

**ANALISIS KONSUMSI BAHAN BAKAR ALAT ANGKUT
KOMATSU HM 400-3R PADA PENGUPASAN *OVERBURDEN*
BULAN MARET 2019 TAMBANG BATUBARA DI *PIT GS*
JOBSITE LHI PT. MITRA INDAH LESTARI, KOTA
SAMARINDA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

SKRIPSI

Oleh :

**BAMA NURROCHMAN
112 15 0087**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2019**

**ANALISIS KONSUMSI BAHAN BAKAR ALAT ANGKUT
KOMATSU HM 400-3R PADA PENGUPASAN *OVERBURDEN*
BULAN MARET 2019 TAMBANG BATUBARA DI *PIT GS*
JOBSITE LHI PT. MITRA INDAH LESTARI, KOTA
SAMARINDA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

SKRIPSI

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

Oleh :

**BAMA NURROCHMAN
112 15 0087**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA
2019**

**ANALISIS KONSUMSI BAHAN BAKAR ALAT ANGKUT
KOMATSU HM 400-3R PADA PENGUPASAN *OVERBURDEN*
BULAN MARET 2019 TAMBANG BATUBARA DI *PIT GS*
JOBSITE LHI PT. MITRA INDAH LESTARI, KOTA
SAMARINDA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

Oleh :

BAMA NURROCHMAN
NPM : 112150087



Disetujui untuk
Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Tanggal

Pembimbing I,

(Ir. Raden Hariyanto, MT)

Pembimbing II,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ketut Gunawan', written over a large, stylized loop.

(Ir. Ketut Gunawan, MT)

*“Wahai Tuhanku. Aku Bukanlah Ahli
Surga, Tapi Aku Tidak Kuat Jika
Dalam Neraka. Oleh Karena Itu
Berikan Padaku Kekuatan Bertobat dan
Ampunilah Dosa-Dosaku”
(Syair Al-I'tiraaf)*

Skripsi ini dipersembahkan untuk
Bapak Sukadi
Ibu Binti Salbiyah
Kakak Imam Surya Anugra
dan Adik Fadila Binka Rahmanasti

RINGKASAN

PT. Mitra Indah Lestari (MIL) merupakan perusahaan pertambangan yang bergerak sebagai penyedia jasa usaha pertambangan (kontraktor). Lokasi penelitian berada pada *pit* GS *Jobsite* LHI, Kecamatan Samarinda Utara, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. PT. Mitra Indah Lestari dalam melakukan proses penambangannya menerapkan sistem tambang terbuka dengan metode *stripe mine*. Kegiatan pengupasan *overburden* dilakukan menggunakan kombinasi alat gali dan muat Excavator Doozan S500LC dan alat angkut Komatsu HM400-3R.

Lokasi penelitian dibagi menjadi dua dengan tempat *front* kerja, *jalan*, dan *disposal* yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian di lapangan, terdapat geometri jalan angkut yang tidak sesuai dengan standar diantaranya; terdapat beberapa segmen jalan angkut yang memiliki lebar jalan minimum kurang dan kemiringan jalan melebihi 8%. Selain itu, masih terdapat amblasan jalan yang melebihi dari 5cm (*high severity*). Faktor-faktor lainnya yang mempengaruhi bertambahnya konsumsi bahan bakar ialah; *percepatan*, RPM, beban kerja, dan *brake horsepower* mesin. Permasalahan yang muncul ialah konsumsi dan/atau rasio bahan bakar melebihi standar perusahaan, tercatat data pada bulan Maret 2019 konsumsi dan rasio bahan bakar alat angkut mencapai 29,11 liter/jam dan 0,47 liter/BCM dari standarnya yaitu 25 liter/jam dan 0,35 liter/BCM.

Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh kondisi jalan angkut terhadap konsumsi bahan bakar alat angkut. Setelah dilakukan perhitungan, diketahui bahwa setiap penambahan 1% *rolling resistance* maka konsumsi bahan bakar akan bertambah sebesar 1,20 liter/jam, sedangkan setiap penambahan 1% *grade resistance* maka konsumsi bahan bakar akan bertambah sebesar 0,65 liter/jam. Perhitungan teori konsumsi bahan bakar dilakukan menggunakan dua metode yaitu berdasarkan rimpul dan RPM. Diketahui bahwa konsumsi bahan bakar pada dua jalan angkut berdasarkan perhitungan rimpul ialah 27,11 liter/jam dan 29,41 liter/jam, sedangkan berdasarkan RPM ialah 32,39 liter/jam dan 34,02 liter/jam.

Setelah dilakukan perbaikan pada geometri jalan terdiri dari pelebaran jalan angkut dan kemiringan jalan angkut $\leq 8\%$ serta amblasan jalan angkut $\leq 5\text{cm}$ atau berada pada *medium severity* akan menurunkan konsumsi bahan bakar dan produktivitas bertambah. Berdasarkan perhitungan dengan rekomendasi tersebut, konsumsi bahan bakar menggunakan perhitungan rimpul pada dua jalan yaitu; 24,81 liter/jam dan 24,69 liter/jam sedangkan rasio bahan bakar turun menjadi 0,348 liter/BCM dan 0,310 liter/BCM.

Kata Kunci: *rolling resistance*, *grade resistance*, *rpm*, produktivitas, konsumsi bahan bakar dan rasio bahan bakar.

SUMMARY

PT. Mitra Indah Lestari (MIL) is a mining company that operates as a provider of mining business services (contractors). The research location is in the pit GS Jobsite LHI, North Samarinda District, Samarinda City, East Kalimantan Province. PT. Mitra Indah Lestari in its mining process applies an open pit mining system using the stripe mine method. Overburden stripping is carried out using a combination of a digging and loading Doozan S500LC excavator and the Komatsu HM400-3R conveyance.

The research location is divided into two with different work fronts, roads, and disposal sites. Based on the results of research in the field, there is a haul road geometry that is not by standards including; there are several haul road segments that have a minimum road width that is less and the road slope exceeds 8%. Besides, there are still road subsidence over 5cm (high severity). Other factors that influence the increase in fuel consumption are; acceleration, RPM, workload, and engine brake horsepower. The problem that arises is the consumption and/or fuel ratio exceeds company standards, the data recorded in March 2019 consumption and fuel transport ratio reached 29.11 liters/hour and 0.47 liters / BCM from the standard that is 25 liters/hour and 0.35 liter / BCM.

The analysis was carried out to determine the effect of the haul road conditions on the fuel consumption of the conveyance. After calculating, it is known that for each addition of 1% rolling resistance, fuel consumption will increase by 1.20 liters/hour, while for each addition of 1% grade resistance, fuel consumption will increase by 0.65 liters/hour. The calculation of fuel consumption theory is done using two methods, namely based on the rimpull and RPM. It is known that the fuel consumption on two haul roads based on the calculation of the rimpull is 27.11 liters/hour and 29.41 liters/hour, while based on the RPM is 32.39 liters/hour and 34.02 liters/hour.

After repairs to the geometry of the road consisting of the widening of the haul road and the slope of the haul road $\leq 8\%$ and the haul road hauling $\leq 5\text{cm}$ or being on medium severity will reduce fuel consumption and increase productivity. Based on calculations with these recommendations, fuel consumption on two roads with rimpull calculation namely; 24.81 liters/hour and 24.69 liters/hour while the fuel ratio dropped to 0.348 liters / BCM and 0.310 liters / BCM.

Keywords: rolling resistance, grade resistance, rpm, productivity, fuel consumption, and fuel ratio.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Konsumsi Bahan Bakar Komatsu HM 400-3R pada Pengupasan *Overburden* Bulan Maret 2019 Tambang Batubara di *Pit GS Jobsite* LHI, PT. Mitra Indah Lestari, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur” yang dimulai dari tanggal 4 Maret 2019. Laporan skripsi ini merupakan syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

Atas selesainya penyusunan skripsi ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Mohamad Irhas Effendi, MS, Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta,
2. Bapak Dr. Ir. Suharsono, MT, Dekan Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta,
3. Bapak Dr. Edy Nursanto, ST. MT, Ketua Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta,
4. Bapak Ir. Wawong Dwi Ratminah, MT, Koordinator Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta,
5. Bapak Ir. Raden Hariyanto, MT, selaku Pembimbing I,
6. Bapak Ir. Ketut Gunawan, MT, selaku Pembimbing II,
7. Bapak Agus Malahadi, *Operational Manajer* PT. Mitra Indah Lestari,
8. Bapak Heri Setiawan selaku pembimbing lapangan PT. Mitra Indah Lestari.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk para pengguna dan pembaca di bidang pertambangan, khususnya analisis konsumsi bahan bakar alat angkut.

Yogyakarta, September 2019

Penulis

Bama Nurrochman

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
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metodologi penelitian	2
1.6. Manfaat Penelitian	4
1.7. Diagram Alir Penelitian	5
II. TINJAUAN UMUM	7
2.1. Gambaran Perusahaan dan Kesampaian Daerah Penelitian.....	7
2.2. Iklim dan Curah Hujan	9
2.3. Tinjauan Geologi	9
2.4. Kegiatan Penambangan	12
III. DASAR TEORI	18
3.1. Pengangkutan Lapisan Penutup	18
3.2. Faktor-Faktor Pengaruh Pengangkutan Lapisan Penutup.....	18
3.3. Faktor-Faktor Pengaruh Produktivitas Alat Angkut	28
3.4. Kemampuan Produksi Alat Angkut	30
3.5. Pengaruh Tahanan Gaya Gerak Kendaraan	31
3.6. Faktor-Faktor Pengaruh Konsumsi Bahan Bakar	34
3.7. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar	38
3.8. Rasio Bahan Bakar Alat Angkut.....	38
3.9. Teori Korelasi	39

	Halaman
IV. HASIL PENELITIAN	40
4.1. Kondisi <i>Front</i> Kerja.....	40
4.2. Kondisi Jalan Angkut.....	41
4.3. Kemampuan Produksi Alat angkut.....	45
4.4. Konsumsi Bahan Bakar Alat Angkut.....	47
V. PEMBAHASAN	52
5.1. Faktor-Faktor Pengaruh Tingkat Konsumsi Bahan Bakar.....	52
5.2. Analisis Konsumsi Bahan Bakar	58
5.3. Perbaikan Rasio Bahan Bakar.....	61
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	66
6.1. Kesimpulan.	64
6.2. Saran.	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Peta Lokasi Daerah Penelitian	8
2.2. Grafik Curah Hujan Bulanan Maksimum Periode 2009-2018.....	9
2.3. Stratigrafi Cekungan Kutai.....	11
2.4. Kegiatan <i>Land Clearing</i>	12
2.5. Ketebalan Tanah Pucuk.....	13
2.6. Kegiatan Pengupasan Tanah Pucuk	13
2.7. Kegiatan Pemuatan Lapisan Penutup (<i>Overburden</i>).....	14
2.8. Kegiatan Pengangkutan Lapisan Penutup (<i>Overburden</i>).....	15
2.9. Kegiatan Penimbunan Lapisan Penutup (<i>Overburden</i>).....	15
2.10. Kegiatan Penggalian Batubara	16
2.11. Kegiatan Pemuatan Batubara	16
2.12. Diagram Alir Pengolahan.....	17
3.1. Dimensi <i>Front Kerja</i>	19
3.2. Lebar Jalan Alat Angkut Lurus	20
3.3. Lebar Jalan Angkut Tikungan	20
3.4. Jari-Jari Lintasan Alat Angkut	22
3.5. Gaya-Gaya yang Bekerja pada Superelevasi Alat Angkut.....	22
3.6. Kemiringan Jalan Angkut (<i>Grade</i>).....	23
3.7. Susunan Lapisan Perkerasan Lentur.....	27
3.8. Perubahan Volume Tanah	30
3.9. Gaya yang Bekerja pada Putaran Roda (Jackson et al. 2011).....	31
3.10. Perputaran Engkol Mesin	35
4.1. Grafik Konsumsi Bahan Bakar Alat Angkut HM 400-3R bulan Maret 2019	47
5.1. Grafik Analisis Hubungan antara <i>Rolling Resistance</i> dengan <i>Fuel Consumption</i>	55
5.2. Grafik Analisis Hubungan antara <i>Grade Resistance</i> dengan <i>Fuel Consumption</i>	56

5.3.	Grafik Hubungan antara Konsumsi Bahan Bakar dengan Keadaan Alat angkut berdasarkan Perhitungan Rimpul	60
------	---	----

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Daya Dukung Material.....	25
3.2 Faktor Pengisian <i>Bucket</i> (<i>Bucket fill factor</i>)	30
3.3 Tabel Empirik Penentuan <i>Rolling Resistance</i>	32
3.4 Parameter Kerusakan Jalan Angkut	34
3.5 Tabel <i>rate</i> percepatan untuk setiap berat 1 Ton	36
4.1 Lebar Jalan Angkut Jalan 1	42
4.2 Lebar Jalan Angkut Jalan 2	42
4.3 Kemiringan Setiap Segmen Jalan Angkut (jalan 1)	43
4.4 Kemiringan Setiap Segmen Jalan Angkut (jalan 2)	43
4.5 Nilai <i>Rolling Resistance</i> Empirik (jalan 1)	44
4.6 Nilai <i>Rolling Resistance</i> Empirik (jalan 2)	44
4.7 Perhitungan <i>Grade Resistance</i> (jalan 1).....	45
4.8 Perhitungan <i>Grade Resistance</i> (jalan 2).....	45
4.9 Waktu Edar Rata-Rata Alat Angkut.....	46
4.10 Produktivitas Alat Angkut Teori dan Aktual	47
4.11 Perhitungan <i>Load Factor</i> Berdasarkan rimpul yang Digunakan (jalan 1) .	48
4.12 Perhitungan <i>Load Factor</i> Berdasarkan rimpul yang Digunakan (jalan 2) .	48
4.13 Perhitungan <i>Load Factor</i> Berdasarkan RPM (jalan 1).....	49
4.14 Pehitungan <i>Load Factor</i> Berdasarkan RPM (jalan 2).....	49
4.15 Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Rimpul	50
4.16 Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan RPM	50
4.17 Rasio Bahan Bakar Alat Angkut (jalan 1).....	51
4.18 Rasio Bahan Bakar Alat Angkut (jalan 2).....	51
5.1 Rasio Bahan Bakar Alat Angkut setelah Perbaikan (jalan 1)	63
5.2 Rasio Bahan Bakar Alat Angkut setelah Perbaikan (jalan 2)	63

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	Halaman
A. DATA CURAH HUJAN.....	69
B. JAM HARI & EFEKTIVITAS KERJA.....	71
C. <i>SWELL FACTOR</i>	73
D. SPESIFIKASI ALAT ANGKUT.....	76
E. SPESIFIKASI ALAT MUAT.....	78
F. WAKTU EDAR ALAT MUAT.....	80
G. WAKTU EDAR ALAT ANGKUT	82
H. PERHITUNGAN GEOMETRI JALAN.....	85
I. JARI-JARI TIKUNGAN & SUPERELEVASI.....	88
J. PERHITUNGAN BEBAN LUAS KONTAK	90
K. PERHITUNGAN RIMPUL TERSEDIA ALAT ANGKUT	93
L. PERHITUNGAN <i>BRAKE HORSEPOWER</i>	95
M. KEMAMPUAN TANJAKAN ALAT ANGKUT.....	96
N. PERHITUNGAN <i>ROLLING RESISTANCE</i> ALAT ANGKUT METODE EMPIRIK.....	99
O. PERHITUNGAN <i>GRADE RESISTANCE</i> ALAT ANGKUT	103
P. PRODUKTIVITAS AKTUAL ALAT ANGKUT.....	107
Q. PRODUKTIVITAS TEORI ALAT ANGKUT	110
R. RASIO WAKTU ALAT ANGKUT SETIAP 1 JAM.....	111
S. KONSUMSI BAHAN BAKAR AKTUAL ALAT ANGKUT.....	113
T. KONSUMSI BAHAN BAKAR TEORI ALAT ANGKUT BERDASARKAN PERHITUNGAN RIMPUL	116
U. KONSUMSI BAHAN BAKAR ALAT ANGKUT BERDASARKAN PERHITUNGAN RPM.....	126
V. PRODUKSI TEORI ALAT ANGKUT SETELAH PERBAIKAN JALAN ANGKUT	134
W. RASIO WAKTU ALAT ANGKUT SETIAP 1 JAM SETELAH PERBAIKAN.....	135

	Halaman
X. KONSUMSI BAHAN BAKAR TEORI SETELAH PERBAIKAN JALAN ANGKUT	137
Y. PETA JALAN ANGKUT <i>OVERBURDEN</i>	148

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Mitra Indah Lestari (MIL) merupakan perusahaan pertambangan yang bergerak sebagai penyedia jasa usaha pertambangan (kontraktor). PT. Mitra Indah Lestari dipercaya oleh PT. Lana Harita Indonesia sebagai pemegang Perjanjian Karya Pengusahaan Penambangan Batubara (PKP2B) dalam penambangan Batubara.

PT. Mitra Indah Lestari dalam melakukan proses penambangannya menerapkan sistem tambang terbuka dengan metode *stripe mine*. PT. Mitra Indah Lestari memulai proses penambangan dengan mengupas tanah pucuk dan *overburden* menggunakan alat muat Excavator Doosan S500LC dan Excavator Hyundai 480LC, sedangkan alat angkut yang digunakan yaitu: Scania, Komatsu HM 400-3, dan Terex 50. Selanjutnya, PT. Mitra Indah Lestari menambang batubara menggunakan alat gali dan muat Excavator Komatsu PC 200 sedangkan alat angkut yang digunakan ialah Dumptruck Hino 320TI.

PT. Mitra Indah Lestari memiliki beberapa *pit* pada *Jobsite* Lana Harita Indonesia (LHI) diantaranya: Pit Selolay, Pit GS, dan Pit New. Penelitian dilakukan di Pit GS dengan *front* kerja dua tempat yang berbeda, satu diantaranya mempunyai karakteristik kemiringan yang relatif lebih landai dan amblesan jalan yang lebih dalam.

Adanya perbedaan karakteristik kedua kondisi jalan angkut *overburden* menyebabkan *load factor* pada mesin alat angkut berbeda satu sama lain. Jika *load factor* pada mesin tinggi maka tingkat konsumsi dan rasio bahan bakar alat angkut semakin tinggi. Terdapat beberapa kasus konsumsi dan rasio bahan bakar melebihi standar perusahaan yaitu 27 liter/jam dan 0,47 liter/BCM dari standarnya 25 liter/jam dan 0,35liter/BCM. Oleh karena itu, perlu dilakukannya analisis konsumsi bahan bakar agar konsumsi dan rasio bahan bakar tidak melebihi standar perusahaan.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan hasil penelitian di lapangan, diketahui geometri dan amblesan jalan alat angkut tidak sesuai dengan standar perusahaan mengakibatkan konsumsi bahan bakar bertambah. Penambahan konsumsi bahan bakar yang tidak diimbangi dengan penambahan produksi *overburden* mengakibatkan tingginya rasio bahan bakar alat angkut.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar alat angkut.
2. Menganalisis konsumsi dan rasio bahan bakar alat angkut.
3. Memperoleh perbaikan konsumsi dan rasio bahan bakar alat angkut yang lebih efektif.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Perhitungan konsumsi bahan bakar digunakan dengan dua metode yaitu; perhitungan rimpul dan penggunaan RPM.
2. Faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar hanya didasarkan pada beberapa parameter, yaitu geometri jalan, kondisi permukaan jalan, rpm, dan *idle time*.
3. Pengaturan alat angkut Komatsu HM 400-3R diatur dengan kondisi mesin standar tanpa mengalami perubahan.
4. Data yang didapatkan hanya pada *shift* kerja siang, yaitu dari 06.00 WITA sampai 18.00 WITA.

1.5 Metode Penelitian

Tahap-tahap penelitian yang diterapkan pada penelitian kali ini mengacu pada lima hal pokok, antara lain :

1. Studi Literatur

Dilakukan dengan mencari dan mengumpulkan data yang berkaitan dengan penelitian antara lain berasal dari literatur materi penelitian, *paper*, buku referensi dan SOP dari PT. Mitra Indah Lestari serta skripsi di perpustakaan

Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

2. Orientasi

Menentukan lokasi untuk dijadikan lokasi penelitian agar mendukung kegiatan studi lapangan.

3. Studi Lapangan

Dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung dilapangan dan mencari informasi pendukung yang berkaitan dengan masalah yang akan dibahas dengan bimbingan pembimbing lapangan.

4. Pengumpulan Data

Adapun data yang dikumpulkan terdiri dari data primer, dan data sekunder berikut merupakan data-data yang diambil, yaitu :

a. Data Primer :

Data Primer adalah data yang diperoleh dan dikumpulkan langsung dari sumbernya. Data Primer yang diambil pada saat penelitian adalah sebagai berikut :

- 1) Kondisi *Front* dan *disposal* Penambangan.
- 2) Geometri Jalan Angkut.
- 3) Waktu Edar *Dumptruck*.
- 4) Data RPM Alat Angkut.
- 5) Data Amblasan Jalan Angkut.
- 6) Data koordinat setiap segmen pada jalan angkut.

b. Data Sekunder :

Data yang diperoleh atau dikumpulkan peneliti dari berbagai sumber yang telah ada. Data Sekunder yang didapatkan pada saat penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Peta Kesampaian Daerah dan *Layout* Penambangan areal tambang Pit GS PT. Mitra Indah Lestari.
- 2) Data curah hujan sepuluh tahun terakhir.
- 3) Spesifikasi alat gali-muat dan alat angkut, yaitu dozaan S 500-LC dan Komatsu HM 400-3R.
- 4) Produktivitas aktual alat angkut Komatsu HM 400-3R bulan Maret 2019.

- 5) Jam kerja aktual alat angkut Komatsu HM 400-3R bulan Maret 2019.
- 6) Konsumsi bahan bakar aktual Komatsu HM 400-3R bulan Maret 2019.

5. Pengolahan Data

Pengelolaan data dilakukan dengan menggunakan program *Autocad 2007* untuk pembuatan peta jalan angkut *overburden* dan *Microsoft Excel 2016* untuk perhitungan dan pengolahan data. Untuk mengetahui rasio bahan bakar diperlukan:

- a. Data konsumsi bahan bakar dan produksi alat angkut.
- b. Peninjauan pengaruh kemiringan jalan dengan data aktual jalan angkut (x,y,z) dan kondisi jalan angkut terhadap rasio bahan bakar.
- c. Pengelompokan data utama dan data penunjang.

6. Analisis Hasil Pengolahan Data

Menganalisis data hasil pengolahan untuk mengambil kesimpulan.

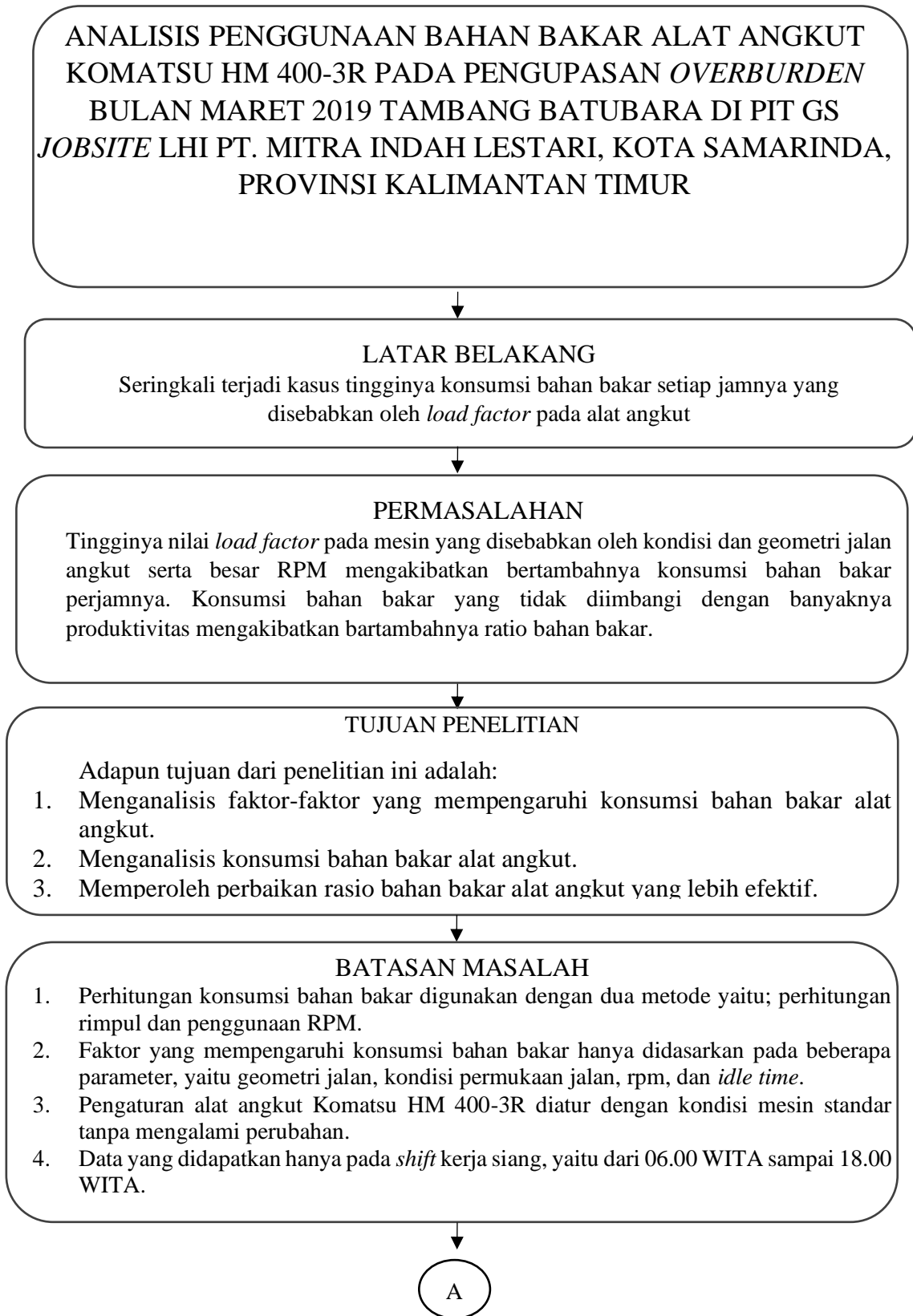
1.6 Manfaat Penelitian

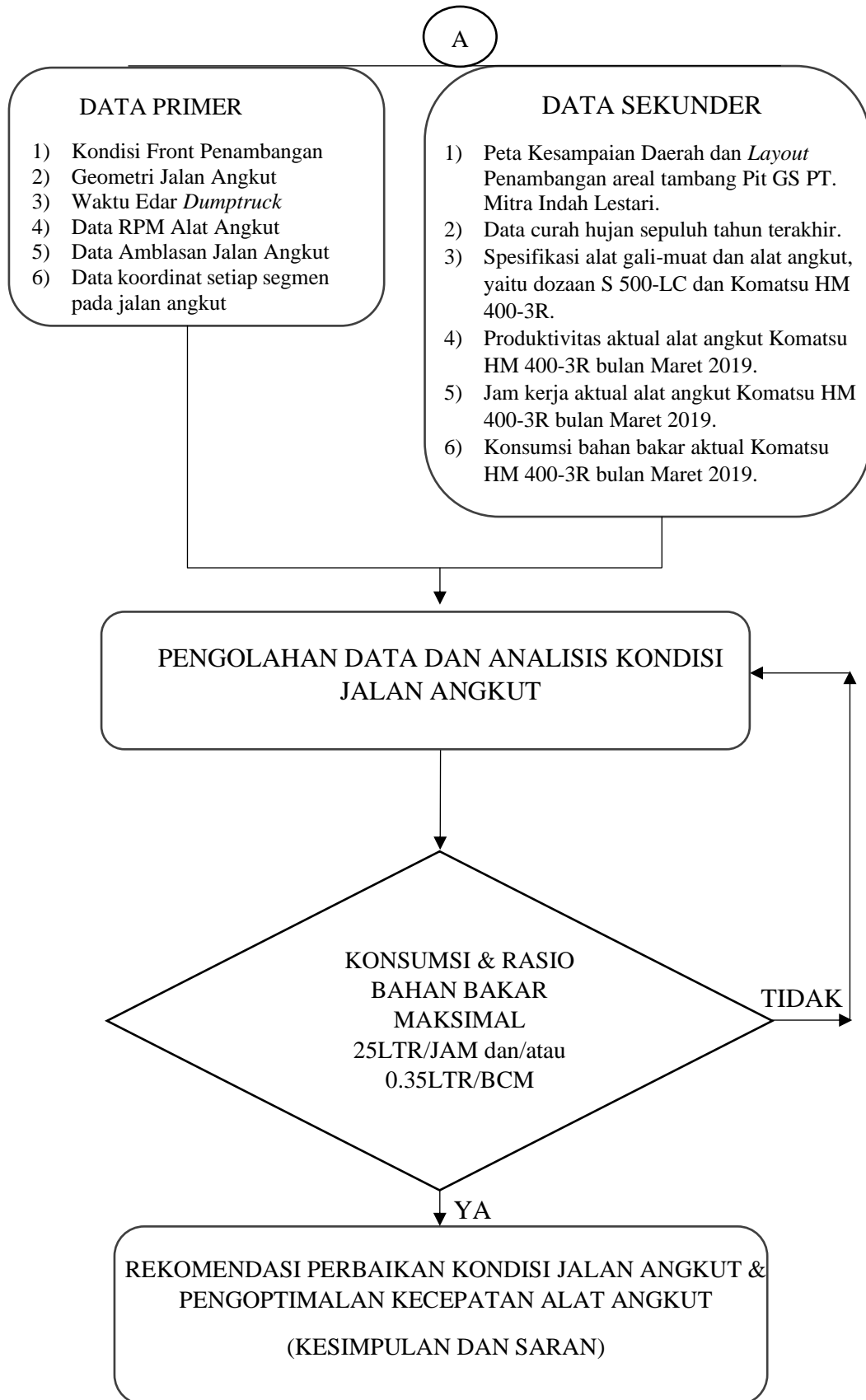
Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan acuan untuk mengevaluasi konsumsi bahan bakar alat angkut.
2. Dapat memberikan alternatif konsumsi dan rasio bahan bakar agar tidak melebihi standar perusahaan menjadi 24,81liter/jam dan 0,348liter/BCM.
3. Sebagai rekomendasi dalam perencanaan jalan angkut berikutnya agar konsumsi bahan bakar lebih efektif.

1.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penyusunan laporan pada lokasi penelitian adalah sebagai berikut:





BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1. Gambaran Perusahaan dan Kesampaian Daerah Penelitian

2.1.1. Gambaran Perusahaan

PT. Mitra Indah Lestari berdiri pada tahun 2005. PT. Mitra Indah Lestari merupakan perusahaan kontraktor yang bergerak dibidang pertambangan Batubara. Perusahaan Mitra Indah Lestari berkantor pusat di Balikpapan, Kalimantan Timur. PT. Mitra Indah Lestari berkembang menjadi perusahaan yang tidak hanya bergerak sebagai kontraktor melainkan juga bergerak di bidang rental, transportasi dan general supplier tertanggal tahun 2019.

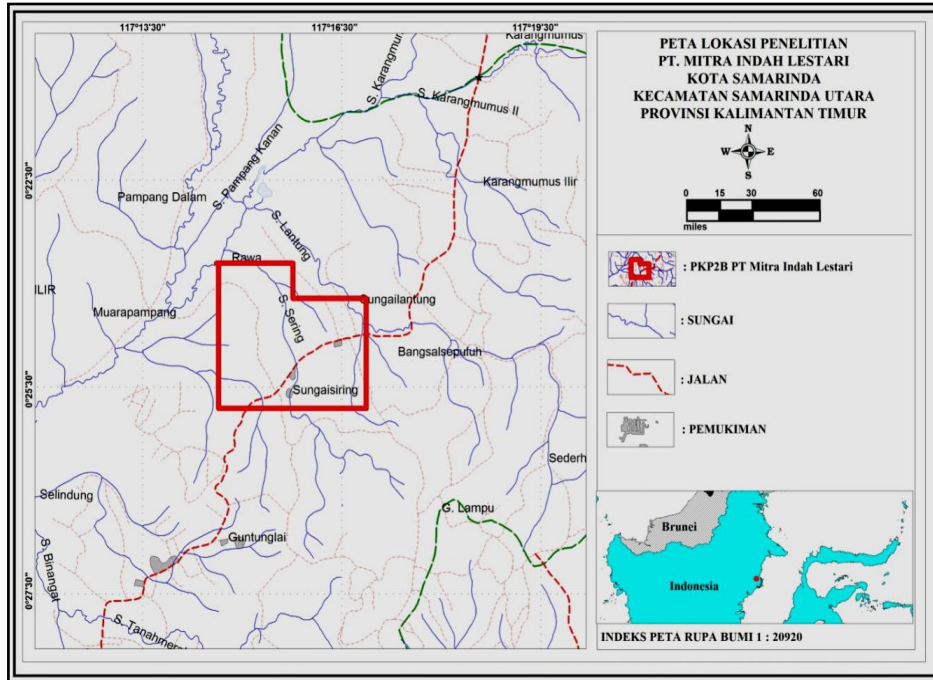
PT. Mitra Indah Lestari memperoleh kontrak kerja sebagai kontraktor PT. Lanna Harita Indonesia (LHI) dan PT. Singlurus Pratama (SGP). Sampai saat ini PT. Mitra Indah Lestari beroperasi pada tiga tempat yaitu pada Sungai Siring, Tanjung Selor, dan Mutiara. PT. Mitra Indah Lestari setiap bulannya memproduksi *Overburden* dengan volume rata-rata 850.000 BCM.

2.1.2. Kesampaian Daerah Penelitian

Lokasi penambangan batubara PT. Mitra Indah Lestari yang dijadikan sebagai tempat penelitian secara administrasi terletak pada Desa Sungai Siring, Kecamatan Samarinda Utara, Kabupaten Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. PT. Mitra Indah Lestari memiliki batas-batas wilayah sebagai berikut:

- a. Sebelah utara berbatasan dengan Kec. Muara Badak, Kab. Kutai Kartanegara
- b. Sebelah timur berbatasan dengan Kec. Anggana, Kab. Kutai Kartanegara
- c. Sebelah selatan berbatasan dengan Kota Samarinda
- d. Sebelah barat berbatasan dengan Kota Samarinda.

Secara astronomis letak PT. Mitra Indah Lestari berada pada koordinat 117° 15' 17,8" BT dan 0° 25' 27,3" LS (lihat Gambar 2.1)



Gambar 2.1
Peta Lokasi Daerah Penelitian

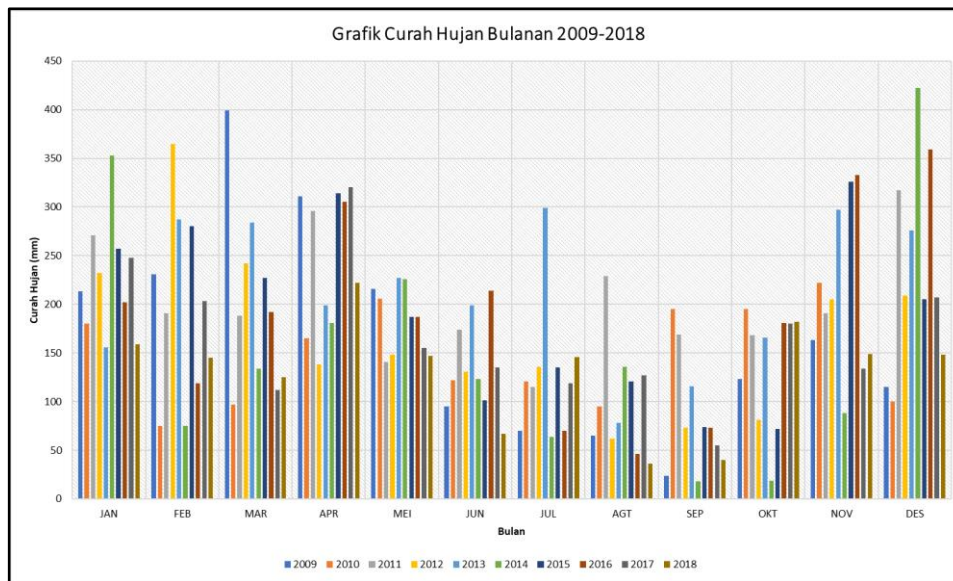
Lokasi penelitian dapat dicapai dengan dua alternatif:

1. Melewati jalur Balikpapan
 - a. Berangkat dari Yogyakarta (Bandar udara Adi Sucipto) menuju Balikpapan (Bandar udara Sultan Aji Muhammad Sulaiman) ditempuh sekitar 1 jam 45 menit dengan pesawat terbang.
 - b. Balikpapan (Bandar Udara Aji Muhammad Sulaiman) menuju kota Samarinda dengan jalur darat memerlukan waktu sekitar 3 jam.
 - c. Kota Samarinda menuju Desa Tanah Merah, kecamatan Samarinda Utara menggunakan jalur darat memerlukan waktu sekitar 30 menit
2. Melewati jalur Samarinda
 - a. Berangkat dari Yogyakarta (Bandar Udara Adi Sucipto) menuju Samarinda (Bandar Udara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto) ditempuh sekitar 1 jam 45 menit dengan pesawat terbang.
 - b. Samarinda (Bandar Udara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto) menuju Desa Tanah Merah, Kecamatan Samarinda Utara dengan jalur darat memerlukan waktu sekitar 15 menit

Untuk menuju lokasi penelitian ditempuh dengan sarana transportasi perusahaan yang berjarak sekitar 6 km ditempuh memerlukan waktu 15 menit.

2.2. Iklim dan Curah Hujan

Sungai siring dan sekitarnya seperti daerah lain di Indonesia, beriklim tropis yang dipengaruhi oleh 2 musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Musim kemarau terjadi pada bulan April sampai September, sedangkan musim hujan terjadi pada bulan Oktober sampai Maret. Dari grafik curah hujan maksimum bulanan periode 2009-2018 (lihat Gambar 2.2) diketahui curah hujan tertinggi pada bulan Desember sebesar 422mm sedangkan rata-rata curah hujan 2009-2018 adalah 273,6mm/bulan



Gambar 2.2
Grafik Curah Hujan Maksimum Bulanan Periode 2009-2018

2.3. Tinjauan Geologi

2.3.1. Morfologi

Secara umum keadaan morfologi di daerah PT. Mitra Indah Lestari dan sekitarnya adalah perbukitan bergelombang sedang dan sedikit rawa. Ketinggian perbukitan berkisar antara 50-175 mdpl. Perbukitan ini ditempati oleh batuan pembawa batubara yaitu batuan Formasi Balikpapan dan Formasi Pulau balang. Tingkat pelapukan pada umumnya tinggi dengan ketebalan lapisan tanah penutup 1,5–2 m. Sistem aliran sungai di daerah penelitian secara umum berpola mendaun dan hampir sejajar.

a. Morfologi Dataran

Satuan morfologi ini menempati sekitar 55% dari luas daerah penyelidikan dengan sebagian besar adalah berupa rawa-rawa, menyebar cukup luas sampai ke

delta Mahakam. Vegetasi yang ada sebagian besar adalah tumbuhan khas rawa seperti nipah dan semak-semak rawa. Selain itu pada morfologi ini juga terdapat rawa-rawa musiman dimana diwaktu musim kemarau ditumbuhi oleh ilalang sedangkan pada waktu musim hujan di genangi air.

b. Morfologi Dataran Bergelombang Sedang sampai Kuat

Satuan morfologi ini menempati sekitar 45 % dari luas daerah penyelidikan pada bagian tengah dan barat, umumnya merupakan daerah hutan semak belukar dan ladang musiman penduduk. Pada satuan morfologi ini di beberapa tempat dijumpai adanya tebing-tebing terjal, selain itu juga banyak sekali di jumpai cekungan - cekungan terjal dan danau-danau sebagai akibat dari aktifitas penambang yang ditinggalkan begitu saja.

2.3.2. Stratigrafi

Merujuk hasil pemetaan geologi yang dilakukan oleh S. Supriatna dkk. (*Puslitbang Geologi, 1995*), litologi yang menyusun cekungan ini dapat dikelompokkan menjadi beberapa satuan batuan setingkat formasi (lihat Gambar 2.3). Secara lithostratigafis berbagai satuan batuan yang menyusun daerah ini dan kawasan sekitarnya dari tua ke muda dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Fm. Pamaluan (Tomp)

Litologinya terdiri dari batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, serpih, batugamping, dan batulanau yang diendapkan pada waktu Oligosen Akhir hingga Miosen Awal dengan lingkungan pengendapan neritik. Penyebaran formasi dapat ditemukan melampar di sebelah barat laut di luar dari wilayah yang dikaji.

b. Fm. Bebuluh (Tmb)

Diendapkan pada kala Miosen Awal dengan susunan litologi terdiri dari batugamping dengan sisipan batugamping pasiran, dan serpih. Formasi ini diendapkan dalam lingkungan neritik dan diduga saling berhubungan jari menjari (*inter fingering*) dengan Fm. Pamaluan. Pelamparan formasi ini dapat ditemukan tersingkap di bagian paling barat di luar dari daerah PKB2B PT IBP.

c. Fm. Pulau Balang (Tmpb)

Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Fm. Bebuluh kala Miosen Tengah yang di bagian atasnya saling menjari (*inter fingering*) dengan Fm. Balikpapan. Secara umum litologinya terdiri dari greywacke, batupasir kuarsa, batugamping,

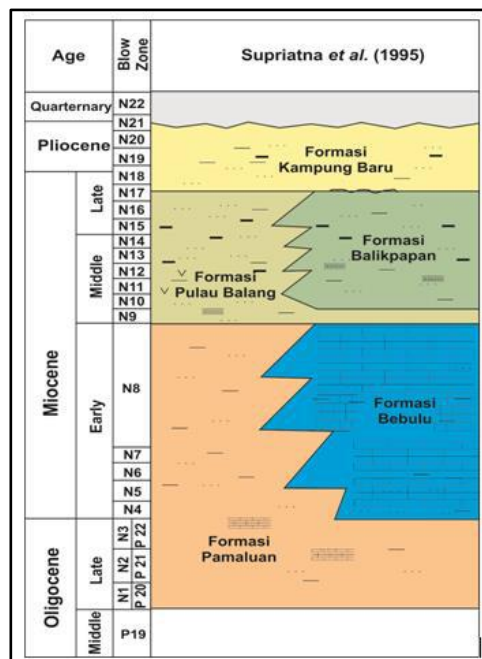
tufa dasit, dan batubara yang diendapkan dalam lingkungan laut dangkal. Penyebaran formasi dapat ditemukan melampar di sebelah barat laut di luar dari wilayah yang dikaji.

d. Fm. Balikpapan (Tmbp)

Merupakan perselingan batupasir dan lempung dengan sisipan batulanau, serpih, batugamping, dan batubara yang diendapkan pada waktu Miosen Tengah dalam lingkungan paras delta (delta front) hingga dataran delta (delta plain). Formasi ini memiliki hubungan jari menjari dengan Fm. Pulau Balang.

e. Fm. Kampung Baru (Tpkb)

Diendapkan secara tidak selaras di atas Fm. Balikpapan dengan susunan litologi berupa batupasir kuarsa dengan sisipan batulanau, serpih, dan lignit yang lunak dan mudah hancur. Diduga formasi ini diendapkan pada waktu Miosen Akhir - Plio Plistosen dengan lingkungan pengendapan delta hingga laut dangkal yang terendapkan di lingkungan delta menengah dan atas. Strata tersebut menjurus ke timur laun dan kemiringan sedang ke aragh timur tenggara. Formasi kampung baru terdiri dari batu pasir, batu pasir yang sangat kasar lignit, serpih, batubara dan batu lempung. Total ketebalan dari formasi ini belum di ketahui tapi di perkirakan 900m. Lingkungan endapan bersifat fluvio-deltaik. Stratigrafi tersebut menjurus ke timur laut dan agak miring ke timur dan ke tenggara.



Gambar 2.3
Stratigrafi Cekungan Kutai

2.4. Kegiatan Penambangan

Dalam Praktek kegiatan penambangannya, penambangan batubara pada lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

2.4.1. Tahap Persiapan

Dalam melakukan kegiatan penambangan batubara, yang pertama dilakukan adalah kegiatan persiapan penambangan dikarenakan genesa batubara yang merupakan hasil dari proses pembusukan pohon selama berjuta-juta tahun mengakibatkan jarang adanya batubara yang tersingkap dipermukaan tanah. Oleh karena itu perlu dilakukannya kegiatan persiapan penambangan sebagai berikut:

1. Pembukaan lokasi penambangan dan pembersihan lahan

Pembukaan lokasi penambangan adalah kegiatan pertama yang harus dilakukan untuk mempersiapkan medan kerja kegiatan setelahnya. Kegiatan pembukaan lokasi penambangan diiringi oleh kegiatan pembersihan lahan (lihat Gambar 2.4), kegiatan pembersihan lahan dilakukan agar medan kerja tidak terhalang oleh semak belukar dan pohon-pohon sehingga excavator saat menggali atau memuat lebih leluasa. Kegiatan pembersihan lahan dilakukan menggunakan alat *Bulldozer Komatsu D155A*.



Gambar 2.4
Kegiatan *land clearing*

2. Pengupasan *Top Soil*

Kegiatan pengupasan *top soil* adalah kegiatan pengupasan tanah yang kaya unsur hara, unsur hara sangatlah penting untuk pertumbuhan pohon (lihat Gambar 2.6). Oleh karena itu, dalam pengupasan tanah pucuk tidak boleh dipindahkan/*dumping* di sembarang tempat perlu diatur secara khusus. Tanah

pucuk pada lokasi penelitian mempunyai ketebalan ± 2 meter (lihat Gambar 2.5) yang dikupas menggunakan *excavator* jenis Dozan S500-LC.



Gambar 2.5
Ketebalan tanah pucuk



Gambar 2.6
Kegiatan Pengupasan Tanah pucuk

3. Pengupasan Lapisan Penutup (*Overburden*)

Kegiatan pengupasan lapisan penutup dilakukan untuk membuka lapisan batubara sehingga batubara dapat terambil nantinya. Pengupasan lapisan penutup dilakukan pada sisi *highwall* maupun *lowwall* batubara. Pada lokasi penelitian lapisan penutup terdiri dari batupasir dan batulempung dengan 2 metode pembongkaran, yaitu:

a. *Direct Digging*

Lapisan penutup digali langsung dengan menggunakan alat gali-muat yaitu *Hydraulic Excavator* Dozan S500-LC

b. *Ripping dan Dozing*

Untuk lapisan penutup yang agak keras dilakukan penggaruan (*Ripping*), kemudian dilakukan kegiatan penggusuran material dengan menggunakan *Bulldozer* Komatsu D85E.

4. Kegiatan Pemuatan lapisan Penutup

Alat gali muat untuk memuat lapisan penutup (*Overburden*) menggunakan alat *Excavator* Dozan S500-LC. Penelitian ini dilakukan pada lokasi 2 *front* kerja yang berbeda yaitu pada RL-5 dan RL-20. Kapasitas *bucket* yang dimiliki oleh Dozan S500-LC adalah 3.2m³ dikombinasikan dengan alat angkut *articulated Dumptruck* Komatsu HM 400-3R yang berkapasitas 24 m³ (lihat Gambar 2.7). satu alat muat Dozan S500-LC dapat menangani tiga atau empat alat angkut *articulated Dumptruck* Komatsu HM 400-3R tergantung oleh jarak antara front kerja dengan disposal.



Gambar 2.7
Kegiatan Pemuatan Lapisan Penutup (*Overburden*)

5. Kegiatan Pengangkutan Lapisan Penutup

Untuk kegiatan pengangkutan lapisan penutup dari lokasi penambangan menuju lokasi *disposal* menggunakan alat angkut *articulated Dumptruck* Komatsu HM 400-3R (lihat Gambar 2.8). Jarak antara front kerja dengan disposal mempengaruhi produktivitas alat angkut setiap jamnya. Oleh karena itu perlu pengaturan jarak front menuju disposal yang sesuai dengan standar perusahaan.



Gambar 2.8

Kegiatan pengangkutan lapisan penutup (*Overburden*)

6. Penimbunan Lapisan Penutup

Material yang ditimbun merupakan material *loose* dengan *void* sehingga harus dilakukan penataan ulang pada area disposal. Material yang keras dibuang pada bagian tepi, sedangkan material batupasir yang lunak ditempatkan ditengah dengan tujuan mencegah kelongsoran dan mengurasi erosi oleh air hujan seperti pada Gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9

Kegiatan Penimbunan Lapisan Penutup (*Overburden*)

2.4.2. Kegiatan Penambangan Batubara

Setelah kegiatan persiapan penambangan, kegiatan yang selanjutnya adalah kegiatan penambangan batubara. Pada proses penambangan batubara yang baik tidak dilakukan kegiatan yang bersifat bertahap selesai 1 tahap dilanjutkan dengan

tahapan lainnya melainkan beriringan satu sama lain. Kegiatan penambangan meliputi sebagai berikut:

1. Penggalian Batubara

Kegiatan penggalian Batubara dilakukan menggunakan alat excavator Hyundai Robex 220-95 seperti pada Gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10
Kegiatan Penggalian Batubara

2. Kegiatan Pemuatan Batubara

Kegiatan pemuatan Batubara menggunakan alat muat excavator Hyundai Robex 220-95 dengan kapasitas 0.8m^3 . Alat muat excavator Hyundai Robex 220-95 berkombinasi dengan alat angkut Hino 320 TI yang berkapasitas 26 tons (lihat Gambar 2.11).



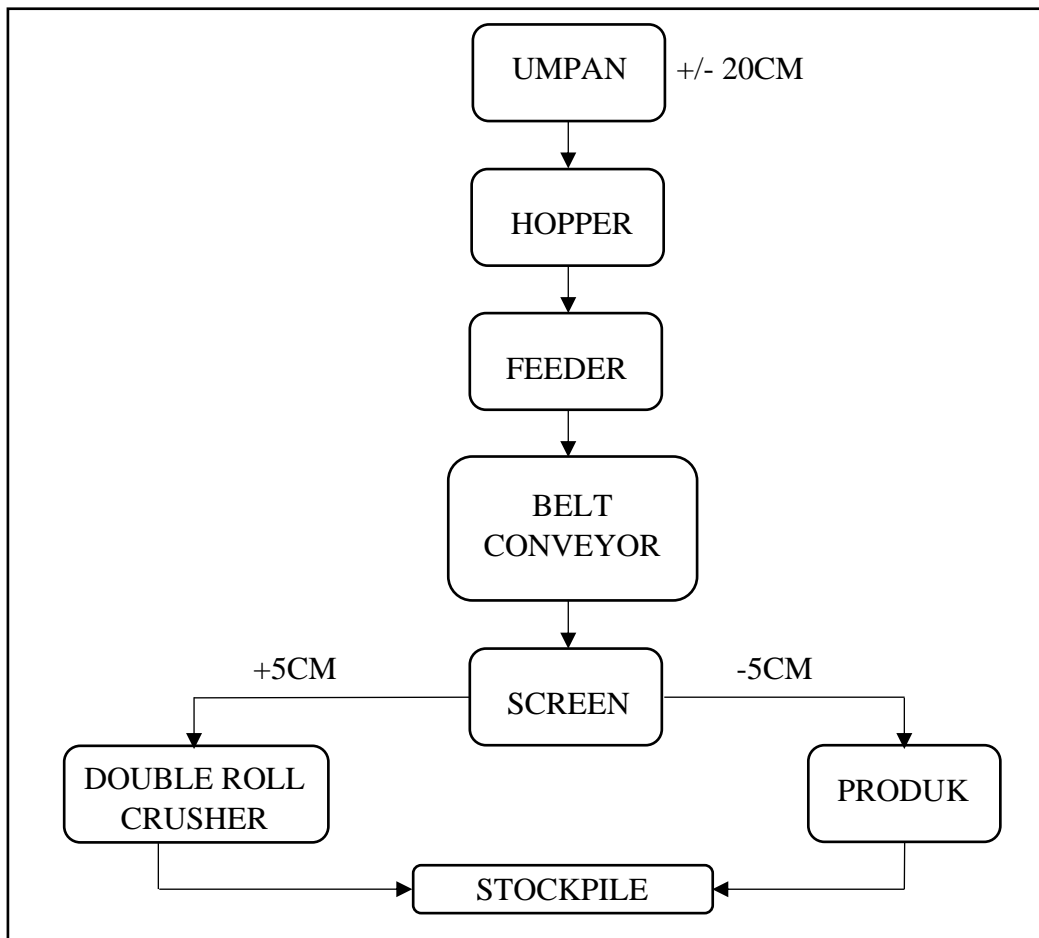
Gambar 2.11
Kegiatan Pemuatan Batubara

3. Kegiatan Pengangkutan Batubara

Kegiatan pengangkutan batubara menggunakan alat angkut Dumptruck HINO 320 TI dengan jarak antara *front* kerja penambangan batubara dengan portsite ± 20 km. kecepatan alat angkut dari hasil pengamatan diketahui ± 40 km/jam.

2.5. Pengolahan Batubara

Pengolahan batubara dilakukan untuk memenuhi permintaan pasar yang diinginkan. Pada prakteknya, PT. Mitra Indah Lestari melakukan kegiatan pengolahan batubara hanya mereduksi ukuran batubara menggunakan alat *Roll Crusher*. Batubara dari hasil kegiatan penambangan yang berukuran ± 20 cm diangkut menggunakan alat angkut Hino 320 TI yang berjarak ± 20 km. Batubara tersebut lalu dilakukan peremukan menjadi ± 5 cm. Setelah dilakukan peremukan batubara dilanjutkan dengan pengangkutan batubara menggunakan *belt conveyor* pada *stockpile*. Pada Gambar 2.12 dibawah ini menunjukkan diagram alir pengolahan Batubara yang dilakukan oleh PT. Mitra Indah Lestari.



Gambar 2.12
Diagram Alir Pengolahan

BAB III

DASAR TEORI

3.1. Pengangkutan Lapisan Penutup

Kegiatan pengangkutan lapisan penutup adalah kegiatan memindahkan lapisan penutup (*Overburden*) yang telah dimuat oleh alat muat dari *front* kerja menuju tempat *disposal*. Proses pengangkutan yang baik adalah proses dimana pengangkutan lapisan penutup oleh alat angkut tidak terdapat antrian sehingga proses pengangkutan dapat berjalan dengan lancar. Proses pengangkutan dapat berjalan dengan lancar jika jarak antara front kerja dengan tempat pembuangan sesuai dengan jumlah alat angkut, selain itu juga dapat meningkatkan produktivitas alat angkut sehingga konsumsi bahan bakar tidak terbuang secara sia-sia.

Kondisi jalan angkut yang tidak sesuai dengan standar perusahaan menghambat laju pengangkutan lapisan penutup, juga menambah waktu edar pengangkutan saat bermuatan serta kosong. Perilaku operator yang menginginkan keadaan cepat selesai seperti penggunaan RPM tinggi dan percepatan yang besar akan mengurangi lamanya waktu edar akan tetapi bertambahnya konsumsi bahan bakar alat angkut. Oleh karena itu perlu adanya kegiatan *maintenance* pada jalan angkut lapisan penutup secara periodik guna menyediakan kondisi jalan angkut yang baik.

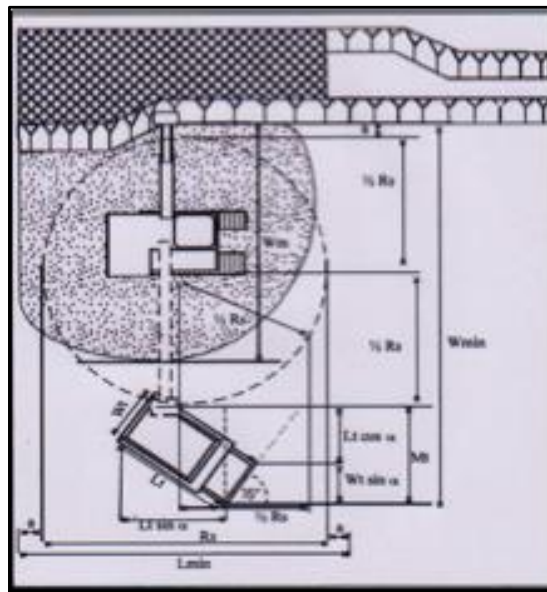
3.2. Faktor-Faktor Pengaruh Pengangkutan Lapisan Penutup

Kegiatan pengangkutan lapisan penutup dari lokasi pemuatan menuju *disposal* dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya adalah :

3.2.1. Kondisi *Front* Kerja

Tempat kerja tidak hanya harus memenuhi syarat bagi pencapaian sasaran produksi tetapi juga harus aman bagi penempatan alat angkut beserta mobilitas pekerja yang berada disekitarnya. Tempat kerja yang sempit akan memperkecil

waktu edar alat karena tidak ada cukup tempat untuk berbagai kegiatan, seperti keleluasaan tempat untuk berputar atau mengambil posisi sebelum dilakukan kegiatan pemuatan. Penyesuaian pola pemuatan material pada alat angkut tergantung dengan pemilihan alat dan dimensi kerja alat gali muat dan alat angkut. *Front* kerja merupakan area kegiatan penambangan aktif yang memiliki dimensi yang dapat dilihat pada Gambar. 3.1. *Front* kerja alat harus memenuhi kriteria dimensi yang mempertimbangkan kondisi alat untuk bekerja. Mobilitas alat dan produktivitas alat sangat dipengaruhi oleh dimensi *front* kerja.



Gambar 3.1
Dimensi *Front* Kerja (Komatsu, 2009)

3.2.2. Geometri Jalan Angkut

Faktor-faktor yang mempengaruhi keadaan jalan angkut sebagai berikut :

1. Lebar Jalan Angkut

a. Lebar pada jalan lurus

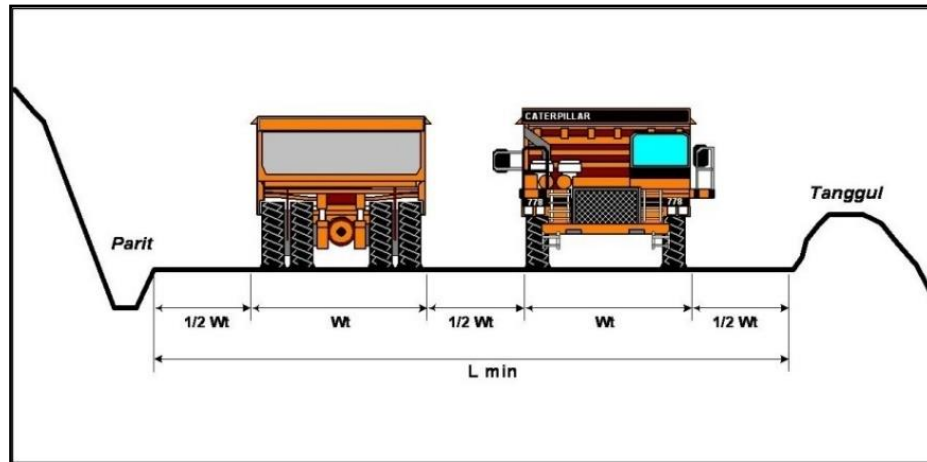
Penentuan lebar jalan angkut minimum untuk jalan lurus didasarkan pada *rule of thumb* yang dikemukakan menurut “AASTHO (*American Association of State Transportation Highway Officials*)” dengan persamaan sebagai berikut :

$$L = (n \times Wt) + (n + 1)(0,5 \times Wt) \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

- L = Lebar minimum jalan angkut lurus, m
- N = Jumlah jalur
- Wt = Lebar alat angkut total, m

Nilai dari angka 0,5 pada rumus diatas menunjukkan bahwa ukuran aman kedua kendaraan berpapasan adalah sebesar $0,5 W_t$, yaitu setengah lebar terbesar dari alat angkut yang bersimpangan. Ukuran $0,5 W_t$ juga digunakan untuk jarak dari tepi kanan atau kiri jalan ke alat angkut yang melintasi secara berlawanan (lihat Gambar 3.2).



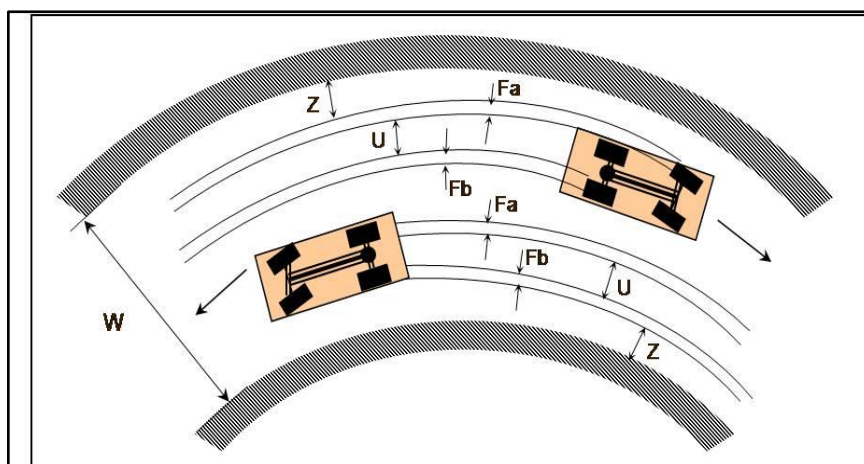
(Sumber : Walter W. Kaufman and James C. Ault, 1977)

Gambar 3.2

Lebar Jalan Angkut Lurus

b. Lebar jalan angkut pada tikungan

Untuk menentukan lebar jalan angkut harus disesuaikan dengan pemilihan alat angkut yang akan digunakan pada proses penambangan. Alat memiliki lebar lintasan dan jalan memiliki lebar tikungan. Sehingga lebar jalan angkut pada tikungan selalu lebih besar dari pada lebar jalan lurus dan lebar lintasan yang dimiliki oleh alat angkut. (lihat Gambar 3.3).



(Sumber : Walter W. Kaufman and James C. Ault, 1977)

Gambar 3.3

Lebar Jalan Angkut pada tikungan

Untuk jalur ganda, lebar minimum pada tikungan dihitung berdasarkan pada :

- Lebar jejak ban.
- Lebar jantai atau tonjolan (*overhang*) alat angkut bagian depan dan belakang roda saat membelok.
- Jarak antara alat angkut yang bersimpangan.
- Jarak (spasi) alat angkut terhadap tepi jalan.

Perhitungan terhadap lebar jalan angkut pada tikungan atau belokan dapat menggunakan persamaan :

$$W = 2 (U + Fa + Fb + Z) + C \dots \dots \dots (3.3)$$

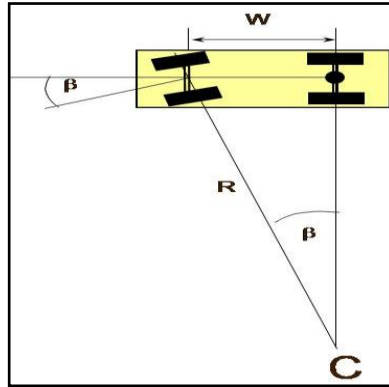
$$C = Z = \frac{1}{2} (U + Fa + Fb)$$

Keterangan :

- W = Lebar jalan angkut minimum pada tikungan, meter
- n = Jumlah jalur
- U = Jarak jejak roda kendaraan, meter
- Fa = Lebar jantai depan, meter
- Fb = Lebar Jantai belakang, meter
- Ad = Jarak as roda depan dengan bagian depan truk, meter
- Ab = Jarak as roda belakang dengan bagian belakang truk, meter
- C = Jarak antara dua truk yang akan bersimpangan, meter
- Z = Jarak sisi luar truk ke tepi jalan, meter
- Fa = Ad x sin α
- Fb = Ab x sin α
- α = Sudut penyimpangan (belok) roda depan

2. Jari-jari Tikungan

Jari-jari tikungan berhubungan dengan konstruksi jalan yang akan digunakan oleh alat angkut. Jari-jari lintasan ialah jari-jari lingkaran yang dimiliki oleh roda belakang dan roda depan yang berpotongan di pusat dengan sudut sama terhadap sudut penyimpangan roda depan. Pada desain jalan angkut agar mempermudah operator saat tikungan atau belokan maka jari-jari lintasan harus lebih kecil dari pada jari-jari tikungan jalan angkut (lihat Gambar 3.4). Dalam penentuan jari-jari lintasan alat angkut menurut Suwandi (2004), rumus yang digunakan ialah pada Persamaan 3.2.



(Sumber : Ir. Awang Suwandi, 2004)
 Gambar 3.4
 Jari-Jari Lintasan Alat Angkut

Dalam penentuan besarnya jari- jari lintasan, rumus yang digunakan adalah :

$$R = \frac{W}{\sin \alpha} \dots\dots\dots (3.2)$$

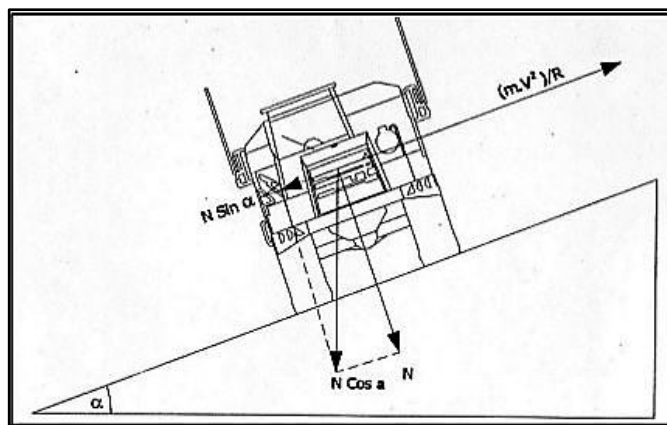
Keterangan :

R = jari-jari lintasan, m W = jarak antara poros depan dan belakang, m

α = sudut penyimpangan roda depan (derajat).

3. *Superelevasi*

Superelevasi merupakan kemiringan jalan pada tikungan yang terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan terdalam karena perbedaan ketinggian. Bagian tikungan jalan perlu diberi *superelevasi*, yakni dengan cara meninggikan jalan pada sisi luar tikungan. Hal ini bertujuan untuk menghindari / mencegah kendaraan tergelincir ke luar jalan atau terguling (lihat Gambar 3.5)



(Sumber : Ir. Awang Suwandi, 2004)
 Gambar 3.5

Gaya-Gaya Yang Bekerja pada *Superelevasi* Jalan Angkut

Besarnya *superelevasi* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

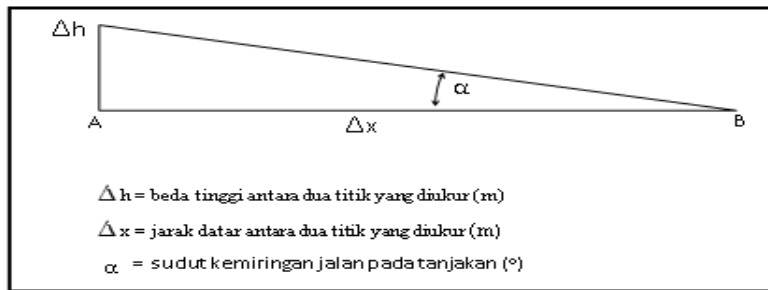
$$e + f = \frac{V^2}{127 R} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

- e = *Superelevasi*, m/m
- V = Kecepatan rencana alat angkut
- f = faktor gesekan
- R = Radius Tikungan, m

4. 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 (*grade*), baik dalam pengereman maupun dalam mengatasi tanjakan (lihat Gambar. 3.6).



(Sumber : Ir. Yanto Indonesianto, M.Sc, 2013)

Gambar. 3.6
Kemiringan Jalan Angkut (*Grade*)

Kemiringan jalan angkut biasanya dinyatakan dalam persen (%) yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Grade (\alpha) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \frac{\Delta h}{\Delta x} x 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan :

- Δh = Beda tinggi antara dua titik yang diukur.
- Δx = Jarak datar antara dua titik yang diukur.

Secara umum kemiringan jalan maksimum yang tidak dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut besarnya berkisar antar 18%. Akan tetapi untuk jalan naik maupun turun lebih aman kemiringan jalan maksimum sebesar 8%.

5. Kemiringan Melintang (*Cross slope*)

Cross slope adalah sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horisontal. Pada umumnya jalan angkut mempunyai bentuk penampang melintang seperti kerucut. Pembuatan *Cross slope* dimaksudkan agar saat turun hujan air tidak menggenangi badan jalan dan segera masuk kedalam parit yang berada disamping kiri dan kanan jalan, karena air yang menggenangi pada permukaan jalan menyebabkan jalan menjadi becek dan akan mempercepat kerusakan jalan.

Angka *Cross slope* pada jalan angkut dinyatakan dalam perbandingan jarak vertikal dan horisontal dengan satuan mm/m. Nilai yang direkomendasikan adalah sebesar 20 – 40 mm/m jarak bagian tepi jalan ke bagian tengah atau pusat jalan dan disesuaikan dengan kondisi yang ada.

6. Daya dukung jalan angkut

Secara keseluruhan, jalan harus mampu untuk menahan berat atau beban kendaraan maksimum yang berat di atasnya. Sehingga apabila daya dukung jalan yang ada tidak dapat menahan beban yang diterima, maka kondisi jalan akan mengalami penurunan dan pergeseran jalan maupun tanah dasarnya yang selanjutnya berakibat jalan akan bergelombang dan banyak cekungan-cekungan.

Suatu alat yang ditempatkan di atas material akan memberikan *ground pressure*. Perlawanan yang diberikan material itulah yang disebut dengan daya dukung material. Untuk menghitung kemampuan jalan angkut terhadap berat beban kendaraan dan muatannya yang akan melaluinya, maka perlu diketahui berat beban kendaraan yang diteruskan roda terhadap permukaan jalan melalui as roda biasanya bergantung dari tekanan ban dalam dan kekuatan ban luar dan daya dukung material. Berat beban yang dilimpahkan pada permukaan jalan dengan bidang kontak berbentuk ellips. Setelah luas bidang kontak (*contact area*) antara roda kendaraan dengan permukaan jalan diketahui, maka besarnya beban kendaraan yang diterima oleh permukaan jalan dapat dihitung. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Luas bidang kontak (in}^2\text{)} = \frac{0,9 \times \text{Beban yang diterima roda (lbs)}}{\text{Tekanan udara ban } (\frac{\text{lb}}{\text{in}^2})} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$\text{Beban pada permukaan jalan (psi)} = \frac{\text{Beban pada tiap roda (lb)}}{\text{Luas bidang kontak (in}^2\text{)}} \dots\dots\dots(3.7)$$

Untuk mengetahui macam pengeras jalan angkut terhadap beban kendaraan yang akan melaluinya perlu diketahui daya dukung material terhadap beban kendaraan pada permukaan jalan angkut. Besarnya daya dukung dari bermacam-macam material dapat dilihat pada Tabel.3.1.

Tabel 3.1
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</i>	20.000
<i>Soft rock</i>	16.000
<i>Compact sand and gravelly sand, very compact sand</i>	12.000
<i>Hard dry consolidated clay</i>	10.000
<i>Loose coarse to medium sand; medium compact fine</i>	8.000
<i>Compact sand-clay soils</i>	6.000
<i>Loose fine sand; medium compact sand-inorganic silt</i>	4.000
<i>Firm stiff clay</i>	3.000
<i>Loose saturated sand clay soils, medium soft clay</i>	2.000

(Sumber : Walter W. Kaufman and James C. Ault, 1977)

3.2.3. Konstruksi Jalan Angkut

1. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya dengan tebal 30 cm. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, atau tanah urugan yang didatangkan dari tempat lain. Persyaratan CBR yang dikehendaki dalam perkerasan >3%. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusutnya tanah akibat perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah yang tidak merata akibat adanya perbedaan sifat-sifat tanah pada lokasi yang berdekatan atau akibat kesalahan pelaksanaan.

2. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapisan pondasi bawah (*Sub Base Course*) adalah bagian lapisan perkerasan antara lapisan pondasi atas dan tanah dasar. Lapisan ini harus cukup kuat, mempunyai CBR <20%.

Fungsi dari lapisan pondasi bawah yaitu :

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b. Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- c. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
- d. Lapis pelindung lapisan tanah dasar dari beban roda-roda alat berat (akibat lemahnya daya dukung tanah dasar) pada awal-awal pelaksanaan pekerjaan.
- e. Lapis pelindung lapisan tanah dasar dari pengaruh cuaca terutama hujan.

3. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas (*base course*) adalah bagian lapisan perkerasan jalan yang terletak antara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah. Terletak dibawah lapisan permukaan membuat lapisan ini menerima pembebanan yang paling berat akibat muatan, sehingga material yang digunakan harus berkualitas tinggi dengan nilai CBR >50%.

Fungsi dari lapisan pondasi atas yaitu :

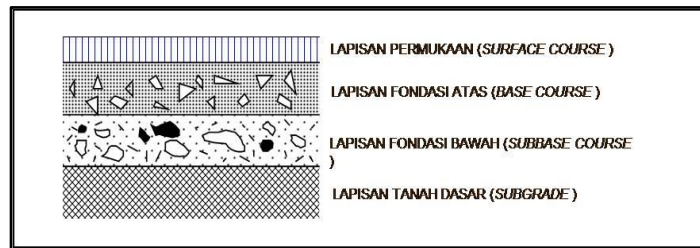
- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan bawahnya.
 - b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
 - c. Bantalan terhadap lapisan permukaan.
- ## 4. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan (*Surface Course*) adalah lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan bersentuhan langsung dengan roda kendaraan.

Fungsi dari lapisan permukaan yaitu:

- a. Lapisan yang langsung menahan akibat beban roda kendaraan.
- b. Lapisan yang langsung menahan gesekan akibat rem kendaraan (lapisaus).
- c. Lapisan yang mencegah air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.

- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan di bawahnya (lihat Gambar 3.7)



(Sumber: Ir. Awang Suwandi, 2004)

Gambar 3.7
Susunan Lapisan Perkerasan Lentur

3.2.4. Kegiatan perawatan jalan angkut

Kegiatan perawatan jalan angkut adalah kegiatan yang dilakukan untuk menjaga kondisi jalan angkut layak digunakan. Kegiatan perawatan ini dilakukan tidak hanya dilakukan satu kali saja, melainkan secara periodic. Kegiatan perawatan jalan angkut ada bermacam-macam diantaranya:

1. Pengurangan debu tambang

Pada operasi penambangan, pengaruh lingkungan merupakan suatu prioritas. Pengaruh debu pada lokasi penambangan sering terjadi pada musim kemarau, penambahan debu yang signifikan merupakan suatu bahaya yang dapat ditandai karena terlihat secara langsung serta dapat menurunkan tekanan pada mesin, rem, dan juga bagian lainnya. Pembasahan jalan angkut tambang merupakan solusi dari bahaya debu karena dapat mengurangi debu yang bertebaran di udara. Selain manfaat dari pembasahan jalan alat angkut, hal ini juga dapat menimbulkan suatu permasalahan tersendiri yaitu jika terlalu basah maka menyebabkan jalan angkut menjadi licin dan kehilangan *traction* pada alat angkut.

2. Perataan jalan

Perataan jalan merupakan komponen penting pada sistem perawatan jalan angkut. Pembersihan dari material yang jatuh/tumpah, bergantung pada operasi dari grader. Dalam perataan jalan angkut, nilai *cross slope* pada jalan angkut perlu dijaga sesuai dengan standar perusahaan sehingga saat hujan turun air tidak akan menggenang pada permukaan jalan angkut. Air akan teralirkan menuju tepi jalan yang akan didorong oleh *bulldozer* ke cerukan.

3. Pengeringan jalan

Sistem aliran V lebih cocok untuk peraliran pada jalan, tidak hanya memudahkan konstruksinya tetapi juga perawatannya. Pengeringan jalan penting dilakukan pada musim hujan. Setelah hujan berhenti, *grader/dozer* langsung mengeringkan jalan dengan mendorong air yang ada pada genangan ke cerukan. Saat *dozer* melewati jalan angkut *track* yang ada pada *dozer* menyebabkan lapisan permukaan jalan yang basah terangkat sehingga mengurangi tingkat kelicinan dan menambah nilai *traction* pada roda alat angkut. Kondisi jalan angkut yang tidak licin mengurangi tingkat *slip* pada roda alat angkut.

3.3. Faktor-Faktor Pengaruh Produktivitas Alat Angkut

3.3.1 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja adalah penilaian terhadap suatu pelaksanaan pekerjaan atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu tersedia yang dinyatakan dalam persen (%). Efisiensi kerja ini akan mempengaruhi kemampuan alat mekanis, faktor manusia, mesin, cuaca dan kondisi kerja secara keseluruhan akan menentukan besarnya efisiensi kerja. Untuk menghitung efisiensi kerja dapat menggunakan persamaan :

$$Efisiensi\ Kerja = \frac{W_e}{W_t} \times 100\% \dots\dots\dots(3.8)$$

Keterangan :

- Ek : Efisiensi kerja
- We : Waktu kerja efektif (menit)
- Wt : Waktu kerja tersedia (menit)

3.3.2 Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut (*dump truck*) pada umumnya terdiri dari waktu menunggu alat untuk dimuat, waktu mengatur posisi untuk dimuati, waktu diisi muatan, waktu mengangkut muatan, waktu dumping, dan waktu kembali kosong.
rumus:

$$C_{ta} = T_{a1} + T_{a2} + T_{a3} + T_{a4} + T_{a5} + T_{a6} \dots\dots\dots(3.9)$$

Keterangan :

- C_{ta} = Waktu edar alat angkut, detik
- T_{a1} = Waktu mengambil posisi untuk siap dimuati, detik
- T_{a2} = Waktu diisi muatan, detik
- T_{a3} = Waktu mengangkut muatan, detik

- Ta4 = Waktu mengambil posisi untuk penumpahan, detik
- Ta5 = Waktu muatan ditumpahkan (*dumping*), detik
- Ta6 = Waktu kembali kosong, detik.

3.3.3. Faktor Pengembangan Material (*Swell factor*)

Pengembangan material adalah perubahan berupa penambahan volume material yang diganggu dari bentuk aslinya, sedangkan berat material tetap. Berdasarkan perubahan tersebut, pengukuran volume atau bobot isi material dibedakan atas :

1. Keadaan asli (*bank condition*)

Keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan dari luar, butiran-butiran material masih terkonsolidasi dengan baik. Satuan volume material dalam keadaan asli disebut meter kubik dalam keadaan asli (*Bank Cubic Meter/ BCM*).

2. Keadaan terberai (*loose condition*)

Material yang telah tergali dari tempat aslinya akan mengalami perubahan volume yaitu mengembang. Hal ini disebabkan adanya penambahan rongga udara di antara butiran-butiran material. Satuan volume material dalam keadaan terberai disebut meter kubik dalam keadaan terberai (*Loose Cubic Meter/ LCM*).

3. Keadaan padat (*compacted condition*)

Keadaan padat akan dialami oleh material yang mengalami proses pemadatan. Adanya penyusutan rongga udara di antara butiran-butiran material tersebut, volumenya berkurang tetapi beratnya sama. Satuan volume material dalam keadaan padat disebut meter kubik dalam keadaan padat (*Compacted Cubic Meter/ CCM*). (lihat Gambar 3.8).

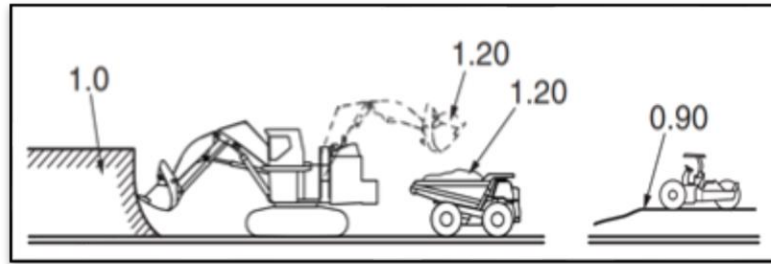
Rumus untuk menghitung *swell factor* (SF) ada dua, yaitu :

- Rumus *Swell Factor* berdasarkan volume :

$$SF = \frac{\text{Bank Volume}}{\text{Loose Volume}} \dots\dots\dots (3.10)$$

- Rumus *Swell Factor* berdasarkan densitas :

$$SF = \frac{\text{Loose Density}}{\text{Bank Density}} \dots\dots\dots (3.11)$$



(Sumber : Komatsu Handbook 31th Edition, 2017)

Gambar 3.8
Perubahan Volume Tanah

3.3.4. Faktor Pengisian *Bucket* (*Bucket Fill Factor*)

Faktor pengisian merupakan perbandingan antara kapasitas nyata suatu *bucket* alat gali muat (munjung) dengan kapasitas *bucket* yang dinyatakan dalam persen (%). Faktor pengisian dari suatu alat gali muat dipengaruhi oleh kapasitas *bucket*, jenis dan sifat material yang ditangani (lihat Gambar 3.2). dalam penentuan faktor pengisian alat gali muat dengan kondisi kerja yang ada dapat ditentukan dengan tabel empirik atau menggunakan standarisasi dari perusahaan berdasarkan hasil uji timbang material.

Tabel 3.2
Faktor Pengisian *Bucket* (*Bucket Fill Factor*)

<i>Excavating Condition</i>		<i>Bucket Factor</i>
<i>Easy</i>	<i>Excavating natural ground of clay soil, clay or soft soil</i>	1.10 – 1.20
<i>Average</i>	<i>Excavating natural ground of soil such as sandy soil and dry soil</i>	1.00 – 1.10
<i>Rather Difficult</i>	<i>Loading well blasted rock</i>	0.80 – 0.90
<i>Difficult</i>	<i>Loading poorly blasted rock</i>	0.70 – 0.80

(Sumber : Operational Training Department, PT Lahai Coal, 2017)

3.4. Kemampuan Produksi Alat Angkut

Produksi alat angkut dipengaruhi oleh banyaknya *trip* atau lintasan yang dapat dicapai oleh alat angkut tersebut. Banyaknya *trip* dipengaruhi oleh waktu edar dan efisiensi kerja alat. Untuk menghitung produksi alat angkut dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

- Banyaknya *Trip* (T)

$$T = \frac{60}{Cta} \dots\dots\dots (3.13)$$

Keterangan :

T = Banyaknya *trip*, *trip/jam*.

C_{ta} = Waktu edar *dump truck*, menit.

60 = Konversi dari menit ke jam

- Produksi Alat Angkut

$$P_{ta} = T \times K_b \times F \times n \times E_k \times SF \dots\dots\dots (3.14)$$

Keterangan :

P_{ta} = Produksi alat angkut, bcm/jam

T = Banyaknya *trip*, *trip/jam*.

K_b = Kapasitas mangkuk (*bucket capacity*), m³.

F = Faktor pengisian mangkok *excavator*, %.

n = Banyaknya pemuatan mangkok *excavator*.

E_k = Efisiensi kerja, %.

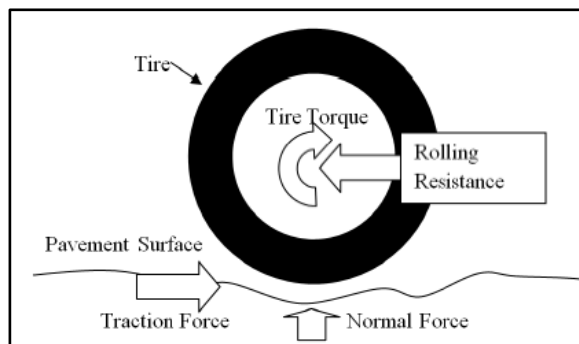
SF = *Swell factor*.

3.5. Pengaruh Tahanan Gaya Gerak Kendaraan

3.5.1. Tahanan Gulir (*Rolling Resistance*)

Rolling resistance adalah suatu gaya yang melawan jalannya roda berdasarkan jumlah energy yang hilang, dapat juga diartikan sebagai quantitas energi yang hilang di setiap unit pada saat jarak tempuh. Semakin banyak nilai *rolling resistance* maka semakin banyak energi hilang yang telah dikeluarkan oleh mesin, selain itu semakin banyak gaya yang diperlukan untuk menarik alat angkut tersebut. Untuk menentukan *rolling resistance coefficient* lihat Gambar 3.9. Persamaan yang sangat umum dan dasar untuk perhitungan *rolling resistance coefficient* oleh ISO 28250:2009 adalah sebagai berikut:

$$RRC = \frac{\text{Tyre Load (kN)}}{\text{Rolling Resistance Force (N)}} \dots\dots\dots (3.15)$$



Gambar 3.9
Gaya yang Bekerja pada Putaran Roda (Jackson et al, 2011)

Meskipun sampai saat ini belum ada pengukuran *rolling resistance* yang secara tegas diakui dunia, kebanyakan literatur mengadopsi dari Persamaan 3.15 untuk menentukan *rolling resistance coefficient* (RRC). Belum terdapat hubungan yang baku mengenai tekanan penambahan ban, kecepatan, *rolling resistance* dan *rolling resistance coefficient*. Oleh karena itu Persamaan 3.15 dapat digunakan hanya pada situasi yang unik dan tidak dianjurkan untuk diterapkan pada perhitungan beban roda atau *rolling resistance* (Evans et al, 2009). Seiring perkembangan zaman, dalam penentuan *rolling resistance* dapat digunakan dengan 2 metode yaitu metode empirik dan metode analitik.

1. Metode empirik

Metode empirik adalah metode dalam penentuan yang didasarkan pada oleh indera manusia berdasarkan kaidah-kaidah yang telah ditentukan oleh para ahli. Kelebihan dari metode empiris ialah dapat digunakan dengan berdasarkan pengalaman yang disesuaikan oleh kaidah para ahli sebelumnya. Kelemahan metode empirik adalah persepsi/anggapan dari setiap orang berbeda-beda dalam penentuan nilai mengakibatkan hasil yang didapat berbeda. Ada banyak dalam penentuan model empirik *rolling resistance*, sebagai berikut:

Tabel 3.3
Tabel Empirik Penentuan *Rolling Resistance*

No	Type of surface	Rolling resistance (%)	reference
1	Cement, asphalt, soil cement	2	Kaufman & Ault (1997)
2	Hard-packed gravel, cinder, or crushed rock	3	Kaufman & Ault (1997)
3	Moderately packed gravel, cinders, or crushed rock	5	Kaufman & Ault (1997)
4	Unmaintained loose earth	7.5	Kaufman & Ault (1997)
5	Loose gravel and muddy rutted material	10-20	Kaufman & Ault (1997)
6	Asphalt	0.8-1.5	Johnson (1989)
7	Crushed limestone	3.4-4.2-	Dionne (1987)
8	In-situ benonitic clay shale	7-13	Dionne (1987)
9	Loose snow	4.5	Caterpillar (1988)
10	Packed snow	2.5	Caterpillar (1988)
11	Concrete and asphalt	1.5*	Euclid (undated)
12	Smooth, hard, dry dirt and gravel, well maintained	2*	Euclid (undated)
13	Soft unplowed dirt, poorly maintained	4*	Euclid (undated)

Lnajutan Tabel 3.3

14	Wed, muddy surface on firm base	4*	Euclid (undated)
15	Soft, plowed dirt or unpacked dirt fills	8*	Euclid (undated)
16	Loose sand and gravel	10*	Euclid (undated)
17	Deeply rutted or soft spongy base	16*	Euclid (undated)
*add 1.5% for every inch of tire penetration			

Sumber: (Tannant et al, 2001)

2. Metode analitik

Para ilmuwan berusaha untuk memodelkan persamaan dalam penentuan nilai *rolling resistance* yang sesuai dengan kondisi senyatanya pada lokasi penambangan tersebut. Banyaknya pendapat para ilmuwan menghasilkan variabel-variabel yang berbeda antar persamaan. Persamaan dalam penentuan *rolling resistance* adalah sebagai berikut:

a. Menurut Sandberg et al, 2011 pada projek ECRPD di Australia

$$RRC=0.0061+0.0014.MPD+0.00095.IRI+0.000076.IRI.(V-20) \dots\dots\dots (3.16)$$

b. Menurut Hammarstrom et al, 2012 pada model VETO

$$RRC=0.00414+0.00102.MPD+0.0000158.IRI.V \dots\dots\dots (3.17)$$

Keterangan:

RRC = koefisien tahanan gulir (%)

MPD = kedalaman rata-rata jalan angkut (mm)

IRI = indeks kekerasan internasional (m/km)

V = kecepatan alat angkut (m/s)

3. Faktor-faktor yang mempengaruhi tahanan gulir yaitu:

- a. Tektur jalan angkut
- b. Kekerasan jalan angkut
- c. Amblasan
- d. Tekanan ban
- e. Luas kontak ban dengan permukaan
- f. Kecepatan
- g. Beban total

Pengamatan langsung di lapangan menunjukkan berbagai macam besarnya amblasan roda alat angkut pada permukaan jalan angkut tambang. Standar perusahaan mengenai kondisi atau kerusakan permukaan jalan yang amblas oleh beban alat angkut ditunjukkan oleh Tabel 3.4 dibawah ini.

Tabel 3.4
Parameter Kerusakan Jalan Angkut

Roadway Direction		
Low Severity (cm)	Medium Severity (cm)	High Severity (cm)
0,0 – 2,0	2,0 – 5,0	5,0 – 7,5

3.5.2. Tahanan kemiringan jalan (*Grade Resistance*)

Tahanan kemiringan adalah tahanan yang disebabkan oleh adanya perbedaan ketinggian dari titik awal ke titik selanjutnya, dapat juga diartikan sebagai gaya yang hilang akibat adanya perbedaan kemiringan jalan. Alat angkut dapat bergerak pada kemiringan jalan jika dapat mengatasi hambatan/gaya yang hilang akibat pengaruh dari tahanan kemiringan. Tahanan kemiringan bernilai positif jika bergerak menanjak sedangkan bernilai negatif jika menurun. Standar perusahaan tambang grade pada jalan angkut tidak boleh melebihi 8%. Faktor-faktor yang mempengaruhi tahanan kemiringan yaitu:

- Besarnya kemiringan jalan, %
- Berat Kendaraan, ton

Jika kendaraan bergerak naik diperlukan tambahan daya untuk mengatasi *grade resistance*. Tetapi jika bergerak turun, daya mesin pada roda ditambah oleh adanya pengaruh keadaan jalan turun yang mengurangi pemakaian *rimpull* atau kemiringan jalan bernilai negative (*grade assistance*), sehingga akan terjadi pengereman dan penambahan tenaga mesin untuk menahan laju kendaraan. Besarnya nilai kemiringan rata-rata untuk setiap 1% kemiringan yaitu ± 20 lbs/ton. Perhitungan tahanan kemiringan dapat dihitung dengan rumus :

$$GR\ factor = 20\ lb/ton \times \% \ grade \dots\dots\dots (3.20)$$

$$GR = GR\ factor\ (lb/ton) \times Gross\ machine\ weight\ (tons) \dots\dots\dots (3.21)$$

Keterangan :

Grade : Kemiringan jalan angkut, %.

Gross machine weight: Berat keseluruhan alat angkut, tons.

3.6. Faktor-Faktor Pengaruh Konsumsi Bahan Bakar

3.6.1. Kemampuan mesin

1. Daya alat

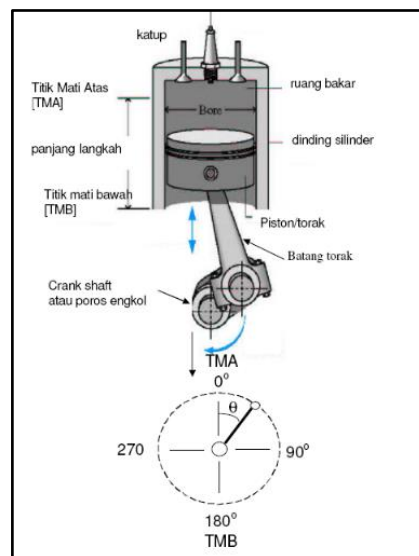
Daya alat angkut atau *horse power* adalah usaha yang dilakukan per satuan waktu. Usaha adalah gaya yang diperlukan untuk memindahkan sesuatu dari suatu tempat ke tempat lain (jarak). Satuan tenaga adalah TK (tenaga kuda) atau HP (*horsepower*). Untuk menghitung kebutuhan bahan bakar yang di gunakan pada setiap alat mekanis menggunakan nilai dari HP yang tersedia pada mesin yaitu *brake horse power* (bhp) atau HP mesin yang dihitung dari *torque* mesin (dari engkol mesin), bukan *drawbar horsepower* (dbhp) yang merupakan HP yang disediakan pada roda.

2. Torque

Torque mesin (*engine Torque*) adalah gaya (lbf) yang diperlukan untuk memutar engkol mesin dalam satuan lb.ft. *Torque* mesin juga dapat digunakan untuk mengetahui besar HP mesin. (lihat Gambar 3.10).

$$1 \text{ HP} = 550 \text{ lb.ft/detik}$$

$$= 33.000 \text{ lb.ft/menit}$$



(Sumber: Hermans, B., 2017)

Gambar 3.10

Perputaran Engkol Mesin

3.6.2. Rimpul

Rimpul merupakan besarnya gaya atau kekuatan tarik yang dapat diberikan oleh mesin kepada roda atau ban penggeraknya yang menyentuh permukaan jalur jalan. Rimpul yang dapat dihasilkan pada setiap *gear* tidak sama, pada *gear* rendah rimpul yang tersedia besar, sedangkan pada *gear* tinggi rimpul yang tersedia kecil.

Rimpul dinyatakan dalam *pounds* (lbs) dan biasanya sudah tercantum dalam spesifikasi mesin, apabila tidak ada *rimpull* dapat dihitung dengan rumus:

$$Rimpull = \frac{375 \times HP \times eff}{Speed \text{ (mph)}} \dots\dots\dots(3.22)$$

Keterangan :

HP : Daya Mesin (HP)

Speed : Kecepatan (mph)

Eff : Effisiensi Mesin; Untuk kendaraan beroda ban 80-85%

3.6.3. Rimpul untuk percepatan

Rimpul untuk percepatan adalah penambahan kecepatan dari kendaraan bergerak yang di peroleh dari “gaya percepatan” yang di ambil dari kelebihan rimpull. *Rate* percepatan bergantung pada berat kendaraan dan kelebihan rimpul pada masing-masing gear alat angkut.

Apabila tidak ada kelebihan rimpul maka kecepatan laju kendaraan tak dapat di tambah lagi. Pengamatan langsung di lapangan menunjukkan bahwa dalam keadaan truk bermuatan dan kosong apabila berada pada jalan yang menanjak dan menurun akan ada gaya percepatan yang di berikan oleh alat angkut untuk mempertahankan kecepatan dan menambah laju kecepatan kendaraan. Hal ini bertujuan untuk mempercepat waktu edar alat angkut dalam kegiatan pemindahan lapisan penutup. Percepatan alat angkut dapat dihitung dengan rumus:

$$a = \frac{F.g}{W} \dots\dots\dots(3.23)$$

Keterangan :

a = percepatan (ft/dt²)

g = percepatan gravitasi (32,2 ft/dt²)

F = gaya percepatan (lb)

W = berat kendaraan (lb)

Tabel 3.5
Tabel *rate* percepatan untuk setiap berat 1 Ton

<i>Rate</i> percepatan (mph/menit)	<i>Rimpull</i> yang dibutuhkan (lb/ton)
3,3	5
6,6	10
13,2	20

Lanjutan Tabel 3.5

19,8	30
33	50
66	100
132	200
198	300
270,4	400
338,1	500
405,7	600
473,3	700
540,9	800

(Sumber : R.L Peurifoy 2nd.,1998)

Angka rimpul yang efektif dibutuhkan untuk percepatan, diambil dari angka yang mendekati angka pada kolom rimpul yang dibutuhkan pada Tabel 3.5 di atas. Rimpul untuk percepatan angkanya harus lebih kecil dari pada sisa rimpul yang tersedia.

3.6.4. Penggunaan mesin (RPM)

Kecepatan putaran (revolusi) mesin tidak berhubungan langsung dengan kecepatan putaran (rotasi) roda. RPM mesin menunjukkan seberapa keras kerja mesin, semakin tinggi RPM mesin maka semakin keras kerja mesin (untuk tipe dan kapasitas yang sama). Semakin keras kerja mesin semakin banyak mesin membakar bahan bakar. Pada mobil dengan transmisi otomatis, sistem transmisi mengatur sendiri gigi persnelling yang tepat dengan menggunakan parameter RPM mesin sebagai salah satu parameter pengaturarn gigi persnelling yang digunakan. Semakin tinggi RPM maka semakin tinggi juga percepatan yang dihasilkan oleh mesin dan menambah konsumsi bahan bakar. Keadaan mesin dimana melakukan percepatan secara tiba-tiba menambah tingkat konsumsi bahan bakar.

3.6.5. Load factor

Load factor adalah suatu faktor pengali untuk memperoleh *horse power* yang sesungguhnya, sehubungan dengan pengertian bahwa tenaga maksimum tidak dipergunakan menerus selama periode kerja, jadi besar kecilnya *load factor* tergantung pada kondisi kerjanya. Besarnya *load factor* dapat dihitung dengan

menggunakan pengamatan rpm selama satu jam dan *hourmeter* (jam kerja mesin). *load factor* juga dapat diketahui dari perhitungan besarnya jumlah *rimpull* yang terpakai.

Rumus perhitungan *Load Factor* :

Berdasarkan pengamatan rpm

$$Load\ factor = \frac{RPM\ terpakai\ senyatanya}{RPM\ tersedia\ dalam\ mesin\ pada\ HP\ maksimal} \dots\dots\dots(3.24)$$

Berdasarkan *hourmeter* (jam kerja mesin)

$$Load\ factor = \frac{hourmeter\ mesin\ (jam\ kerja\ mesin)}{watch\ time\ (waktu\ sebenarnya)} \dots\dots\dots(3.25)$$

Apabila *rimpull* terpakai dan *rimpull* maksimalnya diketahui, *load factor* dapat dihitung dengan rumus :

$$Load\ factor = \frac{Rimpul\ terpakai}{Rimpul\ maksimal} \dots\dots\dots (3.26)$$

3.7. Perhitungan Konsumsi Bahan bakar

Menghitung kebutuhan bahan bakar solar pada suatu alat sangat penting dilakukan. Hal ini dapat dihitung dengan rumus :

Konsumsi bbm(*gall/jam*)

$$= \frac{Berat\ bahan\ bakar\ terpakai/kW.jam \times brakeHP \times Load\ Factor}{berat\ bahan\ bakar\ per\ gallon} \dots\dots\dots(3.27)$$

Keterangan:

Berat bahan bakar terpakai/kW/jam : Berat bahan bakar yang masuk ke mesin selama satu jam, lb/kW.jam.

Brake Hp : Daya mesin, kW

Load factor : Beban kerja alat

Berat bahan bakar per gallon : Berat bahan bakar dalam satu gallon, lb/gal

3.8. Rasio Bahan Bakar Alat angkut

Konsumsi bahan bakar alat angkut berbanding dengan ratio bahan bakar, semakin besar bahan bakar maka semakin besar ratio bahan bakar. Ratio bahan bakar adalah perbandingan antara konsumsi bahan bakar (Liter/jam) dengan banyaknya produktivitas (BCM/jam). Semakin besar ratio bahan bakar alat angkut (mendekati 1) semakin berkurang keuntungan yang diperoleh perusahaan. Pengoptimalan ratio bahan bakar dapat dilakukan dengan menekan konsumsi bahan bakar setiap jamnya dengan cara memperbaiki kondisi jalan angkut,

mengurangi kemiringan pada jalan angkut, penggunaan RPM mesin normal, dan pengendalian *hourmeter*.

3.9. Teori Korelasi

Koefesien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefesien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefesien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefesien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah, artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefesien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya).

Koefesien diterminasi dengan simbol R^2 merupakan proporsi variabilitas dalam suatu data yang dihitung didasarkan pada model statistik. Secara umum nilai R^2 digunakan sebagai informasi mengenai kecocokan suatu model perhitungan. Dalam regresi R^2 ini dijadikan sebagai pengukuran seberapa baik garis regresi mendekati nilai data asli yang dibuat model. Jika R^2 sama dengan 1, maka angka tersebut menunjukkan garis regresi cocok dengan data secara sempurna.

Ada tiga penafsiran hasil analisis korelasi, meliputi: pertama, melihat kekuatan hubungan dua variabel; kedua, melihat signifikansi hubungan; dan ketiga, melihat arah hubungan. Untuk melakukan interpretasi kekuatan hubungan antara dua variabel dengan menggunakan kriteria sebagai berikut:

1. Jika angka koefesien korelasi menunjukkan 0, maka kedua variabel tidak mempunyai hubungan.
2. Jika angka koefesien korelasi mendekati 1, maka kedua variabel mempunyai hubungan semakin kuat.
3. Jika angka koefesien korelasi mendekati 0, maka kedua variabel mempunyai hubungan semakin lemah.
4. Jika angka koefesien korelasi sama dengan 1, maka kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna positif.
5. Jika angka koefesien korelasi sama dengan -1, maka kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna negatif.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

Pengangkutan *Overburden* pada PT. Mitra Indah Lestari dari *front* kerja menuju *disposal* dilakukan menggunakan alat angkut Komatsu HM 400-3R dengan jarak jalan 1 dan 2 berturut-turut ialah 836m dan 559m. PT. Mitra Indah Lestari menerapkan standarisasi untuk konsumsi bahan bakar alat angkut sebesar 25liter/jam dan/atau 0,35BCM/liter untuk mengangkut *overburden*. Standarisasi perusahaan dilakukan untuk menekan biaya operasi, sehingga dapat memaksimalkan konsumsi dan rasio bahan bakar pada alat angkut Komatsu HM 400-3R. Pada kasus dilapangan masih terjadi konsumsi dan rasio bahan bakar yang tidak sesuai dengan standar perusahaan. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hal tersebut diantaranya: kondisi jalan angkut, kemampuan alat angkut, dan penggunaan rpm.

4.1. Kondisi *Front* Kerja

Pada lokasi penelitian pit GS diketahui terdapat beberapa *front* kerja untuk mengupas *overburden* sesuai dengan *design* penambangan perusahaan. Penelitian ini difokuskan pada 2 *front* kerja yang berbeda yaitu *front* kerja A dan *front* kerja B. Penentuan *front* kerja lokasi penelitian didasarkan pada perbedaan elevasi dan luasannya. Luasan *front* kerja berdampak pada bertambahnya waktu *manuver* alat angkut sebelum dilakukannya *loading* oleh alat angkut.

4.1.1. Kondisi *Front* Kerja A

Pengupasan *front* kerja A dilakukan pada lantai *highwall* bertujuan untuk mengupas *highwall overburden* sehingga luasan *front* kerja bertambah. Arah proses pengupasan *front* kerja A dari Tenggara ke Barat Laut tegak lurus dengan pelapisannya. Pada bagian sisi *front* kerja tidak dibatasi dengan dinding *overburden* maupun batubara sehingga proses *maneuver* menjadi lebih leluasa. Luasan *front* kerja A yaitu 50 m x 38m. Waktu *manuver* alat angkut yang dibutuhkan pada *front* kerja A yaitu 24,20 detik yang dibulatkan menjadi 24 detik (lihat Lampiran G).

4.1.2. Kondisi *Front* Kerja B

Proses penambangan pada *front* kerja B dilakukan dari Timur Laut ke Barat Daya searah dengan pelapisan *overburden*. Panjang dari *front* kerja bertambah seiring dengan kemajuan penambangan setiap harinya. *Front* kerja A dibatasi dengan *Highwall* sebelah Tenggara sedangkan sebelah Barat Laut dibatasi dengan kemenerusan pelapisan batubara sehingga saat *dumpruck* mengambil posisi lebih terhambat. Luasan *front* kerja B mempunyai panjang 21m dan lebar 26m . Waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh alat angkut pada *front* kerja B lebih lama daripada waktu yang dibutuhkan pada *front* kerja A yaitu 27,20 detik yang dibulatkan menjadi 27 detik (lihat Lampiran G).

4.2. Kondisi Jalan Angkut

Jalan angkut yang dijadikan penelitian adalah jalan angkut lapisan penutup yang menghubungkan dari *front* kerja menuju tempat disposal. Jalan angkut pada penelitian dibedakan menjadi dua yaitu jalan angkut 1 dan jalan angkut 2. Panjang jalan 1 dari *front* kerja A menuju tempat *disposal* ialah 836 m dengan kondisi jalan yang lebar dan tidak ada kemiringan yang lebih dari 8%, sedangkan pada pada jalan 2 sepanjang 559 m dengan lebar jalan yang tidak memenuhi standar perhitungan yaitu 12,10m (lihat Lampiran H) dan ada beberapa segmen jalan yang mempunyai kemiringan lebih dari 8%.

Dalam proses pengamatan, panjang jalan dibagi beberapa segmen agar dapat membantu dalam perhitungan *rolling resistance* dan *grade resistance*. Pada pembagian setiap segmen didasarkan oleh lebar jalan, beda kemiringan, dan tikungan.

4.2.1. Lebar jalan angkut

Lebar jalan angkut terdiri lebar jalan pada tikungan, lurus, tanjakan, dan turunan pada proses pengangkutan dari *fornt* kerja menuju *disposal*. Perhitungan Lebar jalan angkut (Walter F. Kaufman) sebesar 12m dengan lebar alat angkut Komatsu HM 400-3R 3,45m. Lebar jalan angkut pada lokasi penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1
Lebar Jalan Angkut Jalan 1

No	Segmen Jalan	Lebar Jalan	Keterangan
1	A-B	13,54	Jalan Lurus
2	B-C	15,77	Tikungan
3	C-D	15,33	Turunan
4	D-E	15,99	Tikungan
5	E-F	16,68	Jalan Lurus
6	F-G	14,78	Jalan Lurus
7	G-H	13,27	Jalan Lurus
8	H-I	14,20	Jalan Lurus
9	I-J	12,30	Jalan Lurus
10	J-K	15,71	Tikungan

Tabel 4.2
Lebar Jalan Angkut Jalan 2

No	Segmen Jalan	Lebar Jalan	Keterangan
1	A-B	15.63	Jalan Lurus
2	B-C	7.31	Tikungan
3	C-D	13.30	Tikungan
4	D-E	8.94	Tikungan
5	E-F	6.60	Tikungan
6	F-G	9.04	Jalan Lurus
7	G-H	8.14	Jalan Lurus
8	H-I	8.68	Jalan Lurus
9	I-J	10.86	Tikungan
10	J-K	16.47	Jalan Lurus
Keterangan :		Tidak Sesuai	
		Sesuai	

Pada Tabel 4.1 dan 4.2 diketahui bahwa terdapat lebar jalan alat angkut pada lokasi penelitian tidak sesuai dengan perhitungan lebar jalan angkut (lihat Lampiran H). Secara lebih jelas pada Lampiran Y menunjukkan geometri jalan angkut lokasi penelitian di *pit* GS, selain itu juga diketahui elevasi setiap segmen jalan angkut pada jalan 1 dan jalan 2.

4.2.2. Kemiringan Jalan

Pada lokasi penelitian terdapat beberapa segmen jalan angkut yang mempunyai kemiringan lebih dari 8%. Dari hasil pengamatan di lokasi penelitian, kemiringan yang melebihi 8% berada pada jalan 2 dimana besar kemiringan tertinggi adalah 16,85%. Pada jalan 1 tidak terdapat kemiringan yang melebihi 8% berbeda dengan jalan 2. Idealnya pada jalan angkut kemiringan tidak boleh

melebihi 8% karena mempengaruhi *power* mesin untuk mengatasi kemiringan tersebut, menambah waktu *cycle time* pada alat angkut setiap ritanya, menambah nilai *fuel consumption* pada alat angkut setiap jamnya, selain itu semakin besar kemiringan pada jalan angkut tingkat keamanannya semakin rendah. Dibawah ini merupakan tabel kemiringan jalan pada lokasi penelitian yang dapat dilihat secara lebih jelas dari Lampiran Y.

Tabel 4.3
Kemiringan setiap segmen jalan angkut (Jalan 1)

No	Segmen	Panjang Jalan (m)	Beda Elevasi (m)	Grade (%)	Titik	Elevasi (m)
1	A-B	39,71	-1,20	-3,02	A	22,20
2	B-C	51,40	-3,50	-6,81	B	21,00
3	C-D	191,72	-10,50	-5,48	C	17,50
4	D-E	36,83	1,59	4,32	D	7,00
5	E-F	81,98	0,59	0,72	E	8,59
6	F-G	126,05	0,20	0,16	F	8,00
7	G-H	56,44	0,30	0,53	G	8,20
8	H-I	112,48	0,50	0,44	H	8,50
9	I-J	65,10	1,00	1,54	I	9,00
10	J-K	74,14	1,00	1,35	J	10,00
Total		835,85			K	11,00

Tabel 4.4
Kemiringan setiap segmen jalan angkut (Jalan 2)

No	Segmen	Panjang Jalan (m)	Beda Elevasi (m)	Grade (%)	Titik	Elevasi (m)
1	A-B	63,26	-4,70	-7,43	A	6,70
2	B-C	41,04	-6,00	-14,62	B	2,00
3	C-D	14,79	-2,00	-13,53	C	-4,00
4	D-E	16,41	-2,00	-12,19	D	-6,00
5	E-F	65,29	-11,00	-16,85	E	-8,00
6	F-G	44,32	0,60	1,35	F	-19,00
7	G-H	82,94	1,60	1,93	G	-18,40
8	H-I	118,50	2,20	1,86	H	-15,80
9	I-J	52,95	1,00	1,89	I	-18,00
10	J-K	59,80	1,70	2,84	J	-17,00
Total		559,29			K	-15,30

4.2.3. Superelevasi

Tikungan pada lokasi Penelitian memiliki jari-jari minimum sebesar 15m sedangkan perhitungan jari-jari tikungan minimum jalan angkut yang dilalui alat angkut adalah 8.937m (sesuai dengan standar). Nilai superelevasi berdasarkan kecepatan rata-rata alat angkut pada saat membelok sebesar ± 15 km/jam, beda tinggi aktual antara sisi dalam dan sisi luar tikungan jalan angkut adalah 0.77m (lihat Lampiran I).

4.2.4. Perhitungan *Rolling Resistance* dan *Grade Resistance*

Rolling Resistance dan *grade resistance* pada jalan angkut dapat dikendalikan sehingga energi yang hilang dapat berkurang. Pengendalian *rolling resistance* dapat berupa pemadatan jalan angkut menggunakan *roller* atau alat angkut itu sendiri saat proses pengangkutan. Sedangkan *grade resistance* dengan *design* jalan angkut yang kurang dari 8% kemiringannya.

1. Perhitungan *Rolling Resistance*

Perhitungan *rolling resistance* pada lokasi penelitian menggunakan metode empirik. Metode empirik dalam penentuan *rolling resistance* pada lokasi penelitian dibedakan menjadi 2 tipe permukaan jalan sesuai dengan keadaan di lokasi penelitian, yaitu dengan kondisi perawatan jalan buruk dan perawatan jalan baik. Perawatan jalan buruk berada pada segmen *front* kerja dan *disposal* (kondisi 2) sedangkan perawatan jalan baik berada pada segmen antara *front* menuju *disposal* (kondisi 1). Perhitungan besar *rolling resistance* pada jalan angkut dilakukan untuk mengetahui energi yang hilang yang disebabkan oleh kondisi permukaan jalan (lihat lampiran N). Dibawah ini merupakan hasil perhitungan *rolling resistance* pada jalan angkut.

Tabel 4.5
Nilai *Rolling Resistance* Empirik (Jalan 1)

No	Segmen Jalan	Amblasan (cm)		Kondisi Permukaan	RR (%)		RR (pounds)	
		Muatan	Kosongan		Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	8	4	2	8,73	6,36	12912,11	4196,06
2	B-C	1	0,5	1	2,59	2,3	3834,01	1544,51
3	C-D	1	0,5	1	2,59	2,3	3834,01	1544,51
4	D-E	1	0,5	1	2,59	2,3	3834,01	1544,51
5	E-F	1	0,5	1	2,59	2,3	3834,01	1544,51
6	F-G	1	0,5	1	2,59	2,3	3834,01	1544,51
7	G-H	1	0,5	1	2,59	2,3	3834,01	1544,51
8	H-I	1	0,5	1	2,59	2,3	3834,01	1544,51
9	I-J	1	0,5	1	2,59	2,3	3834,01	1544,51
10	J-K	5	2,5	2	6,96	5,47	10290,07	3642,53

Tabel 4.6
Rolling Resistance Empirik (Jalan 2)

No	Segmen Jalan	Amblasan (cm)		Kondisi Permukaan	RR (%)		RR (pounds)	
		Muatan	Kosongan		Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	12	6	2	11,09	7,26	16408,17	4934,08
2	B-C	2	1	1	3,18	2,54	4708,03	1729,01
3	C-D	2	1	1	3,18	2,54	4708,03	1729,01
4	D-E	2	1	1	3,18	2,54	4708,03	1729,01
5	E-F	2	1	1	3,18	2,54	4708,03	1729,01
6	F-G	2	1	1	3,18	2,54	4708,03	1729,01
7	G-H	2	1	1	3,18	2,54	4708,03	1729,01
8	H-I	2	1	1	3,18	2,54	4708,03	1729,01
9	I-J	2	1	1	3,18	2,54	4708,03	1729,01
10	J-K	4	2	2	6,36	5,09	9416,06	3458,03

2. Perhitungan *Grade Resistance*

Besarnya nilai kemiringan rata-rata untuk setiap 1 % kemiringan yaitu \pm 20 lbs/ton. Pada lokasi penelitian ditemukan kemiringan paling besar yaitu 16,85%, berarti alat angkut agar dapat melalui jalan tersebut membutuhkan rimpul lebih besar dari 11456,58lbs lihat Tabel 4.8 dibawah ini. Kemampuan tanjakan alat angkut maksimal berdasarkan perhitungan ialah 15,07% untuk kondisi bermuatan sedangkan saat bermuatan dapat mengatasi tanjakan sebesar 45,62% (lihat Lampiran M). Oleh karena itu, kemiringan jalan pada lokasi penelitian masih dapat diatasi oleh alat angkut mengingat kemiringan terbesar jalan angkut yaitu 16,85%. Perhitungan besar *grade resistance* pada jalan angkut dilakukan untuk mengetahui energi yang hilang yang disebabkan oleh perbedaan elevasi setiap segmen jalan (lihat Lampiran O).

Tabel. 4.7
Perhitungan *Grade Resistance* (Jalan 1)

No	Segmen	Panjang Jalan	Beda Elevasi	Grade (%)		GR (pounds)	
				Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	35,79	0,22	-3,02	3,02	-4472,43	2054,90
2	B-C	44,24	0,08	-6,81	6,81	-10077,82	4630,35
3	C-D	226,24	-13,68	-5,48	5,48	-8105,57	3724,18
4	D-E	55,18	-0,02	4,32	-4,32	6389,36	-2935,65
5	E-F	64,66	2,56	0,72	-0,72	1065,14	-489,39
6	F-G	127,48	0,19	0,16	-0,16	234,83	-107,89
7	G-H	55,45	-2,42	0,53	-0,53	786,68	-361,45
8	H-I	112,39	0,48	0,44	-0,44	657,89	-302,28
9	I-J	65,33	-0,41	1,54	-1,54	2273,43	-1044,55
10	J-K	71,23	-0,50	1,35	-1,35	1996,22	-917,18

Tabel. 4.8
Perhitungan *Grade Resistance* (Jalan 2)

No	Segmen	Panjang Jalan	Beda Elevasi	Grade (%)		GR (pounds)	
				Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	63,26	-4,70	-7,43	7,43	-10996,13	5052,28
2	B-C	41,04	-6,00	-14,62	14,62	-21639,01	9942,25
3	C-D	14,79	-2,00	-13,53	13,53	-20018,94	9197,89
4	D-E	16,41	-2,00	-12,19	12,19	-18040,42	8288,84
5	E-F	65,29	-11,00	-16,85	16,85	-24934,91	11456,58
6	F-G	44,32	0,60	1,35	-1,35	2003,61	-920,58
7	G-H	82,94	1,60	1,93	-1,93	2855,08	-1311,79
8	H-I	118,50	2,20	1,86	-1,86	2747,68	-1262,45
9	I-J	52,95	1,00	1,89	-1,89	2795,09	-1284,23
10	J-K	59,80	1,70	2,84	-2,84	4207,36	-1933,11

4.3. Kemampuan Produksi Alat Angkut

4.3.1. Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut adalah waktu yang dibutuhkan oleh alat angkut mulai dari pengisian lapisan penutup sampai kembali menuju *front* kerja, lama waktu edar erat kaitannya dengan jumlah produksi yang dihasilkan setiap jamnya. Waktu edar yang lama menyebabkan turunnya produktivitas. Terdapat perbedaan waktu edar alat angkut jalan 1 dan 2 seperti pada Tabel 4.9, hal ini dipengaruhi oleh geometri jalan, waktu pengisian dan antrian (lihat Lampiran G).

Tabel. 4.9
Waktu edar rata-rata Alat Angkut

Alat Angkut	Waktu(menit)							Waktu Edar Alat Angkut (menit)	Ritase (rit)	Jalan
	Manuver kosong	Pemuatan	Angkut bermuatan	Tumpah	Kembali kosong	Manuver isi	antrian			
Komatsu HM 400-3R	0,40	3,78	3,71	0,34	3,47	0,35	0,21	12,26	4,89	1
	0,45	3,34	3,10	0,36	3,76	0,41	0,3	11,72	5,12	2

4.3.2. Faktor Pengisian *Bucket*

Faktor pengisian *bucket* (*bucket fill factor*) merupakan suatu faktor yang menunjukkan besarnya kapasitas nyata *bucket* dengan kapasitas *bucket* menurut spesifikasi alat muat. Pada lokasi penelitian di Pit GS, dalam pengambilan lapisan penutup menggunakan metode *free digging* dan bantuan *ripper*. Alat muat yang digunakan adalah Doozan S500-LC dengan kapasitas 3,2 m³ sedangkan kapasitas heaped alat angkut HM 400-3R adalah 24 m³. Hasil pengamatan menunjukkan untuk mengisi 1 vessel penuh (heaped) rata-rata dibutuhkan 8 kali pemuatan. Proses pengisian vessel yang penuh atau melebihi kapasitas bucket (>3,2m³) mempercepat *cycle time* yang ada sehingga jumlah ritase pada tiap jamnya dapat meningkat.

Berdasarkan data dari perusahaan, *swell factor* pada material batulempung didapatkan sebesar 0.65 (lihat Lampiran C). Faktor teknis dalam pengoperasian alat angkut juga berpengaruh pada faktor pengisian *bucket*, dari hasil pengamatan jarang operator membutuhkan lebih dari dua kali dalam proses pemuatan lapisan penutup (*claystone*) pada sekali pengambilan.

4.3.3. Produktivitas Alat Angkut

Pada lokasi penelitian, satu *fleet* pada *front* kerja terdiri dari satu alat muat Excavator Doozan S500LC dan tiga alat angkut Komatsu HM 400-3R. Efektivitas

kerja alat angkut merupakan pengali dalam menentukan produktivitas teori alat angkut. Efektivitas kerja alat angkut pada lokasi penelitian diketahui sebesar 0,813 (jalan 1) dan 0,831 (jalan 2), (lihat Lampiran B). Pada Tabel. 4.10 dibawah ini dapat dilihat produktivitas alat angkut secara aktual dan teori. Data aktual mengenai produktivitas alat angkut komatsu HM 400-3R selama satu bulan mempunyai rata-rata sebesar 57,59 BCM/jam untuk jalan 1 sedangkan pada jalan 2 mempunyai rata-rata sebesar 61,88 BCM/jam (lihat Lampiran P). Secara teori produktivitas alat angkut pada jalan 1 ialah 58,04 BCM/jam , sedangkan pada jalan 2 ialah 62,05 BCM/jam (lihat Lampiran Q).

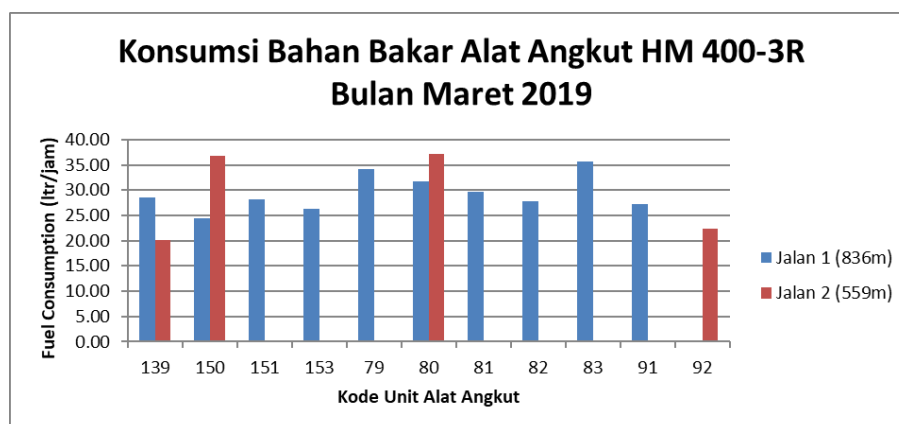
Tabel 4.10
Produktivitas Alat Angkut Aktual dan Teori

No	Produktivitas Aktual (BCM/jam)	Produktivitas Teori (BCM/jam)	Jalan
1	57,59	58.04	1
2	61,88	62,05	2

4.4. Konsumsi Bahan Bakar Alat Angkut

4.4.1. Konsumsi Bahan Bakar Aktual Alat Angkut.

Konsumsi bahan bakar alat angkut merupakan biaya langsung yang harus dikeluarkan oleh perusahaan selama proses pengangkutan beroperasi. Konsumsi bahan bakar alat angkut yang tinggi menimbulkan pembengkakan biaya jika tidak diimbangi dengan banyaknya produktivitas alat angkut. Dari data perusahaan diketahui bahwa konsumsi bahan bakar aktual alat angkut yang beroperasi pada jalan 1 dan jalan 2 di bulan Maret berturut-turut sebesar 27,11liter/jam dan 29,14liter/jam (Lampiran S).



Gambar 4.1

Grafik Konsumsi Bahan Bakar Alat Angkut HM 400-3R Bulan Maret 2019

4.4.2. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Alat Angkut

1. Perhitungan *Load Factor*

Pengamatan di lokasi penelitian menfokuskan pada alat angkut HM 400-3R dengan 2 jalan jalan angkut, jalan 1 dengan jarak 836m dan jalan 2 dengan jarak 559m. Besarnya nilai *load factor* dipengaruhi oleh beban yang diangkut, kondisi jalan angkut, dan perilaku operator.

a. Perhitungan *load factor* berdasarkan rimpul yang digunakan

Perhitungan *load factor* berdasarkan rimpul yang digunakan adalah membandingkan rimpul yang digunakan dengan rimpul yang tersedia pada setiap gearnya. Rimpul yang digunakan adalah rimpul yang tersedia setelah dikurangi dengan energi yang hilang (*rolling resistance* dan *grade resistance*) dan kebutuhan rimpul untuk percepatan (lihat Lampiran T). Pada Tabel 4.11 dan 4.12 menunjukkan hasil *Load Factor* yang digunakan pada alat angkut Komatsu HM 400-3R.

Tabel 4.11
Perhitungan *Load Factor* Berdasarkan Rimpul Yang Digunakan (jalan 1)

No	Segmen	GR (pounds)		RR (pounds)		<i>Load Factor</i>	
		Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	-4472,43	2054,90	12912,11	4196,06	0,902	0,596
2	B-C	-10077,82	4630,35	3834,01	1544,51	0,803	0,414
3	C-D	-8105,57	3724,18	3834,01	1544,51	0,538	0,621
4	D-E	6389,36	-2935,65	3834,01	1544,51	0,764	0,423
5	E-F	1065,14	-489,39	3834,01	1544,51	0,848	0,262
6	F-G	234,83	-107,89	3834,01	1544,51	0,781	0,416
7	G-H	786,68	-361,45	3834,01	1544,51	0,655	0,554
8	H-I	657,89	-302,28	3834,01	1544,51	0,832	0,395
9	I-J	2273,43	-1044,55	3834,01	1544,51	0,755	0,466
10	J-K	1996,22	-917,18	10290,07	3642,53	0,867	0,535
Rata-Rata						0,774	0,468

Tabel 4.12
Perhitungan *load factor* berdasarkan rimpul yang digunakan (Jalan 2)

No	Segmen	GR (pounds)		RR (pounds)		<i>Load Factor</i>	
		Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	-10996,13	5052,28	16408,17	4934,08	0,887	0,629
2	B-C	-21639,01	9942,25	4708,03	1729,01	0,758	0,649
3	C-D	-20018,94	9197,89	4708,03	1729,01	0,653	0,671
4	D-E	-18040,42	8288,84	4708,03	1729,01	0,451	0,338
5	E-F	-24934,91	11456,58	4708,03	1729,01	0,675	0,664
6	F-G	2003,61	-920,58	4708,03	1729,01	0,861	0,287
7	G-H	2855,08	-1311,79	4708,03	1729,01	0,819	0,459
8	H-I	2747,68	-1262,45	4708,03	1729,01	0,691	0,555
9	I-J	2795,09	-1284,23	4708,03	1729,01	0,813	0,495
10	J-K	4207,36	-1933,11	9416,06	3458,03	0,828	0,621
Rata-Rata						0,744	0,537

b. Perhitungan *load factor* berdasarkan RPM

RPM (*rotation per minute*) adalah perputaran mesin dalam 1 menit, semakin tinggi RPM maka semakin cepat perputaran mesin dalam 1 menit. dibandingkan dengan RPM yang tersedia dalam mesin pada HP maksimal. Penelitian dilakukan dengan mengukur RPM selama 3 jam pada masing-masing jalan. Perhitungan lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran U. Pada Tabel 4.13 dan 4.14 menunjukkan besar *load factor* berdasarkan penggunaan RPM pada alat angkut Komatsu HM 400-3R.

Tabel 4.13
Perhitungan *Load Factor* berdasarkan RPM (Jalan 1)

No	Segmen	Jarak (m)	RPM Maksimal	RPM yang Digunakan Jam 1		RPM yang Digunakan Jam 2		RPM yang Digunakan Jam 3	
				Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	35,79	2000	1708	1370	1506	1311	1475	1366
2	B-C	44,239	2000	1425	1345	1529	1347	1375	1303
3	C-D	226,24	2000	1855	1468	1669	1347	1828	1366
4	D-E	55,18	2000	1511	1383	1512	1385	1490	1350
5	E-F	64,662	2000	1554	1403	1587	1413	1589	1335
6	F-G	127,48	2000	1490	1393	1492	1385	1490	1395
7	G-H	55,45	2000	1581	1359	1184	1385	1593	1448
8	H-I	112,39	2000	1416	1345	1419	1340	1426	1346
9	I-J	65,33	2000	1511	1447	1465	1323	1300	1288
10	J-K	71,23	2000	1700	1500	1705	1504	1710	1494
Load Factor				0,7876	0,7007	0,7534	0,6870	0,7638	0,6846

Tabel 4.14
Perhitungan *Load Factor* berdasarkan RPM (Jalan 2)

No	Segmen	Jarak (m)	RPM Maksimal	RPM yang Digunakan Jam 1		RPM yang Digunakan Jam 2		RPM yang Digunakan Jam 3	
				Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	63,2586	2000	1900	1452	1905	1457	1888	1440
2	B-C	41,037	2000	1432	1350	1433	1351	1415	1333
3	C-D	14,786	2000	1850	1381	1877	1408	1859	1390
4	D-E	16,4076	2000	1912	1526	1937	1551	1918	1532
5	E-F	82,7742	2000	1789	1512	1802	1525	1774	1497
6	F-G	73,5159	2000	1532	1419	1543	1430	1524	1411
7	G-H	76,7125	2000	1540	1362	1549	1371	1531	1353
8	H-I	24,3477	2000	1412	1345	1420	1353	1374	1307
9	I-J	44,228	2000	1532	1327	1546	1341	1506	1301
10	J-K	77,359	2000	1700	1410	1729	1439	1687	1397
Load Factor				0,82995	0,7042	0,83705	0,7113	0,8238	0,69805

2. Perhitungan konsumsi bahan bakar dengan rimpul

Perhitungan konsumsi bahan bakar alat angkut dilakukan untuk mengetahui pendekatan konsumsi bahan bakar alat angkut sesuai dengan data aktual menggunakan parameter *Horsepower* pada mesin alat angkut HM 400-3R dan *Load factor*. *Load factor* pada perhitungan bahan bakar merupakan suatu variabel, dimana *load factor* dapat berubah-ubah sesuai dengan penggunaan mesin.

Konsumsi bahan bakar alat angkut pada *idle time* yaitu pada saat *loading* dan antrian didapatkan dengan menggunakan data rpm alat angkut yaitu 700rpm.

Pada hasil perhitungan waktu antrian (*idle*) di lokasi pengamatan, didapatkan bahwa setiap 1 fleet dengan 3 alat angkut memerlukan waktu *idle* rata-rata 19,53 menit setiap 1 jam dengan jarak 836m (jalan 1), sedangkan untuk jarak 559m (jalan 2) memerlukan waktu *idle* rata-rata 18,63 menit (Lampiran R). Data yang didapat dari perusahaan yaitu nilai parameter untuk perhitungan kebutuhan bahan bakar solar sebagai berikut:

- BBM yang masuk ke mesin : 0,432 lb/ kw.hr
- Densitas bbm : 7,3 lb/ gallon

Kebutuhan bahan bakar solar untuk alat angkut dapat diketahui dengan perhitungan pemakaian rimpul pada berbagai macam pembebanan atau *load factor* alat angkut (lihat Tabel 4.15). Konsumsi bahan bakar berdasarkan perhitungan rimpul alat angkut Komatsu HM 400-3R dapat dilihat di Lampiran T.

Tabel.4.15
Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Rimpul

Penentuan <i>rolling</i> <i>resistance</i>	<i>Load Factor</i>						Konsumsi bahan bakar	
	Jalan 1			Jalan 2			Jalan 1	Jalan 2
	Muatan	Kosongan	<i>idle</i>	Muatan	Kosongan	<i>Idle</i>	1	2
Empirik	0,770	0,412	0,35	0,751	0,536	0,35	27,88	29,41

3. Perhitungan konsumsi Bahan Bakar dengan RPM

Penggunaan RPM yang tinggi meningkatkan *load factor* pada mesin yang menyebabkan bertambahnya konsumsi bahan bakar. Penggunaan RPM yang berlebihan merupakan suatu pemborosan konsumsi bahan bakar (lihat Tabel 4.16). Konsumsi bahan bakar didapatkan setelah dilakukan perhitungan data RPM pada alat angkut di lokasi penelitian (lihat Lampiran U).

Tabel 4.16
Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan RPM

Penentuan <i>rolling</i> <i>resistance</i>	<i>Load Factor</i>						Konsumsi bahan bakar	
	Jalan 1			Jalan 2			Jalan 1	Jalan 2
	Muatan	Kosongan	<i>idle</i>	Muatan	Kosongan	<i>Idle</i>	1	2
Empirik	0,768	0,691	0,35	0,830	0,711	0,35	32,39	34,02

Pengambilan data untuk jalan 1 dan jalan 2 dilakukan pada rentang bulan Maret 2019 di *pit* GS. Berdasarkan Perhitungan didapatkan ratio bahan bakar aktual,dan teori seperti Tabel 4.17 dan 4.18 dibawah ini.

Tabel 4.17
Ratio Bahan Bakar Alat Angkut (Jalan 1)

No	Dumptruck Komatsu HM 400-3R	Produksi (BCM/jam)	Konsumsmi Bbm (ltr/jam)	Rasio Bbm(Ltr/BCM)
1	Aktual	57,59	27,11	0,471
2	Teori	58,04	27,88 (rimpul) 32,39 (rpm)	0,480 0,558

Tabel 4.18
Ratio Bahan Bakar Alat Angkut (Jalan 2)

No	Dumptruck Komatsu HM 400-3R	Produksi (BCM/jam)	Konsumsi Bbm (ltr/jam)	Rasio Bbm(Ltr/BCM)
1	Aktual	61,88	29,14	0,471
2	Teori	62,05	29,41(rimpul) 34,02 (rpm)	0,474 0,548

BAB V

PEMBAHASAN

Dalam kegiatan pengangkutan *overburden* maupun batubara dibutuhkan biaya dalam kegiatan operasinya, salah satunya adalah bahan bakar. Bahan bakar merupakan biaya awal yang harus dikeluarkan agar kegiatan penambangan dapat berjalan. Pada penelitian ini difokuskan pada bahan bakar untuk mengangkut *Overburden* menggunakan alat angkut HM 400-3R. Optimalisasi penggunaan bahan bakar diperlukan untuk menekan besar biaya bahan bakar yang dikeluarkan oleh alat angkut setiap jamnya. Analisis penggunaan bahan bakar alat angkut HM 400-3R dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh-pengaruh yang menyebabkan konsumsi bahan bakar bertambah dan sebagai bahan rekomendasi untuk perbaikan dalam perencanaan selanjutnya.

5.1. Faktor-Faktor Pengaruh Tingkat Konsumsi Bahan Bakar

Dalam penggunaan bahan bakar pada alat angkut, konsumsi bahan bakar bertambah besar seiring dengan penggunaan *load factor* pada mesin. Penggunaan *load factor* yang berlebihan akan menambah beban pada mesin sehingga penggunaan bahan bakar bertambah. Pada alat angkut HM 400-3R menggunakan pemindahan gigi secara otomatis oleh mesin pada saat operasi. Pemindahan secara otomatis oleh mesin membantu operator dalam pengoperasian alat angkut sehingga besar *load factor* tidak dapat melebihi batas maksimal mesin. Pada kecepatan yang cukup saat alat angkut beroperasi, mesin akan menyesuaikan dengan pemindahan gigi sesuai kecepatan tersebut. Pemindahan gigi walaupun secara otomatis tetap bergantung pada perilaku operator dalam pengoperasiannya, adanya pemindahan gigi secara otomatis pada alat angkut diharapkan dapat menekan besar *load factor* pada mesin sehingga penggunaan bahan bakar dapat berkurang.

Brake Housepower yang ada pada binaan mesin alat angkut merupakan suatu tenaga yang dilakukan oleh mesin pada satuan waktu yang dihitung dari

torsi, besaran *brake horsepower* menentukan tingkat konsumsi bahan bakar tiap jamnya. *Brake Housepower* yang kecil maka konsumsi bahan bakar pada alat angkut kecil tetapi daya yang dihasilkan juga kecil sehingga untuk mengangkut beban yang lebih banyak tidak akan mampu dibanding dengan alat angkut yang mempunyai *Brake Housepower* yang besar. Selain dari *brake horsepower*, terdapat juga faktor dari luar yang menimbulkan bertambahnya *load factor* pada mesin. Besaran *load factor* dipengaruhi oleh hambatan-hambatan yang harus ditanggulangi oleh rimpul/rpm sehingga alat angkut tetap dapat beroperasi. Hambatan-hambatan tersebut ialah *grade resistance* dan *rolling resistance*, ditambah pengaruh beban total pada kondisi (muatan, kosongan, *idle*) alat angkut juga mempengaruhi konsumsi bahan bakar tiap jamnya.

5.1.1. Lebar Jalan Angkut

Lebar jalan angkut secara tidak langsung mempengaruhi penggunaan bahan bakar pada alat angkut. Lebar jalan angkut yang menghubungkan lokasi pengupasan *overburden* menuju ke lokasi disposal dibagi menjadi 2 jalan yang berbeda jalan 1 dan jalan 2. Pada jalan 2 perlu dilakukannya pelebaran jalan pada segmen B-C, D-E, E-F, dan H-I (dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2). Lebar jalan untuk keadaan lurus minimum adalah 12,10m (lihat Lampiran H). Oleh karena itu perlu dilakukannya pelebaran jalan angkut sesuai dengan standar.

Proses pengangkutan *overburden* oleh alat angkut diprioritaskan pada alat angkut yang sedang bermuatan. Alat angkut yang berpapasan pada jalan dengan lebar yang kurang (jalan 2) maka alat angkut dengan muatan kosongan akan mengantri menunggu alat angkut yang bermuatan terlebih dahulu. Waktu yang dibutuhkan untuk menunggu sebesar ± 25 detik. Walaupun antrian berada pada posisi *idle*, tapi keadaan mengantri menyebabkan waktu *return empty* alat angkut semakin bertambah sehingga produktivitasnya menurun dan bertambahnya rasio bahan bakar alat angkut. Jika lebar alat angkut memenuhi standar perusahaan yaitu >12 m, maka waktu tempuh dapat berkurang menjadi 2,5 menit yang semula yaitu 3,76menit.

5.1.2. *Rolling Resistance*

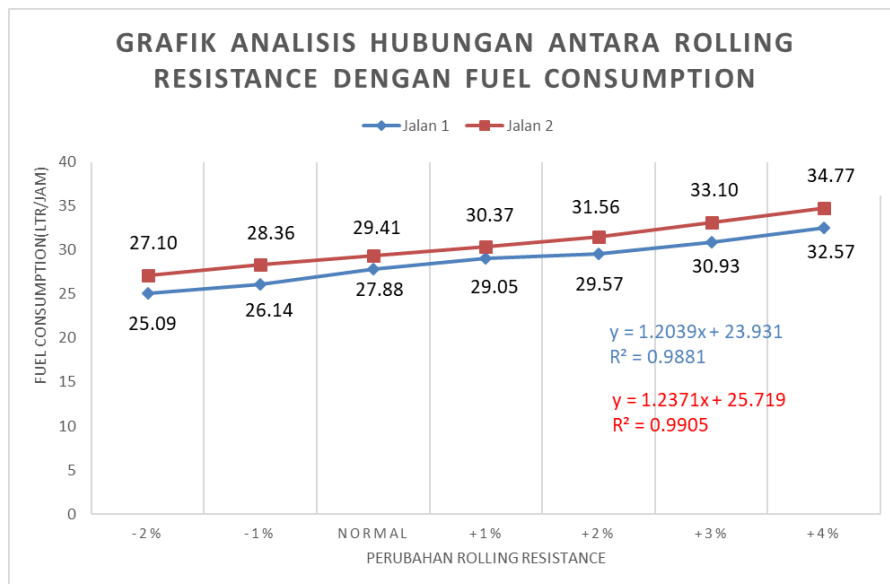
Besar *rolling resistance* yang ditimbulkan oleh kondisi permukaan jalan angkut dari *front* kerja menuju *disposal* mengurangi rimpul yang terpakai pada

mesin setiap gearnya. Menurut penelitian yang dilakukan di Australia oleh *Jarrad Coffey 2018*, besar *Rolling Resistance* dipengaruhi oleh 3 aspek yaitu tekstur jalan, kekerasan jalan, dan amblasan. Tekstur jalan adalah rata-rata perbedaan antara jalan cekung dengan permukaan jalan. Kekasaran jalan adalah perbedaan rata-rata antara jalan cembung dengan permukaan jalan. Amblasan jalan adalah besar amblasan yang disebabkan oleh roda alat angkut, semakin besar nilai amblasan maka semakin buruk kondisi jalan. Penggunaan metode penentuan ini sulit dilakukan pada di lapangan karena membutuhkan alat laser *scanning Leica C10* serta dalam pengolahan data membutuhkan *software Leica Geosystem 2014*. Oleh karena itu dalam penentuan *rolling resistance* pada penelitian ini belum bisa dilakukan.

Penentuan *rolling resistance* di lokasi penelitian menggunakan metode empirik yang telah dikumpulkan oleh *Tannant Et al 2001*, dalam penentuan *rolling resistance* dibedakan dengan kondisi permukaan jalan angkut serta besar amblasan yang diakibatkan oleh roda. Dari hasil pengamatan kondisi permukaan jalan angkut terdapat 2 kondisi permukaan jalan angkut (*smooth, hard, dry dirt and gravel, well maintained & soft unplowed dirt, poorly maintained*). Hasil pengamatan pada jalan 2 diketahui rata-rata pada jalan antara front menuju disposal mempunyai amblasan sedalam 2 cm lebih besar 1 cm dari jalan 1, amblasan pada jalan 2 dapat diminalkan dengan cara perawatan jalan menggunakan *grader* atau *bulldozer*. Diketahui jalan angkut pada segmen B-C, D-E, E-F, dan H-I (jalan 2) mempunyai lebar yang kurang dari standarnya. Hal ini berdampak pada kasus dilapangan yaitu *bulldozer* dan *motorgrader* jarang membersihkan material-material yang jatuh karena sempitnya jalan angkut dan menyebabkan terganggunya kelancaran proses pengangkutan. Hal ini mempunyai dampak pada besar amblasan jalan 2 yang lebih tinggi pada jalan 1. Pada bagian *front* kerja diketahui nilai amblasan lebih dari 5 cm sesuai dengan standar yaitu 8 cm (jalan 1) dan 12cm (jalan 2). Besar amblasan segmen *front* penambangan jauh lebih besar pada segmen lainnya, karena material yang dibongkar oleh *backhoe* dan/atau *ripper* berupa *material loose*. Pada segmen disposal diketahui bahwa besar amblasan jalan 1 dan 2 secara berturut-turut ialah 5 cm dan 4 cm. Nilai amblasan yang lebih dari 5 cm perlu dilakukannya kegiatan perataan kembali

menggunakan *backhoe* atau alat angkut yang beroperasi sehingga nilai amblasan dapat berkurang.

Analisis pengaruh *Rolling Resistance* terhadap penggunaan bahan bakar pada alat angkut HM 400-3R dilakukan dengan mengubah pengaruh amblasan (inch) pada jalan alat angkut. Keterkaitan antara *rolling resistance* dengan amblasan ialah setiap 1 inch amblasan terjadi akan menambah 1,5% kali dari kondisi jalan permukaan jalan angkut semula. Selain itu, kemiringan jalan dan waktu edar disesuaikan dengan hasil pengamatan yang telah dilakukan. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui tingkat pengaruh *Rolling Resistance* terhadap penggunaan bahan bakar.



Gambar 5.1

Grafik Analisis Hubungan antara *Rolling Resistance* dengan *Fuel Consumption*

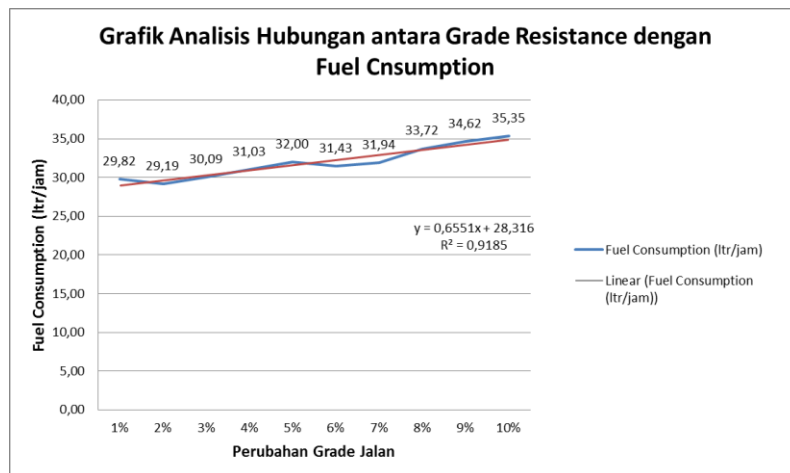
Dari Gambar 5.1 diketahui bahwasanya setiap penambahan *rolling resistance* sebesar 1 % akan menambah penggunaan konsumsi bahan bakar rata-rata pada jalan 1 sebesar 1,20liter/jam sedangkan pada jalan 2 ialah 1,24liter/jam.

5.1.3. *Grade Resistance*

Sesuai dengan standar perusahaan maksimum *grade* jalan angkut adalah 8%, pengamatan dilapangan ditemukan *grade* jalan angkut yang melebihi batas berada di jalan 2 pada segmen B-C, C-D, D-E, dan E-F. Kemiringan jalan angkut merupakan suatu kerugian bilamana melebihi batas (>8%) dari segi waktu edar, kondisi alat angkut, konsumsi bahan bakar, dan keamanan. Untuk mengatasi tanjakan pada jalan angkut maka dibutuhkan waktu yang lebih karena pada saat

alat angkut berada pada tanjakan diperlukan rimpul besar yang berada pada gigi kecil dengan kecepatan yang kecil juga. Selain itu, semakin bertambahnya kemiringan jalan maka rimpul yang digunakan semakin besar, akibatnya nilai *load factor* bertambah. Kemampuan tanjakan alat angkut maksimal berdasarkan perhitungan ialah 15,07% untuk kondisi bermuatan sedangkan saat bermuatan dapat mengatasi tanjakan sebesar 45,62% (lihat Lampiran M).

Setiap penambahan 1% *grade* maka beban rimpul yang diatasi oleh mesin bertambah 20 lb/ton berat alat angkut. Pada jalan 2 terdapat segmen E-F yang memiliki kemiringan teritingi yaitu 16,85%, maka beban pada mesin bertambah menjadi 336,96 lb/ton dikalikan berat alat angkut tersebut. Oleh karena itu perlu adanya penurunan *grade* sampai pada standar perusahaan 8% atau pengalihan jalan angkut untuk memindahkan *overburden* dari front menuju disposal agar rimpul yang terpakai menjadi lebih sedikit. Analisis hubungan antara *grade resistance* dengan *fuel consumption* dilakukan untuk mengetahui besar pengaruh perubahan *grade resistance* terhadap *fuel consumption* dengan kondisi permukaan jalan angkut sesuai dengan lokasi penelitian serta waktu edar disesuaikan. Perhitungan analisis *grade resistance* ini terdapat pengaruh 4 kondisi yaitu saat muatan turunan, muatan tanjakan, kosong turunan, dan kosong tanjakan. Gambar 5.2 di bawah ini menunjukkan setiap penambahan *grade* 1% maka konsumsi bahan bakar alat angkut meingkat sebesar 0,65 liter/jam. Dari hasil grafik diketahui bahwa besar pengaruh *rolling resistance* lebih tinggi daripada *grad resistance*.



Gambar 5.2
Grafik Analisis Hubungan antara *Grade Resistance* dengan *Fuel Consumption*

5.1.4. RPM

RPM (*rotation per minute*) adalah perputaran mesin dalam 1 menit, semakin tinggi RPM maka semakin cepat perputaran mesin dalam 1 menit. Dalam menentukan nilai *load factor* berdasarkan penggunaan RPM dengan cara membandingkan antara RPM yang terpakai senyatanya dalam 1 jam dibandingkan dengan RPM yang tersedia dalam mesin pada HP maksimal. Penelitian dilakukan untuk mengukur rata-rata penggunaan RPM pada mesin yang tertera pada RPM meter alat angkut HM 400-3R.

Pencacatan pengukuran RPM dilakukan semaksimal mungkin sesuai dengan segmen yang terbagi sebelumnya. Dari hasil pengamatan langsung RPM bertambah jika alat angkut melakukan percepatan (perubahan kecepatan setiap detik), semakin cepat perubahannya semakin tinggi nilai RPM. Pada kondisi jalan angkut yang sama alat angkut bermuatan dibandingkan dengan alat angkut kosong, maka penggunaan RPM akan lebih besar pada alat angkut yang sedang bermuatan karena dipengaruhi oleh beban total. Pada segmen jalan angkut yang mempunyai kemiringan signifikan lebih dari 8% yaitu B-C, C-D, D-E, dan E-F. Alat angkut saat mulai melakukan tanjakan F-E jika memiliki kecepatan yang cukup (tidak berada pada posisi berhenti) maka RPM yang digunakan sebesar ± 1500 rpm, tetapi jika tidak pada kecepatan yang cukup maka RPM yang digunakan ± 1800 . Perbedaan nilai 300rpm menimbulkan *load factor* pada mesin naik menjadi 20%, sehingga penggunaan bahan bakar naik menjadi 20% dari keadaan normal (1500rpm).

Saat posisi turunan mesin alat angkut akan mempertahankan kecepatan sesuai batas masing-masing gear yang ada. Jika digunakan pada gear yang rendah maka RPM akan naik walaupun pedal gas tidak ditekan, alat angkut akan terdorong secara otomatis. Tetapi jika digunakan gear yang tinggi maka alat angkut akan terdorong tanpa ada batasan oleh mesin dan RPM yang digunakan bernilai kecil karena kecepatannya masih dibawah batas gear yang ada.

5.1.5. *Idle Time*

Idle Time adalah waktu yang terjadi pada alat angkut saat posisi *standby* yaitu pada saat mesin tidak melakukan kerja tetapi mesin menyala. *Idle time* pada kasus penelitian ini dibagi hanya menjadi dua yaitu kondisi alat angkut saat

menunggu *loading* material dari *backhoe* dan antrian sebelum *loading*. Pada keadaan waktu tunggu atau *idle time* alat angkut, menurut Hays 1998 dan paper oleh *Haul truck fuel consumption and CO2 emission under various engine load conditions* 2010, konsumsi bahan bakar alat angkut pada *idle time* berkisar 10% dari kebutuhan total pada saat alat angkut berjalan. Tetapi, kenyataannya yang ada di lapangan yaitu alat angkut saat kondisi *idle time* memiliki besar rpm sebesar 700rpm pada RPM meter. Oleh karena itu, pada perhitungan konsumsi bahan bakar saat kondisi *idle time* menggunakan besaran 700rpm.

Semakin banyak waktu *idle time* pada alat angkut, maka semakin berkurang konsumsi bahan bakar setiap jamnya tergantung rasio antara alat angkut bekerja dengan *idle time* yang ada. *Idle time* berbanding terbalik dengan konsumsi bahan bakar setiap jamnya, juga berbanding terbalik dengan waktu kerja produktif dan produktivitas alat angkut. Berdasarkan penelitian di lapangan bahwa pada jalan 1 berjarak 836m dengan rata-rata *loading* 3,56 menit mempunyai waktu antrian 0,21 menit, sedangkan jalan 2 berjarak 559m dengan rata-rata *loading* 3,34 mempunyai waktu antrian sebesar 0,3 menit (lihat Lampiran G).

5.2. Analisis Konsumsi Bahan Bakar

Perhitungan data untuk menentukan konsumsi bahan bakar digunakan dua cara yaitu dengan menggunakan Rimpul dan RPM pada alat angkut. Dua metode ini digunakan sebagai pembandingan tingkat konsumsi bahan bakar yang mendekati dengan data aktual konsumsi bahan bakar alat angkut HM 400-3R yang beroperasi pada dua jalan berbeda. Secara teori didapatkan bahwa konsumsi bahan bakar alat angkut HM 400-3R lebih besar pada konsumsi bahan bakar aktual.

5.2.1. Konsumsi Bahan Bakar berdasarkan perhitungan Rimpul

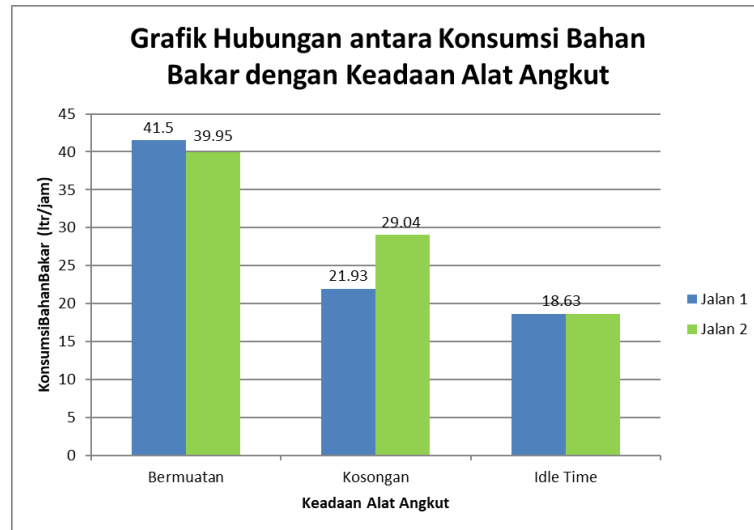
Perhitungan rimpul untuk mengetahui konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh rimpul yang digunakan pada mesin dibanding dengan rimpul yang tersedia. Rimpul yang digunakan pada alat angkut berbanding lurus dengan *grade resistance* dan *rolling resistance* yang ada pada jalur alat angkut dari *front* menuju *disposal*.

Diketahui rata-rata konsumsi bahan bakar jalan 1 untuk keadaan bermuatan adalah 38,74 liter/jam dan kosong 23,88 liter/jam. Selama 1 kali pemuatan (1 *rite*) waktu alat angkut dengan keadaan bermuatan adalah 265 detik

yang terdiri dari proses *Hauling, manuver & dumping*. Sedangkan keadaan kosongan yang terdiri dari *return empty & manuver* membutuhkan waktu selama 232 detik, selain itu alat angkut pada keadaan *idle time* juga berpengaruh pada tingkat konsumsi bahan bakar mempunyai rata-rata 226 detik terdiri dari proses *loading & antrian*. Senyatanya komposisi waktu yang dibutuhkan alat angkut berpengaruh pada tingkat konsumsi bahan bakar setiap jamnya. Pada jalan 2 waktu yang dibutuhkan pada keadaan bermuatan, kosongan, dan *idle time* secara urut yaitu, 232 detik, 253 detik & 218 detik (lihat Lampiran W).

Analisis konsumsi bahan bakar dilakukan dengan penggunaan rimpul didapatkan hasil untuk jalan 1 pada keadaan bermuatan 41,50liter/jam, kosongan 21,93 liter/jam, dan *idle time* 18,63 liter/jam . Sedangkan pada jalur 2 secara berurutan yaitu 39,95, 29,04, dan 18,63 liter/jam. Pada 2 jalan yang berbeda tingkat konsumsi bahan bakar dengan keadaan bermuatan lebih tinggi pada jalan 1 daripada jalan 2, dikarenakan karakteristik jalan 1 yang cenderung lurus tidak mempunyai penambahan rimpul yang disebabkan oleh adanya turunan atau *grade assistance* pada segmen 2 (B-C, C-D, D-E, E-F) berbeda dengan jalan 2. Pada keadaan kosongan secara jelas konsumsi bahan bakar lebih tinggi pada jalan 2 daripada jalan 1, hal ini dikarenakan kemiringan jalan yang tinggi (>8%) ditemukan pada segmen jalur 2 (B-C, C-D, D-E, E-F) membuat *grade resistance* bertambah.

Perhitungan konsumsi bahan bakar dilakukan dengan menggabungkan pengaruh waktu yang digunakan pada setiap proses (*loading, return, manuver, antrian, dan dumping*) dengan besar konsumsi bahan bakar pada masing-masing keadaan alat angkut (bermuatan, kosongan, *idle time*). Secara teori didapatkan besar konsumsi bahan bakar untuk jalan 1 adalah 27,88 liter/jam sedangkan jalan 2 adalah 29,41 liter/jam. Terdapat perbedaan 1,53 liter/jam antara jalan 1 dan jalan 2. Jika kedua jalan memiliki rasio waktu keadaan angkut yang samapun (menggunakan rasio waktu jalan 1) maka konsumsi bahan bakar masih lebih besar pada jalan 2 dibanding dengan jalur 1 yaitu 27,88 liter/jam dan 29,56 liter/jam. Selisih antara konsumsi bahan bakar 1,68 liter/jam. Pada Gambar 5.3 dibawah ini menunjukkan hubungan antara keadaan alat angkut dengan konsumsi bahan bakar pada masing-masing jalan berdasarkan perhitungan rimpul.



Gambar 5.3

Grafik Hubungan antara Konsumsi Bahan Bakar dengan Keadaan Alat Angkut Berdasarkan Perhitungan Rimpul

5.2.2. Konsumsi Bahan Bakar berdasarkan Penggunaan RPM

Analisis penggunaan RPM dilakukan pada alat angkut sebagai pembandingan dengan perhitungan rimpul. Pengukuran dilakukan dengan cara mencatat nilai RPM yang rata-rata muncul pada setiap segmen jalan selama 3 jam pada masing-masing jalur jalan angkut. Diketahui pada saat pengamatan di lokasi penelitian alat angkut dengan kecepatan yang sama, saat kondisi muatan dibandingkan dengan kondisi kosong memiliki perbedaan ± 100 rpm. Alat angkut pada jalan 1 memiliki rata-rata penggunaan sebesar ± 1459 rpm, sedangkan pada jalur 2 adalah 1541 rpm. Semakin tua alat angkut maka semakin menurun performa yang dimiliki dibandingkan dengan performa pada keadaan baru. Mesin pada alat angkut tua (lebih dari 5 tahun) terdapat keausan pada mesin menyebabkan penyaluran energi mesin menjadi tidak efisien. Hal ini juga dibuktikan dengan nilai RPM yang lebih besar. Kemampuan alat angkut pada 1500 RPM dengan keadaan baru akan berbeda dengan keadaan alat angkut yang telah beroperasi dua atau tiga tahun dengan nilai RPM yang sama, pasti membutuhkan nilai RPM berlebih.

Pengukuran RPM memiliki kelemahan belum mendapatkan rata-rata penggunaan RPM yang senyatanya di lapangan 100% sehingga dalam mengetahui perubahan percepatan yang dihasilkan kurang representatif. Data yang kurang representatif ini mengakibatkan dalam perhitungan besar konsumsi bahan bakar

kurang sesuai dengan data aktualnya. Konsumsi bahan bakar rata-rata setelah memperhitungkan kondisi kerja alat angkut yaitu 32,65 liter/jam untuk jalan 1 sedangkan untuk jalan 2 adalah 34,02 liter/jam. Perbedaan hasil konsumsi bahan bakar berdasarkan penggunaan RPM dengan data aktual yaitu 5,54 liter/jam (jalan 1) dan 4,88 liter/jam (jalan 2). Perbedaan ini cukup signifikan dibandingkan dengan hasil perhitungan konsumsi bahan bakar berdasarkan penggunaan rimpul. Oleh karena itu, dalam menentukan konsumsi bahan bakar lebih mendekati pada perhitungan rimpul dibanding dengan penggunaan RPM dan dalam perhitungan usulan perbaikan konsumsi rasio bahan bakar menggunakan perhitungan rimpul.

5.3. Perbaikan Rasio Bahan Bakar

Rasio bahan bakar adalah perbandingan antara konsumsi bahan bakar (ltr/jam) dibanding dengan banyaknya produktivitas yang tercapai setiap jamnya. Semakin tinggi nilai rasio bahan bakar maka semakin besar biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Penelitian produksi dilakukan pada bulan Maret 2019 dengan alat angkut HM 400-3R dengan jarak 836m dan 559m. Perusahaan menargetkan besar produksi setiap jarak angkut berbeda-beda untuk jarak 900m sebesar 68,4 BCM/jam sedangkan 600m sebesar 79,8 BCM/jam. Berdasarkan data aktual di lapangan produktivitas yang dicapai ialah 57,59 BCM/jam (jalan 1) dan 61,88 BCM/jam (jalan 2). Konsumsi bahan bakar yang pada alat angkut untuk jalan 1 dan 2 berturut-turut yaitu 27,11 liter/jam dan 29,14 liter/jam, sehingga rasio bahan bakar yaitu sebesar 0,471 liter/BCM. Dari hasil data tersebut, rasio bahan bakar yang diperoleh masih lebih tinggi dibanding dengan standar perusahaan yaitu 0,35 liter/BCM. Terdapat dua cara untuk menekan rasio bahan bakar yaitu dengan menekan konsumsi bahan bakar dan menambah produktivitas alat angkut.

5.3.1. Perbaikan jalan angkut

Perbaikan jalan angkut dilakukan agar mengurangi tahanan *rolling resistance* dan *grade resistance* sehingga *load factor* dapat diminimalkan. Perbaikan kondisi jalan angkut pada lokasi penelitian dapat dilakukan dengan cara memperbaiki kondisi permukaan jalan dan geometri jalan yang sesuai dengan standarnya. Pada segmen jalan dengan kondisi *medium severity* yang mempunyai amblesan lebih dari 5cm yaitu pada *front* kerja dan *disposal*. Selain itu geometri

jalan yang sesuai dengan standarnya menjadikan aktivitas pengangkutan lancar sehingga *motorgrader* dan/atau *bulldozer* dapat membersihkan material pada jalan angkut. Hal ini diharapkan mengurangi amblasan pada jalan 2 agar sama dengan amblasan jalan 1 yaitu 1cm. Penyesuaian kemiringan jalan (8%) dilakukan pada jalan 2 agar sesuai dengan standar operasi dan mengurangi nilai *grade resistance*. Disisi lain, aktivitas pengangkutan yang lancar mengurangi *cycle time* alat angkut sehingga produktivitas bertambah.

Perhitungan konsumsi bahan bakar secara teori dengan *grade* yang tidak melebihi standar (8%) dan kondisi permukaan yang tidak melebihi 5cm (*medium severity*) serta amblasan jalan 2 yang sama dengan jalan 1 yaitu 1cm dapat mengurangi konsumsi bahan bakar pada jalan 1 sebesar 3,01 liter/jam (10,8%) sedangkan pada jalan 2 sebesar 4,27 liter/jam (14,5%).

5.3.2. Pengoptimalan Kecepatan Alat Angkut

Dilihat dari waktu rata-rata yang dibutuhkan alat angkut saat proses *hauling* dan *return*, alat angkut yang beroperasi pada jalan 1 menempuh dengan kecepatan 13,52 km/jam saat muatan dan 14,45 km/jam saat kosong. Pada jalan 2 kecepatan yang ditempuh oleh alat angkut berturut-turut yaitu 10,82 km/jam dan 8,92 km/jam. *Cycle time* dapat dikurangi dengan cara menambah kecepatan alat angkut saat beroperasi. Berdasarkan kecepatan batas perusahaan yaitu 25 km/jam, maka kecepatan alat angkut yang beroperasi pada jalan 1 dan jalan 2 masih dapat ditingkatkan.

Perhitungan konsumsi bahan bakar setelah perbaikan *cycle time* dilakukan dengan menggunakan modus dibawah rata-rata pada waktu edar alat angkut saat beroperasi di jalan 1 dan jalan 2 dari data *cycle time* yang telah diamati pada saat bermuatan. Waktu edar yang didapatkan saat *hauling* pada jalan 1 yaitu 172 detik dengan kecepatan 17,5km/jam, sedangkan pada jalan 2 yaitu 145 detik dengan kecepatan 13,9km/jam. Saat *return* dengan kecepatan 22,5 km/jam karena masih dapat ditangani oleh batas mesin pada *gear* dan tidak melewati ambang batas kecepatan maksimal.

Perubahan waktu saat *hauling* dan *return* berdampak juga terhadap rasio waktu kondisi alat angkut setiap satu jam yang mempengaruhi besar konsumsi bahan bakar terpakai dalam satu jam. Pada Tabel 5.1 dan 5.2 dibawah ini

menunjukkan hasil perbandingan usulan rasio bahan bakar setelah perbaikan kepada perusahaan.

Tabel 5.1
Rasio Bahan Bakar Alat Angkut setelah Perbaikan (Jalan 1)

No	Dumptruck Komatsu HM 400-3R	Produksi (BCM/jam)	Bbm (litr/jam)	Rasio Bbm(Ltr/BCM)
1	Aktual	57,59	27,11	0,471
2	Teori	58,04	27,88	0,480
3	Perbaikan	71,39	24,81	0,348

Tabel 5.2
Ratio Bahan Bakar Alat Angkut setelah Perbaikan (Jalan 2)

No	Dumptruck Komatsu HM 400-3R	Produksi (BCM/jam)	Bbm (litr/jam)	Rasio Bbm(Ltr/BCM)
1	Aktual	61,88	29,14	0,471
2	Teori	62,05	29,41	0,474
3	Perbaikan	79,77	24,69	0.310

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan perhitungan analisis penggunaan konsumsi bahan bakar pada alat angkut Komatsu HM 400-3R didapatkan kesimpulan beberapa hal sebagai berikut:

1. Faktor-faktor yang menyebabkan penggunaan konsumsi bahan bakar adalah
 - a. Lebar Jalan Angkut
Setelah pelebaran jalan angkut khususnya pada jalan 2 dilakukan, perubahan *cycle time* menjadi 9,12 menit yang semula 11,72 menit. Sehingga produktivitas alat angkut Komatsu HM 400-3R meningkat sebesar 17,8 BCM/jam.
 - b. *Grade Resistance & Rolling Resistance*
Kemiringan jalan angkut menyebabkan penggunaan rimpul pada alat angkut Komatsu HM 400-3R bertambah. setiap penambahan 1% kemiringan jalan maka konsumsi bahan bakar bertambah sebesar 0,65 liter/jam. Setiap penambahan 1% *rolling resistance* yang ditimbulkan pada jalan angkut menyebabkan bertambah konsumsi bahan bakar berturut-turut sebesar dan 1,20 liter/jam dan 1,24 liter/jam .
 - c. RPM
Penggunaan RPM alat angkut Komatsu HM 400-3R lebih besar digunakan pada jalan 2 dibandingkan dengan jalan 1 sebesar 300rpm menyebabkan peningkatan bahan bakar sebesar 20%.
 - d. *Idle Time*
Waktu *standby* pada alat angkut yang mengurangi konsumsi bahan bakar setiap jamnya. Kondisi *idle time* pada alat angkut menghabiskan bahan bakar sebesar 18,63 liter setiap jamnya.
2. a. Konsumsi bahan bakar pada alat angkut Komatsu HM 400-3R

- Data aktual dari perusahaan pada jalan 1 adalah 27,11 liter/jam sedangkan pada jalan 2 adalah 29,14 liter/jam.
 - Perhitungan konsumsi bahan bakar dilakukan dengan menggunakan rimpul berturut-turut yaitu 27,88 liter/jam dan 29,41 liter/jam.
- b. Rasio bahan bakar pada alat angkut Komatsu HM 400-3R ialah:
- Data aktual dari perusahaan pada jalur 1 dan 2 adalah 0,47 liter/BCM.
 - Perhitungan ratio bahan secara teori didapatkan dari perbandingan konsumsi bahan bakar dibanding dengan produktivitas berturut turut adalah 0,480 liter/BCM dan 0,474 liter/BCM.
3. Usulan rekomendasi perbaikan kondisi jalan angkut dan pengoptimalan kecepatan alat angkut Komatsu HM 400-3R didapatkan:
- a. Konsumsi bahan bakar untuk jalan 1 sebesar 24,81liter/jam dan untuk jalan 2 sebesar 24,69liter/jam.
- b. Rasio Bahan bakar setelah perbaikan didapatkan yaitu 0,348 (jalan 1) dan 0,310 (jalan 2)

6.2.Saran

1. Perlu dilakukan perbaikan rancangan jalan angkut pada jalan 2 agar kemiringan tidak melebihi standar perusahaan 8% yaitu pada segmen (B-C, C-D, D-E, E-F) dan pelebaran jalan sesuai dengan batas dari lebar alat angkut Komatsu HM 400-3R.
2. Perlu adanya kegiatan perataan jalan angkut secara berkala menggunakan alat *bulldozer* dan *motorgrader* pada jalan angkut, sehingga dapat meminimalkan besaran amblasan (≤ 5 cm).
3. Meningkatkan kecepatan pada alat angkut Komatsu HM 400-3R saat proses pengangkutan sebesar 17,5km/jam saat bermuatan dan 22,5km/jam saat kosongan agar produktivitas tercapai dan dapat menambah efisiensi *gear*.
4. Untuk penelitian selanjutnya lebih baik mendapatkan data RPM secara lebih detail pada alat angkut Komatsu HM 400-3R untuk semua unit alat angkut Komatsu HM 400-3R yang beroperasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Awang Suwandhi. 2014. *Perencanaan Jalan Tambang*. Diklat Perencanaan Tambang Terbuka. Unisba: Bandung.
2. Evans et al. 2009. *Effect of Tire Rolling Resistance Levels on Traction, Treadwear, and Vehicle Fuel Economy*. United States Department of Transportation.
3. Harmmarstrom et al. 2012. *Rolling resistance model, fuel consumption model and the traffic energy saving potential from changed road surface conditions*. VTI rapport 748A, Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI). Linköping: Sweden
4. Hartman, H. 1987. *Introductory Mining Engineering*. The University of Alabama. Tuscaloosa Alabama.
5. Hermans B. 2017. *Propertis Geometri Silinder Motor Bakar*, <http://www.google.com/geometrisilinder>, (diakses tanggal 30 Juni 2019).
6. Hustrulid, W, dan Kutcha, M. 1998. *Open Pit Mine Planning & Design Volume 1*. Rotterdam.
7. Kaufman, Walter W, dan James C Ault. 1977. *Design Of Surface Mine Haulage Roads*. United States Bureau of mines: Washington DC.
8. Patrick Coffey, Jarrad. 2015. *Mine Haul Rolling Resistance Influence and Impacts*. Curtin University.
9. Patrick Coffey, Jarrad, Hamid Nikraz, dan Colin Leek. 2018. *Haul Road Resistance and Pavement Condition*. Australian Journal of Civil Engineering.
10. Peurifoy, R.L. 1998. *Construction Planning Equipment and Methods*. McGraw-Hill: New York
11. Sandberg et al. 2011. *Rolling Resistance – Basic Information and state of the art on measurement methods*: VTI.
12. Scoot Wood, Graeme. 1994. *The Rolling Resistance of Articulated Dump Truck On Hauls Road*. University of Edinburgh.
13. Supriatna S, dkk. 1995. *Geological Map Of The Samarinda Sheet, Kalimantan 1:250.000 Scale*. Geological Research And Development centre 1995.
14. Soofastei, Ali. Saied Mostofa. et al. 2016, *Reducing Fuel Consumption of Haul Truck in Surfaces Mines Using Artificial Intelligence Models*. University of Wollongong Australia.

15. Tannant et all. 2001. *Guidelines for Mine Haul Road Design*. University Of British Colombia: Canada.
16. Uicker, J .dan G. R. Pennock, 2003. *Theory of Machine and Mechanism 3rd Edition, Oxford University Press*. New York.
17. Yanto Indonesianto. 2013. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Program Studi Teknik Pertambangan, UPN 'Veteran' Yogyakarta:Yogyakarta.
18. _____. Komatsu 2009. *Komatsu : Specification & Application Handbook 30*. Japan
19. _____. Modular Mining Sistem, 2010, *Reduce Haul Truck Fuel Consumption*.
20. _____. Operational Traning Departmen. PT. Lana Harita Indonesia.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

CURAH HUJAN

Tabel A.1.
Data Curah Hujan Bulanan Tahun 2009 - 2018

BULAN	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Rata2 09-18
JAN	213	180	271	232	156	353	257	202	248	159	227.2
PEB	231	75	191	365	287	75	280	119	203	145	197.0
MAR	399	97	188	242	284	134	227	192	112	125	200.0
APR	311	165	296	138	199	181	314	305	320	222	245.1
MEI	216	206	141	148	227	226	187	187	155	147	184.0
JUN	95	122	174	131	199	123	101	214	135	67	136.1
JUL	70	121	115	136	299	64	135	70	119	146	127.5
AGT	65	95	229	62	78	136	121	46	127	36	99.4
SEP	24	195	169	73	116	18	74	73	55	40	83.7
OKT	123	195	168	81	166	19	72	181	180	182	136.7
NOV	163	222	191	205	297	88	326	333	134	149	210.9
DESEM	115	100	317	209	276	422	205	359	207	148	235.8
RATA2	168.8	147.8	204.2	168.5	214.3	153	191.6	190.1	166.2	130.5	173.6

Tabel A.2.
Data Hari Hujan Bulanan Tahun 2009 – 2018

Bulan	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Rata2 09-18
JAN	13	7	16	19	16	36	14	10	13	7	15
PEB	12	3	12	14	17	4	12	6	11	3	10
MAR	17	4	15	12	11	5	12	11	7	4	10
APR	14	8	17	11	13	12	16	15	17	8	13
MEI	9	16	17	14	24	24	12	12	9	11	15
JUN	7	12	12	11	8	5	5	12	10	5	9
JUL	5	12	8	13	15	3	10	6	9	3	9
AGT	3	9	6	7	15	26	13	3	12	3	10
SEP	1	15	10	8	14	2	6	5	4	5	7
OKT	12	13	8	11	15	2	7	12	12	2	9
NOV	11	8	6	20	17	5	13	16	6	8	11
DESEM	7	8	16	17	20	31	11	17	10	7	14
RATA2	9.3	9.6	11.9	13.1	15.4	12.9	11.0	10.5	10.1	5.5	10.9

Berdasarkan data tabel curah hujan, hari hujan, dan durasi hujan di PT. Mitra Indah Lestari dari tahun 2009 sampai dengan 2018, diketahui :

- Curah hujan rata-rata = 173.6 mm/bulan
- Hari hujan rata-rata = 10.9 hari/bulan

LAMPIRAN B
JAM HARI & EFEKTIVITAS KERJA

PT. Mitra Indah Lestari menerapkan waktu kerja dengan dua shift kerja tiap harinya. Dilaksanakan pada hari Senin sampai hari Minggu. Pengamatan waktu kerja dapat dilihat pada Tabel B.1 di bawah ini.

Tabel B.1
Jadwal Waktu Kerja PT. Mitra Indah Lestari

Hari Kerja	Waktu kerja		Total Waktu Kerja (Jam)
	Shift I	Shift II	
Senin	07.00-12.00 13.00-18.00	18.00-24.00 01.00-07.00	20
Selasa	07.00-12.00 13.00-18.00	18.00-24.00 01.00-07.00	20
Rabu	07.00-12.00 13.00-18.00	18.00-24.00 01.00-07.00	20
Kamis	07.00-12.00 13.00-18.00	18.00-24.00 01.00-07.00	20
Jumat	07.00-11.30 13.00-18.00	18.00-24.00 01.00-07.00	19
Sabtu	07.00-12.00 13.00-18.00	18.00-24.00 01.00-07.00	20
Minggu	07.00-12.00 13.00-18.00	18.00-24.00 01.00-07.00	10
Total waktu kerja dalam satu minggu			129

Dari tabel diatas diperoleh waktu kerja tersedia seabagai berikut :

Waktu kerja dalam satu minggu = 129 jam/minggu

Berdasarkan data aktual yang didapatkan dari perusahaan, waktu kerja alat angkut pada shift 1 (siang) pada jalan 1 dan 2 ialah sebagai berikut. Waktu kerja efektif dipengaruhi oleh hambatan-hambatan yang menyebabkan alat angkut tidak dapat beroperasi secara maksimal (10 jam) meliputi; hujan, *slippery*, *breakdown*, dan keperluan pribadi.

Tabel. B.1
Waktu Kerja Alat Angkut (Jalan 1)

No	Kode unit Alat Angkut	Tanggal	Waktu Kerja (jam)
1	139	- 1 Maret 2019	8
		- 10 Maret 2019	8
		- 12 Maret 2019	6,25
		- 16 Maret 2019	8,83
		- 21 Maret 2019	5,5
		- 22 Maret 2019	8
		- 23 Maret 2019	10
2	150	- 2 Maret 2019	8
		- 6 Maret 2019	8
		- 7 Maret 2019	10
		- 10 Maret 2019	9
		- 11 Maret 2019	10
		- 12 Maret 2019	7,67
		- 18 Maret 2019	10
		- 19 Maret 2019	8,5
		- 21 Maret 2019	6,17
		- 22 Maret 2019	9
- 23 Maret 2019	10		
3	151	- 1 Maret 2019	9
		- 9 Maret 2019	7
		- 10 Maret 2019	8
		- 18 Maret 2019	7,67
		- 21 Maret 2019	6
		- 23 Maret 2019	10

Lanjutan Tabel B.1

No	Kode unit Alat Angkut	Tanggal	Waktu Kerja (jam)
4	153	- 1 maret 2019	9
		- 10 Maret 2019	8
		- 11 Maret 2019	8,25
		- 21 Maret 2019	6
		- 23 Maret 2019	10
5	79	- 10 Maret 2019	8
		- 13 Maret 2019	6
		- 18 Maret 2019	5
		- 20 Maret 2019	5
		- 23 Maret 2019	10
6	80	- 2 Maret 2019	7
		- 6 Maret 2019	9,5
		- 12 Maret 2019	6,25
		- 23 Maret 2019	7
7	81	- 2 maret 2019	7,5
		- 9 Maret 2019	7
		- 18 Maret 2019	5,67
		- 30 Maret 2019	9
8	82	- 1 Maret 2019	8
		- 4 Maret 2019	7
		- 7 Maret 2019	10
		- 12 Maret 2019	9,33
		- 18 Maret 2019	9,5
		- 22 Maret 2019	9
		- 23 Maret 2019	10
- 29 Maret 2019	7		
9	83	- 9 Maret 2019	7
		- 18 Maret 2019	5,67
		- 24 Maret 2019	10

Lanjutan Tabel B.1

No	Kode unit Alat Angkut	Tanggal	Waktu Kerja (jam)
10	91	- 1 Maret 2019	9
		- 4 Maret 2019	6,67
		- 6 Maret 2019	10
		- 7 Maret 2019	10
		- 12 Maret 2019	6,67
		- 13 Maret 2019	7,5
		- 18 Maret 2019	10
		- 19 Maret 2019	7,6
		- 21 Maret 2019	8,5
		- 22 Maret 2019	9
- 23 Maret 2019	10		
Rata-rata			8,13

Tabel B.2
Waktu Kerja Alat Angkut (Jalan 2)

No	Kode Unit Alat Angkut	Tanggal	Waktu Kerja (Jam)
1	80	- 10 Maret 2019	8
2	92	- 26 Maret 2019	8,23
3	139	- 26 Maret 2019	8,33
4	150	- 13 Maret 2019	8,67
Rata-rata			8,31

LAMPIRAN C
PERHITUNGAN FAKTOR PENGEMBANGAN
(SWELL FACTOR)

Faktor pengembangan adalah perbandingan antara berat *Overburden loose* dengan berat *Overburden bank* atau perbandingan antara volume *Overburden bank* dengan *Overburden loose*. Perhitungan faktor pengembangan adalah sebagai berikut:

$$\text{Swell Factor} = \frac{\text{loose density}}{\text{bank density}} \times 100\%$$

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

Keterangan:

% Swell : Besar pengembangan dalam persen (%)

Swell Factor : Faktor pengembangan

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

Densitas bank : perbandingan massa dan volume material pada tempat awalnya (ton/m³)

Material penutup yang terdapat pada lokasi penelitian merupakan batulempung dan batupasir, sedangkan yang menjadi bahan penelitian di lapangan ialah batulempung. Menurut data dari perusahaan PT.Mitra Indah Lestari, *swell factor* batulempung ialah 0,625. Nilai ini diterapkan oleh perusahaan sebagai acuan untuk kapasitas *vessel* dari alat angkut yaitu 15 BCM dari 24m³.

$$\text{Swell Factor} = \frac{\text{bank volume}}{\text{loose volume}} \times 100\% = \frac{15 \text{ BCM}}{24 \text{ m}^3}$$

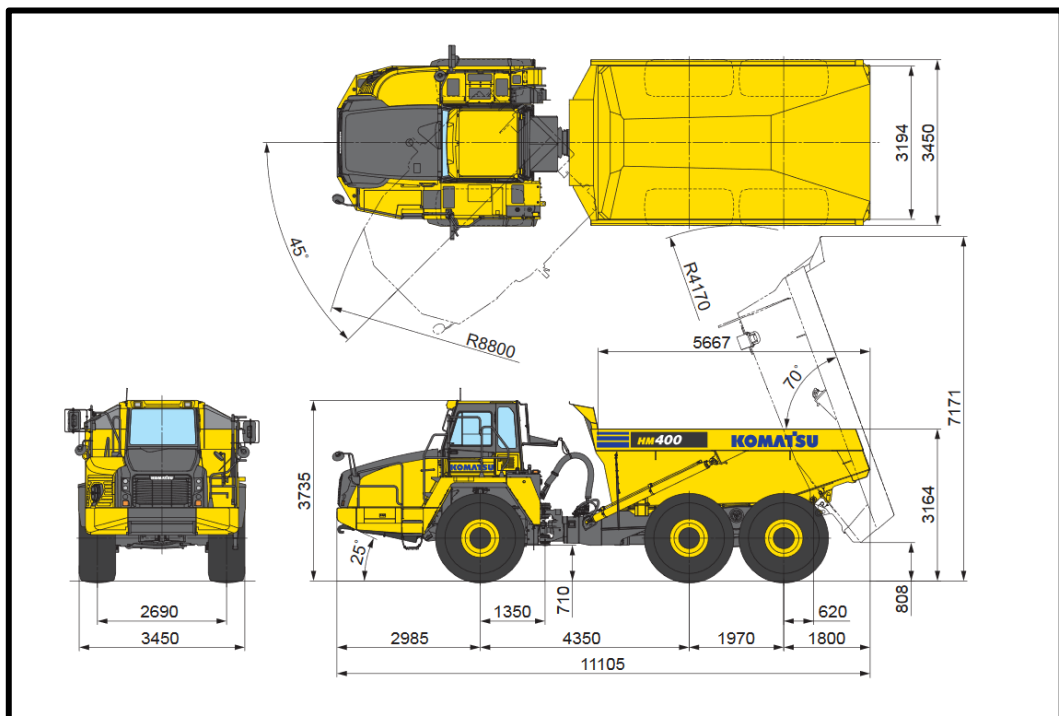
$$\text{Swell factor} = 0,625$$

LAMPIRAN D

SPESIFIKASI ALAT ANGKUT

1. Merk dan Model : Komatsu HM 400-3R
2. Engine
 - a. Model : SAA6D140E-5
 - b. Kapasitas mesin : 15,24 liter
 - c. *Bore x stroke* : 140 x 165 mm (5,51 x 6,650 in)
 - d. *Maximal torque* : 2.089 Nm
 - e. *Horsepower* : 453 HP
3. Kapasitas
 - a. *payload* : 40 ton
 - b. *Heaped capacity* : 24 m³
4. Kecepatan maksimal bermuatan : 30 km/jam
5. Ukuran ban
 - a. Depan : 29.50 R25 x 2
 - b. Belakang : 29.50 R25 x 4
6. Berat
 - a. Berat kosong : 34 ton
 - b. Berat bermuatan : 74 ton
7. Distribusi beban
 - a. Berat kosong : depan (56,7%) 19,3 ton
: tengah (23,2%) 7,9 ton
: belakang (20,1%) 6,8 ton
 - b. Berat bermuatan : depan (29,3%) 21,7 ton
: tengah (35,4%) 26,2 ton
: belakang (35,3%) 26,1 ton
8. Kapasitas Tanki Bahan Bakar : 518 liter
9. *Articulation Angle* : 45⁰

10. Dimensi *truck*
 - a. Panjang : 11.105 mm
 - b. Lebar : 3.450 mm
 - c. Tinggi : 3.735 mm
11. Dimensi *vessel*
 - a. Panjang : 5.667 mm
 - b. Lebar : 3.194 mm
 - c. Tinggi : 1.870 mm
 - d. Volume : 24 m³
12. Jarak antar roda depan : 2.690 mm
13. Jarak antar roda belakang : 2.690 mm
14. Juntai depan : 2.985 mm
15. Juntai belakang : 1.800 mm
16. Sudut *dumping* : 70°
17. Rasio bahan bakar : 162 gallon/HP.h



Sumber : Handbook Komatsu HM 400-3R

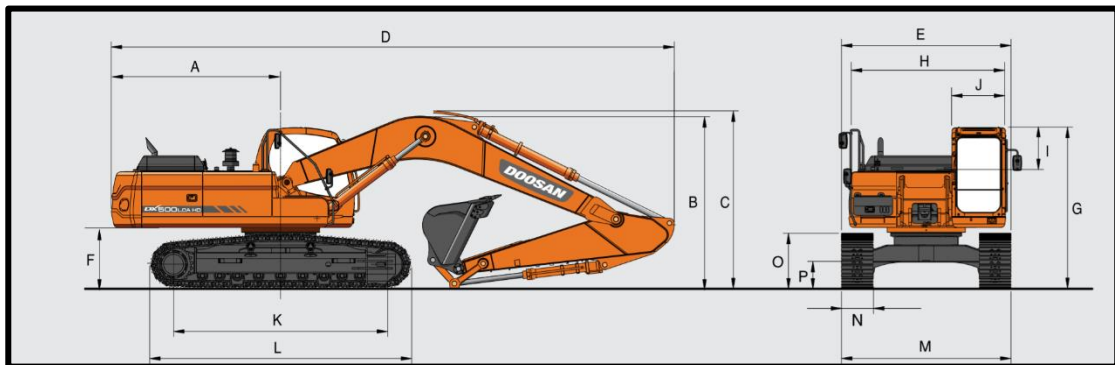
LAMPIRAN E

SPESIFIKASI ALAT MUAT

Spesifikasi *Backhoe* Dozaan DX 500LCA

1. Merk dan Model : Dozaan DX 500LCA
2. *Engine Output* : 318 HP /238 kW at 2.000 rpm
3. Kapasitas *bucket* : 3,2 m³
4. Berat : 52 ton
5. Kecepatan
 - a. Kecepatan *swing* : 0 – 9,2 rpm
 - b. Kecepatan jalan : 0 – 3,2 km/jam
6. *Working Range*
 - a. *Max. Digging depth* : 6.770 mm
 - b. *Max. Vertical wall depth* : 1.190 mm
 - c. *Max. Digging reach* : 10.750 mm
 - d. *Max. Reach at ground level* : 10.460 mm
 - e. *Max. Dumping height* : 6.720 mm
 - f. *Bucket angle decree* : 174⁰
7. Dimensi alat (Ukuran)
 - a. Panjang : 11.430 mm
 - b. Tinggi : 4.200 mm
 - c. Lebar : 3.900 mm
 - d. Unit : 1 unit
8. *Track*
 - a. *Length track on ground* : 5.465 mm
 - b. *Trackwidth* : 600 mm
 - c. *Height of cab* : 3.350 mm
 - d. *Ground clearance* : 770 mm
 - e. *Ground pressure* : 10,24 psi / 136 kPa

- f. *Minimum tail swing radius* : 4.750 mm
9. Mesin
- a. Model mesin : Doosan DX 500LCA
- b. Tipe : 4-Cycle Air-To-Air Intercooler
In- line Water-Cooled, Direct
Injection, Tier II Bore/stroke : 170/170 mm
 / 6,9/ 6,9 in
10. Sistem hidrolik
- a. Aliran pompa pelumas maksimal : 2 x 360 liter/min
- b. Aliran *pilot pump* : 27,4 liter/min
- c. Tekanan sistem maksimum : 320 kg/cm²
11. Kapasitas bahan bakar
- a. Bahan bakar penuh : 620 liter
- b. Kapasitas pelumas hidrolik : 390 liter
- c. Kapasitas Radiator : 29,5 liter
- d. Kapasitas oli Mesin : 28 liter



LAMPIRAN F

WAKTU EDAR ALAT MUAT

Perhitungan waktu edar (*cycle time*) alat muat dinyatakan dengan cara memperhatikan pola gerak dari alat-alat mekanis pada saat alat-alat tersebut melakukan aktivitasnya.

Waktu edar (*cycle time*) alat muat dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$CT_m = T_{m1} + T_{m2} + T_{m3} + T_{m4}$$

Keterangan :

CT_m = Waktu edar alat muat, detik

T_{m1} = Waktu menggali, detik

T_{m2} = Waktu berputar dengan *bucket* terisi muatan, detik

T_{m3} = Waktu menumpahkan muatan, detik

T_{m4} = Waktu berputar dengan *bucket* kosong, detik

Dari perhitungan data pengamatan di lapangan diperoleh data rata - rata pengukuran waktu edar alat muat Komatsu PC-1250 SP-8 adalah sebagai berikut :

- Waktu rata – rata menggali	: 10,8 detik	
- Waktu rata – rata berputar isi	: 5 detik	
- Waktu rata – rata menumpahkan	: 3,8 detik	
- Waktu rata – rata berputar kosong	: 6,1 detik	+
Total waktu edar (<i>cycle time</i>)	: 25,7 detik	
	: 0,43 menit	

Tabel F.1

Waktu Edar Alat Muat Komatsu Dozaan DX-500LC (detik)

kegiatan/ percobaan	waktu (detik)					
	Loaded Swing	Loading	Empty Swing	Digging	CT	CT (menit)
1	4,7	2,8	6,2	9,7	23,4	0,39
2	5,3	5,1	5,3	7,9	23,5	0,39
3	6,4	4,2	6,1	9,7	26,4	0,44
4	6,9	4,2	5,8	7,9	24,8	0,41
5	6,6	3,0	6,5	10,3	26,3	0,44
6	6,0	3,7	6,1	12,0	27,8	0,46
7	4,2	3,4	4,7	10,7	23,0	0,38
8	4,4	4,7	5,7	11,1	25,9	0,43
9	4,9	4,6	5,5	14,4	29,4	0,49
10	4,0	4,9	5,3	12,7	26,8	0,45
11	4,2	3,5	3,7	12,5	23,8	0,40
12	7,8	2,8	7,0	9,1	26,6	0,44
13	4,2	4,8	3,2	9,8	22,0	0,37
14	4,4	4,6	6,1	12,3	27,3	0,46
15	5,8	4,5	7,8	10,4	28,5	0,47
16	4,7	4,0	5,9	16,8	31,4	0,52
17	3,8	2,7	5,3	8,5	20,4	0,34
18	3,5	3,3	5,5	7,1	19,4	0,32
19	5,2	4,0	8,1	9,9	27,2	0,45
20	4,0	4,0	7,5	9,6	25,1	0,42
21	4,4	3,6	7,8	10,5	26,2	0,44
22	4,1	4,4	8,3	14,2	31,0	0,52
23	3,1	4,0	4,6	11,4	23,1	0,38
24	2,7	3,6	6,1	9,3	21,8	0,36
25	6,9	3,2	6,0	10,7	26,7	0,45
26	5,9	3,6	8,2	10,1	27,7	0,46
27	4,6	2,3	5,6	10,5	23,1	0,38
28	5,1	4,3	5,5	11,2	26,0	0,43
29	5,6	3,5	6,1	12,0	27,2	0,45
30	5,6	3,6	6,5	12,5	28,2	0,47
rata-rata	5,0	3,8	6,1	10,8	25,7	0,43
modus	4,43	3,57	7,76	9,69	23,06	0,38

LAMPIRAN G

WAKTU EDAR ALAT ANGKUT

Perhitungan waktu edar (*cycle time*) alat angkut dinyatakan dengan cara memperhatikan pola gerak dari alat-alat angkut pada saat alat-alat tersebut melakukan aktivitasnya.

Waktu edar alat angkut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$CTa = Ta_1 + Ta_2 + Ta_3 + Ta_4 + Ta_5 + Ta_6$$

Keterangan :

- CTa = Waktu edar alat angkut, detik
- Ta₁ = Waktu mengambil posisi untuk dimuati, detik
- Ta₂ = Waktu diisi muatan, detik
- Ta₃ = Waktu mengangkut muatan, detik
- Ta₄ = Waktu mengambil posisi untuk penumpahan, detik
- Ta₅ = Waktu menumpahkan muatan, detik
- Ta₆ = Waktu kembali kosong, detik

Dari perhitungan data pengamatan di lapangan diperoleh data rata – rata pengukuran waktu edar alat angkut (jalan 1) *Dumptruck* Komatsu HM 400-3R yang dilayani *backhoe* Dozaan DX-500LC adalah sebagai berikut :

– Waktu rata- rata mengambil posisi	: 24,2 detik
– Waktu rata- rata diisi muatan	: 226,95 detik
– Waktu rata- rata mengangkut muatan	: 222,39 detik
– Waktu rata- rata mengambil posisi	: 20,97 detik
– Waktu rata- rata menumpahkan muatan	: 21,86 detik
– Waktu rata- rata kembali kosong	: 207,90 detik
– Waktu antrian	: 12,66 detik +
Total waktu edar (<i>cycle time</i>)	: 735,75 detik
	: 12 menit 16 detik

Dari perhitungan data pengamatan di lapangan diperoleh data rata – rata pengukuran waktu edar alat angkut (jalan 2) *Dumptruck* Komatsu HM 400-3R yang dilayani *backhoe* Dozaan DX-500LC adalah sebagai berikut :

- Waktu rata- rata mengambil posisi : 27,20 detik
- Waktu rata- rata diisi muatan : 200,32 detik
- Waktu rata- rata mengangkut muatan : 186,12 detik
- Waktu rata- rata mengambil posisi : 24,50 detik
- Waktu rata- rata menumpahkan muatan : 21,83 detik
- Waktu rata- rata kembali kosong : 225,73 detik
- Waktu antrian : 18 detik +
- Total waktu edar (*cycle time*) : 703,70 detik
- : 11 menit 44 detik

Tabel. G.1
Cycle Tiime Alat Angkut Jalan 1

kegiatan/ percobaan	waktu(detik)							
	Loading	Hauling	Manuver	Dumping	Return Hauling	Manuver	Antrian	total
1	261	198	21	16	229	20	0	745
2	278	197	22	18	227	22	10	774
3	267	297	15	12	217	18	23	849
4	216	202	16	16	242	17	0	709
5	235	225	25	21	280	34	7	827
6	233	195	19	62	255	29	15	808
7	209	356	27	19	222	31	10	874
8	234	177	28.4	21.2	246	16	0	722.6
9	160	209	17.3	28	180	25	0	619.3
10	222	156	27	25	242	28	23	723
11	212	215	26	27	182	26	25	713
12	223	191	23	39	201	24	0	701
13	177	180	18	18	240	31	17	681
14	256	185	15	17	170	25	0	668
15	180	241	27	28	167	21	32	696
16	218	220	16	23	193	22	34	726
17	233	419	26	29	190	21	10	928
18	226	222	23	29	150	23	9	682
19	191	222	27	22	149	18	14	643
20	232	272	23	30	167	27	0	751
21	261	192	25	33	163	16	0	690
22	278	200	21	10	183	23	36	751
23	267	197	27	20	201	20	17	749
24	216	297	21	10	191	22	25	782
25	234	202	22	18	251	24	16	767
26	209	178	16	17	229	27	8	684
27	227	172	18	11	227	31	4	690
28	255	175	25	13	217	20	0	705
29	264	197	20	13	242	22	0	758
30	242	230	16	11	207	18	36	760
31	267	201	17	18	213	17	14	747
32	208	193	18	30	201	31	21	702
33	208	201	22	14	184	25	9	663
34	228	184	16	18	220	26	8	700
35	223	201	19	13	178	47	9	690
36	257	267	20	10	212	28	16	810
37	230	286	18	18	228	13	0	793
38	161	257	23	18	191	15	35	700
39	188	245	18	15	183	21	12	682
40	196	237	22	20	240	37	8	760
41	223	227	14	18	214	31	16	743
rata-rata (detik)	226.95	222.39	20.97	20.69	207.90	24.20	12.66	735.75
rata-rata (menit)	3.78	3.71	0.35	0.34	3.47	0.40	0.21	12.26

Tabel. G.2
Cycle Tiime Alat Angkut Jalan 2

kegiatan/ percobaan	waktu(detik)							total
	Loading	Hauling	Manuver	Dumping	Return Hauling	Manuver	Antrian	
1	235	207	24	12	201	23	23	725
2	252	205	26	20	200	25	15	743
3	241	195	18	12	300	21	28	815
4	190	220	20	18	205	20	26	699
5	209	278	28	21	228	37	0	801
6	207	233	23	64	198	32	20	777
7	183	200	30	19	359	34	15	840
8	208	224	32.4	23.2	180	19	0	686.6
9	118	158	20.3	28	212	28	0	564.3
10	196	220	37	27	159	31	28	698
11	186	160	38	27	218	29	30	688
12	197	179	31	41	194	27	5	674
13	151	218	24	18	183	34	0	628
14	230	148	18	19	187	28	37	667
15	144	145	28	28	244	24	37	650
16	192	171	19	25	223	25	39	694
17	207	168	29	29	422	24	15	894
18	200	117	41	31	225	26	14	654
19	165	127	30	22	225	21	19	609
20	206	145	31	36	275	30	0	723
21	235	141	26	33	199	19	26	679
22	252	161	24	12	201	26	41	717
23	241	179	26	20	200	23	22	711
24	190	169	18	12	300	25	30	744
25	208	229	20	18	205	27	21	728
26	183	207	21	10	181	30	13	645
27	201	205	19	11	175	34	36	681
28	229	195	40	12	180	23	0	679
29	238	220	21	13	200	25	0	717
30	216	185	15	13	233	21	41	724
31	241	191	19	18	204	20	19	712
32	182	179	21	45	196	34	26	683
33	182	162	23	14	204	28	14	627
34	202	198	20	20	187	29	0	656
35	197	156	21	13	204	50	0	641
36	231	190	21	12	270	31	21	776
37	204	206	17	18	300	16	19	780
38	135	169	29	20	260	18	24	655
39	162	161	19	15	248	24	0	629
40	170	218	24	28	240	40	13	733
41	197	192	13	18	230	34	21	705
rata-rata (detik)	200.32	186.12	24.50	21.83	225.73	27.20	18.00	703.70
rata-rata (menit)	3.34	3.10	0.41	0.36	3.76	0.45	0.30	11.73

LAMPIRAN H

PERHITUNGAN GEOMETRI JALAN

Pada kegiatan penambangan, salah satu aspek penting yaitu kegiatan pengangkutan. Pada saat proses pengangkutan material dari loading point ke dumping point, geometri jalan angkut haruslah sesuai dengan kaidah/aturan yang berlaku. Geometri jalan angkut yang sesuai menyebabkan alat hauler mengangkut material secara lancar dan berpengaruh pada keleluasaan gerak jalan angkut.

Dalam perhitungan geometri jalan angkut perlu dihitung lebar jalan, jari-jari tikungan, dan superelevasi jalan berdasarkan spesifikasi alat hauler (KOMATSU HM 400-3R).

- Lebar Jalan

$$L_{\min} = n \cdot W_t + (n+1) (0,5 \times W_t)$$

Keterangan :

L_{\min} = Lebar jalan angkut minimum pada jalan lurus, meter

n = Jumlah jalur

W_t = Lebar truk jungkit, meter

Sedangkan lebar jalan pada tikungan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$W = 2 (u + Fa + Fb + Z) + c$$

$$c = z = 0,5 (u + Fa + Fb)$$

keterangan :

u : Lebar antara jejak roda alat angkut, meter

Fa : Lebar jantai depan, meter (jarak as depan dengan bagian depan x sin sudut penyimpangan roda)

Fb : Lebar jantai belakang, meter (jarak as belakang dengan bagian belakang x sin sudut penyimpangan roda)

z : Jarak sisi terluar truk ke tepi jalan, meter

c : Jarak antar truk, meter

- Lebar Jalan Minimum pada Keadaan Lurus

Perhitungan lebar jalan angkut minimum yang dapat dilalui oleh alat angkut didasarkan pada lebar kendaraan terbesar (KOMATSU HM 400-3R). Berdasarkan spesifikasi teknis, truk komatsu HM 400-3R mempunyai lebar 3,450 meter sehingga lebar jalan angkut pada kondisi lurus adalah:

$$\begin{aligned}
 L \text{ (m) 2 jalur} &= n \cdot W_t + (n+1) (0,5) \times W_t \\
 &= (2 \times 3,450) + (1,5 \times 3,450) \\
 &= (6,90 + 5,175) \text{ meter} \\
 &= 12,075 \text{ meter} \approx 12,10 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

- Lebar jalan pada tikungan

Lebar jalan pada tikungan tergantung pada radius tikungan, kecepatan yang direncanakan dan ukuran dari kendaraan yang melewati jalan tersebut. Untuk kendaraan truk Komatsu HM 400-3R yang mempunyai spesifikasi alat sebagai berikut :

- Jarak roda bagian luar (U) = 2,690 meter
- Panjang keseluruhan truck = 11,105 meter
- Jarak sumbu roda belakang dengan bagian belakang = 1,80 meter
- Jarak sumbu roda depan dengan bagian depan = 2,985 meter
- Sudut penyimpangan roda depan

Diketahui :

- Jarak as roda depan dengan as roda belakang (*Wheelbase*) 6,32 m
- *Turning radius* = 8,8 m
- Sudut Penyimpangan roda depan = 45^0

Dari data dimensi *dumptruck* Komatsu HD 400-3R tersebut dapat dihitung lebar jalan pada tikungan, yaitu :

$$F_a : 2,985 \times \sin 45^\circ = 2,11 \text{ meter}$$

$$F_b : 1,80 \times \sin 45^\circ = 1,273 \text{ meter}$$

Maka lebar jalan pada tikungan (W) dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 W &= 2 (U + f_a + f_b + Z) + C \\
 C = Z &= \frac{1}{2} (U + f_a + f_b)
 \end{aligned}$$

Dimana C adalah jarak antara dua truck yang akan bersimpangan dan Z adalah jarak sisi luar *truck* ke tepi jalan, sehingga dapat diperoleh :

$$\begin{aligned} C = Z &= \frac{1}{2} (2,69 + 2,11 + 1,273) \\ &= 3,0365 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= 2 (2,69 + 2,11 + 1,273 + 3,0365) + 3,0365 \\ &= 21,255 \text{ meter} \end{aligned}$$

LAMPIRAN I

JARI-JARI TIKUNGAN DAN SUPERELEVASI

1. Jari – jari Tikungan

$$R = \frac{Wb}{\sin \alpha}$$

Berdasarkan spesifikasi alat angkut yang terbesar (Komatsu HM 400-3R), diketahui:

- Wb (Jarak Sumbu Roda Depan dan Belakang) = 6.32 m
- α (Sudut Penyimpangan Roda Depan) = 45°

Maka, besarnya jari-jari tikungan minimal adalah:

$$\begin{aligned} R &= \frac{6.32m}{\sin 45^\circ} \\ &= 8.937 \text{ m} \end{aligned}$$

Jari-jari tikungan minimal yang mampu dilalui oleh alat angkut adalah 8.937 meter. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan di lapangan, jari-jari lintasan jalan angkut terkecil adalah 14,4 meter sehingga jari-jari tikungan jalan angkut sudah memenuhi perhitungan.

2. *Superelevasi Jalan Angkut*

Bila kecepatan rata-rata yang direncanakan pada saat truk berbelok adalah 17 km/jam dan jari-jari tikungan 28-42 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:

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

$$e + [(-0,00065 \times 12) + 0,192] = \frac{17^2}{127 \times 8,94}$$

$$\begin{aligned} e &= 0,271 - 0,1842 \\ &= 0,0867 \text{ m/m} \end{aligned}$$

Jika penggunaan angka *superelevasi* 0,0867 maka beda tinggi (a) yang harus dibuat adalah :

$$\text{Tg } \alpha = 0,0867 ; \text{ maka } \alpha = 4,95^\circ$$

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

maka beda tinggi pada setiap tikungan adalah :

$$\begin{aligned} a &= 8,94 \times \sin 4,95^\circ \\ &= 0,77 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi beda tinggi yang harus dibuat antara sisi dalam dan sisi luar tikungan jalan angkut adalah 0,77 meter.

LAMPIRAN J

PERHITUNGAN LUAS BEBAN KONTAK

Perhitungan luas beban kontak dan distribusi beban Komatsu HM 400-3R

$$\text{Luas bidang kontak (A)} = \frac{0,9 \times \text{Beban yang diterima roda (lbs)}}{\text{Tekanan udara ban } \left(\frac{\text{lb}}{\text{in}^2}\right)}$$

$$\text{Beban yang diterima permukaan jalan} = \frac{\text{Beban pada tiap roda (lb)}}{\text{Luas bidang kontak (in}^2\text{)}}$$

- Bermuatan

1. Distribusi beban roda depan :

- Berat truk bermuatan = 74 ton \approx 148.000 lb
- Beban pada poros (29,3%) = 43.364 lb
- Jumlah ban = 2
- Tekanan udara ban = 94,3 psi
- Beban yang diterima tiap roda = 43.364 lb : 2 = 21.682 lb

Dengan demikian, maka :

$$\text{Luas daerah kontak (in}^2\text{)} = \frac{0,9 \times 21.682 \text{ lb}}{94,3 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}} = 206,9 \text{ in}^2$$

Sehingga berat beban yang diterima oleh permukaan jalan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Beban ke permukaan jalan} &= 21.682 \text{ lb} : 206,9 \text{ in}^2 \\ &= 104,78 \text{ lb/in}^2 \\ &= 15088 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

2. Distribusi beban roda tengah :

- Berat truk bermuatan = 74 ton \approx 148.000 lb
- Beban pada poros (35,4%) = 52.392 lb
- Jumlah ban = 2 ban
- Tekanan udara ban = 94,3 psi
- Beban yang diterima tiap roda = 52.392 lb : 2 = 26.196 lb

Dengan demikian, maka :

$$\text{Luas daerah kontak (in}^2\text{)} = \frac{0,9 \times 26.196 \text{ lb}}{94,3 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}} = 250,01 \text{ in}^2$$

Sehingga berat beban yang diterima oleh permukaan jalan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Beban ke permukaan jalan} &= 26.196 \text{ lb} : 250,01 \text{ in}^2 \\ &= 104,78 \text{ lb/in}^2 \\ &= 15088 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

3. Distribusi roda belakang :

- Berat truk bermuatan = 74 ton \approx 148.000 lb
- Beban pada poros (35,3%) = 52.244 lb
- Jumlah ban = 2
- Tekanan udara pada ban = 94,3 psi
- Beban yang diterima tiap roda = 52.244 lb : 2 = 26.122 lb

$$\text{Luas bidang kontak} = \frac{0,9 \times 26.122 \text{ lb}}{94,3 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}} = 249,31 \text{ in}^2$$

- Sehingga berat beban yang diterima permukaan jalan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Beban ke permukaan jalan} &= \frac{26.122 \text{ lb}}{249,31 \text{ in}^2} \\ &= 104,78 \text{ lb/in}^2 \\ &= 15088 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

- Tanpa Muatan

1. Distribusi beban roda depan :

- Berat truk bermuatan = 34 ton \approx 68.000 lb
- Beban pada poros (56,7%) = 38.556 lb
- Jumlah ban = 2
- Tekanan udara ban = 94,3 psi
- Beban yang diterima tiap roda = 38.556 lb : 2 = 19.278 lb

Dengan demikian, maka :

$$\text{Luas daerah kontak (in}^2\text{)} = \frac{0,9 \times 19.278 \text{ lb}}{94,3 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}} = 183,99 \text{ in}^2$$

Sehingga berat beban yang diterima oleh permukaan jalan adalah :

$$\text{Beban ke permukaan jalan} = 19.278 \text{ lb} : 183,99 \text{ in}^2$$

$$= 104,78 \text{ lb/in}^2$$

$$= 15087.89 \text{ lb/ft}^2$$

2. Distribusi beban roda tengah :

- Berat truk bermuatan = 34 ton \approx 68.000 lb
- Beban pada poros (23,2%) = 15.776 lb
- Jumlah ban = 2 ban
- Tekanan udara ban = 94,3 psi
- Beban yang diterima tiap roda = 15.766 lb : 2 = 7.888 lb

Dengan demikian, maka :

$$\text{Luas daerah kontak (in}^2\text{)} = \frac{0,9 \times 7.888 \text{ lb}}{94,3 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}} = 75,3 \text{ in}^2$$

Sehingga berat beban yang diterima oleh permukaan jalan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Beban ke permukaan jalan} &= 7.888 \text{ lb} : 75,3 \text{ in}^2 \\ &= 104,78 \text{ lb/in}^2 \\ &= 15088 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

3. Distribusi roda belakang :

- Berat truk tanpa muatan = 34 ton \approx 68.000 lb
- Beban pada poros (20,1%) = 13.668 lb
- Jumlah ban = 2
- Tekanan udara pada ban = 93,4 psi
- Beban yang diterima tiap roda = 13.668 lb : 2 = 6834 lb

$$\text{Luas bidang kontak} = \frac{0,9 \times 6834 \text{ lb}}{93,4 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}} = 65,2 \text{ in}^2$$

Sehingga berat beban yang diterima permukaan jalan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Beban ke permukaan jalan} &= \frac{6834 \text{ lb}}{65,2 \text{ in}^2} \\ &= 104,78 \text{ lb/in}^2 \\ &= 15.088 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

LAMPIRAN K
PERHITUNGAN RIMPUL ALAT ANGKUT
KOMATSU HM 400-3R

Rimpull adalah suatu gaya tarik maksimum yang dapat disediakan oleh mesin. *Rimpull* merupakan istilah yang hanya diterapkan pada alat mekanis yang beroda ban. Besar kecilnya *rimpull* bergantung pada kecepatan atau *gear* yang dipakai. Untuk perhitungan *rimpull* dan kecepatan setiap *gear* dari alat angkut, diketahui spesifikasi alat angkut Komatsu HM 400-3R adalah :

Jenis	: HM 400-3R
Mesin	: SAA6D140E-5
Efisiensi mesin	: 85 % (umur mesin 1-2 tahun)
HP Mesin (SAE J1995)	: 453 HP
Transmisi :	
- Gigi 1	: 4,1 mph
- Gigi 2	: 6,3 mph
- Gigi 3	: 9,6 mph
- Gigi 4	: 14,8 mph
- Gigi 5	: 22,7 mph
- Gigi 6	: 34,8 mph

• **Perhitungan *Rimpull***

$$\text{Rimpull} = \frac{375 \times \text{HP} \times \text{eff}}{\text{Speed (mph)}}$$

Dengan menggunakan persamaan di atas dapat dihitung nilai *Rimpull* untuk setiap gearnya.

$$\text{Rimpull } 1^{\text{st}} \text{ gear} = \frac{375 \times 453 \times 0,85}{4,1}$$

$$= 35217,99 \text{ lb}$$

$$\text{Rimpull } 2^{\text{nd}} \text{ gear} = \frac{375 \times 453 \times 0,85}{6,3}$$

$$\begin{aligned}
 &= 22919,64 \text{ lb} \\
 \text{Rimpull 3}^{\text{rd}} \text{ gear} &= \frac{375 \times 453 \times 0,85}{9,6} \\
 &= 15041,02 \text{ lb} \\
 \text{Rimpull 4}^{\text{th}} \text{ gear} &= \frac{375 \times 453 \times 0,85}{14,8} \\
 &= 9756,33 \text{ lb} \\
 \text{Rimpull 5}^{\text{th}} \text{ gear} &= \frac{375 \times 453 \times 0,85}{22,7} \\
 &= 6360,96 \text{ lb} \\
 \text{Rimpull 6}^{\text{th}} \text{ gear} &= \frac{375 \times 453 \times 0,85}{34,8} \\
 &= 4149,25 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Transmisi	Kecepatan (mph)	Rimpul		
		(lb)	Muatan (lb/ton)	Kosongan (lb/ton)
Gigi 1	4,1	35217,99	475,92	1035,82
Gigi 2	6,3	22919,64	309,72	674,11
Gigi 3	9,6	15041,02	203,26	442,38
Gigi 4	14,8	9756,33	131,84	286,95
Gigi 5	22,7	6360,96	85,96	187,09
Gigi 6	34,8	4149,25	56,07	122,04

LAMPIRAN L

PERHITUNGAN BRAKE HORSEPOWER

Perhitungan *Brake Horsepower* Untuk KOMATSU HD 400-3R

Horse power yang digunakan untuk menghitung konsumsi bahan bakar adalah horse power mesin yang dihitung dari torsi.

Diketahui :

$$\text{Maximum torque} = 231 \text{ kg.m at } 2000 \text{ rpm} \approx 1.671 \text{ lb.ft at } 2000 \text{ rpm}$$

$$\text{Bore x stroke} = 140 \text{ mm x } 165 \text{ mm} \approx 0,46 \text{ ft x } 0,54 \text{ ft}$$

Jadi roda engkol mesin mempunyai jari-jari 0,54 ft

$$\begin{aligned} \text{Maka kelilingnya} &= 2 \times \pi \times r \\ &= 2 \times 3,14 \times 0,54 \\ &= 3,39 = 3,4 \end{aligned}$$

Sehingga, *brake horse powernya*:

$$\text{Brake Horsepower} = \frac{\text{torque x RPM x } 3,4}{33000}$$

$$\begin{aligned} \text{Brake Horsepower} &= \frac{1671 \times 2000 \times 3,4}{33000} \\ &= 344,327 \text{ HP} \\ &= 236.63294 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\text{Satuan Torque} = \text{lb x feet}$$

$$\text{Satuan Tenaga Mesin} = \text{HP}$$

LAMPIRAN M

KEMAMPUAN TANJAKAN ALAT ANGKUT

1. Kemampuan tanjakan HM 400-3R (bermuatan)

Berikut nilai tahanan gulir pada jalan angkut tambang dengan berbagai kondisi adalah :

Tabel M. 1
Tahanan Gulir Jalan Angkut

No	Type of surface	Rolling resistance (%)	reference
1	Cement, asphalt, soil cement	2	Kaufman & Ault (1997)
2	Hard-packed gravel, cinder, or crushed rock	3	Kaufman & Ault (1997)
3	Moderately packed gravel, cinders, or crushed rock	5	Kaufman & Ault (1997)
4	Unmaintained loose earth	7.5	Kaufman & Ault (1997)
5	Loose gravel and muddy rutted material	10-20	Kaufman & Ault (1997)
6	Asphalt	0.8-1.5	Johnson (1989)
7	Crushed limestone	3.4-4.2-	Dionne (1987)
8	In-situ benonitic clay shale	7-13	Dionne (1987)
9	Loose snow	4.5	Caterpillar (1988)
10	Packed snow	2.5	Caterpillar (1988)
11	Concrete and asphalt	1.5*	Euclid (undated)
12	Smooth, hard, dry dirt and gravel, well maintained	2*	Euclid (undated)
13	Soft unplowed dirt, poorly maintained	4*	Euclid (undated)
14	Wed, muddy surface on firm base	4*	Euclid (undated)
15	Soft, plowed dirt or unpacked dirt fills	8*	Euclid (undated)
16	Loose sand and gravel	10*	Euclid (undated)
17	Deeply rutted or soft spongy base	16*	Euclid (undated)
*add 1.5% for every inch of tire penetration			

Sumber : Tannant et all, 2001

Berdasarkan spesifikasi alat angkut Komatsu HM 400-3R, untuk mengetahui kemampuan tanjak alat angkut dapat dihitung sebagai berikut :

- Rimpull yang tersedia

Besarnya *rimpull* yang tersedia dari *dump truck* Komatsu HM 400-3R dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Rimpull = \frac{375 \times 453 \times EfisiensiMekanis}{Kecepatan(mph)}$$

Diketahui kecepatan maksimum yang tersedia pada *gear* 1 dengan efisiensi mekanis 90% adalah 4,1 mph, maka :

$$\begin{aligned} Rimpull \text{ pada gear 1} &= \frac{375 \times 453 \times 85\%}{4,1} \\ &= 35217,99 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Rimpul yang terpakai

Rimpull untuk mengatasi tanjakan (misal grade = a %)

$$\begin{aligned} RP &= W \times Dt \times K \\ &= 74 \text{ ton} \times 20 \text{ lb/ton} / \% \text{ grade} \times a\% \\ &= (1280 \times a) \text{ lb} \end{aligned}$$

Rimpull untuk mengatasi tahanan gulir dengan amblasan 3,15 in

$$\begin{aligned} RP &= W \times Dr \\ &= 74 \text{ ton} \times 174,49 \text{ lb/ ton (Tabel L. 1)} \\ &= 12912,11 \text{ lb} \end{aligned}$$

Total *rimpull* yang diperlukan = (1280 x a) lb + 12912,11 lb

Agar *dump truck* mampu bergerak, jumlah *rimpull* yang diperlukan harus sama dengan jumlah *rimpull* yang tersedia. Keadaan tersebut akan terjadi bila tanjakan (a %) jalan angkut sebesar :

$$\begin{aligned} (1480 \times a\%) \text{ lb} + 12912,11 \text{ lb} &= 35217,99 \text{ lb} \\ (1480 \times a\%) \text{ lb} &= 35217,99 \text{ lb} - 12912,11 \text{ lb} \\ a\% &= \frac{22305,88}{1480}\% \\ a\% &= 15,07\% \end{aligned}$$

Tanjakan yang mampu diatasi oleh Komatsu HM 400-3R pada saat bermuatan adalah 15,07 %.

2. Kemampuan tanjakan HM 400-3R (kosongan)

- *Rimpull* yang tersedia

Besarnya *rimpull* yang tersedia dari *dump truck* Komatsu HM 400-3R dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Rimpull = \frac{375 \times 453 \times EfisiensiMekanis}{Kecepatan(mph)}$$

Diketahui kecepatan maksimum yang tersedia pada gear 1 dengan efisiensi mekanis 90% adalah 4,1 mph, maka :

$$\begin{aligned} Rimpull \text{ pada gear 1} &= \frac{375 \times 453 \times 85\%}{4,1} \\ &= 35217,99 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Rimpul yang terpakai

Rimpull untuk mengatasi tanjakan (misal grade = a %)

$$\begin{aligned} RP &= W \times Dt \times K \\ &= 34 \text{ ton} \times 20 \text{ lb/ton} / \% \text{ grade} \times a\% \\ &= (680 \times a) \text{ lb} \end{aligned}$$

Rimpull untuk mengatasi tahanan gulir dengan amblasan 1,45 in

$$\begin{aligned} RP &= W \times Dr \\ &= 34 \text{ ton} \times 123,41 \text{ lb/ ton (Tabel L. 1)} \\ &= 4196,06 \text{ lb} \end{aligned}$$

Total *rimpull* yang diperlukan = (1280 x a) lb + 4196,06 lb

Agar *dump truck* mampu bergerak, jumlah *rimpull* yang diperlukan harus sama dengan jumlah *rimpull* yang tersedia. Keadaan tersebut akan terjadi bila tanjakan (a %) jalan angkut sebesar :

$$\begin{aligned} (680 \times a\%) \text{ lb} + 4196,06 \text{ lb} &= 35217,99 \text{ lb} \\ (680 \times a\%) \text{ lb} &= 35217,99 \text{ lb} - 4196,06 \text{ lb} \\ a\% &= \frac{31021,93}{680} \% \\ a\% &= 45,62\% \end{aligned}$$

Tanjakan yang mampu diatasi oleh Komatsu HM 400-3R pada saat kosong adalah 45,62 %.

LAMPIRAN N

PERHITUNGAN ROLLING RESISTANCE ALAT ANGKUT

METODE EMPIRIK

Rolling resistance adalah suatu gaya yang melawan jalannya roda berdasarkan jumlah energy yang hilang, dapat juga diartikan sebagai quantitas energi yang hilang di setiap unit pada saat jarak tempuh. Semakin banyak nilai *rolling resistance* maka semakin banyak energi hilang yang telah dikeluarkan oleh mesin, selain itu semakin banyak gaya yang diperlukan untuk menarik alat hauling tersebut. Banyaknya nilai *rolling resistance* juga berdampak pada penggunaan *fuel* yang berlebih (boros). Pada kegiatan penambangan sebaiknya ada pengaturan nilai *rolling resistance*.

Type of surface	Rolling resistance (%)	Reference
Cement, asphalt, soil cement	2	Kaufman & Ault (1977)
Hard-packed gravel, cinders, or crushed rock	3	Kaufman & Ault (1977)
Moderately packed gravel, cinders, or crushed rock	5	Kaufman & Ault (1977)
Unmaintained loose earth	7.5	Kaufman & Ault (1977)
Loose gravel and muddy rutted material	10-20	Kaufman & Ault (1977)
Asphalt	0.8-1.5	Johnson (1989)
Crushed limestone	3.4-4.2	Dionne (1987)
In-situ benonitic clay shale	7-13	Dionne (1987)
Loose snow	4.5	Caterpillar (1988)
Packed snow	2.5	Caterpillar (1988)
Concrete and asphalt	1.5*	Euclid (undated)
Smooth, hard, dry dirt and gravel, well maintained	2*	Euclid (undated)
Soft unplowed dirt, poorly maintained	4*	Euclid (undated)
Wet, muddy surface on firm base	4*	Euclid (undated)
Soft, plowed dirt or unpacked dirt fills	8*	Euclid (undated)
Loose sand and gravel	10*	Euclid (undated)
Deeply rutted or soft spongy base	16*	Euclid (undated)

* add 1.5% for every inch of tire penetration

Sumber: Tannant et al. 2001

Dari hasil pengamatan di lapangan kondisi tipe permukaan jalan angkut *Overburden* dibagi menjadi dua yaitu:

Kondisi 1 = smooth, hard, dry dirt, gravel and well mantained

Kondisi 2 = soft unplowed dirt, poorly maintained

Tabel N.1
Tire Penetration Jalan Angkut Komatsu HD 785-7 (Jalan 1)

No	Segmen Jalan	Amblasan (cm)		Amblasan (inch)		Kondisi permukaan
		muatan	kosong	muatan	kosong	
1	A-B	8,00	4	3,15	1,57	2
2	B-C	1,00	0,5	0,394	0,197	1
3	C-D	1,00	0,5	0,394	0,197	1
4	D-E	1,00	0,5	0,394	0,197	1
5	E-F	1,00	0,5	0,394	0,197	1
6	F-G	1,00	0,5	0,394	0,197	1
7	G-H	1,00	0,5	0,394	0,197	1
8	H-I	1,00	0,5	0,394	0,197	1
9	I-J	1,00	0,5	0,394	0,197	1
10	J-K	5,00	2,5	1,97	0,98	2

Perhitungan Rolling Resistance saat bermuatan

1. Segmen A-B (kondisi 2)

$$= 4\% + (1,5\% \times 3,15) \times 74 \text{ ton} \times 2000 \text{ lb/ton}$$

$$= 12193 \text{ pounds}$$

2. Segmen B-C (kondisi 1)

$$= 2\% + (1,5\% \times 0,394) \times 74 \text{ ton} \times 2000 \text{ lb/ton}$$

$$= 3834,04 \text{ pounds}$$

Seterusnya sampai segmen terakhir yaitu segmen J-K

Perhitungan Rolling Resistance saat kosongan

1. Segmen A-B (kondisi 2)

$$= 4\% + (1,5\% \times 1,57) \times 34 \text{ ton} \times 2000 \text{ lb/ton}$$

$$= 4321,4 \text{ pounds}$$

2. Segmen B-C (kondisi 1)

$$= 2\% + (1,5\% \times 0,197) \times 34 \text{ ton} \times 2000 \text{ lb/ton}$$

$$= 1560,79 \text{ pounds}$$

Seterusnya sampai segmen terakhir yaitu segmen J-K

Tabel N.2
Tire Penetration Jalan Angkut Komatsu HD 785-7 (Jalan 2)

No	Segmen Jalan	Amblasan (cm)		Amblasan (inch)		Kondisi permukaan
		muatan	kosong	muatan	kosong	
1	A-B	12,00	6	4,724	2,362	2
2	B-C	2,00	1	0,79	0,39	1
3	C-D	2,00	1	0,79	0,39	1
4	D-E	2,00	1	0,79	0,39	1
5	E-F	2,00	1	0,79	0,39	1
6	F-G	2,00	1	0,79	0,39	1
7	G-H	2,00	1	0,79	0,39	1
8	H-I	2,00	1	0,79	0,39	1
9	I-J	2,00	1	0,79	0,39	1
10	J-K	4,00	2	1,57	0,79	2
11	F-L	0	1	0	0,39	1
12	L-M	0	1	0	0,39	1
13	M-N	0	1	0	0,39	1
14	N-O	0	1	0	0,39	1
15	O-A	0	6	0	2,362	2

Perhitungan Rolling Resistance saat bermuatan

1. Segmen A-B (kondisi 2)

$$= 4\% + (1,5\% \times 4,724) \times 74 \text{ ton} \times 2000 \text{ lb/ton}$$

$$= 16408,2 \text{ pounds}$$

2. Segmen B-C (kondisi 1)

$$= 2\% + (1,5\% \times 0,79) \times 74 \text{ ton} \times 2000 \text{ lb/ton}$$

$$= 4713,8 \text{ pounds}$$

Seterusnya sampai segmen terakhir yaitu segmen O-A

Perhitungan Rolling Resistance saat kosongan

1. Segmen A-B (kondisi 2)

$$= 4\% + (1,5\% \times 2,362) \times 34 \text{ ton} \times 2000 \text{ lb/ton}$$

$$= 5129,45 \text{ pounds}$$

2. Segmen B-C (kondisi 1)

$$= 2\% + (1,5\% \times 0,394) \times 34 \text{ ton} \times 2000 \text{ lb/ton}$$

$$= 1757,8 \text{ pounds}$$

Seterusnya sampai segmen terakhir yaitu segmen O-A

Tabel. N.3
Perhitungan *Rolling Resistance* (jalan 1)

No	Segmen	Amblasan (cm)		Amblasan (inch)		Kondisi permukaan	% RR		RR (pounds)		
		Jalan	muatan	kosong	muatan		kosong	load	empty	load	empty
1	A-B		8	4	3,15	1,57	2	8,725	6,355	12913	4321,4
2	B-C		1	0,5	0,39371	0,19686	1	2,59057	2,29528	3834,04	1560,79
3	C-D		1	0,5	0,39371	0,19686	1	2,59057	2,29528	3834,04	1560,79
4	D-E		1	0,5	0,39371	0,19686	1	2,59057	2,29528	3834,04	1560,79
5	E-F		1	0,5	0,39371	0,19686	1	2,59057	2,29528	3834,04	1560,79
6	F-G		1	0,5	0,39371	0,19686	1	2,59057	2,29528	3834,04	1560,79
7	G-H		1	0,5	0,39371	0,19686	1	2,59057	2,29528	3834,04	1560,79
8	H-I		1	0,5	0,39371	0,19686	1	2,59057	2,29528	3834,04	1560,79
9	I-J		1	0,5	0,39371	0,19686	1	2,59057	2,29528	3834,04	1560,79
10	J-K		5	2,5	1,97	0,98	2	6,955	5,47	10293,4	3719,6

Tabel. N.4
Perhitungan *Rolling Resistance* (jalan 2)

No	Segmen	Amblasan (cm)		Amblasan (inch)		Kondisi permukaan	%RR		RR(pounds)		
		Jalan	muatan	kosong	muatan		kosong	load	empty	load	empty
1	A-B		12	6	4,72441	2,36221	2	11,0866	7,54331	16408,2	5129,45
2	B-C		2	1	0,79	0,39	1	3,185	2,585	4713,8	1757,8
3	C-D		2	1	0,79	0,39	1	3,185	2,585	4713,8	1757,8
4	D-E		2	1	0,79	0,39	1	3,185	2,585	4713,8	1757,8
5	E-F		2	1	0,79	0,39	1	3,185	2,585	4713,8	1757,8
6	F-G		2	1	0,79	0,39	1	3,185	2,585	4713,8	1757,8
7	G-H		2	1	0,79	0,39	1	3,185	2,585	4713,8	1757,8
8	H-I		2	1	0,79	0,39	1	3,185	2,585	4713,8	1757,8
9	I-J		2	1	0,79	0,39	1	3,185	2,585	4713,8	1757,8
10	J-K		4	2	1,57	0,79	2	4,355	3,185	6445,4	2165,8

LAMPIRAN O
PERHITUNGAN *GRADE RESISTANCE* ALAT ANGKUT

Tahanan kemiringan adalah tahanan yang disebabkan oleh adanya perbedaan ketinggian dari titik awal ke titik selanjutnya, dapat juga diartikan sebagai gaya yang hilang akibat adanya perbedaan kemiringan jalan. Alat angkut dapat bergerak pada kemiringan jalan jika dapat mengatasi hambatan/gaya yang hilang akibat pengaruh dari tahanan kemiringan.

Besarnya nilai kemiringan rata-rata untuk setiap 1% kemiringan yaitu ± 20 lbs/ton. Perhitungan tahanan kemiringan dapat dihitung dengan rumus :

$$GR \text{ factor} = 20 \text{ lb/ton} \times \% \text{ grade}$$

$$GR = GR \text{ factor (lb/ton)} \times \text{Gross machine weight (tons)}$$

1. Perhitungan *Grade Resistance* Jalan 1

Tabel O.1
Geometri Jalan Angkut Komatsu HM 400-3R (Jalan 1)

No	Segmen	Panjang Jalan (m)	Beda Elevasi (m)	Grade (%)	Titik	Elevasi (m)
1	A-B	39.71	-1.20	-3.02	A	22.20
2	B-C	51.40	-3.50	-6.81	B	21.00
3	C-D	191.72	-10.50	-5.48	C	17.50
4	D-E	36.83	1.59	4.32	D	7.00
5	E-F	81.98	0.59	0.72	E	8.59
6	F-G	126.05	0.20	0.16	F	8.00
7	G-H	56.44	0.30	0.53	G	8.20
8	H-I	112.48	0.50	0.44	H	8.50
9	I-J	65.10	1.00	1.54	I	9.00
10	J-K	74.14	1.00	1.35	J	10.00
Total		835.85			K	11.00

Perhitungan *grade resistance* saat muatan

- a. Segmen A-B

$$= 20 \text{ lb/ton} \times -3,02\% \times 74 \text{ ton}$$

$$= 4472,43 \text{ lb}$$

b. Segmen B-C

$$= 20 \text{ lb/ton} \times -6,81\% \times 74 \text{ ton}$$

$$= -10077,82 \text{ lb}$$

c. Segmen C-D

$$= 20 \text{ lb/ton} \times 5,48\% \times 74 \text{ ton}$$

$$= -8105,57 \text{ lb}$$

d. Segmen D-E

$$= 20 \text{ lb/ton} \times -4,32\% \times 74 \text{ ton}$$

$$= 6389,36 \text{ lb}$$

e. Segmen E-F

$$= 20 \text{ lb/ton} \times -0,72\% \times 74 \text{ ton}$$

$$= 1065,14 \text{ lb}$$

Seterusnya sampai segmen terakhir yaitu segmen J-K

Perhitungan *grade resistance* saat kosongan

a. Segmen A-B

$$= 20 \text{ lb/ton} \times 3,02\% \times 34 \text{ ton}$$

$$= 2054,90 \text{ lb}$$

b. Segmen B-C

$$= 20 \text{ lb/ton} \times 6,81\% \times 34 \text{ ton}$$

$$= 4630,35 \text{ lb}$$

c. Segmen C-D

$$= 20 \text{ lb/ton} \times 5,48\% \times 34 \text{ ton}$$

$$= 3724,18 \text{ lb}$$

d. Segmen D-E

$$= 20 \text{ lb/ton} \times -4,32\% \times 34 \text{ ton}$$

$$= -2935,65 \text{ lb}$$

e. Segmen E-F

$$= 20 \text{ lb/ton} \times -0,72\% \times 34 \text{ ton}$$

$$= -489,39 \text{ lb}$$

Seterusnya sampai segmen terakhir yaitu segmen J-K

Tabel O.2
Perhitungan *Grade Resistance* (Jalan 1)

No	Segmen	Panjang Jalan	Beda Elevasi	Grade (%)		GR (pounds)	
				Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	39.71	0.22	-3.02	3.02	-4472.43	2054.90
2	B-C	51.40	0.08	-6.81	6.81	-10077.82	4630.35
3	C-D	191.72	-13.68	-5.48	5.48	-8105.57	3724.18
4	D-E	36.83	-0.02	4.32	-4.32	6389.36	-2935.65
5	E-F	81.98	2.56	0.72	-0.72	1065.14	-489.39
6	F-G	126.05	0.19	0.16	-0.16	234.83	-107.89
7	G-H	56.44	-2.42	0.53	-0.53	786.68	-361.45
8	H-I	112.48	0.48	0.44	-0.44	657.89	-302.28
9	I-J	65.10	-0.41	1.54	-1.54	2273.43	-1044.55
10	J-K	74.14	-0.50	1.35	-1.35	1996.22	-917.18

2. Perhitungan *Grade Resistance*

Tabel O.3
Geometri Jalan Angkut Komatsu HM 400-3R (Jalan 2)

No	Segmen	Panjang Jalan (m)	Beda Elevasi (m)	Grade (%)	Titik	Elevasi (m)
1	A-B	63.26	-4.70	-7.43	A	6.70
2	B-C	41.04	-6.00	-14.62	B	2.00
3	C-D	14.79	-2.00	-13.53	C	-4.00
4	D-E	16.41	-2.00	-12.19	D	-6.00
5	E-F	65.29	-11.00	-16.85	E	-8.00
6	F-G	44.32	0.60	1.35	F	-19.00
7	G-H	82.94	1.60	1.93	G	-18.40
8	H-I	118.50	2.20	1.86	H	-15.80
9	I-J	52.95	1.00	1.89	I	-18.00
10	J-K	59.80	1.70	2.84	J	-17.00
Total		559.29			K	-15.30

Perhitungan *grade resistance* saat muatan

a. Segmen A-B

$$= 20 \text{ lb/ton} \times -7,43\% \times 74 \text{ ton}$$

$$= -10996.13 \text{ lb}$$

b. Segmen B-C

$$= 20 \text{ lb/ton} \times -14,62\% \times 74 \text{ ton}$$

$$= -21639.01 \text{ lb}$$

- c. Segmen C-D
 $= 20 \text{ lb/ton} \times -13,53\% \times 74 \text{ ton}$
 $= -20018.94 \text{ lb}$
- d. Segmen D-E
 $= 20 \text{ lb/ton} \times -12,19\% \times 74 \text{ ton}$
 $= -18040.42 \text{ lb}$

Seterusnya sampai segmen terakhir yaitu segmen J-K

Perhitungan *grade resistance* saat kosongan

- a. Segmen A-B
 $= 20 \text{ lb/ton} \times 7,43\% \times 34 \text{ ton}$
 $= 5052.28 \text{ lb}$
- b. Segmen B-C
 $= 20 \text{ lb/ton} \times 14,62\% \times 34 \text{ ton}$
 $= 9942.25 \text{ lb}$
- c. Segmen C-D
 $= 20 \text{ lb/ton} \times 13,53\% \times 34 \text{ ton}$
 $= 9197.89 \text{ lb}$
- d. Segmen D-E
 $= 20 \text{ lb/ton} \times 12,19\% \times 34 \text{ ton}$
 $= 8288.84 \text{ lb}$

Seterusnya sampai segmen terakhir yaitu segmen J-K

Tabel. O.4
 Perhitungan *Grade Resistance* (jalan 2)

No	Segmen	Panjang Jalan	Beda Elevasi	Grade (%)		GR (pounds)	
				Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	63.26	-4.70	-7.43	7.43	-10996.13	5052.28
2	B-C	41.04	-6.00	-14.62	14.62	-21639.01	9942.25
3	C-D	14.79	-2.00	-13.53	13.53	-20018.94	9197.89
4	D-E	16.41	-2.00	-12.19	12.19	-18040.42	8288.84
5	E-F	65.29	-11.00	-16.85	16.85	-24934.91	11456.58
6	F-G	44.32	0.60	1.35	-1.35	2003.61	-920.58
7	G-H	82.94	1.60	1.93	-1.93	2855.08	-1311.79
8	H-I	118.50	2.20	1.86	-1.86	2747.68	-1262.45
9	I-J	52.95	1.00	1.89	-1.89	2795.09	-1284.23
10	J-K	59.80	1.70	2.84	-2.84	4207.36	-1933.11

LAMPIRAN P
PRODUKTIVITAS AKTUAL ALAT ANGKUT

Tabel P.1
Produktivitas Alat Angkut bulan Maret (Jalan 1)

No	Kode unit Alat Angkut	Tanggal	Produktivitas (BCM/jam)
1	139	- 1 Maret 2019	510
		- 10 Maret 2019	660
		- 12 Maret 2019	510
		- 16 Maret 2019	645
		- 21 Maret 2019	435
		- 22 Maret 2019	510
		- 23 Maret 2019	555
2	150	- 2 Maret 2019	585
		- 6 Maret 2019	435
		- 7 Maret 2019	720
		- 10 Maret 2019	600
		- 11 Maret 2019	660
		- 12 Maret 2019	555
		- 18 Maret 2019	555
		- 19 Maret 2019	630
		- 21 Maret 2019	510
		- 22 Maret 2019	495
- 23 Maret 2019	645		
3	151	- 1 Maret 2019	705
		- 9 Maret 2019	495
		- 10 Maret 2019	585
		- 18 Maret 2019	480
		- 21 Maret 2019	585
		- 23 Maret 2019	570

Lanjutan Tabel P.1

No	Kode unit Alat Angkut	Tanggal	Produktivitas (BCM)
4	153	- 1 maret 2019	555
		- 10 Maret 2019	660
		- 11 Maret 2019	555
		- 21 Maret 2019	585
		- 23 Maret 2019	555
5	79	- 10 Maret 2019	645
		- 13 Maret 2019	495
		- 18 Maret 2019	450
		- 20 Maret 2019	675
		- 23 Maret 2019	825
6	80	- 2 Maret 2019	510
		- 6 Maret 2019	480
		- 12 Maret 2019	465
		- 23 Maret 2019	405
7	81	- 2 maret 2019	450
		- 9 Maret 2019	615
		- 18 Maret 2019	525
		- 30 Maret 2019	615
8	82	- 1 Maret 2019	690
		- 4 Maret 2019	540
		- 7 Maret 2019	630
		- 12 Maret 2019	570
		- 18 Maret 2019	630
		- 22 Maret 2019	465
		- 23 Maret 2019	510
- 29 Maret 2019	540		
9	83	- 9 Maret 2019	510
		- 18 Maret 2019	600
		- 24 Maret 2019	570

Lanjutan Tabel P.1

No	Kode unit Alat Angkut	Tanggal	Produktivitas (BCM)
10	91	- 1 Maret 2019	690
		- 4 Maret 2019	585
		- 6 Maret 2019	555
		- 7 Maret 2019	765
		- 12 Maret 2019	495
		- 13 Maret 2019	465
		- 18 Maret 2019	690
		- 19 Maret 2019	810
		- 21 Maret 2019	630
		- 22 Maret 2019	690
		- 23 Maret 2019	525
- Rata-rata			57,59

Tabel. P.2
Produktivitas Alat Angkut bulan Maret (Jalan 2)

No	Kode Unit Alat Angkut	Tanggal	Produktivitas (BCM/jam)
1	80	- 10 Maret 2019	660
2	92	- 26 Maret 2019	585
3	139	- 26 Maret 2019	630
4	150	- 13 Maret 2019	600
- Rata-Rata			61,88

LAMPIRAN Q

PRODUKTIVITAS TEORI ALAT ANGKUT

A. Komponen Produksi Alat Angkut

Dari pengamatan di lapangan maka didapatkan perhitungan produksi alat angkut sebesar :

1. Alat angkut HM 400-3R

$$CTa_1 = 12,26 \text{ menit (jalan 1)}$$

$$CTa_2 = 11,72 \text{ menit (jalan 2)}$$

$$na = 1 \text{ unit}$$

$$KB = 3,2 \text{ m}^3$$

$$FF = 99,27 \%$$

$$KV = 15 \text{ m}^3$$

$$EK_1 = 0,813$$

$$EK_2 = 0,831$$

$$Pa = \frac{60, \text{menit/jam}}{CTa, \text{menit}} \times EK \times FF \times KV, \text{BCM}$$

$$Pa_1 = \frac{60, \text{menit/jam}}{12,05, \text{menit}} \times 0,813 \times 97,27\% \times 15 \text{ BCM}$$

$$= 58,04 \text{ BCM/jam}$$

$$Pa_1 = \frac{60, \text{menit/jam}}{11,72, \text{menit}} \times 0,831 \times 97,27\% \times 15 \text{ BCM}$$

$$= 62,05 \text{ BCM/jam}$$

Tabel Q.1
Kemampuan Produksi Alat Angkut

Kemampuan Produksi Alat Angkut			
No.	Alat Angkut	Produktivitas jalan 1 (BCM/jam)	Produktivitas jalan 2 (BCM/jam)
1	<i>Articulated Dump Truck</i> HM 400-3R	58,04	62,05

LAMPIRAN R
RASIO WAKTU ALAT ANGKUT SETIAP 1 JAM

Kondisi waktu pada alat angkut ialah suatu kondisi/keadaan alat angkut saat beroperasi dimana keadaan alat angkut dapat dibedakan menjadi tiga yaitu saat bermuatan, kosongan, dan *idle*.

Waktu muatan = *hauling* + *Dumping* + *manuver*

Waktu kosongan = *return* + *manuver*

Waktu *idle* = *loading* + antrian

Tabel R.1
Kondisi alat angkut

Jalan 1				Jalan 2			
No	Bermuatan (detik)	Kosongan (detik)	<i>Idle</i> (detik)	No	Bermuatan (detik)	Kosongan (detik)	<i>Idle</i> (detik)
1	232	249	263	1	243	224	258
2	238	249	290	2	251	225	267
3	325	235	292	3	225	321	269
4	235	259	218	4	258	225	216
5	272	334	244	5	327	265	209
6	277	284	250	6	320	230	227
7	403	253	221	7	249	393	198
8	228	262	236	8	280	199	208
9	255	205	146	9	206	240	118
10	209	270	247	10	284	190	224
11	269	208	239	11	225	247	216
12	254	225	225	12	251	221	202
13	217	271	196	13	260	217	151
14	218	195	258	14	185	215	267
15	297	188	204	15	201	268	181
16	260	215	244	16	215	248	231
17	475	211	245	17	226	446	222
18	275	162	237	18	189	251	214
19	272	167	207	19	179	246	184
20	330	194	234	20	212	305	206
21	251	179	263	21	200	218	261
22	232	206	316	22	197	227	293
23	245	221	286	23	225	223	263
24	329	213	243	24	199	325	220
25	243	275	252	25	267	232	229
26	203	256	219	26	238	211	196
27	202	258	233	27	235	209	237

Lanjutan Tabel. R.1

Jalan 1				Jalan 2			
No	Bermuatan (detik)	Kosongan (detik)	Idle (detik)	No	Bermuatan (detik)	Kosongan (detik)	Idle (detik)
28	211	237	257	28	247	203	229
29	231	264	266	29	254	225	238
30	258	225	280	30	213	254	257
31	237	230	283	31	228	224	260
32	255	232	231	32	245	230	208
33	238	209	219	33	199	232	196
34	219	246	238	34	238	216	202
35	234	225	234	35	190	254	197
36	298	240	275	36	223	289	252
37	323	241	232	37	241	316	223
38	299	206	198	38	218	278	159
39	279	204	202	39	195	272	162
40	286	277	206	40	270	280	183
41	260	245	241	41	223	264	218
Rata-rata	265	232	226	Rata-rata	232	253	218

Waktu alat angkut setiap 1 jam pada jalan 1

Total waktu edar jalan 1 ialah 12,26 menit

$$\text{Ritase} = \frac{60, \text{menit/jam}}{\text{waktu edar, menit/rit}} = \frac{60 \text{ menit/jam}}{12,26 \text{ menit/rit}}$$

$$\text{Ritase} = 4,894 \text{ rit/menit}$$

$$\text{Waktu muatan} = \frac{265 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 4,894 \text{ rit/jam} = 21,53 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu kosongan} = \frac{232 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 4,894 \text{ rit/jam} = 19,94 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu idle} = \frac{226 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 4,894 \text{ rit/jam} = 19,53 \text{ menit/jam}$$

Waktu alat angkut setiap 1 jam pada jalan 2

Total waktu edar jalan 1 ialah 11,72menit

$$\text{Ritase} = \frac{60, \text{menit/jam}}{\text{waktu edar, menit/rit}} = \frac{60 \text{ menit/jam}}{11,72 \text{ menit/rit}}$$

$$\text{Ritase} = 5,119 \text{ rit/menit}$$

$$\text{Waktu muatan} = \frac{232 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 5,119 \text{ rit/jam} = 19,81 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu kosongan} = \frac{253 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 5,119 \text{ rit/jam} = 21,55 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu idle} = \frac{218 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 5,119 \text{ rit/jam} = 18,63 \text{ menit/jam}$$

LAMPIRAN S
KONSUMSI BAHAN BAKAR AKTUAL ALAT ANGKUT

Tabel S.1
Konsumsi Bahan Bakar Aktual Alat Angkut bulan Maret (Jalan 1)

No	Kode unit Alat Angkut	Tanggal	Konsumsi Bahan Bakar (liter)
1	139	- 1 Maret 2019	241,4418
		- 10 Maret 2019	209,4366
		- 12 Maret 2019	253,1392
		- 16 Maret 2019	224,9142
		- 21 Maret 2019	167,1787
		- 22 Maret 2019	238,136
		- 23 Maret 2019	171,178
2	150	- 2 Maret 2019	181,145
		- 6 Maret 2019	158,4765
		- 7 Maret 2019	297,2419
		- 10 Maret 2019	263,8383
		- 11 Maret 2019	134,51
		- 12 Maret 2019	368,7594
		- 18 Maret 2019	182,7044
		- 19 Maret 2019	169,09
		- 21 Maret 2019	174,4463
		- 22 Maret 2019	182,2944
- 23 Maret 2019	189,3024		
3	151	- 1 Maret 2019	246,4608
		- 9 Maret 2019	158,0853
		- 10 Maret 2019	251,827
		- 18 Maret 2019	189,0088
		- 21 Maret 2019	259,7594

		- 23 Maret 2019	200,2389
4	153	- 1 maret 2019 - 10 Maret 2019 - 11 Maret 2019 - 21 Maret 2019 - 23 Maret 2019	192,7128 230,5724 112,2602 303,8514 168,7728
5	79	- 10 Maret 2019 - 13 Maret 2019 - 18 Maret 2019 - 20 Maret 2019 - 23 Maret 2019	221,214 368,1371 176,1443 131,7817 200,2389
6	80	- 2 Maret 2019 - 6 Maret 2019 - 12 Maret 2019 - 23 Maret 2019	200,3414 154,8316 317,7261 219,3093
7	81	- 2 maret 2019 - 9 Maret 2019 - 18 Maret 2019 - 30 Maret 2019	212,1262 234,2432 196,9254 200,549
8	82	- 1 Maret 2019 - 4 Maret 2019 - 7 Maret 2019 - 12 Maret 2019 - 18 Maret 2019 - 22 Maret 2019 - 23 Maret 2019 - 29 Maret 2019	204,848 188,1909 180,5392 406,2615 270,9772 241,1301 216,3106 217,1546
9	83	- 9 Maret 2019 - 18 Maret 2019 - 24 Maret 2019	305,7855 279,0601 140,1922
10	91	- 1 Maret 2019 - 4 Maret 2019	273,6498 224,6648

		- 6 Maret 2019	156,4956
		- 7 Maret 2019	203,9031
		- 12 Maret 2019	308,3506
		- 13 Maret 2019	209,6739
		- 18 Maret 2019	262,7658
		- 19 Maret 2019	188,5606
		- 21 Maret 2019	212,072
		- 22 Maret 2019	226,3276
		- 23 Maret 2019	233,6072
		- Rata-Rata	220,39
		- Konsumsi Bahan Bakar	27,11 liter/jam

Tabel S.2
Konsumsi Bahan Bakar Aktual Alat Angkut bulan Maret (Jalan 2)

No	Kode Unit Alat Angkut	Tanggal	Konsumsi Bahan Bakar (liter)
1	80	- 10 Maret 2019	297,0939
2	92	- 26 Maret 2019	184,1291
3	139	- 26 Maret 2019	168,2498
4	150	- 13 Maret 2019	318,8859
		- Rata-Rata	242,09
		- Konsumsi Bahan Bakar	29,14 liter/jam

LAMPIRAN T
KONSUMSI BAHAN BAKAR TEORI ALAT ANGKUT
BERDASARKAN PERHITUNGAN RIMPUL

1. Perhitungan konsumsi bahan bakar alat angkut komatsu HM 400-3R

Load factor adalah faktor pengali untuk memperoleh tenaga mesin yang sesungguhnya, sehubungan dengan maksimal *power* tidak dipergunakan menerus selama periode kerja. *Load factor* alat angkut juga dapat diketahui dari perhitungan pemakaian rimpul. Untuk menghitung *load factor* dari rimpul, sebelumnya harus diketahui terlebih dahulu berapa besar rimpul yang digunakan untuk mengatasi *rolling resistance*, *grade resistance*, dan rimpul untuk percepatannya.

- **Komatsu HM 400-3R**

Diketahui sebuah truk Komatsu HM 400 dengan:

<i>Tire rolling radius</i>	:	25 inch
Efisiensi kerja	:	85%
Berat truk tanpa muatan	:	34ton (74800lb)
Berat truk bermuatan	:	74ton (162800lb)
Kapasitas tangki	:	51 liter

Konsumsi bahan bakar alat angkut untuk jalan 1:

a. Segmen(A-B)

1) Saat truk bermuatan

Rimpul untuk RR	= 174,5 lb/ton x 74 ton	= 12912,11lb
Rimpul untuk GR	= -3,02% x 20 lb/ton x 74 ton	= -4472,43 lb
Rimpul untuk TR		= 8439,69 lb

2) Saat truk kosong

Rimpul untuk RR	= 123,41 lb/ton x 34 ton	= 4196,06 lb
Rimpul untuk GR	= 3,02% x 20 lb/ton x 34 ton	= 2054,90 lb
Rimpul untuk TR		= 6250,95 lb

3) Sisa rimpul saat truk bermuatan

$$\begin{aligned}\text{Gear 1} &= 35217,99\text{lb} - 8439,69\text{ lb} \\ &= 26778.30\text{ lb} : 74\text{lb} \\ &= 361.87\text{ lb/ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gear 2} &= 22919,64\text{ lb} - 8439,69\text{ lb} \\ &= 14479.96\text{ lb} : 74\text{ton} \\ &= 195.68\text{ lb/ton}\end{aligned}$$

4) Sisa rimpul saat truk kosongan

$$\begin{aligned}\text{Gear 1} &= 35217,99\text{lb} - 6250.95\text{ lb} \\ &= 28967.03\text{ lb} : 34\text{ ton} \\ &= 851.97\text{ lb/ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gear 2} &= 22919,64\text{ lb} - 6250.95\text{ lb} \\ &= 16668.69\text{ lb} : 34\text{ ton} \\ &= 490.26\text{ lb/ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gear 3} &= 15041,02\text{ lb} - 6250.95\text{ lb} \\ &= 8790.06\text{ lb} : 34\text{ ton} \\ &= 258.53\text{ lb/ton}\end{aligned}$$

5) Rimpul untuk percepatan saat bermuatan

$$\begin{aligned}\text{Gear 1} &= (26778.30\text{ lb} \times 32,2\text{ ft/sec}^2) / 162800\text{ lb} = 5,30\text{ ft/sec}^2 \\ &= 5,30\text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 3,71\text{ mph/s} \\ &= 3,71\text{ mph/s} \times 60\text{ sec/min} = 222.45\text{ mph/s} \\ &= 222.45\text{ mph/s} = 300\text{ lb/ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gear 2} &= (14479.96\text{ lb} \times 32,2\text{ ft/sec}^2) / 162800\text{ lb} = 2,86\text{ ft/sec}^2 \\ &= 2,86\text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 2,00\text{ mph/s} \\ &= 2,00\text{ mph/s} \times 60\text{ sec/min} = 120.29\text{ mph/s} \\ &= 120.29\text{ mph/s} = 100\text{ lb/ton}\end{aligned}$$

6) Rimpul untuk percepatan saat kosongan

$$\begin{aligned}\text{Gear 1} &= (28967.03\text{ lb} \times 32,2\text{ ft/sec}^2) / 74800\text{ lb} = 12,74\text{ ft/sec}^2 \\ &= 12,47\text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 8,73\text{ mph/s} \\ &= 8,73\text{ mph/s} \times 60\text{ sec/min} = 523.73\text{ mph/s} \\ &= 523.73\text{ mph/s} = 700\text{ lb/ton} \\ &= 700\text{ lb/ton} \times 0,4 = 280\text{ lb/ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Gear 2} &= (16668.69 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 74800 \text{ lb} = 7,18 \text{ ft/sec}^2 \\
&= 7,18 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 5,02 \text{ mph/s} \\
&= 5,02 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 301.37 \text{ mph/s} \\
&= 301.37 \text{ mph/s} = 400 \text{ lb/ton} \\
&= 400 \text{ lb/ton} \times 0,4 = 160 \text{ lb/ton} \\
\text{Gear 3} &= (8790.06 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 74800 \text{ lb} = 3,78 \text{ ft/sec}^2 \\
&= 3,78 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 2,65 \text{ mph/s} \\
&= 2,65 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 158.93 \text{ mph/s} \\
&= 158.93 \text{ mph/s} = 200 \text{ lb/ton} \\
&= 200 \text{ lb/ton} \times 0,4 = 80 \text{ lb/ton}
\end{aligned}$$

7) Sisa rimpul saat bermuatan setelah percepatan

$$\begin{aligned}
\text{Gear 1} &= 361.87 \text{ lb/ton} - 300 \text{ lb/ton} = 61,87 \text{ lb/ton} \\
\text{Gear 2} &= 195.68 \text{ lb/ton} - 100 \text{ lb/ton} = 95,68 \text{ lb/ton}
\end{aligned}$$

8) Sisa rimpul saat kosongan setelah percepatan

$$\begin{aligned}
\text{Gear 1} &= 851.97 \text{ lb/ton} - 280 \text{ lb/ton} = 471,97 \text{ lb/ton} \\
\text{Gear 2} &= 490.26 \text{ lb/ton} - 160 \text{ lb/ton} = 330,36 \text{ lb/ton} \\
\text{Gear 3} &= 258.53 \text{ lb/ton} - 80 \text{ lb/ton} = 178,53 \text{ lb/ton}
\end{aligned}$$

9) Rimpul terpakai saat bermuatan

$$\begin{aligned}
\text{Gear 1} &= 35217,99 \text{ lb} - (61,87 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 30640 \text{ lb} \\
\text{Gear 2} &= 22919,64 \text{ lb} - (95,68 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 15840 \text{ lb}
\end{aligned}$$

10) Rimpul terpakai saat kosongan

$$\begin{aligned}
\text{Gear 1} &= 35217,99 \text{ lb} - (471,97 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton}) = 1577 \text{ lb} \\
\text{Gear 2} &= 22919,64 \text{ lb} - (330,36 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton}) = 11691 \text{ lb} \\
\text{Gear 3} &= 15041,02 \text{ lb} - (178,53 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton}) = 8971 \text{ lb}
\end{aligned}$$

11) *load factor* saat bermuatan

$$\begin{aligned}
\text{Gear 1} &= 30640 \text{ lb} / 35217,99 \text{ lb} = 0,870 \\
\text{Gear 2} &= 15840 \text{ lb} / 22919,64 \text{ lb} = 0,691 \\
\text{Rata-rata } \textit{load factor} &= 0,781
\end{aligned}$$

12) *load factor* saat kosongan

$$\begin{aligned}
\text{Gear 1} &= 1577 \text{ lb} / 35217,99 \text{ lb} = 0,448 \\
\text{Gear 2} &= 11691 \text{ lb} / 22919,64 \text{ lb} = 0,510 \\
\text{Gear 3} &= 8971 \text{ lb} / 15041,02 \text{ lb} = 0,596
\end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata load factor} = 0,518$$

Konsumsi bahan bakar :

$$\text{fuel consumption, gal/hour} = \frac{\text{weight of fuel used, x Brake HP x load factor}}{\text{weight of fuel per gallon}}$$

Konsumsi saat bermuatan

$$\begin{aligned} \text{fuel consumption, gal/hour} &= \frac{0,432 \frac{\text{lb}}{\text{Hour x KW}} \times 237\text{KW} \times 0,781}{7,27 \text{ lb/gallon}} \\ &= 10,976 \text{ gallon/hour} \times 3,785 \text{ liter/gallon} \\ &= 41,542 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

Konsumsi saat kosongan

$$\begin{aligned} \text{fuel consumption, gal/hour} &= \frac{0,432 \frac{\text{lb}}{\text{Hour x KW}} \times 237\text{KW} \times 0,518}{7,27 \text{ lb/gallon}} \\ &= 7,285 \text{ gallon/hour} \times 3,785 \text{ liter/gallon} \\ &= 27,575 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan segmen berikutnya mengikuti sampai segmen terakhir yaitu segmen J-K.

Tabel T.1
Konsumsi bahan bakar berdasarkan pemakaian rimpul (jalan 1)

No	Segmen	TR (pounds)		Load Factor		Fuel (ltr/hour)	
		Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	8439.69	6250.95	0.781	0.518	41.542	27.575
2	B-C	-6243.81	6174.86	0.579	0.562	30.831	29.889
3	C-D	-4271.56	5268.69	0.504	0.486	32.081	25.846
4	D-E	10223.37	-1391.14	0.872	0.271	46.396	13.639
5	E-F	4899.15	1055.12	0.832	0.366	44.281	19.461
6	F-G	4068.84	1436.61	0.800	0.396	42.580	21.078
7	G-H	4620.69	1183.06	0.815	0.376	43.388	20.003
8	H-I	4491.91	1242.23	0.807	0.394	42.975	20.988
9	I-J	6107.44	499.96	0.867	0.333	46.138	17.739
10	J-K	12286.29	2725.35	0.842	0.418	44.814	22.261
Rata-Rata				0,770	0,412	41,50	21,93

Konsumsi bahan bakar saat bermuatan = 41,50 liter/jam

Konsumsi bahan bakar saat kosongan = 21,93 liter/jam

Konsumsi bahan bakar saat *idle* = 18,63 liter/jam

waktu total dalam 1 jam yang diperoleh dari Lampiran R, terdiri dari:

$$\text{Waktu muatan} = \frac{265 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 4,894 \text{ rit/jam} = 21,53 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu kosongan} = \frac{232 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 4,894 \text{ rit/jam} = 19,94 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu idle} = \frac{226 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 4,894 \text{ rit/jam} = 19,53 \text{ menit/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat muatan dalam 1 jam

$$= \frac{21,53 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 41,50 \text{ liter/jam} = 14,89 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat kosongan dalam 1 jam

$$= \frac{19,94 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 21,93 \text{ liter/jam} = 6,92 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat *idle* dalam 1 jam

$$= \frac{19,53 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 18,63 \text{ liter/jam} = 6,06 \text{ liter/jam}$$

Jadi, konsumsi bahan bakar alat angkut dalam 1 jam (Jalan 1) ialah;

$$= 14,89 + 6,92 + 6,06 = 27,88 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar alat angkut untuk jalan 2:

b. Segmen(A-B)

1) Saat truk bermuatan

$$\text{Rimpul untuk RR} = 221,73 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton} = 16408,17 \text{ lb}$$

$$\text{Rimpul untuk GR} = -7,43\% \times 20 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton} = -10996,13 \text{ lb}$$

$$\text{Rimpul untuk TR} = 5412,03 \text{ lb}$$

2) Saat truk kosongan

$$\text{Rimpul untuk RR} = 145,12 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton} = 4321,4 \text{ lb}$$

$$\text{Rimpul untuk GR} = 7,43\% \times 20 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton} = 5052,28 \text{ lb}$$

$$\text{Rimpul untuk TR} = 9986,36 \text{ lb}$$

3) Sisa rimpul saat truk bermuatan

$$\text{Gear 1} = 35217,99 \text{ lb} - 5412,03 \text{ lb}$$

$$= 29805,95 \text{ lb} : 74 \text{ lb}$$

$$= 402,78 \text{ b/ton}$$

$$\text{Gear 2} = 22919,64 \text{ lb} - 5412,03 \text{ lb}$$

$$= 17507,61 \text{ lb} : 74 \text{ ton}$$

$$= 236.59 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 3} = 15041,02\text{lb} - 5412.03 \text{ lb}$$

$$= 9628.98 \text{ lb} : 74\text{ton}$$

$$= 130.12 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 4} = 15041,02\text{lb} - 5412.03 \text{ lb}$$

$$= 4344.30 \text{ lb} : 74\text{ton}$$

$$= 58.71 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 5} = 15041,02\text{lb} - 5412.03 \text{ lb}$$

$$= 948.92 \text{ lb} : 74\text{ton}$$

$$= 12.82 \text{ lb/ton}$$

4) Sisa rimpul saat truk kosongan

$$\text{Gear 1} = 35217,99\text{lb} - 9986.36 \text{ lb}$$

$$= 25231.63 \text{ lb} : 34 \text{ ton}$$

$$= 742.11 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 2} = 22919,64 \text{ lb} - 9986.36 \text{ lb}$$

$$= 12933.28 \text{ lb} : 34 \text{ ton}$$

$$= 380.39 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 3} = 15041,02 \text{ lb} - 9986.36 \text{ lb}$$

$$= 5054.65 \text{ lb} : 34 \text{ ton}$$

$$= 148.67 \text{ lb/ton}$$

5) Rimpul untuk percepatan saat bermuatan

$$\text{Gear 1} = (29805.95 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 162800 \text{ lb} = 5,90 \text{ ft/sec}^2$$

$$= 5,90 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 4,13 \text{ mph/s}$$

$$= 4,13 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 247.60 \text{ mph/s}$$

$$= 247.60 \text{ mph/s} = 300 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 2} = (17507.61 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 162800 \text{ lb} = 33,46 \text{ ft/sec}^2$$

$$= 3,46 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 2,42 \text{ mph/s}$$

$$= 2,42 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 145.44 \text{ mph/s}$$

$$= 145.44 \text{ mph/s} = 200 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 3} = (9628.98 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 162800 \text{ lb} = 1,90 \text{ ft/sec}^2$$

$$= 1,90 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 1,33 \text{ mph/s}$$

$$= 1,33 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 79.99 \text{ mph/s}$$

$$= 79.99 \text{ mph/s} = 100 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 4} = (4344.30 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 162800 \text{ lb} = 0,86 \text{ ft/sec}^2$$

$$= 0,86 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 0,60 \text{ mph/s}$$

$$= 0,60 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 36.09 \text{ mph/s}$$

$$= 36.09 \text{ mph/s} = 50 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 5} = (948.92 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 162800 \text{ lb} = 0,19 \text{ ft/sec}^2$$

$$= 0,19 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 0,13 \text{ mph/s}$$

$$= 0,13 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 7.88 \text{ mph/s}$$

$$= 7.88 \text{ mph/s} = 10 \text{ lb/ton}$$

6) Rimpul untuk percepatan saat kosongan

$$\text{Gear 1} = (25231.63 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 74800 \text{ lb} = 10,86 \text{ ft/sec}^2$$

$$= 10,86 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 7,60 \text{ mph/s}$$

$$= 7,60 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 456.19 \text{ mph/s}$$

$$= 456.19 \text{ mph/s} = 600 \text{ lb/ton}$$

$$= 600 \text{ lb/ton} \times 0,4 = 240 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 2} = (12933.28 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 74800 \text{ lb} = 5,57 \text{ ft/sec}^2$$

$$= 5,57 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 3,90 \text{ mph/s}$$

$$= 3,90 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 233.84 \text{ mph/s}$$

$$= 233.84 \text{ mph/s} = 300 \text{ lb/ton}$$

$$= 300 \text{ lb/ton} \times 0,4 = 120 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 3} = (5054.65 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 74800 \text{ lb} = 2,18 \text{ ft/sec}^2$$

$$= 2,18 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 1,52 \text{ mph/s}$$

$$= 1,52 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 91.39 \text{ mph/s}$$

$$= 91.39 \text{ mph/s} = 100 \text{ lb/ton}$$

$$= 100 \text{ lb/ton} \times 0,4 = 40 \text{ lb/ton}$$

7) Sisa rimpul saat bermuatan setelah percepatan

$$\text{Gear 1} = 402.78 \text{ lb/ton} - 300 \text{ lb/ton} = 102,78 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 2} = 236.59 \text{ lb/ton} - 200 \text{ lb/ton} = 35,59 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 3} = 130.12 \text{ lb/ton} - 100 \text{ lb/ton} = 30,12 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 4} = 58.71 \text{ lb/ton} - 50 \text{ lb/ton} = 8,71 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 5} = 12.82 \text{ lb/ton} - 10 \text{ lb/ton} = 2,82 \text{ lb/ton}$$

8) Sisa rimpul saat kosongan setelah percepatan

$$\text{Gear 1} = 742.11 \text{ lb/ton} - 240 \text{ lb/ton} = 502,11 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 2} = 380.39 \text{ lb/ton} - 120 \text{ lb/ton} = 360,39 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 3} = 148.67 \text{ lb/ton} - 40 \text{ lb/ton} = 108,67 \text{ lb/ton}$$

9) Rimpul terpakai saat bermuatan

$$\text{Gear 1} = 35217,99 \text{ lb} - (102,78 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 27612 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 2} = 22919,64 \text{ lb} - (35,59 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 20212 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 3} = 15041,02 \text{ lb} - (30,12 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 12812 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 4} = 9756.33 \text{ lb} - (8,71 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 9112 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 5} = 6360.96 \text{ lb} - (2,82 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 6152 \text{ lb}$$

10) Rimpul terpakai saat kosong

$$\text{Gear 1} = 35217,99 \text{ lb} - (502,11 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton}) = 18146 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 2} = 22919,64 \text{ lb} - (360,39 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton}) = 14066 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 3} = 15041,02 \text{ lb} - (108,67 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton}) = 11346 \text{ lb}$$

11) *load factor* saat bermuatan

$$\text{Gear 1} = 27612 \text{ lb} / 35217,99 \text{ lb} = 0,784$$

$$\text{Gear 2} = 20212 \text{ lb} / 22919,64 \text{ lb} = 0,882$$

$$\text{Gear 3} = 12812 \text{ lb} / 15041,02 \text{ lb} = 0,852$$

$$\text{Gear 4} = 9112 \text{ lb} / 9756.33 \text{ lb} = 0,934$$

$$\text{Gear 5} = 6152 \text{ lb} / 6360.96 \text{ lb} = 0,967$$

$$\text{Rata-rata } \textit{load factor} = 0,884$$

12) *load factor* saat kosong

$$\text{Gear 1} = 18146 \text{ lb} / 35217,99 \text{ lb} = 0,515$$

$$\text{Gear 2} = 14066 \text{ lb} / 22919,64 \text{ lb} = 0,614$$

$$\text{Gear 3} = 11346 \text{ lb} / 15041,02 \text{ lb} = 0,754$$

$$\text{Rata-rata } \textit{load factor} = 0,728$$

Konsumsi bahan bakar :

$$\textit{fuel consumption, gal/hour} = \frac{\textit{weight of fuel used, x Brake HP x load factor}}{\textit{weight of fuel per gallon}}$$

Konsumsi saat bermuatan

$$\textit{fuel consumption, gal/hour} = \frac{0,432 \frac{\textit{lb}}{\textit{Hour x KW}} \times 237 \textit{KW} \times 0,884}{7,27 \textit{ lb/gallon}}$$

$$= 12,427 \text{ gallon/hour} \times 3,785 \text{ liter/gallon}$$

$$= 47.036 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi saat kosongan

$$\begin{aligned} \text{fuel consumption, gal/hour} &= \frac{0,432 \frac{\text{lb}}{\text{Hour} \times \text{KW}} \times 237\text{KW} \times 0,728}{7,27 \text{ lb/gallon}} \\ &= 10.243 \text{ gallon/hour} \times 3,785 \text{ liter/gallon} \\ &= 38.771 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan segmen berikutnya mengikuti sampai segmen terakhir yaitu segmen J-K.

Tabel T.2
Konsumsi bahan bakar berdasarkan pemakaian rimpul (jalan 2)

No	Segmen	TR (pounds)		Load Factor		Fuel (ltr/hour)	
		Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	5412.03	9986.36	0.884	0.728	47.036	38.771
2	B-C	-16930.98	11671.26	0.556	0.738	29.579	39.265
3	C-D	-15310.91	10926.90	0.653	0.722	34.775	38.417
4	D-E	-13332.39	10017.86	0.657	0.629	34.973	38.872
5	E-F	-20226.88	13185.59	0.505	0.728	26.871	38.733
6	F-G	6711.64	808.44	0.945	0.346	50.310	18.415
7	G-H	7563.10	417.22	0.793	0.344	42.227	18.290
8	H-I	7455.71	466.57	0.787	0.349	41.883	18.570
9	I-J	7503.12	444.78	0.832	0.347	44.272	18.446
10	J-K	13623.41	1524.92	0.893	0.424	47.532	22.590
Rata-Rata				0,770	0,412	39,95	29,04

$$\text{Konsumsi bahan bakar saat bermuatan} = 39,95 \text{ liter/jam}$$

$$\text{Konsumsi bahan bakar saat kosongan} = 29,04 \text{ liter/jam}$$

$$\text{Konsumsi bahan bakar saat } \textit{idle} = 18,63 \text{ liter/jam}$$

waktu total dalam 1 jam yang diperoleh dari Lampiran R, terdiri dari:

$$\text{Waktu muatan} = \frac{232 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 5,12 \text{ rit/jam} = 21,99 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu kosongan} = \frac{253 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 5,12 \text{ rit/jam} = 19,25 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu } \textit{idle} = \frac{218 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 5,12 \text{ rit/jam} = 18,76 \text{ menit/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat muatan dalam 1 jam

$$= \frac{21,99 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 39,95 \text{ liter/jam} = 13,19 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat kosongan dalam 1 jam

$$= \frac{19,25 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 21,93 \text{ liter/jam} = 10,43 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat *idle* dalam 1 jam

$$= \frac{18,76 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 18,63 \text{ liter/jam} = 5,79 \text{ liter/jam}$$

Jadi, konsumsi bahan bakar alat angkut dalam 1 jam (Jalan1) ialah;

$$= 13,19 + 10,43 + 5,79 = 29,41 \text{ liter/jam}$$

LAMPIRAN U
KONSUMSI BAHAN BAKAR BERDASARKAN
PENGGUNAAN RPM

Load factor adalah suatu faktor pengali untuk memperoleh pemakaian tenaga mesin yang sesungguhnya. Besarnya *load factor* dapat dihitung dengan menggunakan pengamatan langsung rpm pada waktu kerja tertentu.

$$\text{load factor} = \frac{\text{RPM terpakai senyatanya dalam 1 jam}}{\text{RPM tersedia dalam mesin pada HP maksimal}}$$

Diketahui spesifikasi alat angkut Komatsu HM 400-3R yaitu:

RPM maksimal = 2000 rpm

BBM yang masuk ke mesin = 0,432 lb/kw.hr

Densitas BBM solar = 7,27 lb/gallon

Brake HP = 237 KW

Konsumsi bahan bakar pada jalan 1 saat bermuatan

1. Segmen A-B pada jam pertama

$$\begin{aligned}\text{Load factor} &= \frac{1708}{2000} \\ &= 0,84\end{aligned}$$

2. Segmen B-C pada jam pertama

$$\begin{aligned}\text{Load factor} &= \frac{1425}{2000} \\ &= 0,713\end{aligned}$$

3. Segmen C-D pada jam pertama

$$\begin{aligned}\text{Load factor} &= \frac{1855}{2000} \\ &= 0,927\end{aligned}$$

4. Segmen D-E pada jam pertama

$$\begin{aligned}\text{Load factor} &= \frac{1511}{2000} \\ &= 0,755\end{aligned}$$

5. Segmen E-F pada jam pertama

$$Load\ factor = \frac{1554}{2000}$$

$$= 0,777$$

6. Segmen F-G pada jam pertama

$$Load\ factor = \frac{1490}{2000}$$

$$= 0,745$$

7. Segmen G-H pada jam pertama

$$Load\ factor = \frac{1581}{2000}$$

$$= 0,791$$

8. Segmen H-I pada jam pertama

$$Load\ factor = \frac{1416}{2000}$$

$$= 0,708$$

9. Segmen I-J pada jam pertama

$$Load\ factor = \frac{1511}{2000}$$

$$= 0,755$$

10. Segmen J-K pada jam pertama

$$Load\ factor = \frac{1700}{2000}$$

$$= 0,85$$

Rata-rata *load factor* saat bermuatan pada jam pertama

$$\frac{0,85+0,755+0,708+0,791+0,745+0,777+0,84+0,755+0,927+0,713}{10} = 0,7876$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi bahan bakar, in gal/hour} &= \frac{237KW \times 0,7876 \times 0,432lb/kW\ hour}{7,27lb/gallon} \\ &= 11,091\ gal/hour \times 3,785\ liter/gal \\ &= 41,98\ liter/hour \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar pada jalan 1 saat kosongan

1. Segmen A-B pada jam pertama

$$Load\ factor = \frac{1370}{2000}$$

$$= 0,685$$

2. Segmen B-C pada jam pertama

$$Load\ factor = \frac{1345}{2000}$$

$$= 0,6725$$

3. Segmen C-D pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{14668}{2000} \\ &= 0,734 \end{aligned}$$

4. Segmen D-E pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1383}{2000} \\ &= 0,6915 \end{aligned}$$

5. Segmen E-F pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1403}{2000} \\ &= 0,7015 \end{aligned}$$

6. Segmen F-G pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1393}{2000} \\ &= 0,6965 \end{aligned}$$

7. Segmen G-H pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1359}{2000} \\ &= 0,6795 \end{aligned}$$

8. Segmen H-I pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1345}{2000} \\ &= 0,6725 \end{aligned}$$

9. Segmen I-J pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1447}{2000} \\ &= 0,7235 \end{aligned}$$

10. Segmen J-K pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1500}{2000} \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

Rata-rata *load factor* saat bermuatan pada jam pertama

$$\frac{0,685+0,6725+0,734+0,6915+0,7015+0,6965+0,6795+0,6725+0,7235+0,75}{10} =$$

0,701

$$\text{Konsumsi bahan bakar, in gal/hour} = \frac{237KW \times 0,701 \times 0,432lb/kW \text{ hour}}{7,27lb/gallon}$$

$$= 9,867 \text{ gal/hour} \times 3,785 \text{ liter/gal}$$

$$= 37,348 \text{ liter/hour}$$

Tabel U.1

Konsumsi bahan bakar berdasarkan RPM pada jalan 1

No	Segmen	Jarak (m)	RPM Maksimal	RPM pada saat <i>idle</i>	RPM yang Digunakan Jam 1		RPM yang Digunakan Jam 2		RPM yang Digunakan Jam 3		
					Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan	
1	A-B	35,79	2000	700	1708	1370	1506	1311	1475	1366	
2	B-C	44,239	2000	700	1425	1345	1529	1347	1375	1303	
3	C-D	226,24	2000	700	1855	1468	1669	1347	1828	1366	
4	D-E	55,18	2000	700	1511	1383	1512	1385	1490	1350	
5	E-F	64,662	2000	700	1554	1403	1587	1413	1589	1335	
6	F-G	127,48	2000	700	1490	1393	1492	1385	1490	1395	
7	G-H	55,45	2000	700	1581	1359	1184	1385	1593	1448	
8	H-I	112,39	2000	700	1416	1345	1419	1340	1426	1346	
9	I-J	65,33	2000	700	1511	1447	1465	1323	1300	1288	
10	J-K	71,23	2000	700	1700	1500	1705	1504	1710	1494	
<i>Load Factor</i>					0,35	0,788	0,701	0,753	0,687	0,764	0,685
Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)					18,657	41,980	37,348	40,160	36,620	40,714	36,490

Pengamatan RPM dilakukan sampai jam ke 3, untuk menambah variasi data. Pada Tabel T.1 diatas menunjukkan bahwa RPM yang digunakan bervariasi sesuai dengan percepatan dan perilaku operator.

Konsumsi bahan bakar muatan rata-rata

$$= \frac{41,980 + 40,160 + 40,714}{3} = 40,951 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar kosong rata-rata

$$= \frac{37,348 + 36,620 + 36,490}{3} = 36,819 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar *idle* rata-rata

$$= 18,63 \text{ liter/jam}$$

waktu total dalam 1 jam yang diperoleh dari Lampiran R, terdiri dari:

$$\text{Waktu muatan} = \frac{264 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 4,894 \text{ rit/jam} = 21,53 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu kosong} = \frac{232 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 4,894 \text{ rit/jam} = 18,94 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu } \textit{idle} = \frac{226 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 4,894 \text{ rit/jam} = 19,53 \text{ menit/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat muatan dalam 1 jam

$$= \frac{21,53 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 40,951 \text{ liter/jam} = 14,694 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat kosong dalam 1 jam

$$= \frac{18,94 \text{menit/jam}}{60 \text{menit/jam}} \times 36,819 \text{liter/jam} = 11,623 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat *idle* dalam 1 jam

$$= \frac{\frac{19,53 \text{menit}}{\text{jam}}}{\frac{60 \text{menit}}{\text{jam}}} \times 18,657 \text{liter/jam} = 6,072 \text{ liter/jam}$$

Jadi, konsumsi bahan bakar alat angkut dalam 1 jam (Jalan1) ialah,

$$= 14,694 + 11,623 + 6,072 = 32,39 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar pada jalan 2 saat bermuatan

1. Segmen A-B pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1900}{2000} \\ &= 0,95 \end{aligned}$$

2. Segmen B-C pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1432}{2000} \\ &= 0,716 \end{aligned}$$

3. Segmen C-D pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1850}{2000} \\ &= 0,925 \end{aligned}$$

4. Segmen D-E pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1912}{2000} \\ &= 0,956 \end{aligned}$$

5. Segmen E-F pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1789}{2000} \\ &= 0,8945 \end{aligned}$$

6. Segmen F-G pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1532}{2000} \\ &= 0,766 \end{aligned}$$

7. Segmen G-H pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1540}{2000} \\ &= 0,77 \end{aligned}$$

8. Segmen H-I pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1412}{2000} \\ &= 0,706 \end{aligned}$$

9. Segmen I-J pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1532}{2000} \\ &= 0,766 \end{aligned}$$

10. Segmen J-K pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1700}{2000} \\ &= 0,85 \end{aligned}$$

Rata-rata *load factor* saat bermuatan pada jam pertama

$$\frac{0,85+0,766+0,706+0,77+0,766+0,8945+0,956+0,925+0,925+0,716}{10} = 0,830$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi bahan bakar, in gal/hour} &= \frac{237KW \times 0,7876 \times 0,432lb/kW \text{ hour}}{7,27lb/gallon} \\ &= 11,688 \text{ gal/hour} \times 3,785 \text{ liter/gal} \\ &= 44,240 \text{ liter/hour} \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar pada jalan 2 saat kosongan

1. Segmen A-B pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1452}{2000} \\ &= 0,726 \end{aligned}$$

2. Segmen B-C pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1350}{2000} \\ &= 0,675 \end{aligned}$$

3. Segmen C-D pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1381}{2000} \\ &= 0,6905 \end{aligned}$$

4. Segmen D-E pada jam pertama

$$\begin{aligned} \text{Load factor} &= \frac{1526}{2000} \\ &= 0,763 \end{aligned}$$

5. Segmen E-F pada jam pertama

$$\text{Load factor} = \frac{1512}{2000}$$

$$= 0,756$$

6. Segmen F-G pada jam pertama

$$Load\ factor = \frac{1419}{2000}$$

$$= 0,7095$$

7. Segmen G-H pada jam pertama

$$Load\ factor = \frac{1362}{2000}$$

$$= 0,681$$

8. Segmen H-I pada jam pertama

$$Load\ factor = \frac{1412}{2000}$$

$$= 0,706$$

9. Segmen I-J pada jam pertama

$$Load\ factor = \frac{1327}{2000}$$

$$= 0,6635$$

10. Segmen J-K pada jam pertama

$$Load\ factor = \frac{1410}{2000}$$

$$= 0,705$$

Rata-rata *load factor* saat bermuatan pada jam pertama

$$\frac{0,705+0,6635+0,706+0,681+0,7095+0,756+0,763+0,6905+0,675+0,726}{10} = 0,704$$

$$\text{Konsumsi bahan bakar, in gal/hour} = \frac{237KW \times 0,701 \times 0,432lb/kW\ hour}{7,27lb/gallon}$$

$$= 9,917\ gal/hour \times 3,785\ liter/gal$$

$$= 37,537\ liter/hour$$

Tabel U.2
Konsumsi bahan bakar berdasarkan RPM pada jalan 2

No	Segmen	Jarak (m)	RPM Maksimal	RPM pada saat <i>idle</i>	RPM yang Digunakan Jam 1		RPM yang Digunakan Jam 2		RPM yang Digunakan Jam 3	
					Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	63,2586	2000	700	1900	1452	1905	1457	1888	1440
2	B-C	41,037	2000	700	1432	1350	1433	1351	1415	1510
3	C-D	14,786	2000	700	1850	1381	1877	1508	1859	1490
4	D-E	16,4076	2000	700	1912	1526	1937	1551	1918	1532
5	E-F	82,7742	2000	700	1789	1512	1802	1529	1774	1497
6	F-G	73,5159	2000	700	1532	1419	1543	1430	1524	1411
7	G-H	76,7125	2000	700	1540	1362	1549	1371	1531	1353
8	H-I	24,3477	2000	700	1412	1345	1420	1353	1374	1307
9	I-J	44,228	2000	700	1532	1327	1546	1341	1506	1301
10	J-K	77,359	2000	700	1700	1410	1729	1439	1687	1397
<i>Load Factor</i>				0,35	0,830	0,704	0,837	0,717	0,824	0,712
Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)				18,657	44,240	37,537	44,619	38,193	43,912	37,947

Pengamatan RPM dilakukan sampai jam ke 3, untuk menambah variasi data. Pada Tabel T.2 diatas menunjukkan bahwa RPM yang digunakan bervariasi sesuai dengan percepatan dan perilaku operator.

Konsumsi bahan bakar muatan rata-rata

$$= \frac{44,24 + 44,62 + 43,91}{3} = 44,26 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar kosongan rata-rata

$$= \frac{37,54 + 38,19 + 37,95}{3} = 37,89 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar *idle* rata-rata

$$= 18,657 \text{ liter/jam}$$

waktu total dalam 1 jam

$$\text{Waktu muatan} = \frac{232 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 5,12 \text{ rit/jam} = 19,81 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu kosongan} = \frac{253 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 5,12 \text{ rit/jam} = 21,55 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu idle} = \frac{218 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 5,12 \text{ rit/jam} = 18,63 \text{ menit/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat muatan dalam 1 jam

$$= \frac{19,81 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 44,26 \text{ liter/jam} = 14,61 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat kosongan dalam 1 jam

$$= \frac{21,55 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 37,89 \text{ liter/jam} = 13,61 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat *idle* dalam 1 jam

$$= \frac{18,63 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 18,657 \text{ liter/jam} = 5,79 \text{ liter/jam}$$

Jadi, konsumsi bahan bakar alat angkut dalam 1 jam (Jalan 2) ialah,

$$= 14,61 + 13,61 + 5,79 = 34,02 \text{ liter/jam}$$

LAMPIRAN V

PRODUKSI TEORI ALAT ANGKUT SETELAH PERBAIKAN

A. Komponen Produksi Alat Angkut

Setelah dilakukannya perbaikan jalan angkut maka didapatkan perhitungan produksi alat angkut sebesar :

1. Alat angkut HM 400-3R

$$CTa_1 = 9,97 \text{ menit (jalan 1)}$$

$$CTa_2 = 9,12 \text{ menit (jalan 2)}$$

$$na = 1 \text{ unit}$$

$$KB = 3,2 \text{ m}^3$$

$$FF = 99,27 \%$$

$$KV = 15 \text{ m}^3$$

$$EK_1 = 0,813$$

$$EK_2 = 0,831$$

$$Pa = \frac{60, \text{menit/jam}}{CTa, \text{menit}} \times EK \times FF \times KV, \text{BCM}$$

$$Pa_1 = \frac{60, \text{menit/jam}}{9,97 \text{ menit}} \times 0,813 \times 97,27\% \times 15 \text{ BCM}$$

$$= 70,7 \text{ BCM/jam}$$

$$Pa_1 = \frac{60, \text{menit/jam}}{9,12, \text{menit}} \times 0,831 \times 97,27\% \times 15 \text{ BCM}$$

$$= 75,1 \text{ BCM/jam}$$

Tabel V.1
Kemampuan Produksi Alat Angkut Setelah Perbaikan

Kemampuan Produksi Alat Angkut			
No.	Alat Angkut	Produktivitas jalan 1 (BCM/jam)	Produktivitas jalan 2 (BCM/jam)
1	<i>Articulated Dump Truck</i> HM 400-3R	71,39	79,77

LAMPIRAN W

**RASIO WAKTU ALAT ANGKUT SETIAP 1 JAM SETELAH
PERBAIKAN**

Kondisi waktu pada alat angkut ialah suatu kondisi/keadaan alat angkut saat beroperasi dimana keadaan alat angkut dapat dibedakan menjadi tiga yaitu saat bermuatan, kosongan, dan *idle*.

Waktu muatan = *hauling + Dumping + manuver*

Waktu kosongan = *return + manuver*

Waktu *idle* = *loading + antrian*

Tabel W.1
Rasio Waktu Alat Angkut

Jalan 1				Jalan 2			
No	Bermuatan (detik)	Kosongan (detik)	Idle (detik)	No	Bermuatan (detik)	Kosongan (detik)	Idle (detik)
1	232	249	263	1	243	224	258
2	238	249	290	2	251	225	267
3	325	235	292	3	225	321	269
4	235	259	218	4	258	225	216
5	272	334	244	5	327	265	209
6	277	284	250	6	320	230	227
7	403	253	221	7	249	393	198
8	228	262	236	8	280	199	208
9	255	205	146	9	206	240	118
10	209	270	247	10	284	190	224
11	269	208	239	11	225	247	216
12	254	225	225	12	251	221	202
13	217	271	196	13	260	217	151
14	218	195	258	14	185	215	267
15	297	188	204	15	201	268	181
16	260	215	244	16	215	248	231
17	475	211	245	17	226	446	222
18	275	162	237	18	189	251	214
19	272	167	207	19	179	246	184
20	330	194	234	20	212	305	206
21	251	179	263	21	200	218	261
22	232	206	316	22	197	227	293
23	245	221	286	23	225	223	263
24	329	213	243	24	199	325	220

25	243	275	252	25	267	232	229
26	203	256	219	26	238	211	196
27	202	258	233	27	235	209	237
28	211	237	257	28	247	203	229
29	231	264	266	29	254	225	238
30	258	225	280	30	213	254	257
31	237	230	283	31	228	224	260
32	255	232	231	32	245	230	208
33	238	209	219	33	199	232	196
34	219	246	238	34	238	216	202
35	234	225	234	35	190	254	197
36	298	240	275	36	223	289	252
37	323	241	232	37	241	316	223
38	299	206	198	38	218	278	159
39	279	204	202	39	195	272	162
40	286	277	206	40	270	280	183
41	260	245	241	41	223	264	218
Rata-rata	213,4	157,8	226	Rata-rata	169,6	177	200,4

Waktu alat angkut setiap 1 jam pada jalan 1

Total waktu edar jalan 1 ialah 12,26 menit

$$\text{Ritase} = \frac{60, \text{menit/jam}}{\text{waktu edar, menit/rit}} = \frac{60 \text{ menit/jam}}{9,97 \text{ menit/rit}}$$

$$\text{Ritase} = 6,02 \text{ rit/menit}$$

$$\text{Waktu muatan} = \frac{213,4 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 6,02 \text{ rit/jam} = 21,41 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu kosongan} = \frac{157,8 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 6,02 \text{ rit/jam} = 15,83 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu idle} = \frac{226 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 6,02 \text{ rit/jam} = 22,76 \text{ menit/jam}$$

Waktu alat angkut setiap 1 jam pada jalan 2

Total waktu edar jalan 1 ialah 11,72menit

$$\text{Ritase} = \frac{60, \text{menit/jam}}{\text{waktu edar, menit/rit}} = \frac{60 \text{ menit/jam}}{9,12 \text{ menit/rit}}$$

$$\text{Ritase} = 6,58 \text{ rit/menit}$$

$$\text{Waktu muatan} = \frac{169,6 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 6,58 \text{ rit/jam} = 18,60 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu kosongan} = \frac{177 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 6,58 \text{ rit/jam} = 19,42 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu idle} = \frac{200,4 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 6,58 \text{ rit/jam} = 21,98 \text{ menit/jam}$$

LAMPIRAN X
KONSUMSI BAHAN BAKAR TEORI SETELAH
PERBAIKAN JALAN ANGKUT

1. Perhitungan konsumsi bahan bakar alat angkut komatsu HM 400-3R

Load factor adalah faktor pengali untuk memperoleh tenaga mesin yang sesungguhnya, sehubungan dengan maksimal *power* tidak dipergunakan menerus selama periode kerja. *Load factor* alat angkut juga dapat diketahui dari perhitungan pemakaian rimpul. Untuk menghitung *load factor* dari rimpul, sebelumnya harus diketahui terlebih dahulu berapa besar rimpul yang digunakan untuk mengatasi *rolling resistance*, *grade resistance*, dan rimpul untuk percepatannya.

- **Komatsu HM 400-3R**

Diketahui sebuah truk Komatsu HM 400 dengan:

Tire rolling radius : 25 inch

Efisiensi kerja : 85%

Berat truk tanpa muatan : 34ton (74800lb)

Berat truk bermuatan : 74ton (162800lb)

Kapasitas tangki : 51 liter

Konsumsi bahan bakar alat angkut untuk jalan 1:

a. Segmen(A-B)

1) Saat truk bermuatan

Rimpul untuk RR = 139,06 lb/ton x 74 ton = 1290,07 b

Rimpul untuk GR = -3,02% x 20 lb/ton x 74 ton = -4472.43lb

Rimpul untuk TR = 5817.64 lb

2) Saat truk kosong

Rimpul untuk RR = 107,13 lb/ton x 34 ton = 4196,06 lb

Rimpul untuk GR = 3,02% x 20 lb/ton x 34 ton = 2054.90 lb

Rimpul untuk TR = 5697.43 lb

3) Sisa rimpul saat truk bermuatan

$$\begin{aligned}\text{Gear 1} &= 35217,99\text{lb} - 5817,64 \text{ lb} \\ &= 29400,34 \text{ lb} : 74\text{lb} \\ &= 397,30 \text{ lb/ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gear 2} &= 22919,64 \text{ lb} - 5817,64 \text{ lb} \\ &= 17102,00 \text{ lb} : 74\text{ton} \\ &= 231,11 \text{ lb/ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gear 3} &= 15041,02\text{lb} - 5817,64 \text{ lb} \\ &= 9223,37 \text{ lb} : 74\text{ton} \\ &= 124,64 \text{ lb/ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gear 4} &= 97756,33 \text{ lb} - 5817,64 \text{ lb} \\ &= 3938,69 \text{ lb} : 34 \text{ ton} \\ &= 53,23 \text{ lb/ton}\end{aligned}$$

4) Sisa rimpul saat truk kosong

$$\begin{aligned}\text{Gear 1} &= 35217,99\text{lb} - 3781,26 \text{ lb} \\ &= 29520,55 \text{ lb} : 34 \text{ ton} \\ &= 868,25 \text{ lb/ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gear 2} &= 22919,64 \text{ lb} - 3781,26 \text{ lb} \\ &= 17222,21 \text{ lb} : 34 \text{ ton} \\ &= 506,54 \text{ lb/ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gear 3} &= 15041,02 \text{ lb} - 3781,26 \text{ lb} \\ &= 9343,58 \text{ lb} : 34 \text{ ton} \\ &= 274,81 \text{ lb/ton}\end{aligned}$$

5) Rimpul untuk percepatan saat bermuatan

$$\begin{aligned}\text{Gear 1} &= (29400,34 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 162800 \text{ lb} = 5,82 \text{ ft/sec}^2 \\ &= 5,82 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 4,07 \text{ mph/s} \\ &= 4,07 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 244,23 \text{ mph/s} \\ &= 244,23 \text{ mph/s} = 300 \text{ lb/ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gear 2} &= (17102,00 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 162800 \text{ lb} = 3,38 \text{ ft/sec}^2 \\ &= 3,38 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 2,37\text{mph/s} \\ &= 2,37 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 142,07 \text{ mph/s} \\ &= 142,07 \text{ mph/s} = 200 \text{ lb/ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gear 3} &= (9223.37 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 162800 \text{ lb} = 1.82 \text{ ft/sec}^2 \\ &= 1.82 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 1,28 \text{ mph/s} \\ &= 1,28 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 76.62 \text{ mph/s} \\ &= 76.62 \text{ mph/s} = 100 \text{ lb/ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gear 4} &= (3938.69 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 74800 \text{ lb} = 0.78 \text{ ft/sec}^2 \\ &= 0.78 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 0,55 \text{ mph/s} \\ &= 0,55 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 108,03 \text{ mph/s} \\ &= 108,03 \text{ mph/s} = 32.72 \text{ lb/ton} \\ &= 32.72 \text{ lb/ton} \times 0,4 = 30 \text{ lb/ton} \end{aligned}$$

6) Rimpul untuk percepatan saat kosongan

$$\begin{aligned} \text{Gear 1} &= (29520.55 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 74800 \text{ lb} = 12.71 \text{ ft/sec}^2 \\ &= 12.71 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 8.90 \text{ mph/s} \\ &= 8.90 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 568,38 \text{ mph/s} \\ &= 533.74 \text{ mph/s} = 700 \text{ lb/ton} \\ &= 700 \text{ lb/ton} \times 0,4 = 280 \text{ lb/ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gear 2} &= (17222.21 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 74800 \text{ lb} = 7.41 \text{ ft/sec}^2 \\ &= 7.41 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 5.19 \text{ mph/s} \\ &= 5.19 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 311.38 \text{ mph/s} \\ &= 311.38 \text{ mph/s} = 400 \text{ lb/ton} \\ &= 400 \text{ lb/ton} \times 0,4 = 160 \text{ lb/ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gear 3} &= (9343.58 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 74800 \text{ lb} = 4.02 \text{ ft/sec}^2 \\ &= 4.02 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 2.82 \text{ mph/s} \\ &= 2.82 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 168.93 \text{ mph/s} \\ &= 168.93 \text{ mph/s} = 200 \text{ lb/ton} \\ &= 200 \text{ lb/ton} \times 0,4 = 80 \text{ lb/ton} \end{aligned}$$

7) Sisa rimpul saat bermuatan setelah percepatan

$$\text{Gear 1} = 397.30 \text{ lb/ton} - 300 \text{ lb/ton} = 97,30 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 2} = 231.11 \text{ lb/ton} - 200 \text{ lb/ton} = 31,10 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 3} = 124.64 \text{ lb/ton} - 100 \text{ lb/ton} = 24,64 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 4} = 53.23 \text{ lb/ton} - 30 \text{ lb/ton} = 23,23 \text{ lb/ton}$$

8) Sisa rimpul saat kosongan setelah percepatan

$$\text{Gear 1} = 868.25 \text{ lb/ton} - 280 \text{ lb/ton} = 588,25 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 2} = 506.54 \text{ lb/ton} - 160 \text{ lb/ton} = 346,54 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 3} = 274.81 \text{ lb/ton} - 80 \text{ lb/ton} = 194,81 \text{ lb/ton}$$

9) Rimpul terpakai saat bermuatan

$$\text{Gear 1} = 35217,99 \text{ lb} - (97,30 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 28018 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 2} = 22919,64 \text{ lb} - (31,10 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 20618 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 3} = 15041,02 \text{ lb} - (24,64 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 13218 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 4} = 99756,33 \text{ lb} - (23,23 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton}) = 8038 \text{ lb}$$

10) Rimpul terpakai saat kosongan

$$\text{Gear 1} = 35217,99 \text{ lb} - (588,25 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton}) = 15217 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 2} = 22919,64 \text{ lb} - (346,54 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton}) = 11137 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 3} = 15041,02 \text{ lb} - (210,17 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton}) = 8417 \text{ lb}$$

11) *load factor* saat bermuatan

$$\text{Gear 1} = 28018 \text{ lb} / 35217,99 \text{ lb} = 0,796$$

$$\text{Gear 2} = 20618 \text{ lb} / 22919,64 \text{ lb} = 0,900$$

$$\text{Gear 3} = 13218 \text{ lb} / 15041,02 \text{ lb} = 0,879$$

$$\text{Gear 4} = 8038 \text{ lb} / 9756,33 \text{ lb} = 0,824$$

$$\text{dipilih } \textit{load factor} \text{ yang terkecil} = 0,796$$

12) *load factor* saat kosongan

$$\text{Gear 1} = 15217 \text{ lb} / 35217,99 \text{ lb} = 0,432$$

$$\text{Gear 2} = 11137 \text{ lb} / 22919,64 \text{ lb} = 0,486$$

$$\text{Gear 3} = 8417 \text{ lb} / 15041,02 \text{ lb} = 0,560$$

$$\text{dipilih } \textit{load factor} \text{ yang terkecil} = 0,432$$

Konsumsi saat bermuatan

$$\begin{aligned} \text{fuel consumption, gal/hour} &= \frac{0,432 \frac{\text{lb}}{\text{Hour} \times \text{KW}} \times 237\text{KW} \times 0,796}{7,27 \text{ lb/gallon}} \\ &= 11,186 \text{ gallon/hour} \times 3,785 \text{ liter/gallon} \\ &= 42,341 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

Konsumsi saat kosongan

$$\begin{aligned} \text{fuel consumption, gal/hour} &= \frac{0,432 \frac{\text{lb}}{\text{Hour} \times \text{KW}} \times 237\text{KW} \times 0,432}{7,27 \text{ lb/gallon}} \\ &= 6,076 \text{ gallon/hour} \times 3,785 \text{ liter/gallon} \\ &= 22,997 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan segmen berikutnya mengikuti sampai segmen terakhir yaitu segmen J-K.

Tabel X.1
Konsumsi bahan bakar berdasarkan pemakaian rimpul (jalan 1)

No	Segmen	TR (pounds)		Load Factor		Fuel (ltr/hour)	
		Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	5817.64	5697.43	0.796	0.432	42.341	22.997
2	B-C	-6243.81	6174.86	0.182	0.446	9.674	9.674
3	C-D	-4271.56	5268.69	0.321	0.459	17.066	24.404
4	D-E	10223.37	-1391.14	0.769	0.181	40.923	9.610
5	E-F	4899.15	1055.12	0.769	0.341	40.953	18.205
6	F-G	4068.84	1436.61	0.746	0.359	39.698	19.126
7	G-H	4620.69	1183.06	0.762	0.348	40.532	18.623
8	H-I	4491.91	1242.23	0.758	0.351	40.337	18.832
9	I-J	6107.44	499.96	0.804	0.292	42.779	15.562
10	J-K	10538.27	2356.34	0.783	0.376	41.655	20.003
Rata-Rata				0,669	0,359	35,596	19,11

Konsumsi bahan bakar saat bermuatan = 35,60 liter/jam

Konsumsi bahan bakar saat kosongan = 19,11 liter/jam

Konsumsi bahan bakar saat *idle* = 18,63 liter/jam

waktu total dalam 1 jam yang diperoleh dari Lampiran W, terdiri dari:

$$\text{Waktu muatan} = \frac{213,4 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 6,02 \text{ rit/jam} = 21,41 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu kosongan} = \frac{157,8 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 6,02 \text{ rit/jam} = 15,83 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu idle} = \frac{226 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 6,02 \text{ rit/jam} = 22,76 \text{ menit/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat muatan dalam 1 jam

$$= \frac{\frac{21,41 \text{ menit}}{\text{jam}}}{60 \frac{\text{menit}}{\text{jam}}} \times 35,60 \text{ liter/jam} = 12,70 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat kosongan dalam 1 jam

$$= \frac{15,83 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 19,11 \text{ liter/jam} = 5,04 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat *idle* dalam 1 jam

$$= \frac{22,76 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 18,63 \text{ liter/jam} = 7,06 \text{ liter/jam}$$

Jadi, konsumsi bahan bakar alat angkut dalam 1 jam (Jalan1) ialah;

$$= 12,70 + 5,04 + 7,06 = 24,81 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar alat angkut untuk jalan 2:

b. Segmen(A-B)

1) Saat truk bermuatan

$$\text{Rimpul untuk RR} = 139,06 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton} = 10290.07 \text{ lb}$$

$$\text{Rimpul untuk TR} = -706.06 \text{ lb}$$

2) Saat truk kosong

$$\text{Rimpul untuk RR} = 107,13 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton} = 3642.53 \text{ lb}$$

$$\text{Rimpul untuk GR} = 7,43\% \times 20 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton} = 5052.28 \text{ lb}$$

$$\text{Rimpul untuk TR} = 8694.81 \text{ lb}$$

3) Sisa rimpul saat truk bermuatan

$$\text{Gear 1} = 35217,99 \text{ lb} + 706.06 \text{ lb}$$

$$= 35924.05 \text{ lb} : 74 \text{ lb}$$

$$= 485.46 \text{ b/ton}$$

$$\text{Gear 2} = 22919,64 \text{ lb} + 706.06 \text{ lb}$$

$$= 23625.71 \text{ lb} : 74 \text{ ton}$$

$$= 319.27 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 3} = 15041,02 \text{ lb} + 706.06 \text{ lb}$$

$$= 15747.08 \text{ lb} : 74 \text{ ton}$$

$$= 212.80 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 4} = 97756,33 \text{ lb} - 7293,68 \text{ lb}$$

$$= 10462.40 \text{ lb} : 34 \text{ ton}$$

$$= 141.38 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 5} = 6360.96 \text{ lb} - 7293,68 \text{ lb}$$

$$= 7067.02 \text{ lb} : 34 \text{ ton}$$

$$= 95.50 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 6} = 4149.25 \text{ lb} - 7293,68 \text{ lb}$$

$$= 4855.31 \text{ lb} : 34 \text{ ton}$$

$$= 65.61 \text{ lb/ton}$$

4) Sisa rimpul saat truk kosong

$$\text{Gear 1} = 35217,99 \text{ lb} - 7293,68 \text{ lb}$$

$$= 26523.18 \text{ lb} : 34 \text{ ton}$$

$$= 780.09 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 2} = 22919,64 \text{ lb} - 7293,68 \text{ lb}$$

$$= 14224.83 \text{ lb} : 34 \text{ ton}$$

$$= 418.38 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 3} = 15041,02 \text{ lb} - 7293,68 \text{ lb}$$

$$= 6346.20 \text{ lb} : 34 \text{ ton}$$

$$= 186.65 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 4} = 97756,33 \text{ lb} - 7293,68 \text{ lb}$$

$$= 1061.52 \text{ lb} : 34 \text{ ton}$$

$$= 31.22 \text{ lb/ton}$$

5) Rimpul untuk percepatan saat bermuatan

$$\text{Gear 1} = (35924.05 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 162800 \text{ lb} = 7.11 \text{ ft/sec}^2$$

$$= 7.11 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 4,97 \text{ mph/s}$$

$$= 4,97 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 298.43 \text{ mph/s}$$

$$= 298,43 \text{ mph/s} = 400 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 2} = (23625.71 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 162800 \text{ lb} = 4.67 \text{ ft/sec}^2$$

$$= 4.67 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 3,27 \text{ mph/s}$$

$$= 3,27 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 196.26 \text{ mph/s}$$

$$= 196.26 \text{ mph/s} = 200 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 3} = (15747.08 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 162800 \text{ lb} = 3.11 \text{ ft/sec}^2$$

$$= 3.11 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 2,18 \text{ mph/s}$$

$$= 2,18 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 130.81 \text{ mph/s}$$

$$= 130.81 \text{ mph/s} = 100 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 4} = (10462.40 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 162800 \text{ lb} = 2.07 \text{ ft/sec}^2$$

$$= 2.07 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 1,45 \text{ mph/s}$$

$$= 1,45 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 86.91 \text{ mph/s}$$

$$= 86.91 \text{ mph/s} = 100 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 5} = (7067.02 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 162800 \text{ lb} = 1.40 \text{ ft/sec}^2$$

$$= 1.40 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 0,98 \text{ mph/s}$$

$$= 0,98 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 58.71 \text{ mph/s}$$

$$= 58.71 \text{ mph/s} = 50 \text{ lb/ton}$$

$$\begin{aligned}
\text{Gear 6} &= (4855.31\text{lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 162800 \text{ lb} = 0.96 \text{ ft/sec}^2 \\
&= 0.96 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 0,67 \text{ mph/s} \\
&= 0,67 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 40.33 \text{ mph/s} \\
&= 40.33 \text{ mph/s} = 50 \text{ lb/ton}
\end{aligned}$$

6) Rimpul untuk percepatan saat kosongan

$$\begin{aligned}
\text{Gear 1} &= (26523.18 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 74800 \text{ lb} = 11.42 \text{ ft/sec}^2 \\
&= 11.42 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 7,99 \text{ mph/s} \\
&= 7,99 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 479.54 \text{ mph/s} \\
&= 479.54 \text{ mph/s} = 700 \text{ lb/ton} \\
&= 700 \text{ lb/ton} \times 0,4 = 280 \text{ lb/ton}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Gear 2} &= (14224.83 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 74800 \text{ lb} = 6.12 \text{ ft/sec}^2 \\
&= 6.12 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 4,29 \text{ mph/s} \\
&= 4,29 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 257.19 \text{ mph/s} \\
&= 257.19 \text{ mph/s} = 300 \text{ lb/ton} \\
&= 300 \text{ lb/ton} \times 0,4 = 120 \text{ lb/ton}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Gear 3} &= (6346.20 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 74800 \text{ lb} = 2,73 \text{ ft/sec}^2 \\
&= 2,73 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 1,91 \text{ mph/s} \\
&= 1,91 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 114.74 \text{ mph/s} \\
&= 114.74 \text{ mph/s} = 100 \text{ lb/ton} \\
&= 100 \text{ lb/ton} \times 0,4 = 40 \text{ lb/ton}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Gear 4} &= (1061.52 \text{ lb} \times 32,2 \text{ ft/sec}^2) / 74800 \text{ lb} = 0,46 \text{ ft/sec}^2 \\
&= 0,46 \text{ ft/sec}^2 \times 0,7 = 0,32 \text{ mph/s} \\
&= 0,32 \text{ mph/s} \times 60 \text{ sec/min} = 19.19 \text{ mph/s} \\
&= 19.19 \text{ mph/s} = 20 \text{ lb/ton} \\
&= 20 \text{ lb/ton} \times 0,4 = 8 \text{ lb/ton}
\end{aligned}$$

7) Sisa rimpul saat bermuatan setelah percepatan

$$\begin{aligned}
\text{Gear 1} &= 485.46 \text{ lb/ton} - 400 \text{ lb/ton} = 85,46 \text{ lb/ton} \\
\text{Gear 2} &= 319.27 \text{ lb/ton} - 200 \text{ lb/ton} = 119,27 \text{ lb/ton} \\
\text{Gear 3} &= 212.80 \text{ lb/ton} - 100 \text{ lb/ton} = 112,80 \text{ lb/ton} \\
\text{Gear 4} &= 141.38 \text{ lb/ton} - 100 \text{ lb/ton} = 41,38 \text{ lb/ton} \\
\text{Gear 5} &= 95.50 \text{ lb/ton} - 50 \text{ lb/ton} = 45,50 \text{ lb/ton} \\
\text{Gear 6} &= 65.61 \text{ lb/ton} - 50 \text{ lb/ton} = 15,61 \text{ lb/ton}
\end{aligned}$$

8) Sisa rimpul saat kosongan setelah percepatan

$$\text{Gear 1} = 780.09 \text{ lb/ton} - 280 \text{ lb/ton} = 500,09 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 2} = 418.38 \text{ lb/ton} - 120 \text{ lb/ton} = 298,38 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 3} = 186.65 \text{ lb/ton} - 40 \text{ lb/ton} = 146,65 \text{ lb/ton}$$

$$\text{Gear 4} = 31.22 \text{ lb/ton} - 8 \text{ lb/ton} = 23,22 \text{ lb/ton}$$

9) Rimpul terpakai saat bermuatan

$$\text{Gear 1} = 35217,99 \text{ lb} - (85,46 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 28894 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 2} = 22919,64 \text{ lb} - (119,27 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 14094 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 3} = 15041,02 \text{ lb} - (112,80 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 6694 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 4} = 99756,33 \text{ lb} - (41,38 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 6694 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 5} = 6360.96 \text{ lb} - (45,50 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 2994 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 6} = 4149.25 \text{ lb} - (15,61 \text{ lb/ton} \times 74 \text{ ton}) = 2994 \text{ lb}$$

10) Rimpul terpakai saat kosongan

$$\text{Gear 1} = 35217,99 \text{ lb} - (500,09 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton}) = 18215 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 2} = 22919,64 \text{ lb} - (298,38 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton}) = 12775 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 3} = 15041,02 \text{ lb} - (146,65 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton}) = 10055 \text{ lb}$$

$$\text{Gear 4} = 99756,33 \text{ lb} - (23,22 \text{ lb/ton} \times 34 \text{ ton}) = 8967 \text{ lb}$$

11) *load factor* saat bermuatan

$$\text{Gear 1} = 28894 \text{ lb} / 35217,99 \text{ lb} = 0,820$$

$$\text{Gear 2} = 14094 \text{ lb} / 22919,64 \text{ lb} = 0,615$$

$$\text{Gear 3} = 6694 \text{ lb} / 15041,02 \text{ lb} = 0,445$$

$$\text{Gear 4} = 6694 \text{ lb} / 99756,33 \text{ lb} = 0,686$$

$$\text{Gear 5} = 2994 \text{ lb} / 6360.96 \text{ lb} = 0,471$$

$$\text{Gear 6} = 2994 \text{ lb} / 4149.25 \text{ lb} = 0,722$$

$$\text{Dipilih } \textit{load factor} \text{ yang terkecil} = 0,445$$

12) *load factor* saat kosongan

$$\text{Gear 1} = 18215 \text{ lb} / 35217,99 \text{ lb} = 0,517$$

$$\text{Gear 2} = 12775 \text{ lb} / 22919,64 \text{ lb} = 0,557$$

$$\text{Gear 3} = 10055 \text{ lb} / 15041,02 \text{ lb} = 0,668$$

$$\text{Gear 4} = 8967 \text{ lb} / 9756,33 \text{ lb} = 0,919$$

$$\text{Dipilih } \textit{load factor} \text{ yang terkecil} = 0,517$$

Konsumsi saat bermuatan

$$\begin{aligned}
 \text{fuel consumption, gal/hour} &= \frac{0,432 \frac{\text{lb}}{\text{Hour} \times \text{KW}} \times 237\text{KW} \times 0,445}{7,27 \text{ lb/gallon}} \\
 &= 6,258 \text{ gallon/hour} \times 3,785 \text{ liter/gallon} \\
 &= 23,686 \text{ liter/jam}
 \end{aligned}$$

Konsumsi saat kosongan

$$\begin{aligned}
 \text{fuel consumption, gal/hour} &= \frac{0,432 \frac{\text{lb}}{\text{Hour} \times \text{KW}} \times 237\text{KW} \times 0,517}{7,27 \text{ lb/gallon}} \\
 &= 7,273 \text{ gallon/hour} \times 3,785 \text{ liter/gallon} \\
 &= 27,526 \text{ liter/jam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan segmen berikutnya mengikuti sampai segmen terakhir yaitu segmen J-K.

Tabel X.2
Konsumsi bahan bakar berdasarkan pemakaian rimpul (jalan 2)

No	Segmen	TR (pounds)		Load Factor		Fuel (ltr/hour)	
		Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A-B	-706.06	8694.81	0.445	0.517	23.686	27.526
2	B-C	-8005.99	11486.75	0.452	0.558	24.040	29.690
3	C-D	-8005.99	10742.40	0.452	0.537	24.040	28.566
4	D-E	-8005.99	9833.35	0.452	0.511	24.040	27.192
5	E-F	-8005.99	13001.09	0.648	0.719	34.470	38.280
6	F-G	5387.62	623.93	0.826	0.312	43.955	16.599
7	G-H	6689.09	232.72	0.820	0.250	43.658	13.326
8	H-I	6581.69	282.06	0.902	0.258	48.014	13.739
9	I-J	6629.10	260.28	0.819	0.255	43.567	13.557
10	J-K	12749.40	1340.41	0.782	0.360	41.633	19.180
Rata-Rata				0.660	0.428	34.070	22.560

Konsumsi bahan bakar saat bermuatan = 34,07 liter/jam

Konsumsi bahan bakar saat kosongan = 22,56 liter/jam

Konsumsi bahan bakar saat *idle* = 18,63 liter/jam

waktu total dalam 1 jam yang diperoleh dari Lampiran R, terdiri dari:

$$\text{Waktu muatan} = \frac{169,6 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 6,58 \text{ rit/jam} = 18,60 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu kosongan} = \frac{177 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 6,58 \text{ rit/jam} = 19,42 \text{ menit/jam}$$

$$\text{Waktu idle} = \frac{200,4 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} \times 6,58 \text{ rit/jam} = 21,98 \text{ menit/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat muatan dalam 1 jam

$$= \frac{18,60 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 34,07 \text{ liter/jam} = 10,56 \text{ liter/jam}$$

Konsumsi bahan bakar saat kosong dalam 1 jam

$$= \frac{19,42 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 22,56 \text{ liter/jam} = 7,30 \text{ liter/jam}$$

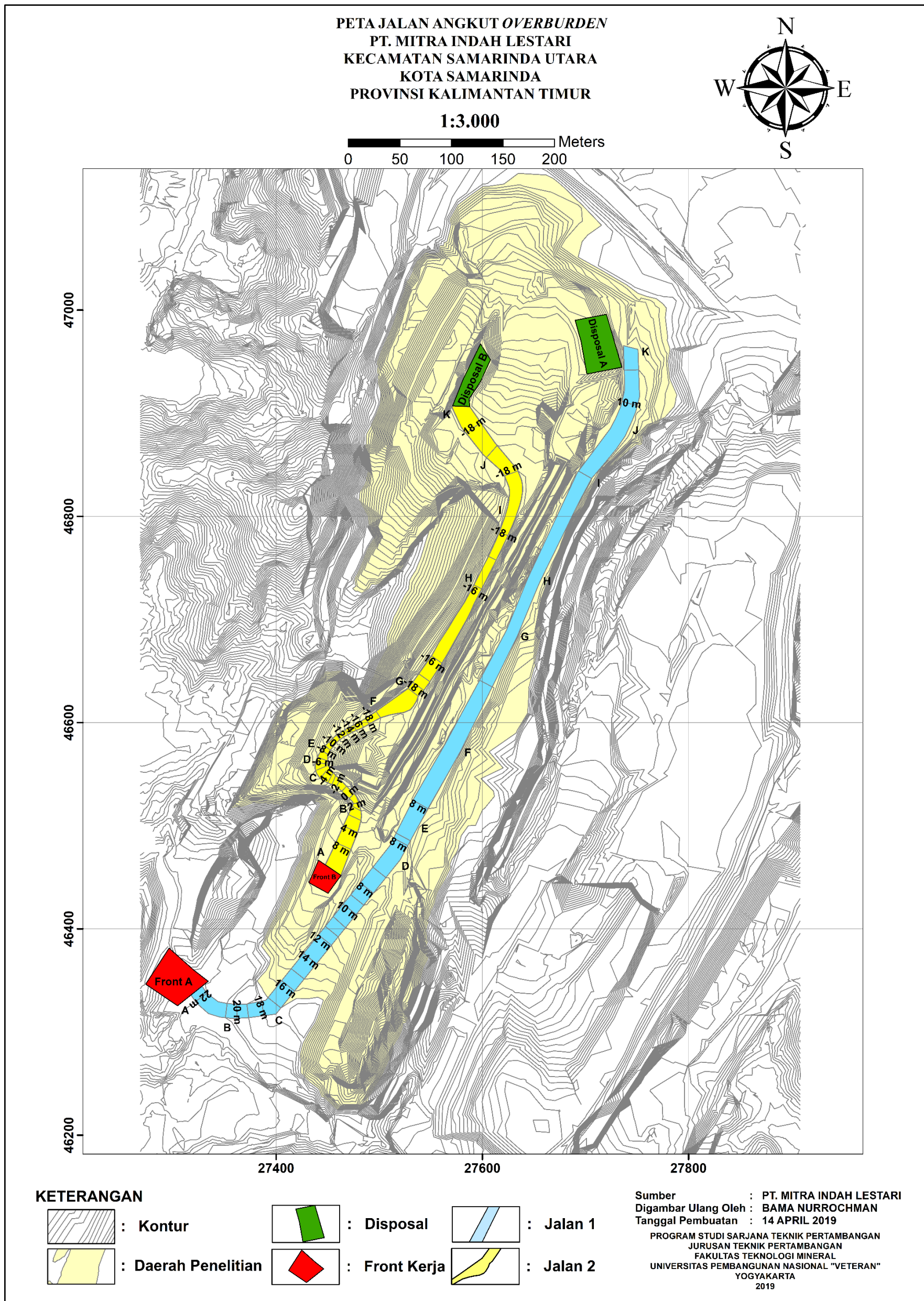
Konsumsi bahan bakar saat *idle* dalam 1 jam

$$= \frac{21,98 \text{ menit/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times 18,63 \text{ liter/jam} = 6,82 \text{ liter/jam}$$

Jadi, konsumsi bahan bakar alat angkut dalam 1 jam (Jalan 1) ialah;

$$= 10,56 + 7,30 + 6,82 = 24,69 \text{ liter/jam}$$

LAMPIRAN Y
PETA JALAN ANGKUT *OVERBURDEN*



Gambar. Y.1
Peta Jalan Angkut *Overburden*