

SKRIPSI

**ANALISIS PENGGANTIAN ALAT GALI MUAT DAN ANGKUT PADA
KEGIATAN PENAMBANGAN NIKEL DI PT DJAVA BERKAH
MINERAL, PROVINSI SULAWESI TENGAH**

Disusun dan diajukan oleh

OLIVIA NOVENA KRISTI

D111171510



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS PENGGANTIAN ALAT GALI MUAT DAN ANGKUT PADA
KEGIATAN PENAMBANGAN NIKEL DI PT DJAVA BERKAH
MINERAL, PROVINSI SULAWESI TENGAH**

Disusun dan diajukan oleh

**OLIVIA NOVENA
D111171510**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 07 November 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Aryanti Virianti Anas, S.T., M.T.

NIP. 197010052008012026

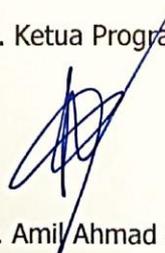
Pembimbing Pendamping,



Rizki Amalia, S.T., M.T.

NIDK. 8889211019

Plt. Ketua Program Studi,



Dr. Amil/Ahmad Ilham, S.T., M.IT.

NIP. 197310101998021001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Olivia Novena
NIM : D111171510
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Penggantian Alat Gali Muat dan Angkut Pada Kegiatan
Penambangan Nikel di PT Djava Berkah Mineral, Provinsi
Sulawesi Tengah

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 07 November 2022

Yang menyatakan



Olivia Novena

ABSTRAK

PT Djava Berkah Mineral memiliki kontrak kerjasama operasional dengan PT Bukit Makmur Istindo Nikeltama untuk melakukan kegiatan produksi penambangan nikel di Pit B dan Pit C. Kegiatan produksi menggunakan alat gali muat *excavator* Komatsu PC 300 sebanyak 4 unit, alat angkut *dumptruck* UD Cwester 370 sebanyak 25 unit dan *dumptruck* AXOR 2528 C M/T sebanyak 16 unit. Perusahaan seringkali berhadapan dengan masalah penggantian yang merupakan masalah kompleks, di mana semakin meningkatnya intensitas kerusakan pada alat menyebabkan biaya yang digunakan semakin meningkat. Penggantian peralatan dilakukan berdasarkan konsep *defender* dan *challenger* yang didasarkan pada penentuan kapan suatu aset dipertahankan (*defender*) dan harus diganti dengan (*challenger*), serta penentuan waktu penggantian yang harus dilakukan. Penelitian ini menggunakan metode *Annual Equivalent* dengan mempertimbangkan biaya kepemilikan, biaya *maintenance* dan operasional serta pendapatan. Berdasarkan analisis *annual equivalent* menunjukkan *excavator* PC 300, *dumptruck* UD Cwe, dan *dumptruck* Axor diusulkan untuk diganti dengan *excavator* CAT 330, *dumptruck* Hino dan *dumptruck* Isuzu. Waktu penggantian alat *excavator* dilakukan pada tahun keenam, waktu penggantian alat *dumptruck* cwester dilakukan pada tahun keempat, dan waktu penggantian alat *dumptruck* axor dilakukan pada tahun keempat. Waktu penggantian alat dimulai dari tahun pembelian alat.

Kata Kunci: *excavator*; *dumptruck*; *defender*; *challenger*; waktu penggantian.

ABSTRACT

PT Djawa Berkah Mineral has an operational cooperation contract with PT Bukit Makmur Istindo Nikeltama to carry out nickel mining production activities in Pit B and Pit C. Production activities use of 4 units of Komatsu PC 300 excavator, 25 units of dumptruck UD Cwester 370 and 16 units of dumptruck Axor 2528 C M/T. Companies are often faced with the problem of replacement which is a complex problem, where the increasing intensity of damage to the equipment causes the cost to be used to increase. Equipment replacement is carried out based on the concept of defender and challenger which is based on determining when an asset is defended (defender) and must be replaced with (challenger), as well as determining the time for replacement to be carried out. This study uses the Annual Equivalent method by considering the cost of ownership, maintenance and operational costs and income. Based on the annual equivalent analysis, it is shown that the PC 300 excavator, UD Cwe dumptruck, and Axor dumptruck are proposed to be replaced with the CAT 330 excavator, Hino dumptruck and Isuzu dumptruck. The time for replacing the excavator equipment is in the sixth year, the time for replacing the dumptruck cwester is in the fourth year, and the replacement for the axor dumptruck is in the fourth year. Equipment replacement time starts from the year the equipment was purchased.

Keyword: excavator; dumptruck; defender; challenger; replacement time

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul "Analisis Penggantian Alat Gali Muat dan Angkut pada Kegiatan Penambangan Nikel di PT Djava Berkah Mineral, Provinsi Sulawesi Selatan". Tugas Akhir ini disusun untuk menunjukkan hasil penelitian yang dilakukan penulis selama melakukan penelitian di PT Djava Berkah Mineral. Penyusunan Tugas Akhir ini juga bertujuan sebagai syarat kelulusan di Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin. Penulis mengucapkan banyak terima kasih pada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan baik secara moril maupun materiil sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Bapak Ayub Hatta, selaku *Project Manager* PT Djava Berkah Mineral yang telah memberikan kesempatan kepada penulis sehingga dapat melakukan pengambilan data di PT PT Djava Berkah Mineral, kepada Bapak Ardi dan Bapak Steven selaku *Mine Plan Engineer* sekaligus pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan serta bantuan selama melakukan kegiatan Kerja Praktik, dan kepada seluruh karyawan PT Djava Berkah Mineral yang telah banyak membantu penulis selama kegiatan penelitian.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Perencanaan dan Valuasi Tambang sekaligus pembimbing pertama dan kepada Ibu Rizki Amalia S.T., M.T. selaku pembimbing kedua serta kepada Ibu Dr. Eng. Rini Novrianti Sutardjo Tui S.T., M.BA., M.T. selaku Dosen Laboratorium Perencanaan dan Valuasi Tambang yang telah memberi arahan dan meluangkan waktunya untuk memberi bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak Asran ilyas, S.T., M.T., Ph. D dan Bapak Asta Arjunoarwan Hatta S.T., M.T selaku dosen penguji. Ucapan terimakasih

diberikan juga kepada Bapak Asran ilyas, S.T., M.T., Ph. D selaku Ketua Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin dan segenap dosen serta staf administrasi di Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi.

Penulis berterimakasih kepada teman-teman Teknik Pertambangan 2017 yang senantiasa memberi semangat dan bantuan selama ini terkhusus kepada Andi Ariska, Zikra Ainun, Elisya Permatasari Yoseph, dan teman-teman anggota Laboratorium Perencanaan dan Valuasi Tambang.

Terimakasih yang paling besar, penulis ucapkan kepada kedua orang tua yang tidak pernah berhenti berdoa serta memberikan dukungan dalam bentuk apapun demi kelancaran perkuliahan ananda.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan wawasan mengenai waktu penggantian alat gali muat dan alat angkut sehingga dapat dipertimbangkan untuk diterapkan dalam konteks *good mining practice*.

Makassar, 05 September 2022

Olivia Novena

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Lokasi Daerah Penelitian	3
1.6 Tahapan Penelitian	4
BAB II PENGGANTIAN ALAT, NILAI WAKTU TERHADAP UANG, DAN BIAYA ALAT	6
2.1 Konsep Penggantian	6
2.2 Nilai Waktu Terhadap Uang (<i>Time Value of Money</i>)	16
2.3 Biaya Alat	21
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Pengumpulan Data	28
3.2 Pengolahan Data	32
3.3 Analisis Data	33
BAB IV ANALISIS PENGGANTIAN ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT	37

	Halaman
4.1 Biaya Investasi	37
4.2 Penyusutan Alat (Depresiasi)	38
4.3 Biaya Operasi	39
4.4 Peningkatan Biaya <i>Defender</i>	42
4.5 Peningkatan Biaya <i>Challenger</i>	43
4.6 Analisis Penggantian Alat Gali Muat dan Alat Angkut	44
BAB V PENUTUP	60
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran.....	60

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. 1 Peta lokasi daerah penelitian	4
3. 1 <i>Excavator</i> Komatsu PC 300	29
3. 2 <i>Dumptruck</i> UD Cwester 370	29
3. 3 <i>Dumptruck</i> Axor 2528.....	29
3. 4 <i>Excavator</i> Caterpillar 330	31
3. 5 <i>Dumptruck</i> Hino.....	31
3. 6 <i>Dumptruck</i> Isuzu 285	31
3. 7 Bagan Alir Penelitian	36
4. 1 Grafik perbandingan biaya bahan bakar <i>dumptruck</i> dan <i>excavator</i>	41
4. 2 Grafik perbandingan biaya pelumas dan biaya bahan bakar	42
4. 3 Grafik perbandingan pendapatan <i>defender</i> dan <i>challenger</i> pada <i>excavator</i>	46
4. 4 Grafik perbandingan biaya <i>defender</i> dan <i>challenger</i> pada <i>excavator</i>	46
4. 5 Grafik <i>annual worth excavator</i> terhadap tahun penggantian	48
4. 6 Grafik perbandingan pendapatan <i>dumptruck defender</i> dan <i>challenger</i>	50
4. 7 Grafik perbandingan biaya of <i>dumptruck defender</i> dan <i>challenger</i>	51
4. 8 Grafik <i>annual worth of dumptruck</i> Cwe dan Hino terhadap tahun penggantian ..	52
4. 9 Grafik perbandingan pendapatan <i>dumptruck</i> Axor dan Isuzu.....	55
4. 10 Grafik perbandingan biaya of <i>dumptruck</i> Axor dan Isuzu	55
4. 11 Grafik <i>annual worth dumptruck</i> Axor dan Isuzu terhadap tahun penggantian ...	57

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3. 1 Data Harga Beli Alat <i>Defender</i>	30
3. 2 Data Pemakaian Bahan Bakar Alat Berat Tahun 2018-2020.....	30
3. 3 Data Harga Beli Alat <i>Challenger</i>	32
3.4 Komponen Aliran Kas <i>Defender</i>	34
3. 5 Komponen Aliran Kas <i>Challenger</i>	34
4. 1 Biaya Investasi <i>Defender</i>	38
4. 2 Biaya Investasi <i>Challenger</i>	38
4. 3 Depresiasi <i>Defender</i>	38
4. 4 Depresiasi <i>Challenger</i>	39
4. 5 Estimasi Biaya Operasional Alat <i>Excavator</i> Komatsu 300.....	39
4. 6 Estimasi Biaya Operasional Alat <i>Dumptruck</i> Cwester 370.....	39
4. 7 Estimasi Biaya Operasional Alat <i>Dumptruck</i> Axor.....	40
4. 8 Estimasi Biaya Operasional Alat <i>Excavator</i> CAT 330.....	40
4. 9 Estimasi Biaya Operasional Alat <i>Dumptruck</i> Hino.....	40
4. 10 Estimasi Biaya Operasional Alat <i>Dumptruck</i> Isuzu.....	40
4. 11 Biaya <i>Defender</i> Tiap Tahun.....	42
4. 12 Hasil Perhitungan Faktor Kenaikan Biaya <i>Defender</i>	43
4. 13 Peningkatan Biaya <i>Challenger</i> Akibat Laju Inflasi.....	43
4. 14 Hasil Perhitungan Parameter Metode ESL <i>Excavator</i>	47
4. 15 Nilai <i>Annual Worth of Excavator</i> Komatsu.....	47
4. 16 Hasil Perhitungan Parameter Metode ESL <i>Dumptruck</i> UD Cwester.....	51
4. 17 Nilai <i>Annual Worth Dumptruck</i> UD Cwester.....	52
4. 18 Hasil Perhitungan Parameter Metode ESL <i>Dumptruck</i> Axor.....	56

4. 19 Nilai *Annual Worth Dumptruck Axor* 56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A Spesifikasi Alat <i>Defender Excavator</i> Komatsu, <i>Dumptruck</i> UD Cwe, dan <i>Dumptruck</i> Axor	65
B Biaya Perbaikan dan Perawatan Alat.....	71
C Spesifikasi Alat <i>Challenger Excavator</i> Caterpillar, <i>Dumptruck</i> Hino, dan <i>Dumptruck</i> Isuzu.....	73
D <i>Annual Cash Flow Excavator</i> Komatsu dan Caterpillar	79
E <i>Annual Cash Flow Dumptruck</i> UD Cwester dan Hino.....	81
F <i>Annual Cash Flow Dumptruck</i> Axor dan Isuzu	83

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Djava Berkah Mineral memiliki kontrak kerjasama operasional dengan PT Bukit Makmur Istindo Nikeltama (BUMANIK) untuk melakukan kegiatan penambangan nikel di *Pit B* dan *Pit C*. Kegiatan penambangan menggunakan alat-alat berat yaitu alat gali muat *excavator* Komatsu PC 300 sebanyak 4 unit, alat angkut *dumpruck* UD Cwester 370 sebanyak 25 unit dan *dumpruck* AXOR 2528 C M/T sebanyak 16 unit. Alat-alat berat tersebut merupakan salah satu faktor produksi yang penting untuk mencapai target produksi nikel yang telah ditetapkan perusahaan. Manajemen dan pemeliharaan alat berat berada di bawah tanggung jawab Departemen *Plant and Logistic* yang merupakan salah satu bagian penting di PT Djava Berkah Mineral.

Pada perencanaan kegiatan operasi produksi, performa alat berat menjadi salah satu variabel penentu dalam tingkat keberhasilan pencapaian produksi, sehingga penggantian alat berat layak untuk dilakukan (Sullivan, 2006). Alat-alat berat memiliki keterbatasan umur atau masa pakai sehingga setiap alat yang digunakan oleh perusahaan sebaiknya diganti dalam setiap kurun waktu tertentu. Apabila alat yang digunakan telah melewati umur ekonomis maka akan terjadi peningkatan biaya operasi sehingga biaya operasi menjadi tidak efisien lagi. Perusahaan harus mengambil kebijakan untuk menentukan kapan alat tersebut harus diganti dimana tidak cukup hanya dilihat pada kondisi fisik alat tersebut, namun yang lebih penting adalah pertimbangan-pertimbangan ekonomis yang berkaitan dengan alternatif pemakaian atau penggantianannya dengan alat yang baru (Peurifoy, 2006). Keputusan untuk mengganti alat berat dilakukan apabila alat-alat tersebut rusak dan tidak dapat

diperbaiki, saat biaya operasi yang dikeluarkan terlalu tinggi atau saat perubahan teknologi menyebabkan suatu peralatan tidak dapat digunakan lagi karena terlalu tua (Pujawan, 2003).

Perusahaan seringkali berhadapan dengan masalah penggantian (*replacement problem*) yang merupakan masalah kompleks, sehingga dalam pengambilan keputusan penggantian menimbulkan adanya keraguan. Penggantian waktu yang baik pada alat dilakukan setiap empat tahun sekali (Eduardo and Ubirajara, 2019) atau saat biaya operasional alat yang digunakan minimum (Onur and Kadri, 2017). Analisis penggantian dapat dilakukan menggunakan beberapa metode diantaranya *Life Cycle Cost* (LCC), *Integer Programming* (IP) dan *Annual Equivalent* (AE) (Eduardo and Ubirajara, 2019; Onur and Kadri, 2017). Hasil analisis yang diperoleh tergantung pada lokasi dan kemampuan setiap perusahaan dalam melakukan manajemen alat.

Penelitian ini menggunakan metode *Annual Equivalent* (AE) dimana metode ini melihat keseluruhan *cashflow* secara bersih yang tersebar merata secara periodik atau tahunan. Metode ini juga dimungkinkan dapat membandingkan peralatan dengan masa pakai yang berbeda (Giatman, 2006). Metode AE menggunakan variabel keputusan dengan memilih nilai AE yang terkecil sebagai umur ekonomis peralatan (Ian, 2004). Jika hanya variabel keputusan harus menggunakan nilai integer yang membutuhkan perhitungan cukup lama (Handoko dan Santoso, 2018) atau jika hanya menggunakan variabel keputusan dengan memfokuskan biaya siklus hidup yang panjang yang membutuhkan biaya operasional yang lebih banyak (Ashar dan Kayatun, 2018), maka nilai yang muncul kurang akurat dalam perhitungan penggantian ini. Oleh karena itu analisis penggantian yang digunakan pada penelitian ini dilakukan untuk mengambil keputusan dan meminimalisir risiko serta mendapatkan manfaat maksimal dengan biaya minimum sehingga memperoleh keputusan yang bijak mengenai waktu penggantian alat yang tepat.

1.2 Rumusan Masalah

Kegiatan operasi penambangan di PT Djava Berkah Mineral menggunakan alat gali muat dan alat angkut yang telah berumur lima tahun. Keputusan penggantian peralatan dilakukan berdasarkan metode depresiasi yang dapat menimbulkan adanya keraguan terhadap *replacement strategy* yang telah diterapkan selama ini. Penelitian ini menggunakan analisis penggantian untuk menentukan kapan sebaiknya suatu peralatan diganti dilakukan berdasarkan perspektif optimasi ekonomi dimana suatu peralatan sebaiknya diganti pada saat biaya siklus hidupnya minimum. Dengan demikian, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah kapan waktu yang tepat untuk melakukan penggantian alat gali muat dan alat angkut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menentukan waktu yang tepat untuk melakukan penggantian alat gali muat dan alat angkut menggunakan analisis penggantian.

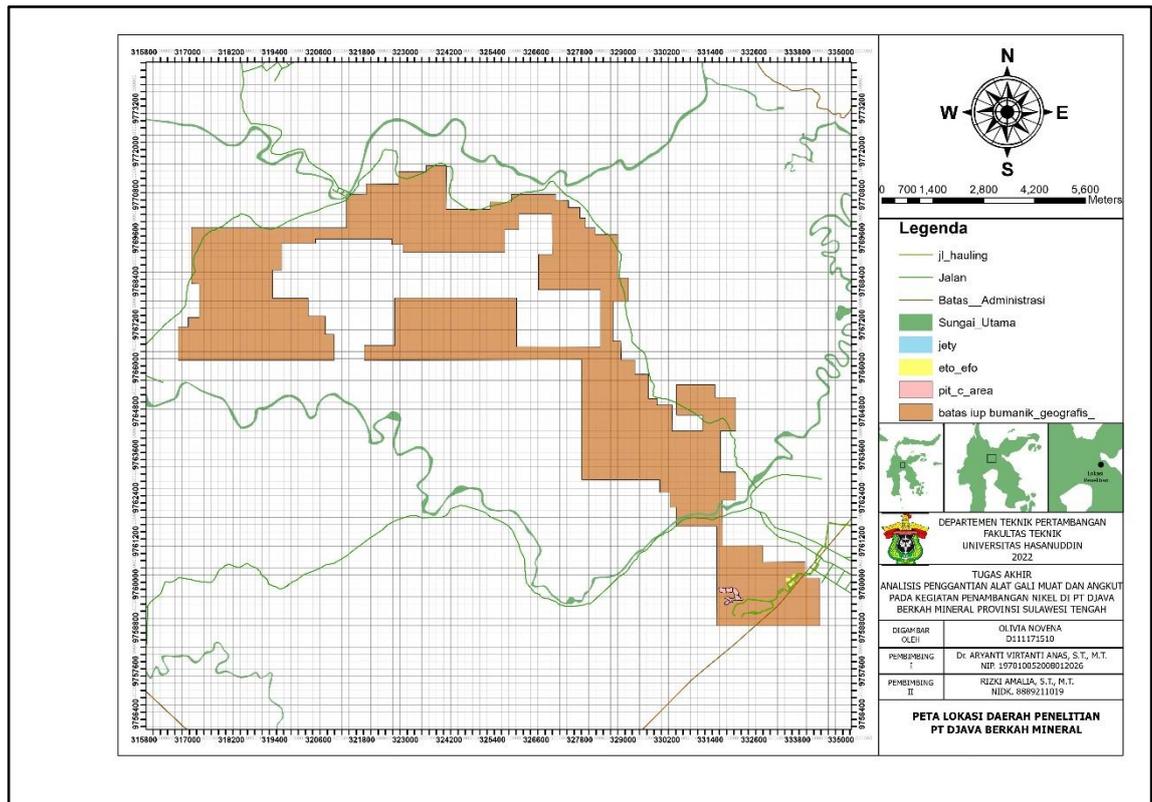
1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai bahan evaluasi bagi perusahaan dalam menentukan pertimbangan dan keputusan yang bijak mengenai metode yang telah digunakan, khususnya mengenai penggantian alat gali muat dan alat angkut.

1.5 Lokasi Daerah Penelitian

PT. Djava Berkah Mineral secara administrasi berada di wilayah Desa Keuno, Kecamatan Petasia Timur, Kabupaten Morowali Utara, Provinsi Sulawesi Tengah. Secara astronomis daerah berada pada $121^{\circ} 30' 10''$ BT dan $2^{\circ} 10' 16''$ LS. Wilayah penelitian tersebut dapat dicapai menggunakan transportasi udara dan darat. Transportasi melalui jalur udara dari Makassar yaitu dari Bandara Sultan Hasanuddin

Makassar ke Bandara Umbele, Kabupaten Morowali Utara ± 1,5 jam kemudian dilanjutkan dengan menggunakan transportasi darat (angkutan umum) dari bandara ke lokasi penelitian ± 1 jam. Transportasi darat menggunakan bus ke lokasi penelitian dengan waktu tempuh ± 24 jam. Gambar 1.1 menunjukkan peta lokasi daerah penelitian.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Daerah Penelitian

1.6 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Perumusan masalah

Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam melakukan penelitian.

Masalah dirumuskan berdasarkan latar belakang penelitian. Masalah yang telah diperoleh diidentifikasi dan dibagi berdasarkan kategori-kategori permasalahan.

2. Studi literatur

Studi literatur merupakan kegiatan pengumpulan referensi atau materi yang berkaitan dengan kegiatan penelitian. Kegiatan studi literatur tidak hanya dilakukan pada saat persiapan dalam melakukan penelitian, tetapi juga dilakukan pada saat pengolahan dan analisis data.

3. Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan adalah data dari perusahaan meliputi data harga beli unit, spesifikasi alat, biaya perawatan alat lama dan pemakaian bahan bakar.

4. Pengolahan data

Tahapan pengolahan data dilakukan dengan tujuan agar mendapatkan hasil dari permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Hasil dari pengolahan data disajikan dalam bentuk tabel. Pengolahan data yang dilakukan yaitu menghitung pendapatan *defender*, menghitung pendapatan *challenger*, dan menghitung penggantian waktu dengan metode *Annual Equivalent*.

5. Penyusunan laporan

Penyusunan laporan merupakan tahapan akhir dalam melakukan penelitian. Penyusunan laporan dilakukan setelah pengolahan dan analisis data. Seluruh hasil penelitian disusun dan dilaporkan secara sistematis sesuai aturan yang ditetapkan oleh Departemen Teknik Pertambangan.

BAB II

PENGGANTIAN ALAT, NILAI WAKTU TERHADAP UANG DAN BIAYA ALAT

2.1 Konsep Penggantian

Salah satu keputusan besar yang seringkali dihadapi oleh perusahaan adalah keputusan mengenai kapan suatu alat atau aset harus diganti. Sebagai suatu masalah optimasi, keputusan untuk mengganti suatu peralatan bergantung pada ekspektasi mengenai bagaimana perubahan biaya operasi pada peralatan lama dan baru seiring dengan berjalannya waktu dan juga ekspektasi terhadap biaya kapital dan nilai sisa (*salvage value*) di masa yang akan datang. Segi perspektif keuangan mengatakan bahwa tujuan dari penggantian adalah untuk menyediakan layanan yang dibutuhkan dalam suatu horison perencanaan dengan cara yang paling ekonomis. Penggantian (*replacement*) dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu (Brown, 1991):

1. Penurunan performa

Seiring dengan berjalannya waktu, peralatan akan menjadi semakin tua dan efisiensi operasionalnya akan menurun akibat dari meningkatnya jumlah perawatan rutin dan biaya perbaikan.

2. Perubahan lingkungan kerja

Perubahan kondisi tambang membutuhkan tipe kendaraan yang berbeda. Contohnya, saat sebuah tambang terbuka berubah menjadi sebuah tambang bawah tanah maka *hauling truck* yang tadinya digunakan pada tambang terbuka harus diganti dengan LHD (*Load, Haul, Dump*).

3. Teknologi

Perubahan teknologi membuat peralatan lama menjadi usang (tidak dipakai lagi karena terlalu tua). Hal ini akan menyebabkan waktu penggantian menjadi lebih cepat karena pengurangan biaya kapital atau peningkatan jumlah pendapatan yang dapat dihasilkan oleh peralatan dengan teknologi baru.

4. Keuangan

Faktor keuangan memegang peranan yang sangat penting karena pembelian peralatan baru melibatkan *opportunity cost* yang terpisah dari kegiatan operasi sehari-hari peralatan tersebut. Contohnya, pembelian peralatan baru akan berdampak pada *tax and budgeting*. Hasilnya, pada suatu kondisi tertentu, menyewa peralatan dianggap lebih baik secara finansial dibandingkan dengan membeli.

Bertambahnya usia, maka biaya operasi (biaya suku cadang, biaya pemeliharaan, dan biaya bahan bakar) akan terus meningkat dan harga jual (*resale value*) dari peralatan tersebut akan terus menurun. Pada suatu waktu, biaya operasi akan menjadi tinggi sehingga akan lebih menguntungkan apabila peralatan lama diganti dengan peralatan yang baru. Pada model dasar *capital replacement*, umur ekonomis dapat ditentukan dengan menghitung nilai aliran biaya ekuivalen (*equivalent cost flow*) yang paling minimal pada suatu peralatan. Asumsi implisit dari model tersebut yaitu bahwa sebuah mesin akan diganti pada akhir umur ekonomisnya dengan mesin yang identik (Bethuyne, 1998). Pada dasarnya umur suatu peralatan dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu (Brown, 1991):

1. Umur fisik (*physical life*) adalah interval waktu, dalam jam atau tahun, antara waktu pembelian sampai dengan waktu dimana peralatan tersebut tidak dapat digunakan lagi.

2. Umur fungsional (*useful life*) adalah total waktu operasi dari suatu peralatan, tidak termasuk waktu-waktu dimana peralatan tersebut rusak atau sedang tidak dioperasikan, diukur dalam satuan jam atau tahun.
3. Umur ekonomis adalah interval waktu, dalam jam atau tahun, antara waktu pembelian peralatan sampai dengan waktu dimana kurva total EAC (*Equivalent Annual Cost*) minimum.

Peralatan dapat digunakan terus menerus selama masih berfungsi secara teknis, tetapi belum tentu berfungsi secara ekonomis. Jangka waktu dimana suatu peralatan masih berfungsi secara ekonomis disebut sebagai umur ekonomis suatu peralatan tersebut. Umur ekonomis aset adalah titik waktu dimana total ongkos-ongkos tahunan yang terjadi adalah minimum. Total ongkos-ongkos tahunan ini terdiri dari ongkos tahunan yang dikonversi dari ongkos awal maupun ongkos tahunan dari biaya operasi dan perawatan. Ongkos tahunan untuk operasi dan perawatan biasanya meningkat dengan berjalannya waktu pemakaian dari alat. Biaya investasi akan menurun dengan semakin panjangnya masa pakai dari alat (Pujawan, 2003).

Penggantian suatu peralatan yang sudah rusak dengan peralatan yang baru dipergunakan dalam pekerjaan yang sama agar menjadi seperti keadaan yang standar (Grant, dkk., 2001). Kebijakan penggantian peralatan lama dengan yang baru, bertujuan untuk mencari jadwal yang tepat untuk menentukan penggantian peralatan yang sudah tidak lagi memadai dengan peralatan yang baru yang dilihat dari umur ekonomis peralatan. Perumusan suatu kebijakan penggantian memainkan peranan yang penting dalam menentukan kemajuan perusahaan. Apabila perusahaan menanggukkan penggantian secara berlarut-larut, mengakibatkan menurunnya keuntungan atau pendapatan yang diperoleh perusahaan. Apabila penggantian ditanggukkan diluar suatu waktu yang rasional, maka perusahaan akan menemukan

bahwa ongkos operasional akan semakin tinggi dan pendapatan akan semakin menurun (Chien, *et al.*, 2014).

Umumnya semua alat atau aset yang dimiliki dan yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari tentunya memiliki keterbatasan umur. Umur aset dalam ekonomi teknik dibedakan atas umur pakai dan umur ekonomis. Namun, dalam melakukan analisa pergantian (*replacement*), umur aset yang digunakan adalah umur ekonomis (Giatman, 2006). Penentuan kapan suatu aset harus diganti atau masih perlu dipertahankan, tentu tidak cukup dilihat secara fisiknya saja, tetapi perlu dilihat unsur-unsur ekonomisnya yaitu dengan membandingkan antara ongkos yang akan dikeluarkan oleh aset tersebut dengan manfaat yang akan diperolehnya. Sebab, dapat saja terjadi suatu aset masih menguntungkan, namun tersedia alternatif lain (aset pengganti) yang akan menguntungkan. Sangat penting mempertimbangkan dengan membandingkan nilai-nilai ekonomis aset yang dimiliki dengan nilai-nilai ekonomis aset calon pengganti (alternatif lainnya). Permasalahan ini dapat dipecahkan dengan melakukan analisis pergantian (*replacement*) atau dikenal dengan analisis penggantian.

Analisis penggantian tidak terbatas pada banyak aset, tetapi juga bergantung pada anggaran atau ekonomi. Masalah ketidakpastian dalam pemanfaatan aset dan pengaruh pemanfaatan aset terhadap keputusan penggantian dapat diselesaikan dengan *annual equivalent*. Solusi menentukan suatu keputusan berdasarkan analisis penggantian adalah biaya minimum yang diharapkan oleh setiap perusahaan yang ditentukan oleh usia aset dan pemanfaatan kumulatif di setiap periode. Keputusan ini menggeneralisasi definisi kehidupan ekonomi suatu aset termasuk usia dan pemanfaatan kumulatif. Analisis penggantian dapat membuat suatu perusahaan bertumbuh secara linier dengan waktu dan menghindari dimensi aset yang dinamis (Hartman, 2004).

Analisis *replacement* ditunjukkan untuk mengetahui kapan suatu aset dapat dipertahankan (*defender*) harus diganti, kemudian alternatif alat dimana saja yang dapat dijadikan sebagai pengantinya (*challenger*), serta kapan pergantian tersebut harus dilakukan. Analisis *replacement* digunakan untuk menentukan apakah peralatan yang digunakan saat ini perlu diganti dengan peralatan yang lebih baru dan ekonomis dan kapan pergantian itu sebaiknya dilakukan. Penentuan waktu pergantian menjadi tujuan utama dari analisis *replacement*. Keputusan *replacement* ini lebih didasarkan pada *performance* ekonomi suatu aset dibandingkan dengan kriteria fisik. Penggantian (*replacement*) alat dapat dilakukan dengan pertimbangan sebagai berikut (Giatman, 2006):

1. Menurunnya produktivitas

Penurunan produktivitas alat yang disebabkan oleh menurunnya fungsi fisik dari alat tersebut, berupa penurunan mutu kualitas maupun kuantitas, peningkatan biaya perawatan alat, mencakup peningkatan biaya suku cadang alat, kerugian waktu karena alat tidak memproduksi dan lain- lainnya.

2. Penambahan kapasitas

Penambahan kapasitas tentunya menurut penambahan keluaran yang dihasilkan dari suatu alat. Meningkatnya kemampuan alat tersebut akhirnya mempengaruhi biaya operasi alat, menambah alat baru, membeli alat baru dengan kapasitas yang lebih besar dan sekaligus menjual alat lama. Keadaan ini tentunya akan menjadi landasan dalam melakukan pergantian suatu aset.

3. Peningkatan ongkos produksi

Sebagaimana lazimnya suatu aset, ia akan mengalami penambahan peningkatan biaya perawatan setiap tahunnya yang diakibatkan oleh berbagai hal. Sisi lain biaya investasi akan semakin menurun selama umur pemakaiannya. Hal ini akan membentuk total ongkos yang akan menurun pada periode-periode awal

investasi dan sampai pada suatu keadaan menurun pada periode-periode awal investasi dan sampai pada suatu keadaan optimal ia akan mengalami peningkatan total ongkos. Ongkos perawatan meningkat lebih cepat dari kontribusi penurunan ongkos investasi, dapat dikatakan ongkos perawatan sudah berlebihan.

4. Keusangan alat

Suatu alat produktif akan mengalami keusangan yang disebabkan oleh berbagai hal, diantaranya adanya alat baru yang lebih baik dan efisien, *output* yang dihasilkan alat tidak disukai oleh konsumen, dan kesulitan dalam mencari operator dan suku cadang.

Alasan – alasan mengapa suatu alat perlu diganti antara lain (Assauri, 1999):

- a. Adanya keuntungan potensial dari penggunaan alat baru. Misalnya penggunaan alat baru lebih menguntungkan karena penggunaan bahan dan tenaga kerja yang lebih sedikit, sehingga harga pokok produk menjadi lebih rendah atau memberikan penghematan yang lebih besar.
- b. Berhubung alat yang digunakan sudah rusak sehingga tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya. Alat rusak ini perlu diganti, karena apabila alat ini tidak diganti dan terus dipergunakan maka akan menimbulkan kerugian-kerugian seperti waktu pengerjaan yang bertambah, produksi perusahaan menurun, kualitas produk menurun, biaya tenaga kerja bertambah, biaya *maintenance* juga bertambah. Jika alat yang dipergunakan sudah tua dan masih dapat berfungsi tetapi tidak dapat memenuhi tuntutan kemajuan teknologi yang modern.
- c. Semangat kerja dari para pekerja telah menurun karena kondisi kerja yang menjadi jelek, karena keadaan-keadaan yang tidak menyenangkan para pekerja yang ditimbulkan oleh alat yang digunakan.

Masalah penggantian, di mana peralatan yang diganti adalah yang telah lama dipergunakan dan yang baru membutuhkan sesuatu yang baru sama sekali seperti suasana kerja, modal dan keahlian, maka selalu terdapat kesulitan-kesulitan yang dihadapi dalam penggantian ini adalah (Assauri, 1999):

1. Adanya sifat atau *behaviour* bahwa orang tidak mau mengganti peralatan yang dimilikinya sebelum rusak sama sekali atau secara teknis tidak dapat dipergunakan lagi. Jadi, walaupun telah tua dan tidak efisien lagi tetapi masih tetap dipergunakan.
2. Terdapatnya keadaan dimana peralatan yang walaupun secara teknis belum tua, tetapi secara ekonomis telah tua atau ketinggalan zaman (*absollescent*). Timbulnya *absollescent* ini karena terdapatnya peralatan baru di pasaran yang menggunakan tenaga kerja yang lebih sedikit dan lebih menjamin keselamatan kerja serta menggunakan peralatan atau *tools* yang serba otomatis.
3. Adanya kesulitan keuangan yang dihadapi oleh perusahaan untuk mengadakan penggantian peralatan baru oleh karena membutuhkan sejumlah uang yang cukup besar, jika uang sejumlah itu tidak ada, maka harus diadakan pinjaman sedangkan untuk mengadakan pinjaman ini diperlukan syarat-syarat yang kadang sukar dipenuhi.
4. Dibutuhkan tenaga kerja yang cakap dan jumlah yang cukup besar, terutama apabila dibeli peralatan yang mekanismenya tinggi. Manajer harus memperhatikan perawatan dimana dibutuhkan tenaga-tenaga yang mampu dan tepat. Kalau tenaga ini tidak ada maka harus diusahakan untuk mendidik dan melatihnya terlebih dahulu.

Pemeliharaan atau perawatan merupakan suatu fungsi dalam suatu perusahaan yang sama pentingnya dengan fungsi-fungsi lain seperti produksi. Apabila mempunyai peralatan maka biasanya selalu berusaha untuk tetap mempergunakan peralatan

tersebut. Kegiatan pemeliharaan dan perawatan meliputi kegiatan pengecekan, meminyaki (*lubrication*) dan perbaikan atau reparasi atas kerusakan-kerusakan yang ada serta penyesuaian atau pergantian *sparepart* atau komponen yang terdapat pada peralatan tersebut. Tujuan pemeliharaan antara lain menyediakan peralatan yang dibutuhkan oleh unit pelaksana dengan jumlah yang sesuai, waktu yang tepat dan kondisi yang baik dan mengetahui serta mencegah adanya kerusakan peralatan agar jangan sampai kerusakan tersebut menjadi lebih parah dan mengakibatkan *downtime* yang lebih besar dan biaya perbaikan yang besar (Warsonowiwoho, 1998).

Perhitungan umur ekonomis suatu aset berguna untuk memperkirakan kapan aset tersebut sebaiknya diganti. Tentu saja pergantian akan dilakukan apabila secara ekonomis memang lebih baik dari pada tetap menggunakan aset lama. Pemeliharaan suatu peralatan erat kaitannya dengan umur ekonomis suatu peralatan tersebut, karena dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan untuk memperpanjang penggunaan (Park, *et al.*, 2015).

Teori penggantian modern (*modern replacement theory*) dibuat berdasarkan konsep *discounted cash flow*. *Discounting* nilai transaksi yang terjadi di masa depan berawal dari suatu gagasan bahwa nilai uang terus berubah terhadap waktu. Pada konsep ini, semua aliran biaya dan keuntungan yang terjadi pada waktu yang berbeda dikonversikan terlebih dahulu menjadi suatu nilai pada satu waktu yang sama, baru setelah itu dijumlahkan (Martia, dkk., 2018). Masalah penggantian dapat diselesaikan dalam kerangka maksimalisasi profit (*profit maximizing*) atau minimalisasi biaya (*cost minimizing*). Dalam kerangka minimalisasi biaya, biaya terkecil dapat ditemukan melalui metode perhitungan total biaya kini (*net present value*) maupun dalam biaya ekuivalen tahunan (*annual equivalent cost*) (Bethuyne, 1998). Umur ekonomis dari suatu peralatan adalah jangka waktu dimana peralatan tersebut beroperasi pada

tingkat biaya ekuivalen tahunan yang minimum. Biaya tersebut pada dasarnya terdiri dari dua komponen yaitu biaya kapital dan biaya operasi.

Komponen pertama, yaitu biaya kapital adalah biaya ekuivalen tahunan dari keseluruhan biaya yang harus dikeluarkan untuk membeli suatu aset. Biaya ini ditentukan dengan membagi harga beli aset dengan suatu faktor bunga yang sesuai kemudian mengubahnya menjadi nilai ekuivalen tahunan. Semakin lama perusahaan menggunakan sebuah aset maka biaya kapital tahunan dari aset tersebut akan semakin kecil karena biaya kapital yang terus menurun ini maka setiap perusahaan cenderung untuk menggunakan peralatan lebih lama daripada yang semestinya (Emery, 1986).

Komponen kedua adalah biaya operasi yaitu biaya ekuivalen tahunan yang dikeluarkan untuk pengoperasian suatu aset. Dua elemen yaitu deteriorasi dan keusangan (*obsolescence*) menyebabkan biaya operasi terus naik seiring dengan semakin lamanya suatu perusahaan menggunakan sebuah peralatan. Biaya operasi dari setiap peralatan terus meningkat seiring berjalannya waktu karena adanya penurunan performa dengan bertambahnya umur. Peningkatan pada biaya aktual ini lebih disebabkan karena deteriorasi. Ada juga kemungkinan timbulnya biaya oportunitas apabila diputuskan untuk terus menggunakan peralatan lama daripada menggantinya. Biaya ini muncul karena pada saat itu telah diluncurkan sebuah peralatan dengan teknologi baru yang memungkinkan adanya pengurangan biaya operasi apabila dibandingkan dengan peralatan yang lama. Kenaikan biaya aktual akibat deteriorasi dan kenaikan biaya oportunitas akibat keusangan menyebabkan adanya kecenderungan dari setiap perusahaan untuk mengganti peralatannya berulang kali (Ibrahim, 2009).

Secara umum analisis penggantian digunakan untuk menentukan apakah peralatan (aset) yang digunakan saat ini perlu diganti dengan peralatan yang lebih

baru dan lebih ekonomis dan kapan penggantian itu sebaiknya dilakukan. Dalam konteks ini sudah menjadi kebiasaan untuk menyebut aset yang dipertimbangkan untuk diganti sebagai *defender* dan aset atau peralatan yang menjadi kandidat atau yang diusulkan untuk mengganti sebagai *challenger*. Para ahli ekonomi teknik harus mampu mendeteksi dan memutuskan kapan suatu aset tidak lagi efisien untuk digunakan, alternatif-alternatif mana yang perlu dipertimbangkan sebagai penggantinya, dan kapan penggantian itu sebaiknya dilakukan. Keputusan penggantian seharusnya lebih didasarkan pada performa ekonomi suatu aset dibandingkan dengan pertimbangan-pertimbangan fisiknya. Kenyataan yang sering dijumpai menunjukkan adanya keengganan para manajer teknik atau pejabat lain yang berwenang untuk mengganti suatu aset atau peralatan yang secara fisik masih cukup handal, walaupun analisa ekonomi mengindikasikan bahwa lebih ekonomis bila alat tersebut diganti (Nurock, 2008).

Besar dan lamanya aliran kas dari aset lama (*defender*) dan aset baru (*challenger*) biasanya sangat berbeda. Aset baru selalu memiliki ongkos investasi yang lebih tinggi dan ongkos-ongkos operasional dan perawatan yang lebih rendah dibandingkan dengan aset yang lama. Nilai sekarang dari aset lama adalah nilai jualnya pada saat ini dan ini akan dianggap sebagai nilai awal dari *defender*. Nilai awal dari *challenger* adalah semua ongkos yang diperlukan agar alat atau aset tersebut bisa dioperasikan. Disamping itu, usia ekonomis dari aset lama biasanya relatif singkat karena dihitung dari sisa masa pakai ekonomisnya mulai saat dimana analisis dilakukan. Dengan demikian maka aliran kas dari *defender* biasanya bisa diramalkan dengan lebih pasti (Lapasianskaite and Boguslauskas, 2005).

Secara lebih spesifik bisa ditegaskan bahwa analisis penggantian ditujukan untuk memberikan jawaban apakah suatu aset akan diganti saat ini atau tahun depan. Jadi, persoalan penentuan waktu penggantian adalah sasaran utama dalam analisis

penggantian. Kriteria yang biasanya dipakai dalam mengambil keputusan pada penentuan waktu penggantian adalah biaya ekuivalen tahunan atau *Annual Equivalent* (AE). Analisis tentu akan menyarankan penggantian pada saat yang tepat sehingga ongkos-ongkos ekuivalen tahunan yang timbul adalah minimum. Penggantian akan ideal dilakukan pada saat biaya-biaya tahunan dari *defender* sama dengan *challenger*. Keterlambatan penggantian selama setahun akan mengakibatkan tambahan ongkos tahunan. Semakin lama keterlambatan ini berlangsung semakin cepat bertambahnya ongkos tahunan yang terjadi. Hal ini terlihat dari gambar grafik AE *defender* yang berbentuk konveks terhadap waktu penggantian (Robert, 2005). Waktu penggantian adalah interval waktu, dalam jam atau tahun, antara waktu dimana kurva total *Annual Equivalent* (AE) minimum.

2.2 Nilai Waktu Terhadap Uang (*Time Value of Money*)

Time Value of Money adalah nilai uang saat ini lebih berharga dari uang senilai pada masa depan. Misalnya daya beli uang Rp 100.000 saat ini (*present value*) setara dengan 0,5 gram emas sedangkan nilai uang Rp 100.000 lima tahun lagi (*future value*) mungkin hanya setara dengan 0,1 gram emas, pengertian inilah yang menegaskan kekuatan tukar pada uang akan berbeda sejalan dengan perubahan waktu (Van Home and Wachowicz, 2008). Konsep *time value of money* terdiri dari dua faktor yaitu inflasi artinya berkurangnya nilai uang dari waktu ke waktu dan faktor *opportunity cost* artinya uang tunai atau modal yang ada. *Opportunity cost* setara dengan manfaat uang yang dapat dicapai jika dihabiskan secara berbeda atau diinvestasikan (Arthur *et al*, 2010).

Setiap orang lebih menginginkan keuntungan dibandingkan dengan mengeluarkan biaya. Begitu juga dengan uang yang memberikan pilihan untuk menghasilkan keuntungan, lebih diinginkan sekarang daripada nanti karena setiap

orang lebih menginginkan adanya uang sekarang dibandingkan nanti maka mereka menganggap nilai uang sekarang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai uang satu tahun mendatang. Satu dollar pada tahun depan akan memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan satu dollar pada hari ini. Dengan kata lain, sejumlah uang akan dianggap lebih bernilai atau kurang bernilai tergantung pada kapan uang tersebut diterima. Konsep tersebut dikenal dengan konsep nilai waktu terhadap uang (*time value of money*) yaitu konsep yang membahas bagaimana nilai uang terus berubah dalam suatu jangka waktu. Konsep ini merupakan konsep paling penting di dalam ekonomi teknik yang biasa digunakan untuk membandingkan alternatif investasi dan juga untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan pinjaman, tabungan dan hipotek (Barringer, 2003).

Konsep ini merupakan dasar untuk melakukan perhitungan dan analisis aliran dana (*cash flow*), dimana aliran dana (*cash flow*) merupakan fundamental dari semua studi ekonomi. *Cash flow* dapat dibedakan menjadi dua yaitu *cash flow* tunggal (*single payment*) dan *cash flow annual*. *Cash flow annual* adalah aliran dana yang sama besarnya setiap periode. Beberapa persamaan *annual* terhadap waktu adalah:

1. Hubungan *Annual* dengan *Present*; sejumlah uang (*present*) didistribusikan secara merata setiap periode maka akan diperoleh besaran nilai ekuivalen sebesar A, dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1 (Blank and Tarquin, 2012):

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \dots\dots\dots(2.1)$$

Rumus tabel bunganya dapat dilihat pada Persamaan 2.2 (Blank and Tarquin, 2012):

$$A = P (A/P, i, n) \dots\dots\dots (2.2)$$

2. Hubungan *Present* dengan *Annual*; hubungan antara *present* dan *annual* adalah kebalikan dari Persamaan 2.1, dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.3 (Blank *and* Tarquin, 2012):

$$P=A \left[\frac{(1+i)^{n-1}}{i(1-i)^n} \right] \dots\dots\dots (2.3)$$

Rumus tabel bunganya dapat dilihat pada Persamaan 2.4 (Blank *and* Tarquin, 2012):

$$P = A (P/A, i, n) \dots\dots\dots (2.4)$$

3. Hubungan *Future* dengan *Annual*; dengan menguraikan bentuk *annual* menjadi bentuk tunggal (*single*) dan selanjutnya masing-masing diasumsikan sebagai suatu yang terpisah maka diperoleh Persamaan 2.5 (Blank *and* Tarquin, 2012):

$$F = A \left[\frac{(1+i)^{n-1}}{i} \right] \dots\dots\dots (2.5)$$

Rumus tabel bunganya dapat dilihat pada Persamaan 2.6 (Blank *and* Tarquin, 2012):

$$F = A (F/A, i, n) \dots\dots\dots (2.6)$$

4. Hubungan *Annual* dengan *Future*; jika Persamaan 2.5 dibalikkan, maka akan didapatkan hubungan antara A dengan F, dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.7 (Blank *and* Tarquin, 2012):

$$A=F \left[\frac{i}{(1+i)^{n-1}} \right] \dots\dots\dots (2.7)$$

Rumus tabel bunganya dapat dilihat pada Persamaan 2.8 (Blank *and* Tarquin, 2012):

$$A = F (A/F, i, n) \dots\dots\dots (2.8)$$

Keputusan dalam melakukan investasi sangat penting karena memiliki banyak konsekuensi terhadap perusahaan sehingga perlu dilakukan evaluasi investasi untuk meminimalisir kerugian. Evaluasi investasi dilakukan dengan membuat laporan aliran kas dengan tujuan untuk menyediakan informasi keuangan perusahaan pada periode tertentu bagi pihak yang berkepentingan sehingga dapat bermanfaat bagi pengguna laporan keuangan dalam mengambil keputusan (Fajarwati, 2007). Aliran kas adalah jumlah uang yang diperkirakan untuk proyek masa depan atau diamati untuk peristiwa proyek yang telah terjadi. Semua aliran kas terjadi selama periode waktu tertentu, seperti 1 bulan, setiap 6 bulan, atau 1 tahun (Blank *and* Tarquin, 2012).

Aliran kas (*cash flow*) adalah aliran pemasukan dan pengeluaran uang yang terjadi selama periode operasi. Analisis aliran kas penting dilakukan untuk mengetahui potensi pendapatan pada masa sekarang dan pada masa yang akan datang bila dilakukan penambangan terhadap suatu sumber daya. Perhitungan aliran kas dilakukan untuk menganalisis investasi selama umur proyek dengan mempertimbangkan aliran kas masuk dan aliran kas keluar. Aliran kas untuk perusahaan tambang umumnya akan bernilai negatif selama beberapa tahun di awal proyek (masa pra produksi) dan akan bernilai positif pada masa produksi tergantung pada jumlah produksi, harga bahan tambang, pasar, dan situasi politik atau ekonomi, sedangkan pada akhir masa produksi, aliran kas cenderung menurun sesuai dengan berkurangnya cadangan dan produksi.

Model analisis yang digunakan untuk mengkaji kelayakan finansial investasi proyek penambangan bahan galian adalah model aliran kas (*cash flow*) selama produksi penambangan dilakukan (Widayati dan Usman, 2020). Aliran kas mengacu pada arus masuk atau keluar bersih uang yang terjadi selama periode waktu tertentu. Parameter aliran kas yang biasa digunakan terdiri dari *production year*, *project year*,

calender year, revenue, royalty, net revenue, mining cost, processing cost, general cost, property tax, severance tax, depreciation, state income tax, net income after costs, depletion, taxable income, federal income tax, profit, depreciation, depletion, cash flow, capital expenditures, working capital, dan net cash flow (Hustrulid *et al.*, 2013).

Aliran kas tersebut dikelompokkan menjadi aliran kas pada tahap awal proyek, selama tahap operasional, dan pada tahap akhir proyek. Dari aliran kas dapat dihitung *Annual Equivalent Value* (AEV). *Annual Equivalent Value* merupakan kebalikan dari metode NPV. Jika pada metode NPV seluruh aliran kas ditarik pada posisi *present*, sebaliknya pada metode AE aliran kas justru didistribusikan secara merata pada setiap periode waktu sepanjang umur investasi, baik *cash in* maupun *cash out*. *Annual Equivalent Value* didefinisikan sebagai metode untuk memperkirakan tingkat aliran pendapatan yang memiliki nilai sekarang yang sama dengan arus kas aktual. AEV dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.9 (Godsey, 2008).

$$AEV = \frac{NPV}{\sum_{t=0}^n \frac{1}{(1+k)^t}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

AEV = *Annual Equivalent Value*

k = *internal rate of return*

Kelebihan dari menggunakan kriteria penilaian AEV dalam analisis finansial yaitu (Widayati dan Usman, 2020):

- a. Memperhitungkan faktor nilai waktu dari uang.
- b. Mempertimbangkan semua aspek aliran kas proyek.
- c. Dilakukan perhitungan besaran absolut (bukan relatif)
- d. Dapat melakukan perhitungan aliran kas dengan perbedaan nilai sisa alat, tanpa dilakukan penyamaan lagi.

Metode *Annual Equivalent Value* digunakan jika *cash flow* pendapatan dan *cost* dapat diperoleh dengan lengkap. Informasi yang dibutuhkan dalam analisis penggantian (*replacement*) untuk masing-masing alat sebagai berikut (Galisky, *et al.*, 2008).

Tabel 2. 1 Informasi yang dibutuhkan dalam analisis penggantian

<i>Defender</i>	<i>Challenger</i>
Nilai pasar sekarang (<i>Market value</i>)	Investasi
Biaya operasional tahunan	Biaya operasional tahunan
Pendapatan operasional tahunan	Pendapatan operasional tahunan

2.3 Biaya Alat

Setiap kepemilikan alat berat, selalu mempertimbangkan nilai ekonomis dari alat tersebut. Artinya, alat tersebut menguntungkan baik secara ekonomi dan operasional di dalam menyelesaikan proyek. Maka dari itu, perhitungan biaya alat berat menjadi sangat penting. Kesuksesan atau kegagalan suatu kontrak pekerjaan, sangat ditentukan oleh biaya peralatan. Kata lain, perhitungan biaya alat berat menjadi sangat penting untuk diketahui dan dipahami jika kita ingin mendapatkan keuntungan. Biaya alat berat terbagi dalam dua kategori, yaitu biaya kepemilikan (*owning cost*) dan biaya pengoperasian (*operating cost*) (Daljono, 2004). *Owning cost* terdiri dari biaya penyusutan (depresiasi), bunga bank (*interest*), dan pajak (*taxes*). Biaya pengoperasian alat termasuk bahan bakar, minyak pelumas, ban, *repair* (reparasi atau perbaikan) dan gaji operator (Wilopo, 2011). Suatu proyek konstruksi alat-alat berat yang digunakan dapat berasal dari bermacam-macam sumber, antara lain alat berat

yang dibeli oleh kontraktor, alat berat yang di sewa-beli oleh kontraktor, dan alat berat yang di sewa oleh kontraktor (Yunus, 2012).

2.3.1 Biaya kepemilikan

Biaya kepemilikan adalah jumlah biaya setiap jam selama umur ekonomis alat yang harus dikembalikan oleh pemilik alat karena telah mengeluarkan biaya untuk pembelian alat, pajak dan juga bunga modal. Harga pembelian alat, pajak, bunga modal dan umur ekonomis alat merupakan bilangan tetap atau konstan maka biaya kepemilikan disebut juga biaya tetap. Biaya kepemilikan terdiri dari:

1. Biaya penyusutan (depresiasi)

Biaya penyusutan (depresiasi) adalah penyusutan atau penurunan nilai aset seiring dengan berjalannya waktu. Biaya depresiasi bukanlah merupakan suatu aliran dana aktual (*actual cash flow*), tetapi depresiasi perlu diperhitungkan sebagai suatu pengembalian modal karena adanya penurunan nilai dari sebuah peralatan seiring dengan bertambahnya usia. Aset yang dikenai depresiasi adalah aset tetap (*fixed asset*) yang pada umumnya bersifat fisik.

Terdapat dua jenis depresiasi yaitu *book depreciation and tax depreciation*. *Book depreciation* adalah depresiasi yang digunakan oleh perusahaan untuk keperluan akunting internal, sedangkan *tax depreciation* adalah depresiasi yang digunakan untuk perhitungan pajak sesuai dengan regulasi pemerintah. *Book depreciation* mengindikasikan pengurangan nilai investasi dari suatu aset berdasarkan pola penggunaan dan umur penggunaan yang diharapkan. Terdapat beberapa metode klasik yang biasa digunakan untuk perhitungan *book depreciation* antara lain *straight line*, *declining balance* dan metode *sum of year digit* (Blank and Tarquin, 2012). Depresiasi dapat dibedakan atas beberapa sebab, yaitu:

- a. Penyusutan fisik (*deterioration*), yaitu penyusutan yang disebabkan oleh berkurangnya kemampuan fisik dari suatu aset untuk memproduksi barang atau jasa karena keausan dan degradasi.
- b. Penyusutan fungsional (*obsolescence*), yaitu penyusutan suatu aset yang disebabkan oleh keusangan.
- c. Penyusutan moneter (*monetary depreciation*), yaitu penyusutan yang disebabkan karena adanya perubahan tingkat suku bunga moneter.

Secara umum ada beberapa alasan perlunya dilakukan perhitungan depresiasi, yaitu:

1. Untuk menyediakan dana pengembalian modal yang telah diinvestasikan dalam kekayaan fisik.
2. Untuk memungkinkan adanya biaya penyusutan yang dibebankan ada biaya produksi atau jasa yang dihasilkan dari penggunaan aset-aset.
3. Sebagai dasar pengurangan pembayaran pajak pendapatan atau usaha yang harus dibayarkan.

Secara teori ada berbagai metode perhitungan depresiasi, namun yang akan digunakan dalam penelitian ini hanyalah metode SLD, sesuai dengan metode depresiasi yang digunakan oleh perusahaan. Istilah *straight line depreciation* diperoleh dari fakta bahwa nilai buku berkurang secara linear seiring dengan berjalannya waktu. Metode depresiasi garis lurus (SLD) pada dasarnya memberikan hasil perhitungan depresiasi yang sama setiap tahunnya selama umur perhitungan aset, dimana besarnya *depreciation rate* (d) adalah $1/n$. Besarnya depresiasi garis lurus tahunan ditentukan dengan mengalikan biaya investasi awal minus *salvage value* dengan *depreciation rate*. Rumus yang digunakan seperti pada Persamaan 2.10 dan 2.11 (Blank and Tarquin, 2012):

$$D_t = (B - S) d \dots\dots\dots(2.10)$$

$$= \frac{B - S}{n} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

t = tahun ke (t = 1, 2, ...n)

D_t = biaya depresiasi tahunan

B = biaya investasi awal

S = estimasi nilai sisa

n = *recovery period*

d = *depreciation rate* = 1/n

2. Biaya investasi (*investment cost*)

Biaya investasi (*investment cost*) adalah biaya yang ditanamkan dalam rangka menyiapkan kebutuhan usaha untuk siap beroperasi dengan baik. Biaya ini biasanya dikeluarkan pada awal-awal kegiatan usaha dalam jumlah yang relatif besar dan berdampak jangka panjang untuk kesinambungan usaha tersebut. Investasi sering juga dianggap sebagai modal dasar usaha yang dibelanjakan untuk persiapan dan pembangunan sarana prasarana dan fasilitas usaha termasuk pengembangan dan peningkatan sumber daya manusianya. Biaya investasi dihitung dengan Persamaan 2.12 (Halim, 2005):

$$\text{Biaya investasi (Rp/jam)} = \frac{\text{nilai rata-rata alat} \times (\text{bunga modal} + \text{pajak})(\text{Rp/th})}{\text{jam kerja efektif alat setahun (jam/th)}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Besarnya biaya kepemilikan dihitung dengan Persamaan 2.13:

$$\text{Biaya kepemilikan (Rp/jam)} = \text{biaya penyusutan} + \text{biaya investasi} \dots\dots\dots(2.13)$$

2.3.2 Biaya Operasional (*Operational Cost*)

Biaya yang dikeluarkan dalam rangka menjalankan aktivitas usaha sesuai dengan tujuan. Biaya ini biasanya dikeluarkan secara rutin dalam jumlah yang relatif sama atau sesuai dengan jadwal kegiatan atau produksi. Contoh pemakaian biaya ini adalah bahan bakar, pelumas, pemeliharaan dan perbaikan alat serta upah operator.

1. Bahan bakar

Penggunaan bahan bakar sangat tergantung dari daya mesin. Biaya bahan bakar alat tergantung dari besar kecilnya daya mesin yang digunakan di samping kondisi medan yang ringan atau berat juga menentukan. Pabrik pembuat alat biasanya memberikan prakiraan konsumsi bahan bakar sesuai daya mesin alat yang dinyatakan dalam liter/jam. Perkiraan penggunaan bahan bakar untuk alat berat menggunakan Persamaan 2.14 (Evans, 2009):

$$\text{Biaya bahan bakar} = f \times \text{HP} \times \text{harga solar} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan:

f = faktor operasi (12% untuk *dumpruck*; 15% untuk *excavator*)

HP = daya mesin

2. Pelumas

Biaya pelumas yaitu besarnya biaya yang dikeluarkan untuk melakukan penggantian pelumas. Biaya pemakaian pelumas dihitung berdasarkan pemakaiannya perbulan untuk setiap alat-alat berat yang datanya diperoleh dari rata-rata pemakaiannya di lapangan. Pemakaian minyak hidrolis dan bahan pelumas dipengaruhi oleh jenis alat berat dan sifat pekerjaannya juga

dipengaruhi oleh konstruksi mesin. Rumus perkiraan penggunaan pelumas
Persamaan 2.15 (Gransberg *et al.*, 2006):

$$\text{Biaya pelumas} = 2,5\% \times \text{HP} \times \text{harga pelumas} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan:

HP = daya mesin

3. Biaya perawatan dan perbaikan

Biaya perawatan dan perbaikan adalah biaya yang dikeluarkan untuk penggantian suku cadang yang telah aus terpakai. Biaya yang dikeluarkan dalam rangka menjaga atau menjamin *performance* kerja peralatan agar selalu prima dan siap untuk dioperasikan. Sifat pengeluaran ini umumnya dibedakan menjadi dua, yaitu biaya perawatan rutin (*preventive maintenance*) dan biaya perawatan insidental (kuratif). Konsep perawatan peralatan yang baik adalah dengan memaksimalkan biaya perawatan alat dengan begitu biaya perbaikan peralatan lebih rendah. Biaya perawatan dihitung dengan Persamaan 2.16 (Nugraha dkk., 2018):

$$\text{Biaya perawatan} = \frac{6,25\% \times B}{W} \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

B = harga alat

W = jam operasi dalam setahun

4. Upah operator

Upah operator tergantung dari lokasi pekerjaan, perusahaan yang bersangkutan, peraturan yang berlaku di lokasi dan kontrak antara operator dengan perusahaannya. Pada dasarnya upah operator dihitung dalam besarnya uang yang dibayarkan per jam kerjanya. Biaya operator

tergantung dari lokasi pekerjaan dan jenis alat yang digunakan. Gaji operator biasanya dibayar secara bulanan ditambah dengan uang makan operator per hari, jadi biaya operator per bulan dapat dihitung dari gaji dan uang makan operator tersebut. Jumlah pekerjaan yang diperlukan untuk suatu alat berat berbeda-beda menurut jenis alatnya. Semakin kompleks alatnya makin banyak pula pekerjaan yang dibutuhkan untuk mengoperasikannya.