JURNAL RISET TEKNOLOGI PERTAMBANGAN
Advancing Research in Sustainable Mining Environment Economic and Geotecnical Engineering

Volume 5 Nomor 2/ 2025 / ISSN : 2621-3869
Publish : 22 Desember 2025

ESTIMASI BIAYA PENGUPASAN OVERBURDEN DALAM PENAMBANGAN BIJIH NIKEL LATERIT PADA PIT A PT CERIA NUGRAHA INDOTAMA KECAMATAN WOLO KABUPATEN KOLAKA

Indi Surya Ningsih[*a], Firdaus[a], Wd. Rizky Awaliah Nafiu[a], Marwan Zam Mili[a]
[a)]Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Halu Oleo
Kampus Hijau Bumi Tri Dharma Anduonohu, Kendari, Indonesia 93231
indisuryaningsih@gmail.com

Intisari

Kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup tentu akan mengeluarkan biaya produksi salah satunya biaya mengenai peralatan yang digunakan. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan biaya agar dapat memberikan gambaran biaya yang akan dikeluarkan oleh perusahaan. Pada PT Ceria Nugraha Indotama yang saat ini berencana akan membuka pit baru yaitu pit A dengan luas lahan ±8,4 Ha dengan total volume overburden sebesar 1.046.411,38 m3 atau sebesar 1.747.507,00 ton. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah alat gali muat dan alat angkut serta menghitung biaya yang akan dikeluarkan dalam kegiatan pengupasan overburden. Metode penelitian yang digunakan berupa metode kuantitatif yang menggabungkan antara teori dengan data-data yang diperoleh di lapangan. Berdasarkan hasil penelitian, jumlah alat gali muat dan alat angkut yang akan digunakan dalam kegiatan pengupasan overburden yaitu 1 unit excavator Sany SY330H pada kegiatan digging dan 1 unit pada kegiatan loading serta 6 unit alat angkut dump truck Fuso Fighter FN62FL. Biaya yang akan dikeluarkan dalam kegiatan pengupasan overburden meliputi biaya sewa alat yaitu sebesar Rp 14.030.275.419 dan biaya operasional alat sebesar Rp 21.466.624.394. Dengan demikian, total biaya yang akan dikeluarkan dalam kegiatan pengupasan overburden pada pit A sebesar Rp "35.496.900.000" (tiga puluh lima miliar empat ratus sembilan puluh enam juta sembilan ratus ribu rupiah).

Kata Kunci: Pengupasan Overburden, Alat Gali Muat, Alat Angkut, Biaya

Abstract

Overburden removal activities inevitably incur production costs, including expenses related to the equipment employed. Therefore, it is essential to perform a cost calculation to provide an estimate of the expenditures that the company will incur. At PT Ceria Nugraha Indotama, which currently plans to open a new pit, namely Pit A encompassing approximately ±8.4 hectares with a total overburden volume of 1,046,411.38 m³ or 1,747,507.00 tons. This study aims to determine the required number of excavation and hauling equipment, as well as to estimate the total expenditure associated with overburden removal activities. The research employs a quantitative methodology that integrates theoretical principles with field-acquired data. The findings indicate that overburden removal operations necessitate one unit of Sany SY330H excavator for digging, two additional units for loading activities, and six units of Fuso Fighter FN62FL dump trucks for hauling. The projected costs for overburden removal consist of equipment rental expenses amounting to Rp 14.030.275.419 and equipment operational expenses totaling Rp 21.466.624.394. Consequently, the overall cost required for overburden removal in the Pit A is Rp "35.496.900.000 " (thirty five billion four hundred ninety six million nine hundred thousand rupiah).

Keywords: *Overburden Stripping, Loader, Haulage Equipment, Costs.*

1. PENDAHULUAN

Nikel merupakan salah satu sumber daya mineral ekonomis di bumi yang berguna untuk memenuhi kebutuhan di bidang perindustrian dan Indonesia merupakan salah satu negara penghasil bijih nikel terbesar di dunia. Sistem penambangan nikel di Indonesia umumnya menggunakan sistem penambangan permukaan (*surface mining)* dengan metode *open cast mining/open cut mining.* Proses dari penambangan terbuka dimulai dari pembersihan permukaan tanah (*land clearing*), pengupasan tanah penutup (*stripping overburden*), menggali bahan tambang (*ore getting*) dan mengangkut bahan tambang ke tempat penampungan (*stockpile*) untuk selanjutnya dimanfaatkan sebagai bahan industri.

Pengupasan lapisan *overburden* merupakan salah satu kegiatan dalam penambangan tahap awal yang mana *overburden* sendiri yaitu semua lapisan tanah/batuan yang berada di atas dan langsung menutupi lapisan bahan galian (bijih nikel). Oleh karena itu, lapisan tersebut perlu disingkirkan terlebih dahulu sehingga memudahkan dalam pengambilan bijih nikel tersebut. Pengupasan *overburden* ini dilakukan sesuai dengan kemampuan produksi dari alat mekanis yang digunakan seperti *excavator* dan *dump truck.*

Perseroan Terbatas (PT) Ceria Nugraha Indotama yang berlokasi di Kecamatan Wolo, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara merupakan salah satu perusahaan tambang nikel yang telah melakukan aktivitas penambangan yang pada saat ini akan membuka *pit* baru yaitu *Pit* A dengan luas 8,4 Ha dengan total volume 1.046.411,38 m^3 setelah di konversi menjadi tonase sebesar 1.747.507,00 ton. Di mana sebelumnya *pit* ini belum dilakukan perhitungan biaya yang akan dikeluarkan dalam kegiatan *stripping overburden* dimana perusahaan belum mengetahui berapa biaya yang dibutuhkan, maka perlu dilakukan perancangan biaya kegiatan pengupasan *overburden* tersebut. Karena salah satu hal yang sangat penting dalam kegiatan penambangan bijih nikel adalah perencanaan biaya penambangan, adanya perencanaan dan perhitungan biaya yang baik diharapkan dapat memperlancar operasi kegiatan penambangan serta meminimalisir biaya yang dikeluarkan untuk mencapai target produksi yang diinginkan.

Berdasarkan permasalahan di atas maka perlu dilakukan penelitian mengenai "Estimasi Biaya Pengupasan *Overburden* dalam Penambangan Bijih Nikel Laterit pada *Pit* A PT. Ceria Nugraha Indotama".

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Overburden*

Overburden (OB*)* adalah suatu lapisan penutup yang bentuknya bisa terdiri dari tanah (tanah lempung atau tanah humus) dan juga bebatuan. *Overburden* (OB) adalah lapisan tanah penutup tanpa nilai ekonomis atau bernilai ekonomis kecil yang menutupi cadangan bahan galian. Lapisan paling atas (*top soil*) adalah lapisan yang mengandung banyak unsur hara, dimana lapisan ini nantinya akan digunakan sebagai lapisan penutup saat tambang telah selesai menambang bahan galian untuk dilakukan reklamasi atau penanaman tumbuhan kembali. Pada industri pertambangan biasanya *overburden* digali dan di pindahkan pada suatu tempat khusus yang telah disiapkan (*disposal area*) untuk diambil bahan galiannya [13]

2.2. Waktu Edar (*Cycle Time*)

Siklus kerja dalam pemindahan material merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang. Pekerjaan utama dalam kegiatan tersebut adalah menggali, memuat, memindahkan, membongkar muatan dan kembali kegiatan awal. Semua kegiatan-kegiatan tersebut dapat dilakukan oleh satu alat atau beberapa alat. Waktu yang diperlukan dalam siklus kegiatan diatas disebut waktu siklus atau *cycle time* [11]

2.2.1. *Cycle Time Excavator*

Waktu siklus terdiri dari empat komponen waktu yaitu waktu muat bucket (digging time), waktu putar bermuatan (swing loaded time), waktu buang muatan (dumping time), waktu putar kosong/kembali (swing empty time). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung waktu edar excavator dapat dilihat pada Persamaan 2.1 [9]

$$CT = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (2.1)$$

Keterangan:

CT = C*ycle time* (detik)
t_1 = Waktu gali untuk memuat (detik)
t_2 = Waktu ayun untuk memuat (detik)
t_3 = Waktu menumpahkan muatan (detik)
t_4 = Waktu ayun kosong (detik)

2.2.2. *Cycle Time Dump Truck*

Siklus kerja dalam pemindahan material merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang. Pekerjaan utama didalam pekerjaan tersebut adalah menggali, memuat, memindahkan, membongkar muatan, dan kembali ke kegiatan awal. Persamaan yang digunakan untuk

menentukan waktu siklus alat angkut dapat dilihat pada **Persamaan 2.2**

$$CT = LT+HT+DT+RT+ST_1+ST_2 \quad (2.2)$$

Keterangan:
CT = *Cycle Time* (menit)
LT = Waktu muat (*loading time*)
HT = Waktu angkut *(hauling time*)
RT = Waktu kembali (*return time*)
DT = Waktu pembongkaran (*dumping time*)
ST_1 = Waktu tunggu muat (*spotting time*)
ST_2 = Waktu waktu tunggu pembongkaran (*spotting time*)

2.3. Produktivitas Alat Mekanis

2.3.1. Produktivitas Alat Gali Muat

Penentuan produktivitas alat gali muat dapat dihitung dengan **Persamaan 2.3** [9]

$$Q = \frac{q \times 3600}{CT} \times E \quad (2.3)$$

Keterangan:
Q = Produksi per jam (m^3/jam)
q = Produksi persiklus (m^3)
E = Efisiensi kerja alat (%)
CT = *Cycle time* (detik)

2.3.2. Produktivitas Alat Angkut

Perhitungan produktivitas *dump truck* per jam (P) dapat menggunakan **Persamaan 2.4**

$$P = C \times \frac{60}{CT} \times E_t \times M \quad (2.4)$$

Keterangan:
P = Produktivitas per jam (m^3/jam)
E_t = Efisiensi kerja *dump truck* (%)
M = Jumlah *dump truck* yang beroperasi
C = Produksi per siklus (m^3)

2.4. Biaya Peralatan

Menurut (Rostiyanti, 2008) di dalam dunia konstruksi alat-alat berat yang dipakai dapat berasal dari bermacam-macam sumber, antara lain alat berat yang dibeli oleh kontraktor, alat berat yang disewa-beli, dan alat berat yang disewa. Biaya alat berat dapat dibagi di dalam dua kategori, biaya kepemilikan alat dan biaya pengoperasian alat [11]

2.5. Biaya Sewa Alat

Tidak semua peralatan konstruksi dimiliki oleh kontraktor. Dalam menyelesaikan pekerjaan-pekerjaan tertentu, diperlukan peralatan-peralatan khusus yang diperoleh dengan cara menyewa. Biaya penyewaan alat berat tersebut dihitung dalam biaya per-jam. Dalam satu bulan biasanya ditentukan batas penyewaan minimum per alat berat. Biaya penyewaan alat berat bervariasi, tergantung dari jenis dan tipe alat yang akan disewa dan juga tergantung dari tempat alat itu disewa [6]

2.6. Biaya Operasional

Biaya pengoperasian alat akan timbul setiap saat alat berat dipakai. Biaya pengoperasian meliputi biaya bahan bakar, gemuk, pelumas, perawatan dan perbaikan, serta alat penggerak atau roda. Operator yang menggerakkan alat termasuk dalam biaya pengoperasian alat [11]

2.6.1. Biaya Bahan Bakar

Alat yang menggunakan bahan bakar solar mengonsumsi bahan bakar 0,04 galon per horse-power per jam. Nilai yang didapatkan kemudian dikalikan dengan faktor pengoperasian. Perhitungan penggunaan bahan bakar per jam dapat menggunakan Persamaan 2.5 [11]

$$\text{Solar : BBM} = 0{,}04 \times HP \times eff \quad (2.5)$$

Keterangan:
BBM = Bahan Bakar Minyak
HP = Horse Power
eff = Efisiensi Alat

2.6.2. Bahan Pelumas

Menurut (Rostiyanti, 2008) untuk kebutuhan bahan-bahan, seperti pada kebutuhan bahan bakar, masing-masing alat besar dalam kebutuhan per jam berbeda sesuai dengan kondisi pekerjaan, bahan pelumas terdiri atas oli mesin, oli transmisi dan oli hidrolis. Perhitungan penggunaan pelumas per jam (Qp) biasanya berdasarkan jumlah waktu operasi dan lamanya penggantian pelumas. Perkiraannya dihitung dengan Persamaan 2.6 [11]

$$Qp = \frac{f \times HP \times 0{,}006}{7{,}4} + \frac{c}{t} \quad (2.6)$$

Keterangan:
HP = *horse-power*
c = kapasitas *crankcase*
t = lama penggunaan pelumas
f = faktor pengoperasian

Sehingga, penentuan biaya bahan pelumas dapat menggunakan Persamaan 2.7

$$\text{Biaya} = \text{Kebutuhan} \times \text{Harga Pelumas per Liter} \quad (2.7)$$

2.6.3. Upah Operator

Upah untuk operator masuk kedalam biaya operasi. Besarnya sangat tergantung pada tempat/lokasi pelaksanaan pekerjaan, perusahaan yang bersangkutan dan peraturan-peraturan yang ada yang berlaku di lokasi tersebut dan yang

berlaku antara operator dan perusahaan yang bersangkutan. Kalau pembayaran dilaksanakan per minggu atau per bulan, maka dihitung berapa perjamnya untuk dimasukkan sebagai salah satu item pada biaya operasi [10]

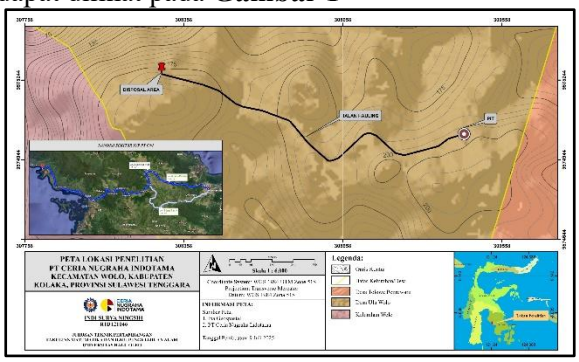
2.7. Total Biaya

Adapun untuk mengetahui berapa total biaya yang dibutuhkan dalam kegiatan pengupasan *overburden* menggunakan Persamaan 2.8 [12]

$$\text{Total Biaya} = \text{Biaya Operasional} + \text{Biaya Sewa Alat} \quad (2.8)$$

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan di PT. Ceria Nugraha Indotama yang secara administratif berada di Kecamatan Wolo, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**



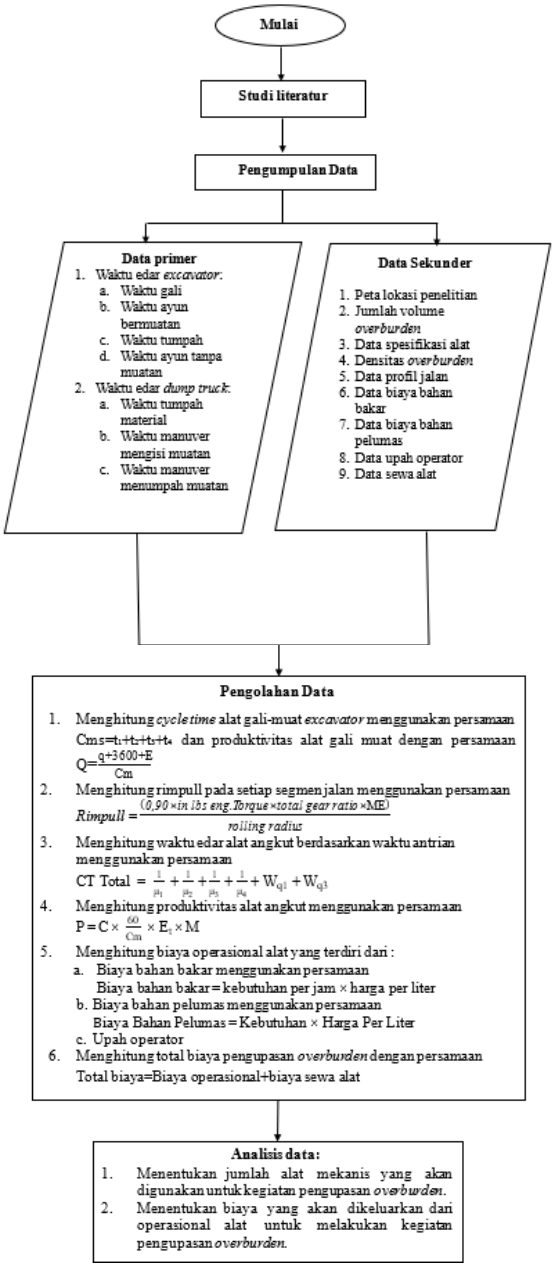
Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

Adapun alat dan bahan yang dapat membantu dalam kegiatan penelitian yaitu kamera *handphone*, *stopwatch* (*timer handphone*), *software microsoft office* dan *software arcgis*.

Pada penelitian ini, data yang akan dikumpulkan berupa data primer seperti data *cycle time* alat gali muat (*excavator*) dan alat angkut (*dump truck*). Data sekunder berupa lokasi blok penelitian, lokasi penimbunan *overburden* (*disposal*), jumlah volume *overburden*, data spesifikasi alat, waktu kerja tersedia, *density overburden*, profil jalan, harga sewa alat, dan upah operator. Setelah semua data yang akan dikumpulkan telah diperoleh, tahapan selanjutnya adalah pengolahan data menggunakan perhitungan. Hasil pengolahan data tersebut selanjutnya akan disajikan dalam bentuk gambar, tabel, grafik maupun dalam bentuk perhitungan pada penyelesaian suatu proses tertentu.

1. Menghitung waktu edar (*cycle time*) alat gali muat.
2. Menghitung produktivitas alat gali muat.
3. Menghitung *Rimpull* pada setiap segmen.
4. Menghitung *cycle time* alat angkut berdasarkan waktu antrian.
5. Menghitung produktivitas alat angkut.
6. Menghitung biaya sewa alat dan biaya operasional alat yang terdiri dari biaya bahan bahar, bahan pelumas dan upah operator.
7. Menghitung total biaya pengupasan *overburden.*

Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut:





Gambar 2 Diagram Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Kegiatan Pengupasan *Overburden*

PT. Ceria Nugraha Indotama saat ini akan melakukan kegiatan pengupasan *overburden* pada *Pit* A dengan luas lahan ±8,4 Ha. *Pit* A memiliki volume material *overburden* yang akan dipindahkan sebesar 1.046.411,38 m^3 dan setelah dikonversi menjadi tonase sebesar 1.747.507 ton dengan densitas material 1,67 ton/m^3. Jenis alat yang akan digunakan ditentukan berdasarkan ketersediaan alat pada perusahaan dan untuk kegiatan pengupasan *overburden* ini perusahaan akan menggunakan alat gali-muat *excavator* Sany SY330H untuk kegiatan *digging* dan *loading* serta *dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL untuk kegiatan *hauling overburden*.

PT Ceria Nugraha Indotama menerapkan 2 *shift* waktu kerja dalam satu hari. Pada *shift* pertama dimulai pukul 07.00-12.00 dengan jam istirahat pada pukul 12.00-13.00 dan jam kerja lanjutan pukul 13.00-17.00. Pada *shift* kedua dimulai pukul 19.00-12.00 dengan jam istirahat pada pukul 12.00-01.00 dan jam kerja lanjutan pukul 01.00-05.00 yang berlaku untuk hari senin hingga minggu kecuali hari jumat dimana jam istirahat pada *shift* pertama pukul 11.00-01.00. Sehingga waktu kerja tersedia di hari sabtu hingga kamis 18 jam/hari dan di hari jumat 17 jam/hari. Berdasarkan waktu kerja tersebut, didapatkan jam kerja efektif per harinya adalah 17,86 jam/hari atau 1.071 menit/hari. Waktu kerja efektif didapatkan melalui waktu kerja tersedia yang didapatkan dari perusahaan dan waktu hambatan yang diperoleh melalui pengamatan lapangan. Didapatkan waktu hambatan sebesar 135 menit yang terdiri dari waktu hambatan yang dapat dihindari dan tidak dapat dihindari sehingga diperoleh waktu kerja efektif sebesar 936 menit/hari atau 15,60 jam/hari.

4.2 Produktivitas Alat Gali-Muat

Penentuan produktivitas alat gali-muat dapat ditentukan dengan mengetahui beberapa komponen yang terdiri dapat kapasitas *bucket* yang diperoleh dari spesifikasi alat yang digunakan, nilai faktor pengisian (*bucket fill factor*) ditentukan berdasarkan hasil pengamatan lapangan yaitu kondisi material pada kegiatan penggalian tanah penutup (*overburden*) yang disesuaikan dengan tabel nilai faktor pengisian (*bucket fill factor*), produktivitas persiklus diperoleh dari hasil perhitungan kapasitas *bucket* dan *bucket fill factor*, waktu edar (*cycle time*) *excavator* yang terdiri dari waktu gali, waktu putar bermuatan, waktu buang, dan waktu putar kosong yang diperoleh dari pengamatan lapangan serta nilai efisiensi kerja. Adapun nilai masing-masing komponen alat gali-muat dalam menentukan produktivitas *excavator* Sany SY330H pada kegiatan *digging* dan *loading* dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2** berikut:

Tabel 1 Komponen Produktivitas *Excavator* Sany SY330H (*Digging*)

***Excavator* Sany SY330H (*digging*)**				
No	**Komponen**	**Nilai**	**Satuan**	**Keterangan**
1	Kapasitas *bucket*	2	m^3	Spesifikasi alat
		3,34	ton	
2	*Bucket fill factor*	110	%	Lampiran 2
3	Efisiensi kerja	87	%	Pengolahan data
4	Densitas material	1,67	ton/m^3	PT. CNI
5	Produksi per siklus	2,20	m^3	Pengolahan data
		3,67	ton	
6	*Cycle time*	18,26	detik	Pengolahan data
7	Waktu kerja	15,60	jam/hari	Pengolahan data
8	*Shift*	2	*shift*/hari	PT. CNI

(Sumber: Pengolahan Data, 2025)

Tabel 2 Komponen Produktivitas *Excavator* Sany SY330H (*Loading*)

***Excavator* Sany SY330H (*loading*)**				
No	**Komponen**	**Nilai**	**Satuan**	**Keterangan**
1	Kapasitas *bucket*	2	m^3	Spesifikasi alat
		3,34	ton	
2	*Bucket fill factor*	110	%	Lampiran 2
3	Efisiensi kerja	87	%	Pengolahan data
4	Densitas material	1,67	ton/m^3	PT. CNI
5	Produksi per siklus	2,20	m^3	Pengolahan data
		3,67	ton	
6	*Cycle time*	18,11	detik	Pengolahan data
7	Waktu kerja	15,60	jam/hari	Pengolahan data
8	*Shift*	2	*shift*/hari	PT. CNI

(Sumber: Pengolahan Data, 2025)

Berdasarkan tabel diatas dan berdasarkan perhitungan produktivitas *excavator digging* dan *loading* didapatkan produktivitas *excavator digging* dan *loading* dilihat pada **Tabel 3** berikut:

Tabel 3 Produktivitas *Excavator*

Jenis Alat	Kegiatan	Produktivitas (ton/jam)	Produktivitas (ton/bulan)
Excavator **Sany SY330H**	*Digging*	632,82	296.180,73
	Loading	638,06	298.633,91

4.3. Pengangkutan *Overburden*

Pengangkutan material *overburden* dilakukan dari pit ke disposal area menggunakan alat angkut *dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL yang akan dimuati oleh *excavator* Sany SY330H. Untuk penentuan produktivitas alat angkut memerlukan beberapa komponen yaitu kapasitas bak alat angkut yang diperoleh dari spesifikasi alat, efisiensi kerja, dan waktu edar (cycle time) yang terdiri dari waktu pemuatan (loading time) yang diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan, waktu pergi bermuatan (hauling time) diperoleh dari perhitungan *Rimpull* waktu menumpahkan material (dumping time) yang diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan, waktu kembali kosong (return time), waktu *dump truck* mengambil posisi (spotting time) dan waktu tunggu yang diperoleh dari hasil perhitungan simulasi teori antrian.

4.3.1. *Rimpull*

Analisis *Rimpull* diperlukan untuk menentukan kemampuan alat angkut dalam menghadapi tanjakan, permukaan jalan yang licin, maupun kondisi jalan yang tidak rata, untuk menjamin efisiensi operasional dan keselamatan kerja. Untuk menentukan besarnya *Rimpull* yang dibutuhkan oleh kendaraan setiap segmen jalan digunakan, menentukan torque in lb, nilai *gear* rasio pada alat angkut telah diketahui sesuai dengan spesifikasi alat angkut Fuso *Fighter* X FN62FL, maka langkah selanjutnya yaitu menghitung *Rimpull* dari *dump truck*.

$$Rimpull_{gear\ 1} = \frac{Engine\ torque\ in\ lb \times \text{Total } gear\ ratio \times 0{,}90}{Rolling\ Radius\ in\ inches}$$

$$= \frac{6.986{,}48 \times 93{,}536 \times 0{,}90}{21}$$

$$= 28.006{,}61\ lb$$

Dimana nilai *engine torque*:

$$Engine\ Torque = \frac{\text{HP} \times 5252}{\text{RPM}} \times 11{,}99$$

$$= \frac{266{,}27 \times 5252}{2400} \times 11{,}99$$

$$= 582{,}69 \times 11{,}99$$

$$= 6.986{,}48\ in.lb$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dapat dilihat *Rimpull* pada *gear* 1 sebesar 28.006,61 lb dimana nilai *engine torque* lb yaitu 6.986,48 in lb, total *gear ratio* diperoleh dari pengalian *final gear ratio* dan *gear ratio* setiap *gear*. Perhitungan yang sama dilakukan pada gear 2 dan gear selanjutnya. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 4** berikut.

Tabel 4 *Rimpull* Kendaraan

Gear	HP	*Total Gear*	ME	RPM	*Torque*	*RR*	*Rimpull*
1	266,27	93,536	0,9	2400	6.986,48	21	28.006,61
2	266,27	65,194	0,9	2400	6.986,48	21	19.520,43
3	266,27	48,470	0,9	2400	6.986,48	21	14.512,92
4	266,27	35,298	0,9	2400	6.986,48	21	10.568,95
5	266,27	26,270	0,9	2400	6.986,48	21	7.865,78
6	266,27	18,352	0,9	2400	6.986,48	21	5.494,97
7	266,27	13,690	0,9	2400	6.986,48	21	4.099,07
8	266,27	9,916	0,9	2400	6.986,48	21	2.969,05
9	266,27	7,400	0,9	2400	6.986,48	21	2.215,71

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2025)

Setelah nilai *Rimpull* pada alat angkut telah diketahui, selanjutnya dilakukan perhitungan kecepatan yang dibutuhkan dari *dump truck*. Untuk mengetahui kecepatan *dump truck* dapat menggunakan Persamaan berikut:

$$V = \frac{375 \times \text{HP} \times \text{Efisiensi}}{Rimpull}$$

$$V_{gear\ 1} = \frac{375 \times 266{,}27 \times 0{,}85}{28.006{,}61}$$

$V_{gear\ 1} = 3{,}03$ mph atau $V_{gear\ 1} = 4{,}88$ km/jam

Berdasarkan uraian di atas maka kecepatan pada *gear* 1 adalah 4,88 km/jam, Perhitungan yang sama dilakukan pada *gear* 2 dan *gear* seterusnya. Hasil perhitungan kecepatan masing-masing *Rimpull* dapat dilihat pada **Tabel 5** berikut:

Tabel 5 Kecepatan Kendaraan

Gear	HP	Eff	*Rimpull* (*lb*)	Kec (*Mph*)	Kec (Km/ Jam)
1	266,27	0,85	28.006,61	3,03	4,88
2	266,27	0,85	19.520,43	4,35	7,00
3	266,27	0,85	14.512,92	5,85	9,41
4	266,27	0,85	10.568,95	8,03	12,92
5	266,27	0,85	7.865,78	10,79	17,37
6	266,27	0,85	5.494,97	15,45	24,86

7	266,27	0,85	4.099,07	20,71	33,32
8	266,27	0,85	2.969,05	28,59	46,01
9	266,27	0,85	2.215,71	38,31	61,65

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2025)

4.3.2. Waktu *Hauling*

Perhitungan *Rimpull* juga dilakukan pada setiap perubahan segmen jalan. Perubahan segmen jalan akan dihitung baik pada keadaan jalan datar, pendakian ataupun penurunan.

Tabel 6 Perhitungan *Rimpull Pit* Ke *Disposal*

Segmen	*Rimpull* dibutuhkan	*Rimpull* tersedia	*Gear*	Kecepatan (km/h)
A-B	2882,67	2969,05	8	46,01
B-C	5141,42	5494,97	6	24,86
C-D	3785,12	4099,07	7	33,32
D-E	2882,67	2969,05	8	46,01
E-F	4200,37	5494,97	6	24,86
F-G	2882,67	2969,05	8	46,01
G-H	2991,38	4099,07	7	33,32
H-I	4447,71	5494,97	6	24,86
I-J	5324,26	5494,97	6	24,86
J-K	2882,67	2969,05	8	46,01
K-L	4712,59	5494,97	6	24,86
L-M	3481,41	4099,07	7	33,32
M-N	2882,67	2969,05	8	46,01
N-O	3388,38	4099,07	7	33,32
O-P	4075,51	4099,07	7	33,32
P-Q	2882,67	2969,05	8	46,01
Q-R	4189,32	5494,97	6	24,86
R-S	4757,13	5494,97	6	24,86

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2025)

Untuk menentukan *Rimpull* segmen A ke B yaitu nilai total *resistance* dikalikan dengan berat kendaraan saat bermuatan yaitu 100 dikalikan 28,83 sehingga menghasilkan tenaga yang dibutuhkan sebesar 2882,67 lb dan untuk mengatasi tenaga tersebut alat angkut harus menggunakan *gear* 8 yang memiliki *Rimpull* yang tersedia sebesar 2969,05 lb dengan kecepatan 46,01 km/jam dan dengan cara yang sama digunakan pada semua segmen jalan angkut.. Sehingga diperoleh waktu *hauling* dengan cara perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Waktu hauling} = \frac{\text{Jarak segmen (km)}}{\text{Kecepatan (Km/h)}} \times 60$$

$$= \frac{0{,}06}{46{,}01} \times 60$$

$$= 0{,}08 \text{ menit}$$

Dengan cara yang sama seperti diatas dapat diketahui waktu tempuh untuk tiap segmen seperti pada **Tabel 7** berikut.

Tabel 7 Waktu *Hauling Pit* Ke *Disposal*

Segmen	Jarak (Km)	Kecepatan (km/h)	Waktu (Menit)
A-B	0,06	46,01	0,08
B-C	0,05	24,86	0,11
C-D	0,13	33,32	0,24
D-E	0,03	46,01	0,04
E-F	0,10	24,86	0,23
F-G	0,03	46,01	0,04
G-H	0,03	33,32	0,06
H-I	0,13	24,86	0,31
I-J	0,04	24,86	0,09
J-K	0,10	46,01	0,13
K-L	0,11	24,86	0,28
L-M	0,11	33,32	0,20
M-N	0,07	46,01	0,10
N-O	0,03	33,32	0,05
O-P	0,08	33,32	0,15
P-Q	0,06	46,01	0,08
Q-R	0,11	24,86	0,27
R-S	0,05	24,86	0,13
Total waktu *hauling*			2,60

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2025)

4.3.3. Waktu *Return*

Perhitungan *Rimpull* juga dilakukan pada setiap perubahan segmen jalan. Perubahan segmen jalan akan dihitung baik pada keadaan jalan datar, pendakian ataupun penurunan. Untuk mengetahui *Rimpull* dan kecepatan yang dibutuhkan alat angkut untuk setiap segmen dapat dilihat pada **Tabel 8** berikut:

Tabel 8 Perhitungan *Rimpull Disposal* Ke *Pit*

Segmen	*Rimpull* dibutuhkan	*Rimpull* tersedia	*Gear*	Kecepatan (km/h)
S-R	1417,87	2215,71	9	61,65
R-Q	1248,63	2215,71	9	61,65
Q-P	859,18	2215,71	9	61,65
P-O	1214,71	2215,71	9	61,65
N-O	1009,91	2215,71	9	61,65
N-M	859,18	2215,71	9	61,65
M-L	1037,64	2215,71	9	61,65
L-K	1404,59	2215,71	9	61,65
K-J	859,18	2215,71	9	61,65
J-I	1586,90	2215,71	9	61,65

I-H	1325,65	2215,71	9	61,65
H-G	891,58	2215,71	9	61,65
G-F	859,18	2215,71	9	61,65
F-E	466,44	2215,71	9	61,65
E-D	859,18	2215,71	9	61,65
D-C	1128,16	2215,71	9	61,65
C-B	1532,41	2215,71	9	61,65
B-A	859,18	2215,71	9	61,65

Untuk menentukan *Rimpull* segmen S ke R yaitu nilai total *resistance* dikalikan dengan berat kendaraan tanpa muatan yaitu 165,03 dikalikan 8,59 sehingga menghasilkan tenaga yang dibutuhkan sebesar 1417,87 lb dan untuk mengatasi tenaga tersebut alat angkut harus menggunakan gear 9 yang memiliki *Rimpull* 2215,71 lb dengan kecepatan 61,65 km/jam dan dengan cara yang sama digunakan pada semua segmen jalan angkut. Sehingga diperoleh waktu return dengan cara perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Waktu } \textit{hauling} = \frac{\text{Jarak segmen (km)}}{\text{Kecepatan (Km/h)}} \times 60$$
$$= \frac{0{,}05}{61{,}65} \times 60$$
$$= 0{,}08 \text{ menit}$$

Dengan cara yang sama seperti diatas dapat diketahui waktu tempuh untuk tiap segmen seperti pada **Tabel 9** berikut.

Tabel 9 Waktu *Return Disposal* Ke *Pit*

Segmen	Jarak (Km)	Kecepatan (km/h)	Waktu (Menit)
S-R	0,05	61,65	0,05
R-Q	0,11	61,65	0,11
Q-P	0,06	61,65	0,06
P-O	0,08	61,65	0,08
N-O	0,03	61,65	0,03
N-M	0,07	61,65	0,07
M-L	0,11	61,65	0,11
L-K	0,11	61,65	0,11
K-J	0,10	61,65	0,10
J-I	0,04	61,65	0,04
I-H	0,13	61,65	0,13
H-G	0,03	61,65	0,03
G-F	0,03	61,65	0,03
F-E	0,10	61,65	0,09
E-D	0,03	61,65	0,03
D-C	0,13	61,65	0,13
C-B	0,05	61,65	0,05
B-A	0,06	61,65	0,06
Total waktu *return*			1,30

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2025)

4.4. Analisis Teori Antrian

4.4.1. Probabilitas Keadaan Antrian

Probabilitas keadaan antrian merupakan peluang terdapat n dalam suatu sistem antrian yang dinyatakan dalam p1 yang terbagi dalam 4 tahapan. Untuk menetukan probabilitas keadaan antrian terlebih dahulu diketahui koefisien dari seluruh tahapan. Untuk menentukan probabilitas keadaan antrian menggunakan persamaan berikut:

$$P\,(n_1,n_2,n_3,n_4) = \frac{\mu_1^{(N-n1)}}{n_2!\mu_2^{n2}\mu_3^{n3}n_4!\mu_4^{n4}} P\,(n_1,n_2,n_3,n_4)$$

Dimana:

μ = Tingkat pelayanan rata-rata dalam satu sistem (unit/menit)

N = Jumlah alat angkut (unit)

n =Jumlah alat angkut dalam sistem (unit/menit)

Rumus yang digunakan untuk menentukan kemungkinan keadaan antrian yaitu sebagai berikut:

$$\left|\frac{N+M-1}{N}\right| = \frac{(K+M-1)!}{(M-1)!\times K!}$$

Dimana:

M = Tahap antrian

N = Jumlah alat angkut

Maka

$$= \frac{(5+4-1)!}{(4-1)!\,5!}$$
$$= \frac{11!}{3!\,8!}$$
$$= \frac{(8\times7\times6\times5\times4\times3\times2\times1)}{(3\times2\times1)(5\times4\times3\times2\times1)}$$
$$= 56 \text{ Kondisi}$$

Pada sistem antrian di mana 1unit alat gali-muat melayani 5unit alat angkut, terdapat sebanyak 56 kemungkinan keadaan yang dapat terbentuk. Hal ini menunjukkan adanya 56 variasi kondisi sistem yang menggambarkan posisi alat angkut, baik yang sedang dilayani maupun yang sedang menunggu giliran.

4.4.2. Tingkat Penggunaan *Dump truck* dan Jumlah *Dump truck* Yang Terlayani Tahap 1 Dan Tahap 3

Tingkat pengunaan pada tahap 1 diperoleh pada kondisi n1>1 yaitu ketika terdapat lebih dari satu unit alat angkut yang memasuki tahap 1 yang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta_1 = \sum P(n_1 \geq 1, n_2, n_3, n_4)$$

Untuk menentukan Jumlah alat angkut yang dapat terlayani pada tahap 1 :

$\varphi_1 = \eta_1 \times \mu_1$

Tingkat pengunaan pada tahap 3 diperoleh pada kondisi n3>1 aitu ketika terdapat lebih dari satu unit alat angkut yang memasuki tahap 3 yang dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\eta_3 = \sum P(n_3 \geq 1, n_2, n_3, n_4)$$

Untuk menentukan Jumlah alat angkut yang dapat terlayani pada tahap 3:

$$\varphi_3 = \eta_3 \times \mu_3$$

Hasil perhitungan tingkat penggunaan *Dump truck* dan jumlah *Dump truck* yang terlayani pada tahap 1 dan tahap 3 adalah sebagai berikut:

Tabel 10 Hasil Perhitungan n1 dan θ1

Loading		***Dumping***	
η1 (%)	θ1 (unit/menit)	η3 (%)	θ3 (unit/menit)
86	0,52	49	0,53

Sumber : (Pengolahan Data)

4.4.3. Jumlah Alat Angkut yang Antri Dan Waktu Tunggu Tahap 1 Dan Tahap 3

Alat angkut berada dalam kondisi menunggu untuk dimuati oleh alat gali-muat ketika memenuhi ketentuan n1>2 dan n3>2. Oleh karena itu, rata-rata jumlah alat angkut yang menunggu untuk dimuati dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$L_{q1} = \sum (n_1\text{-}1)\ P\ ((n_{1\geq 2}), n_2, n_3, n_4)$

$$L_{q3} = \sum (n_3\text{-}1) P(n_1, n_2, (n_3 \geq 2), n_4)$$

Perhitungan rata-rata waktu tunggu alat angkut dalam antrian pada alat gali muat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$W_q = \frac{L_q}{\varphi}$$

Jumlah unit *Dump truck* yang berada dalam antrian serta waktu tunggu yang terjadi pada tahap 1 dan tahap 3 disajikan pada tabel berikut:

Tabel 11 Hasil Perhitungan Lq1 dan Wq1

Loading		***Dumping***	
Lq1 (unit)	Wq1 (menit)	Lq3 (unit)	Wq3 (menit)
1,33	2,56	0,31	0,58

Sumber: (Pengolahan Data)

4.4.4. Analisis cycle time *dump truck* berdasarkan teori antrian

Nilai *cycle time dump truck* yang telah dihitung dapat dilihat pada **Tabel 12**. Berikut:

Tabel 12. *Cycle time dump truck*

Tingkat Pelayanan		
μ1	0,66	1,51
μ2	0,39	2,60
μ3	1,09	0,92
μ4	0,77	1,30
Waktu Tunggu		
Tahap 1	3,04	
Tahap 3	0,78	
Total CT	**10,15**	

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2025)

Berdasarkan tabel di atas, pada tahap 1 tingkat pelayanan *dump truck* adalah 0,66 dengan waktu pelayanan 1,51 menit. Tahap 2 memiliki tingkat pelayanan 0,39 dengan waktu pelayanan 2,60 menit, tahap 3 memiliki tingkat pelayanan 1,09 dengan waktu pelayanan 0,92 menit dan tahap 4 memiliki tingkat pelayanan 0,77 dengan waktu pelayanan 1,30 menit. Waktu tunggu tahap 1 (*loading*) adalah 3,04 menit dan waktu tunggu tahap 3 (*dumping*) adalah 0,78 menit. Sehingga diperoleh *cycle time dump truck* sebesar 10,15 menit.

4.5. Produktivitas Alat Angkut

Penentuan produktivitas alat angkut menggunakan *dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL ditentukan berdasarkan beberapa data seperti perhitungan produksi per siklus yang diperoleh dari hasil mengalikan kapasitas bucket, *bucket fill factor* dan jumlah siklus yang dibutuhkan, efisiensi kerja, waktu edar (*cycle time*) dan jumlah *dump truck* yang beroperasi. Untuk lebih lengkap, komponen yang diperlukan dalam penentuan produktivitas alat angkut *dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL dapat dilihat pada **Tabel 13** berikut.

Tabel 13. Komponen Produktivitas Alat Angkut

No	Komponen	Nilai	Satuan
1	Kapasitas bucket	3,34	ton
2	*Bucket fill factor*	110	%
3	Jumlah pengisian *dump truck*	5	kali
4	Produksi per siklus	18,37	ton
5	Efesiensi kerja (%)	87	%
6	Jumlah truck	6	unit
7	*Density*	1,67	m3/ton
8		94,92	ton/jam

	Produktivitas *dump truck*	569,50	ton/jam

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2025)

4.6. Penentuan Jumlah Alat

4.6.1. Jumlah Alat Gali Muat

Jumlah alat gali (*excavator*) pada kegiatan *digging* dan *loading overburden* pada Pit A dapat dilihat pada **Tabel 14** berikut:

Tabel 14. Jumlah Alat Gali Muat

Bulan	Alat Berat	Kegiatan	Jumlah alat	Produktivitas (Ton/Bulan)
1	*Excavator* Sany SY330H	*Digging*	1	
		Loading	1	296.180,73
2	*Excavator* Sany SY330H	*Digging*	1	296.180,73
		Loading	1	298.633,91
3	*Excavator* Sany SY330H	*Digging*	1	296.180,73
		Loading	1	298.633,91
4	*Excavator* Sany SY330H	*Digging*	1	296.180,73
		Loading	1	298.633,91
5	*Excavator* Sany SY330H	*Digging*	1	296.180,73
		Loading	1	298.633,91
6	*Excavator* Sany SY330H	*Digging*	1	296.180,73
		Loading	1	298.633,91
7	*Excavator* Sany SY330H	*Digging*	1	296.180,73
		Loading	1	298.633,91

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2025)

Berdasarkan tabel diatas, kegiatan pengupasan *overburden*, pada kegiatan *digging* dan *loading* menggunakan *excavator* Sany SY330H masing-masing sebanyak 1 unit. Pada kegiatan *digging* memiliki produktivitas sebesar 632,82 ton/jam atau 296.180,73 ton/bulan dan pada kegiatan *loading* memiliki produktivitas sebesar 638,06 ton/jam atau 298.633,91 ton/bulan. untuk mencapai target produksi perusahaan sebesar 250.000 ton/bulan. Produktivitas alat sangat berpengaruh terhadap jumlah alat yang digunakan dalam pengupasan *overburden*. Semakin tinggi produktivitas alat, maka jumlah alat yang diperlukan semakin sedikit untuk mencapai target produksi karena alat yang lebih produktif mampu melakukan lebih banyak pekerjaan per satuan waktu.

4.6.2. Jumlah Alat Angkut

Jumlah alat angkut pada kegiatan pengangkutan *overburden* pada Pit A dapat dilihat pada **Tabel 15** berikut.

Tabel 15. Jumlah Alat Angkut

Bulan	Alat Berat	Jumlah alat	Produktivitas (Ton/Bulan)
1	*Dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL	6	266.545
2	*Dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL	6	266.545
3	*Dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL	6	266.545
4	*Dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL	6	266.545
5	*Dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL	6	266.545
6	*Dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL	6	266.545
7	*Dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL	6	266.545

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2025)

Dapat dilihat pada Tabel 16 diatas, kegiatan pengangkutan (hauling) *overburden* pada Pit A dengan volume 1.747.507,00 ton seluas 8,4 Ha dilakukan selama 7 bulan dengan jumlah *dump truck* setiap bulan adalah 6 unit. Produktivitas 6 *dump truck* per jam adalah 569,50 ton/jam atau 266.545 ton/bulan.

4.7. Biaya Pengupasan *Overburden*

Biaya pengupasan *overburden* yang dihitung untuk kegiatan operasional penambangan adalah biaya sewa alat dan biaya operasional alat.

4.7.1. Biaya Sewa Alat

PT. Ceria Nugraha Indotama melakukan kegiatan penambangan nikel laterit dimana alat operasional yang digunakan yaitu alat milik kontraktor dengan sistem sewa sehingga biaya yang dikeluarkan merupakan biaya sewa alat perjam. Pada alat *Excavator* Sany SY330H, biaya sewa perjamnya sebesar Rp 849.366 dan *Dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL sebesar Rp 431.640. Adapun hasil perhitungan biaya sewa alat gali muat dan alat angkut yang dibutuhkan dalam kegiatan pengupasan *overburden* dapat dilihat pada **Tabel 16** berikut.

Tabel 16. Biaya Sewa Alat

Alat Berat	Kegiatan	Jumlah Unit	Jam Kerja (bulan)	Total Biaya (Rp)
Excavator Sany SY330H	*Digging* dan *loading*	2	468	6.256.608.268
Dump truck Fuso	*Hauling*	6	468	8.081.720.587

Fighter X FN62FL	
Total Biaya Sewa Alat	14.030.275.413

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2025)

4.7.2. Biaya Operasional

Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui biaya pelumas yaitu oli mesin perbulannya sebesar Rp 16.741.120 dengan total jam kerja 7 bulan dengan menggunakan 6 unit *dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL maka total biaya oli mesin sebesar Rp 585.104.495 dengan cara yang sama didapatkan biaya oli hidraulik sebesar Rp 424.279.455 dan oli transmisi sebesar Rp 484.967.618. Selanjutnya biaya upah operator yang telah ditetapkan berdasarkan UMR kabupaten Kolaka sebesar Rp 3.342.626 perbulan maka total biaya upah operator sebesar Rp 116.825.247. Sehingga, diperoleh total biaya operasional alat angkut *dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL sebesar Rp 15.160.256.467 (lima belas miliar seratus enam puluh juta dua ratus lima puluh enam ribu sempat ratus enam puluh tujuh rupiah).

5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan di PT Ceria Nugraha Indotama adalah sebagai berikut.

1. Kegiatan pengupasan *overburden* pada Pit A menggunakan alat *excavator* Sany SY330H sebanyak 1 unit untuk kegiatan gali (digging) dan 1 unit untuk kegiatan muat (loading) dan untuk kegiatan pengangkutan menggunakan alat angkut *dump truck* Fuso *Fighter* X FN62FL sebanyak 6 unit.
2. Total biaya yang akan dikeluarkan pada kegiatan pengupasan *overburden* terdiri dari biaya sewa alat gali muat dan alat angkut sebesar Rp 14.030.275.419 (empat belas miliar tiga puluh juta dua ratus tujuh puluh lima ribu empat ratus sembilan belas rupiah) dan biaya operasional alat gali muat dan alat angkut sebesar Rp 21.466.624.394 (dua puluh satu miliar empat ratus enam puluh enam juta enam ratus dua puluh empat ribu tiga ratus Sembilan puluh empat rupiah), maka total biaya pengupasan *overburden* pada Pit A PT Ceria Nugraha Indotama adalah sebesar Rp 35.496.900.000 (tiga puluh lima miliar empat ratus sembilan puluh enam juta sembilan ratus ribu rupiah).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada pihak PT. Ceria Nugraha Indotama yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian serta banyak membantu selama proses penelitian berlangsung.

.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Arif, I., 2022, *Nikel Indonesia Menuju Transisi Energi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, ISBN: 978-602-06-6941-0.

[2] Bargawa, W., S. 2018. *Perencanaan Tambang Edisi Kedelapan.* Kilau Book. ISBN: 978-623-7594-31-4

[3] Caterpillar., 2000, Performance Handbook. *Caterpillar Inc*, 1281.

[4] Dzakir, L. O., Shaddad, A. R., Syahrul, Kurnia, H., Aldiyansyah, Prianata, Y. L. O., Amir, M. K., Bakri, S., Kadar, M. I., dan Dullah, N. M., 2024, *Rekayasa Perencanaan Tambang*.

[5] Ercelebi, S. G., dan Bascetin, A., 2009, Optimization of shovel-truck system for surface mining. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, *109*(7), 433–439.

[6] Febrianti, D., Zakia, Z., dan Mawardi, E., 2021, Analisis Biaya Operasional Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan. *Tameh: Journal of Civil Engineering*, *10*(1), 33–41.

[7] Franicha, F., Hidayat, S., dan Iskandar, T., 2017, Mining Equipment Analysis to Reach Target Production on *Overburden* in Kutai Kertanegara East Borneo. *Ournal of Engineering*, *7*(2), 36–44.

[8] Indonesianto, Y., 2016, *Pemindahan Tanah Mekanis,* Yogyakarta, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional. ISBN:978-602-820607-5.

[9] Komatsu., 2019, *Spesification and Aplication handbook edition 32.*

[10] Kusrin., 2008, *Pemindahan Tanah Mekanis & Alat Berat*. Semarang University Press.

[11] Rostiyanti, S. F., 2008, *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta, Rineka Cipta. ISBN: 978-979-518-850-6.

[12] Rumengan, M. R., Dundu, A. K. T., dan Pratasis, P. A. K., 2017, Analisis Kelayakan Investasi Alat Berat Stone Crusher Di Kelurahan Kumersot Kota Bitung. *Jurnal Sipil Statik*, *5*(10), 687–688.

[13] Siaahan, R., 2017, *Proses Penambangan Batubara*. Gadjah Mada University Press. ISBN: 979-420-359-9.

[14] Tenriajeng, A. T., 2003, *Pemindahan Tanah Mekanik*