

**KAJIAN TEKNIS PRODUKSI ALAT MUAT DAN ALAT
ANGKUT UNTUK MEMENUHI PRODUKSI BIJIH NIKEL
DI PT. MAKMUR LESTARI PRIMATAMA KECAMATAN
LANGGIKIMA KABUPATEN KONAWE UTARA
SULAWESI TENGGARA**

SKRIPSI

Oleh :

ARDIAN AJIE AKSYAL

112170047



**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2021**

**KAJIAN TEKNIS PRODUKSI ALAT MUAT DAN ALAT
ANGKUT UNTUK MEMENUHI PRODUKSI BIJIH NIKEL
DI PT. MAKMUR LESTARI PRIMATAMA KECAMATAN
LANGGIKIMA KABUPATEN KONAWE UTARA
SULAWESI TENGGARA**

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Oleh :

ARDIAN AJIE AKSYAL

112170047



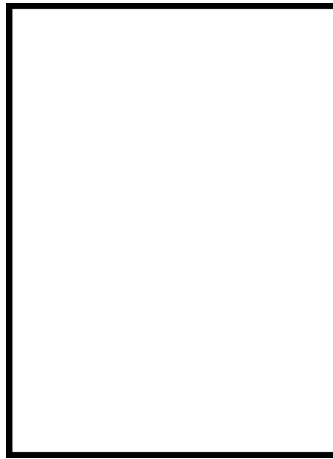
**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA
2021**

**KAJIAN TEKNIS PRODUKSI ALAT MUAT DAN ALAT
ANGKUT UNTUK MEMENUHI PRODUKSI BIJIH NIKEL
DI PT. MAKMUR LESTARI PRIMATAMA KECAMATAN
LANGGIKIMA KABUPATEN KONAWE UTARA
SULAWESI TENGGARA**

Oleh :

ARDIAN AJIE AKSYAL

112170047



Disetujui untuk

Program Sarjana

Program Studi Teknik Pertambangan

Jurusan Teknik Pertambangan

Fakultas Teknologi Mineral

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Tanggal :.....

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Inmalinianto,MT

Dr.Ir. Waterman SB,MT,IPM

**Karya ini dipersembahkan kepada : Orang Tua Saya,
Abdul Rusli Hamdani dan Neliarti
Aatifah Hasna Fadhilah dan Adinda Putri.**

RINGKASAN

Kegiatan penambangan di PT. Makmur Lestari Primatama menggunakan metode tambang terbuka dengan metode *open pit*. penambangan dengan alat-alat mekanis seperti, *excavator* untuk alat penggalian/pemuatan dan *dump truck* sebagai alat angkutnya. Penelitian ini dilakukan untuk mengupayakan tercapainya produksi dari Pit Denver Timur sesuai target produksi yang ditetapkan oleh perusahaan. Kegiatan penambangan bijih nikel pada saat ini dilakukan sistem *single back up* menggunakan 1 unit alat gali-muat *excavator* Sany PC 200 sebagai *ore getting*, 1 unit alat gali-muat *excavator* Sany PC 300 sebagai pemuatan bijih nikel ke dalam alat angkut, dan diangkut menggunakan 6 unit *dump truck* Hino FM 260 JD menuju lokasi penyimpanan sementara (*Exportable Temporary Ore*).

Permasalahan yang terjadi pada saat ini adalah belum tercapainya target produksi penambangan bijih nikel sebesar 72.000 ton/bulan. Dari hasil perhitungan saat ini diketahui produksi pada bulan April 2021 yang mampu dihasilkan suatu rangkaian kerja alat mekanis alat muat Sany PC 300 sebagai pemuat bijih nikel ke alat angkut sebesar 361.404,2 ton/bulan dengan Enam alat angkut *dump truck* Hino FM 260 JD adalah sebesar 65.222,04 ton/bulan atau sebesar 90,58% dari target produksi, sehingga harus dilakukan perbaikan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja alat mekanis agar dapat mencapai target produksi.

Upaya peningkatan produksi dapat dilakukan dengan cara menambahkan jumlah curah dan meningkatkan waktu kerja efektif dengan melakukan perbaikan terhadap hambatan-hambatan yang terjadi, perbaikan kondisi jalan angkut dengan melakukan pembersihan sisa - sisa material dan perataan jalan bergelombang. Perbaikan waktu kerja berdampak pada meningkatnya produksi alat mekanis yang menyebabkan produksi meningkat menjadi 66.736,38 ton/bulan, dan setelah penambahan curah dan perbaikan efisiensi kerja produksi meningkat menjadi 83.787,67 ton/bulan yang telah mencukupi target produksi satu *front* kerja.

SUMMARY

Mining Activities at PT. Makmur Lestari Primatama uses the open pit mining method with the open pit method. mining with mechanical tools such as excavators for loading equipment and dump trucks as means of transportation. This research was conducted to seek to achieve production from the East Denver Pit according to the production target set by the company. Nickel ore mining activities are currently being carried out with a single back up system using 1 unit of Sany PC 200 excavator digging tool for ore extraction, 1 unit of Sany PC 300 excavator digging and loading tool for loading nickel ore into conveyances, and transported using 6 Hino FM 260 JD dump truck unit to the temporary storage location (Exportable Temporary Ore).

The problem that occurs at this time is that the nickel ore production target of 72,000 tons/month has not been achieved. From the results of the current calculation, it is known that production in April 2021 which resulted in a series of work tools for the Sany PC 300 miraculous tool as a nickel ore loader to transportation equipment of 361,404.2 tons/month with Six Hino FM 260 JD dump trucks totaling 65,222 .04 tons/month or 90.58% of the production target, so improvements must be made to the factors that affect the performance of mechanical equipment in order to achieve the production target.

Efforts to increase production can be done by increasing the amount of bulk and increasing the effective working time by making improvements to the obstacles that occur, improving the condition of haul roads by improving the remaining material and repairing bumpy roads. The improvement in time has an impact on the production of mechanical equipment which causes production to increase by 66,736.38 tons/month, and after adding bulk and increasing production efficiency it becomes 83,787.67 tons/month which has met the production target of one working front.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan kasih karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta. Penulisan skripsi ini disusun berdasarkan data hasil penelitian selama 2 bulan dari April – Juni 2021, di PT. Makmur Lestari Primatama, Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. Atas segala bantuan, bimbingan, fasilitas, serta kesempatan yang telah diberikan, penulis mengucapkan terima kasih kepada Yth :

1. Bapak Prof. Dr. Mohamad Irhas Effendi, S.E, M. Si, Rektor Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Sutarto, M.T, Dekan Fakultas Teknologi Mineral.
3. Bapak Dr. Ir. Eddy Winarno, S.Si., M.T, Ketua Jurusan Teknik Pertambangan
4. Ibu Ir. Wawong Dwi Ratminah, M.T, Koordinator Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan
5. Bapak Ir. Inmalinianto, M.T, dosen pembimbing I
6. Bapak Dr. Ir. Waterman SB, M.T, IPM, dosen pembimbing II
7. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Yogyakarta, Desember 2021

Penyusun

Ardian Ajie Aksyal

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	v
<i>SUMMARY</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB	
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metodologi Penelitian.....	3
1.6. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN UMUM	
2.1. Lokasi dan Kesampaian Daerah.....	5
2.2. Iklim dan Curah Hujan.....	7
2.3. Tinjauan geologi... ..	7
2.4. Kegiatan Penambangan.....	13
III. DASAR TEORI	
3.1. Faktor yang Mempengaruhi Alat Mekanis	18
3.2. Perhitungan Statistika Sampel di Lapangan	28
3.3. Waktu Edar	30
3.4. Efisiensi Kerja.....	31
3.5. Produksi Alat Muat dan Alat Angkut	32
3.6. Kesorasian Kerja Alat Muat dan Alat Angkut	33
3.7. Jumlah Alat Angkut yang Dibutuhkan	34
3.8. <i>Dead load</i> dari alat angkut.....	35
3.9. Penelitian Sejenis	35
IV. HASIL PENELITIAN	
4.1. Tinjauan Lokasi Penambangan	36

4.2. Waktu Edar	40
4.3. Efisiensi Kerja.....	40
4.4. Pengaruh <i>dead load</i> dalam perhitungan total produksi.....	43
4.5. Produksi Alat Muat dan Alat Angkut.....	43
V. PEMBAHASAN	
5.1. Kemampuan Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut.....	45
5.2. Faktor yang Mempengaruhi Produksi Alat Mekanis.....	46
5.3. Upaya Peningkatan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut	48
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1. Kesimpulan	54
6.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Peta kesampaian daerah PT. Makmur Lestari Primata (PT. MLP,2021).....	6
2.2 Grafik Curah Hujan Rata-rata Daerah Penelitian (Departement Engineer PT. MLP,2021).....	7
2.3 Peta Geologi Regional Kabupaten Konawe dan Konawe Utara (Moetamar,2007)	8
2.4 Peta Geologi WIUP PT. Makmur Lestari Primatama (PT. MLP, 2021)	10
2.5 Proses Terbentuknya Endapan Nikel Laterit (Kadarusman, 2008)	12
2.6 Kegiatan Pengupasan Tanah Penutup.....	15
2.7 Proses Pemuatan Bijih Nikel oleh <i>Excavator</i> Sany PC 300	16
2.8 Tempat Penyimpanan Sementara Bijih Nikel (<i>Exportable Temporary Ore</i>)	17
2.9 Tempat Penimbunan	18
3.1 Penentuan <i>Fill Factor</i> (Caterpillar 2018)	19
3.2 Pola Muat <i>Top Loading</i> (Catterpillar,2013)	21
3.3 Pola Muat <i>Bottom Loading`</i> (Catterpillar,2013).....	21
3.4 Pola Pemuatan <i>Frontal Cuts</i> (Hustrulid,2013)	22
3.5 Pola Pemuatan <i>Paralel Cut With drive-by</i> (Hustrulid,2013)	22
3.6 <i>Parallel Cut With The Single Spotting of Trucks</i> (Hustrulid,2013)	23
3.7 <i>Parallel Cut With The Double Spotting of Trucks</i> (Hustrulid,2013)	23
3.8 Lebar Jalan Angkut Lurus Dua Jalur (Kaufman, 1979).....	24
3.9 Lebar Jalan Angkut Tikungan Dua Jalur (Kaufman, 1977).....	24
3.10 Komposisi Material Jalan Angkut (Roger ,2011).....	26

3.11 Daya Dukung Material (Kaufman, 1977).....	27
3.12 Waktu Edar <i>Dump Truck</i> (Louis, 2018)	31
3.13 Grafik Keserasian Alat Gali-Muat dengan Alat Angkut (Caccetta, 2014).....	34
4.1 Kondisi area <i>front loading</i> bijih nikel.....	37
4.2 Kondisi Jalan di Sekitar Pit Denver.....	37
4.3 Kondisi Jalan Angkut Menuju <i>Stockpile</i>	38
4.4 Pola pemuatan <i>top loading</i>	38

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Daya Dukung Material (Nichols,1962)	27
4.1 Panjang Jalan Setiap <i>Section</i>	39
4.2 Kemiringan (<i>Grade</i>) Jalan Tiap <i>Section</i>	39
4.3 Lebar Jalan Angkut	39
4.4 Waktu Edar Alat muat dan Alat Angkut.....	40
4.5 Hambatan Kerja <i>excavator</i> Sany PC 300.....	41
4.6 Efisiensi <i>excavator</i> Sany PC 300.....	42
4.7 Hambatan <i>dumptruck</i> Hino FM 260 JD.....	42
4.8 Efisiensi Kerja <i>dumptruck</i> Hino FM 260 JD	43
4.9 Besaran <i>dead load</i>	44
4.10 Produksi Alat Muat dan Alat Angkut	44
5.1 Penambahan Jumlah Curah.....	49
5.2 Perubahan Produksi alat angkut.....	49
5.3 Kemampuan Produksi Setelah Peningkatan Waktu Kerja Efektif	52
5.4 Kemampuan Produksi Setelah Penambahan Jumlah Curah <i>Bucket</i> dan Peningkatan Waktu Kerja Efektif	53

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	Halaman
A. DATA CURAH HUJAN DI DAERAH PENELITIAN	58
B. SPESIFIKASI ALAT MUAT	60
C. SPESIFIKASI ALAT ANGKUT	64
D. FAKTOR PENGISIAN <i>BUCKET</i>	68
E. PERHITUNGAN <i>SWELL FACTOR</i>	71
F. PERHITUNGAN GEOMETRI JALAN ANGKUT	73
G. WAKTU EDAR ALAT MUAT	79
H. WAKTU EDAR ALAT ANGKUT	81
I. PRODUKSI ALAT MUAT	84
J. PRODUKSI ALAT ANGKUT	86
K. JUMLAH JAM KERJA.....	88
L. WAKTU KERJA EFEKTIF DAN EFISIENSI KERJA.....	92
M. KESERASIAN KERJA ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT	101
N. PRODUKSI ALAT ANGKUT ANGKUT SETELAH PENAMBAHAN JUMLAH CURAH	103
O. KESERASIAN KERJA ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT SETELAH PERBAIKAN PENAMBAHAN JUMLAH CURAH DAN EFISIENSI KERJA.....	105
P. EFISIENSI KERJA ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT SETELAH PERBAIKAN.....	107
Q. PRODUKSI ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT SETELAH PERBAIKAN EFISIENSI KERJA.....	112
R. PRODUKSI ALAT ANGKUT SETELAH PERBAIKAN PENAMBAHAN JUMLAH CURAH DAN EFISIENSI KERJA.....	114
S. PETA JALAN ANGKUT PIT DENVER.....	115

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nikel merupakan salah satu komoditas tambang utama dari Indonesia dan banyak didapatkan dalam bentuk nikel laterit (A.Isjudarto,2013). Nikel terbentuk dari proses pelapukan (laterisasi) yang intensif pada batuan induk (Boldt,1996). Kebutuhan nikel akan terus meningkat, hingga mencapai 140% - 175% pada tahun 2025 (Elskaki et al., 2017). Nikel biasanya terendapkan di sebagian punggung-punggungan bukit dapat di jumpai pada kemiringan 0° hingga kemiringan 35° pada kemiringan ini biasanya nikel yang di dapatkan memiliki kadar yang tinggi. (Noor,2017). Sebaran nikel biasa ditemukan di daerah Indonesia bagian timur seperti pulau Sulawesi, pulau pulau di Maluku Utara maupun pada daerah Papua (Ahmad,2006).

PT.Makmur Lestari Primatama adalah perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan bijih nikel. Hasil dari penambangan tersebut diletakkan di *exportable transit ore* (ETO) Hawaii dan densel PT.Makmur Lestari Primatama kemudian dipasarkan. Penambangan bijih nikel terletak di Kelurahan Molore, Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara.

Pengoperasian penambangan bijih nikel PT. Makmur Lestari Primatama, dilakukan oleh PT. Hillcon Jaya Sakti sebagai kontraktor. Penambangan ini dilakukan dengan tambang terbuka yaitu dengan metode *open pit selective mining*. *Open pit* biasanya dilakukan untuk endapan bijih yang terdapat pada daerah datar atau lembah, tanah akan digali ke bagian bawah sehingga akan membentuk cekungan atau *pit* (Fitratul R,2019). *Selective mining* dilakukan dengan memilah material bijih dengan kadar yang dirasa ekonomis untuk ditambang (Suwandhi,2004). Penelitian dilakukan di Pit Denver Timur, Kegiatan utama pada penambangan tersebut terdiri dari pengupasan lapisan tanah penutup,

pembongkaran, pemuatan dan pengangkutan dari lokasi penambangan ke lokasi *stockyard* ETO.

PT. Makmur Lestari Primatama memiliki target produksi bijih nikel sebesar 72.000 ton/bulan untuk satu *fleet* kerja. Pada April 2021, produksi tercapai sebesar 65.222,04 ton/bulan untuk satu *fleet* kerja, sehingga target produksi belum tercapai sebesar 9,41%. kebutuhan bijih nikel pada *stockyard* yang tersedia agar dapat terpenuhi, maka dari itu perlu dilakukan perhitungan kebutuhan jumlah alat muat dan alat angkut yang akan digunakan, serta waktu efektif yang digunakan dalam kegiatan penambangan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Apakah target produksi alat muat dan alat angkut pada produksi bijih nikel sudah tercapai?
2. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi tidak tercapainya target produksi?
3. Bagaimana upaya dalam meningkatkan produksi dari alat muat dan alat angkut?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menghitung kemampuan produksi *actual* dari alat muat dan alat angkut.
2. Mengkaji faktor-faktor dan hambatan yang mempengaruhi produksi bijih nikel.
3. Melakukan upaya peningkatan produksi alat muat dan alat angkut untuk mendapatkan produksi yang optimal dan mencapai target.

1.4 Batasan Masalah

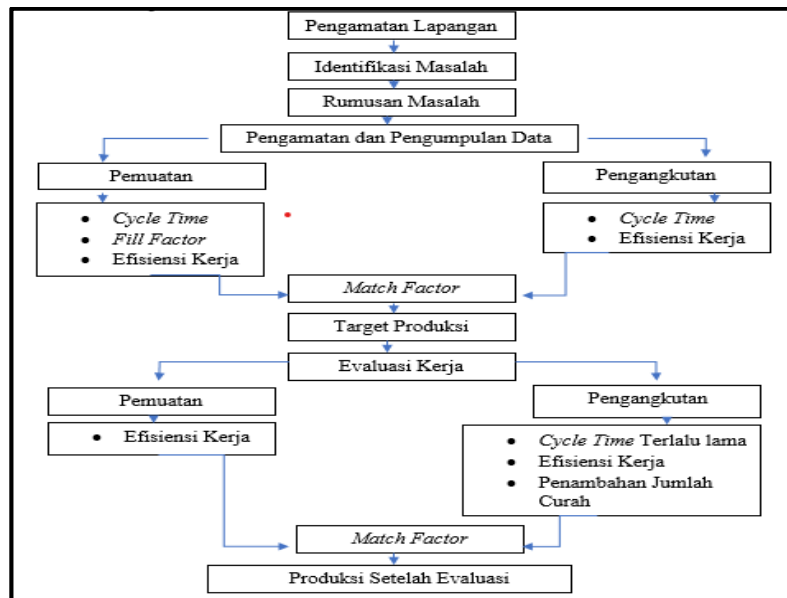
Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dibatasi pada teknis kerja alat muat Sany PC300 dan alat angkut dumptruck Hino FM260 JD dalam kondisi prima.
2. Data kehilangan waktu kerja hanya memerhatikan 1 alat muat dan 1 alat angkut.

3. Kemampuan setiap operator alat mekanis diasumsikan sama.
4. Penelitian yang dilakukan tidak memperhatikan segi ekonomi dalam tercapainya target produksi.

1.5 Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan dan pengambilan data di lapangan secara langsung (data primer) maupun secara tidak langsung (data sekunder) yang kemudian akan dilakukan pengolahan data. Hasil pengolahan data akan dianalisis sehingga dapat diambil kesimpulan dan saran yang sesuai dengan permasalahan yang ada. Dapat dilihat di gambar 1.1. yang menjelaskan alir dari penelitian yang sudah dilakukan.



Gambar 1.1. Diagram Alir Penelitian

Adapun prosedur penelitian yaitu

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian dengan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang, yang diperoleh dari:

 - a. Instansi terkait yaitu PT. Makmur Lestari Primatama.
 - b. Perpustakaan.
 - c. Internet.
2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan langsung dengan melakukan pengamatan dari pencatatan secara cermat dan sistematis secara nyata dilapangan.

3. Pengambilan Data

a. Data Primer

- 1) Kondisi *front* penambangan
- 2) Pola pemuatan
- 3) Waktu edar alat muat dan alat angkut
- 4) Data kehilangan waktu kerja

b. Data Sekunder

- 1) Peta lokasi
- 2) Data curah hujan
- 3) Jam kerja
- 4) Spesifikasi alat
- 5) *Swell factor*
- 6) *Bucket Fill Factor*
- 7) Catatan-catatan dan laporan-laporan yang ada di perusahaan

4. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan beberapa rumus tertentu dan kemudian disajikan dalam bentuk table, grafik, atau rangkaian perhitungan yang kemudian akan digunakan untuk menganalisis permasalahan yang terjadi.

5. Analisa Data

Analisa data akan mendapatkan hasil dari pengolahan data dari permasalahan yang ada di lapangan yang nantinya akan menjadi solusi pemecahan masalah yang diteliti.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat berguna bagi perusahaan sebagai acuan dalam upaya peningkatan target produksi dari alat muat dan alat angkut. Untuk menambah wawasan dan ilmu tentang penambangan khususnya kegiatan produksi dari alat mekanis.

BAB II

TINJAUAN UMUM

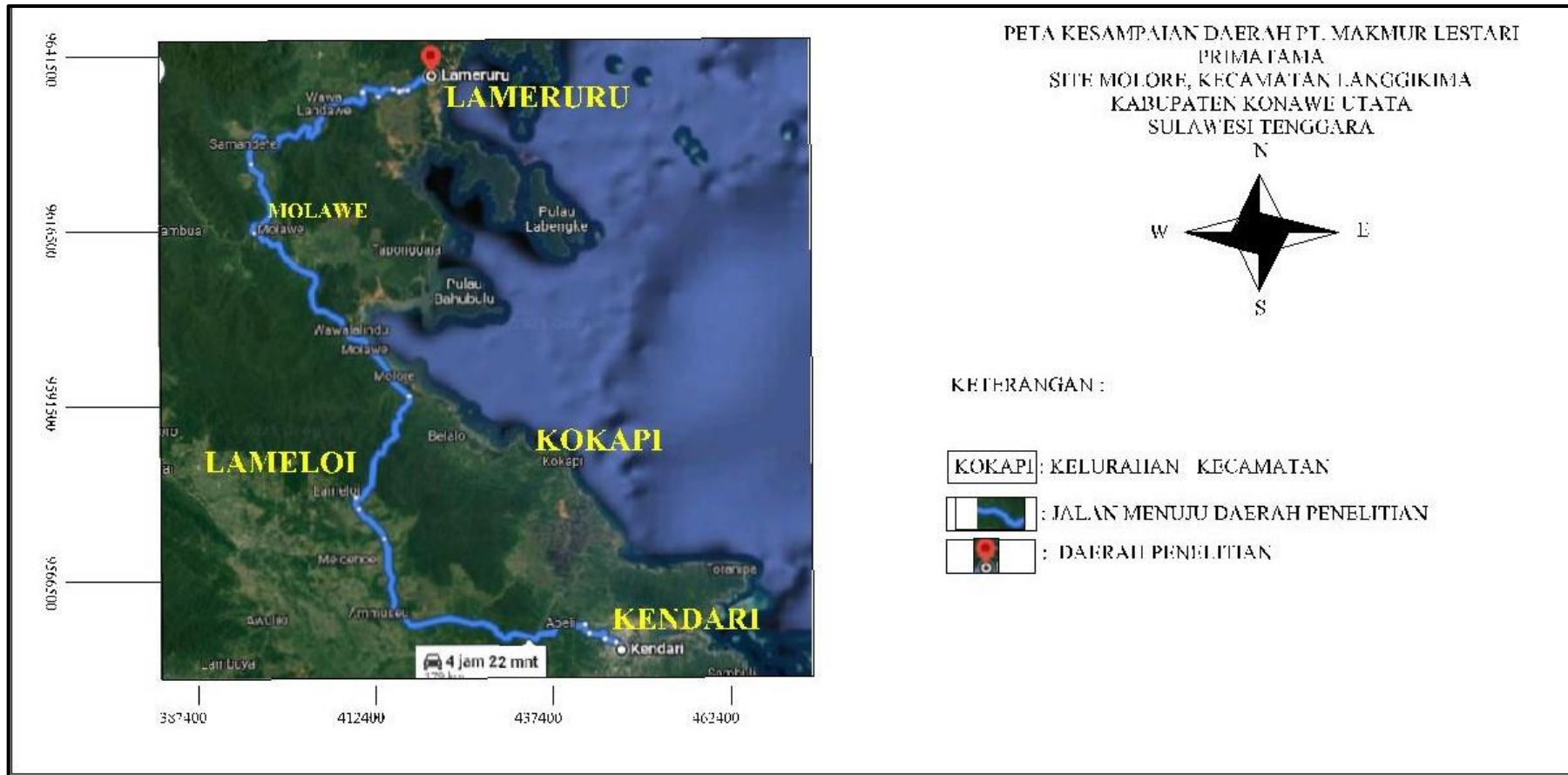
2.1. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi penambangan bijih nikel PT Makmur Lestari Primatama terletak di Kelurahan Molore, Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Jarak dari kota Kendari sekitar \pm 178 km, jika menempuh perjalanan darat \pm 4 jam 22 menit.

Untuk menuju ke Kecamatan Langgikima dapat menggunakan akses jalur darat dari kota Kendari dikarenakan akses bandara terdekat adalah dari kota Kendari kemudian dilanjutkan perjalanan jalur darat atau pun jalur laut tetapi memakan waktu lebih lama lagi dibanding menggunakan jalur darat, Kecamatan Langgikima sendiri berbatasan langsung dengan Provinsi Sulawesi Tengah di bagian utaranya.

Secara geografis IUP dari PT. Makmur Lestari Primatama terletak pada 416516.795 mE sampai 420218.437 mE dan 9635858 mN sampai 9637028 mN. Luas wilayah Kecamatan Langgikima didominasi oleh area perkebunan sawit, perkebunan jagung, persawahan dan area penambangan oleh beberapa perusahaan yang terletak di daerah Kecamatan Langgikima. Sebagian besar Kecamatan Langgikima didominasi oleh lahan terbuka, secara morfologi lokasi cenderung terdiri dari bukit-bukit dan memiliki daerah garis pantai di bagian timur dan selatan lokasi batas-batas lokasi Penambangan dari IUP PT. Makmur Lestari Primatama.

1. Utara = Kabupaten Morowali ,Sulawesi Tengah.
2. Selatan = Kecamatan Oheo.
3. Barat = Kecamatan Wiwirano.
4. Timur = Laut Banda.



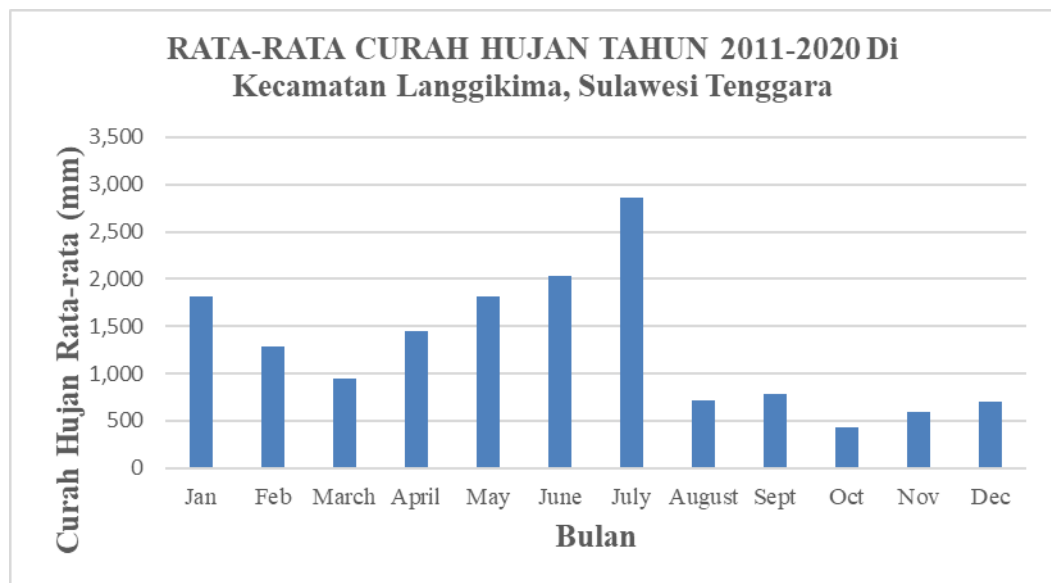
Sumber : Pribadi

Gambar 2.1

Peta kesampaian daerah PT. Bukit Makmur Lestari Primatama (PT. MLP,2021)

2.2. Iklim dan Curah Hujan

Lokasi Data curah hujan yang diperoleh adalah berdasarkan pengamatan yang dilakukan perusahaan selama tahun 2011 sampai dengan tahun 2020 (Lampiran A). Data curah hujan diketahui bahwa curah hujan paling tinggi ada di bulan Juli sebesar 2.288,5 mm dan curah hujan paling rendah berada pada bulan Oktober sebesar 387,8 mm. Angka curah hujan tiap bulan selama tahun 2011 sampai 2020, dapat dilihat dari grafik berikut:



Gambar 2.2

Curah Hujan Rata-rata Daerah Penelitian 2011-2020 Kecamatan Langgikima

2.3. Tinjauan Geologi

Tinjauan geologi itu sendiri terkait keadaan dari segi geologi dari daerah penelitian yang mana terbagi menjadi tiga, yaitu : keadaan fisiologi, geologi regional dan stratigrafi.

2.3.1. Keadaan Fisiologi

Daerah penelitian terletak di bagian utara Kabupaten Konawe utara dan berbatasan dengan Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah. Secara umum wilayah penelitian berada di perbukitan yang berada langsung didekat bibir pantai.

Bentuk morfologi yang berkembang di daerah penelitian berupa deretan perbukitan memanjang dari selatan ke utara dan sebaliknya. Sebelah timurnya langsung bertemu laut banda. Daerah penelitian tersusun oleh batuan ultramafik

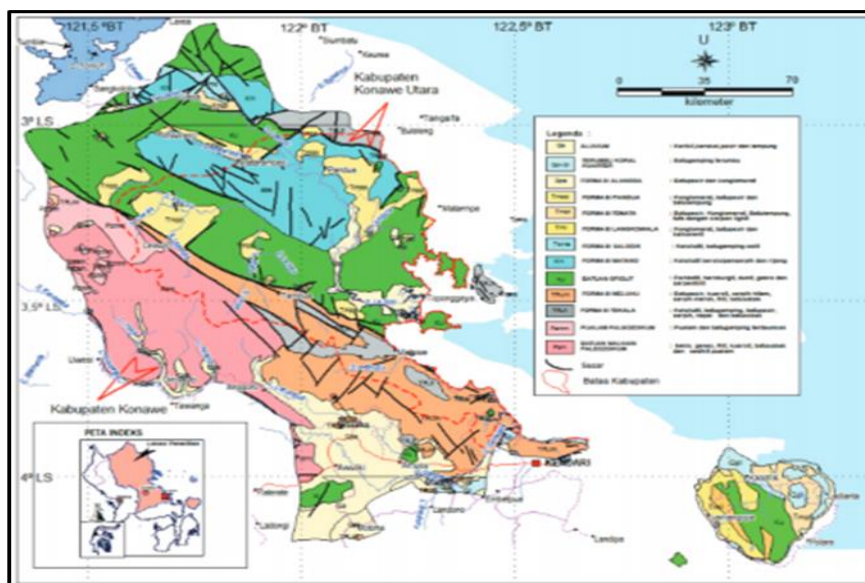
berupa peridotit yang sudah mulai teralterasi dan sebagian sudah terserpentinisasi dan menjadi lapisan saprolite, di bagian bawah lapisan juga sering dijumpai batuan garnerite yang berwarna hijau muda.

2.3.2. Geologi Regional

Pulau Sulawesi dan sekitarnya terbentuk dari hasil pertemuan tiga lempeng utama, yaitu bagian barat merupakan tepi tenggara Lempeng Benua Eurasia, bagian timur selatan oleh Lempeng Benua Australia dan bagian timur utara ditempati Lempeng Samudera Pasifik.

Geologi daerah penelitian didominasi oleh satuan batuan ultramafik berumur kapur, terdiri dari : peridotit dan hazburgit. Struktur geologi yang berkembang berupa sesar mendatar mengiri berarah barat laut- tenggara (Sesar Lasolo). Sesar mendatar mengan Anggowala berarah barat laut tenggara dan sesar naik Wawo mengakibatkan beranjaknya batuan ultramafik. Lipatan ditemukan berupa lipatan tertutup, lipatan rebah, lipatan pisau, dan lipatan terbalik, pada batuan tersier, termasuk dalam Peta Geologi lembar Lasusua- Kendari, Sulawesi.

Menurut Moetamar (2007) batuan ultramafik yang terdiri dari paridotit dan hazburgit tersebut merupakan formasi pembawa nikel. Dari hasil penelitian potensi bijih nikel didaerah konawe utara terdapat didaerah Kecamatan Lasolo, Kecamatan Langgikima, Kecamatan Molawe, dan Kecamatan Wiwirano.



Gambar 2.3

Peta Geologi Regional Kabupaten Konawe dan Konawe Utara (Moetamar,2007)

2.3.3. Stratigrafi

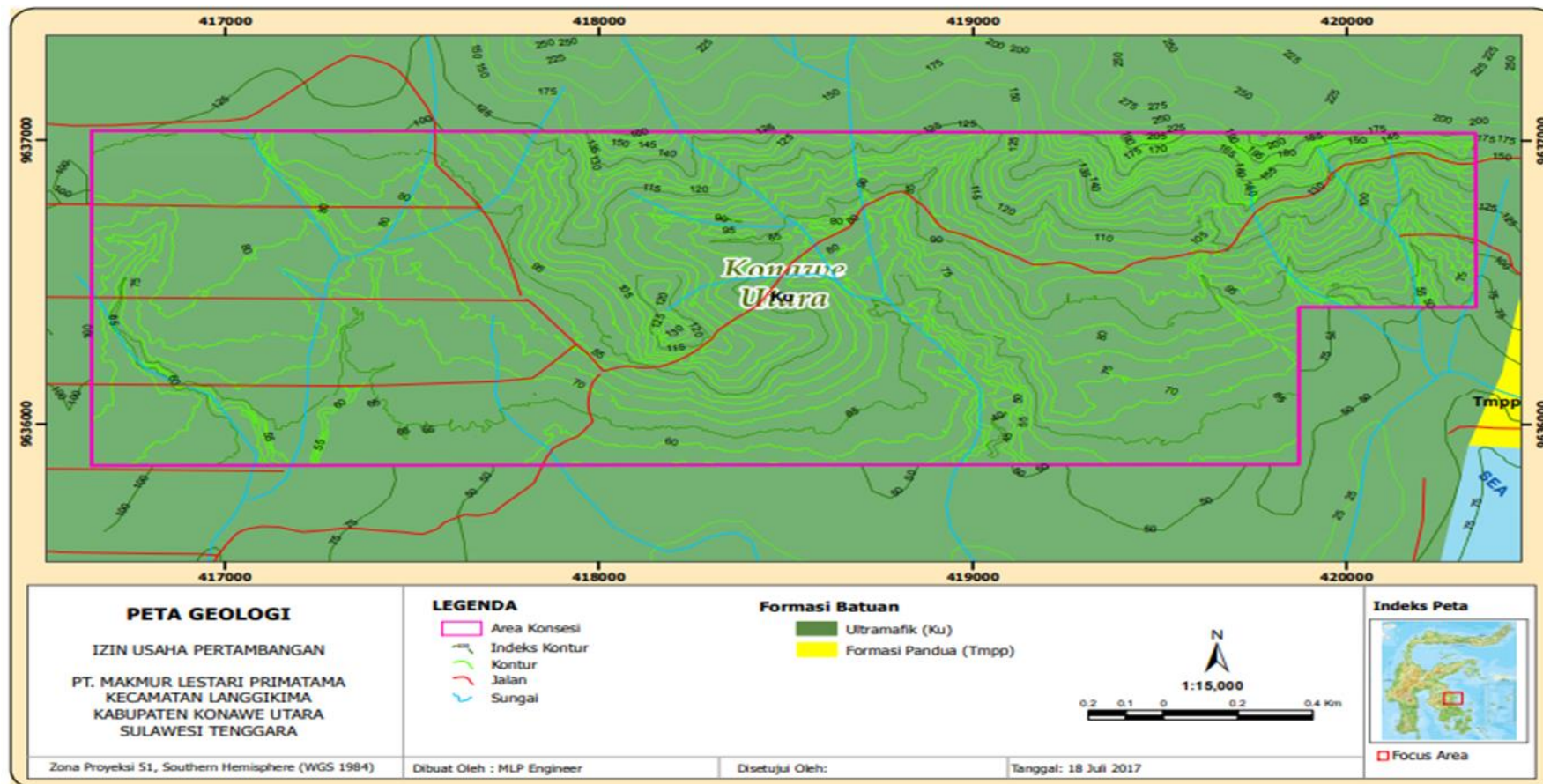
Daerah penelitian memiliki 1 formasi pembentuk yaitu formasi batuan Kompleks ultramafik dan berbatasan langsung dengan formasi pandua di ujung timur dari iup perusahaan.

Kompleks ultramafik ini disebut jalur ofiolit Sulawesi Timur dimana kawasan ini memanjang dari Sulawesi Tenggara hingga ke Sulawesi Tengah. Berdasarkan Peta Geologi yang dibuat oleh perusahaan di daerah penelitian memiliki formasi ultramafik.

Kompleks ultramafik yaitu formasi yang tersusun oleh jenis batuan ultramafik yang memiliki ketebalan yang berbeda-beda. harzburgit, lherzolit, wehrlit, serpentinit dan dunit merupakan batuan yang menyusun kompleks ultramafik. Kompleks ultramafik ini diperkirakan sebagai batuan tertua dan berumur kapur. Sebarannya sangat meluas. Satuan ini secara tektonik bersentuhan dengan batuan Mesozoikum dan Paleogen, dan secara selaras tertindih batuan sedimen Neogen dan Kuartar.

Menurut Waheed (2009), batuan ultramafik adalah batuan yang kaya akan kandungan mineral mafik (ferromagnesia) dan mengandung mineral olivin, piroksen, hornblenda, dan mika. Batuan ultramafik memiliki indeks bias lebih dari 70. Batuan ultramafik itu sendiri terdiri dari peridotit, dunit, serpentinit, harzburgit, wherlit, lherzolute.

Untuk lebih jelas tentang struktur geologi yang berada di wilayah IUP PT. Makmur Lestari Primatama terlampir di gambar bawah ini.



Sumber : Dept Engineer PT. MLP

Gambar 2.4
 Peta Geologi WIUP PT. Makmur Lestari Primatama

2.3.4. Genesa Nikel Laterit.

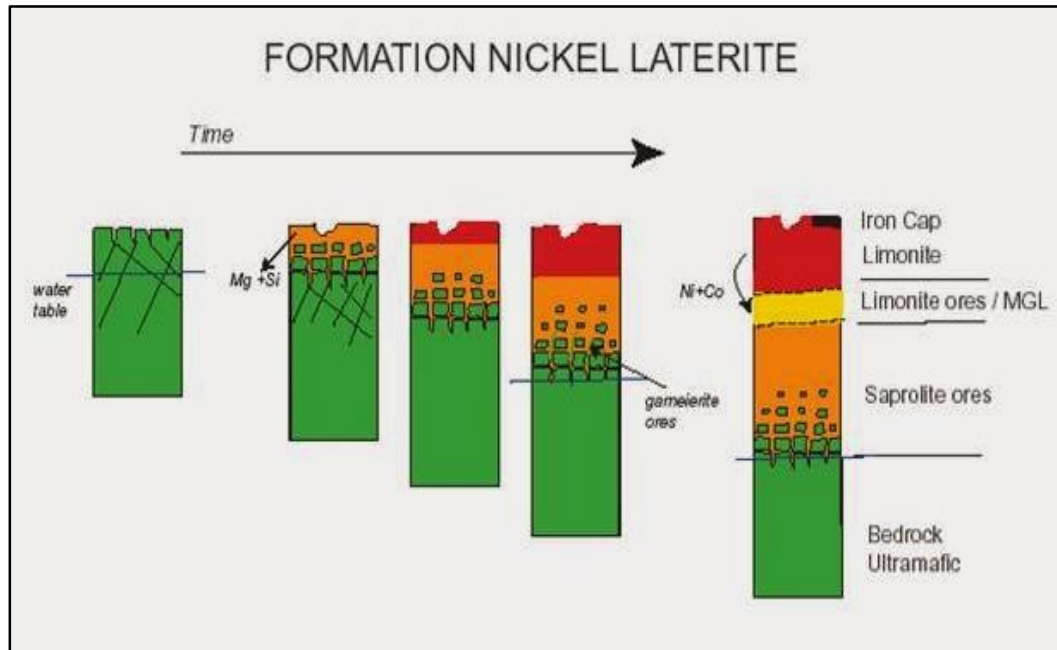
Pelapukan kimia membuat komposisi kimia dan mineralogi suatu bahan dan mineralogi suatu batuan dapat berubah. Mineral dalam batuan yang dirusak oleh air kemudian akan bereaksi dengan udara menyebabkan sebagian dari mineral itu menjadi larutan. Selain itu, bagian unsur mineral yang dapat bergabung dengan unsur setempat membentuk kristal mineral baru.

Kecepatan pelapukan kimia tergantung dari iklim, komposisi mineral dan ukuran butir dari batuan yang mengalami pelapukan. Pelapukan akan berjalan lebih cepat pada daerah yang lembab (humid) atau panas dari pada di daerah kering atau sangat dingin. Curah hujan rata-rata dapat mencerminkan kecepatan pelapukan, tetapi temperature akan sulit untuk dapat diukur. Namun secara umum kecepatan pelapukan kimia akan meningkat dua kali dengan meningkat temperature setiap 10 Celcius. Mineral basa pada umumnya lebih cepat lapuk dari pada mineral asam. Itulah sebabnya basal akan lebih cepat lapuk dari granit dalam ukuran yang sama besar.

Pada pelapukan kimia khususnya, air tanah yang kaya akan CO₂ berasal dari udaran dan pembusukan tumbuh tumbuhan menguraikan mineral-mineral yang tidak stabil (olivin dan piroksin) pada batuan ultrabasa , menghasilkan Mg, Fe, Ni yang larut, Si cenderung membentuk koloid dari partike-partikel silika yang sangat halus. Akhirnya membentuk minera-mineral dekat permukaan seperti geothit, limonit, dan haematit.

Larutan yang mengandung Mg, Ni, dan Si terus menerus kebawah selama larutannya bersifat asam. Hingga pada suatu kondisi dimana suasanya cukup netrak akibat adanya kontak dengan tanah dan batuan, maka kecenderungan membenuk endapan hydrosilikat. Nikel yang terkandung dalam rantai silikat atau hydrosilikat dengan komposisi yang mungkin bervariasi tersebut akan mengendap pada celah-celah atau rekahan-rekahan yang dikenal dengan urat-urat garnierit dan krisopras. Sedangkan larutan residunya akan membentuk senyawa yang disebut saprolit yang berwarna coklat kuning kemerahan. Unsur-unsur lainnya seperti Ca dan Mg yang terlarut sebagai bikarbonat akan terbawa kebawah sampai batas pelapukan dan akan diendapkan sebagai dolomit, magnesit yang biasa mengisi celah-celah aau rekahan-rekahan pada batuan induk. Dilapangan urat-urat ini

dikenal sebagai batas petunjuk antara zona pelapukan dan zona batuan segar yang disebut akat pelapukan.



Gambar 2.5

Proses Terbentuknya Endapan Nikel Laterit (Kadariusman, 2008)

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan bijih nikel laterit adalah:

- Batuan asal. Adanya batuan asal merupakan syarat utama terbentuknya endapan nikel laterit, macam batuan asalnya adalah batuan ultrabasa. Dalam hal ini pada batuan ultrabasa tersebut harus terdapat elemen Ni yang paling banyak diantara batuan lainnya, mempunyai mineral-mineral yang mudah lapuk atau tidak stabil, seperti olivin dan piroksin, mempunyai komponen yang mudah larut dan memberikan lingkungan pengendapan yang baik untuk nikel.
- Iklm. Adanya pergantian musim kemarau dan musim penghujan dimana terjadi kenaikan dan penurunan permukaan air tanah juga dapat menyebabkan terjadinya proses pemisahan dan akumulasi unsur-unsur. Perbedaan temperatur yang cukup besar akan membantu terjadinya pelapukan mekanis, dimana akan terjadi rekahan-rekahan dalam batuan yang akan mempermudah proses atau reaksi kimia pada batuan.
- Reagen-reagen kimia dan vegetasi. Reagen-reagen kimia adalah unsur dan senyawa-senyawa yang membantu mempercepat proses pelapukan. Air tanah yang mengandung CO_2 memegang peranan penting didalam proses pelapukan

kimia. Asam-asam humus menyebabkan dekomposisi batuan dan dapat merubah pH larutan. Asam-asam humus ini erat kaitannya dengan vegetasi daerah, dalam hal ini vegetasi akan menyebabkan :

- Penetrasi air dapat lebih dalam dan lebih mudah mengikuti jalur akar pohon-pohon
- Akumulasi air hujan akan lebih banyak
- Humus akan lebih tebal. Keadaan ini merupakan suatu petunjuk, dimana hutannya lebat pada lingkungan yang baik akan terdapat endapan nikel yang lebih tebal dengan kadar yang lebih tinggi. Selain itu, vegetasi dapat berfungsi sebagai penjaga hasil pelapukan terhadap erosi mekanis

d. Struktur. Struktur yang sangat dominan yang terdapat didaerah penelitian yang sangat dominan adalah struktur kekar dibandingkan terhadap struktur patahannya. Seperti diketahui, batuan beku mempunyai porositas dan permeabilitas yang kecil sekali sehingga penetrasi air sangat sulit, maka dengan adanya rekahan-rekahan tersebut akan memudahkan masuknya air dan berarti proses pelapukan akan lebih intensif.

e. Topografi. Keadaan topografi setempat akan sangat mempengaruhi sirkulasi air beserta reagen-reagen lainnya. Untuk daerah yang landai, maka air akan bergerak perlahan-lahan sehingga akan mempunyai kesempatan untuk melakukan penetrasi lebih dalam melalui rekahan atau pori-pori batuan. Akumulasi endapan umumnya terdapat pada daerah-daerah yang landai sampai kemiringan sedang, hal ini menerangkan bahwa ketebalan pelapukan mengikuti bentuk topografi. Pada daerah yang curam secara teoritis, jumlah air yang meluncur lebih banyak daripada air yang meresap hal ini dapat menyebabkan pelapukan menjadi kurang intensif.

f. Waktu. Waktu yang cukup lama akan mengakibatkan pelapukan yang cukup intensif karena akumulasi unsur nikel yang cukup tinggi.

2.4. Kegiatan Penambangan

Sistem penambangan yang diterapkan pada penelitian ini termasuk dalam sistem tambang terbuka *open pit selective mining*. Metode *open Pit* ini digunakan karena cadangan bijih nikel di wilayah IUP PT. Makmur Lestari Primatama terakumulasi dalam satu tempat di kedalaman yang berbeda dan masih ekonomis

untuk dilakukan penambangan dan *selective* artinya memilah material bijih dengan kadar yang dirasa ekonomis diambil sedangkan kadar yang rendah dianggap *overburden*.

Karena kondisi bentuk dan persebaran *ore* nikel tersebar maka penambangan mengikuti arah penyebarannya. Untuk kondisi topografi yang berbukit maka perlu dilakukan pembuatan lereng yang aman. Pada pembuatan lereng, sudut kemiringan yang dibuat sebesar 50-60° dan tinggi maksimal untuk lereng tunggal setinggi 4-5 meter. Setelah itu dilakukan penambangan mengikuti persebaran bijih nikel. Adapun tahapan kegiatan penambangan *open pit selective mine* dilakukan meliputi kegiatan persiapan, pemuatan dan pengangkutan.

Operasi penambangan yang berlangsung dilakukan selama 24 jam sehari (lampiran H) yang terdiri dari 2 shift operasional selama 7 hari dalam seminggu. Kegiatan penambangan diawali dengan pembersihan lahan (*land clearing*) dan tanah penutup (*overburden*) menggunakan alat mekanis setelah itu dilakukan *ore getting* dengan metode *selective*.

2.4.1. Tahap persiapan

Tahap ini merupakan tahap awal sebelum memulainya tahap penambangan, di tahap ini terbagi menjadi dua yaitu pembersihan lahan dan pengupasan tanah penutup.

1. Pembersihan Lahan (*land clearing*)

Tahap *land clearing* ini dilakukan untuk membersihkan lahan atau pembabatan lahan yang akan dilakukan. Diawali dengan membersihkan vegetasi terlebih dahulu yaitu memotong pohon dengan menggunakan gergaji mesin. Setelah itu pohon yang sudah dikumpulkan dipindahkan menggunakan *backhoe* dan *bulldozer*.

2. Pengupasan Tanah Penutup

Pada tahap penupasan tanah penutup dibedakan antara *top soil* dengan tanah dibawahnya (*overburden*). Pengupasan top soil dilakukan dengan mengupas bukit tertinggi terlebih dahulu dengan menggunakan alat mekanis yaitu *bulldozer* dan didorong menuju tempat pengumpulan material, *top soil* yang sudah terkumpul dimuat oleh *backhoe* dan diangkut oleh *dump truck* ke *bank Soil* dan nantinya digunakan kembali pada saat reklamasi.

Untuk lapisan *overburden* dilakukan dengan tahap yang sama dengan pengupasan *top soil* akan tetapi area pembuangannya diarahkan ke area bekas penambangan sebelumnya dan dijaga ketinggian *overburden*nya. Kegiatan pengupasan ini dilakukan secara bertahap menurut kemajuan tambang. Lapisan *top soil* memiliki ketebalan yang beragam 5-20 m.



Gambar 2.6

Kegiatan Pengupasan Tanah Penutup

2.4.2. Penambangan Nikel

Kegiatan penambangan nikel dilakukan secara hati-hati dan selektif menurut persebaran bijih nikel dan kadar yang memenuhi syarat ekonomis, dimana kadar nikel dibawah 1,4 akan dianggap sebagai *waste* dan kadar diatas 1,4 dianggap *ore*. Kegiatan penambangan nikel diantaranya sebagai berikut :

1. Pembongkaran

Pembongkaran material bijih nikel dilakukan menggunakan alat mekanis yaitu *excavator*. Pada pekerjaan pembongkaran bijih nikel dilakukan secara hati-hati dan dilakukan secara selektif, artinya pada pekerjaan pembongkaran ini juga dilakukan pemilahan bijih nikel berdasarkan kadar yang ekonomis. Proses pemilahan ini dilakukan sesuai dengan data eksplorasi yang diinterpretasikan ke dalam peta persebaran kadar bijih nikel, sehingga *grade control* mengetahui letak kadar bijih nikel secara ekonomis untuk ditambang dan disampaikan oleh operator *excavator*, khususnya pada kegiatan pengambilan (*ore getting*) bijih nikel.

2. Pemuatan

Setelah dilakukan pemilahan bijih nikel dilakukan pemuatan bijih nikel oleh

alat mekanis menggunakan *excavator* merk Sany PC 300 dan dimuat kedalam alat angkut (*dump truck*). Pada proses akhir pemuatan alat muat menekan muatan yang dibelakang pada *dump truck* agar tidak terjadi material keluar dari *vessel dump truck*.



Gambar 2.7

Proses Pemuatan Bijih Nikel oleh *Excavator* Sany PC 300

3. Pengangkutan

Material bijih nikel diangkut dengan menggunakan alat angkut *dump truck* merk Hino FM 260 JD dengan kapasitas muatan 23,5 ton. *Dump truck* ini digunakan sesuai dengan kondisi jalan yang ada. Material bijih nikel diangkut ke tempat penyimpanan bijih nikel sementara (*exportable temporary ore*). Setelah dilakukan penyimpanan dan pengecekan kadar bijih nikel di penyimpanan sementara (ETO) dilakukan pengangkutan kembali bijih nikel menuju penyimpanan bijih nikel berikutnya yang disebut *exportable final ore* (EFO) dimana tempat penyimpanan ini berada di dekat Pelabuhan (*jetty*), proses pemindahan bijih nikel ini sering dilakukan proses pencampuran (*blending*) bijih nikel untuk mendapatkan kadar yang diinginkan untuk dijual. Setelah dilakukan penyimpanan bijih nikel di *stockpile* EFO maka bijih nikel dikirim ke tempat pengolahan dengan menggunakan tongkang. Untuk pengangkutan *overburden* digunakan *dump truck* dengan tipe dan merk yang sama. Kemudian pengolahan dilakukan di perusahaan lain yang bekerja sama dengan PT.MLP yaitu PT.Virtue Dragon Nickel.



Gambar 2.8

Tempat Penyimpanan Sementara Bijih Nikel (*Exportable Temporary Ore*)



Gambar 2.9

Tempat Penimbunan *waste*

BAB III

DASAR TEORI

3.1. Faktor yang Mempengaruhi Alat Mekanis

Kondisi lapangan dimana operasi penambangan dilakukan mempengaruhi kemampuan produksi dari alat mekanis. Suatu alat mekanis digunakan sesuai dengan kondisi operasi penambangannya yang dimungkinkan secara tepat digunakan dengan baik. Beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan alat bekerja dengan sebagai berikut :

3.1.1. Sifat Fisik Material

Sifat fisik material ini mempengaruhi kinerja operasi alat-alat mekanis, terutama dalam menentukan jenis alat yang digunakan dan taksiran produksinya. Beberapa sifat fisik yang perlu diperhatikan adalah :

1. Faktor Pengembangan Material

Faktor pengembangan material adalah perubahan berupa penambahan volume material (tanah) yang diganggu dari bentuk aslinya (Tenriajeng, 2003). Nichols (1999) menjelaskan bahwa pengembangan (*swell*) pada tanah atau batuan terjadi karena material tersebut dilakukan penggalian atau diledakkan dari tempat aslinya. Kegiatan itu menghasilkan ruang yang menyebabkan meningkatnya volume dari keadaan asli (*bank*) menjadi material dalam kondisi lepas (*loose*). Faktor pengembangan perlu diketahui karena perhitungan volume material berdasarkan kondisi material sebelum digali, dinyatakan dalam volume insitu.

Rumus untuk menghitung *swell factor* dan % *swell* ada dua, yaitu :

a. Berdasarkan Volume.

$$\text{Swell Factor} = \frac{\text{bank volume}}{\text{loose volume}} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\% \text{ Swell} = \frac{\text{loose volume} - \text{bank volume}}{\text{loose volume}} \dots\dots\dots(3.2)$$

b. Berdasarkan Densitas.

$$\text{Swell Factor} = \frac{\text{loose density}}{\text{bank density}} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\% \text{ Swell} = \frac{\text{bank density} - \text{loose density}}{\text{loose density}} \dots\dots\dots(3.4)$$

2. Faktor Pengisian Mangkuk (*Bucket Fill Factor*)

Faktor pengisian mangkuk ini bisa disebut juga *bucket fill factor*. *Bucket fill factor* adalah perbandingan antara volume material yang dapat ditampung oleh mangkuk terhadap volume mangkuk secara teoritis (Prodjosumarto,1995). Semakin besar faktor pengisian maka semakin besar pula kemampuan nyata dari alat tersebut. Faktor-faktor yang mempengaruhi faktor pengisian mangkuk adalah:

- a. Kandungan air, dimana semakin besar kandungan air maka faktor pengisian semakin kecil, karena terjadi pengurangan volume material.
- b. Fragmentasi material, dimana material dengan ukuran yang bagus (fragmentasi baik) akan memiliki faktor pengisian mangkuk yang tinggi sedangkan material dengan ukuran buruk (fragmentasi besar) akan memiliki faktor pengisian mangkuk yang rendah, sehingga kemampuan produksi dari alat muat akan rendah.
- c. Keterampilan dan kemampuan operator, dimana operator yang berpengalaman dan terampil dapat memperbesar faktor pengisian mangkuk.

Untuk menghitung faktor pengisian digunakan persamaan (Prodjosumarto, 1995) : sebagai berikut :

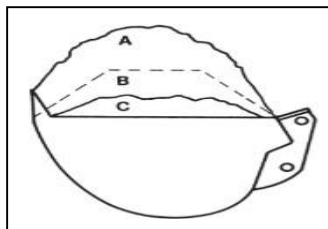
$$\text{BFF} = \frac{V_n}{V_d} \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan :

BFF : *Bucket fill factor*

V_n : Volume nyata alat gali muat, m³

V_d : Volume teoritis alat gali muat berdasarkan spesifikasi, m³



Material	Fill Factor Range (Percent of heaped bucket capacity)
Moist Loam or Sandy Clay	A — 100-110%
Sand and Gravel	B — 95-110%
Hard, Tough Clay	C — 80-90%
Rock — Well Blasted	60-75%
Rock — Poorly Blasted	40-50%

Gambar 3.1

Penentuan *Fill Factor* (Caterpillar 2018)

Dalam menentukan *bucket fill factor* dilapangan bisa juga dilakukan penilaian secara visual yang digambarkan pada gambar 3.1. penentuan *fill factor* ini didasarkan oleh jenis material dan seberapa besar material yang ada di dalam bucket tersebut.

3. Densitas Material

Densitas adalah berat per unit volume dari suatu material. Material mempunyai densitas yang berbeda karena dipengaruhi sifat-sifat fisiknya, antara lain : ukuran partikel, kandungan air, pori-pori dan kondisi fisik lainnya. (Indonesianto, 2015).

$$\rho (\text{Density Suatu Material}) = \frac{\text{berat material}}{\text{volume material}} \quad (\text{ton/m}^3) \dots \dots \dots (3.6)$$

4. Bentuk Material

Bentuk material ini didasarkan pada ukuran butir material yang akan mempengaruhi susunan butir-butir material dalam suatu kesatuan volume atau tempat. Material yang halus dan seragam, kemungkinan besar volumenya akan sama dengan volume ruang yang ditempati karena rongga udara yang di bentuk oleh material halus lebih kecil daripada rongga udara yang di bentuk oleh material yang berbutir kasar. Sedangkan material yang berbutir kasar dan berbongkah, volumenya akan lebih kecil dari nilai volume ruangan yang ditempati. Hal ini disebabkan karena rongga udara yang terbentuk oleh material kasar dan berbongkah akan lebih besar sehingga akan mengurangi volume sebenarnya pada alat.

3.1.2. Analisis Tempat Kerja

Medan kerja sangat berpengaruh, karena apabila medan kerja buruk akan mengakibatkan peralatan mekanis sulit untuk dapat dioperasikan secara maksimal.

1. Kondisi *Front* Kerja

Tempat kerja tidak hanya harus memenuhi syarat bagi pencapaian sasaran produksi tetapi juga harus aman bagi penempatan alat beserta mobilitas pekerja yang berada disekitarnya. Tempat kerja yang luas akan memperkecil waktu edar alat karena ada cukup tempat untuk berbagai kegiatan, seperti keleluasaan tempat untuk berputar, mengambil posisi sebelum melakukan kegiatan sebelum pemuatan maupun untuk tempat penimbunan sehingga kondisi tempat kerja menentukan pola pemuatan yang akan diterapkan.

2. Pola Muat

Cara pemuatan material oleh alat muat ke dalam alat angkut ditentukan oleh kedudukan alat muat terhadap material dan alat angkut, apakah kedudukan alat muat tersebut berada lebih tinggi atau kedudukan kedua-duanya sama tinggi.

a. *Top Loading*

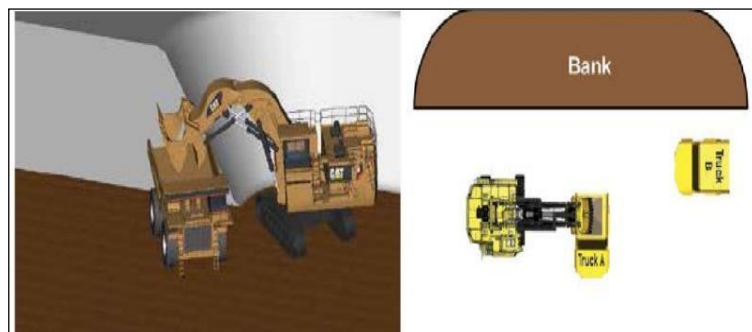
Kedudukan alat muat lebih tinggi dari bak truk (alat muat berada di atas tumpukan material atau berada di atas jenjang) (Gambar 3.2). Cara ini hanya dipakai pada alat muat backhoe. Selain itu operator lebih leluasa untuk melihat bak dan menempatkan material.



Gambar 3.2
Pola Muat *Top Loading* (Catterpillar,2013)

b. *Bottom Loading*

Alat muat melakukan pemuatan dengan menempatkan dirinya di jenjang yang memiliki ketinggian yang sama dengan alat angkut dapat dilihat pada gambar 3.3.

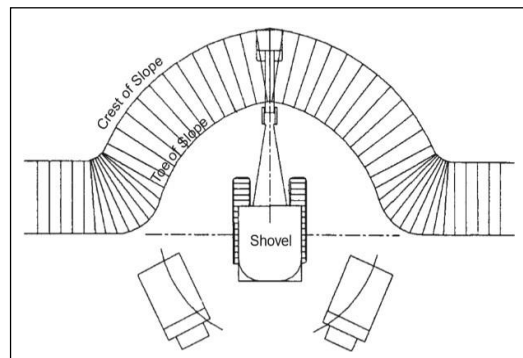


Gambar 3.3
Pola Muat *Bottom Loading* (Catterpillar,2013)

Berdasarkan dari posisi alat muat terhadap *front* penggalian dan posisi alat angkut terhadap alat muat. Berdasar posisi pemuatan ini dapat dibedakan menjadi tiga cara yaitu:

a. *Frontal Cuts*

Alat muat berhadapan dengan muka jenjang atau front penggalian dan mulai menggali ke depan dan samping alat muat. Dalam hal ini digunakan *double spotting* dalam penempatan posisi truk. Alat muat memuat pertama kali pada truk sebelah kanan sampai penuh dan berangkat, setelah itu dilanjutkan pada truk sebelah kiri terlihat pada gambar 3.4.

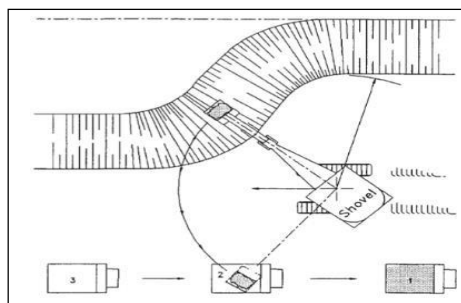


Gambar 3.4

Pola Pemuatan *Frontal Cuts* (Hustrulid,2013)

b. *Parallel Cut With drive-by*

Alat muat bergerak melintang dan sejajar dengan *front* penggalian. Pada metode ini, akses untuk alat angkut harus tersedia dari dua arah (Gambar 3.5). Walaupun sudut putar rata-rata lebih besar daripada frontal cut, truk tidak perlu membelakangi alat muat dan *spotting* lebih mudah.



Gambar 3.5

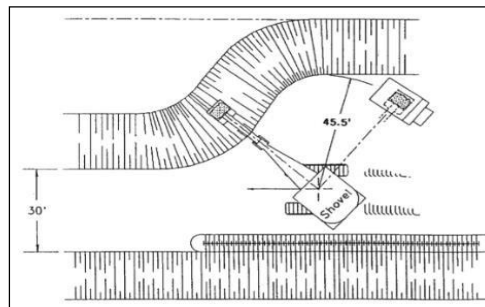
Pola Pemuatan *Paralel Cut With drive-by* (Hustrulid,2013)

c. *Parallel cut with turn and back Parallel cut with turn and back*

terdiri dari dua metode, yaitu:

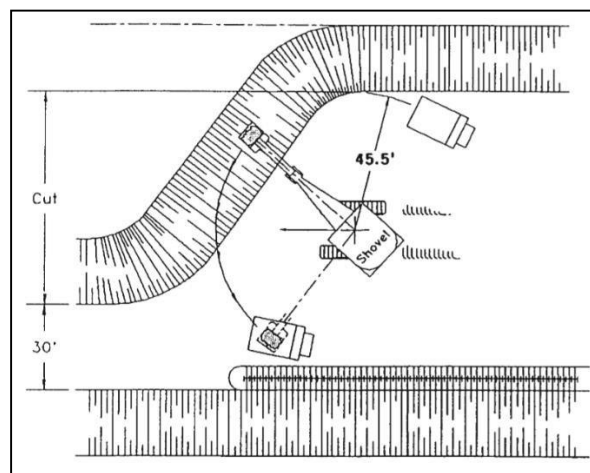
- *Single Spotting / Single Truck Back Up* Pada cara ini truk kedua menunggu selagi alat muat mengisi truk pertama, setelah truk pertama berangkat, truk kedua berputar dan mundur, saat truk kedua diisi, truk ketiga datang dan melakukan manuver, dan seterusnya (Gambar 3.6).

- *Double Spotting / Double Truck Back Up* Pada cara ini truk memutar dan mundur ke salah satu sisi alat muat pada waktu alat muat mengisi truk pertama. Setelah truk pertama berangkat, alat muat mengisi truk kedua. Ketika truk kedua dimuati, truk ketiga datang dan langsung berputar dan mundur ke arah alat muat, begitu pula seterusnya (Gambar 3.7).



Gambar 3.6

Parallel Cut With The Single Spotting of Trucks (Hustrulid,2013)



Gambar 3.7

Parallel Cut With The Double Spotting of Trucks (Hustrulid,2013)

3.1.3. Keadaan Jalan Angkut

Pemilihan alat-alat mekanis untuk transportasi sangat ditentukan oleh jarak yang dilalui. Fungsi jalan adalah untuk menunjang operasi tambang terutama dalam

kegiatan pengangkutan. Untuk itu diperlukan analisis konseptual dalam pembuatan jalan yang baik.

Setelah dilakukan pembuatan konsep dalam mendesain jalan, maka dilakukan perancangan desain geometri jalan secara runtut sesuai dengan kaidah pelaksanaan pertambangan yang baik.

Lebar jalan angkut minimum yang dipakai sebagai jalur ganda atau lebih menurut "AASHTO *Manual Rural High-Way*" pada jalan lurus adalah :

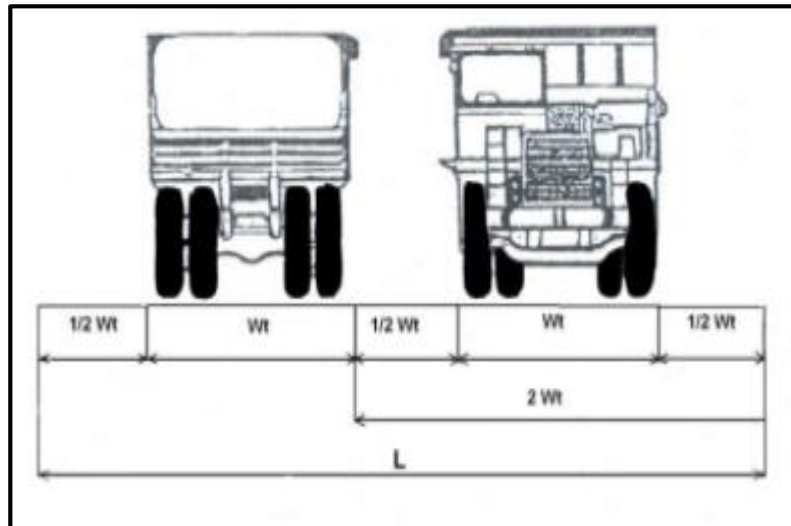
$$L(m) = n \cdot Wt + (n + 1)(1/2 \cdot Wt) \dots \dots \dots (3.7)$$

keterangan :

L(m) = lebar minimum jalan angkut ,m

n = jumlah jalur

W(t) = lebar alat angkut, m



Gambar 3.8

Lebar Jalan Angkut Lurus Dua Jalur (Kaufman, 1979)

- Lebar jalan angkut tikungan

Lebar jalan angkut pada tikungan selalu lebih besar dari pada jalan lurus. Untuk jalur ganda, lebar minimum pada tikungan dihitung berdasarkan :

1. Lebar jejak ban
2. Lebar tonjolan alat angkut bagian depan dan belakang pada saat membelok
3. Jarak antar alat angkut pada saat bersimpangan
4. Jarak alat angkut terhadap tepi jalan

Perhitungan terhadap lebar jalan angkut pada tikungan dapat menggunakan rumus

$$W = n(U+Fa+Fb+Z)+C \dots\dots\dots(3.8)$$

$$W = n(U+Fa+Fb+Z)+Z \dots\dots\dots(3.9)$$

$$C = Z = 0,5 (U+Fa+Fb) \dots\dots\dots (3.10)$$

Keterangan :

W = Lebar jalan angkut pada tikungan (m)

n = Jumlah jalur

U = Jarak jejak roda kendaraan, (m)

Fa = Lebar jantai depan, (m)

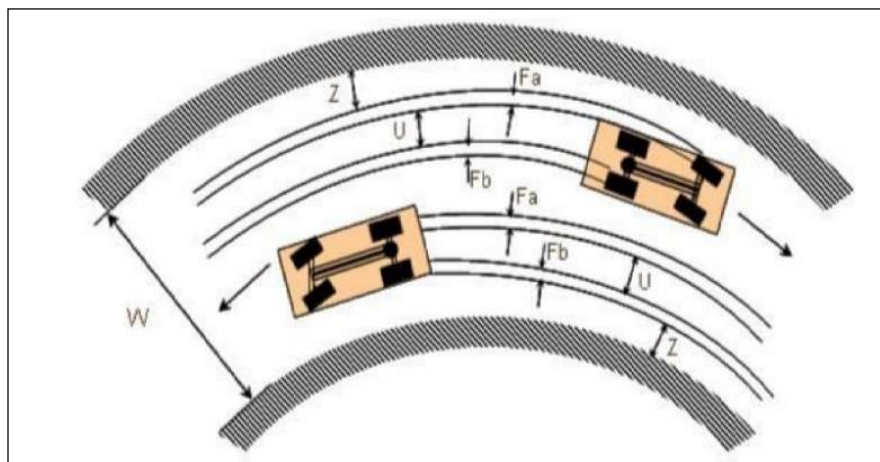
U = Jarak as roda depan dengan bagian depan truk x sin α (m)

Fb = Lebar jantai belakang, (m)

α = Sudut penyimpangan roda depan

C = Jarak antara dua truk yang akan bersimpangan, (m)

Z = Jarak sisi luar truk ke tepi jalan, (m)



Gambar 3.9

Lebar Jalan Angkut Tikungan Dua Jalur (Kaufman, 1977)

- Kemiringan jalan angkut (*grade*)

Kemiringan jalan angkut (*grade*) merupakan suatu faktor penting yang harus diamati secara detail dalam kegiatan kajian terhadap kondisi jalan tambang. Hal ini dikarenakan kemiringan jalan angkut berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut, baik dalam pengereman maupun dalam mengatasi tanjakan. Kemiringan jalan angkut biasanya dinyatakan dalam persen (%) yang dapat dihitung dengan mempergunakan rumus sebagai berikut:

$$Grade (\alpha) \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots(3.11)$$

keterangan :

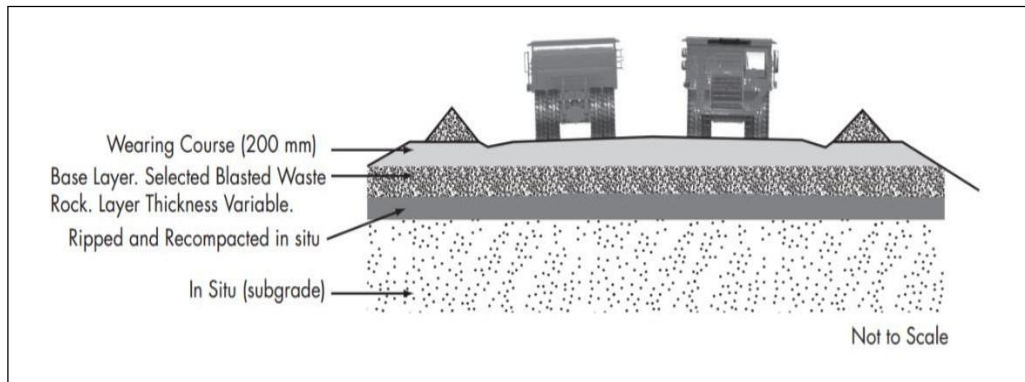
Δh = Beda tinggi antara dua titik yang diukur

Δx = Jarak antara dua titik yang diukur

Secara umum kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut besarnya berkisar antar 10% - 18%. Akan tetapi untuk jalan naik maupun turun pada bukit, lebih aman kemiringan jalan maksimum sebesar 12%.

- Daya Dukung Material

Daya dukung material adalah kemampuan material untuk mendukung alat yang berada di atasnya. Suatu alat yang ditempatkan di atas material akan memberikan *ground pressure*. Perlawanan yang diberikan material itulah yang disebut daya dukung material. Untuk mengetahui kemampuan dan kekuatan jalan angkut terhadap beban kendaraan dan muatan yang melaluinya perlu diketahui daya dukung material dan beban kendaraan. Material yang digunakan untuk landasan/pijakan pada jalan angkut harus memiliki daya dukung yang lebih dibanding dengan beban yang diberikan oleh alat angkut yang digunakan. Material yang digunakan untuk jalan angkut yang baik dapat dilihat pada gambar 3.10.



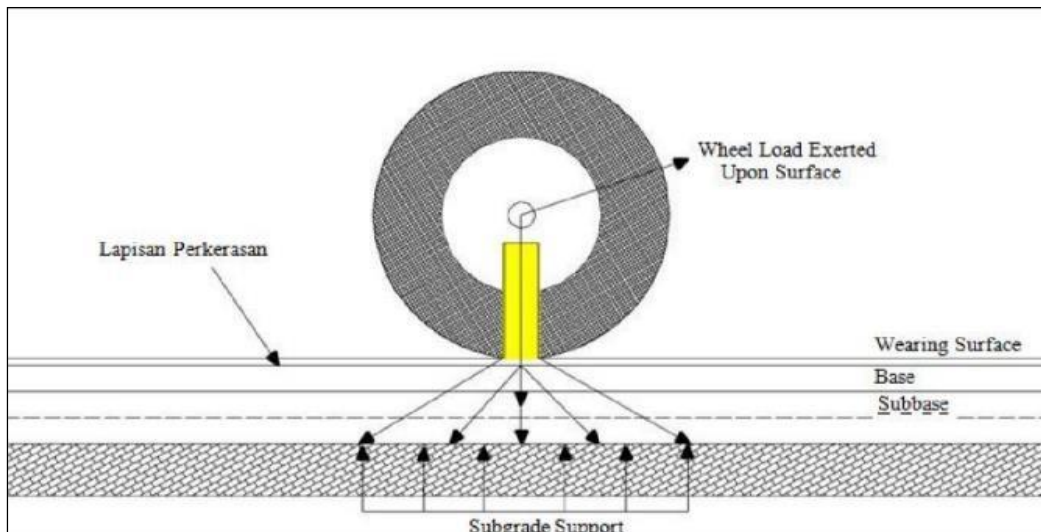
Gambar 3.10

Komposisi Material Jalan Angkut (Roger ,2011)

Untuk menghitung luas bidang kontak (*contact area*) dan besarnya beban kendaraan yang diterima oleh permukaan jalan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Contact\ area\ (in^2) = \frac{0,9 \times \text{berat pembebanan pada roda (lb)}}{\text{tekanan dalam ton (psi)}} \dots\dots\dots(3.12)$$

$$\text{Beban yang diterima jalan (lb/ft}^2) = \frac{\text{beban tiap roda (lb)}}{\text{contact area (ft}^2)} \dots\dots\dots(3.13)$$



Gambar 3.11

Daya Dukung Material (Kaufman, 1977)

Untuk memudahkan dalam mengetahui nilai daya dukung pada material jalan angkut yang digunakan, Nichols, 1962 telah mengemukakan jenis material batuan terhadap nilai daya dukung sebagai berikut :

Tabel 3.1
Daya Dukung Material (Nichols, 1962)

Daya Dukung Material	
Jenis Material	Daya Dukung (lb/ft ²)
<i>Hard Sound Rock</i>	120,000
<i>Medium Hard Rock</i>	80,000
<i>Hard pan overlying rock</i>	24,000
<i>Compact gravel and boulder gravel formations, Very compact sand gravel</i>	20,000
<i>Soft rock</i>	16,000
<i>Loose gravel and sand gravel; compact sand and gravelly sand; very compact sand-inorganic slit soil</i>	12,000
<i>Hard dry consolidated clay</i>	10,000
<i>Loose coarse to medium sand; medium compact fine sand</i>	8,000
<i>Compact sand-clay soils</i>	6,000
<i>Loose fine sand; medium compact sand-inorganic silt soils</i>	4,000
<i>Firm stiff clay</i>	3,000
<i>Loose saturated sand clay soils, medium soft clay</i>	2,000

3.2. Perhitungan Statistika Sampel di Lapangan

Dari data sampel pengamatan dilapangan kemudian akan diolah menggunakan menggunakan metode statistik.

3.2.1. Rata-rata Hitung (*Mean*)

Rata-rata atau mean atau average adalah nilai yang mewakili sehimpunan atau sekelompok data (*a set of data*). Nilai rata-rata pada umumnya mempunyai kecenderungan terletak di tengah-tengah dalam suatu kelompok data yang disusun menurut besar kecilnya nilai. Dengan perkataan lain bahwa ia mempunyai kecenderungan memusat. Oleh karena itu nilai rata-rata sering disebut ukuran kecenderungan memusat. (Supranto, 1977).

Mean memiliki kecenderungan untuk berada diposisi tengah atau sentral dari suatu kumpulan data yang disusun berdasarkan besarnya maka rata-rata sering pula disebut ukuran tendensi sentral atau ukuran pemusatan.

Mean aritmetik atau singkatannya *mean*, dari suatu himpunan N bilangan $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ dapat dinyatakan dengan \bar{x} . Serta didefinisikan sebagai (Supranto, 1977).

$$\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \dots \dots \dots (3.14)$$

3.2.1. *Modus*

a. *Modus* data tunggal

Modus dari suatu himpunan bilangan merupakan nilai yang muncul dengan frekuensi terbanyak. Suatu himpunan bilangan tidak selalu memiliki *modus*, dengan kata lain *modus* dari suatu himpunan bilangan, *modus* ini selalu bersifat unik. Untuk mencari nilai *modus* pada data tunggal, cukup dicari nilai yang memiliki frekuensi terbanyak, atau nilai yang paling sering muncul.

b. *Modus* data berkelompok

Modus ialah nilai data yang paling sering muncul atau data yang memiliki nilai frekuensi paling tinggi. Untuk mencari nilai *modus* pada data kelompok tidak lah semudah kita mencari nilai *modus* pada data tunggal. Hal ini dikarenakan bentuk penyajian data kelompok yang disajikan dalam sebuah rentang kelas. Sehingga, nilai *modus* data kelompok tidak mudah untuk langsung didapatkan dan

untuk menemukan nilai *modus* dari data kelompok maka kita perlu menggunakan sebuah rumus. Rumus *modus* data kelompok dapat dilihat seperti persamaan di bawah ini.

$$b1 = f_m - f_{m-1} \dots\dots\dots(3.15)$$

$$b2 = f_m - f_{m+1} \dots\dots\dots(3.16)$$

Keterangan :

f_m = data yang paling banyak

f_{m-1} = frekuensi kelas sebelumnya f_{m+1} = frekuensi kelas setelahnya

$$M_o = b + \frac{b1}{b1+b2} p \dots\dots\dots(3.17)$$

Keterangan :

M_o = *modus* data kelompok

b = tepi bawah kelas *modus*

$b1$ = selisih frekuensi kelas *modus* dengan kelas sebelumnya

$b2$ = selisih frekuensi kelas *modus* dengan kelas sesudahnya nilai $b1$ dan $b2 \rightarrow$ mutlak (selalu positif)

p = panjang kelas

3.2.3. Median

Median adalah nilai pengamatan yang terletak di tengah-tengah data yang kita punyai dan telah diurutkan dari kecil ke besar atau sebaliknya. *Median* merupakan skor yang membagi dua distribusi data tepat sama, yaitu setengahnya adalah skor yang kurang sama dengan *median* dan setengah yang lain adalah nilai yang lebih besar dari *median*. Secara matematis median dilambangkan dengan M_e yang dapat dicari dengan cara sebagai berikut :

a. *Median* untuk jumlah data (n) ganjil

$$M_e = X_{1/2(n+1)} \dots\dots\dots(3.18)$$

b. *Median* untuk jumlah data (n) genap

$$M_e = \frac{1}{2} (x_{(\frac{n}{2})} + x_{(\frac{n}{2} + 1)}) \dots\dots\dots(3.19)$$

Keterangan :

$Me = Median$

$n = \text{jumlah data}$

$x = \text{nilai data}$

3.3. Waktu Edar

Setiap alat berat yang bekerja akan mempunyai kemampuan memindah material tiap siklus. Siklus kerja adalah proses gerakan suatu alat dari gerakan mulanya sampai kembali lagi pada gerakan mula tersebut

1. Waktu Edar Alat Muat

Merupakan total waktu pada alat muat, yang dimulai dari pengisian bucket sampai menumpahkan muatan ke dalam alat angkut dan kembali kosong. Rumusan untuk menghitung waktu edar: (Hustrulid dan Kuchta, 2013)

$$CT_m = T_{m1} + T_{m2} + T_{m3} + T_{m4} \dots \dots \dots (3.11)$$

Keterangan :

C_{tm} : Total waktu edar alat muat, detik

T_{m1} : Waktu untuk menggali muatan, detik

T_{m2} : Waktu *swing* bermuatan, detik

T_{m3} : Waktu untuk menumpahkan muatan, detik

T_{m4} : Waktu *swing* tidak bermuatan, detik

2. Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut pada umumnya terdiri dari waktu mengatur posisi untuk dimuati, waktu diisi muatan, waktu mengangkat muatan, waktu dumping dan waktu kembali kosong. rumusan untuk menghitung waktu edar alat angkut sbb: (Hustrulid dan Kuchta, 2013)

$$C_{ta} = T_{a1} + T_{a2} + T_{a3} + T_{a4} + T_{a5} + T_{a6} \dots \dots \dots (3.12)$$

Keterangan :

C_{ta} : Waktu edar alat angkut, menit

Ta1 : Waktu mengambil posisi siap dimuati, menit

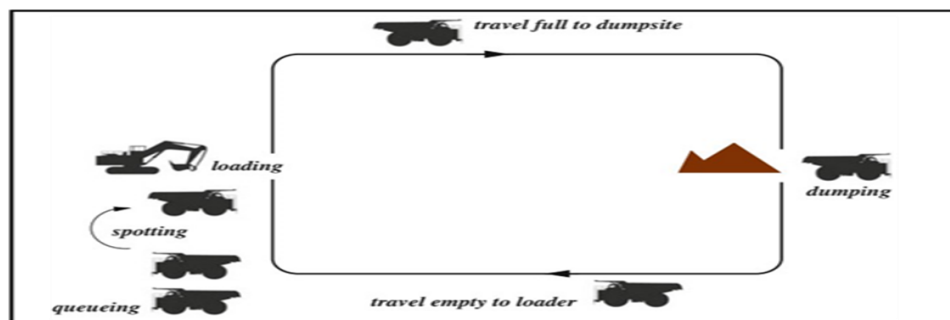
Ta2 : Waktu diisi muatan, menit

Ta3 : Waktu mengangkut muatan, menit

Ta4 : Waktu mengambil posisi untuk penumpahan, menit

Ta5 : Waktu muatan penumpahan, menit

Ta6 : Waktu kembali kosong, menit



Gambar3.12

Waktu Edar *Dump Truck*

(Burt dan Caccetta, 2018)

3.4. Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu kerja produktif dengan waktu kerja yang tersedia, dinyatakan dalam persen (%). Efisiensi kerja ini akan mempengaruhi kemampuan produksi dari suatu alat. Persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung efisiensi kerja adalah sebagai berikut :

$$We = Wt - (Wtd + Whd) \dots \dots \dots (3.13)$$

$$Ek = (We/Wt) \times 100\% \dots \dots \dots (3.14)$$

Keterangan :

We = Waktu kerja efektif (menit)

Wt = Waktu kerja tersedia (menit)

Whd = Waktu hambatan dapat dihindari (menit)

Wtd = Waktu hambatan tidak dapat dihindari (menit)

Ek = Efisiensi kerja (%)

3.5. Produksi Alat Muat dan Alat Angkut

Produktivitas adalah ukuran efektivitas dalam produksi barang. Rumus produksi biasanya diukur dengan menggunakan satuan waktu. Persamaan diterapkan untuk memperkirakan produksi setiap jam dari *excavator* maupun alat angkut (Fuentes,1999).

Produksi alat dapat dilihat dari kemampuan alat tersebut dalam penggunaannya sehingga waktu edar alat muat dan alat angkut, ukuran *bucket* alat muat dan bak alat angkut, *fill factor*, efisiensi kerja dan *swell factor*.

1. Produksi Alat Muat

Rumus untuk menghitung produksi alat muat adalah :

$$PM = \frac{3600}{C_{tm}} \times K_b \times B_{ff} \times Eff \times Sf \dots \dots \dots (3.15)$$

Keterangan :

Pm = Produksi alat muat, BCM/Jam

Nm = Jumlah alat muat

CTm = *Cycle time* alat muat ,detik

Kb = Kapasitas *bucket*, m³

BFF = Faktor pengisian *bucket* (%)

Wh = Waktu kerja dalam sebulan

EFF = Efisiensi kerja

SF = *Swell Factor*

2. Produksi Alat Angkut

Rumus untuk menghitung produksi alat angkut adalah :

$$Pa = \frac{60}{C_{ta}} \times K_t \times Eff \times Na \times SF \dots \dots \dots (3.16)$$

Keterangan :

Pa = Produksi alat angkut, BCM/Jam

CTa = *Cycle time* alat angkut ,menit

Na = Jumlah alat angkut (unit)

$K_t = \text{Kapasitas bak alat angkut (m}^3) = n \times K_b \times \text{BFF}$

$n = \text{Jumlah curah alat gali-muat untuk penuh bak alat angkut}$

$K_b = \text{Kapasitas bucket, m}^3$

$\text{BFF} = \text{Faktor pengisian bucket (\%)}$

$\text{EFF} = \text{Efisiensi kerja}$

$\text{SF} = \text{Swell Factor}$

3.6. Keserasian Kerja Alat Muat dan Alat Angkut (*Match Factor*)

Untuk menilai keserasian kerja alat muat dan alat angkut digunakan menggunakan *Match Factor* (Peterson, 1968). yang dirumuskan :

$$\text{MF} = \frac{n_H \times L_t}{n_L \times c_H} \dots\dots\dots(3.17)$$

Keterangan :

$n_H = \text{Jumlah alat angkut (unit)}$

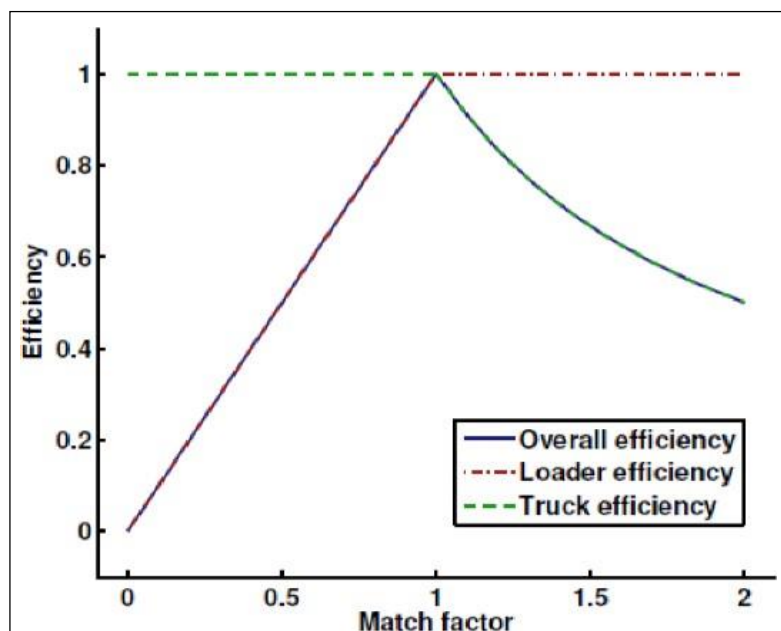
$L_t = \text{Waktu yang diperlukan alat muat untuk mengisi alat angkut sampai penuh}$

$n_L = \text{Jumlah alat muat (unit)}$

$c_H = \text{Waktu edar alat angkut diluar waktu tunggu (menit)}$

Adapun cara menilainya adalah :

- $\text{MF} < 1$, artinya alat muat bekerja kurang dari 100%, sedang alat angkut bekerja 100% sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat muat karena menunggu alat angkut yang belum datang.
- $\text{MF} = 1$, artinya alat muat dan angkut bekerja 100%, sehigga tidak terjadi waktu tunggu dari kedua jenis alat tersebut.
- $\text{MF} > 1$, artinya alat muat bekerja 100%, sedangkan alat angkut bekerja kurang dari 100%, sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat angkut.



Gambar 3.13

Grafik Keserasian Alat Gali-Muat dengan Alat Angkut (Caccetta, 2014)

3.7. Jumlah Alat Angkut yang dibutuhkan

Kebutuhan jumlah alat angkut yang digunakan perlu diperhitungkan mengingat setiap perusahaan pertambangan memiliki target produksi yang berbeda dan juga memiliki berbagai macam kendala teknis dilakukan. Perumusan jumlah alat ini dikemukakan oleh Komatsu:2009 sebagai berikut :

$$M = \frac{\text{cycletime of dumptruck}}{\text{loading time}} \frac{\text{Cmt}}{n \times \text{Cms}} \dots\dots\dots(3.18)$$

Keterangan :

n = Jumlah curah alat gali-muat untuk penuh bak alat angkut

Cmt = waktu edar alat angkut (menit)

Cms = waktu edar alat gali-muat (menit)

3.8. Dead load dari alat angkut

Dead load dapat mempengaruhi dari total produksi alat angkut, *dead load* merupakan beban mati dari alat angkut yang tertinggal di bak yang dikarenakan material *ore* yang bersifat lengket. Besaran *dead load* didapatkan dari hasil uji petik

yang dilakukan oleh perusahaan.yaitu sebesar 0,2 ton per trip. Hal ini yang dapat mempengaruhi pengurangan dari total produksi alat angkut,

3.8. Penelitian Sejenis

Penelitian ini bermaksud untuk menjabarkan tentang penelitian kajian teknis alat muat dan alat angkut yang sudah terlebih dulu dilakukan oleh berbagai macam personal maupun berkelompok baik secara nasional maupun internasional. Penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti ini memiliki karakteristik yang berbeda di setiap tempatnya. Pada penelitian sejenis yang dikumpulkan untuk mengetahui penelitian-penelitian yang dilakukan sesuai dengan tema yang diambil oleh penelitian saat ini. Penelitian sejenis ini berfungsi mengetahui komponen apa saja yang harus dilakukan, metode yang digunakan, dan beberapa hasil atau rekomendasi yang dilakukan. penelitian ini kemudian dapat memiliki gambaran tentang penelitian yang akan dilakukan dan menghasilkan rekomendasi atau perbaikan yang dapat dilakukan pada permasalahan yang ada di dalam penelitian.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Tinjauan Lokasi Penambangan

Penelitian dilakukan di Pit Denver Timur. Pengambilan data yang dilakukan berupa observasi lapangan. Setelah didapatkan hasil perhitungan dari data aktual, maka dikaji dan dibandingkan dengan data perhitungan yang direncanakan. Data yang diperoleh dari lokasi penelitian meliputi:

- a. Data sekunder : Peta kesampaian daerah, peta topografi, peta *layout* jalan tambang, data curah hujan, densitas bijih nikel. spesifikasi alat muat dan alat angkut, data produksi bulan April.
- b. Data Primer : Waktu edar alat muat dan alat angkut dan data hambatan kerja di lapangan.

4.1.1 *Front* Penambangan

Dari hasil pengamatan diketahui jumlah alat yang digunakan saat ini untuk alat gali-muat *excavator* Sany PC 300 (Lampiran B). Untuk alat angkut digunakan *dumpruck* Hino FM 260 JD (Lampiran C). untuk jumlah alat gali-muat *excavator* Sany PC 300 sebanyak 1 untuk satu *front* kerja, dan alat angkut digunakan mengangkut material bijih nikel dari pit menuju *stockpile* ETO Hawaii setiap hari yang digunakan bervariasi disesuaikan dengan target produksi yang ingin dicapai oleh perusahaan. Penggunaan rata-rata alat angkut yang digunakan 6 alat angkut pada bulan April untuk satu *front* kerja. Saat ini target produksi yang harus dicapai oleh perusahaan sebesar 224.000 ton bijih nikel untuk bulan April.

Kendala pada lokasi pemuatan adalah kondisi lantai *front loading* yang bergelombang akibat dari rendahnya daya dukung tanah sehingga beberapa alat angkut sulit dalam bermanuver dan sering terjadi selip pada ban belakang dan juga lebar dari lokasi pemuatan sangat kurang dari kondisi ideal sesuai dari

perhitungan teoritis. Dari pengukuran lebar *front loading* didapat lebar *front loading* adalah sebesar 4,5 m.



Gambar 4.1.

Kondisi Area *Front Loading* Bijih Nikel

4.1.2 Jalan Angkut

Keadaan jalan yang digunakan dalam pengangkutan material bijih menuju Stockpile ETO Hawaii bervariasi. Bervariasi disini yaitu terdapat kondisi jalan yang baik dan kurang baik. Kurang baik biasanya masih berada disekitar Pit A dan untuk kondisi jalan setelahnya cukup baik. Pada saat kondisi setelah hujan jalan menjadi *slippery* dan dilakukan perawatan jalan menggunakan *dozer* atau *motor grader* untuk pembersihan lumpur. Gambar 4.2. memperlihatkan persimpangan di jalan angkut yang kurang baik dan gambar 4.3. memperlihatkan jalan angkut dengan *grade* jalan yang tidak baik dan berdebu.



Gambar 4.2.

Kondisi Jalan di Sekitar Pit Denver



Gambar 4.3.

Kondisi Jalan Angkut Menuju *Stockpile*

4.1.3 Pola Pemuatan

Pola pemuatan yang digunakan di lapangan berdasarkan level penggalian antara alat muat dan alat angkut menggunakan pola top loading yaitu *excavator* melakukan pemuatan dengan menempatkan dirinya di atas jenjang atau truk berada di bawah alat muat (Gambar 4.4). Pola pemuatan berdasarkan jumlah penempatan truk adalah *single back up*, yaitu truk memposisikan diri untuk dimuati pada satu tempat, sedangkan truk berikutnya menunggu truk pertama dimuati sampai penuh, setelah truk pertama berangkat truk kedua memposisikan diri untuk dimuati dan begitu seterusnya.



Gambar 4.4.

Pola Pemuatan *Top Loading*

4.1.4. Geometri Jalan Angkut

Jarak jalan angkut yang dalam pengangkutan material ore antara pit A menuju *stockpile* ETO (*exportable temporary ore*) Hawaii adalah sejauh 744 m. Maka dari itu dilakukan pembagian *section* jalan dari pit Denver menuju ETO Hawaii bisa dilihat pada peta *layout* jalan pada lampiran S.

Tabel 4.1.
Panjang Jalan Setiap *Section* (m) (Lampiran F)

A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	D-I	C-J
77,32	96,93	142,22	65,89	132,36	97,63	99,23	170,70	69,71

a. Kemiringan Jalan Angkut

Kemiringan jalan angkut merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan kerja alat angkut dalam kegiatan penambangan material bijih nikel sampai ke *stockpile* ETO Hawaii dalam mengatasi tanjakan. Jalan angkut antara pit menuju ETO Hawaii terdapat beberapa tanjakan dengan kemiringan beragam. Jika A – B adalah jarak horizontal, maka jarak sebenarnya yaitu A – B' dapat dihitung. Dengan cara perhitungan, maka jarak dan kemiringan jalan dari *front* penambangan ke *stockpile* untuk segmen dapat diketahui (Tabel 4.2)

Tabel 4.2.
Kemiringan (*Grade*) Jalan Tiap *Section* (Lampiran F)

A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	D-I	C-J
6,8%	8,3%	5,3%	11,5%	1,7%	5,4%	3,5%	3,3%	13,4%

b. Lebar Jalan Angkut

Jalan angkut antar pit menuju *stockpile* ETO Hawaii terdiri dari 2 jalur dan 1 jalur. Sesuai dengan pengamatan di lapangan lebar jalan angkut bervariasi lebarnya. Data lebar jalan yang diambil merupakan lebar rata-rata tiap *section* jalan (Lampiran F).

Tabel 4.3.
Lebar Jalan Angkut (Lampiran F)

section	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	D-I	C-J
lebar actual	7,97	6,91	12,03	7,88	8,674	9,78	10,7	7,134	11,49

4.2. Waktu Edar (*Cycle Time*)

Pengamatan waktu edar alat gali-muat dilakukan pada saat alat muat berproduksi melayani alat angkut pada *front* penambangan, waktu yang diperoleh merupakan waktu edar rata-rata alat dalam melakukan kerja. Waktu edar alat muat adalah waktu edar rata-rata yang ditempuh oleh alat muat mulai dari waktu untuk menggali (*digging time*), waktu berputar dengan muatan (*swing load*), waktu menumpahkan muatan ke vessel truck (*dumping time*), dan waktu berputar tanpa muatan (*swing empty*). Waktu edar alat muat untuk *Ore* dengan jenis alat *excavator* Sany PC-300 adalah 16 detik (Lampiran G).

Sedangkan pengamatan waktu edar (*cycle time*) alat angkut meliputi waktu mengatur posisi untuk diisi, waktu diisi muatan, waktu travel isi, waktu tunggu dumping, waktu dumping material, dan waktu kembali travel kosong. Waktu edar dari alat angkut dengan jenis alat Hino 500 FM 260 JD adalah 36 menit dan jarak angkutnya adalah ± 745 meter (Lampiran H).

Tabel 4.4.

Waktu edar alat gali muat dan alat angkut (Lampiran G dan H)

Alat	Waktu edar (menit)
Sany PC-300	0,27
Hino FM 260 JD	36

4.3 Efisiensi Kerja

Waktu kerja tersedia adalah waktu keseluruhan yang disediakan perusahaan dalam melakukan kegiatan penambangan. Pada bulan April 2021, PT MLP memiliki waktu kerja sebesar 30 hari kerja. Namun pada kenyataannya di lapangan waktu kerja yang tersedia tidak dapat digunakan sepenuhnya karena adanya hambatan-hambatan yang mengurangi waktu kerja yang tersedia.

Waktu kerja efektif adalah waktu yang benar-benar digunakan oleh operator bersama alat yang digunakan untuk operasi produksi. Waktu kerja efektif berpengaruh terhadap efisiensi kerja. Waktu kerja yang tersedia ditetapkan 24 jam atau 1440 menit waktu kerja efektif per hari dalam satu *shift*. Sehingga dalam satu *shift* waktu kerja adalah 12 Jam (Sudah termasuk jam istirahat). Pada

kenyataannya di lapangan waktu kerja yang tersedia tidak dapat digunakan sepenuhnya karena adanya hambatan-hambatan yang dapat mengurangi waktu kerja efektif yang tersedia. Hambatan waktu kerja alat yang terjadi dapat dibedakan menjadi hambatan yang dapat dihindari dan hambatan yang tidak dapat dihindari.

1. Efisiensi Kerja dan Total Hours Alat Muat

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap waktu kerja alat-alat mekanis, didapat adanya hambatan-hambatan pada jadwal dan waktu yang tersedia, hambatan hambatan tersebut terdiri dari hambatan yang dapat dihindari dan hambatan yang tidak dapat dihindari.

Tabel 4.5.

Hambatan *Excavator* Sany PC-300

jenis hambatan	waktu (menit/hari)
hambatan yang tidak dapat dihindari	
kerusakan dan perbaikan alat	96
standby alat	48
Raind and slipperry	23.17
istirahat	268.8
jumlah	435.97
hambatan yang dapat dihindari	
terlambat kerja pada awal shift	8.5
berhenti sebelum waktu istirahat	13.4
terlambat kerja setelah istirahat	9.5
berhenti sebelum akhir shift	16.8
pengisian bahan bakar	12.5
pemeriksaan dan pemanasan alat	9.93
pemindahan posisi alat dan perbaikan front	21.17
stock ore	22.2

Lanjutan Tabel 4.5.

jumlah	113.9
Total Hambatan Kerja	549.9

Tabel 4.6.

Efisiensi Kerja *Excavator Sany PC-300*

Waktu tersedia (wt)	Jumlah	Satuan
24 jam/ hari x 60 menit	1440	menit/hari
Total waktu hambatan yang tidak dapat dihindari (wtd)	435,97	menit/hari
Total waktu hambatan yang dapat dihindari (whd)	113,9	menit/hari
Total waktu hambatan	549,9	menit/hari
Waktu kerja efektif		
$w_e = w_t - (w_{td} + w_{hd})$	890,1	menit/hari
Efisiensi kerja		
Waktu kerja efektif / waktu tersedia	62%	

2. Efisiensi Kerja dan Total Hours Alat Angkut

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap waktu kerja alat-alat mekanis, didapat adanya hambatan-hambatan pada jadwal dan waktu yang tersedia, hambatan-hambatan tersebut terdiri dari hambatan yang dapat ditekan dan hambatan yang tidak dapat ditekan. Dan berikut adalah skema dari Total Hours.

Tabel 4.7.

Hambatan *Dumptruck Hino FM 260 JD*

jenis hambatan	waktu (menit/hari)
hambatan yang tidak dapat dihindari	
kerusakan dan perbaikan alat	73.30
stand-by hours	67.89
rain and slippery	23.17

Lanjutan Tabel 4.7.

istirahat	268.8
jumlah	433.16
hambatan yang dapat dihindari	
terlambat kerja pada awal shift	8.03
berhenti sebelum waktu istirahat	15.23
terlambat kerja setelah istirahat	9.53
pengisian bahan bakar	12.5
pemeriksaan dan pemanasan alat	9.6
berhenti sebelum akhir shift	18.3
jumlah	73.2
Total Hambatan Kerja	506.36

Tabel 4.8.

Efisiensi Kerja *Dumptruck* Hino FM 260 JD

Waktu tersedia (wt)		
24 jam/ hari x 60 menit	1440	menit/hari
Total waktu hambatan yang tidak dapat dihindari (wtd)	433,16	menit/hari
Total waktu hambatan yang dapat dihindari (whd)	73,3	menit/hari
Total waktu hambatan	506,36	menit/hari
Waktu kerja efektif		
$w_e = w_t - (w_{td} + w_{hd})$	933,64	menit/hari
Efisiensi kerja		
Waktu kerja efektif / waktu tersedia	65%	

4.4 Pengaruh *dead load* dalam perhitungan total produksi

Dead load sangat mempengaruhi dalam produksi dari alat angkut yang mana berat dari *dead load* dapat mengurangi produksi alat angkut tiap *trip*nya.

Dapat dilihat dari tabel 4.9. besaran *dead load* yang mempengaruhi produksi :

Tabel 4.9
Besaran *dead load*

Keterangan	Jumlah trip	<i>Dead load</i> (ton)
Trip per jam	1,68	0,34
Trip per jam (6 alat)	10,02	2,00
Trip per bulan	7214,4	1442,88

4.5 Produksi Alat Muat dan Alat Angkut

Kemampuan produksi alat muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan dapat dilihat pada Tabel 4.10 yang mana untuk alat angkut sendiri sudah dikurangi dengan adanya *dead load*. Rincian Perhitungan produksi alat muat excavator dan alat angkut dump truck dapat dilihat pada Lampiran I dan Lampiran J.

Tabel 4.10.
Produksi alat muat dan alat angkut

Jenis alat	Jumlah unit	Produksi (ton/bulan)
<i>Excavator</i> Sany PC-300	1	361.404,2
<i>Dumptruck</i> Hino FM 260 JD	6	65.222,04

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Kemampuan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut

Kegiatan Produksi untuk material bijih nikel pada site Molore oleh PT. Makmur Lestari Primatam mempunyai target produksi sebesar 224.000 ton/bulan dan 72.000 Ton/bulan untuk satu *front* kerja. Kemampuan produksi alat untuk saat ini dengan 1 unit alat muat *excavator* Sany PC-300 sebesar 501,95 ton/jam atau 361.404 ton/bulan dan 6 unit alat angkut *dump truck* Hino FM260JD sebesar 90,59 ton/jam atau 65.222,04 ton/bulan. Ketidakmampuan alat bekerja optimal ini perlu untuk diketahui penyebabnya agar dapat diberikan upaya dan solusi agar produksi alat tersebut dapat semakin meningkat.

Berdasarkan pengamatan data didapatkan faktor yang mempengaruhi tidak tercapainya target produksi yaitu belum optimalnya waktu kerja sehingga berdampak pada efisiensi kerja yang rendah. karena itu upaya yang dilakukan difokuskan pada peningkatan waktu kerja dan perbaikan pada *dumping area*.

5.2 Faktor yang Mempengaruhi Produksi Alat Mekanis

Kondisi lapangan dapat mempengaruhi kinerja alat muat dan alat angkut. Dalam kondisi lapangan yang ideal, seperti : kondisi jalan angkut yang tidak berdebu pada musim kemarau ataupun kondisi jalan yang tidak licin pada saat musim hujan, maka alat mekanis dapat bekerja secara optimal sehingga akan meningkatkan produktifitas. Sebaliknya dalam kondisi lapangan yang buruk alat mekanis tidak bekerja secara optimal sehingga produksi sulit untuk ditingkatkan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi produktifitas bijih nikel, yaitu:

5.2.1 Pola Pemuatan

Pola pemuatan berdasarkan posisi pemuatannya yang diterapkan oleh PT. Makmur Lestari Primatam adalah *top and bottom loading*. Berdasarkan cara

pemuatan yang diterapkan adalah *single back up*. Metode ini dapat membantu *cycle time* alat gali muat lebih cepat dibandingkan menggunakan metode *double back up*. Cara pemuatan *single back up* digunakan karena kondisi *front* yang sempit sehingga tidak dapat menggunakan pola *double back up*.

Berdasarkan Kedudukan Alat Muat Terhadap Material dan Alat Angkut. Pola pemuatan yang digunakan berdasarkan kedudukan alat muat terhadap material dan *dump truck* adalah *top and bottom loading*. Pola pemuatan disesuaikan dengan kondisi *front loading* pada saat itu.

5.2.2 Faktor Pengisian Mangkuk (*Bucket Fill Factor*)

Jumlah pengisian 4 kali curah bucket seberat 14,5 ton dinilai masih kurang maksimal karena belum memenuhi kapasitas bak alat angkut yang dapat menampung sebesar 23,8 ton. Penambahan jumlah curah bucket dapat dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan produktifitas dari alat mekanis.

5.2.3. Geometri Jalan Angkut.

Jalan angkut dengan jarak 734 meter dari loading point ke dumping point. Jari – jari tikungan minimal yang mampu dilalui oleh truck adalah sebesar 14 m. Dari hasil pengamatan dilapangan, jari-jari tikungan jalan angkut sebesar 20 m sehingga sudah memenuhi syarat.

Pada pengamatan kemiringan jalan angkut di Site everest mempunyai tanjakan terbesar yaitu pada segmen D -E dengan grade 11,5 %. Dan segmen C – J dengan *grade* 13,4 %. (Lampiran E). Sehingga dapat dilakukan perbaikan pada segmen jalan tersebut agar kinerja dari alat angkut dapat dioptimalkan dengan didukung oleh jalan angkut yang ideal.

5.2.4. Waktu Edar (*Cycle Time*)

Kemampuan produksi alat angkut tidak lepas oleh waktu edar dari alat mekanis itu sendiri, semakin cepat waktu edar alat angkut maka produksi akan meningkat. Berdasarkan pengukuran di lapangan jarak angkut dari pit denver ke *stockyard* adalah 734 meter dengan kecepatan maksimal 25 km/jam. Waktu edar yang dihasilkan *dump truck* Hino FM 260 JD yaitu 36 menit. Sedangkan waktu edar dari alat muat *excavator* PC-300 yaitu 0,27 menit untuk sekali penumpahan *bucket* (Lampiran F & G).

5.2.5. Waktu Kerja Efektif

Waktu kerja yang tersedia dalam 1 shift adalah 11 jam setelah dikurangi waktu istirahat makan selama 1 jam. Namun dalam kenyataan di lapangan, terdapat waktu yang seharusnya digunakan untuk bekerja tidak digunakan untuk bekerja. Kehilangan waktu kerja ini akibat adanya hambatan-hambatan yang muncul. Hambatan yang terjadi terdiri dari hambatan yang tidak dapat ditekan dan hambatan yang dapat ditekan. Hambatan yang tidak dapat ditekan yaitu *rain and wet delay*, pemindahan alat muat, Pemeriksaan dan Pengecekan Harian (P2H), perbaikan dan perawatan alat, dan pengisian bahan bakar. Kehilangan waktu kerja akibat hambatan yang dapat ditekan yaitu keterlambatan memulai bekerja, berhenti bekerja sebelum jam istirahat, terlambat bekerja setelah istirahat dan berhenti bekerja lebih awal pada akhir *shift*.

Oleh sebab itu, perlu dilakukan upaya peningkatan waktu kerja efektif untuk meningkatkan efisiensi kerja alat mekanis. Sehingga kemampuan produktifitas alat muat dan alat angkut dapat meningkat dan mencapai target produksi yang telah ditentukan oleh perusahaan.

5.2.6. *Dead Load* material alat angkut

Material *ore* yang ditambang bersifat lengket sehingga akan menyisakan material di bak alat angkut yang disebut dengan *dead load*, dari hasil uji petik yang dilakukan rata-rata *dead load* seberat 0,2 ton tertinggal di bak alat angkut sehingga menyebabkan produksi berkurang walaupun bak dari alat angkut sudah di garu menggunakan *excavator* pada saat di dumping.

5.3 Upaya Peningkatan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut

Dalam upaya untuk meningkatkan target produksi maka dilakukan beberapa upaya yang diharapkan mampu untuk memenuhi target produksi dari perusahaan.

5.3.1 Penambahan Jumlah Curah *Bucket*

Upaya pertama yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas alat mekanis yang digunakan yaitu dengan cara menambah jumlah curah *bucket*. Penambahan curah *bucket* dapat dilakukan karena kapasitas bak angkut DT belum optimal dari kapasitas yang dapat ditampung sebesar 23,8 ton . Jumlah curah

bucket saat ini sebanyak 4 kali penumpahan dapat ditambah menjadi 5 kali curah. Untuk perbandingan jumlah curah dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5.1

Penambahan Jumlah Curah

jumlah curah	kapasitas bak angkut (ton)
4	14,5
5	18,13

Penambahan curah *bucket* akan mempengaruhi waktu edar dari alat angkut. Perubahan waktu edar alat angkut terjadi pada saat alat angkut diisi muatan. Sehingga waktu edar dari alat angkut yang awalnya 35,7 menit berubah menjadi 35,74 menit.

Setelah meningkatkan jumlah penumpahan curah untuk memaksimalkan kapasitas dari bak alat angkut, terjadi perubahan pada waktu edar dari alat angkut. Maka kemampuan produksi dari alat angkut akan meningkat dari nilai awal (Lampiran M). Produksi alat angkut sebesar 65.222,04 ton/bulan meningkat menjadi 81.894,75 ton/bulan.

Tabel 5.2

Perubahan Produksi Alat Angkut

jumlah curah	produksi alat angkut (ton/bulan)
4	65.222,04
5	81.894,75

5.3.2 Peningkatan Waktu Kerja Efektif

Dalam upaya peningkatan produksi dari alat muat dan alat angkut yang ada maka diperlukan peningkatan waktu kerja efektif, semakin besar waktu kerja efektif yang ada maka secara otomatis produksi akan semakin besar. Produksi alat saat ini masih belum optimal. Hal tersebut disebabkan oleh rendahnya waktu kerja efektif yang ada karena adanya hambatan- hambatan kerja yang ada, baik hambatan yang dapat ditekan maupun hambatan yang tidak dapat ditekan.

Peningkatan waktu kerja efektif dapat dilakukan dengan cara mengurangi waktu hambatan-hambatan yang dapat ditekan dengan menggunakan waktu hambatan modus dibawah rata-rata. Perbaikan waktu kerja efektif pada alat muat dan alat angkut dengan cara mengurangi *operating delay hours*. Untuk hambatan yang tidak dapat dihindari adalah tetap dan tidak dapat ditingkatkan. Kehilangan waktu kerja akibat hambatan yang dapat ditekan yaitu keterlambatan memulai bekerja, berhenti bekerja sebelum jam istirahat, terlambat bekerja setelah istirahat dan berhenti bekerja lebih awal pada akhir shift.

1. Keterlambatan bekerja pada awal *shift* karena operator *dump truck* kesulitan mencari unit *dump truck* yang dioperasikan ketika tiba di parkir *dump truck*. Banyaknya *dump truck* yang diparkir pada satu lokasi membuat operator *dump truck* kesulitan dan membutuhkan waktu untuk mencari unit *dump truck* yang akan dioperasikan. Selain itu, keterlambatan bekerja pada awal *shift* dikarenakan operator harus menunggu arahan pengawas sebelum menuju site. Kehilangan waktu kerja akibat hal tersebut adalah 8,03 menit dapat ditekan menjadi 0 menit untuk operator *dump truck*. Sedangkan pada operator *excavator*, kehilangan waktu kerja adalah 8,5 menit ditekan menjadi 5 menit.
2. Kehilangan waktu kerja juga dikarenakan operator istirahat sebelum jam istirahat yang ditentukan, yaitu pukul 12.00. Pembagian makanan mulai dilakukan pada pukul 11.30 di lokasi site. Setelah mendapatkan makanan, operator *dump truck* tidak kembali lagi ke site dan langsung menuju parkir untuk beristirahat walaupun belum waktu untuk beristirahat. Kehilangan waktu kerja akibat hal tersebut adalah 15,23 menit dapat ditekan menjadi 15 menit. Sedangkan pada operator *excavator*, kehilangan waktu kerja karena operator istirahat sebelum jam yang ditentukan adalah 13,37 menit ditekan menjadi 13 menit. Hal ini karena operator *dump truck* beristirahat lebih cepat sehingga tidak ada alat angkut *dump truck* yang melayani *excavator*.
3. Setelah jam istirahat berakhir juga terjadi kehilangan waktu bekerja. Hal ini dikarenakan kurangnya kesadaran dan kedisiplinan pengawas serta operator. Waktu kerja efektif alat muat juga menjadi berkurang karena keterlambatan *dump truck* serta pengawas tiba di site. Kehilangan waktu kerja akibat hal

tersebut adalah 9,5 menit ditekan menjadi 4 menit pada *excavator* dan 9,5 menit ditekan menjadi 6 pada *dump truck*.

4. Masalah lainnya adalah kehilangan waktu kerja akibat operator berhenti bekerja lebih cepat pada akhir *shift*. Kehilangan waktu kerja akibat hal ini yaitu 16,7 menit ditekan menjadi 15 menit. Alasan utama hal tersebut adalah karena tidak ada lagi *dump truck* untuk dilayani . Kehilangan waktu kerja akibat operator *dump truck* berhenti bekerja lebih awal pada akhir shift yaitu 18,3 menit ditekan menjadi 16 menit.

Sedangkan untuk hambatan yang tidak dapat ditekan yaitu *rain and wet delay*, pemindahan alat muat, Pemeriksaan dan Pengecekan Harian (P2H), perbaikan dan perawatan alat, dan pengisian bahan bakar. Berikut ini alasan tidak dapat melakukan perbaikan terhadap hambatan yang tidak dapat ditekan sebagai berikut:

1. Hujan dan pengeringan jalan

Hambatan ini disebabkan oleh faktor alam yaitu hujan yang menyebabkan jalan angkut menjadi licin dan berbahaya bagi alat mekanis untuk dapat beroperasi. Waktu yang hilang untuk hambatan ini selama 23,16 menit/hari. Hal ini tidak dapat ditolerir.

2. Kerusakan alat (*break down*)

Kerusakan alat mengakibatkan hilangnya waktu kerja yang tersedia, hal ini disebabkan oleh alat angkut yang mengalami kerusakan. Waktu yang hilang sebesar 96 menit/hari untuk perbaikan alat muat dan alat angkut sebesar 73,3 menit/hari.

3. *Delay non cycle*

- Pengisian bahan bakar
- Pemeriksaan dan pemanasan alat
- *Pre-start Toolbox Meeting*
- *Loading Preparation*

Kegiatan diatas merupakan hambatan yang tidak dapat ditolerir. Waktu yang hilang sebesar 479,5 menit/harinya untuk alat muat dan untuk alat angkut sebesar 455,2 menit/ harinya.

Kendala tersebut dapat diantisipasi dengan meningkatkan pengawasan terhadap operator alat mekanis, sehingga operator dapat bekerja dengan disiplin.

Antisipasi kendala yang terjadi pada saat jam kerja juga dapat dilakukan dengan pengecekan alat secara rutin, sehingga kerusakan alat saat digunakan dalam bekerja dapat diminimalisir. Dengan upaya tersebut, maka efisiensi kerja dapat ditingkatkan. Dengan mengoptimalkan efisiensi kerja dapat meningkatkan produktifitas yang menyebabkan target produksi dapat tercapai.

Setelah dilakukan upaya peningkatan waktu kerja efektif, efisiensi kerja alat muat meningkat dari 61,8% menjadi 65% dan untuk efisiensi kerja alat angkut meningkat dari 65% menjadi 66,3%. Meningkatnya efisiensi kerja akan menghasilkan peningkatan kemampuan produksi alat muat dan alat angkut.

Tabel 5.3

Kemampuan Produksi Setelah Peningkatan Waktu Kerja Efektif

jenis alat	produksi sebelum perbaikan (ton/bulan)	produksi setelah perbaikan (ton/bulan)
<i>Excavator Sany PC-300</i>	361.404,2	380.040,82
<i>Dumptruck Hino FM 260 JD</i>	65.222,04	66.736,38

5.3.3 Produksi Setelah Penambahan Jumlah Curah Bucket dan Peningkatan waktu Kerja Efektif

Setelah dilakukan upaya peningkatan produksi alat muat dan alat angkut dengan penambahan jumlah curah bucket dan meningkatkan waktu kerja efektif maka produksi yang dihasilkan alat muat dan alat angkut akan meningkat dari produksi awal. Produksi alat muat sebesar 501,95 ton/jam meningkat menjadi 527,83 ton/jam atau 380.040,82 ton/bulan. Alat angkut yang produksi awalnya sebesar 90,59 ton/bulan meningkat menjadi 116,37 Ton/jam atau 83.787,67 ton/bulan. (Lampiran R)

Tabel 5.4
Kemampuan Produksi Setelah Penambahan Jumlah Curah Bucket dan
Peningkatan Waktu Kerja Efektif

Jenis alat	Produksi sebelum perbaikan (ton/bulan)	Produksi setelah perbaikan (ton/bulan)
<i>Excavator</i> Sany PC-300	361.404,2	380.040,82
<i>Dumptruck</i> Hino FM 260 JD	65.222,04	83.787,67

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dari uraian pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kemampuan produksi dari alat muat dan alat angkut saat ini belum memenuhi target produksi terlihat pada produksi alat angkut yang sebesar 65.222,04 ton/bulan dan belum mencapai dari target produksi sebesar 72.000 ton/bulan
2. Faktor yang mempengaruhi kemampuan produksi dari alat muat dan alat angkut yaitu tingginya waktu edar alat angkut, rendahnya waktu efektif kerja, adanya *dead load* pada bak alat angkut dan geometri jalan yang masih belum memenuhi persyaratan sesuai dengan teori yang digunakan.
3. Upaya peningkatan produksi dilakukan dengan cara meningkatkan waktu kerja efektif dan menambahkan curah bucket menjadi 5 kali yang kemudian akan membuat produksi menjadi 83.787,67 ton/bulan.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah

1. Produksi bisa mencapai target bila menggunakan upaya penambahan jumlah curah *bucket* dan memaksimalkan waktu kerja efektif yang terbuang akibat kurang memanfaatkan waktu yang ada
2. Karena material *ore* yang lengket menyebabkan adanya *dead load* sehingga sebaiknya menggunakan alat angkut yang mempunyai pemanas di bak angkutnya untuk mengurangi nilai dari *dead load*
3. Pengawas selalu memberikan motivasi dan pesan akan pentingnya waktu yang ada untuk dimanfaatkan semaksimal mungkin sesuai dengan jam kerja yang tersedia.
4. Untuk meningkatkan produksi yang tinggi khususnya alat angkut diperlukan geometri jalan yang sesuai dengan syarat yang ada. Sehingga

waktu edar alat angkut yang beroperasi khususnya operasi produksi bisa berkurang.

5. Perlunya penambahan unit support di area *dumping point* ETO Hawaii mengingat tingginya waktu tunggu akibat dari perbaikan front.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ahmad, Waheed, 2009. Nickel Laterit : Fundamental of Chemistry, Mineralogy, Weathering Process, Formation and exploration. Sulawesi Selatan.
2. Anonim, 2009, Komatsu Specification & Application Handbook Edition 30. Japan.
3. Anonim, 2018, Caterpillar Performance Handbook Edition 48., Peoria, Illinois, U.S.A.
4. Anonim, 2021, Data Curah Hujan Pt. Makmur Lestari Primatama Tahun 2011-2020 Kabupaten konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. (Unpublished)
5. Anonim, 2021, Peta Geologi Areal Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi Bijih Nikel Pt. Makmur Lestari Primatama Di Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. (Unpublished)
6. Anonim.,2013. Caterpillar Performance Handbook Edition 38., Peoria, Illinois, U.S.A.
7. Audley, M. D., Kelley, R. L., Boldt, E. A., Jahoda, K. M., Marshall, F. E., Petre, R., ... & Weaver, K. A. (1996). A High-Resolution X-Ray Spectrum of Centaurus X-3. *The Astrophysical Journal*, 457, 397.
8. Burt C. N. Caccetta L., 2018, Equipment Selection for Mining: with Case Studies, Department of Mathematics and Statistics The University of Melbourne Parkville, VIC Australia.
9. Hartman H. 1987, Introductory Mining Engineering. The University of Alabama. Tuscaloska Alabama.
10. Hustrulid, W. dkk., 2013, Open Pit Mine Planning & Design 3rd Edition, Taylor & Francis Group, Llc 6000 Broken Sound Parkway Nw, Suite 300 Boca Raton Florida, Usa.

11. Isjudarto, A. (2013). Pengaruh Morfologi Lokal Terhadap Pembentukan Nikel Laterit. ReTII.
12. Kadarusman, A. dkk., 2004, Petrology, Geochemistry and Paleogeographic Reconstruction of The East Sulawesi Ophiolite, Indonesia, Tectonophysics 392, Pp 55-83, 2004.
13. Kaufman, dkk, 1977, "Design Of Surface Mine Haulage Roads", Washington, Usa.
14. Moetamar, 2007. Inventarisasi Endapat Nikel di Kabupaten Konawe, Provinsi Sulawesi Tenggara. Badan Geologi. Pusat Sumber Daya Geologi Bandung.
15. Nichols, Jr, Hebert 1962. "*Moving The Earth*". *Second Edition*, New York, USA.
16. Noor, D. 2017. Perhitungan Cadangan Nikel Dengan Metoda Area of Influence Daerah Uko Uko, Kecamatan Pomala, Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara.
17. Prodjosumarto, Partanto. 1995. Pemindahan Tanah Mekanis. Jurusan Teknik Pertambangan. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
18. Tenriajeng, A. 2003. Pemindahan Tanah Mekanis. Penerbit Gunadarma. Jakarta
19. UKO, D. U. Djauhari Noor.2017. Perhitungan cadangan nikel dengan metoda area of influence daerah uko uko,Kecamatan Pomala,
20. Yanto, I. 2013, Pemindahan Tanah Mekanis, Program Studi Teknik Pertambangan, Upn "Veteran" Yogyakarta. Yogyakarta.

LAMPIRAN

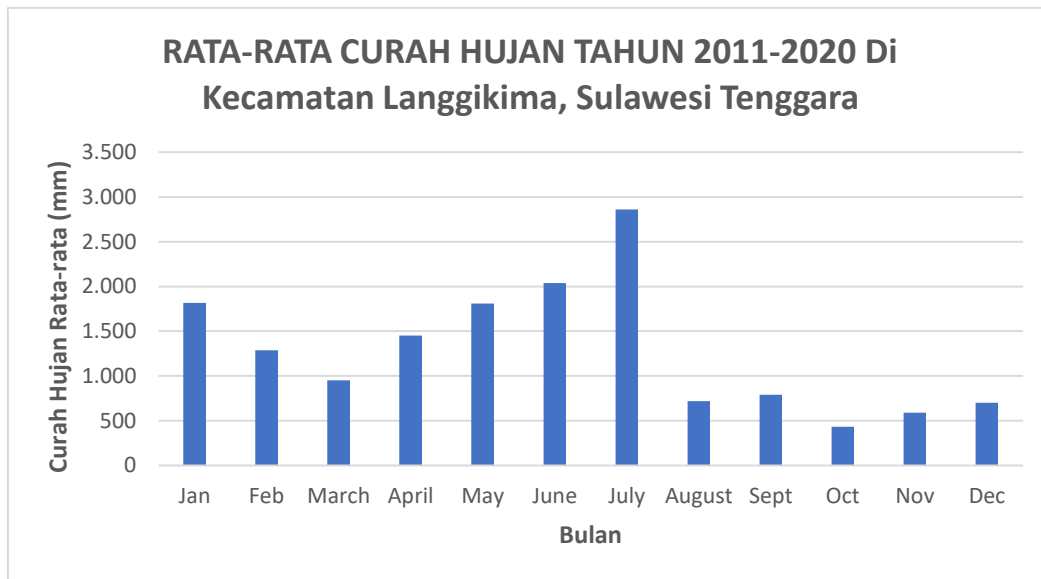
LAMPIRAN A
DATA CURAH HUJAN DI DAERAH PENELITIAN

A.1. Data Curah Hujan

Berikut merupakan grafik dari data curah hujan kecamatan Langgikima dari tahun 2011 – 2020.

Tabel A.1
Curah Hujan Tahun 2011-2020

Tahun	Bulan (mm)											
	Jan	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
2011	0	2.432	674	2.734	0	1.170	4.795,7	1.692,5	2.835	1.325	2.141	1.444,5
2012	2.806,1	1.56	1.692	948	3.362	3.362	4.135	794	0	386	979	436
2013	3.495	1.944	2.675	2.913	3.535	2.020	9.235	1.405	3.200	0	1.610	515
2014	0	2.310	0	0	0	0	0	0	43	55	184	782
2015	962	2.162	1.460,1	1.966,4	3.795,4	3.561,5	1.691,6	393	4	355	0	1.173,5
2016	6.320,1	2.070,4	1.564,4	3.281,3	1.794,5	3.861,4	1.691,6	946	389	1.387,8	75	1.770,1
2017	373	76	217	339	1.051	0	0	0	0	0	0	0
2018	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	186,8	66,9	47,3	15,8	11,7	42,1	17,8
2019	321,9	111	152,6	744	531,8	1.199,9	240,6	39	34,5	211	36,4	50
2020	263,1	194,9	123,8	143	403,3	947,8	1.028,8	424,6	586,7	147	228,7	123
rata-rata	1.454,8	1.286,1	855,8	1.306,8	1.447,3	1.630,9	2.288,5	574,1	710,7	387,8	529,5	631,1



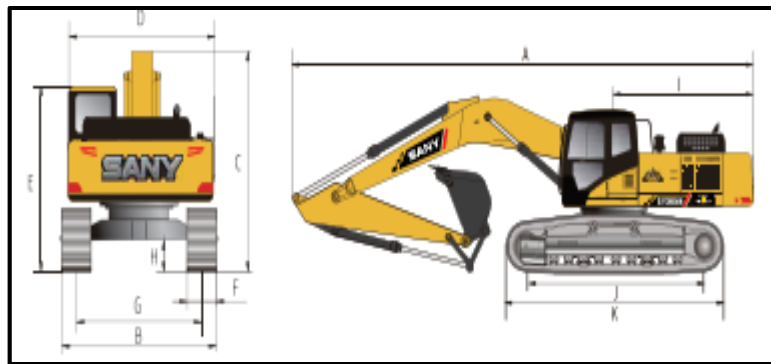
(Sumber : Dep. Engineering PT. Makmur Lestari Primatama)

Gambar A.1
Rata-Rata Curah Hujan Tahunan (mm)
Tahun 2011 – 2020

LAMPIRAN B

SPESIFIKASI ALAT MUAT

Excavator Sany PC 315



Gambar B.1.

Dimensi *excavator* Sany PC 300

Spesifikasi Alat Muat		
No	Keterangan	
1	Merk dan Model	Sany SY365H
2	Engine Output	275HP/ 212KW at 2.000 rpm
3	Kapasitas Bucket	2,2 m ³
4	Berat	36,5 Ton
5	Kecepatan	
	a.	Kecepatan Swing 0-9,5 rpm
	b	Kecepatan Jalan 0-3,5 km/jam
6	Working Range	

Lanjutan Tabel Spesifikasi Alat Muat

	a.	Max Digging Depth	7.050 mm
	b.	Max. Vertical Digging Depth	5.850 mm
	c.	Max. Digging reach	11.070 mm
	d.	Max. Digging Height	9.890 mm
	e.	Max. Dumping height	6.920 mm
	f.	Bucket angle decree	174°
	g.	Height at min. Swing radius	7.940 mm
	h.	Min. Swing Radius	3.800 mm
7		Dimensi Alat (Ukuran)	
	a.	Panjang	11.530 mm
	b.	Tinggi	3.545 mm
	c.	Lebar	3.190 mm
	d.	Unit	1
8		Track	
	a.	Length track on ground	5.065 mm
	b.	Trackwidth	600 mm
	c.	Height of cab	3.320 mm
	d.	Ground clearance	550 mm
	e.	Ground pressure	65 kPa

Lanjutan Tabel Spesifikasi Alat Muat

	f.	Minimum tail swing radius	4.495 mm
9		Mesin	
	a.	Model Mesin	Isuzu GH-6HK1X
	b.	Tipe In-Injection	6 Cylinder, 4 Stroke, Turbocharged, Inter & Water Cooled
10		Sistem Hidrolik	
	a.	Aliran Pompa Pelumas Max.	2x320 liter/menit
	b.	Pilot Pump	1 Gear Pump
	c.	Main Pump	2 Variable Displacements Axial Piston Pump
	d.	Travel Motor	2 Axial Piston Motor with Parking Brake
	e.	Swing Motor	1 Axial Piston Motor with Swing Holding Brake
11		Kapasitas Bahan Bakar	
	a.	Bahan bakar penuh	690 liter
	b.	Kapasitas pelumas hidrolik	380 liter
	c.	Kapasitas Radiator	28 liter
	d.	Kapasitas oli Mesin	36 liter
	e.	Swing Device	10,5 liter
	f.	Travel Device	2 x 8,5 liter haii

LAMPIRAN C

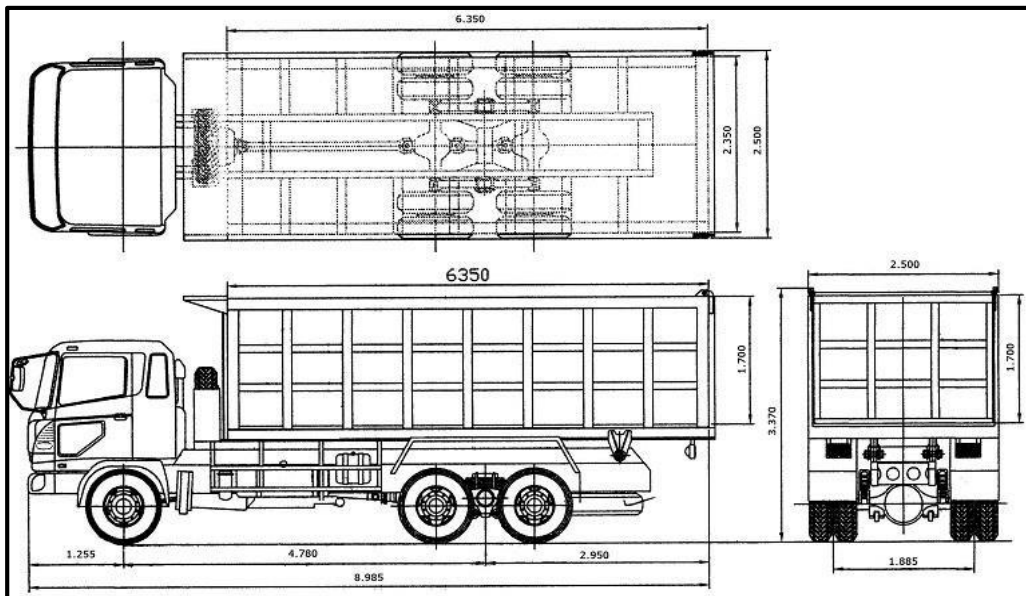
SPEKIFIKASI ALAT ANGKUT

Hino FM 260 JD



Gambar E. 1

Foto *Dump Truck* Hino FM 260 JD



Gambar E.2

Dimensi Alat Angkut *Dump Truck* Hino 500 JD 260 FM

Spesifikasi Hino FM 260 JD

produk	Model	J08E - UF
produksi	Kode Produksi	FM8JNKD - MGJ
performance	Kecepatan Maksimum(km/jam)	86
	Daya Tanjak (tan $\tilde{\sim}$)	47,1
mesin	Model	J08E – UF
	Tipe	Diesel 4 Langkah Segaris; Direct Injection; Turbo Charge Intercooler
	Tenaga Maks (PS/rpm)	260/2500
	Momen Putar Maks. (Kgm/rpm)	76.0/1500
	Jumlah Silinder	6
	Diameter x Langkah Piston (mm)	112 x 130
	Isi Silinder	7.684
	kopling	Tipe
Diameter (mm)		380
transmisi	Tipe	9 speeds
	Perbanding Gigi	-
	ke-1	8.829
	ke-2	6.281
	ke-3	4.644
	ke-4	3.478
	ke-5	2.538
	ke-6	1.806
	ke-7	1.335
	ke-8	1.000
	Mundur	12.040
	C	12.728

Lanjutan Tabel Spesifikasi Alat Angkut

kemudi	Tipe	Integral Power Steering
	Radius Putar Min. (m)	8.8
sumbu	Depan	Reverse Elliot, I-Section Beam
	Belakang	Full-floating type hypoid gear
	Perbandingan gigi akhir	6.428
	Sistem Penggerak	Rear 6x4
rem	Rem Utama	-
	Rem Pelambat	-
	Rem Parkirr	-
rodan dan ban	Ukuran Rim	20 x 7.00 T-162
	Ukuran Ban	10.00 -20-16PR
	Jumlah Ban	10 (+1)
sistem listrik	Accu	12V-65Ah x2
tangki solar	Kapasitas (L)	200
dimensi	Jarak Sumbu Roda	4130 + 1300
	Panjang bak (m)	6350
	Total Panjang	8480
	Total Lebar	2450
	Total Tinggi	2700
	Lebar Jejak Depan FR Tr	1930
	Lebar jejak Belakang RR Tr	1855
	Julur Depan FPH	1255
	Kapasitas bak	15m ³
	Lebar bak	2.500mm
	Tinggi bak	1,700mm
	Julur Belakang ROH	1795

Lanjutan Tabel Spesifikasi Alat Angkut

suspensi	Depan & Belakang	Rigid Axle dengan Leaf-Spring Semi Elliptic; Dilengkapi Single Acting Shock Absorber & Trunion Suspension Type, Rigid Axle dengan Leaf Spring Semi Elliptic
berat chassis (kg)	Depan	2891
	Belakang	4090
	Berat Kosong	6981
	GVWR	26000

LAMPIRAN D

FAKTOR PENGISIAN *BUCKET*

Faktor pengisian mangkuk (*bucket fill factor*) merupakan suatu faktor yang menunjukkan besarnya perbandingan antara kapasitas nyata dengan kapasitas teoritis *bucket*.

Bucket fill factor dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$FF = \frac{V_n}{V_d} \times 100\%$$

Keterangan :

FF = *Fill Factor* , %

V_n = Volume nyata , m³

V_d = Volume Teoritis , m³

Dari pengukurann dilapangan didapatkan nilai rata-rata faktor pengisian *bucket* untuk *excavator* sany PC 315 adalah

Rata-rata berat muatan pada alat angkut : 15,39 ton

Rata-rata curah bucket ke bak truck : 4

Rata-rata densitas loose : 1,59 ton / m³

Rata-rata volume nyata : 2,42 m³

Rata-rata volume teoritis : 2,2 m³

Rata-rata BFF : 41%

Tabel D.1
Faktor pengisian bucket *excavator* Sany PC-300

No	Kapasitas Bucket teoritis (m3)	berat muatan pada alat angkut	bobot isi loose	jumlah curah bucket ke bak truck	Volume Bucket	bucket Fill Factor
		(ton)	ton/m3		Actual (m3)	(%)
1	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
2	2,2	18.36	1,59	5	2.31	105.00%
3	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
4	2,2	19.23	1,59	5	2.42	110.00%
5	2,2	18.36	1,59	5	2.31	105.00%
6	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
7	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
8	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
9	2,2	18.35	1,59	5	2.31	105.00%
10	2,2	19.23	1,59	5	2.42	110.00%
11	2,2	18.36	1,59	5	2.31	105.00%
12	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
13	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
14	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
15	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
16	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
17	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
18	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
19	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
20	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
21	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%
22	2,2	19.23	1,59	5	2.42	110.00%
23	2,2	18.36	1,59	5	2.31	105.00%
24	2,2	18.36	1,59	5	2.31	105.00%
25	2,2	19.23	1,59	5	2.42	110.00%
26	2,2	18.36	1,59	5	2.31	105.00%
27	2,2	18.36	1,59	5	2.31	105.00%
28	2,2	19.23	1,59	5	2.42	110.00%
29	2,2	19.23	1,59	5	2.42	110.00%
30	2,2	17.49	1,59	5	2.20	100.00%

Lanjutan Tabel D.1

Rata-rata	2,2	18,073	1,59	5	2,27	103%
-----------	-----	--------	------	---	------	------

Dari data pengamatan diperoleh rata-rata faktor pengisian (F_p) yaitu :

$$F_p = \frac{V_n}{V_d}$$

$$= \frac{2,27}{2,2} = 103\% . \text{ Berdasarkan data pengamatan di lapangan, diketahui nilai faktor}$$

pengisian mangkuk atau *bucket fill factor* (BFF) alat muat *excavator* Sany PC300 adalah 103%

LAMPIRAN E

PERHITUNGAN SWELL FAKTOR

Faktor pengembangan material adalah perubahan berupa penambahan volume material (tanah) yang diganggu dari bentuk aslinya (Tenriajeng, 2003). Faktor pengembangan material perlu diketahui karena yang diperhitungkan pada penggalian selalu didasarkan pada keadaan insitu. Sedangkan untuk material yang ditangani dan dilakukan pengamatan adalah material lepas (*loose*) Perhitungan faktor pengembangan adalah sebagai berikut :

$$Swell\ factor = \frac{loose\ density}{bank\ density}$$

$$\%\ swell = \frac{bank\ density - loose\ density}{loose\ density} \times 100\%$$

Keterangan :

% swell : Besar pengembangan dalam persen (%).

Swell Factor : Faktor pengembangan.

Densitas *Loose* : Perbandingan massa dan volume material yang sudah dilakukan pembongkaran (ton/m³).

Densitas insitu : Perbandingan massa dan volume material pada tempat awalnya (ton/m³).

Diketahui dari hasil pengujian yang dilakukan , densitas *loose ore* adalah 1,59 ton/m³ dan diketahui nilai *swell factor* yang didapatkan adalah 0,9754 sehingga densitas insitu dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\text{Densitas Insitu} : \frac{1,59 \text{ ton/m}^3}{0,9754}$$

$$: 1,63 \text{ ton / m}^3$$

$$\% \text{ swell ore} : \frac{1,63 \text{ ton / m}^3 - 1,59 \text{ ton / m}^3}{1,59 \text{ ton/m}^3} \times 100\%$$

$$: 2,52\%$$

LAMPIRAN F

PERHITUNGAN GEOMETRI JALAN ANGKUT

F.1 Lebar Jalan Angkut Minimum

Dalam penggunaan jalan angkut ada beberapa geometri yang perlu diperhatikan, diantaranya lebar jalan angkut minimum pada jalan lurus dan pada tikungan untuk dilalui oleh 2 alat angkut.

F.1.1 Lebar Jalan Angkut Pada Jalan Lurus.

Semakin lebar jalan angkut itu, maka lalu lintas pengangkutan akan semakin aman. Penentuan lebar jalan angkut lurus minimum didasarkan pada alat angkut terbesar yang beroperasi pada tambang. Perhitungan lebar jalan angkut minimum yang dapat dilalui didasarkan lebar *dump truck* Hino 500 JD 260 FM yang merupakan alat angkut terbesar di tambang.

Berdasarkan *handbook* Hino edisi 31, *dump truck* Hino 500 JD 260 FM mempunyai lebar 2,455 m, sehingga lebar jalan angkut pada jalan lurus adalah :

$$L_{(m)} = n \cdot W_t + (n + 1) \left(\frac{1}{2} \cdot W_t \right) .$$

Diketahui :

$$n = 2$$

$$W_t = 2,455 \text{ m}$$

Sehingga lebar jalan angkut pada jalan lurus adalah :

$$\begin{aligned} L_{(m)} &= 2 \times 2,455 \text{ m} + (2+1) \left(\frac{1}{2} \times 2,455 \text{ m} \right) . \\ &= 8,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga jalan angkut minimum pada jalan lurus untuk dua jalur adalah 8,6 m

F.1.2 Lebar Jalan Angkut Pada Tikungan

Untuk lebar jalan angkut minimum pada tikungan didasarkan pada lebar jejak roda kendaraan, lebar jantai bagian depan dan belakang dari alat angkut bagian depan dan belakang. Pada saat dump truck berbelok perlu diperhitungkan jarak antar dump truck saat persimpangan serta jarak sisi luar truck ke tepi jalan.

Persamaan yang digunakan adalah :

$$W_{\min} = n (U + F_a + F_b + Z) + C.$$

$$C = Z = 0,5 (U + F_a + F_b).$$

Berdasarkan spesifikasi alat angkut Hino 500 JD 260 FM (Lampiran E), didapatkan:

a Jarak terluar pada roda depan dan roda belakang truck

$$(u) : 2,45\text{m}$$

b Lebar jantai bagian depan (F_a):1,255m.

$$F_a = 1,255\text{m} \times \sin 30^\circ$$

$$= 0,6 \text{ m}$$

c Lebar jantai bagian belakang (F_b):1,795m.

d. Lebar tonjolan bagian belakang

$$F_b = 1,795 \text{ m} \times \sin 30^\circ$$

$$= 0,89 \text{ m}$$

Sehingga : jarak antar truck = jarak truck dengan sisi jalan

$$C = Z = 0,5 (U + F_a + F_b)$$

$$= 0,5 (2,45 \text{ m} + 0,6 \text{ m} + 0,89 \text{ m})$$

$$= 1,9 \text{ m}.$$

Sehingga lebar jalan angkut minimum pada tikungan

$$W_{\min} = 2 (2,45 \text{ m} + 0,6 \text{ m} + 0,89 \text{ m} + 1,9 \text{ m}) + 1,9 \text{ m}$$

$$= 13,58 \text{ m} = 14 \text{ m}.$$

Jadi lebar jalan angkut minimum pada tikungan di *Site denver* berdasarkan alat angkut terbesar yang digunakan Hino 500 fm 260 JD adalah 14 meter

F.1.3 Jari-jari Tikungan

$$R = Wb / \sin \alpha$$

Berdasarkan spesifikasi alat angkut (500 Hino FM 260 JD), diketahui:

- Wb (Jarak Sumbu Roda Depan dan Belakang) = 5,38 m
 - α (Sudut Penyimpangan Roda Depan) = $\sin \alpha = \frac{Wb}{\text{Turning Radius}}$
- $$\alpha = \sin^{-1} \frac{5,38 \text{ m}}{8,5 \text{ m}}$$
- $$\alpha = 39,27^\circ$$

Maka, besarnya jari-jari tikungan minimal adalah:

$$R = \frac{5,38 \text{ m}}{\sin 39,27^\circ}$$

$$= 8,5 \text{ m}$$

Jari-jari tikungan minimal yang mampu dilalui oleh alat angkut adalah 8.5 meter. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan di lapangan, jari-jari lintasan jalan angkut terkecil adalah meter sehingga jari-jari tikungan jalan angkut sudah memenuhi perhitungan.

F.1.4 Superelevasi jalan angkut

Bila kecepatan rata-rata yang direncanakan pada saat truk berbelok adalah 15 km/jam dan jari-jari tikungan m, maka berdasarkan rumus *superelevasi*:

$$e + f = \frac{v^2}{127.R}$$

Dimana :

e : *superelevasi*

v : kecepatan kendaraan (km/jam)

R : radius/ jari-jari tikungan (m)

f : koefisien gesek melintang.

Besarnya nilai f untuk kecepatan rencana < 80 km/jam menurut Silvia S dalam bukunya berjudul dasar-dasar perencanaan geometri jalan adalah:

$f = (-0,00065 \cdot v) + 0,192$. Maka besarnya superelevasi adalah:

$$e + f = \frac{v^2}{127.R}$$

$$e + [(-0,00065 \times 12) + 0,192] = \frac{15^2}{127.8,5}$$

$$e = 0,2084 - 0,1842$$

$$= 0,0242 \text{ m/m}$$

Jika penggunaan angka *superelevasi* 0,0242 maka beda tinggi (a) yang harus dibuat adalah :

$$\text{Tg } \alpha = 0,0867 ; \text{ maka } \alpha = 1,39^\circ$$

$$a = r \times \sin \alpha$$

maka beda tinggi pada setiap tikungan adalah :

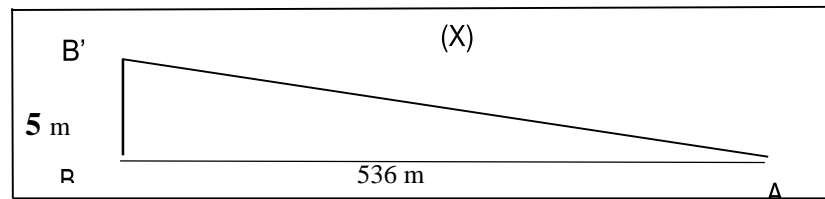
$$a = 8,5 \text{ m} \times \sin 1,39^\circ$$

$$= 0,206 \text{ m}$$

Jadi beda tinggi yang harus dibuat antara sisi dalam dan sisi luar tikungan jalan angkut adalah 0,206 meter.

F.2 Jarak dan Kemiringan Jalan Angkut

Jika A – B adalah jarak horizontal, maka jarak sebenarnya yaitu A – B' dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :



Gambar F.1

Kemiringan Jalan

$$\text{Kemiringan jalan dari segmen A-B } (\tan \alpha) = \frac{BB'}{AB} = \frac{5}{536} \times 100 \% = 0,9 \%$$

$$\text{Jarak miring A-B} = \sqrt{536^2 + 5^2}$$

$$= 536,38 \text{ m}$$

Dengan cara diatas, maka jarak dan kemiringan jalan dari front penambangan ke stockpile untuk segmen dapat diketahui (Tabel F.1)

Tabel F.1

Geometri Jalan Angkut

segmen	jarak		elevasi (m)	beda tinggi (m)	kemiringan (%)	lebar jalan (m)		
	datar (m)	miring (m)				terbesar	terkecil	rata-rata
A	0	0	40,47	0	0	4,546	4,546	4,546
A-B	77,14	77,3164 1	45,69	5,22	6,8%	11,328	4,546	7,9726
B-C	96,603	96,9336 9	53,69	8	8,3%	8,026	5,415	6,9102
C-D	142,01 5	142,215 6	61,24	7,55	5,3%	20,763	6,6	12,030 4
D-E	65,46	65,8905 3	68,76	7,52	11,5%	11,411	6,734	7,88
E-F	132,34 1	132,359 8	70,99	2,23	1,7%	10,032	5,323	8,674
F-G	97,488	97,6276 5	76,21	5,22	5,4%	13,667	5,426	9,778
G-H	99,172	99,2316 4	79,65	3,44	3,5%	12,653	10,26	10,744 8
D-I	170,60 7	170,701 2	68,59	5,67	3,3%	8,438	5,842	7,1337
C-J	69,092	69,7057 9	62,92	9,23	13,4%	12,958	9,603	11,49

Jadi segmen jalan yang disarankan untuk dilakukan perbaikan adalah

- Segmen D-E pada grade jalan dilakukan metode cut and fill agar bisa mencapai 8-10%
- Segmen C-J pada grade jalan dilakukan metode cut and fill agar bisa mencapai 8-10%

- Segmen A-B pada lebar jalan kurang 0,6m dari minimal lebar jalan
- Segmen B-C pada lebar jalan kurang 1,6 m dari minimal lebar jalan

Disaran dengan metode cut and fill agar grade jalan bisa setidaknya mencapai 8-10%

LAMPIRAN G

WAKTU EDAR ALAT MUAT

Perhitungan waktu edar alat muat dinyatakan dengan cara memperhatikan pola gerak dari alat-alat mekanis pada saat alat-alat tersebut melakukan aktivitasnya. Dari pengamatan dilapangan diperoleh data pengukuran waktu edar alat gali muat (Excavator) yang diperlihatkan pada tabel dibawah ini.

Tabel G.1
Waktu Edar *Excavator* Sany PC 315

Data Cycle Time Alat Muat					
No	Waktu Gali	Swing Isi	Waktu isi	Swing Kosong	Cycle Time
	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)
1	3,01	3,30	4,24	4,31	14,86
2	4,40	4,16	3,66	6,41	18,63
3	4,54	5,70	4,09	5,33	19,66
4	3,32	3,09	4,01	4,51	14,93
5	3,74	3,37	4,55	4,30	15,96
6	3,08	4,01	3,60	4,95	15,64
7	4,02	4,24	3,87	4,68	16,81
8	2,83	3,20	3,42	3,48	12,93
9	2,79	3,65	3,62	3,91	13,97
10	3,75	4,43	3,91	4,34	16,43
11	3,30	4,12	4,71	4,30	16,43
12	4,29	4,25	4,29	3,59	16,42
13	4,16	2,15	3,04	4,56	13,91
14	4,33	3,61	3,46	3,74	15,14
15	3,41	3,41	3,45	3,17	13,44
16	4,15	4,10	3,11	4,44	15,80
17	2,70	4,40	2,22	2,94	12,26
18	4,00	7,51	4,96	4,81	21,28
19	4,49	3,20	4,05	2,14	13,88

lanjutan tabel G.1.					
20	2,79	4,52	3,88	3,42	14,61
21	3,91	2,81	3,34	3,18	13,24
22	3,72	3,63	3,06	2,00	12,41
23	3,15	3,73	3,65	3,38	13,91
24	3,30	3,56	2,83	3,28	12,97
25	3,07	4,25	3,16	3,15	13,63
26	5,10	4,89	4,90	3,74	18,63
27	4,69	3,38	4,09	5,83	17,99
28	5,12	4,49	4,51	2,00	16,12
29	6,55	5,32	4,62	3,61	20,10
30	4,86	5,97	4,21	4,55	19,59

$$\text{Rata-rata Cicle Time} = \frac{471,58}{30}$$

$$= 15,72 \text{ Detik atau } 0,26 \text{ Menit}$$

LAMPIRAN H

WAKTU EDAR ALAT ANGKUT

Waktu edar alat angkut terdiri dari waktu mengambil posisi untuk dimuati, waktu diisi muatan, waktu mengangkut muatan, waktu mengambil posisi untuk menumpahkan material, waktu penumpahan material, dan waktu kembali kosong. Dari pengamatan di lapangan, diperoleh data perhitungan waktu edar alat angkut Hino 500 JD 260 FM yang beroperasi pada site denver timur dengan excavator Sany PC 315 sebagai alat muatnya. Daerah stockyard berjarak kurang dari 1 Km dari front penambangan. Alat angkut yang digunakan adalah 4 unit dump truck Hino 500 yang beroperasi pada site denver timur.

Tabel H.1

Waktu Edar Dump Truck Hino 500 jd 260 fm

NO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Cycle
	detik	detik	detik	detik	detik	detik	detik	detik	Time
1	114,0	344,0	43,00	1260,0	58,00	200,0	39,00	0,00	798,0
2	130,0	305,0	44,00	1343,0	90,00	185,0	27,00	60,00	781,0
3	105,0	225,0	49,00	1510,0	120,0	192,0	23,00	0,00	714,0
4	122,0	194,0	12,00	1540,0	88,00	170,0	38,00	0,00	624,07
7	7								
5	115,0	208,0	31,00	1770,0	68,00	203,0	32,00	0,00	657,0
6	127,0	279,0	60,00	1538,0	67,00	290,0	42,00	0,00	865,0
7	135,0	181,0	48,00	1015,0	55,00	250,0	34,00	0,00	703,0

Lanjutan tabel H.1,									
8	108,0	299,0	18,00	755,00	100,0	184	36,00	0,00	745,0
9	113,0	183,0	38,00	637,00	74,00	203,0	36,00	0,00	647,0
10	133,0	198,0	70,00	710,00	67,00	205,0	29,00	0,00	702,0
11	111,0	229,0	65,00	663,00	57,00	191,0	26,00	0,00	679,0
12	110,0	208,0	30,00	629,00	59,00	198,0	29,00	125,0	634,0
13	111,0	308,0	39,00	510,00	70,00	220,0	33,00	208,0	781,0
14	114,0	190,0	48,00	740,00	93,00	150,0	41,00	269,0	636,0
15	109,0	215,0	43,00	720,00	61,00	178,0	38,00	242,0	644,0
16	131,0	300,0	44,00	440,00	64,00	169,0	31,00	0,00	739,0
17	111,0	210,0	20,00	790,00	58,00	173,0	33,00	0,00	605,0
18	141,0	235,0	73,00	1820,0	87,00	169,0	36,00	69,00	741,0
19	97,00	258,0	23,00	1960,0	86,00	176,0	24,00	70,00	664,0
20	91,00	227,0	25,00	2338,0	90,00	160,0	28,00	104,0	621,0
21	144,0	206	24,00	2155,0	52,00	190,0	42,00	0,00	658,0
22	127,0	195,0	28,00	2080,0	86,00	168,0	35,00	0,00	639,0
23	109,0	185,0	59,00	2202,0	79,00	170,0	44,00	0,00	646,0
24	156,0	260,0	40,00	900,00	69,00	177,0	37,00	0,00	739,0
25	119,0	230,0	42,00	1100,0	71,00	260,0	27,00	74,00	749,0
26	118,0	260,0	21,00	1960,0	66,00	303,0	25,00	301,0	793,0
27	116,0	180,0	84,00	1927,0	72,00	254,0	97,00	80,00	803,0
28	117,0	265,0	28,00	1650,0	59,00	214,0	177,0	613,0	860,0
29	102,0	212,0	34,00	1773,0	89,00	182,0	36,00	427,0	655,0
30	112,0	248,0	40,00	1640,0	83,00	190,0	54,00	367,0	727,00
min	91,00	180,0	12,00	440,00	52,00	150,0	23,00	0,00	1179,0
max	156,00	344,0	84,00	2338,0	120,0	303,0	177,0	613,0	3123,0
averag	118,27	234,5	40,77	1335,8	74,60	199,1	40,97	100,3	2144,4
e		7		3		3			4

Berdasarkan pengamatan di lapangan didapatkan waktu edar alat angkut dump truck hino 500 adalah sebagai berikut :

Waktu muat (T1)	:	118,27 detik
Waktu angkut (T2)	:	234,57 detik
Waktu manuver isi (T3)	:	40,77 detik
Waktu tunggu dumping (T4)	:	1335,83 detik
Waktu dumping (T5)	:	74,60 detik
Waktu kembali kosong (T6)	:	199,13 detik
Waktu manuver kosong (T7)	:	40,97 detik
Waktu tunggu isi (T8)	:	100,30 detik
Cycle Time	:	2144,44 detik atau 35,74 menit

Berdasarkan data pengamatan lapangan , maka nilai waktu edar alat angkut dump truck hino 500 adalah 35,74 menit

LAMPIRAN I

PRODUKSI ALAT MUAT

Kemampuan nyata produksi alat muat adalah besarnya produksi yang dapat dicapai dengan kenyataan kerja alat muat berdasarkan kondisi yang dicapai saat ini. dari data-data yang diperoleh dilapangan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{tm} = \frac{3600}{C_{tm}} \times C_{am} \times F \times E \times SF \times D_{loose}$$

Keterangan

P_{tm} = Kemampuan Produksi Alat muat (ton/jam)

C_{tm} = Waktu edar alat muat (detik)

C_{am} = Kapasitas mangkok (bucket capacity) (m^3)

F = Faktor pengisian bucket (%)

E = Efisiensi kerja alat muat (%)

SF = Swell faktor

D_{loose} = Density loose (ton/m^3)

1. Produksi Excavator

Waktu edar alat muat sekali pemuatan (C_{tm})= 16 detik

Kapasitas *bucket* (C_{am}) = 2,2 m^3

Faktor pengisian <i>bucket</i> (F)	=	104%
Efisiensi kerja (E)	=	62%
Swell Faktor	=	98%
Density loose	=	1,59 ton / m ³

$$\begin{aligned}
 P_{tm} &= \frac{3600}{C_{tm}} \times C_{am} \times F \times E \times SF \times \text{density loose} \\
 &= \frac{3600}{16} \times 2,2 \times 1,04 \times 0,62 \times 0,98 \times 1,59 \\
 &= 501,95 \text{ ton/jam}
 \end{aligned}$$

Produksi alat gali-muat adalah sebesar 501,95 ton/jam.

Total Produksi Alat Gali-muat

$$\begin{aligned}
 &= 501,95 \text{ Ton/Jam} \times 720 \text{ Jam (Total jam kerja 1 Bulan)} . \\
 &= 361.402,2 \text{ Ton/Bulan}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN J

PRODUKSI ALAT ANGKUT

Kemampuan produksi nyata alat angkut dump truck dapat di hitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Pta = \frac{60}{cta} \times Ca \times E \times SF \times Dloose$$

Keterangan :

Pta	= Kemampuan produksi alat angkut (ton/jam)
N	= Jumlah unit alat angkut
Cta	= Waktu edar alat angkut
Ca	= Kapasitas bak angkut
Ca	= N x Cam x F
N	= Jumlah pengisian bucket alat muat untuk penuh bak
Cam	= Kapasitas bucket
F	= Faktor pengisian
E	= Efisiensi kerja (%)
SF	= Swell faktor
Dloose	= Density loose (ton/m ³)

Produksi Dump Truck Hino 260 JD

Waktu edar *dump truck* (Cta) = 11,8 menit

Jumlah alat muat (Na)	= 6
Kapasitas <i>bucket</i> (Cam)	= 2,2 m ³
Faktor pengisian (F)	= 104%
Banyaknya pemuatan <i>bucket</i> ke bak <i>truck</i> (n)	= 4
Efisiensi Kerja (E)	= 65%
Swell Faktor	= 0,98
Density loose	= 1,59 m ³

$$Ca = N \times Cam \times F$$

$$= 4 \times 2,2 \times 1,04$$

$$Ca = 9,12$$

$$Pta = 60/11,8 \times 9,12 \times 0,65 \times 0,98 \times 1,59$$

$$= 15,43 \text{ ton/jam (Untuk 1 unit Alat)}$$

$$= 15,43 \text{ ton / jam} - 0,34 \text{ ton dead load perjam}$$

$$= 15,09 \text{ ton/jam}$$

Sehingga Produksi alat angkut perjam = 90,58 ton/jam (Untuk 6 Unit alat)

Total produksi Alat amgkut

$$= 90,58 \text{ Ton/jam} \times 720 \text{ Jam (total jam kerja 1 bulan)}$$

$$= 65.222,04 \text{ Ton/Bulan}$$

LAMPIRAN K

JUMLAH JAM KERJA

PT. Makmur Lestari Primatama menerapkan waktu kerja setiap harinya dalam dua shift kerja. Kegiatan operasi penambangan dilaksanakan setiap hari yaitu dari hari senin sampai hari minggu. Waktu kerja dalam satu shift adalah 12 jam. Para pekerja diberikan waktu untuk istirahat selama 1 jam yaitu jam 12.00-13.00 untuk shift selain hari jumat dan jam 11.30-13.30 untuk shift hari jumat. Untuk shift kedua jam istirahat mulai selama 1 jam yaitu jam 24.00-01.00. Pada saat memasuki bulan Ramadhan waktu kerja satu shift menjadi 10 jam. Waktu kerja dalam satu minggu pada bulan april dapat dilihat pada tabel D.1

Tabel K.1

Jam kerja kegiatan penambangan shift 1

Hari kerja	Waktu kerja		Keterangan istirahat	Durasi Kerja (jam)
	Shift	Istirahat		
Senin	07:00-19:00	12:00-13:00	1jam/shift rest and meal.	12:00:00
Selasa	07:00-19:00	12:00-13:00	1jam/shift rest and meal.	12:00:00
Rabu	07:00-19:00	12:00-13:00	1jam/shift rest and meal.	12:00:00
Kamis	07:00-19:00	12:00-13:00	1jam/shift rest and meal.	12:00:00
Jumat	07:00-19:00	11:00-13:30	1jam/shift rest and meal.	12:00:00
Sabtu	07:00-19:00	12:00-13:00	1jam/shift rest and meal.	12:00:00
Minggu	07:00-19:00	12:00-13:00	1jam/shift rest and meal.	12:00:00
total jam kerja/ minggu				84:00:00

Tabel K.2

Jam kerja kegiatan penambangan shift 2

Hari kerja	Waktu kerja		Keterangan istirahat	Durasi Kerja (jam)
	Shift	Istirahat		
Senin	19:00-07:00	24.00-01.00	1jam/shift rest and meal.	12:00:00
Selasa	19:00-07:00	24.00-01.00	1jam/shift rest and meal.	12:00:00
Rabu	19:00-07:00	24.00-01.00	1jam/shift rest and meal.	12:00:00
Kamis	19:00-07:00	24.00-01.00	1jam/shift rest and meal.	12:00:00
Jumat	19:00-07:00	24.00-01.00	1jam/shift rest and meal.	12:00:00
Sabtu	19:00-07:00	24.00-01.00	1jam/shift rest and meal.	12:00:00
Minggu	19:00-07:00	24.00-01.00	1jam/shift rest and meal.	12:00:00
total jam kerja/ minggu				84:00:00

Tabel K.3

Jam kerja kegiatan penambangan Shift 1 bulan ramadhan

Hari kerja	Waktu kerja		Keterangan istirahat	Durasi Kerja (jam)
	Shift	Istirahat		
Senin	07:00-19:00	12:00-13:00, 17:00-19:00	3 jam/shift pray ,rest, and meal.	12:00:00
Selasa	07:00-19:00	12:00-13:00, 17:00-19:00	4 jam/shift pray ,rest, and meal.	12:00:00

Lanjutan tabel K.3.				
Rabu	07:00-19:00	12:00-13:00, 17:00-19:00	5 jam/shift pray ,rest, and meal.	12:00:00
Kamis	07:00-19:00	12:00-13:00, 17:00-19:00	6 jam/shift pray ,rest, and meal.	12:00:00
Jumat	07:00-19:00	12:00-13:00, 17:00-19:00	7 jam/shift pray ,rest, and meal.	12:00:00
Sabtu	07:00-19:00	12:00-13:00, 17:00-19:00	8 jam/shift pray ,rest, and meal.	12:00:00
Minggu	07:00-19:00	12:00-13:00, 17:00-19:00	9 jam/shift pray ,rest, and meal.	12:00:00
total jam kerja/ minggu				84:00:00

Tabel K.4

Jam kerja Kegiatan penambangan Shift 2 bulan ramadhan

Hari kerja	Waktu kerja		Keterangan istirahat	Durasi Kerja (jam)
	Shift	Istirahat		
Senin	19:00-07:00	19:00-21:00, 03.00-04:00	3 jam/shift pray ,rest, and meal.	12:00:00
Selasa	19:00-07:00	19:00-21:00, 03.00-04:00	4 jam/shift pray ,rest, and meal.	12:00:00
Rabu	19:00-07:00	19:00-21:00, 03.00-04:00	5 jam/shift pray ,rest, and meal.	12:00:00
Kamis	19:00-07:00	19:00-21:00, 03.00-04:00	6 jam/shift pray ,rest, and meal.	12:00:00
Jumat	19:00-07:00	19:00-21:00, 03.00-04:00	7 jam/shift pray ,rest, and meal.	12:00:00

Lanjutan tabel K.4.				
Sabtu	19:00-07:00	19:00-21:00, 03.00-04:00	8 jam/shift pray ,rest, and meal.	12:00:00
Minggu	19:00-07:00	19:00-21:00, 03.00-04:00	9 jam/shift pray ,rest, and meal.	12:00:00
total jam kerja/ minggu				84:00:00

Jadi total jam kerja pada bulan april adalah 12 hari jam kerja normal dan 18 hari jam kerja bulan ramdhan

= 12 jam x 2hift x 30 hari

=720 jam

LAMPIRAN L

WAKTU KERJA EFEKTIF DAN EFISIENSI KERJA

L.1 Waktu kerja efektif dan efisiensi kerja alat gali muat

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap waktu kerja alat-alat mekanis , didapat adanya hambatan-hambatan pada jadwal dan waktu yang tersedia , hambatan tersebut terdiri dari hambatan yang dapat ditekan dan tidak dapat ditekan.

Kegiatan penggalian, pemuatan, dan pengangkutan dilakukan dalam 2 shift kerja (12jam/shift) dengan perhitungan gilir kerja :

- Shift pagi pukul 07.00 – 19.00, istirahat dipukul 12.00-13.00
- Untuk hari jumat istirahat dilakukan pukul 11.00-13.30
- Shift malam pukul 19.00-07.00, istirahat dipukul 00.00-01.00
- Shift pagi bulan ramadhan pukul 07.00-19.00, istirahat dipukul 12.00-13.00 dan dipukul 17.00-19.00
- Shift malam bulan ramadhan pukul 19.00-07.00, istirahat dipukul 03.00-04.00 dan dipukul 19.00-21.00

Beberapa hambatan didasarkan pada perkiraan waktu dan data pada checker yang sifatnya mengurangi efisiensi waktu kerja atau mengurangi waktu kerja produktif alat, yaitu:

Efisiensi kerja alat muat

Berikut adalah data total jam kerja selama 1 bulan alat muat excavator sany pc300 :

Tabel L.1

Hambatan alat gali muat Excavator Sany PC 315c

jenis hambatan	waktu (menit/hari)
hambatan yang tidak dapat dihindari	
kerusakan dan perbaikan alat	96
standby alat	48
Raind and slipperry	23.17
istirahat	268.8
jumlah	435.97
hambatan yang dapat dihindari	
terlambat kerja pada awal shift	8.5
berhenti sebelum waktu istirahat	13.4
terlambat kerja setelah istirahat	9.5
berhenti sebelum akhir shift	16.8
pengisian bahan bakar	12.5
pemeriksaan dan pemanasan alat	9.93
pemindahan posisi alat dan perbaikan front	21.17
stock ore	22.2
jumlah	113.9
Total Hambatan Kerja	549.9

Tabel L.2

Data hambatan waktu kerja excavator sany pc315c

no	terlambat kerja pada awal shift (menit)	berhenti kerja sebelum jam istirahat (menit)	terlambat kerja setelah istirahat (menit)	berhenti kerja lebih cepat di akhir shift (menit)	stock ore (menit)
1	13	10	7	28	52
2	12	2	11	5	50
3	11	16	11	15	
4	9	18	10	17	8
5	12	16	11	15	

Lanjutan Tabel L.2.

6	13	17	10	17	
7	10	15	10	15	7
8	8	14	9	20	
9	6	5	4	17	
10	10	10	19	19	
11	10	16	10	15	
12	20	15	8	8	
13	8	14	7	14	
14	6	15	2	15	
15	10	14	12	15	
16	10	0	9	15	
17	5	16	10	15	
18	6	13	10	58	
19	0	13	10	17	
20	17	17	12	20	
21	12	11	9	16	
22	0	15	6	15	5
23	14	16	4	16	
24	5	15	11	18	
25	18	12	10	10	
26	0	20	10	13	
27	0	16	10	14	11
28	0	16	8	17	
29	0	13	20	12	
30	10	11	6	12	
average	8,5	13,3667	9,53333	16,7667	22,16667
max	20	20	20	58	52
min	0	0	2	5	5

Lanjutan Tabel L.2.

Modus dibawah rata-rata	0	13	4	15	5
-------------------------------	---	----	---	----	---

Dari pengamatan tersebut (Tabel L.1 dan Tabel L.2) dapat ditentukan WT (waktu kerja efektif), MA (Mechanical Availability), PA (Physical Availability), UA (Used of Availibility), Effective Utilization (EU).

Dik : waktu tersedia = 24 jam x 60 menit = 1440 menit

total waktu hambatan yang dapat dihindari = 70,33 menit / hari

total waktu hambatan yang tidak dapat dihindari = 479,57 menit / hari

Total Hours = 24 jam x 60 menit = 1440 menit

Hours Worked = 1440 menit – (70,33 menit + 479,57 menit)
= 890,1 menit

Repair Hours = 96 menit/ hari

Standby Hours = 48

Scheduled Hours = 1034,1 menit

We = $W_t - (W_{td} + W_{hd})$
= 1440 menit – (70,33 menit + 479,57 menit)
= 890,1 menit

MA = $\frac{\text{hours worked}}{\text{hours worked} + \text{repair hours}} \times 100\%$
= $\frac{890,1 \text{ menit}}{890,1 \text{ menit} + 96 \text{ menit}} \times 100\% = 90\%$

PA = $\frac{\text{hours worked} + \text{standby hours}}{\text{scheduled hours}} \times 100\%$
= $\frac{890,1 \text{ menit} + 48 \text{ menit}}{1034,1 \text{ menit}} \times 100\% = 91\%$

UA = $\frac{\text{hours worked}}{\text{hours worked} + \text{standby hours}} \times 100\%$

$$= \frac{890,1}{890,1 + 48} \times 100\% = 95\%$$

$$\begin{aligned} \text{Eu} &= \frac{\text{hours worked}}{\text{total hours}} \times 100\% \\ &= \frac{890,1}{1440} \times 100\% = 62\% \end{aligned}$$

Keterangan :

We = waktu kerja efektif (Jam)

Wt = waktu yang tersedia (Jam)

Whd = total waktu hambatan yang dapat dihindari (Jam)

Wtd = total waktu hambatan yang tidak dapat dihindari (Jam)

MA = Mechanical Availability (%)

PA = Physical Availability (%)

UA = Used of Availability (%)

EU = Effective Utilization (%)

L.2 Waktu kerja efektif dan efisiensi kerja alat angkut

Berdasarkan hasil pengamatan maka diperoleh efisiensi kerja alat angkut Waktu kerja efektif alat angkut dengan beberapa hambatan yang dapat ditekan dan tidak dapat ditekan

Tabel L.3

Hambatan alat angkut hino FM2 60J D

jenis hambatan	waktu (menit/hari)
hambatan yang tidak dapat dihindari	
kerusakan dan perbaikan alat	73.30
stand-by hours	67.89
rain and slippery	23.17
istirahat	268.8
jumlah	433.16
hambatan yang dapat dihindari	
terlambat kerja pada awal shift	8.03

Lanjutan Tabel L.3

berhenti sebelum waktu istirahat	15.23
terlambat kerja setelah istirahat	9.53
pengisian bahan bakar	12.5
pemeriksaan dan pemanasan alat	9.6
berhenti sebelum akhir shift	18.3
jumlah	73.2
Total Hambatan Kerja	506.36

Tabel L.4

Data hambatan waktu kerja alat angkut dumptruck hino FM 260 JD

no	terlambat kerja pada awal shift (menit)	berhenti kerja sebelum jam istirahat (menit)	terlambat kerja setelah istirahat (menit)	berhenti kerja lebih cepat di akhir shift (menit)
1	0	12	7	30
2	10	4	11	7
3	25	18	11	17
4	4	20	10	18
5	7	18	11	17
6	5	18	10	18
7	3	17	10	16
8	8	16	9	21
9	6	7	4	18
10	20	12	19	20
11	4	17	10	16
12	13	17	8	10
13	3	16	7	16
14	17	17	2	16

Lanjutan Tabel L.4

15	10	16	12	17
16	10	0	9	16
17	5	18	10	17
18	0	15	10	59
19	0	15	10	19
20	7	19	12	21
21	12	13	9	18
22	0	16	6	16
23	14	17	4	17
24	10	18	11	19
25	18	14	10	12
26	0	22	10	15
27	16	18	10	16
28	0	19	8	18
29	4	15	20	14
30	10	13	6	15
average	8,0333	15,233	9,5333	18,3
max	25	22	20	59
min	0	0	2	7
Modus dibawah rata-rata	0	15	6	16

Dari pengamatan tersebut (Tabel L.3 dan Tabel L.4) dapat ditentukan WT (waktu kerja efektif), MA (Mechanical Availability), PA (Physical Availability), UA (Used of Availibility), Effective Utilization (EU).

Dik : waktu tersedia = 24 jam x 60 menit = 1440 menit

total waktu hambatan yang dapat dihindari = 51,1 menit / hari

total waktu hambatan yang tidak dapat dihindari = 455,26 menit / hari

$$\text{Total Hours} = 24 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} = 1440 \text{ menit}$$

$$\text{Hours Worked} = 1440 \text{ menit} - (51,1 \text{ menit} + 455,26 \text{ menit}) = 933,64 \text{ menit}$$

$$\text{Repair Hours} = 67,89 \text{ menit/hari}$$

$$\text{Standby Hours} = 268,8 \text{ menit}$$

$$\text{Scheduled Hours} = 1270,33 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \text{We} &= \text{Wt} - (\text{Wtd} + \text{Whd}) \\ &= 1440 \text{ menit} - (51,1 \text{ menit} + 455,26 \text{ menit}) \\ &= 933,64 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MA} &= \frac{\text{hours worked}}{\text{hours worked} + \text{repair hours}} \times 100\% \\ &= \frac{933,64}{933,64 + 67,89} \times 100\% = 93\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PA} &= \frac{\text{hours worked} + \text{standby hours}}{\text{scheduled hours}} \times 100\% \\ &= \frac{933,64 + 268,8}{1270,33} \times 100\% = 95\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UA} &= \frac{\text{hours worked}}{\text{hours worked} + \text{standby hours}} \times 100\% \\ &= \frac{933,64}{933,64 + 268,8} \times 100\% = 78\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Eu} &= \frac{\text{hours worked}}{\text{total hours}} \times 100\% \\ &= \frac{933,64}{1440} \times 100\% = 65\% \end{aligned}$$

Keterangan :

We = waktu kerja efektif (Jam)

Wt = waktu yang tersedia (Jam)

Whd = total waktu hambatan yang dapat dihindari (Jam)

Wtd = total waktu hambatan yang tidak dapat dihindari (Jam)

MA = Mechanical Availability (%)

PA = Physical Availability (%)

UA = Used of Availability (%)

EU = Effective Utilization (%)

LAMPIRAN M
KESERASIAN KERJA AKTUAL ALAT GALI MUAT
DAN ALAT ANGKUT

Nilai keserasian kerja (match factor) dari rangkaian alat mekanis dapat diketahui menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$MF = \frac{Ctm \times N \times Na}{Cta \times Nm}$$

Keterangan :

Mf = faktor keserasian kerja match factor

Ctm = waktu edar alat gali muat, menit

Cta = waktu edar alat angkut , menit

Na = jumlah alat angkut dalam kombinasi kerja ,unit

Nm = jumlah alat muat dalam kombinasi kerja , unit

N = banyaknya pengisian bucket untuk memenuhi 1 bak angkut

Keserasian kerja excavator sany dengan dumptruck hino fm260 jd. Diketahui :

Na = 6

Nm = 1

N = 4

Ctm = 16

= 4 bucket x 16

$$= 64 \text{ detik atau } 1,06 \text{ menit}$$

$$Cta = 35,7 \text{ menit}$$

$$MF = \frac{1,06 \times 6}{35,7 \times 1}$$
$$= 0,17$$

Karena nilai MF kurang dari 1 , maka kerja dari alat gali muat kurang dari 100% karena ada waktu tunggu dari alat gali muat tersebut dikarenakan kurangnya jumlah alat angkut .

Waktu tunggu untuk alat gali muat excavator sany pc 315 adalah :

$$Wtm : \frac{Nm \times Cta}{Na - Ctm}$$

$$: \frac{1 \times 35,7}{6 - 106}$$

$$: 4,91 \text{ menit}$$

LAMPIRAN N
PRODUKSI ALAT ANGKUT SETELAH PENAMBAHAN
JUMLAH CURAH

Kemampuan produksi alat angkut dump truck dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$Pta = \frac{60}{Cta} \times Ca \times E \times SF \times Dloose$$

Keterangan :

Produktifitas dump truck

Waktu edar dump truck	=	35,7 menit
Jumlah alat angkut	=	6
Kapasitas bucket	=	2,2 m ³
Faktor pengisian	=	104%
Banyaknya pemuatan bucket ke bak truck	=	5
Efisiensi kerja	=	65%
Density loose	=	1,59 ton / m

Perhitungan produksi alat angkut hino 500 jd 260fm setelah dilakukan penambahan jumlah curah adalah :

$$Ca = 5 \text{ kali pemuatan} \times 1,5\text{m}^3 \times 104\% = 11,4 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 Pa &= 60 \text{ menit / jam} / 35,7 \text{ menit} \times 11,4 \text{ m}^3 \times 65\% \times 1,59 \text{ ton/m}^3 \times 1 \text{ DT} \\
 &= 19,29 \text{ ton / jam} \quad 1 \text{ unit} \\
 &= 19,29 \text{ ton / jam} - 0,34 \text{ ton dead load perjam} \\
 &= 18,95 \text{ ton / jam}
 \end{aligned}$$

Produksi untuk 6 unit alat angkut dump truck hino 500 adalah berikut :

$$\begin{aligned}
 Pa &= 6 \text{ unit} \times 18,95 \text{ ton / jam} \\
 &= 113,74 \text{ ton/jam} \times 720 \text{ jam} \\
 &= 81.894,75 \text{ ton / bulan}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN O
KESERASIAN KERJA ALAT GALI MUAT
DAN ALAT ANGKUT SETELAH PERBAIKAN PENAMBAHAN
JUMLAH CURAH DAN EFISIENSI KERJA

Nilai keserasian kerja (match factor) dari rangkaian alat mekanis dapat diketahui menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$MF = \frac{Ctm \times N \times Na}{Cta \times Nm}$$

Keterangan :

Mf = faktor keserasian kerja match factor

Ctm = waktu edar alat gali muat, menit

Cta = waktu edar alat angkut , menit

Na = jumlah alat angkut dalam kombinasi kerja ,unit

Nm = jumlah alat muat dalam kombinasi kerja , unit

N = banyaknya pengisian bucket untuk memenuhi 1 bak angkut

Keserasian kerja excavator sany dengan dumptruck hino fm260 jd. Diketahui :

Na = 6

Nm = 1

N = 5

$$\begin{aligned}
 Ctm &= 16 \\
 &= 5 \text{ bucket} \times 16 \\
 &= 78,60 \text{ detik atau } 1,31 \text{ menit} \\
 Cta &= 35,7 \text{ menit} \\
 MF &= \frac{1,31 \times 6}{35,7 \times 1} \\
 &= 0,22
 \end{aligned}$$

Karena nilai MF kurang dari 1 , maka kerja dari alat gali muat kurang dari 100% karena ada waktu tunggu dari alat gali muat tersebut dikarenakan kurangnya jumlah alat angkut Walaupun setelah perbaikan.

Waktu tunggu untuk alat gali muat excavator sany pc 315 adalah :

$$\begin{aligned}
 Wtm &: \frac{Nm \times Cta}{Na - Ctm} \\
 &: \frac{1 \times 35,7}{6 - 1} \\
 &: 4,65 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN P
EFISIENSI KERJA ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT
SETELAH PERBAIKAN

P.1. Efisiensi Alat Muat Setelah Perbaikan

Hambatan yang dapat ditekan adalah semua hambatan yang terjadi karena pengaturan yang kurang baik dengan pengaturan jadwal yang disiplin. Oleh karena itu dilakukan pengurangan waktu pada hambatan yang dapat ditekan dengan menggunakan nilai yang paling sering muncul (modus) dibawah nilai rata-rata pada waktu hambatan, agar efisiensi kerja mengalami peningkatan. Sedangkan hambatan yang tidak dapat ditekan adalah hambatan yang terjadi diluar perkiraan misalnya perlakuan terhadap alat, antara lain waktu alat untuk mengisi bahan bakar, waktu persiapan ke permukaan kerja, dan waktu untuk penempatan alat pada lokasi atau pindah tempat kerja. Besarnya pengurangan hambatan kerja pada alat gali muat setelah dilakukan perbaikan dapat dilihat pada Tabel P.1

Tabel P.1

Hambatan Alat Gali Muat Setelah Perbaikan Waktu Kerja Efektif

jenis hambatan	waktu (menit/hari)	
	Sebelum	setelah
hambatan yang tidak dapat dihindari		
kerusakan dan perbaikan alat	96	96
rain and slippery	23.17	23.16
standby alat	48	48
istirahat	268.8	268.8
jumlah	435.97	435.96
hambatan yang dapat dihindari		
terlambat kerja pada awal shift	8.5	5.0
berhenti sebelum waktu istirahat	13.37	13
terlambat kerja setelah istirahat	9.5	4.0

Lanjutan Tabel P.1

berhenti sebelum akhir shift	16.77	15
pengisian bahan bakar	12.50	10
pemeriksaan dan pemanasan alat	9.93	5
pemindahan posisi alat dan perbaikan front	21.17	12
stock ore	22.2	5.0
jumlah	113.93	69
total kehilangan waktu	549.	504.96
waktu tersedia dalam satu hari kerja	1440	
efisiensi kerja	62%	65%
efisiensi kerja (Menit)	890.1	935.04

Dari pengamatan Tabel P.1 dapat ditentukan waktu kerja efektif dan efisiensi kerja setelah dilakukan perbaikan terhadap hambatan-hambatan yang dapat dihindari.

- a. waktu tersedia, w_t
 $= 24 \text{ jam/ hari} \times 60 \text{ menit/jam} = 1440 \text{ menit/ hari}$
- b. waktu hambatan yang dapat dihindari, W_{hd}
 $= 42 \text{ menit/ hari}$
- c. total waktu hambatan yang tidak dapat dihindari, W_{td}
 $= 462,96 \text{ menit/hari}$
- d. Total Waktu Hambatan
 $= 42 \text{ menit} + 462,96 \text{ menit} = 504,96 \text{ menit}$
- e. Waktu kerja Efektif, W_e
 $W_t - (W_{td} - W_{hd})$
 $1440 \text{ menit/hari} - (462,96 \text{ menit/hari} + 42 \text{ menit}) = 935,04 \text{ menit/hari}$
- f. Efisiensi kerja
 W_e / W_t
 $935,04 \text{ menit/hari} / 1440 \text{ menit/hari} = 65\%$

Hours worked = 935,04 menit

Repair = 96 menit

Standby hours = 48 menit

Scheduled hours = 1079,04 menit

$$MA = \frac{935,04}{1031,04} = 91\%$$

$$PA = \frac{983,04}{1079,04} = 91\%$$

$$UA = \frac{935,04}{983,04} = 95\%$$

$$EU = \frac{935,04}{1440} = 65\%$$

P.2 Waktu kerja efektif dan efisiensi kerja alat angkut

Untuk alat angkut efisiensi kerja setelah perbaikan berdasarkan nilai modus dibawah rata-rata yang paling sering muncul adalah sebagai berikut

Tabel P.2

Hambatan Alat Angkut Setelah Perbaikan Waktu Kerja Efektif

jenis hambatan	waktu (menit/hari)	
	sebelum	setelah
hambatan yang tidak dapat dihindari		
kerusakan dan perbaikan alat	73.30	73.30
rain and slippery	23.16	23.16
stand-by hours	67.89	67.89
istirahat	268.8	268.8
jumlah	433.16	433.16
hambatan yang dapat dihindari		
terlambat kerja pada awal shift	8.033	0
berhenti sebelum waktu istirahat	15.23	15
terlambat kerja setelah istirahat	9.53	6
pengisian bahan bakar	12.5	10
pemeriksaan dan pemanasan alat	9.6	5
berhenti sebelum akhir shift	18.3	16
jumlah	73.2	52
total kehilangan waktu	506.36	485.16
waktu tersedia	1440	
efisiensi kerja	65%	66.3%
efisiensi kerja (Menit)	933.64	954.84

Dari pengamatan Tabel P.2 dapat ditentukan waktu kerja efektif dan efisiensi kerja setelah dilakukan perbaikan terhadap hambatan-hambatan yang dapat dihindari.

- a. waktu tersedia, wt
 $= 24 \text{ jam/ hari} \times 60 \text{ menit/jam} = 1440 \text{ menit/ hari}$
- b. waktu hambatan yang dapat dihindari, Whd
 $= 37 \text{ menit/ hari}$
- c. total waktu hambatan yang tidak dapat dihindari, Wtd
 $= 448,16 \text{ menit/hari}$
- d. Total Waktu Hambatan
 $= 37 \text{ menit} + 448,16 \text{ menit} = 485,16 \text{ menit}$
- e. Waktu kerja Efektif, We
 $Wt - (Wtd - Whd)$
 $1440 \text{ menit/hari} - (448,16 \text{ menit / hari} + 37 \text{ menit}) = 954,84 \text{ menit/hari}$
- f. Efisiensi kerja
 We/Wt
 $954,84 \text{ menit / hari} / 1440 \text{ menit/hari} = 66,3\%$

Hours worked = 954,84 menit

Repair = 73,3033 menit

Standby hours = 67,89 menit

Scheduled hours = 1096,033 menit

$$MA = \frac{954,84}{1028,1435} = 93\%$$

$$PA = \frac{1022,73}{1096,0333} = 93\%$$

$$UA = \frac{954,84}{1022,73} = 93\%$$

$$EU = \frac{954,84}{1440} = 66,3\%$$

Tabel P.3

Peningkatan Efisiensi Kerja

jenis alat	efisiensi kerja sebelum perbaikan	efisiensi kerja setelah perbaikan
Excavator Sany PC300	62%	65%
Dumptruck Hino FM260JD	65%	66,3%

LAMPIRAN Q
PRODUKSI ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT SETELAH
PERBAIKAN EFISIENSI KERJA

Q.1. Perhitungan Produksi Alat Muat Excavator Sany PC300

Kemampuan produksi nyata alat muat adalah besarnya Produksi yang dapat dicapai dengan kenyataan kerja alat muat berdasarkan kondisi yang dicapai saat ini. Dari data di lapangan dapat dihitung :

Produksi Excavator

Waktu edar alat muat sekali pemuatan (C_{tm})= 16 detik

Kapasitas *bucket* (C_{am}) = 2,2 m³

Faktor pengisian *bucket* (F) = 104%

Efisiensi kerja (E) = 65%

Swell Faktor = 98%

Density loose = 1,59 ton / m³

$$\begin{aligned} P_{tm} &= \frac{3600}{C_{tm}} \times C_{am} \times F \times E \times SF \times \text{density loose} \\ &= \frac{3600}{16} \times 2,2 \times 1,04 \times 0,65 \times 0,98 \times 1,59 \end{aligned}$$

$$= 527,83 \text{ ton/jam}$$

Produksi alat gali-muat adalah sebesar 527,83 ton/jam.

Total Produksi Alat Gali-muat

$$= 527,83 \text{ Ton/Jam} \times 720 \text{ Jam (Total jam kerja 1 Bulan) .}$$

$$= 380.041,82 \text{ Ton/Bulan}$$

Q.2. Perhitungan Produksi Alat Angkut Dumptruck Hino FM260JD

Produksi alat angkut dapat dihitung berdasarkan data pengamatan lapangan sebagai berikut :

Waktu edar <i>dump truck</i> (Cta)	= 35,7 menit
Jumlah alat angkut (Na)	= 6
Kapasitas <i>bucket</i> (Cam)	= 2,2 m ³
Faktor pengisian (F)	= 104%
Banyaknya pemuatan <i>bucket</i> ke bak <i>truck</i> (n)	= 4
Efisiensi Kerja (E)	= 66,3%
Swell Faktor	= 0,98
Density loose	= 1,59 m ³
Ca	= N x Cam x F
	= 4 x 2,2 x 1,04
Ca	= 9,12
Pta	= 60/35,7 x 9,12 x 0,663 x 0,98 x 1,59
	= 15,78 ton/jam (Untuk 1 unit Alat)
	= 15,78 ton / jam – 0,34 ton dead load
	= 15,44 ton / jam

Sehingga Produksi alat angkut perjam = 92,68 ton/jam (Untuk 6 Unit alat)

Total produksi Alat amgkut

$$= 92,68 \text{ Ton/jam} \times 720 \text{ Jam (total jam kerja 1 bulan)}$$

$$= 66.736,38 \text{ Ton/Bulan}$$

LAMPIRAN R
PRODUKSI ALAT ANGKUT SETELAH PENAMBAHAN
JUMLAH CURAH DAN EFISIENSI KERJA

Kemampuan produksi alat angkut dump truck setelah dilakukan perbaikan penambahan jumlah curah dan efisiensi kerja dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$Pta = \frac{60}{cta} \times Ca \times E \times SF \times Dloose$$

Keterangan :

Produksi dumpt truck

Waktu edar dump truck	=	35,7 menit
Jumlah alat angkut	=	6
Kapasitas bucket	=	2,2 m ³
Faktor pengisian	=	104%
Banyaknya pemuatan bucket ke bak truck	=	5
Efisiensi kerja	=	66,3%
Density loose	=	1,59 ton / m

Perhitungan produksi alat angkut hino 500 jd 260fm setelah dilakukan penambahan jumlah curah adalah :

$$Ca = 5 \text{ kali pemuatan} \times 2,2 \text{ m}^3 \times 110\% = 11,4 \text{ m}^3$$

Pa
dump truck

$$= 60 \text{ menit / jam} / 35,7 \text{ menit} \times 11,4 \text{ m}^3 \times 66,3\% \times 1,59 \text{ ton/m}^3 \times 1 \text{ unit}$$

$$= 19,73 \text{ ton / jam} \text{ 1 unit} - 0,34 \text{ dead load per jam}$$

$$= 19,39 \text{ ton / jam}$$

Produksi untuk 6 unit alat angkut dump truck hino 500 adalah berikut :

Pa

$$= 6 \text{ unit} \times 19,39 \text{ ton / jam}$$

$$= 116,37 \text{ ton/jam} \times 720 \text{ jam}$$

$$= 83.787,67 \text{ ton / bulan}$$

LAMPIRAN S
PETA JALAN ANGKUT PIT DENVER

9636814

9636414

9636014

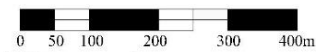


419360

419760

420160

PETA TOPOGRAFI
 PT. MAKMUR LESTARI PRIMATAMA
 SITE MOLORE, KECAMATAN LANGGIKIMA
 KABUPATEN KONAWA UTATA
 SULAWESI TENGGARA
 2021



KETERANGAN :

- | | | | |
|--|-----------------------|---|---------------------------|
| | : Jalan Tambang | | : Request Level |
| | : Kontur Interval | | : Jalan Angkut Penelitian |
| | : Kantor dan mess MLP | | : Segmen Jalan Angkut |
| | : Kantor dan mess HJS | | |
| | : Toe | 1 | : ETO Hawaii |
| | : Crest | 2 | : Waste Dump Kansas |
| | | 3 | : ETO Densel |
| | | 4 | : Waste Dump Sequec II |
| | | 5 | : Area Pembibitan |
| | | 6 | : Pos Keamanan |

NAMA : **ARDIAN AJIE AKSYAL**
 NIM : **112170047**

PROGRAM SARJANA
 PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
 JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
 FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
 UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
 YOGYAKARTA
 2021