>Vietnam</i>	<i>3.01%</i>	<i>3.55%</i>	<i>20.00%</i>

## LAMPIRAN 5

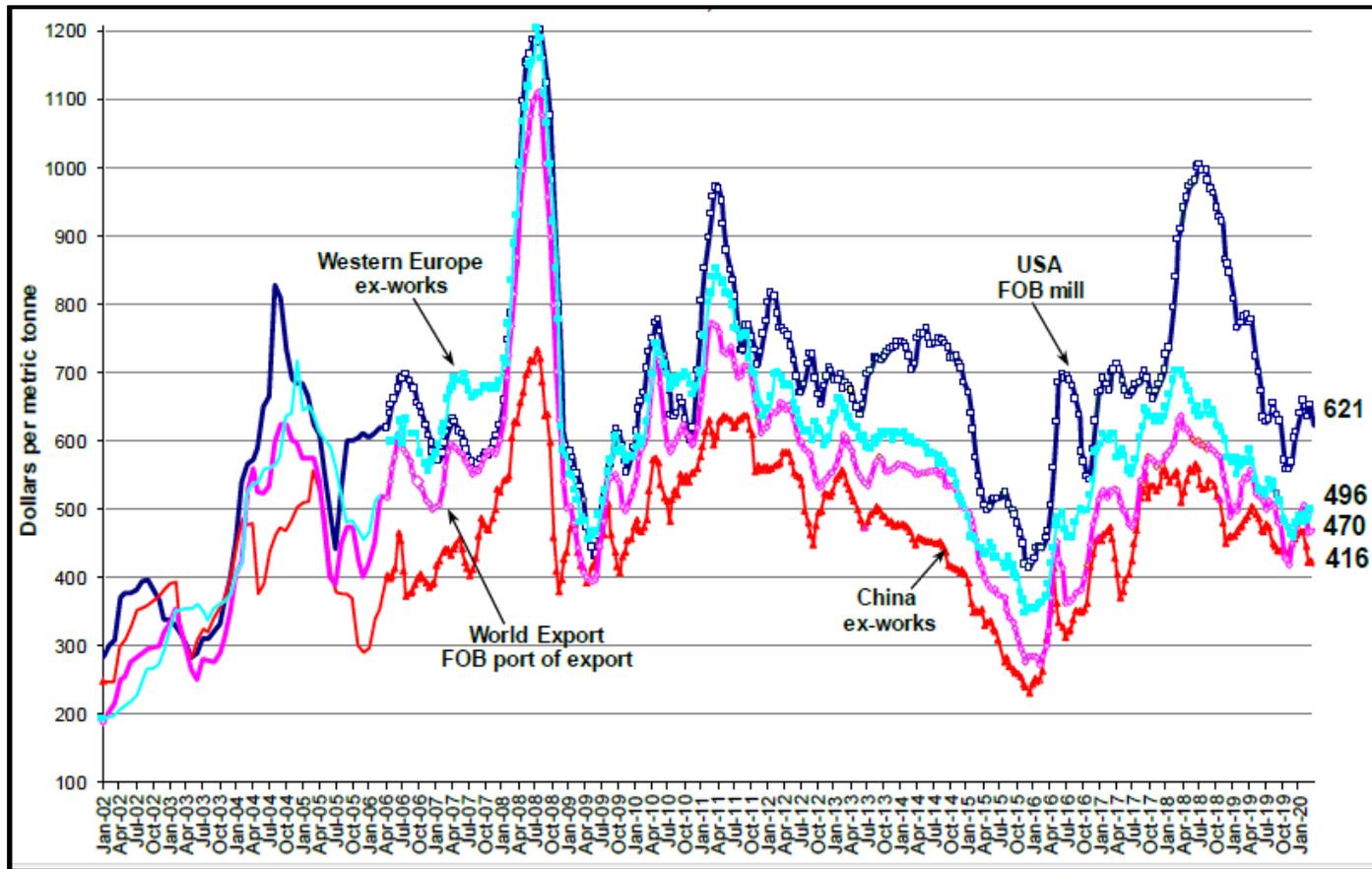
### Eskalasi, Inflasi dan Kurs Rupiah terhadap Dolar USA

<b>Tahun</b>	<b>Tembaga (\$/ton)</b>	<b>Semen (Rp/sag)</b>	<b>Inflasi (%)</b>	<b>Kurs US\$ (Rp)</b>
2019	2.75	12,473	3.03%	14,113
2018	2.90	9,775	3.20%	14,248
2017	2.85	9,723	3.81%	13,399
2016	2.23	9,750	3.53%	13,329
2015	2.48	11,773	6.38%	13,477
2014	3.08	15,496	6.42%	11,866
2013	3.32	15,533	6.97%	10,558
2012	3.63	12,879	4.28%	9,377
2011	4.02	9,279	5.38%	8,759
2010	3.46	8,717	5.13%	9,075
2009	2.42	5,356	4.90%	10,340
Eskalasi 2019 terhadap 2009	13.6%	133%	53.0%	37%

Sumber: *Investing.com* dan Bank Indonesia (Maret 2020)

## LAMPIRAN 6

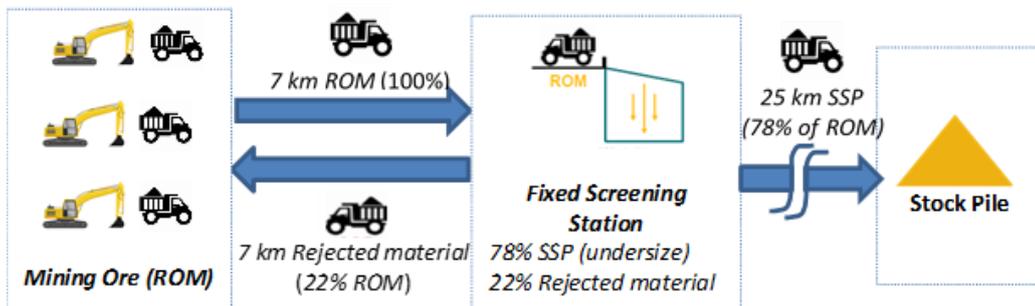
### Historis Harga Baja (Benchmark, Steel, Maret 2020)



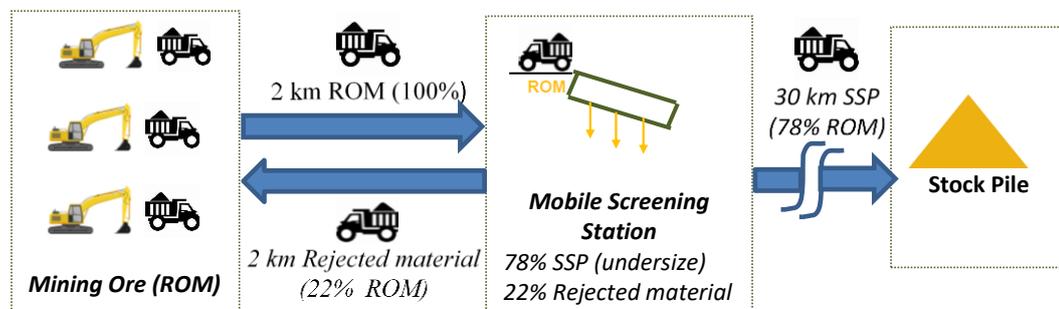
## LAMPIRAN 7

### Perbandingan Jarak Angkut FSS dan MSSWS

#### A. Proses Penambangan dengan *Fixed Screening Station* (Current State)

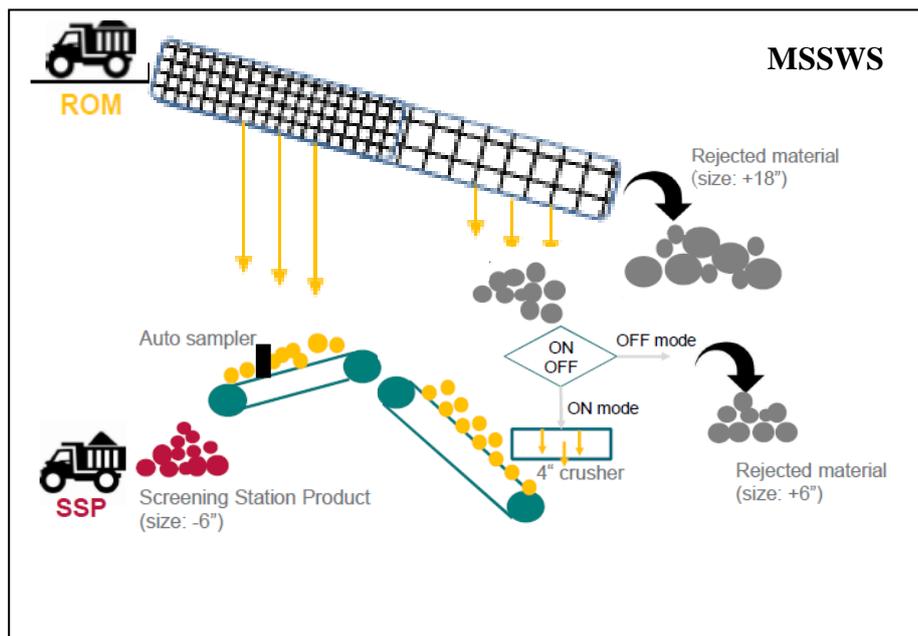
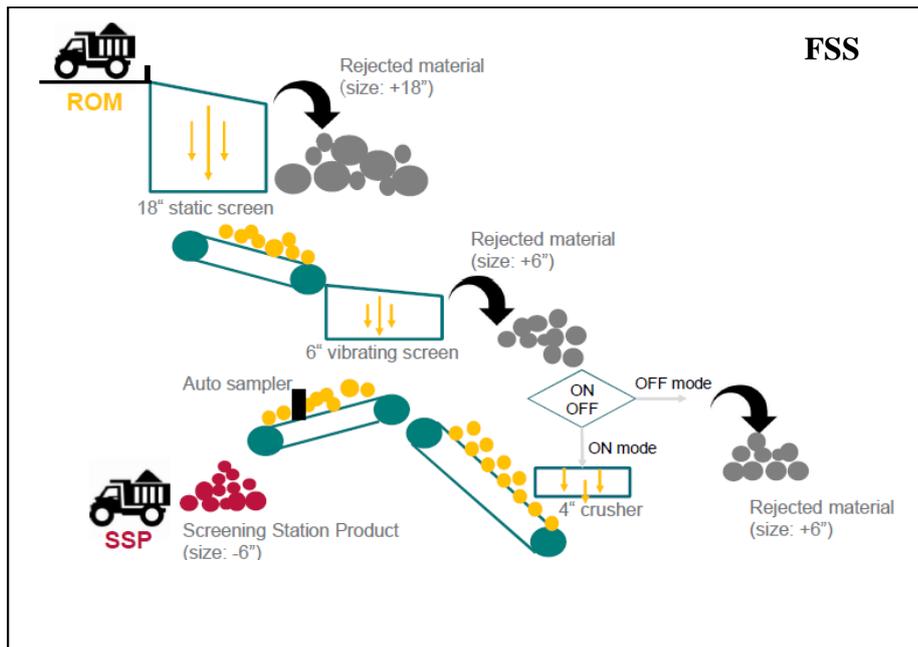


#### B. Proses Penambangan dengan *MSSWS* (Future State)



## LAMPIRAN 8

### Perbandingan Teknologi Proses FSS dan MSSWS



<b>Diskripsi</b>	<b><i>Fixed Screening Station</i></b>	<b>MSSWS</b>
Teknologi Penyaringan	<i>Static grizzly and vibrating steps bar screens (Primary and Secondary Screen)</i>	<i>A barrel of rotary screen (Primary and Secondary Screen)</i>
<i>Static grizzly screening</i>	Ya	Tidak
<i>Rotary barrel screen</i>	Tidak	Ya
<i>Mobile</i>	Tidak	Ya
<i>Feed hopper</i>	Ya	Ya
<i>Transfer conveyors to screens</i>	Ya	Tidak
<i>Stacker belt Conveyor</i>	Ya	Ya
<i>Water added</i>	Ya	Tidak
<i>Feeding capacity</i>	750 Ton/jam	750 Ton/jam

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Andy Yustian, lahir di Semarang, 11 Januari 1975. Penulis menempuh pendidikan formal di Semarang, Jawa Tengah sejak SD, SMP, dan SMA. Kemudian melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Bandung dan berhasil tamat di tingkat sarjana di Jurusan Teknik Pertambangan pada tahun 1998. Penulis bekerja pada perusahaan swasta yaitu PT. Vale Indonesia Tbk sejak tahun 1998 sampai dengan hari ini. Saat ini, penulis sedang menyelesaikan pendidikan jenjang magister di Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis dapat dihubungi via email. [andy.yustian76@gmail.com](mailto:andy.yustian76@gmail.com).