

**PENERAPAN *ROAD PERFORMANCE MONITORING* (RPM)
UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS ALAT ANGKUT
DI PT DARMA HENWA *SITE* KINTAP COAL PROJECT,
KECAMATAN KINTAP, KABUPATEN TANAH LAUT,
KALIMANTAN SELATAN**

SKRIPSI

**Oleh :
REZKY ADITYA LANGKADJA
112190007**



**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2023**

**PENERAPAN *ROAD PERFORMANCE MONITORING* (RPM)
UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS ALAT ANGKUT
DI PT DARMA HENWA *SITE* KINTAP COAL PROJECT,
KECAMATAN KINTAP, KABUPATEN TANAH LAUT,
KALIMANTAN SELATAN**

SKRIPSI

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

Oleh :

**REZKY ADITYA LANGKADJA
112190007**



**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA
2023**

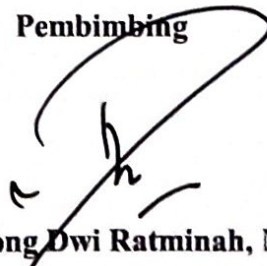
**PENERAPAN *ROAD PERFORMANCE MONITORING* (RPM)
UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS ALAT ANGKUT
DI PT DARMA HENWA *SITE* KINTAP COAL PROJECT,
KECAMATAN KINTAP, KABUPATEN TANAH LAUT,
KALIMANTAN SELATAN**

Oleh :
REZKY ADITYA LANGKADJA
112190007



Disetujui untuk
Program Sarjana
Program Studi Teknik Pertambangan
Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Tanggal : 11-9-2023

Pembimbing



Ir. Wawong Dwi Ratminah, M.T.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

- 1. Orang tua saya, Bapak Muslim dan Ibu Irmawati*
- 2. Mama saya, Ni'ma*
- 3. Adik saya, Melani Aurelya*
- 4. Serta, keluarga besar saya*

ABSTRAK

Rencana *project improvement* dari PT Darma Henwa *site* KCP untuk menaikkan kecepatan rata-rata alat angkut pada jalan *front* penambangan menuju *disposal* sehingga terjadi peningkatan produktifitas. Penelitian dilakukan Untuk mencari akar permasalahan jalan di PT. Darma Henwa *site* KCP dengan tujuan untuk menaikkan produktivitas serta nantinya dapat memberikan rekomendasi geometri jalan alat angkut di jalan *front* penambangan menuju *disposal*.

Penelitian dilakukan dengan mengambil data langsung dilapangan(Aktual) yaitu data *cycle time* alat angkut, selain itu mengambil data dengan mempertimbangkan 7 aspek *Road Performance Monitoring* yaitu lebar jalan (jalan lurus dan jalan tikungan), permukaan jalan (kedalaman undulasi), drainase (evaluasi *windrow*(jalur air), *cross slope*, dan superelevasi), *grade* jalan, *bund wall*, evaluasi rambu, dan penyiraman jalan. Setelah didapatkan data aktual, kemudian dievaluasi berdasarkan standarisasi yang berlaku menurut Kepmen ataupun pendapat para ahli yang bisa disesuaikan dengan kondisi pada daerah penelitian.

Hasil dari penelitian ini dimana setelah dilakukan standarisasi jalan angkut, terjadi peningkatan kecepatan alat angkut pada kondisi bermuatan sebelumnya 19 km/jam meningkat menjadi 23 km/jam, sedangkan pada kondisi kosong sebelumnya 21 km/jam menjadi 25 km/jam. Kecepatan alat angkut meningkat menunjukkan produktivitas yang meningkat juga, produktivitas meningkat pada *front* 1 produktivitas sebelumnya sebesar 33,73 BCM/jam meningkat menjadi 34,64 BCM/jam. Pada *front* 2 produktivitas sebelumnya sebesar 34,36 BCM/jam meningkat menjadi 35,29 BCM/jam. Dan pada *front* 3 produktivitas sebelumnya sebesar 33,84 BCM/jam meningkat menjadi 34,72 BCM/jam. Peningkatan produktivitas dinilai hanya berdasarkan perbaikan *grade* jalan saja, maka daripada itu peningkatan produktivitas bisa lebih besar lagi sebab 6 aspek lainnya yang sudah di standarisasi.

ABSTRACT

The project improvement plan of PT Darma Henwa site KCP is to increase the average speed of hauling equipment on the mining front road to the disposal so that there is an increase in productivity. The research was conducted to find the root of the road problem at PT Darma Henwa site KCP with the aim of increasing productivity and later being able to provide recommendations for the road geometry of the hauling equipment on the mining front road to the disposal.

The research was conducted by taking data directly in the field (Actual), namely cycle time data for conveyance, besides taking data by considering 7 aspects of Road Performance Monitoring, namely road width (straight roads and bend roads), road surface (undulation depth), drainage (evaluation of windrow (windrow), cross slope, and superelevation), road grade, bund wall, sign evaluation, and road watering. After obtaining the actual data, it is then evaluated based on the applicable standardization according to the Ministerial Decree or the opinions of experts that can be adjusted to the conditions in the research area.

The results of this study where after standardizing the haul road, there was an increase in the speed of the hauling equipment in the previous loaded condition of 19 km/h increased to 23 km/h, while in the previous empty condition of 21 km/h to 25 km/h. The speed of the hauling equipment increased showing increased productivity as well, productivity increased on front 1 the previous productivity of 33.73 BCM/hour increased to 34.64 BCM/hour. On front 2 the previous productivity of 34.36 BCM/hour increased to 35.29 BCM/hour. And on front 3 the previous productivity of 33.84 BCM/hour increased to 34.72 BCM/hour. The increase in productivity is assessed only based on road grade improvements, so instead of that the increase in productivity can be even greater because of the other 6 aspects that have been standardized.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penerapan *Road Performance Monitoring* (RPM) Untuk Meningkatkan Produktivitas Alat Angkut di PT Darma Henwa *Site* Kintap Coal Project, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan”, penelitian dilaksanakan di PT. Darma Henwa *Site* KCP pada tanggal 12 Februari sampai 11 Mei 2023.

Penyusun mengucapkan terima kasih atas bimbingan dan arahan, kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Mohammad Irhas Effendi, M.S., Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. H. Sutarto, M.T., Dekan Fakultas Teknologi Mineral.
3. Bapak Dr. Ir. Eddy Winarno, S.Si, M.T., Ketua Jurusan Teknik Pertambangan dan Dosen Pembahas III.
4. Ibu Ir. Wawong Dwi Ratminah, M.T., Koordinator Program Studi Teknik Pertambangan dan Dosen Pembimbing.
5. Bapak Dr. Edy Nursanto, S.T, M.T, I.P.M., Dosen Pembahas I.
6. Bapak Ir. Peter Eka Rosadi M.T., Dosen Pembahas II.
7. Bapak Azmi Maulana, S.T., Pembimbing Lapangan.
8. Pimpinan dan staf *Mine Engineering Department* PT. Darma Henwa *Site* KCP
9. Pimpinan dan seluruh staf karyawan PT. Darma Henwa *Site* KCP

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan para pembaca serta pengembangan ilmu pengetahuan di bidang pertambangan.

Yogyakarta, 10 Agustus 2023

Penyusun

Rezky Aditya Langkadja

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB	
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metode Penelitian	2
1.6 Manfaat Penelitian	3
1.7 Diagram Alir Penelitian	4
II. TINJAUAN UMUM	
2.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah	5
2.2 Iklim dan Curah Hujan	6
2.3 Kondisi Geologi	7
2.4 Waktu Kerja	10
2.5 Kegiatan Penambangan	10
III. LANDASAN TEORI	
3.1 Jalan Tambang	13
3.2 Waktu Edar Alat Angkut	25
3.3 Produktivitas Alat Angkut	26
3.4 <i>Rolling Resistance</i>	26
3.5 <i>Grade Resistance</i>	28
3.6 <i>Total Resistance</i>	29
3.7 <i>Metode Travel Performance</i>	29
3.8 <i>Road Performance Monitoring (RPM)</i>	30
IV. HASIL PENELITIAN	
4.1 Tinjauan Jalan Angkut	33
4.2 Kecepatan Alat Angkut	34

4.3	Lebar Jalan	34
4.4	Permukaan Jalan	35
4.5	Kemiringan Melintang (<i>Cross Slope</i>).....	35
4.6	Radius Tikungan	36
4.7	Superelevasi	36
4.8	Kemiringan Jalan Angkut (<i>Grade</i>)	36
4.9	Faktor Pendukung Jalan.....	37
4.10	<i>Rolling Resistance, Grade Resistance, dan Total Resistance</i>	39
4.11	Produktivitas Alat Angkut	40
4.12	<i>Road Performance Monitoring (RPM)</i>	41
V. PEMBAHASAN		
5.1	Evaluasi Jalan Angkut	42
5.2	Evaluasi Kecepatan Alat Angkut.....	51
VI. KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan	55
6.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Diagram Alir Penelitian.....	4
2.1. Gambar Lokasi Kesampaian Daerah	5
2.2. Curah Hujan Rata-rata Periode 2013-2022	6
2.3. Gambar Keadaan Geologi Kecamatan Kintap.....	7
2.4. Gambar Stratigrafi Regional (Sikumbang dan Heryanto, 1994)	8
2.5. Kegiatan Pengupasan <i>Overburden</i>	10
2.6. Kegiatan Pemuatan <i>Overburden</i>	11
2.7. Kegiatan Pengangkutan <i>Overburden</i> menuju <i>Disposal</i>	11
2.8. Kegiatan Penambangan Batubara	12
3.1. Lapisan Penyusun Jalan (Hustrulid, 2013)	15
3.2. Distribusi Beban di Bawah Ban (Hustrulid, 2013)	15
3.3. Lebar Jalan Angkut pada Jalan Lurus (Hustrulid, 2013).....	17
3.4. Lebar Jalan Angkut pada Jalan Tikungan (Kaufman & Ault, 1977)	18
3.5. Penampang Melintang Jalan Angkut (Hustrulid, 2013)	19
3.6. Radius Tikungan (Schiess dan Whitaker, 1986).....	19
3.7. Kemiringan Jalan Angkut (Indonesianto, 2014)	21
3.8. Tanggul Pengaman (RJ Thompson, 2011).....	22
3.9. Rambu Peringatan.....	23
3.10. Rambu Larangan.....	23
3.11. Rambu Perintah	24
3.12. Rambu Petunjuk.....	24
3.13. <i>Rolling Resistance</i>	27
3.14. <i>Grade Resistance</i>	28
3.15. Grafik <i>Travel Performance</i> Scania P360.....	29
4.1. Intensitas Debu pada Jalan Angkut.....	39
5.1. Genangan Air pada Tepi Jalan.....	45
5.2. Pengeplotan Grafik <i>Travel Performance</i>	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Kecepatan Terhadap Nilai Superelevasi (Bargawa, 2018)	20
3.2 <i>Rolling Resistance</i> (RJ Thompson, 2011)	27
3.3 <i>Road Condition Evaluation</i>	30
4.1. Jalan Pengangkutan <i>Overburden</i>	33
4.2. Lebar Jalan Angkut	34
4.3. Kedalaman Undulasi	35
4.4. Kemiringan Melintang (<i>Cross Slope</i>).....	35
4.5. Radius Tikungan	36
4.6. Superelevasi	36
4.7. Kemiringan Jalan (<i>Grade</i>).....	37
4.8. Tinggi <i>Bund Wall</i>	38
4.9. Rambu yang Terpasang	38
4.10. RPM Index (Periode Bulan Maret).....	41
5.1 Lebar Jalan Angkut pada Jalan Lurus	43
5.2 Lebar Jalan Angkut pada Jalan Tikungan.....	44
5.3 Perbaikan Kemiringan Melintang (<i>Cross Slope</i>).....	46
5.4 Perbaikan Superelevasi	47
5.5 Perbaikan <i>Grade</i> Jalan Maksimum 8%	48
5.6 Perbaikan <i>Bund Wall</i>	49
5.7 Perbaikan Nilai <i>Grade Resistance</i>	52
5.8 Nilai <i>Total Resistance</i> Setelah Perbaikan	53

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	Halaman
A. DATA CURAH HUJAN	60
B. JUMLAH JAM KERJA	61
C. SPESIFIKASI ALAT GALI MUAT <i>EXCAVATOR</i> SANY SY500.....	62
D. SPESIFIKASI ALAT ANGKUT SCANIA P360.....	64
E. PETA SEGMENT JALAN ANGKUT	66
F. WAKTU EDAR (<i>CYCLE TIME</i>) ALAT ANGKUT	67
G. PERHITUNGAN KECUKUPAN DATA.....	70
H. PERHITUNGAN <i>ROLLING RESISTANCE</i> , <i>GRADE RESISTANCE</i> , DAN <i>TOTAL RESISTANCE</i>	72
I. PERHITUNGAN PRODUKTIVITAS ALAT ANGKUT	74
J. PENILAIAN <i>ROAD PERFORMANCE MONITORING</i> (RPM)	76
K. PERHITUNGAN LEBAR JALAN ANGKUT.....	83
L. SPESIFIKASI <i>MOTOR GRADER</i>	86
M. PERHITUNGAN PRODUKTIVITAS <i>MOTOR GRADER</i>	89
N. PERHITUNGAN <i>CROSS SLOPE</i>	90
O. PERHITUNGAN RADIUS TIKUNGAN MINIMUM	92
P. PERHITUNGAN SUPERELEVASI	93
Q. PERHITUNGAN <i>GRADE JALAN</i>	95
R. EVALUASI RAMBU	101
S. PERHITUNGAN PRODUKTIVITAS <i>WATER TRUCK</i>	102
T. PERHITUNGAN <i>ROLLING RESISTANCE</i> DAN <i>GRADE RESISTANCE</i> SETELAH PERBAIKAN	103
U. PERHITUNGAN <i>TOTAL RESISTANCE</i> , KECEPATAN, DAN WAKTU TEMPUH ALAT ANGKUT.....	104
V. PERHITUNGAN PRODUKTIVITAS ALAT ANGKUT SETELAH PERBAIKAN.....	107

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Darma Henwa *site* KCP merupakan salah satu perusahaan penyedia jasa pertambangan (kontraktor) Batubara pada PT Arutmin Indonesia yang berlokasi di Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. Dalam melaksanakan penambangan PT Darma Henwa *site* KCP menggunakan sistem tambang terbuka serta untuk proses pengupasan material *Overburden* dan penambangan Batubara menggunakan alat mekanis yaitu *Excavator* sebagai alat gali muat dan *Dump Truck* sebagai alat angkut.

Rencana *project improvement* dari PT Darma Henwa *site* KCP untuk dapat meningkatkan kecepatan rata-rata alat angkut sehingga terjadi peningkatan produktivitas, maka diterapkan *Road Performance Monitoring* (RPM) untuk meningkatkan potensi alat angkut untuk memindahkan atau mengangkut *overburden* dari *front* menuju *disposal* dengan menaikkan kecepatan rata-rata alat angkut sehingga terjadi peningkatan produktivitas.

Peningkatan produktivitas tersebut dapat tercapai dengan melakukan evaluasi geometri dan konstruksi jalan angkut kembali agar pengangkutan bisa berjalan dengan aman dan lancar, yang meliputi kondisi jalan seperti lebar jalan angkut, permukaan jalan, drainase, kemiringan jalan angkut (*grade*), *bund wall*, rambu, dan penyiraman jalan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Terdapat geometri jalan yang belum sesuai standar.
2. *Project improvement* dari PT Darma Henwa *site* KCP untuk menaikkan kecepatan alat angkut, sehingga terjadi peningkatan produktivitas alat angkut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini, adalah:

1. Mengevaluasi geometri jalan yang belum sesuai standar berdasarkan aspek *road performance monitoring*.
2. Mengevaluasi kecepatan alat angkut, sehingga produktivitas meningkat setelah dilakukannya penerapan *road performance monitoring* (RPM).

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian berfokus pada pengangkutan lapisan tanah penutup (*overburden*).
2. Perhitungan produktivitas teoritis hanya berdasarkan perubahan grade jalan.
3. Unit yang dikaji adalah alat angkut yang digunakan PT. Darma Henwa *site* KCP yaitu alat angkut Scania P360.
4. Perhitungan geometri jalan angkut mengacu pada dimensi alat angkut yang digunakan.

1.5 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah:

1. Studi Pustaka dan Observasi Lapangan
Studi pustaka dan observasi lapangan dilakukan dimana tujuannya untuk mempelajari serta memahami situasi dan kondisi yang ada di lapangan. Studi pustaka dan observasi lapangan yang dilakukan yaitu mempelajari terkait alat mekanis yang digunakan, mencari spesifikasi alat serta standarnya, dan mengobservasi lapangan yang nantinya akan diteliti.
2. Pengambilan Data
Pengambilan data dilakukan setelah melakukan studi pustaka dan observasi lapangan. Pengambilan data di lapangan terbagi menjadi dua, yaitu:
 - a. Data Primer
Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari hasil pengamatan di lapangan. Data primer yang didapatkan pada saat penelitian meliputi:
 - 1) Nilai indeks *Road Performance Monitoring* (RPM)
 - 2) *Cycle Time* alat angkut

- 3) Data lebar jalan angkut
- 4) Kedalaman undulasi
- 5) Evaluasi windrow
- 6) *Cross slope*
- 7) Radius tikungan
- 8) Superelevasi
- 9) Kemiringan jalan(*grade*)
- 10) Tinggi tanggul pengaman
- 11) Evaluasi rambu
- 12) Evaluasi debu

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung, yaitu didapatkan dari referensi yang sudah ada sebelumnya dari lokasi penelitian. Data sekunder yang didapatkan pada saat penelitian meliputi:

- 1) Data curah hujan
- 2) Data spesifikasi alat angkut
- 3) Data geologi daerah penelitian
- 4) Peta lokasi penambangan
- 5) Peta kesampaian daerah
- 6) Peta topografi daerah penelitian

3. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah mendapatkan data yang diperlukan, kemudian melakukan perhitungan serta analisis data secara teoritis berdasarkan studi literatur yang ada.

4. Kesimpulan

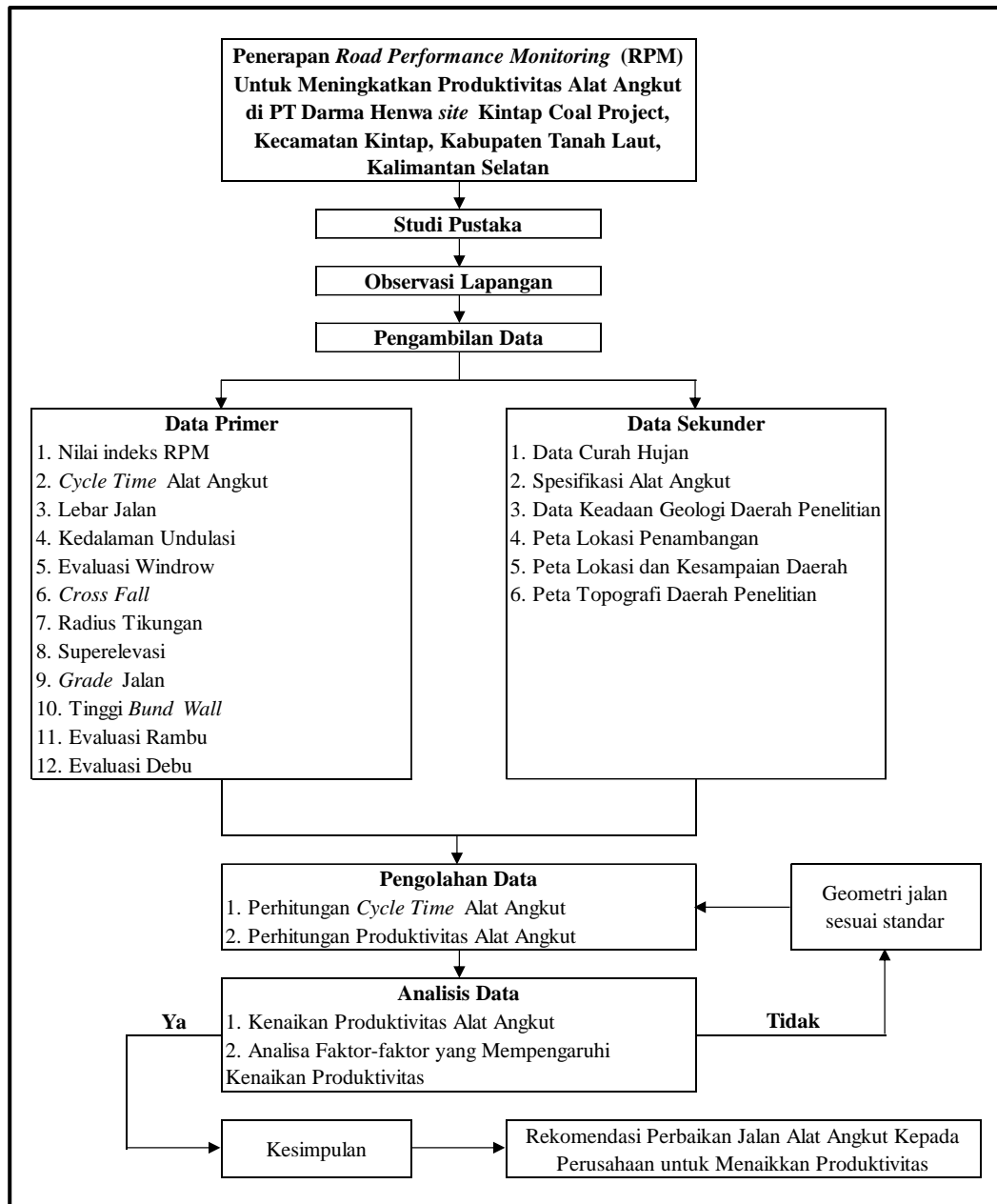
Kesimpulan diperoleh berdasarkan hasil dari pengolahan data yang sudah dilakukan dan hasil analisa dari data aktual, kemudian memberi alternatif solusi ataupun saran kepada perusahaan.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberi masukan ke PT Darma Henwa *site* KCP dalam hal meningkatkan kecepatan rata-rata alat angkut sehingga terjadi peningkatan produktivitas.

1.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini, sebagai berikut:



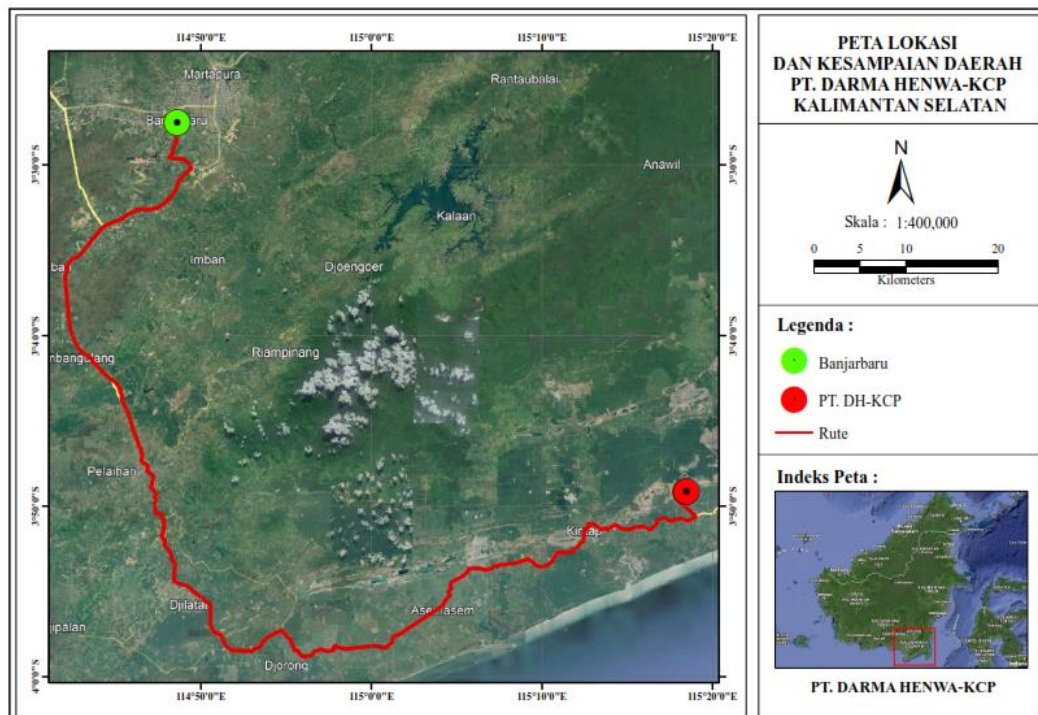
Gambar 1.1
Diagram Alir Penelitian

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah

PT Darma Henwa *site* KCP merupakan perusahaan tambang yang bergerak dibidang penyedia jasa penambangan (kontraktor), salah satu proyek penambangan yang ditangani adalah tambang terbuka Batubara milik PT Arutmin Indonesia. Lokasi penambangan berada di dalam Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) milik PT Arutmin Indonesia. Salah satu wilayah yang termasuk dalam PKP2B PT Arutmin Indonesia adalah *Pit 9* yang ditangani oleh PT Darma Henwa *site* KCP. Secara administratif lokasi *Pit 9* berlokasi di Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan dengan luasan 140 Ha. Peta lokasi dan kesampaian daerah dapat dilihat pada Gambar 2.1.



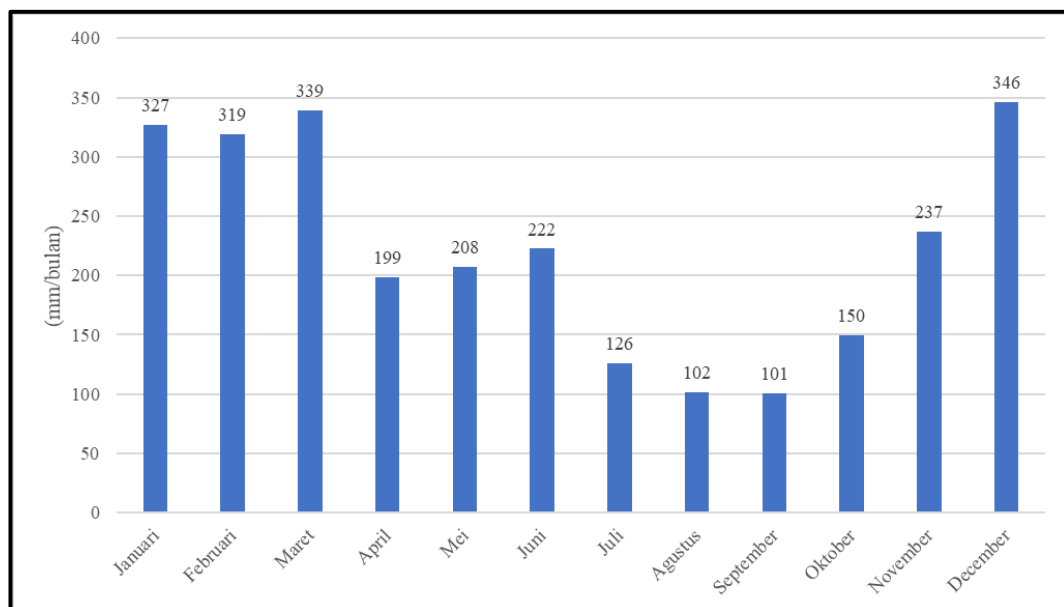
Gambar 2.1
Peta Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi untuk menuju PT Darma Henwa *site* KCP dapat ditempuh melalui perjalanan berikut ini:

1. Penerbangan dari Bandara Yogyakarta International Airport menuju Bandara Internasional Syamsudin Noor ditempuh dalam waktu sekitar 1 jam 35 menit dengan menggunakan pesawat udara.
2. Perjalanan dari Banjarbaru menuju Kintap lokasi PT Darma Henwa *site* KCP ditempuh dalam waktu 3 jam 8 menit dengan menggunakan transportasi mobil travel. Opsi lain bisa menggunakan kendaraan motor yang dapat ditempuh dalam waktu 2 jam 58 menit.

2.2 Iklim dan Curah Hujan

Keadaan iklim dan curah hujan di wilayah Kintap lokasi PT Darma Henwa *site* KCP mempunyai iklim tropis dengan dua musim yaitu musim kemarau yang terjadi pada bulan Juli sampai dengan bulan Oktober dan musim hujan yang terjadi pada bulan November sampai dengan bulan Juni. Berdasarkan data curah hujan tahun 2013-2022 (Lampiran A) diperoleh data curah hujan rata-rata tertinggi selama periode 10 tahun terakhir terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 346 mm/bulan. Curah hujan bulanan rata-rata selama tahun 2013-2022 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2
Curah Hujan Rata-rata Periode 2013-2022

2.3 Kondisi Geologi

Pola kelurusan pada pulau Kalimantan bagian selatan umumnya ber arah timur laut-barat daya dan tenggara-barat laut (Satyana,1995).

2.3.1. Fisiografi Regional

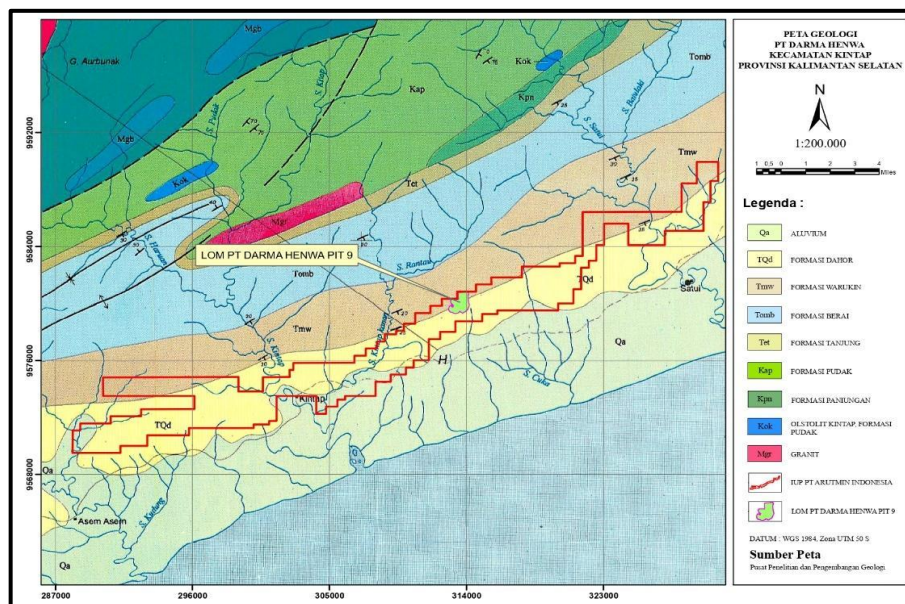
Berdasarkan peta geologi PT Darma Henwa *site* KCP yang dapat dilihat pada (Gambar 2.3) *Pit* 9 PT Darma Henwa *Site* KCP berada pada cekungan Asam-asam, dengan formasi penyusunnya, antara lain:

1. Formasi Warukin (Tmw)

Formasi ini terdiri dari perselingan batupasir kuarsa dengan tebal 5-30 cm berukuran halus sampai kasar setempat konglomeratan, dengan batulempung tebal 3-100 cm. Terdapat sisipan batulempung pasiran dan batubara tebal 20-50 cm yang terendapkan dalam lingkungan paralik. Ketebalan total formasi diperkirakan mencapai 1250 m. umur nisbi akhir Miosen Awal-Miosen Tengah (Sikumbang dan Heryanto, 1994)

2. Formasi Dahor (TQd)

Formasi ini terdiri dari batupasir kuarsa kurang kompak, konglomerat dan batu lempung lunak, dengan sisipan *lignite* setebal 5-10 cm dan *limonite*. Formasi ini terendapkan dalam lingkungan paralik dengan tebal formasi diperkirakan 250 m. umurnya diduga Plio-Pleistosen (Sikumbang dan Heryanto, 1994)



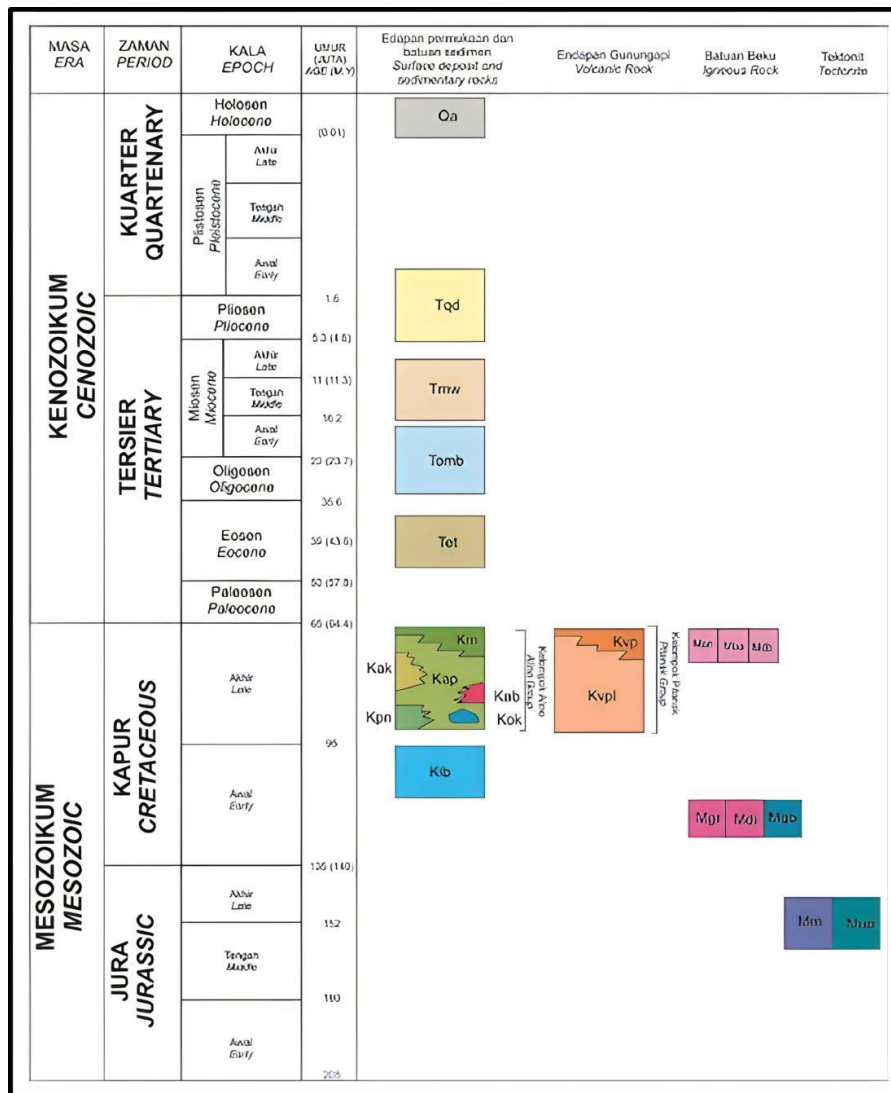
(Sumber: <https://meratusgeopark.org/peta/>)

Gambar 2.3
Gambar Keadaan Geologi Kecamatan Kintap

Pada lokasi penelitian tepatnya *pit 9 PT Darma Henwa site* KCP terdapat lipatan dan sesar naik berarah utara-timur laut – selatan-barat daya, sesar turun berarah utara-timur laut – selatan-barat daya, serta sesar-sesar mendatar banyak juga ditemui, umumnya berupa sesar *sinistral* dengan jurus bidang sesar ber arah barat laut – tenggara (Satyana dan Silitonga, 1994)

2.3.2. Stratigrafi Regional

Berdasarkan litologi yang tersingkap di daerah penelitian PT Darma Henwa *site* KCP dapat dilihat pada (Gambar 2.4) lapisan tertua sampai dengan lapisan yang termuda yaitu batulanau, batubara, batulempung, dan batupasir.



Gambar 2.4
Gambar Stratigrafi Regional (Sikumbang dan Heryanto, 1994)

Batulanau berwarna abu-abu muda cerah sampai abu-abu kecoklatan gelap, setempat berwarna kemerahan karena pengaruh oksidasi, kemas tertutup. Mineral

utamanya adalah kuarsa dan feldspar, beberapa singkapan juga mengandung bahan karbon. Batulanau daerah peta terbagi menjadi dua jenis, yaitu batulanau silikaan dan batulanau karbonan. Struktur sedimen umum pada litologi batulanau meliputi laminasi paralel, laminasi spiral, lapisan lenticular bergelombang, lapisan bergradasi, nodul, konkresi, bentuk, permukaan yang tererosi, dan rongga.

Batubara berwarna hitam dengan garis-garis coklat kehitaman. kemilau yang lebih seperti kaca diamati di lokasi peta di batubara yang lebih tua. Tingkat kekerasan terbagi dari getas sampai keras, dengan bentuk pecahan *conchoidal* sampai *uneven*. Terdapat pengotor (*parting*) berupa clay dan batulanau. Lapisan batubara yang tersingkap sangat tipis hingga cukup tebal (<0,5 m hingga 3,5 m).

Batulempung berwarna abu-abu hingga hitam keabuan, tersortir dengan baik, dalam kemas tertutup. Mineral utamanya adalah kuarsa dan feldspar, beberapa singkapan juga mengandung bahan karbon. Clay di daerah peta diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu lempung silikaan dan lempung karbonan. Struktur sedimen yang banyak dijumpai pada litologi ini antara lain nodul, konkresi, *scoured surface* perlapisan gradasi, *rootlets*.

Batupasir berwarna abu-abu hingga putih kecoklatan, di beberapa tempat berwarna kemerahan karena oksidasi. Batu pasir rata-rata berukuran halus (1/8 - 1/4 mm) hingga pasir sangat halus (1/8 - 1/16 mm) Skala Wentworth (1922), disortir dengan baik, dengan kemas tertutup. Mineral yang dominan adalah kuarsa dan sedikit feldspar, dengan bahan karbon juga terdapat di beberapa singkapan. Struktur sedimen yang banyak ditemukan pada litologi ini antara lain laminasi sejajar, *convolute lamination*, laminasi silang-siur gelembur, *load cast perlapisan flaser - wavy - lenticular*, *scour mark*, *channel*, nodul, konkresi, *burrow* serta bioturbasi.

2.3.3. Struktur Geologi

Struktur geologi yang ditemukan pada letak PT Darma Henwa *site* KCP berupa struktur geologi minor yang ditemukan dalam skala kecil. Struktur geologi kekar pada lokasi penelitian berupa kekar gerus dan kekar tarik. Kekar tarik umumnya teramati pada *seam* batubara sebagai *cleat* atau rekahan pada batubara, diketahui bahwa arah tegasan utama cenderung utara-timur laut – selatan-barat daya.

Sedangkan, sesar normal yang tersingkap berupa sesar normal minor, dan secara umum bidang sesar turun berarah timur laut – barat daya. Sesar naik juga dijumpai memiliki nilai *dip* bidang sesarnya lebih dari 45° dan tergolong sesar berbalik (*reverse fault*) dan berarah utara-barat laut – selatan-tenggara.

2.4 Waktu Kerja

Waktu kerja di PT Darma Henwa *site* KCP terbagi menjadi dua *shift* kerja, dengan waktu kerja per *shift* 12 jam kerja (Lampiran B). Untuk *shift* kerja pertama pada jam 06:30-18:30 WITA dan *shift* kerja kedua pada jam 18:30-06:30 WITA. Waktu istirahat kerja dimulai pada pukul 12:00-13:00 WITA dan pukul 00:00-01:00 WITA, sedangkan untuk jam istirahat pada hari Jumat dimulai pada pukul 12:00-13:30 WITA.

2.5 Kegiatan Penambangan

Kegiatan penambangan yang dilakukan PT Darma Henwa *site* KCP sebagai berikut:

2.5.1 Pengupasan *Overburden*

1. Pembongkaran

Kegiatan pembongkaran lapisan tanah penutup (*overburden*) dilakukan dengan menggunakan alat mekanis yaitu alat gali muat *excavator* Sany SY500 dengan kapasitas *bucket* sebesar $3,1 \text{ m}^3$. Kegiatan pembongkaran *overburden* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5
Kegiatan Pembongkaran *Overburden* menggunakan
Alat Gali Muat

2. Pemuatan

Kegiatan pemuatan lapisan tanah penutup (*overburden*) dilakukan menggunakan *excavator* Sany SY500 ke dalam bak alat angkut *dump truck* Scania P360. Metode pemuatan yang digunakan adalah *top loading*, dimana posisi alat gali muat berada diatas tumpukan material dengan tinggi *bench* standar 2 m. Untuk bisa memenuhi 1 *dump truck* Scania P360 dengan kapasitas bak 23 m³ diperlukan 6 kali pemuatan. Kegiatan pemuatan *overburden* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6
Kegiatan Pemuatan *Overburden* oleh Alat Gali Muat
ke Alat Angkut

3. Pengangkutan

Kegiatan pengangkutan lapisan tanah penutup (*overburden*) di PT Darma Henwa *site* KCP menggunakan alat angkut *dump truck* Scania P360 dari lokasi *front* penambangan menuju *disposal*. Kegiatan pengangkutan *overburden* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7
Kegiatan Pengangkutan *Overburden* menuju *Disposal*
dengan Alat Angkut

2.5.2 Penambangan Batubara

Setelah dilakukannya kegiatan pembongkaran, pemuatan, dan pengangkutan lapisan tanah penutup (*overburden*). Selanjutnya, dilakukan penambangan batubara yang sudah terekspos di permukaan dengan menggunakan alat mekanis yaitu *excavator* Sany SY500 sebagai alat gali muat dan Hino FM 260 JD sebagai alat angkut. Kegiatan penambangan batubara dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8
Kegiatan Penambangan Batubara

Batubara yang dari *front* diangkut menuju timbangan dengan jarak 3 km menggunakan Hino FM 260 JD. Setelah ditimbang, batubara diangkut menuju ke *coal processing plant* untuk dilakukan *crushing* agar mendapatkan ukuran yang sesuai. Untuk batubara yang masih kotor sebelum di *crushing* akan diletakkan di ROM terlebih dahulu untuk di *blending* bersama batubara yang lain, sedangkan batubara yang tidak ada pengotornya langsung di *crushing*. Setelah batubara di *crushing* kemudian dilakukan kegiatan pengapalan, dimana batubara dari *coal processing plant* akan diangkut menggunakan *conveyor* sejauh 2 km menuju kapal tongkang.

BAB III

LANDASAN TEORI

Jalan angkut yang dirancang, dibangun, dan dirawat dengan baik merupakan kunci keberhasilan penambangan. Pada sistem penambangan terbuka, sarana jalan merupakan alat vital bagi kelancaran produksi. Dalam rencana untuk menaikkan produktivitas alat angkut perlu mempertimbangkan aspek-aspek yang mempengaruhi *speed* alat angkut tersebut serta upaya keselamatan yang dibuat untuk menjaga para pekerja, dimana aspek-aspek tersebut yaitu lebar jalan, permukaan jalan, drainase, *grade* (kemiringan jalan), *bund wall* (tanggul pengaman), rambu, dan penyiraman jalan. Apabila jalan tambang tidak dirawat dengan baik, selain produktivitas alat angkut tidak tercapai dan rencana menaikkan *speed* alat angkut juga tidak tercapai, jalan tambang yang tidak baik tersebut dapat menimbulkan bahaya keselamatan bagi para pekerja. Oleh karena itu diperlukan kondisi jalan tambang yang sesuai dengan mempertimbangkan ataupun mengacu pada peraturan maupun standar yang digunakan oleh perusahaan.

3.1 Jalan Tambang

Dalam kegiatan penambangan sangat membutuhkan jalan tambang sebagai sarana infrastruktur untuk kelancaran pengangkutan ataupun sarana kendaraan yang digunakan dalam lokasi pertambangan. Jalan tambang berfungsi sebagai penghubung lokasi-lokasi penting, antara lain lokasi tambang dengan area *coal processing plant*, perkantoran, perumahan karyawan dan tempat-tempat lain di wilayah penambangan.

Dalam pertimbangan membuat jalan tambang yang baik dan aman, disesuaikan dengan alat angkut yang digunakan serta diterapkan *road performance monitoring* (RPM) untuk menjaga dan memelihara jalan tambang. Dimana parameter lebar jalan, permukaan jalan, drainase, *grade* (kemiringan jalan), *bund wall* (tanggul), rambu, dan juga penyiraman jalan sangat perlu dipertimbangkan

untuk mencapai produktivitas, serta *budget* kecepatan rata-rata alat angkut yang direncanakan.

Ada tiga parameter yang berpengaruh dalam jalan angkut yaitu, konstruksi jalan, geometri jalan angkut, dan faktor pendukung jalan angkut. Dalam suatu rancangan jalan angkut, baik konstruksi jalan maupun geometri jalan angkut disesuaikan dengan alat angkut yang digunakan.

3.1.1 Konstruksi Jalan

Pada jalan tambang dengan kendaraan yang melewati mempunyai berat yang besar, sangat memungkinkan terjadinya kerusakan pada jalan tambang. Jalan tambang yang baik merupakan kunci keberhasilan dalam kegiatan pengangkutan. Rancangan, konstruksi dan perawatan jalan yang kurang baik merupakan penyebab timbulnya keadaan berbahaya yang dapat mempengaruhi keselamatan kerja dan operasi pengangkutan. Secara umum badan jalan terdiri dari empat lapisan yang berbeda (lihat Gambar 3.1), yaitu;

1. Lapisan Permukaan (*Wearing Surface*)

Bagian atas jalan tambang atau yang disebut lapisan permukaan ini menyediakan tarikan, mengurangi tahanan tarik, melindungi lapisan dibawahnya dari pengikisan air permukaan dan meneruskan gaya tahan ke lapisan pondasi. Lapisan ini dapat diaspal atau disemen, tetapi pada umumnya pada jalan tambang hanya menggunakan batuan hasil peremukuan atau yang memiliki kualitas yang bagus.

2. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan ini berfungsi untuk menahan beban kendaraan dan mendistribusikan ke lapisan dibawahnya. Biasanya lapisan ini terdiri dari pasir dan kerikil.

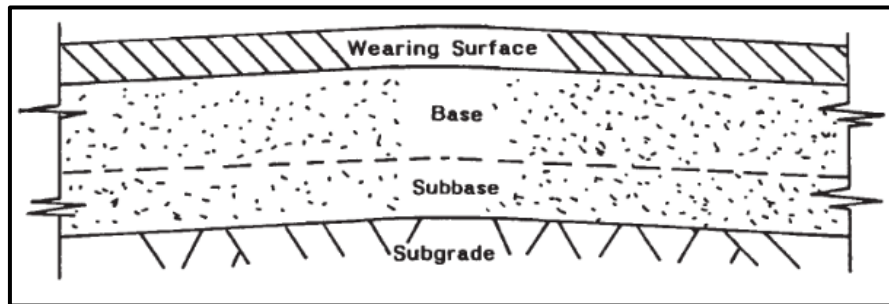
3. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan ini terletak diantara lapisan tanah dasar dan lapisan pondasi atas (*Base Course*). Lapisan ini berfungsi untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi. Biasanya lapisan ini terdiri dari lapisan pasir.

4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan ini merupakan permukaan tanah yang dipadatkan atau yang masih insitu dimana diletakkan bagian perkerasan yaitu lapisan yang berada

diatasnya. Tanah dasar pada seluruh lebar jalan dapat berada pada: daerah galian, daerah timbunan, daerah galian dan timbunan.

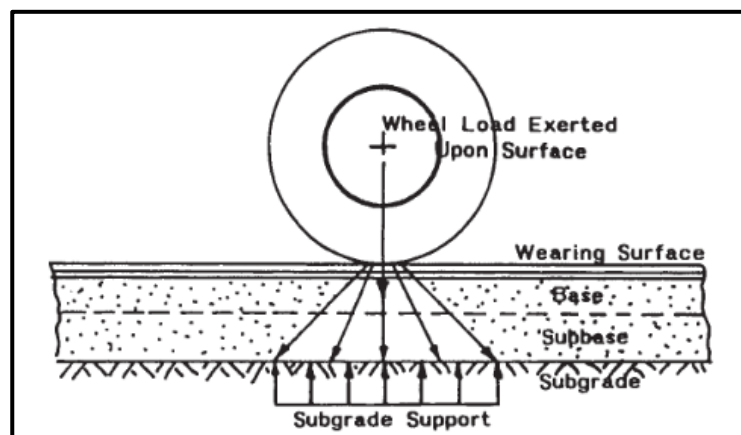


Gambar 3.1
Lapisan Penyusun Jalan (Hustrulid, 2013)

Kekuatan jalan angkut yang baik dilihat dari kemampuan daya dukung tanahnya terhadap alat mekanis yang melalui jalan tambang tersebut (lihat Gambar 3.2). kekuatan jalan angkut dapat diupayakan agar mampu mengatasi beban kendaraan dengan cara perkerasan. Perkerasan jalan angkut harus cukup kuat untuk memenuhi dua syarat, yaitu:

1. Secara keseluruhan harus mampu untuk menahan berat kendaraan dan muatan yang melaluinya.
2. Permukaan jalan harus dapat menahan gesekan roda kendaraan, pengaruh air dan hujan.

Jika syarat tersebut tidak terpenuhi, maka jalan tambang tersebut akan mengalami penurunan (*undulating*) dan pergeseran baik pada permukaan maupun tanah dasarnya dan juga permukaan jalan akan mengalami kerusakan akibat adanya lubang-lubang tersebut.



Gambar 3.2
Distribusi Beban di Bawah Ban (Hustrulid, 2013)

Perawatan jalan yang dilakukan untuk menjaga jalan tambang agar tetap rata atau tidak ada *undulating*, yaitu dengan menggunakan *grader* untuk rutin memelihara permukaan jalan sehingga permukaan jalan tetap rata. Menghitung produktivitas *grader* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KP = V \times (Le - Lo) \times 1000 \times EK \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

KP = Kapasitas Produksi/Produktivitas, (m²/jam)

V = Kecepatan Kerja, (km/jam)

Le = Lebar Blade Efektif (m)

Lo = Lebar Overlap, (m)

EK = Efisiensi Kerja, (%)

3.1.2 Geometri Jalan Tambang

Geometri jalan yang harus diperhatikan sama seperti jalan raya pada umumnya, yaitu lebar jalan angkut dan kemiringan jalan. Alat angkut atau truk-truk tambang umumnya berdimensi lebih besar, Panjang dan lebih berat dibanding kendaraan angkut yang bergerak di jalan raya. Oleh sebab itu, geometri jalan harus sesuai dengan dimensi alat angkut yang digunakan agar alat angkut tersebut dapat bergerak leluasa pada kecepatan normal dan aman. Geometri jalan angkut selalu didasarkan pada dimensi kendaraan angkut yang digunakan. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi keadaan jalan angkut adalah sebagai berikut:

1. Lebar Jalan Angkut

Lebar jalan angkut yang ideal disesuaikan dengan lebar alat angkut terbesar yang digunakan. Pada jalan tikungan, lebar jalan harus lebih besar daripada jalan lurus, karena kendaraan membutuhkan ruang gerak yang lebih besar.

1) Lebar Jalan Angkut pada Jalan Lurus

Pada jalan lurus untuk lebar jalan minimum 1 ataupun 2 lintasan, menurut berbagai sumber mengacu pada AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), lebar jalan dikali jumlah jalur dan ditambah dengan setengah lebar alat angkut pada bagian tepi kiri dan kanan jalan.

$$L = n.Wt + (n + 1)(0,5.Wt) \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

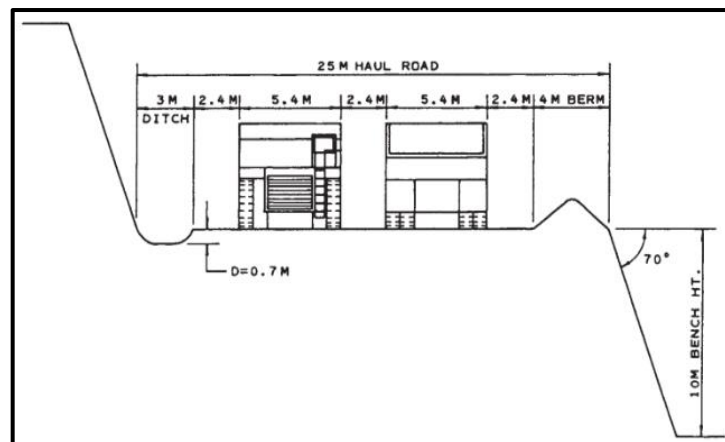
L = Lebar jalan angkut minimum, (m)

n = Jumlah Jalur

W_t = Lebar jalan angkut, (m)

Nilai 0,5 adalah faktor pengali terhadap lebar truk terbesar dari truck yang digunakan dan ukuran aman masing-masing kendaraan di bagian kanan kiri tepi jalan. Pada Gambar 3.3 dapat dilihat contoh penampang melintang dari geometri jalan yang umum diterapkan untuk dua lintasan.

Untuk ukuran lebar jalan minimum atau acuan harus mengikuti alat angkut terbesar yang melintas. Dimana kendaraan yang lebih kecil sudah pasti dapat melewati jalan tersebut dengan aman.



Gambar 3.3
Lebar Jalan Angkut pada Jalan Lurus (Hustrulid, 2013)

2) Lebar Jalan Angkut pada Tikungan

Pada jalan tikungan lebar jalan idealnya lebih besar daripada jalan lurus, sebab untuk mengantisipasi adanya penyimpangan lebar alat angkut yang disebabkan oleh sudut yang terbentuk oleh roda depan dengan badan truk saat melintasi tikungan (lihat Gambar 3.4). Lebar jalan pada tikungan mempertimbangkan beberapa faktor, yaitu:

1. Lebar jejak roda.
2. Lebar jantai atau tonjolan (*overhang*) alat angkut bagian depan dan belakang pada saat membelok.
3. Jarak antar alat angkut saat bersimpangan.
4. Jarak alat angkut terhadap tepi jalan.

Rumus yang digunakan untuk menghitung lebar jalan angkut minimum pada tikungan adalah sebagai berikut:

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

$$C = Z = 0,5 (U + Fa + Fb) \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

W = Lebar jalan angkut pada tikungan, (m)

U = Lebar jejak roda, (m)

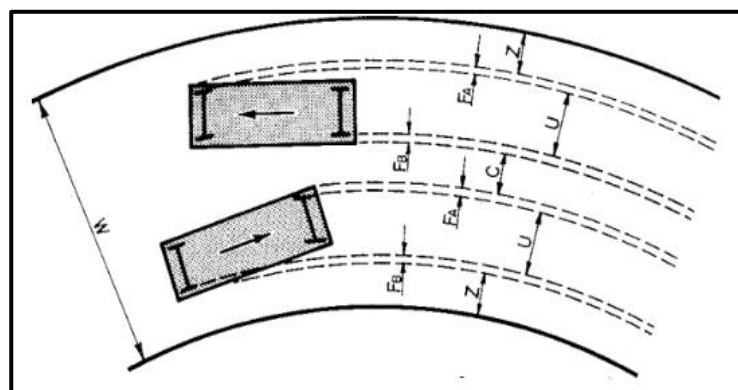
n = Jumlah jalur

Fa = Lebar jantai depan dikoreksi dengan sudut penyimpangan roda, (m)

Fb = Lebar jantai belakang dikoreksi dengan sudut penyimpangan roda, (m)

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

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



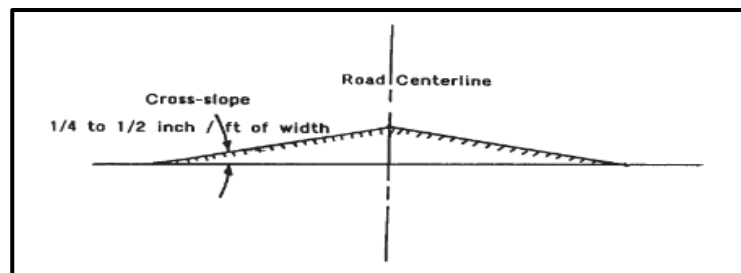
Gambar 3.4
Lebar Jalan Angkut pada Tikungan (Kaufman & Ault, 1977)

2. Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

Cross slope merupakan sudut bentukan dari satu atau dua sisi permukaan jalan pada bidang horizontal (lihat Gambar 3.5). pada umumnya, jalan memiliki penampang melintang, namun harus dibuat dengan sudut bentukan tertentu agar bisa memperlancar aliran air. Jika hujan turun, maka air akan segera mengalir ke tepi jalan dan tidak berhenti pada permukaan jalan. Genangan air pada tengah permukaan jalan tambang bisa membahayakan kendaraan yang melaluinya dan mempercepat kerusakan jalan. Perhitungan *cross slope* adalah perbandingan jarak vertikal dan horizontal. *Cross slope* ideal menurut berbagai sumber adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan peraturan Kepmen No. 1827/K/30/MEM/2018 menyatakan bahwa kemiringan melintang (*cross slope*) paling kurang sebesar 2%.
2. Menurut RJ Thompson berpendapat bahwa jalan yang baik memiliki *cross slope* antara 20 mm/m sampai 30 mm/m.

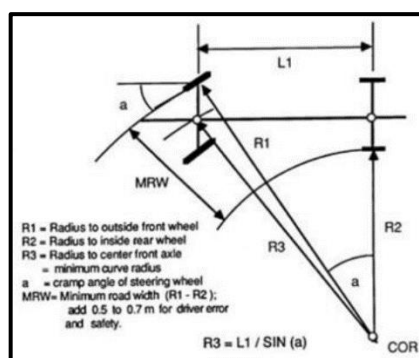
3. Bersumber pada W. Hustrulid, M. Kuchta dan R. Martin menyatakan untuk nilai *cross slope* berkisar antara $\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$ inch/ft.
4. Menurut Dwayne D. Tannant & Bruce Regensburg berpendapat bahwa nilai *cross slope* berkisar antara 1,5% - 4%, tetapi pada umumnya nilai *cross slope* sebesar 2%.
5. Nilai *cross slope* menurut Walter W. Kaufman and James C. Ault berkisar antara $\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$ inch/ft.



Gambar 3.5
Penampang Melintang Jalan Angkut (Hustrulid, 2013)

3. Radius Tikungan

Radius tikungan jalan angkut merupakan radius lintas perlengkungan yang dibentuk oleh alat angkut pada saat menikung. Penentuan radius tikungan minimum pada jalan angkut dapat dilakukan menggunakan cara matematis. Radius tikungan dipengaruhi oleh dimensi alat angkut pada kondisi berbelok (lihat Gambar 3.6). Pada kondisi tersebut, roda depan dan belakang akan membentuk proyeksi sudut yang saling berpotongan. Titik perpotongan akan menjadi pusat jari-jari tikungan.



Gambar 3.6
Radius Tikungan (Schiess dan Whitaker, 1986)

Radius tikungan minimum secara matematis dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$R3 = \frac{L1}{\sin \alpha} \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan:

$R1$ = Radius ke bagian terluar roda depan, m

$R2$ = Radius ke bagian dalam roda terdekat, m

$R3$ = Radius ke bagian tengah sumbu roda depan, m

α = Sudut penyimpangan roda depan

4. Superelevasi

Pada jalan tikungan, badan jalan dimiringkan ke arah titik pusat belokan yang disebut superelevasi. Besaran tikungan digunakan untuk melawan gaya sentrifugal yang arahnya menuju sisi jalan. Pada saat kendaraan melewati tikungan, maka superelevasi akan berperan dalam menentukan kecepatan kendaraan sehingga menjadi cepat atau lambat. Besarnya angka superelevasi dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Nilai superelevasi yang diijinkan berdasarkan gabungan dari gaya sentrifugal dan faktor gesekan (*Friction Factor*) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$e + f = \frac{V^2}{127 R} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan :

e = superelevasi (m/m)

f = koefisien gesekan melintang

V = kecepatan kendaraan (km/jam)

R = radius tikungan (m)

Tabel 3.1
Kecepatan Terhadap Nilai Superelevasi (Bargawa, 2018)

Radius Tikungan (ft)	Kecepatan kendaraan (mph)					
	10	15	20	25	30	35 atau lebih
50	0,04	0,04				
100	0,04	0,04	0,04			
150	0,04	0,04	0,04	0,05		
250	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	
300	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06
600	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
1000	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Bagian tikungan jalan perlu diberi superelevasi, yakni dengan cara meninggikan jalan pada sisi luar tikungan. Hal tersebut bertujuan untuk mencegah kendaraan tergelincir ke luar jalan atau terguling. Setiap kombinasi jari-jari tikungan dan

kecepatan kendaraan, terdapat superelevasi spesifik yang dapat mengimbangi besarnya gaya sentrifugal.

5. Kemiringan Jalan Angkut (*Grade*)

Grade atau kemiringan jalan angkut berhubungan dengan kemampuan alat angkut dalam pengereman ataupun dalam mengatasi tanjakan (lihat Gambar 3.7). secara umum kemiringan jalan angkut dinyatakan dalam persen (%). Dalam pengertiannya, kemiringan 1% berarti jalan tersebut naik atau turun 1 m untuk setiap jarak mendatar sebesar 100 m.

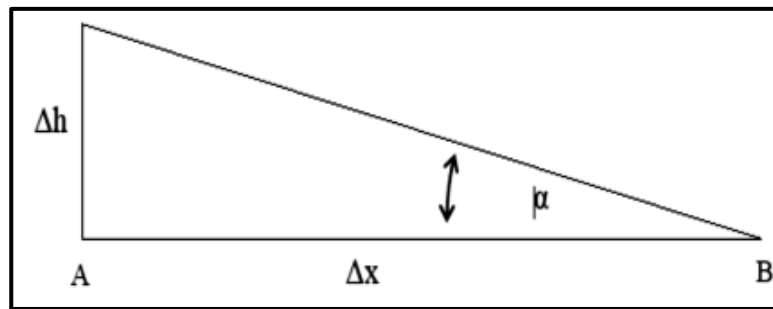
Kemiringan atau *grade* jalan angkut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Grade = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan:

Δh = Beda tinggi antara dua titik segmen yang diukur (m)

Δx = Jarak datar antara dua titik segmen jalan diukur (m)



Gambar 3.7
Kemiringan Jalan Angkut (Indonesianto, 2014)

Grade jalan tambang ideal menurut berbagai sumber adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan peraturan Kepmen No. 1827/K/30/MEM/2018 menyatakan bahwa *grade* jalan tambang dibuat tidak boleh lebih dari 12%.
2. Menurut RJ Thompson, *grade* jalan tambang yang baik dan dikategorikan aman dapat dilihat dari *effective grade* (*grade resistance* + *rolling resistance*) dengan nilai 8%-11%.
3. Menurut W. Hustrulid, M. Kuchta dan R. Martin *grade* jalan tambang yang ideal berkisar antara 8%-10% tergantung pada situasi dan kondisi jalan.

4. Menurut Dwayne D. Tannant & Bruce Regensburg *grade* maksimal dari jalan tambang adalah sebesar 10%, tetapi umumnya *grade* jalan tambang yang ideal yaitu 8% diatas itu sebaiknya dihindari.
5. Menurut Walter W. Kaufman and James C. Ault berpendapat bahwa *grade* jalan tambang ketika *dump truck* bermuatan maksimal sebesar 5%, sedangkan ketika *dump truck* tidak terisi muatan *grade* jalan tambang maksimal sebesar 10%

Pengaruh yang dapat ditimbulkan karena kemiringan atau *grade* yang tidak ideal:

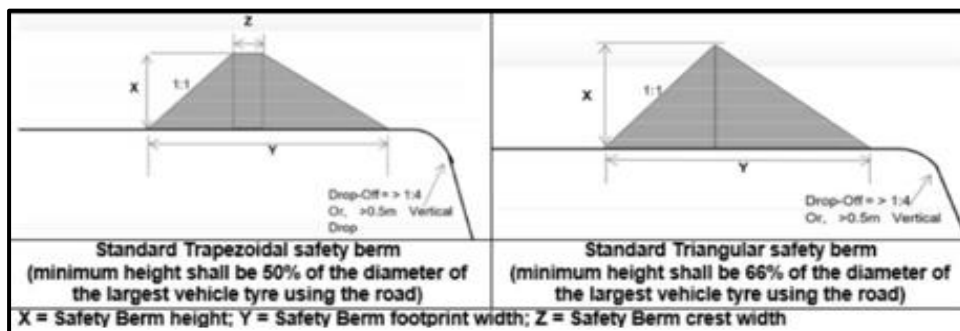
1. Kendaraan sulit untuk dikontrol pada kondisi jalan basah.
2. Erosi karena air meningkat.
3. Kecepatan kendaraan menurun maka produktivitas akan turun.

3.1.3 Faktor Pendukung Jalan

Aspek-aspek teknis yang telah diuraikan sebelumnya, di samping diarahkan untuk meraih umur layanan jalan sesuai yang direncanakan, juga harus memenuhi persyaratan keselamatan, keamanan dan kenyamanan operator. Oleh sebab itu, faktor-faktor pendukung jalan juga harus diperhatikan diantaranya:

1. *Bund Wall* (Tanggul Pengaman)

Tanggul pengaman adalah konstruksi yang dibuat dari tanah, beton, atau jenis lainnya dengan bentuk dan dimensi tertentu (sesuai dengan peruntukannya) yang dibangun di sepanjang sisi jalan atau pada pemisah jalur jalan (lihat Gambar 3.8). Tujuan dibuatnya tanggul pengaman adalah untuk menghindari tergulingnya kendaraan pada tepi jalan dan juga untuk menghindari segala bahaya yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan peralatan. Tinggi tanggul pengaman untuk jalan tambang adalah 50% - 66% dari diameter ban unit terbesar.



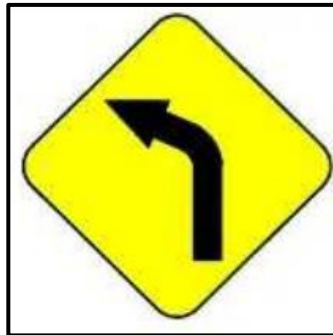
Gambar 3.8
Tanggul Pengaman (RJ Thompson, 2011)

2. Rambu Jalan Angkut

Rambu pada jalan angkut berfungsi untuk keamanan dan keselamatan operator dan kendaraan itu sendiri. Rambu wajib dipasang pada sepanjang jalan angkut terutama pada tempat-tempat yang berbahaya untuk meminimalisir kecelakaan yang dapat terjadi pada jalan angkut. Dalam perawatan rambu jadwal inspeksi dan tinjauan rambu dilaksanakan secara periodik paling lama setiap 3(tiga) bulan sekali (SNI: No.30/2000 tentang rambu-rambu jalan di area pertambangan). Sesuai dengan fungsinya, rambu dikelompokkan menjadi 4 jenis:

1) Rambu Peringatan

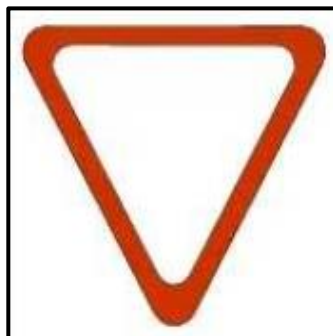
Rambu peringatan berfungsi untuk memperingati pengguna jalan atas kondisi tertentu agar berhati-hati. Rambu peringatan memiliki warna dasar kuning dengan lambang dan tulisan berwarna hitam (lihat Gambar 3.9).



Gambar 3.9
Rambu Peringatan

2) Rambu Larangan

Rambu larangan berfungsi untuk menunjukkan tindakan yang tidak boleh dilakukan oleh pengguna jalan. Rambu larangan umumnya memiliki warna dasar putih dengan tepian berwarna merah yang berisikan lambang atau tulisan yang dicoret dengan warna merah (lihat Gambar 3.10).



Gambar 3.10
Rambu Larangan

3) Rambu Perintah

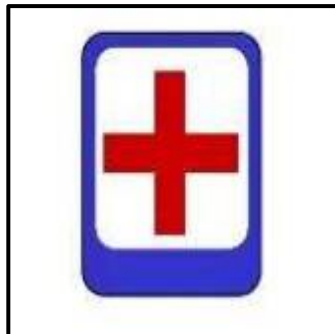
Rambu perintah menunjukkan perintah yang perlu ditaati oleh pengguna jalan. Rambu perintah umumnya berbentuk bundar dengan warna dasar biru dengan lambang atau tulisan berwarna putih (lihat Gambar 3.11).



Gambar 3.11
Rambu Perintah

4) Rambu Petunjuk

Rambu petunjuk berfungsi untuk memberikan panduan kepada pengguna jalan. Rambu petunjuk memiliki warna dasar berbeda-beda, seperti warna hijau (jurusan), warna coklat (petunjuk kawasan), dan warna biru (fasilitas umum atau batas wilayah) (lihat Gambar 3.12).



Gambar 3.12
Rambu Petunjuk

3. Penyiraman Jalan

Pada kegiatan pengangkutan saat ban kendaraan melewati jalan angkut akan menimbulkan debu dan pada saat kondisi alat angkut yang banyak melewati jalan angkut secara terus-menerus maka, intensitas debu akan semakin banyak dan jarak pandang akan terbatas. Penyiraman jalan tambang adalah kegiatan yang berfungsi untuk mengurangi intensitas debu tambang dan mencegah kondisi tidak aman (*unsafe condition*) yaitu kondisi jarak pandang terbatas yang disebabkan oleh intensitas debu yang banyak.

Penyiraman jalan tambang dilakukan menggunakan alat *water truck*, diperlukan menghitung kebutuhan alat *water truck* untuk menjaga jalan tambang terhindar dari debu, rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$KP = V_{Air\ Habis} \times \frac{V}{60} \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan:

KP = Kapasitas Produksi/produktivitas (km/menit)

V_{Air Habis} = Kecepatan Habis Air dalam Tangki (menit)

V = Kecepatan Kerja saat memuat air (km/jam)

3.2 Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut atau *cycle time* yaitu istilah untuk menjelaskan berapa besar waktu yang diperlukan sebuah alat mekanis untuk menyelesaikan satu kali siklus pekerjaan yang berulang. Apabila mengharapkan produktivitas yang tinggi, maka waktu edar setiap alat mekanis harus dibuat seminimal mungkin dengan memperhatikan kemampuan mekanisnya. Waktu edar alat angkut pada umumnya terdiri dari waktu *maneuver loading point, loading, travel load, maneuver dumping, dumping, dan travel empty*.

Menghitung waktu edar alat angkut menggunakan rumus berikut:

$$CT = \frac{Ta1+Ta2+Ta3+Ta4+Ta5+Ta6}{60} \dots\dots\dots (3.9)$$

Keterangan:

CT = Waktu edar alat angkut (menit)

Ta₁ = Waktu mengambil posisi untuk siap dimuati (detik)

Ta₂ = Waktu diisi muatan (detik)

Ta₃ = Waktu mengangkut muatan (detik)

Ta₄ = Waktu mengambil posisi untuk penumpahan (detik)

Ta₅ = Waktu muatan ditumpahkan(*dumping*) (detik)

Ta₆ = Waktu kembali kosong (detik)

Pada kegiatan pengangkutan *overburden*, terdapat target produktivitas yang diharapkan dapat tercapai. Salah satu cara tercapainya target produksi adalah dengan mengoptimalkan waktu edar alat angkut.

3.3 Produktivitas Alat Angkut

Produktivitas alat angkut merupakan kemampuan alat angkut untuk mengangkut material yang dihitung dalam satuan jam. Efisiensi kerja dari alat angkut didapatkan dari perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu kerja yang tersedia. Efisiensi kerja yang baik menurut Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 adalah lebih dari 65% (ESDM, 2018).

Perhitungan produktivitas alat angkut dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Pta = n \times \frac{3600}{Cta} \times Kb \times Bff \times Sf \times Ek \dots\dots\dots (3.10)$$

Keterangan:

Pta = Produktivitas alat angkut (BCM/Jam)

Cta = Waktu edar alat angkut (detik)

n = Jumlah curah rata-rata

Kb = Kapasitas bucket alat gali muat (m³)

Bff = Bucket Fill Factor (%)

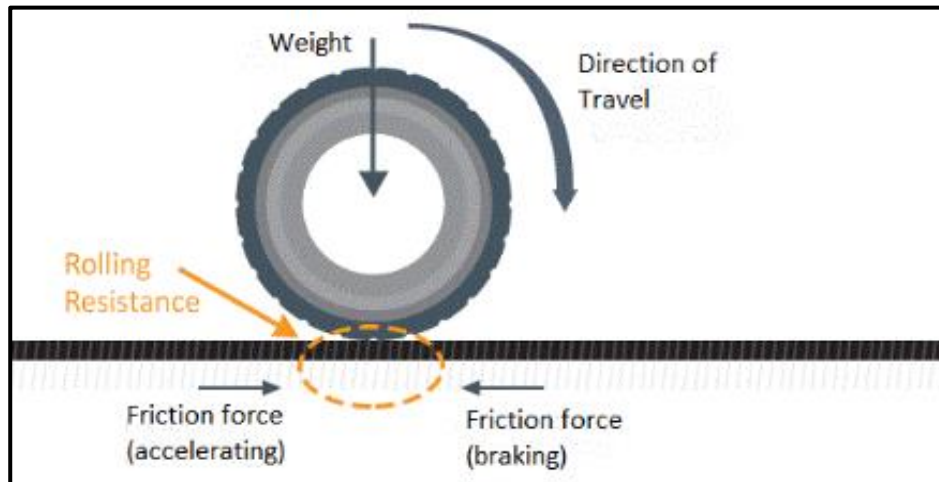
Sf = Swell Factor

Ek = Efisiensi kerja (%)

3.4 *Rolling Resistance*

Rolling resistance mengacu pada gaya yang menentang gerakan benda bergulir, seperti kendaraan diatas permukaan. *Rolling resistance* memainkan peran penting dalam menentukan energi yang dibutuhkan untuk memindahkan kendaraan, dan secara langsung berdampak pada efisiensi bahan bakar dan keausan ban, dimana semakin tinggi nilai *rolling resistance* maka kecepatan alat akan semakin lambat.

Permukaan jalan yang tidak baik sangat mempengaruhi ketahanan roda yang menggelinding akibat adanya gesekan antara roda dengan permukaan tanah yang arahnya selalu berlawanan dengan gerakan roda kendaraan (lihat Gambar 3.13). Tahanan gulir pada jalan tambang menyebabkan kendaraan memerlukan lebih banyak tenaga untuk bergerak, yang akhirnya berdampak pada efisiensi bahan bakar dan konsumsi energi kendaraan.



(Sumber: <https://www.tirebuyer.com/education/low-rolling-resistance-and-fuel-economy>)

Gambar 3.13
Rolling Resistance

Ketika truk berjalan terdapat tahanan yang berusaha menahan putaran roda akibat gesekan antara bagian luar ban dengan medan yang dilalui, besarnya rolling resistance tergantung dari:

- a. Keadaan jalan, yaitu kekerasan dan kehalusan permukaannya, semakin keras dan halus jalan tersebut maka semakin kecil *rolling resistance*-nya.
- b. Keadaan bagian jalan yang bersentuhan dengan jalan: ukuran ban, tekanan dan keadaan permukaan ban (masih baru atau sudah gundul).

Nilai *rolling resistance* sulit untuk ditentukan, karena ukuran ban, tekanan ban, dan kecepatan gerak kendaraan dapat mempengaruhi nilai dari *rolling resistance*. Oleh karena itu, penentuan nilai *rolling resistance* dapat ditentukan menggunakan Tabel 3.2 berikut.

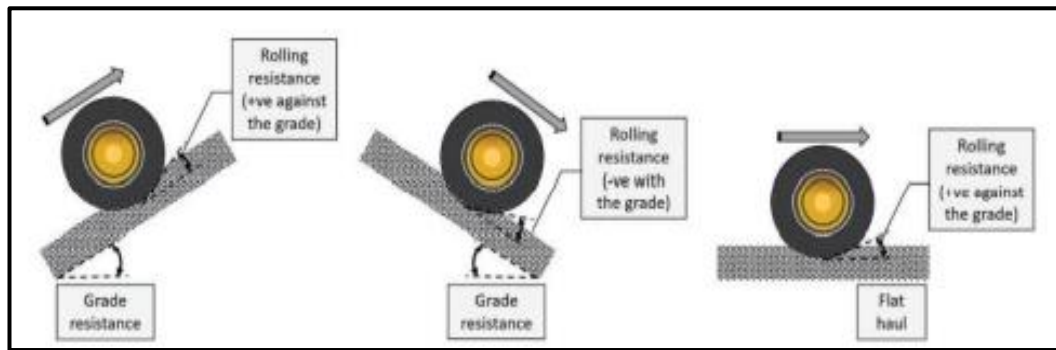
Tabel 3.2
Rolling Resistance (RJ Thompson, 2011)

<i>Rolling Resistance</i> (%)	Kondisi Permukaan Jalan
2	Lapisan permukaan yang kuat dan keras, pada(stabil) dibangun dengan baik dan jalan terpelihara, tidak ada penetrasi ban
2-3	Lapisan dengan kekuatan menengah, padat(stabil), jalan sering dirawat, dengan minimal (<25 mm) penetrasi ban
3-5	Lapisan permukaan material yang lemah, 20-50 mm penetrasi ban, rusak dan tidak terawat
5-8	Lapisan permukaan material yang lemah, 50-100 mm penetrasi ban, rusak dan tidak terawat

3.5 Grade Resistance

Grade resistance atau 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 (lihat Gambar 3.14). 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. Menurut RJ Thompson, truk bermuatan akan bekerja dengan baik apabila *effective grade* (*grade resistance* + *rolling resistance*) bernilai berkisar antara 8-11%. Faktor-faktor yang mempengaruhi tahanan kemiringan yaitu:

2. Besarnya kemiringan yang umumnya dinyatakan dalam persen (%)
3. Berat kendaraan itu sendiri yang dinyatakan dalam ton



Gambar 3.14
Grade Resistance

Jika kendaraan bergerak naik, maka diperlukan tambahan daya untuk mengatasi *grade resistance*. Jika bergerak turun, maka daya mesin pada roda ditambah oleh adanya pengaruh keadaan jalan turun yang mengurangi pemakaian, kemiringan jalan bernilai negatif (*grade resistance*), sehingga akan terjadi pengereman dan penambahan tenaga mesin untuk menahan laju kendaraan. Besarnya nilai kemiringan rata-rata untuk setiap 1% kemiringan yaitu ± 10 kg/ton. Perhitungan tahanan kemiringan dapat dihitung dengan rumus:

$$GR\ factor = 10\ kg/ton \times \% \ grade \dots\dots\dots (3.11)$$

$$GR = GR\ factor\ (kg/ton) \times GMW \dots\dots\dots (3.12)$$

Keterangan:

Grade = Kemiringan jalan angkut (%)

GMW = Berat keseluruhan alat angkut (ton)

3.6 Total Resistance

Total Resistance pada jalan angkut pertambangan mengacu pada jumlah semua kekuatan yang menentang gerakan kendaraan yang melaju di permukaan yang kasar dan menantang. *Total resistance* adalah penjumlahan dari *rolling resistance* dan *grade resistance* per segmen jalan, sehingga menunjukkan total hambatan yang perlu diatasi oleh alat angkut. Perhitungan *total resistance* dapat dihitung dengan rumus:

$$TR = RR + GR \dots\dots\dots (3.13)$$

Keterangan:

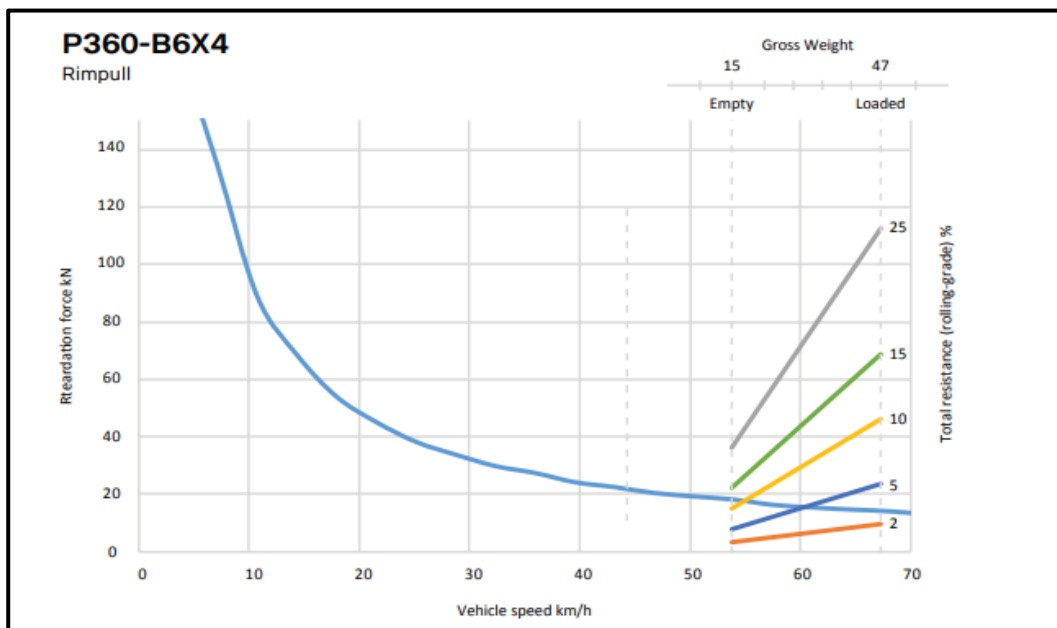
TR = Total resistance (%)

RR = Rolling resistance (%)

GR = Grade resistance (%)

3.7 Metode Travel Performance

Grafik *travel performance* berfungsi untuk memperkirakan kecepatan alat angkut dengan mempertimbangkan *total resistance* yang didapatkan dari penjumlahan *rolling resistance* dan *grade resistance*, sehingga bisa diketahui produktivitas alat angkut secara teoritis menggunakan grafik *travel performance*. Grafik *travel performance* didapatkan dari katalog alat angkut Scania P360. Berikut ini cara menggunakan grafik *travel performance* (lihat Gambar 3.15).



Gambar 3.15
Grafik *travel performance* Scania P360

1. Tarik garis ke bawah dari *gross weight* menuju persentase *total resistance*.
2. Kemudian tarik garis secara horizontal ke arah kiri menuju kurva dengan kisaran kecepatan tertinggi yang dapat diperoleh.
3. Lalu tarik vertikal ke bawah untuk mendapatkan kecepatan maksimum yang dapat dilalui oleh alat angkut.

3.8 Road Performance Monitoring (RPM)

Road Performance Monitoring (RPM) merupakan observasi kondisi jalan tambang yang dilakukan untuk melihat apakah kondisi jalan tersebut baik dan aman sehingga tidak mengganggu proses pengangkutan. RPM sendiri merupakan suatu penilaian yang dilakukan untuk melihat seberapa baik atau buruknya jalan tambang, untuk menaikkan kecepatan alat angkut tersebut perlu memperhatikan 7 aspek yaitu lebar jalan, permukaan jalan, drainase, *bund wall* (tanggul), *grade* (kemiringan jalan), rambu, dan juga penyiraman debu. Untuk standar suatu aspek dikatakan baik dengan memperhatikan standar penilaian lihat Tabel 3.3.

Tabel 3.3
Road Condition Evaluation

No.	Deskripsi	Kriteria	Index
1	Lebar Jalan	Lebar > 12 meter	5
		Lebar 10 - 12 meter	4
		Lebar 8-10 meter	3
		Lebar 6-8 meter	2
		Lebar < 6 meter	1
2	Permukaan Jalan	Undulasi < 7,5 cm	5
		Undulasi 7,5 -10 cm	4
		Undulasi 10-12 cm	3
		Undulasi 12 -15 cm	2
		Undulasi > 15 cm	1

Lanjutan Tabel 3.3

No.	Deskripsi	Kriteria	Index
3	Drainase	Terdapat <i>Cross fall</i> minimum 2%, terdapat superelevasi	5
		<i>Cross fall</i> beraturan dan ada genangan ² kecil, <i>Windrow</i> terhalang <i>Spoil</i>	4
		<i>Cross fall</i> tidak beraturan, <i>windrow</i> tidak tertutup	3
		Tidak ada <i>Cross fall</i> , <i>windrow</i> dan permukaan jalan tidak tergenang	2
		Tidak ada <i>Cross fall</i> , <i>windrow</i> dan permukaan jalan tergenang	1
4	Grade	Grade < 7%	5
		Grade 7% - 8%	4
		Grade 8-9%	3
		Grade 9% - 10%	2
		Grade > 10%	1
5	Bund Wall	Tinggi <i>bund wall</i> > 0.8 meter	5
		Tinggi <i>bund wall</i> 0.6 - 0.8 meter	4
		Tinggi <i>bund wall</i> 0.5-0.6 meter	3
		Tinggi <i>bund wall</i> 0.3-0.5 meter	2
		Tinggi <i>bund wall</i> <0.3 meter (tidak ada)	1
6	Rambu	Rambu terpasang semua serta rapi, dan sesuai dengan fungsinya	5
		Rambu terpasang rapi, tapi masih ada rambu yang kurang	4
		Rambu tidak terpasang dengan rapi, terdapat rambu yang sudah tidak difungsikan tapi tetap terpasang	3
		Rambu roboh, terdapat rambu yang sudah tidak difungsikan tapi tetap terpasang	2
		Rambu rusak, penggunaan rambu tidak sesuai, dan rambu yang tidak difungsikan tetap terpasang	1

Lanjutan Tabel 3.3

No.	Deskripsi	Kriteria	Index
7	Penyiraman	Debu $<2 \text{ mg/m}^3$ (bebas debu, penyiraman jalan terus dilakukan)	5
		Debu $2-4 \text{ mg/m}^3$ (berdebu tapi belum mengganggu jarak pandang)	4
		Debu $5-7 \text{ mg/m}^3$ (berdebu mengganggu jarak pandang)	3
		Debu $8-10 \text{ mg/m}^3$ (Pandangan terganggu untuk melihat unit lain)	2
		Debu $>10 \text{ mg/m}^3$ (unit lain didepan tidak terlihat)	1

BAB IV

HASIL PENELITIAN

Kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup menggunakan alat gali muat *Excavator Sany SY500*, selanjutnya dilakukan pengangkutan menggunakan alat angkut *Scania P360* (spesifikasi alat gali muat dan alat angkut terdapat pada Lampiran C dan D). Terdapat tiga lokasi area pengupasan tanah penutup; lokasi yang pertama disebut *front 1* (AMJ Barat), lokasi yang kedua disebut *front 2* (Bukit Simon), dan lokasi terakhir yaitu lokasi ketiga disebut *front 3* (AMJ Timur) dengan tujuan akhir pengangkutan menuju *disposal* (IPD-BC3). Kemampuan produksi alat angkut dipengaruhi oleh konstruksi jalan, geometri jalan angkut, faktor pendukung jalan, waktu edar alat angkut, dan hambatan kerja, maka dilakukan pengamatan pada ketiga lokasi tersebut, faktor apa saja yang mengganggu produksi alat angkut. Berdasarkan pengamatan dan tinjauan faktor-faktor tersebut didapatkan hal-hal sebagaimana dibawah ini.

4.1 Tinjauan Jalan Angkut

Lokasi penelitian terdiri dari beberapa jalan yang terletak di *pit 9* PT Darma Henwa *site* KCP. Pengangkutan lapisan tanah penutup (*overburden*) dilakukan dari *front* menuju *disposal* melewati Jl. Papua, Jl. Jawa, Jl. Bali, dan Jl. Trisula (lihat tabel 4.1) serta, peta segmen jalan terlampir pada Lampiran E.

Tabel 4.1
Jalan Pengangkutan *Overburden*

<i>Front</i>	<i>Disposal</i>	Jarak(Km)	Segmen yang dilewati
F.1 (AMJ Barat)	IPD-BC3	2,2	Jl. Papua (6-11), Jl. Jawa (3-4), Jl. Trisula (1-3)
F.2 (Bukit Simon)		2,9	Jl. Papua (1-11), Jl. Jawa (3-4), Jl. Trisula (1-3)
F.3 (AMJ Timur)		2,5	Jl. Bali (1-5), Jl. Jawa (1-4), Jl. Trisula (1-3)

4.2 Kecepatan Alat Angkut

Pada *project* yang dilakukan PT Darma Henwa *site* KCP yaitu meningkatkan kecepatan rata-rata alat angkut, perlu diketahui kecepatan yang diizinkan oleh perusahaan yaitu sebesar 30 km/jam. Pada pengambilan waktu edar alat angkut (dapat dilihat pada Lampiran F), didapatkan waktu *travel* sehingga diketahui kecepatan alat angkut Scania P360 dalam kondisi bermuatan sebesar 19 km/jam, pada kondisi kosong sebesar 23 km/jam, sehingga didapatkan rata-rata kecepatan alat angkut sebesar 21 km/jam.

4.3 Lebar Jalan

Hasil pengambilan data terhadap lebar jalan angkut pada jalan lurus dan tikungan pada daerah penelitian meliputi Jl. Papua, Jl. Jawa, Jl. Bali, dan Jl. Trisula dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2
Lebar Jalan Angkut

Lokasi	Segmen	Lebar Jalan Lurus(m)	Lebar Jalan Tikungan(m)
Jl. Papua	1	16	-
	2	20	-
	3	19	-
	4	17	-
	5	24	30
	6	23	28
	7	20	20
	8	29	-
	9	20	20
	10	25	-
	11	22	-
Jl. Jawa	1	16	25
	2	20	-
	3	13	-
	4	15	-
Jl. Bali	1	32	31
	2	20	23
	3	16	-
	4	17	-
	5	15	-
Jl. Trisula	1	15	-
	2	22	25
	3	32	-

4.4 Permukaan Jalan

Pada permukaan jalan angkut pada daerah penelitian PT Darma Henwa *site* KCP dilakukan pengukuran kedalaman undulasi, dimana rata-rata kedalaman undulasi yang ditemukan bisa dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3
Kedalaman Undulasi

Lokasi	Total Segmen	Kedalaman Undulasi(cm)
Jl. Papua	11	12
Jl. Jawa	4	6,2
Jl. Bali	5	11
Jl. Trisula	3	9,5

4.5 Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

Kemiringan melintang (*cross slope*) didapatkan pada pada semua segmen jalan ditandai adanya perbedaan ketinggian sisi jalan dengan bagian tengah permukaan jalan angkut. Hasil pengambilan data *cross slope* pada daerah penelitian yaitu Jl. Papua, Jl. Jawa, Jl. Bali, dan Jl. Trisula dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4
Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

Lokasi	Segmen	Lebar Jalan (m)	<i>Cross Slope</i>	
			(cm)	(%)
Jl. Papua	1	16	7,9	0,97
	2	20	7,0	0,71
	3	19	10,7	1,12
	4	17	7,7	0,91
	5	24	9,0	0,77
	6	23	10,4	0,90
	7	20	13,0	1,28
	8	29	14,6	1,00
	9	20	15,2	1,54
	10	25	18,7	1,49
	11	22	4,3	0,40
Jl. Jawa	1	16	5,0	0,64
	2	20	18,2	1,82
	3	13	8,1	1,24
	4	15	10,4	1,38
Jl. Bali	1	32	5,4	0,34
	2	20	5,6	0,56
	3	16	4,8	0,59
	4	17	0,9	0,11
	5	15	9,0	1,20
Jl. Trisula	1	15	5,5	0,75
	2	22	8,9	0,81
	3	32	33,6	2,07

4.6 Radius Tikungan

Hasil pengambilan data terhadap radius tikungan pada daerah penelitian yaitu pada jalan yang terdapat tikungan yaitu Jl. Papua, Jl. Bali, dan Jl. Trisula dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5
Radius Tikungan

Lokasi	Segmen	Radius Tikungan(m)
Jl. Papua	5	75
	6	70
	7	80
	9	77
Jl. Jawa	1	72
Jl. Bali	1	65
	2	60
Jl. Trisula	2	104

4.7 Superelevasi

Superelevasi hanya didapatkan pada jalan tikungan, yaitu pada Jl. Papua (segmen 5, 6, 7, dan 9), Jl. Jawa(segmen 1), Jl. Bali(segmen 1 dan 2), dan Jl. Trisula (segmen 2). Besarnya nilai superelevasi pada jalan angkut dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6
Superelevasi

Lokasi	Segmen	Lebar Jalan(m)	Beda Tinggi(m)	Superelevasi(%)
Jl. Papua	5	30	0,49	1,63
	6	28	0,19	0,67
	7	20	0,49	2,48
	9	20	0,41	2,04
Jl. Jawa	1	25	0,06	0,24
Jl. Bali	1	31	0,09	0,29
	2	23	0,02	0,09
Jl. Trisula	2	25	0,44	1,75

4.8 Kemiringan Jalan Angkut (*Grade*)

Hasil pengambilan data kemiringan jalan (*grade*) jalan pada daerah penelitian yaitu Jl. Papua, Jl. Jawa, Jl. Bali, dan Jl. Trisula dapat dilihat (pada tabel 4.7). Pada PT Darma Henwa *site* KCP menetapkan standar *grade* jalan sebesar 8% dengan

alasan agar *grade* jalan tidak terlalu mempengaruhi kecepatan alat angkut, sehingga produktivitas dapat optimal.

Tabel 4.7
Kemiringan Jalan (*Grade*)

Lokasi	Segmen	Beda Tinggi(m)	Jarak(m)	Grade(%)
Jl. Papua	1	-11,4	137,8	-8,3
	2	-12,3	139,9	-8,8
	3	-11,3	128,6	-8,8
	4	-16,7	154,5	-10,8
	5	-4,1	151,4	-2,7
	6	12,8	209,6	6,1
	7	10,0	101,1	9,9
	8	9,0	114,7	7,8
	9	16,0	158,8	10,1
	10	11,0	128,9	8,5
	11	3,0	143,7	2,1
Jl. Jawa	1	3,0	137,7	2,2
	2	3,0	266,0	1,1
	3	1,0	158,6	0,6
	4	-7,0	283,4	-2,5
Jl. Bali	1	12,0	179,0	6,7
	2	0,7	142,0	0,5
	3	8,3	134,4	6,1
	4	21,0	285,6	7,6
	5	11,0	102,8	10,0
Jl. Trisula	1	17,0	616,4	2,8
	2	-12,0	111,7	-10,0
	3	-11,0	127,0	-9,3

4.9 Faktor Pendukung Jalan

Pengambilan data faktor pendukung jalan yang dilakukan meliputi tinggi *bund wall*, rambu, dan penyiraman jalan.

4.9.1 *Bund Wall* (Tanggul Pengaman)

Tanggul Pengaman dibuat untuk menghindari tergulirnya kendaraan pada tepi jalan dan juga untuk menghindari segala bahaya yang dapat mengancam keselamatan pekerjaan dan peralatan. Tinggi tanggul pengaman untuk jalan tambang sebaiknya 66 % dari diameter ban unit terbesar. Hasil pengambilan data tinggi *bund wall* (tanggul pengaman) di lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8
Tinggi *Bund Wall*

Lokasi	Segmen	Tinggi(cm)
Jl. Papua	1	69
	2	69
	3	115
	4	115
	5	82
	6	98
	7	95
	8	98
	9	99
	10	99
	11	98
Jl. Jawa	1	117
	2	117
	3	117
	4	117
Jl. Bali	1	67
	2	98
	3	110
	4	113
	5	113
Jl. Trisula	1	98
	2	100
	3	95

4.9.2 Rambu Jalan Angkut

Rambu dipasang untuk memberikan semua informasi keadaan jalan yang akan dilalui oleh alat angkut. Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada Jl. Papua, Jl. Jawa, Jl. Bali, dan Jl. Trisula terdapat rambu-rambu yang terpasang lihat Tabel 4.9.

Tabel 4.9
Rambu yang Terpasang

Lokasi Terpasang		Rambu	
Jalan	Segmen	Jenis	Keterangan
Jl. Papua	5	Larangan	Beri kesempatan
	6	Larangan	Beri kesempatan
	7	Larangan	Dilarang mendahului kendaraan lain
		Perintah	Wajib penyiraman putus-putus
	8	Petunjuk	Penggunaan saluran HT
	10	Perintah	Lewat disini
	11	Perintah	Wajib penyiraman putus-putus
		Larangan	Dilarang mendahului kendaraan lain
		Petunjuk	Penggunaan saluran HT

Lanjutan Tabel 4.9

Lokasi Terpasang		Rambu	
Jalan	Segmen	Jenis	Keterangan
Jl. Jawa	1	Perintah	Lewat disini
	2	Larangan	Dilarang parkir
		Petunjuk	Lokasi <i>view point</i>
3	Larangan	Beri kesempatan	
Jl. Bali	1	Larangan	Beri kesempatan
	2	Perintah	Lewat disini
		Larangan	Beri kesempatan
		Perintah	Wajib penyiraman putus-putus
	3	Perintah	Lewat disini
	5	Larangan	Dilarang belok kanan
Perintah		Wajib penyiraman putus-putus	
Petunjuk		Penggunaan saluran HT	
Jl. Trisula	1	Perintah	Lewat disini
	2	Perintah	Wajib penyiraman putus-putus
	3	Petunjuk	Penggunaan saluran HT

4.9.3 Penyiraman Jalan

Penyiraman jalan dilakukan untuk mengurangi intensitas debu yang dapat menyebabkan terbatasnya jarak pandang. Penyiraman jalan dilakukan pada dua *shift* kerja, serta penyiraman jalan dilakukan setiap waktu untuk mengontrol debu, terkecuali pada saat hujan. Dari hasil pengamatan pada daerah penelitian terlihat debu sangat tebal sehingga jarak pandang menjadi terbatas (lihat Gambar 4.1)



Gambar 4.1
Intensitas Debu pada Jalan Angkut

4.10 Rolling Resistance, Grade Resistance dan Total Resistance

Rolling resistance, *grade resistance*, dan *total resistance* merupakan nilai hambatan yang mempengaruhi kecepatan alat angkut. Nilai *Rolling resistance*, *grade resistance*, dan *total resistance* dapat dilihat pada Lampiran H. *Rolling resistance* pada jalan angkut digunakan untuk mengetahui energi yang hilang yang disebabkan oleh kondisi permukaan jalan. *Rolling resistance* pada lokasi penelitian menggunakan Tabel 3.2 dengan kondisi perlapisan jalan dengan kekuatan menengah, padat (stabil), jalan sering dirawat, dengan (<25 mm) penetrasi ban, memiliki tahanan gulir sebesar 3 %.

Grade resistance pada jalan angkut dilakukan untuk mengetahui sejumlah energi yang hilang akibat perbedaan elevasi pada setiap segmen jalan. Besarnya nilai kemiringan rata-rata untuk setiap 1 % kemiringan yaitu 10 kg/ton. Pada lokasi penelitian, ditemukan *grade* tertinggi sebesar 10,8 %, sehingga pada jalan angkut tersebut didapatkan *grade resistance* sebesar 108 kg/ton.

Total resistance merupakan penjumlahan *rolling resistance* dengan *grade resistance*. *Total resistance* berguna untuk mendapatkan kecepatan alat angkut yang kemudian didapatkan juga waktu tempuh dan waktu kembali alat angkut menggunakan grafik *travel performance* alat angkut Scania P360.

4.11 Produktivitas Alat Angkut

Produktivitas alat angkut menunjukkan kemampuan alat angkut dalam memproduksi per jamnya, pengamatan dilakukan pada 3 *front* dengan tujuan yang sama menuju *disposal* (perhitungan produktivitas terdapat pada Lampiran I). Pada *front 1*, *lowest point*(AMJ Barat) – *disposal* dilakukan pengamatan *cycle time* alat angkut sebanyak 30 siklus, dengan rata-rata *cycle time* alat angkut yang didapat yaitu 1.256 detik atau sekitar 20,9 menit. Sehingga, didapatkan produktivitas alat angkut sebesar 33,73 BCM/jam.

Pada *front 2*, bukit simon – *disposal* dilakukan pengamatan *cycle time* alat angkut sebanyak 41 siklus, dengan rata-rata *cycle time* alat angkut yang didapat yaitu 1.233 detik atau sekitar 20,5 menit. Sehingga, didapatkan produktivitas alat angkut sebesar 34,36 BCM/jam.

Pada *front 3*, *lowest point*(AMJ Timur) – *disposal* dilakukan pengamatan *cycle time* alat angkut sebanyak 26 siklus, dengan rata-rata *cycle time* alat angkut

yang didapat yaitu 1.252 detik atau sekitar 20,8 menit. Sehingga, didapatkan produktivitas alat angkut sebesar 33,84 BCM/jam.

4.12 Road Performance Monitoring (RPM)

Penilaian RPM untuk data dilakukan pada periode bulan maret (Lampiran J), setelah didapatkan kecepatan rata-rata hauler, maka dilakukan *Road Performance Monitoring* agar bisa mengetahui penyebab apa saja yang mempengaruhi kecepatan rata-rata hauler, sehingga dapat diketahui apa yang masih kurang dan bisa untuk diperbaiki untuk meningkatkan kecepatan rata-rata alat angkut disini yaitu *dump truck* Scania P360. Dalam penilaian yang dilakukan untuk mencapai standar jalan angkut yang diinginkan, penilaian jalan angkut mengacu pada Tabel 3.3 (*Road Condition Evaluation*).

Penilaian dilakukan selama satu bulan, dimana penilaian diberikan dalam skala 1-5, kemudian data akan diolah menjadi nilai dalam bentuk persen, dimana apabila suatu jalan diberi *index* 1 berarti nilainya sama dengan 20%. Standar nilai RPM yaitu 100%, dimana berarti aspek tersebut sudah sesuai standar yang berlaku di perusahaan. Nilai RPM yang sudah sesuai standar yaitu lebar jalan mencapai 100%, artinya lebar jalan angkut sudah sesuai standar yaitu lebar > 12 meter, untuk aspek lain yang belum mencapai 100% maka bisa dilakukan pemaksimalan agar kecepatan rata-rata alat angkut dapat meningkat sehingga produktivitas dapat meningkat juga (lihat Tabel 4.10).

Tabel 4.10
RPM Index (Periode Bulan Maret)

No.	Parameter	Nilai RPM Index
1	Lebar Jalan	100%
2	Permukaan Jalan	79%
3	Drainase	80%
4	<i>Bund wall</i>	90%
5	<i>Grade</i>	85%
6	Rambu	92%
7	Penyiraman	86%

BAB V

PEMBAHASAN

Untuk mengetahui layak tidaknya suatu jalan angkut untuk proses pengangkutan, maka dilakukan pengamatan serta penilaian terhadap kondisi jalan. Dalam penerapannya, dilakukan perbandingan antara kondisi jalan angkut aktual dengan kondisi jalan angkut secara teoritis.

Kondisi jalan angkut yang tidak sesuai dengan standar akan mempengaruhi waktu tempuh dari alat angkut, hal ini juga berpengaruh terhadap *cycle time* alat angkut. *Cycle time* alat angkut yang lama akan menyebabkan produktivitas alat angkut kurang optimal. Oleh karena itu penelitian ini memperhitungkan kajian teknis jalan angkut (*road performance monitoring*) dan *cycle time* alat angkut untuk dapat meningkatkan produktivitas.

5.1 Evaluasi Jalan Angkut

Evaluasi jalan angkut dilakukan berdasarkan 7 aspek *road performance monitoring* yang diterapkan, disesuaikan dengan standarisasi yang berlaku mengacu pada aturan-aturan yang ada, yaitu Kepmen No. 1827/K/30/MEM/2018, AASHTO, serta pendapat para ahli yang digunakan. Pada evaluasi jalan angkut yang diamati di lapangan meliputi lebar jalan lurus dan tikungan, permukaan jalan, drainase, *grade*, *bund wall*, rambu, dan penyiraman jalan.

5.1.1. Lebar Jalan Angkut

Lebar jalan angkut pada jalan lurus atau tikungan didapatkan berdasarkan spesifikasi alat angkut Scania P360, dimana lebar jalan angkut minimum menggunakan aturan dari AASHTO.

1. Lebar Jalan Angkut pada Jalan Lurus

Pada segmen jalan angkut keadaan lurus, hasil perhitungan lebar jalan minimum pada 2 jalur yang sesuai standar adalah 10,5 m (Lampiran K). Pada lebar jalan aktual didapatkan semua segmen jalan yang dilewati sudah memenuhi standar

lebar jalan, dimana lebar jalan terkecil yang didapatkan yaitu 13 m. Sehingga, tidak perlu dilakukan pelebaran jalan lagi pada semua jalan yang dilewati *dump truck* Scania P360. Pada Tabel 5.1 menunjukkan lebar jalan angkut pada jalan lurus.

Tabel 5.1
Lebar Jalan Angkut pada Jalan Lurus

Lokasi	Segmen	Lebar Jalan Lurus(m)			Keterangan
		Standar	Aktual	Perbaikan	
Jl. Papua	1	10,5	16	-	Sesuai
	2	10,5	20	-	Sesuai
	3	10,5	19	-	Sesuai
	4	10,5	17	-	Sesuai
	5	10,5	24	-	Sesuai
	6	10,5	23	-	Sesuai
	7	10,5	20	-	Sesuai
	8	10,5	29	-	Sesuai
	9	10,5	20	-	Sesuai
	10	10,5	25	-	Sesuai
	11	10,5	22	-	Sesuai
Jl. Jawa	1	10,5	16	-	Sesuai
	2	10,5	20	-	Sesuai
	3	10,5	13	-	Sesuai
	4	10,5	15	-	Sesuai
Jl. Bali	1	10,5	32	-	Sesuai
	2	10,5	20	-	Sesuai
	3	10,5	16	-	Sesuai
	4	10,5	17	-	Sesuai
	5	10,5	15	-	Sesuai
Jl. Trisula	1	10,5	15	-	Sesuai
	2	10,5	22	-	Sesuai
	3	10,5	32	-	Sesuai

2. Lebar Jalan Angkut pada Jalan Tikungan

Pada segmen jalan angkut keadaan tikungan, hasil perhitungan lebar jalan minimum pada 2 jalur yang sesuai standar adalah 16,5 m (Lampiran K). Pada segmen jalan angkut keadaan tikungan hanya terdapat pada Jl. Papua (segmen 5, 6, 7, dan 9), Jl. Jawa (segmen 1), Jl. Bali (segmen 1 dan 2), dan Jl. Trisula (segmen 2), untuk lebar jalan tikungan sudah sesuai standar maka tidak perlu dilakukan pelebaran jalan. Pada Tabel 5.2 menunjukkan lebar jalan pada tikungan.

Tabel 5.2
Lebar Jalan Angkut pada Jalan Tikungan

Lokasi	Segmen	Lebar Jalan Tikungan(m)			Keterangan
		Standar	Aktual	Perbaikan	
Jl. Papua	5	16,5	30	-	Sesuai
	6	16,5	28	-	Sesuai
	7	16,5	20	-	Sesuai
	9	16,5	20	-	Sesuai
Jl. Jawa	1	16,5	25	-	Sesuai
Jl. Bali	1	16,5	31	-	Sesuai
	2	16,5	23	-	Sesuai
Jl. Trisula	2	16,5	25	-	Sesuai

5.1.2. Permukaan Jalan

Pada permukaan jalan angkut dengan daya dukung yang tidak baik, maka akan terjadi undulasi yang disebabkan oleh aktivitas pengangkutan, sehingga secara terus-menerus undulasi akan semakin dalam dan dapat mempengaruhi kecepatan alat angkut yang melewatinya. Upaya yang dapat dilakukan untuk perataan jalan yaitu melakukan *scrap* oleh alat mekanis *motor grader*.

Untuk menjaga agar jalan angkut tetap rata, maka dilakukan perhitungan produktivitas *motor grader* dalam melakukan aktivitas *scrap* jalan agar bisa diketahui kebutuhan alat yang diperlukan (Lampiran M). PT Darma Henwa *site* KCP mempunyai 3 jenis *motor grader* XCMG GR3005, *motor grader* SANY STG230C-8S, dan *motor grader* CAT 14M3.

Kebutuhan *motor grader* disesuaikan dengan jalan angkut yang diamati yaitu Jl. Papua, Jl. Jawa, Jl. Bali, dan Jl. Trisula. Setelah dilakukan perhitungan produktivitas alat mekanis *motor grader*, didapatkan produktivitas *motor grader* XCMG GR3005 yaitu 20.250 m²/jam, produktivitas *motor grader* SANY STG230C-8S yaitu 17.865 m²/jam, dan produktivitas *motor grader* CAT 14M3 yaitu 18.000 m²/jam.

Untuk penempatan unit *motor grader* disesuaikan dengan luas jalan pada daerah penelitian. Pada Jl. Papua dengan luas 37.281 m² akan ditempatkan 2 unit *motor grader* yaitu 1 unit *motor grader* XCMG GR3005 dan 1 unit SANY STG230C-8S. Pada Jl. Jawa dengan luas 13.820 m² akan ditempatkan 1 unit *motor grader* SANY STG230C-8S. Pada Jl. Bali dengan luas 17.202 m² akan

ditempatkan 1 unit *motor grader* CAT 14M3. Pada Jl. Trisula dengan luas 15.631 m² akan ditempatkan 1 unit *motor grader* XCMG GR3005.

5.1.3. Drainase

Drainase berfungsi untuk mengalirkan air pada jalan angkut, agar air tidak menggenang pada permukaan jalan sehingga tidak menyebabkan gangguan terhadap *dump truck* yang lewat. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi air yang menggenang yaitu dengan memelihara *windrow*, *cross slope*, dan superelevasi pada jalan angkut.

1. *Windrow* (Jalur Air)

Dari hasil observasi yang dilakukan pada lokasi penelitian Jl. Papua, Jl. Jawa, Jl. Bali, dan Jl. Trisula PT Darma Henwa *site* KCP didapatkan pada beberapa *bund wall* jalur air tertutup/terhalang dengan material buangan(*spoil*) sehingga air tidak dapat mengalir keluar dari sisi tepi jalan (lihat Gambar 5.1).



Gambar 5.1
Genangan Air pada Tepi Jalan

Untuk mencegah air tergenang pada jalan angkut harus dilakukan pemeliharaan *windrow* yaitu melakukan sosialisasi kepada operator *grader* agar saat setelah melakukan aktivitas *scrap* bisa menjaga jalur air agar tetap terbuka, sebab material buangan(*spoil*) yang menutup *windrow* merupakan sisa material bekas aktivitas *scrap* yang dilakukan *grader*, selain itu sosialisasi diperlukan untuk operator *excavator support* agar dapat membuka jalur air apabila terhalang material buangan(*spoil*).

2. Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

Cross slope berfungsi untuk menghindari genangan air hujan di badan jalan. Sesuai dengan Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 bahwa nilai *cross slope* tidak boleh kurang dari 2%. Pada jalan angkut, penerapan *cross slope* dilakukan dengan cara membuat bagian tengah jalan lebih tinggi daripada bagian tepi jalan atau pada salah satu bagian tepi jalan lebih tinggi daripada sisi yang satunya.

Pada kondisi aktual yang terdapat pada daerah penelitian, *cross slope* pada jalan angkut hanya terdapat 1 segmen saja yang sudah memenuhi standar sebesar 2% yaitu Jl. Trisula segmen 2, untuk itu selebihnya semua segmen jalan angkut perlu perbaikan *cross slope* (lihat Tabel 5.3), sehingga diperlukan perbaikan pada masing-masing segmen jalan lihat Lampiran N.

Tabel 5.3
Perbaikan Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

Lokasi	Segmen	Lebar Jalan (m)	<i>Cross Slope</i> Aktual (cm)		<i>Cross Slope</i> Perbaikan(cm)	
			(cm)	(%)	(cm)	(%)
Jl. Papua	1	16	7,9	0,97	16	2
	2	20	7,0	0,71	20	2
	3	19	10,7	1,12	19	2
	4	17	7,7	0,91	17	2
	5	24	9,0	0,77	24	2
	6	23	10,4	0,90	23	2
	7	20	13,0	1,28	20	2
	8	29	14,6	1,00	29	2
	9	20	15,2	1,54	20	2
	10	25	18,7	1,49	25	2
	11	22	4,3	0,40	22	2
Jl. Jawa	1	16	5,0	0,64	16	2
	2	20	18,2	1,82	20	2
	3	13	8,1	1,24	13	2
	4	15	10,4	1,38	15	2
Jl. Bali	1	32	5,4	0,34	32	2
	2	20	5,6	0,56	20	2
	3	16	4,8	0,59	16	2
	4	17	0,9	0,11	17	2
	5	15	9,0	1,20	15	2
Jl. Trisula	1	15	5,5	0,75	15	2
	2	22	8,9	0,81	22	2
	3	32	33,6	2,07	-	-

3. Superelevasi

Superelevasi merupakan kemiringan jalan pada tikungan yang dibuat dengan perbedaan tinggi antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan terdalam, dimana

superelevasi berfungsi untuk mencegah gaya sentrifugal yang disebabkan oleh tikungan agar *dump truck* tidak terlempar keluar dari jalan pada kecepatan yang direncanakan, selain itu berfungsi untuk mengalirkan air agar tidak menggenangi permukaan jalan angkut pada saat hujan.

Radius tikungan jalan merupakan salah satu faktor dalam mendapatkan nilai superelevasi sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh (Bargawa, 2018). Penentuan radius tikungan minimum pada jalan angkut dapat dilakukan menggunakan cara matematis (Lampiran O). Nilai radius tikungan minimum didapatkan sebesar 6,8 m, berdasarkan nilai radius tikungan aktual yang didapatkan pada jalan tikungan, yaitu pada Jl. Papua segmen 5, 6, 7, dan 9 berturut-turut sebesar 75 m, 70 m, 80 m, dan 77 m, pada Jl. Jawa segmen 1 mempunyai radius tikungan sebesar 72 m, Jl. Bali segmen 1 dan 2 mempunyai nilai radius tikungan sebesar 65 m dan 60 m, dan yang terakhir pada Jl. Trisula segmen 2 sebesar 104 m. Dari hasil radius tikungan aktual yang didapatkan sudah memenuhi standar karena lebih besar dari radius tikungan minimum sebesar 6,8 m.

Berdasarkan radius tikungan aktual dan kecepatan rencana alat angkut sebesar 30 km/jam didapatkan ketentuan standar besar superelevasi yaitu 4%. Pada kondisi aktual yang terdapat pada daerah penelitian, superelevasi masih belum sesuai standar sebesar 4% (lihat Tabel 5.4), sehingga diperlukan perbaikan pada masing-masing segmen jalan lihat Lampiran P.

Tabel 5.4
Perbaikan Superelevasi

Lokasi	Segmen	Lebar Jalan(m)	Radius Tikungan(m)	Superelevasi Aktual		Superelevasi Perbaikan	
				(m)	(%)	(m)	(%)
Jl. Papua	5	30	75	0,49	1,63	1,20	4
	6	28	70	0,19	0,67	1,12	4
	7	20	80	0,49	2,48	0,79	4
	9	20	77	0,41	2,04	0,80	4
Jl. Jawa	1	25	72	0,06	0,24	1,00	4
Jl. Bali	1	31	65	0,09	0,29	1,24	4
	2	23	60	0,02	0,09	0,92	4
Jl. Trisula	2	25	104	0,44	1,75	1,01	4

5.1.4. *Grade* (Kemiringan Jalan)

Menurut peraturan Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 menyatakan bahwa untuk kemiringan jalan (*grade*) tidak boleh lebih dari 12%, maka berdasarkan *grade* jalan aktual pada daerah penelitian tidak ada masalah terkait *grade* jalan sebab semua segmen yang ada, nilainya dibawah 12%.

Menurut RJ Thompson, truk ketika bermuatan akan bekerja dengan baik apabila *effective grade* (*grade resistance* + *rolling resistance*) bernilai berkisar antara 8-11%. Untuk besar nilai *rolling resistance* sudah ditentukan yaitu sebesar 3%, sehingga nilai *grade* jalan maksimal yakni sebesar 8%, sama seperti ketentuan perusahaan PT Darma Henwa *site* KCP untuk *grade* jalan angkut ditetapkan sebesar 8%, sehingga dilakukan perbaikan *grade* jalan yang belum sesuai (Lampiran Q) dengan ketentuan yang ada dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5
Perbaikan *Grade* Jalan Maksimum 8%

Lokasi	Segmen	Beda Tinggi(m)	Jarak(m)	Grade(%)
Jl. Papua	1	-11,0	137,8	-8,0
	2	-11,2	139,9	-8,0
	3	-10,3	128,6	-8,0
	4	-12,4	154,5	-8,0
	5	-4,1	151,4	-2,7
	6	12,8	209,6	6,1
	7	8,1	101,1	8,0
	8	9,2	114,7	8,0
	9	12,7	158,8	8,0
	10	10,3	128,9	8,0
	11	8,7	143,7	6,1
Jl. Jawa	1	5,8	137,7	4,2
	2	3,0	266,0	1,1
	3	1,0	158,6	0,6
	4	-7,0	283,4	-2,5
Jl. Bali	1	12,0	179,0	6,7
	2	0,7	142,0	0,5
	3	8,3	134,4	6,1
	4	21,0	285,6	7,4
	5	8,2	102,8	8,0
Jl. Trisula	1	17,0	616,4	2,8
	2	-8,9	111,7	-8,0
	3	-10,2	127,0	-8,0

Pada daerah penelitian PT Darma Henwa *site* KCP dapat menerapkan *grade* jalan maksimum sesuai dengan ketentuan yang berlaku karena *grade* jalan yang

terlalu tinggi akan mempengaruhi kecepatan *dump truck* yang berakibat pada lamanya waktu edar sehingga produktivitas kurang optimal.

5.1.5. *Bund Wall* (Tanggul Pengaman)

Bund Wall atau tanggul pengaman merupakan standar geometri jalan yang wajib ada pada jalan angkut, sebab berfungsi untuk menghindari tergulirnya kendaraan ke arah tepi jalan seperti terperosok dan juga menghindari segala bahaya yang dapat mengancam keselamatan pekerja maupun peralatan di lapangan.

Tinggi tanggul pengaman untuk jalan tambang sebaiknya 66% dari diameter ban unit terbesar yang melewati. Pada daerah penelitian, unit terbesar yang melewati yaitu alat angkut Scania P360 dengan diameter ban 120 cm.

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tanggul pengaman} &= 66\% \times 120 \text{ cm} \\ &= 79,2 \approx 80 \text{ cm} \end{aligned}$$

Pada daerah penelitian didapatkan masih ada beberapa *bund wall* yang tingginya belum sesuai standar, sehingga perlu dilakukan penambahan tinggi tanggul pengaman (*bund wall*) lihat Tabel 5.6.

Tabel 5.6
Perbaikan *Bund Wall*

Lokasi	Segmen	Standar Tinggi <i>Bund Wall</i> (cm)	<i>Bund Wall</i> (cm)	
			Aktual	Perbaikan
Jl. Papua	1	80	69	+ 11
	2	80	69	+ 11
	3	80	115	-
	4	80	115	-
	5	80	82	-
	6	80	98	-
	7	80	95	-
	8	80	98	-
	9	80	99	-
	10	80	99	-
	11	80	98	-
Jl. Jawa	1	80	117	-
	2	80	117	-
	3	80	117	-
	4	80	117	-
Jl. Bali	1	80	67	+ 13
	2	80	98	-
	3	80	110	-
	4	80	113	-
	5	80	113	-
Jl. Trisula	1	80	98	-
	2	80	100	-
	3	80	95	-

5.1.6. Rambu

Rambu pada jalan tambang merupakan salah satu elemen penting dalam menunjang kelancaran proses pengangkutan penambangan. Rambu berfungsi untuk memberikan informasi kepada para operator agar mengetahui daerah yang akan dilalui dan selalu siaga dalam mengoperasikan peralatan angkut, serta memudahkan operator dalam mengetahui daerah-daerah rawan yang dapat membahayakan keselamatan kerja operator pada saat mengoperasikan alat angkut tersebut. Jika operator dapat mengetahui daerah-daerah rawan yang dapat mengancam keselamatan kerja, maka operator akan lebih mudah dalam mengendalikan kendaraan dan lebih berhati-hati sehingga kemungkinan kecelakaan kerja pada jalan dapat dihindari.

Setelah dilakukan observasi dilapangan pada daerah penelitian Jl. Papua, Jl. Jawa, Jl. Bali, dan Jl. Trisula terdapat evaluasi rambu, dimana dari evaluasi rambu ini akan direkomendasikan pergantian rambu ataupun penambahan rambu yang lebih efektif. Hasil evaluasi dan rekomendasi penggunaan rambu dapat dilihat pada (Lampiran R).

5.1.7. Debu

Debu merupakan masalah yang sering terjadi pada jalan tambang, pada daerah penelitian PT Darma Henwa *site* KCP terdapat material jalan yaitu *clay* dimana *clay* merupakan material yang memiliki butir-butir halus sehingga, apabila jalan dilewati secara terus-menerus maka dapat membuat butir-butir tersebut beterbangan atau yang biasa kita kenal dengan debu. Debu dapat menyebabkan jarak pandang operator menjadi terbatas saat membawa *dump truck* sehingga, dapat menimbulkan bahaya dimana jalan angkut yang tidak terlihat dapat membuat *dump truck* keluar jalur bahkan bisa menabrak tanggul. Selain itu, menyebabkan juga kendaraan *dump truck* ataupun kendaraan yang lain di depannya tidak terlihat, sehingga bisa terjadi kecelakaan yaitu tabrakan.

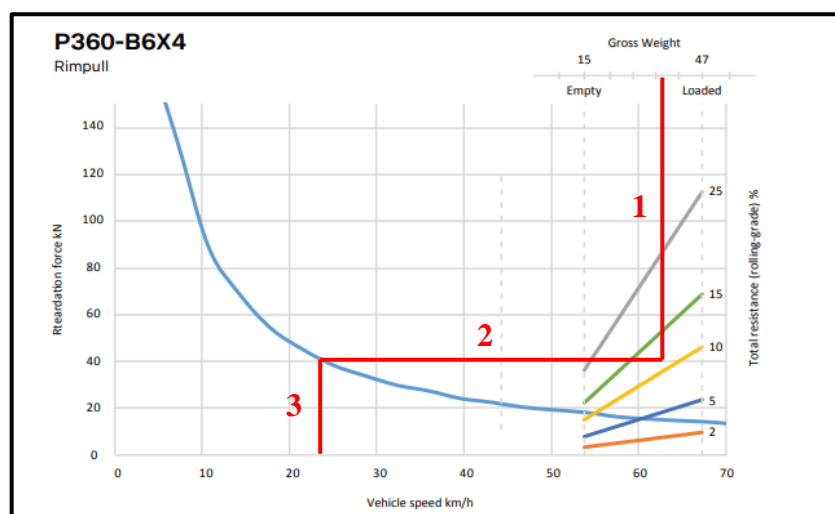
Agar menjaga jalan angkut bebas dari debu, maka diperlukan *water truck* untuk melakukan penyiraman jalan agar intensitas debu bisa dikurangi sehingga tidak mengganggu penglihatan operator. Dari permasalahan tersebut, dilakukan perhitungan produktivitas *water truck* untuk kebutuhan alat (Lampiran S).

PT Darma Henwa *site* KCP mempunyai *water truck* dengan kapasitas 20.000 liter. Kebutuhan *water truck* disesuaikan dengan jalan angkut yang diamati yaitu Jl. Papua, Jl. Jawa, Jl. Bali, dan Jl. Trisula. Setelah dilakukan perhitungan produktivitas *water truck*, didapatkan produktivitasnya-nya yaitu 6 km/20 menit dimana kapasitas *water truck* sebesar 20.000 liter akan habis selama 20 menit dengan jarak yang dapat ditempuh sepanjang 6 km. Untuk penyiraman Jl. Papua, Jl. Jawa, Jl. Bali, dan Jl. Trisula dengan total jarak sepanjang 4,3 km dan terdapat 2 lintasan memerlukan *water truck* untuk penyiraman sebanyak 3 unit *water truck*.

5.2 Evaluasi Kecepatan Alat Angkut

Perhitungan produktivitas aktual berdasarkan pada pengamatan *cycle time* di lapangan. Dari *cycle time* aktual didapatkan produktivitas *dump truck* Scania P360 pada *front 1 – disposal* dengan jarak 2,2 km sebesar 33,73 BCM/jam, pada *front 2 – disposal* dengan jarak 2,9 km sebesar 34,36 BCM/jam, dan pada *front 3 – disposal* dengan jarak 2,5 km sebesar 33,84 BCM/jam, produktivitas tersebut didapatkan berdasarkan kecepatan rata-rata alat angkut sebesar 21 km/jam. Rencana *project* yang direncanakan yaitu untuk menambah kecepatan rata-rata alat angkut sehingga produktivitas dapat ditingkatkan lagi.

Produktivitas Teoritis Berdasarkan Penerapan *Road Performance Monitoring* dengan ketentuan RJ Thompson, didapatkan dari hasil perbaikan waktu edar alat angkut. Perbaikan waktu edar dihasilkan dari perhitungan *total resistance* yang kemudian diplotkan ke dalam grafik *Travel Performance* seperti pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2
Pengeplotan Grafik *Travel Performance*

1. *Rolling Resistance*

Rolling Resistance pada jalan angkut digunakan untuk mengetahui energi yang hilang yang disebabkan oleh kondisi permukaan jalan. Penentuan nilai *rolling resistance* pada lokasi penelitian menggunakan Tabel 3.2 dengan kondisi jalan yaitu tanah lapisan dengan kekuatan menengah, pada(stabil), jalan sering dirawat, dengan minimal (<25 mm) penetrasi ban memiliki tahanan gulir sebesar 3%.

2. *Grade Resistance*

Perhitungan besar *grade resistance* pada jalan angkut dilakukan untuk mengetahui sejumlah energi yang hilang akibat perbedaan elevasi setiap segmen jalan. Besarnya nilai kemiringan rata-rata untuk setiap 1% kemiringan yaitu sebesar 10 kg/ton. Berikut pada Tabel 5.7 merupakan perhitungan *grade resistance* berdasarkan data *grade* jalan yang sudah diperbaiki.

Tabel 5.7
Perbaikan Nilai *Grade Resistance*

Lokasi	Segmen	Jarak(m)	Grade(%)	GR (kg/ton)
Jl. Papua	1	137,8	-8,0	-80
	2	139,9	-8,0	-80
	3	128,6	-8,0	-80
	4	154,5	-8,0	-80
	5	151,4	-2,7	-27
	6	209,6	6,1	61
	7	101,1	8,0	80
	8	114,7	8,0	80
	9	158,8	8,0	80
	10	128,9	8,0	80
	11	143,7	6,1	61
Jl. Jawa	1	137,7	4,2	42
	2	266,0	1,1	11
	3	158,6	0,6	6
	4	283,4	-2,5	-25
Jl. Bali	1	102,8	6,7	67
	2	285,6	0,5	5
	3	134,4	6,1	61
	4	142,0	7,4	74
	5	179,0	8,0	80
Jl. Trisula	1	616,4	2,8	28
	2	111,7	-8,0	-80
	3	127,0	-8,0	-80

3. Total Resistance

Total resistance merupakan penjumlahan *rolling resistance* dengan *grade resistance*. *Total resistance* ini berguna untuk mendapatkan kecepatan alat angkut yang kemudian didapatkan juga waktu tempuh alat angkut. Nilai *total resistance* dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Setelah didapatkan nilai *total resistance* maka bisa diketahui produktivitas alat angkut secara teoritis menggunakan grafik *travel performance*. Hasil dari pengeplotan pada grafik *travel performance* dapat dilihat pada Lampiran U. Selain itu didapatkan juga kecepatan alat angkut berdasarkan waktu travel hasil dari pengeplotan grafik *travel performance*.

Tabel 5.8
Nilai *Total Resistance* setelah Perbaikan

Lokasi	Segmen	Jarak(m)	Grade(%)	RR (kg/ton)	GR (kg/ton)	TR (kg/ton)	TR (%)
Jl. Papua	1	137,8	-8,0	30,0	-80	-50	-5
	2	139,9	-8,0	30,0	-80	-50	-5
	3	128,6	-8,0	30,0	-80	-50	-5
	4	154,5	-8,0	30,0	-80	-50	-5
	5	151,4	-2,7	30,0	-27	3	0,3
	6	209,6	6,1	30,0	61	91	9,1
	7	101,1	8,0	30,0	80	110	11
	8	114,7	8,0	30,0	80	110	11
	9	158,8	8,0	30,0	80	110	11
	10	128,9	8,0	30,0	80	110	11
	11	143,7	6,1	30,0	61	91	9,1
Jl. Jawa	1	137,7	4,2	30,0	42	72	7,2
	2	266,0	1,1	30,0	11	41	4,1
	3	158,6	0,6	30,0	6	36	3,6
	4	283,4	-2,5	30,0	-25	5	0,5
Jl. Bali	1	179,0	6,7	30,0	67	97	10
	2	142,0	0,5	30,0	5	35	3,5
	3	134,4	6,1	30,0	61	91	9,1
	4	285,6	7,4	30,0	74	104	10,4
	5	102,8	8,0	30,0	80	110	11,0
Jl. Trisula	1	616,4	2,8	30,0	28	58	5,8
	2	111,7	-8,0	30,0	-80	-50	-5
	3	127,0	-8,0	30,0	-80	-50	-5

Didapatkan hasil perbaikan untuk waktu tempuh bermuatan dari lokasi *front* 1 – *disposal* sebesar 517 detik dan waktu kembali tanpa muatan sebesar 441 detik, sedangkan waktu tempuh bermuatan aktual sebesar 526 detik dan waktu kembali tanpa muatan aktual sebesar 441 detik. Dari *cycle time* aktual sebesar 1.256 detik

didapatkan produktivitas sebesar 33,73 BCM/jam. Setelah dilakukan perbaikan *grade* jalan menggunakan perhitungan teoritis, didapatkan *cycle time* sebesar 1.247 detik serta terjadi peningkatan produktivitas menjadi sebesar 34,64 BCM/jam.

Perbaikan waktu tempuh dari lokasi *front 2 – disposal* dalam keadaan bermuatan sebesar 519 detik dan waktu kembali tanpa muatan sebesar 432 detik, sedangkan waktu tempuh bermuatan aktual sebesar 528 detik dan waktu kembali tanpa muatan aktual sebesar 432 detik. Dari *cycle time* aktual sebesar 1.233 detik didapatkan produktivitas sebesar 34,36 BCM/jam. Setelah dilakukan perbaikan *grade* jalan menggunakan perhitungan teoritis, didapatkan *cycle time* sebesar 1.224 detik serta terjadi peningkatan produktivitas menjadi sebesar 35,29 BCM/jam.

Pada lokasi terakhir, perbaikan waktu tempuh dari *front 3 – disposal* dalam keadaan bermuatan sebesar 530 detik dan waktu kembali tanpa muatan sebesar 447 detik, sedangkan waktu tempuh bermuatan aktual sebesar 538 detik dan waktu kembali tanpa muatan aktual sebesar 448 detik. Dari *cycle time* aktual sebesar 1.252 detik didapatkan produktivitas sebesar 33,84 BCM/jam. Setelah dilakukan perbaikan *grade* jalan menggunakan perhitungan teoritis, didapatkan *cycle time* sebesar 1.244 detik serta terjadi peningkatan produktivitas menjadi sebesar 34,72 BCM/jam.

Berdasarkan dari produktivitas yang didapatkan, terjadi peningkatan produktivitas yang disebabkan oleh menurunnya waktu edar alat angkut. Waktu edar yang menurun disebabkan meningkatnya kecepatan alat angkut dimana telah dilakukan perbaikan geometri jalan (Lampiran E). Kecepatan alat angkut pada kondisi bermuatan sebelumnya sebesar 19 km/jam meningkat menjadi sebesar 23 km/jam, untuk kecepatan alat angkut pada kondisi kosong sebelumnya sebesar 21 km/jam meningkat menjadi sebesar 25 km/jam.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Evaluasi geometri jalan angkut:
 - a. Lebar jalan angkut keadaan lurus dan tikungan sudah sesuai standar.
 - b. Permukaan jalan terdapat undulasi pada jalan tertentu, sehingga dilakukan perataan jalan oleh *grader*.
 - c. Drainase diperhatikan agar air tidak tergenang di badan jalan, dengan memperhatikan *windrow*, *cross slope*, dan superelevasi.
 - 1) *Windrow* pada beberapa jalan tertutup material buangan(*spoil*), sehingga dilakukan pemeliharaan oleh *excavator support*.
 - 2) *Cross slope* belum sesuai standar, sehingga dibuat *cross slope* yang sesuai standar yaitu sebesar 2%.
 - 3) Superelevasi belum sesuai standar, sehingga dibuat superelevasi yang sesuai standar yaitu sebesar 4%.
 - d. *Grade* jalan terdapat beberapa segmen yang belum sesuai standar 8% yaitu; pada Jl. Papua segmen 1-4 berturut-turut sebesar 8,3%, 8,8%, 8,8%, dan 10,8%, Jl. Papua segmen 7 sebesar 9,9%, Jl. Papua segmen 9 sebesar 10,1%, Jl. Bali segmen 5 sebesar 10%, dan Jl. Trisula segmen 2 dan 3 sebesar 10% dan 9,3%. Sehingga dilakukan penurunan beda tinggi agar *grade* jalan bisa sesuai standar 8%.
 - e. *Bund wall* (tanggul pengaman) terdapat beberapa segmen jalan yang belum sesuai standar setinggi 80 cm yaitu; pada Jl. Papua segmen 1 dan 2 setinggi 69 cm, dan Jl. Bali segmen 1 setinggi 67 cm.
 - f. Rambu pada segmen jalan tertentu perlu ditambahkan karena belum adanya rambu tanjakan, rambu turunan, rambu tikungan, dan rambu penyempitan jalan yang seharusnya diperlukan agar dapat memberikan informasi yang jelas kepada operator.

- g. Debu pada jalan angkut terdapat jadwal penyiraman 2-3 kali dalam 1 jam dengan menggunakan 1 alat, sehingga pada jam-jam tertentu intensitasnya tinggi mengakibatkan penglihatan operator terganggu, serta menyebabkan terbatasnya jarak pandang operator. Maka, dilakukan perhitungan kebutuhan alat angkut agar penyiraman jalan bisa secara maksimal terbebas dari debu dan dari hasil yang didapatkan dibutuhkan 3 unit *water truck*.
2. Peningkatan kecepatan alat angkut secara teoritis setelah dilakukan penerapan *Road Performance Monitoring* maka didapatkan; kecepatan alat angkut kondisi bermuatan sebesar 19 km/jam, setelah dilakukan perbaikan didapatkan kecepatan alat angkut teoritis kondisi bermuatan sebesar 23 km/jam. Kecepatan alat angkut kondisi kosong sebesar 21 km/jam, setelah dilakukan perbaikan didapatkan kecepatan alat angkut teoritis kondisi kosong sebesar 25 km/jam. Kecepatan alat angkut yang meningkat menunjukkan produktivitas yang meningkat juga.

6.2 Saran

1. Evaluasi jalan angkut diperlukan perbaikan dalam hal standarisasi geometri jalan untuk dapat meningkatkan produktivitas alat angkut.
2. Kenaikan produktivitas alat angkut hanya bisa dilihat dari aspek *grade* jalan saja, oleh karena itu kenaikan produktivitas bisa saja lebih besar lagi karena 6 aspek lainnya juga sudah diperbaiki.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aflah, Hilmi Faisol, 2022, Evaluasi Geometri jalan Angkut Tambang Pada Pengangkutan *Overburden* Dari *Front A2* Menuju *Disposal* PT. Riung Mitra Lestari *Jobsite* Krassi PT. Mandiri Intiperkasa, Kalimantan Utara, Skripsi, UPN “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta.
2. Bargawa, W. S. 2018. *Perencanaan Tambang*. Yogyakarta : Klau Book.
3. Hustrulid, W., Kuchta, M., R. Martin, 2013, *Open Pit Mine Planning & Design Volume 1 Fundamentals*, CRC Press, Florida.
4. Indonesianto, Yanto, 2005, Pemindahan Tanah Mekanis, UPN “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta.
5. Ismuhadi., Bedy Fara Aga Matrani., Joni Safaat Adiansyah, 2020, Pemantauan Efektivitas *Water Truck* Dalam Melakukan Penyiraman Jalan tambang Di PT. Amman Mineral Nusa Tenggara, Universitas Muhammadiyah Mataram, NTB.
6. Jenius., Abdul Rauf, 2018, Evaluasi Geometri jalan ANgkut dari Pit ke Disposal di PT. Awokgading Sarira Nusantara kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan, UPN “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta.
7. Kaufman, W.W., dan J.C. Ault, 1977, *Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual*, USBM IC 8758.
8. Melodi, Aldo., Makmur Asyik., Abuamar, 2017, Kajian Teknis Kegiatan Pengurangan Durasi *Slippery* Pada Jalan Angkut *Overburden* Blok Barat PT. Muara Alam Sejahtera Lahat Sumatera Selatan, Universitas Sriwijaya, Palembang.
9. Mustofa, Adip., Jaka guruh Wicaksono., Nurhakim., Afriko., Sari Melati, 2016, Perbaikan Jalan Angkut Tambang : Pengaruh Perubahan Struktur Lapis jalan terhadap Produktivitas Alat Angkut, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin.
10. Satyana, A. H & Silitonga, P. D. 1994. Tectonic Reversal in East Barito Basin, South Kalimantan: Consideration of The Types of Inversion Structures and Petroleum System Significance, *Proceeding Indonesian Petroleum Association*.

11. Satyana, A. H. 1995. Paleogen Unconformities in The Barito Basin, Southeast Kalimantan: A Concept for The Solution of The Barito Dilemma and A key to Search for Paleogene Structure., *Proceeding Indonesian Petroleum Association*.
12. Schiess, P., dan Whitaker, C.A. 1986. *Watershed management field manual: Road design dan construction in sensitive watersheld*. Rome, Italy.
13. Sikumbang, N, Heryanto. R, 1994, Peta Geologi Lembar Banjarmasin, Kalimantan Selatan, pusat penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
14. Tannant, D.D., and B. Regensburg, 2001, Guidelines for Mine Haul Road Design, Kelowna, B.C. Canada.
15. Thompson, R.J. 2011. *Principles of Mine Haul Road Design and Contruction*. Australia.
16. *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)*. 1973. *Manual Rural High Way Design*. Washington, DC.
17. Badan Standarisasi Nasional-BSN. 2000. Rancangan Standar Nasional Indonesia SPU 30 2000 tentang Rambu-rambu Jalan di Area Pertambangan. Jakarta.
18. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2018. Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. Jakarta.
19. Scania, 2016, *Scania Gulf Tipper P360 CB6x4EHZ*, Dubai UAE.
20. SNI : No.30/2000. Rambu-rambu jalan di area pertambangan.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A
DATA CURAH HUJAN

Tabel A.1

Curah Hujan Bulanan Tahun 2013-2022

Bulan	Curah Hujan (mm/bulan)										Curah Hujan Rata-Rata
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Januari	331.5	277.8	391.2	189.7	334.7	266.0	320.6	303.3	560.7	290.8	326.6
Februari	423.0	254.6	300.5	304.0	205.7	476.1	259.0	382.5	301.2	281.8	318.8
Maret	319.2	375.3	286.1	414.9	177.0	460.8	264.3	578.5	207.7	303.9	338.7
April	233.0	206.5	258.8	269.6	141.4	167.2	285.3	194.7	113.6	116.2	198.6
Mei	261.6	258.1	186.2	291.2	250.5	106.3	100.3	185.3	185.6	250.5	207.6
Juni	131.8	270.0	149.0	152.2	233.0	198.2	280.6	207.2	150.7	451.8	222.4
Juli	219.7	109.0	37.0	98.3	161.6	111.9	22.0	244.7	117.9	139.4	126.1
Agustus	156.4	90.9	13.7	70.0	100.7	50.0	20.9	155.2	246.5	112.9	101.7
September	122.5	29.9	2.5	142.5	126.9	39.7	6.2	181.4	203.8	151.7	100.7
Oktober	90.1	10.8	19.5	246.5	123.7	63.5	66.3	208.5	212.5	457.4	149.9
November	350.6	167.4	116.1	285.8	321.8	175.6	113.8	291.6	274.4	273.3	237.0
Desember	447.6	375.8	374.2	298.0	271.0	497.3	223.8	361.9	330.7	284.0	346.4

LAMPIRAN B
JUMLAH JAM KERJA

PT Darma Henwa *site* KCP menetapkan waktu kerja setiap harinya dalam dua *shift* kerja. Kegiatan operasi penambangan dilakukan setiap hari yaitu dari hari senin sampai minggu. Waktu kerja dalam satu *shift* adalah 12 jam. Para pekerja diberikan waktu untuk istirahat selama 1 jam yaitu jam 12:00 – 13:00 untuk *shift* siang dan jam 00:00 – 01:00 untuk *shift* malam. Berbeda pada hari jum'at, waktu untuk istirahat 1,5 jam yaitu jam 12:00 – 13:30. Berbeda juga pada bulan Ramadhan terkait waktu pulang dan istirahat. Lebih detail dapat dilihat pada Tabel B.1 dan Tabel B.2.

Tabel B.1
Jam Kerja Kegiatan Penambangan(Bulan Biasa)

Hari Kerja	Waktu Kerja		Keterangan Istirahat	Durasi Kerja (Jam)
	<i>Shift</i> Siang	<i>Shift</i> Malam		
Senin	06:30-18:30	18:30-06:30	2 jam	22
Selasa	06:30-18:30	18:30-06:30	2 jam	22
Rabu	06:30-18:30	18:30-06:30	2 jam	22
Kamis	06:30-18:30	18:30-06:30	2 jam	22
Jum'at	06:30-18:30	18:30-06:30	2,5 jam	21,5
Sabtu	06:30-18:30	18:30-06:30	2 jam	22
Minggu	06:30-18:30	18:30-06:30	2 jam	22
Total Jam Kerja/Minggu				153,5

Tabel B.2
Jam Kerja Kegiatan Penambangan(Bulan Ramadhan)

Hari Kerja	Waktu Kerja		Keterangan Istirahat	Durasi Kerja (Jam)
	<i>Shift</i> Siang	<i>Shift</i> Malam		
Senin	06:30-18:00	18:00-06:30	1 jam	22
Selasa	06:30-18:00	18:00-06:30	1 jam	22
Rabu	06:30-18:00	18:00-06:30	1 jam	22
Kamis	06:30-18:00	18:00-06:30	1 jam	22
Jum'at	06:30-18:00	18:00-06:30	1,5 jam	21,5
Sabtu	06:30-18:00	18:00-06:30	1 jam	22
Minggu	06:30-18:00	18:00-06:30	1 jam	22
Total Jam Kerja/Minggu				153,5

LAMPIRAN C
SPEKIFIKASI ALAT GALI MUAT EXCAVATOR SANY SY500



Gambar C.1
Alat Gali Muat Sany SY500

Spesifikasi Alat Muat *Excavator* Sany SY500

Merk	: Sany
Tipe	: SY500
Model Engine	: MTU OM470LA.E4-2
Kapasitas Mangkuk	: 3,1 m ³
Tenaga	: 298 kW / 400 HP
Performance (Kecepatan Bergerak Maks.)	: 5,2 km/h

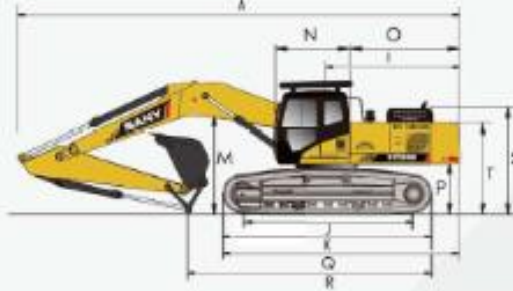
Dimensi :

- Panjang Keseluruhan	: 12,095 Meter
- Tinggi Keseluruhan	: 3,790 Meter
- Lebar Keseluruhan	: 3,360 Meter

Dimensi Operasi :

- Tinggi Penggalian Maksimal	: 10,950 Meter
- Tinggi Penumpahan Maksimal	: 7,450 Meter
- Kedalaman Penggalian Maksimal	: 7,490 Meter
- Jangkauan Penggalian Maksimal	: 11,860 Meter
- Radius Putar	: 5,240 Meter

Item(Unit:mm)

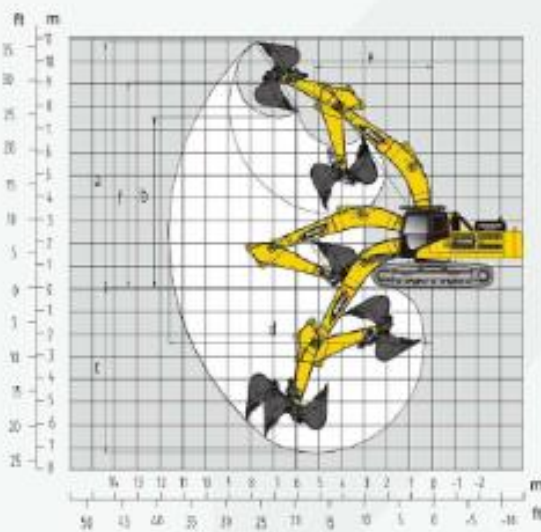


	SY500H
A Length(During Transportation)	12095
B Width(Transporting/Operating)	3360
C Height(During Transportation)	3790
D Upper body Width	3290
E Blade Height	3470
F Standard Track Shoe Width	600
G Track Gauge(Transporting/Operating)	2740
H Min Ground Clearance	560
I Tail Rotating Radius	3765
J Track Ground Contact Length	4415
K Track Length	5440

PerformanceParameter

	SY500H
Operating Weight	49500
Bucket Capacity m ³	2.2-3.1
Rated Power kW/rpm	300/1800
Traveling Speed(High/Low) km/h	5.4/3.1
Rotating speed rpm	8.0
Gradeability	70%/35'
Ground Pressure (KPa)	87.1
Bucket Digging Force kN	287
Arm Digging Force kN	245

Operation Range



	SY500H
A Max. Digging Height	10950
B Max. Unloading Height	7450
C Max. Digging Depth	7490
D Max. Excavating Distance	11860
E Min. Rotating Radius	5240
F Max. Height at Min. Rotating Radius	9100

Shanghai Sany Heavy Machinery(LTD)

Address: Sany Heavy Machinery Industrial Park, Pinglin town,
Fengxian District, Shanghai, China
Zip Code: 201413
Service Hotline: 4008-28-2338
Inquiring and Complaint Number: 4008-87-9318
Web: <http://www.sany.com.cn>



LAMPIRAN D
SPESIFIKASI ALAT ANGKUT SCANIA P360



Gambar D.1

Alat Angkut Scania P360


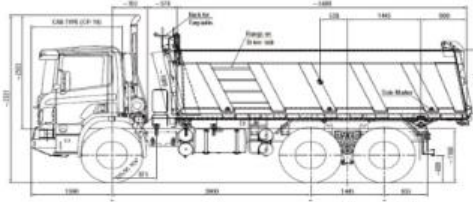
Spesifikasi Alat Angkut *Dump Truck* Scania P360


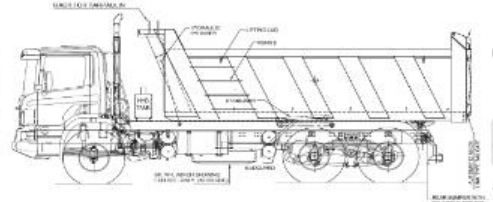
Merk	: Scania
Tipe	: P360
Model Engine	: DC13 108
Berat Kosong	: 16 ton
Kapasitas <i>Payload</i> Maksimal	: 41 ton
Distribusi Berat	: 20% (Depan), 80% (Belakang)
Kapasitas Bak	: 41 m ³
Tenaga	: 360 HP / 265 kW
Steering Wheel	: 450 mm
Radius Putar	: 21,4 Meter
Diameter Putar Keseluruhan	: 24,4 Meter
Kecepatan Maksimum	: 50 km/h
Kapasitas Bahan Bakar	: 300 L

Dimensi :

- Panjang Keseluruhan : 8,404 Meter
- Tinggi Keseluruhan : 3,721 Meter
- Lebar Keseluruhan : 2,500 Meter

SCANIA GULF TIPPER - P 360 CB6x4EHZ

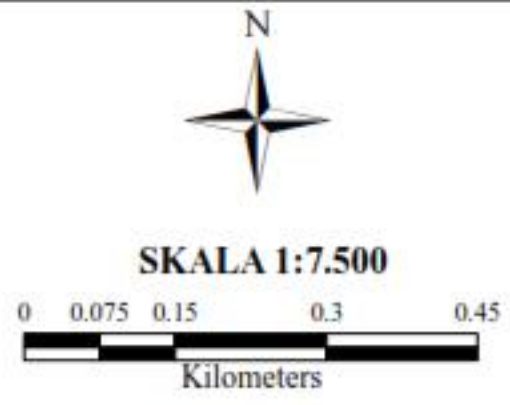
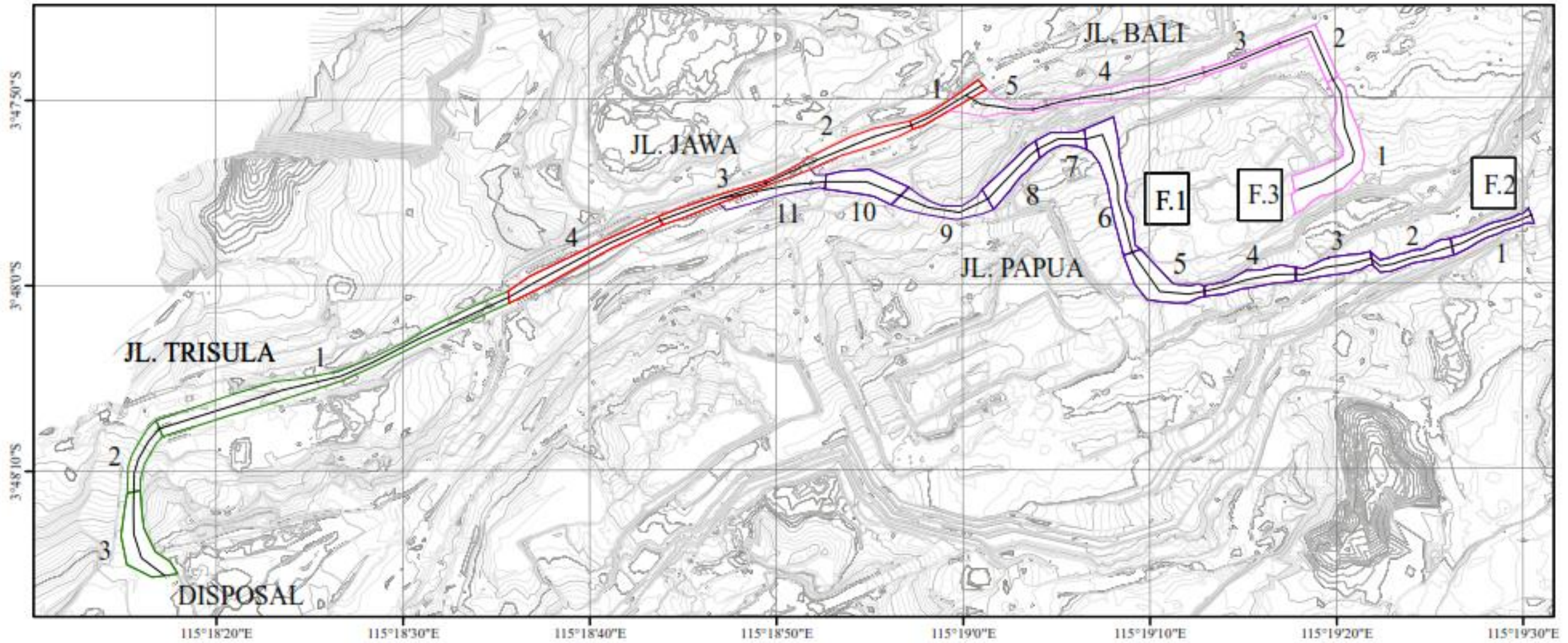



DIMENSIONS		POWERTRAIN	
Axle distance	3900 mm	Engine	DC13 108, 360hp Euro 3 (PDE) 1750 Nm at 1000 - 1350 rpm
Length	8408 mm	Gearbox	GRS905
Width	2500 mm	Opticruise	With 2-pedal
Height	3721 mm	PTO	EG 651
CAPACITY (Techn)		Rear axle ratio	4.38
GVW	41000 kg	CHASSIS	
Front	9000 kg	Suspension	
Rear	32000 kg	Front: Leaf springs 4x28 Parabolic	
CAB		Rear: Leaf springs 8x30 /90 Trapezoid	
Type	CP14 with Off-Road cab package	Brakes	Drum brakes with ABS
Suspension	4-point mechanical	Fuel	LH 400W Steel
		Tyre	Michelin X Works XZ, 325/95R24
		BODYWORK	
		One way tipper in 18 cbm execution	
		Available bodybuilders: Mammut and Atlas	

LAMPIRAN E
PETA JALAN ANGKUT

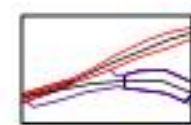
**PETA SEGMENT JALAN ANGKUT
PT DARMA HENWA - KCP
KALIMANTAN SELATAN**



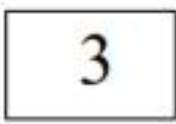
LEGENDA :



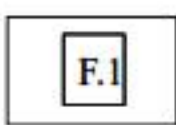
: Kontur



: Akses Jalan



: Segmen Jalan

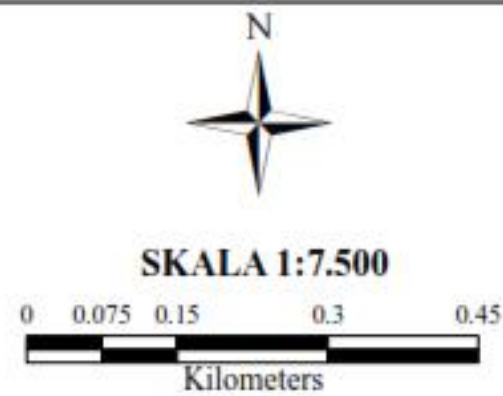
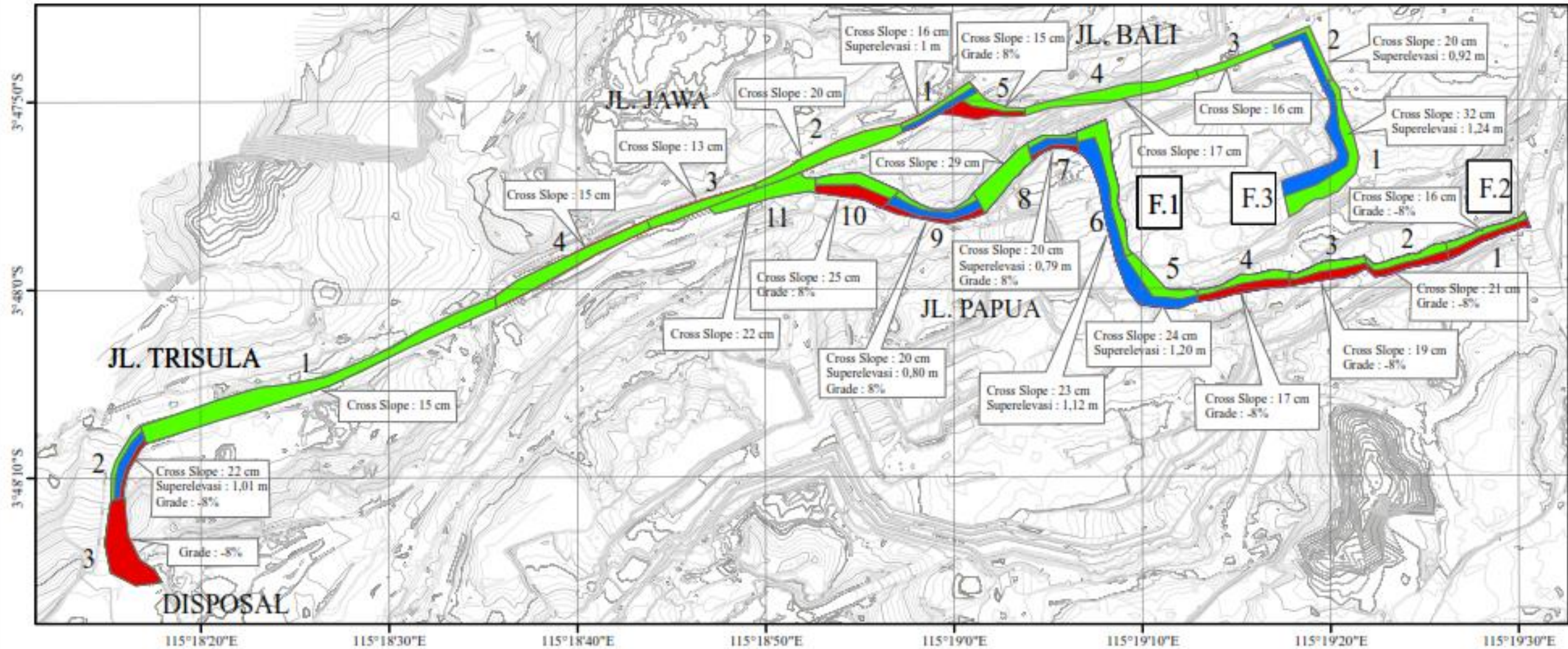


: Front

**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2023**

Disusun oleh: Rezky Aditya L/112190007

**PETA JALAN ANGKUT (PERBAIKAN)
PT DARMA HENWA - KCP
KALIMANTAN SELATAN**



LEGENDA :

-  : Kontur
-  : Akses Jalan
-  : Segmen Jalan
-  : Front
-  : Cross Slope
-  : Superelevasi
-  : Grade

**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2023**

Disusun oleh: Rezky Aditya L/112190007

LAMPIRAN F
WAKTU EDAR (*CYCLE TIME*) ALAT ANGKUT

Waktu edar alat angkut didapatkan dengan menghitung waktu yang dibutuhkan alat untuk melakukan aktivitas mulai dari awal hingga akhir kemudian siap untuk memulai lagi. Waktu edar alat angkut dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

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

Keterangan :

- Cta : Waktu edar alat angkut
- Ta₁ : Waktu manuver *loading*
- Ta₂ : Waktu diisi muatan (*loading*)
- Ta₃ : Waktu mengangkut muatan (*loading*)
- Ta₄ : Waktu manuver *dumping*
- Ta₅ : Waktu penumpahan muatan
- Ta₆ : Waktu kembali kosong (*travelling*)

Dilakukan pengambilan data waktu edar (*cycle time*) pada alat angkut Scania P360 (lihat Tabel F.1).

Tabel F.1

Cycle Time Alat Angkut dari *Front 1* menuju *Disposal*

Lokasi	No.	Manuver Loading Point(s)	Spotting Time(s)	Loading(s)	Travel Loaded(s)	Manuver Dumping(s)	Dumping(s)	Travel Empty(s)	Total(s)
Jl. Papua(6-11) - Jl. Jawa(3-4) - Jl. Trisula(1-3)	1	31	317	129	560	54	53	390	1217
	2	41	364	125	543	62	52	347	1170
	3	48	168	190	532	42	58	367	1237
	4	62	260	176	525	39	46	460	1308
	5	42	60	143	535	124	64	373	1281
	6	45	0	100	608	50	48	521	1372
	7	47	63	131	537	54	55	453	1277
	8	94	335	175	548	55	57	450	1379
	9	100	13	101	508	44	52	452	1257
	10	48	54	107	497	35	48	424	1159
	11	77	93	104	516	35	50	445	1227
	12	74	37	85	529	32	47	457	1224
	13	71	131	168	535	26	45	520	1365
	14	54	36	89	504	48	52	430	1177
	15	53	32	109	538	19	55	434	1208
	16	42	0	138	538	60	51	502	1331
	17	26	106	146	499	32	55	425	1183
	18	62	0	175	494	46	54	407	1238
	19	110	24	143	549	42	57	456	1357
	20	147	53	132	458	51	57	406	1251

Lanjutan Tabel F.1

Lokasi	No.	Manuver Loading Point(s)	Spotting Time(s)	Loading(s)	Travel Loaded(s)	Manuver Dumping(s)	Dumping(s)	Travel Empty(s)	Total(s)
(Front 1) Jl. Papua(6-11) - Jl. Jawa(3-4) - Jl. Trisula(1-3)	21	74	114	137	476	43	63	443	1236
	22	98	71	134	434	45	54	453	1218
	23	46	57	106	501	50	61	433	1197
	24	55	0	78	547	75	54	465	1274
	25	37	271	79	538	62	51	413	1180
	26	59	131	81	654	62	51	551	1458
	27	40	255	106	516	34	51	444	1191
	28	36	248	115	518	42	62	431	1204
	29	46	75	182	434	39	51	311	1063
	30	62	127	132	435	40	49	325	1043
AVG		61.39	117.61	125.07	526	48.68	53.68	441	1256

Tabel F.2

Cycle Time Alat Angkut dari Front 2 menuju Disposal

Lokasi	No.	Manuver Loading Point(s)	Spotting Time(s)	Loading(s)	Travel Loaded(s)	Manuver Dumping(s)	Dumping(s)	Travel Empty(s)	Total(s)
(Front 2) Jl. Papua(1-11) - Jl. Jawa(3-4) - Jl. Trisula(1-3)	1	65	28	82	565	42	51	395	1200
	2	51	52	74	551	48	53	419	1196
	3	141	49	73	535	25	57	429	1260
	4	49	97	104	464	20	58	494	1189
	5	102	106	212	528	25	55	446	1368
	6	41	108	86	447	24	61	422	1081
	7	65	641	129	527	27	47	372	1167
	8	67	218	142	485	38	55	499	1286
	9	64	220	155	524	19	66	459	1287
	10	12	0	73	487	81	50	445	1148
	11	39	44	77	517	63	53	399	1148
	12	42	58	100	516	68	60	423	1209
	13	30	62	79	529	63	59	562	1322
	14	49	90	80	547	31	47	390	1144
	15	55	43	84	515	41	51	432	1178
	16	48	0	98	543	33	86	447	1255
	17	68	0	80	593	58	52	410	1261
	18	57	314	85	552	59	47	362	1162
	19	66	224	65	683	48	52	384	1298
	20	54	34	92	531	37	97	413	1224
	21	66	0	156	622	49	76	511	1480
	22	44	530	152	594	51	76	500	1417
	23	43	238	127	599	33	76	433	1311
	24	50	419	139	589	77	73	573	1501
	25	47	0	147	574	62	80	506	1416
	26	52	0	148	515	55	47	378	1195
	27	94	304	156	453	57	37	356	1153
	28	60	145	221	454	77	61	391	1264
	29	49	301	121	498	70	56	422	1216
	30	52	0	139	443	53	48	366	1101
	31	55	0	104	578	35	54	468	1294
	32	53	0	82	482	23	43	385	1068
	33	66	147	89	500	25	45	417	1142
	34	12	0	114	478	19	53	448	1124
	35	48	0	109	471	119	48	459	1254
	36	43	0	119	529	47	54	406	1198
	37	24	120	99	474	38	53	377	1065
	38	23	134	101	514	41	59	367	1105
	39	52	182	137	576	45	53	416	1279
	40	55	0	115	561	102	48	469	1350
	41	28	169	144	508	38	50	467	1235
AVG		53.20	123.83	114.37	528	47.95	57.24	432	1233

Tabel F.3

Cycle Time Alat Angkut dari Front 3 menuju Disposal

Lokasi	No.	Manuver Loading Point(s)	Spotting Time(s)	Loading(s)	Travel Loaded(s)	Manuver Dumping(s)	Dumping(s)	Travel Empty(s)	Total(s)
(Front 3) Jl. Bali(5-1) - Jl. Jawa(1-4) - Jl. Trisula(1-3)	1	67	57	93	573	85	45	496	1359
	2	51	0	98	578	48	49	485	1309
	3	54	0	101	538	48	53	376	1170
	4	56	86	113	522	56	52	403	1202
	5	63	87	112	483	62	50	406	1176
	6	36	197	116	533	30	59	521	1295
	7	52	0	105	580	54	58	452	1301
	8	53	156	100	550	50	54	447	1254
	9	47	25	111	548	62	48	500	1316
	10	60	85	112	538	52	51	416	1229
	11	57	89	100	512	55	49	425	1198
	12	58	72	105	495	56	48	451	1213
	13	54	0	98	538	65	49	470	1274
	14	61	98	105	522	48	51	465	1252
	15	47	45	106	550	52	48	455	1258
	16	69	87	100	539	58	53	475	1294
	17	42	85	108	538	52	54	425	1219
	18	54	112	116	540	54	53	400	1217
	19	56	0	105	533	49	50	450	1243
	20	63	156	105	549	54	55	403	1229
	21	56	25	100	550	58	50	406	1220
	22	52	85	111	548	62	54	521	1348
	23	53	89	112	538	52	48	452	1255
	24	47	72	100	512	55	51	447	1212
	25	58	76	114	532	58	52	475	1289
	26	51	66	110	540	60	49	420	1230
AVG		55	71	106	538	55	51	448	1252

LAMPIRAN G

PERHITUNGAN KECUKUPAN DATA

Untuk menentukan jumlah data yang diambil agar diperoleh hasil yang teliti dan dapat merepresentasikan hasil penelitian, maka dilakukan perhitungan kecukupan data.

Banyaknya data pengamatan atau pengukuran conto yang harus diambil dalam metode ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$N' = \left\{ \frac{k}{s} x \frac{\sqrt{N \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right\}^2$$

Keterangan :

- N' : Jumlah Pengamatan dan pengukuran perconto yang harus dilakukan
- k : Tingkat kepercayaan, jika 99% maka k = 3, bila 95% maka k = 2, bila 90% maka k = 1
- s : Derajat ketelitian
- N : Jumlah data pengamatan yang dilakukan
- Σx : Total data pengamatan

Jika $N' \geq N$, maka jumlah conto dianggap tidak memenuhi

Jika $N' \leq N$, maka jumlah conto dianggap memenuhi

Berdasarkan pengambilan data lapangan dengan tingkat kepercayaan 95% dan derajat ketelitian sebesar 5% maka dilakukan perhitungan sehingga memperoleh hasil pada Tabel G.1.

Tabel G.1
Analisis Statistik Kecukupan Data

Tempat	Σx	$(\Sigma x)^2$	$\Sigma(x^2)$	N	N'	Kategori	Keterangan
Front 1	37,282	1,389,947,524	46,562,918	30	8.0	$N' < N$	Cukup
Front 2	50,551	2,555,403,601	62,773,929	41	11.5	$N' < N$	Cukup
Front 3	32,562	1,060,283,844	40,842,068	26	2.4	$N' < N$	Cukup

Tabel G.2
Perhitungan Kecukupan Data Waktu Edar Alat Angkut

NO	Waktu edar Front 1		Waktu edar Front 2		Waktu edar Front 3	
	(Detik)	X ²	(Detik)	X ²	(Detik)	X ²
1	1217	1,481,089	1200	1,440,000	1359	1,846,881
2	1170	1,368,900	1196	1,430,416	1309	1,713,481
3	1237	1,530,169	1260	1,587,600	1170	1,368,900
4	1308	1,710,864	1189	1,413,721	1202	1,444,804
5	1281	1,640,961	1368	1,871,424	1176	1,382,976
6	1372	1,882,384	1081	1,168,561	1295	1,677,025
7	1277	1,630,729	1167	1,361,889	1301	1,692,601
8	1379	1,901,641	1286	1,653,796	1254	1,572,516
9	1257	1,580,049	1287	1,656,369	1316	1,731,856
10	1159	1,343,281	1148	1,317,904	1229	1,510,441
11	1227	1,505,529	1148	1,317,904	1198	1,435,204
12	1224	1,498,176	1209	1,461,681	1213	1,471,369
13	1365	1,863,225	1322	1,747,684	1274	1,623,076
14	1177	1,385,329	1144	1,308,736	1252	1,567,504
15	1208	1,459,264	1178	1,387,684	1258	1,582,564
16	1331	1,771,561	1255	1,575,025	1294	1,674,436
17	1183	1,399,489	1261	1,590,121	1219	1,485,961
18	1238	1,532,644	1162	1,350,244	1217	1,481,089
19	1357	1,841,449	1298	1,684,804	1243	1,545,049
20	1251	1,565,001	1224	1,498,176	1229	1,510,441
21	1236	1,527,696	1480	2,190,400	1220	1,488,400
22	1218	1,483,524	1417	2,007,889	1348	1,817,104
23	1197	1,432,809	1311	1,718,721	1255	1,575,025
24	1274	1,623,076	1501	2,253,001	1212	1,468,944
25	1180	1,392,400	1416	2,005,056	1289	1,661,521
26	1458	2,125,764	1195	1,428,025	1230	1,512,900
27	1191	1,418,481	1153	1,329,409		
28	1204	1,449,616	1264	1,597,696		
29	1063	1,129,969	1216	1,478,656		
30	1043	1,087,849	1101	1,212,201		
31			1294	1,674,436		
32			1068	1,140,624		
33			1142	1,304,164		
34			1124	1,263,376		
35			1254	1,572,516		
36			1198	1,435,204		
37			1065	1,134,225		
38			1105	1,221,025		
39			1279	1,635,841		
40			1350	1,822,500		
41			1235	1,525,225		
Σx		37,282	Σx	50,551	Σx	32,562
(Σx)²		1,389,947,524	(Σx)²	2,555,403,601	(Σx)²	1,060,283,844
Σ(x²)		46,562,918	Σ(x²)	62,773,929	Σ(x²)	40,842,068

LAMPIRAN H
PERHITUNGAN ROLLING RESISTANCE, GRADE RESISTANCE DAN
TOTAL RESISTANCE

Berikut nilai *rolling resistance* dan *grade resistance* yang disesuaikan dengan kondisi jalan di lapangan bisa dilihat pada Tabel I.1, I.2, dan I.3.

1. Nilai *Rolling Resistance* (RR)

Tabel H.1

Nilai *Rolling Resistance*

<i>Rolling Resistance (%)</i>	Kondisi Permukaan Jalan
2	Lapisan permukaan yang kuat dan keras, padat (stabil) dibangun dengan baik dan jalan terpelihara, tidak ada penetrasi ban
2-3	Lapisan dengan kekuatan menengah, padat (stabil), jalan sering dirawat, dengan minimal (<25 mm) penetrasi ban
3-5	Lapisan permukaan material yang lemah, 25-50 mm penetrasi ban, rusak dan tidak terawat
5-8	Lapisan permukaan material yang lemah, 50-100 mm penetrasi ban, rusak dan tidak terawat

2. Perhitungan *Grade Resistance* (GR)

Tabel H.2

Nilai *Grade Resistance*

Lokasi	Segmen	Jarak(m)	Berat Muatan(to)	Berat Total(ton)	Grade(%)	GR (kg/ton)
Jl. Papua	1	137.8	25.2	41.2	-8.3	-83
	2	139.9			-8.8	-88
	3	128.6			-8.8	-88
	4	154.5			-10.8	-108
	5	151.4			-2.7	-27
	6	209.6			6.1	61
	7	101.1			9.9	99
	8	114.7			7.8	78
	9	158.8			10.1	101
	10	128.9			8.5	85
	11	143.7			2.1	21
Jl. Jawa	1	137.7			2.2	22
	2	266.0			1.1	11
	3	158.6			0.6	6
	4	283.4			-2.5	-25

Lanjutan Tabel H.2

Lokasi	Segmen	Jarak(m)	Berat Muatan(to)	Berat Total(ton)	Grade(%)	GR (kg/ton)
Jl. Bali	1	179.0	25.2	41.2	6.7	67
	2	142.0			0.5	5
	3	134.4			6.1	61
	4	285.6			7.6	76
	5	102.8			10.0	100
Jl. Trisula	1	616.4			2.8	28
	2	111.7			-10.0	-100
	3	127.0			-9.3	-93

3. Perhitungan *Total Resistance* (TR)

Tabel H.3

Nilai *Total Resistance*

Lokasi	Segmen	Jarak(m)	Grade(%)	RR (kg/ton)	GR (kg/ton)	TR (kg/ton)	TR (%)
Jl. Papua	1	137.8	-8.3	30.0	-83	-53	-5.3
	2	139.9	-8.8	30.0	-88	-58	-5.8
	3	128.6	-8.8	30.0	-88	-58	-5.8
	4	154.5	-10.8	30.0	-108	-78	-7.8
	5	151.4	-2.7	30.0	-27	3	0.3
	6	209.6	6.1	30.0	61	91	9.1
	7	101.1	9.9	30.0	99	129	12.9
	8	114.7	7.8	30.0	78	108	10.8
	9	158.8	10.1	30.0	101	131	13.1
	10	128.9	8.5	30.0	85	115	11.5
	11	143.7	2.1	30.0	21	51	5.1
Jl. Jawa	1	137.7	2.2	30.0	22	52	5.2
	2	266.0	1.1	30.0	11	41	4.1
	3	158.6	0.6	30.0	6	36	3.6
	4	283.4	-2.5	30.0	-25	5	0.5
Jl. Bali	1	179.0	6.7	30.0	67	97	9.7
	2	142.0	0.5	30.0	5	35	3.5
	3	134.4	6.1	30.0	61	91	9.1
	4	285.6	7.6	30.0	76	106	10.6
	5	102.8	10.0	30.0	100	130	13.0
Jl. Trisula	1	616.4	2.8	30.0	28	58	5.8
	2	111.7	-10.0	30.0	-100	-70	-7.0
	3	127.0	-9.3	30.0	-93	-63	-6.3

LAMPIRAN I

PERHITUNGAN PRODUKTIVITAS ALAT ANGKUT

Perhitungan kemampuan produksi alat angkut dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Pta = n \times \frac{3600}{Cta} \times Kb \times Bff \times Sf \times Ek$$

Keterangan :

Pta = Produktivitas alat angkut (BCM/Jam)

Cta = Waktu edar alat angkut (detik)

n = Jumlah curah rata-rata

Kb = Kapasitas bucket alat gali muat (m³)

Bff = Bucket Fill Factor (%)

Sf = Swell Factor

Ek = Efisiensi kerja (%)

Perhitungan kemampuan produktivitas alat angkut sebagai berikut:

- Dik : - *Bucket Fill Factor* (Bff) = 90%
 - *Swell Factor* (Sf) = 0,74
 - Efisiensi Kerja (Ek) = 95%

Sumber: Dept. Mine Engineering PT Darma Henwa site KCP

1. Kemampuan produktivitas Scania P360 pada *front* 1

$$\begin{aligned} Pta &= n \times \frac{3600}{Cta} \times Kb \times Bff \times Sf \times Ek \\ &= 6 \times \frac{3600}{1256 \text{ detik}} \times 3,1\text{m}^3 \times 90\% \times 0,74 \times 95\% \\ &= 33,73 \text{ BCM/jam} \end{aligned}$$

2. Kemampuan produktivitas Scania P360 pada *front* 2

$$\begin{aligned} Pta &= n \times \frac{3600}{Cta} \times Kb \times Bff \times Sf \times Ek \\ &= 6 \times \frac{3600}{1233 \text{ detik}} \times 3,1\text{m}^3 \times 90\% \times 0,74 \times 95\% \\ &= 34,36 \text{ BCM/jam} \end{aligned}$$

3. Kemampuan produktivitas Scania P360 pada *front* 3

$$Pta = n \times \frac{3600}{Cta} \times Kb \times Bff \times Sf \times Ek$$

$$= 6 \times \frac{3600}{1252 \text{ detik}} \times 3,1\text{m}^3 \times 90\% \times 0,74 \times 95\%$$
$$= 33,84 \text{ BCM/jam}$$

LAMPIRAN J

PENILAIAN ROAD PERFORMANCE MONITORING (RPM)

Nilai *road performance monitoring* (RPM) memiliki standar bisa dilihat pada Tabel 3.3 (*Road Condition Evaluation*), dimana pemberian nilai RPM disesuaikan dengan kondisi dilapangan mengacu pada data yang telah diambil pada daerah penelitian yaitu lebar jalan pada Tabel 4.2 (Lebar Jalan Angkut), Permukaan Jalan pada Tabel 4.3 (Kedalaman Undulasi), Drainase pada Tabel 4.4 (*Cross Slope*) dan Tabel 4.6 (Superelevasi), Grade pada Tabel 4.7 (*Grade*), *Bund Wall* pada Tabel 4.8 (Tinggi *Bund Wall*), Rambu pada Tabel 4.9 (Rambu yang Terpasang), dan Penyiraman pada Gambar 4.1 (Intensitas Debu pada Jalan Angkut)

Tabel J.1

Penilaian RPM (Periode Bulan Maret)

LOKASI				PENILAIAN							PENILAIAN (KONVERSI MENJADI PERSEN)						
				LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN	LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN
TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT														
1/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	4	3	4	4	3	4	4	80%	60%	80%	80%	60%	80%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	5	5	5	5	4	4	100%	100%	100%	100%	100%	80%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	3	4	3	4	4	4	100%	60%	80%	60%	80%	80%	80%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	4	4	4	5	4	4	4	80%	80%	80%	100%	80%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER							90%	75%	85%	85%	80%	80%	80%
LOKASI				PENILAIAN							PENILAIAN (KONVERSI MENJADI PERSEN)						
				LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN	LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN
TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT														
2/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	4	3	4	4	3	4	4	80%	60%	80%	80%	60%	80%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	5	5	5	5	4	4	100%	100%	100%	100%	100%	80%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	3	4	3	4	4	4	100%	60%	80%	60%	80%	80%	80%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	4	4	4	5	4	4	4	80%	80%	80%	100%	80%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER							90%	75%	85%	85%	80%	80%	80%

Lanjutan Tabel J.1

LOKASI				PENILAIAN							PENILAIAN (KONVERSI MENJADI PERSEN)						
				LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN	LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN
TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT														
3/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	4	3	4	4	3	4	4	80%	60%	80%	80%	60%	80%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	5	4	5	5	5	4	100%	100%	80%	100%	100%	100%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	4	3	4	5	4	100%	80%	80%	60%	80%	100%	80%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	4	5	4	4	4	100%	80%	80%	100%	80%	80%	80%
	AVERAGE PER PARAMETER											95%	80%	80%	85%	80%	90%
4/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	4	3	4	4	3	4	4	80%	60%	80%	80%	60%	80%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	4	5	5	5	5	4	100%	80%	100%	100%	100%	100%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	3	4	3	4	5	4	100%	60%	80%	60%	80%	100%	80%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	4	5	4	4	4	100%	80%	80%	100%	80%	80%	80%
	AVERAGE PER PARAMETER											95%	70%	85%	85%	80%	90%
5/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	4	5	4	3	4	5	100%	80%	100%	80%	60%	80%	100%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	5	5	5	5	5	4	100%	100%	100%	100%	100%	100%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	5	4	4	5	5	100%	80%	100%	80%	100%	100%	80%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	5	5	4	4	5	100%	80%	100%	100%	80%	80%	100%
	AVERAGE PER PARAMETER											100%	85%	100%	90%	80%	90%
6/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	4	4	4	3	4	4	100%	80%	80%	80%	60%	80%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	4	5	5	5	5	4	100%	80%	100%	100%	100%	100%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	5	4	4	5	4	100%	80%	100%	80%	80%	100%	80%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	5	5	4	4	4	100%	80%	100%	100%	80%	80%	80%
	AVERAGE PER PARAMETER											100%	80%	95%	90%	80%	90%
7/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	4	4	4	3	4	4	100%	80%	80%	80%	60%	80%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	4	5	5	5	5	4	100%	80%	100%	100%	100%	100%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	5	4	4	5	3	100%	80%	100%	80%	80%	100%	60%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	5	5	4	4	4	100%	80%	100%	100%	80%	80%	80%
	AVERAGE PER PARAMETER											100%	80%	95%	90%	80%	90%

Lanjutan Tabel J.1

LOKASI				PENILAIAN							PENILAIAN (KONVERSI MENJADI PERSEN)						
				LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN	LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN
TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT														
8/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	4	4	4	3	4	4	100%	80%	80%	80%	60%	80%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	4	5	5	5	5	4	100%	80%	100%	100%	100%	100%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	4	4	4	4	3	100%	80%	80%	80%	80%	80%	60%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	5	4	4	4	4	100%	80%	100%	80%	80%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER							100%	80%	90%	85%	80%	85%	75%
9/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	4	4	4	3	4	4	100%	80%	80%	80%	60%	80%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	4	5	5	5	5	4	100%	80%	100%	100%	100%	100%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	4	4	4	4	3	100%	80%	80%	80%	80%	80%	60%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	5	4	4	4	4	100%	80%	100%	80%	80%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER							100%	80%	90%	85%	80%	85%	75%
10/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	4	4	4	4	4	4	100%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	5	5	5	5	5	4	100%	100%	100%	100%	100%	100%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	4	4	4	4	4	100%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	5	4	4	4	4	100%	80%	100%	80%	80%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER							100%	85%	90%	85%	85%	85%	80%
11/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	4	4	4	4	5	5	100%	80%	80%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	5	5	5	5	5	5	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	5	5	4	4	5	5	100%	100%	100%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	5	5	5	4	4	5	100%	100%	100%	100%	80%	80%	100%
				AVERAGE PER PARAMETER							100%	95%	95%	90%	85%	95%	100%
12/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	4	4	4	4	5	5	100%	80%	80%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	5	5	5	5	5	5	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	4	4	4	5	5	100%	80%	80%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	5	5	5	4	4	5	100%	100%	100%	100%	80%	80%	100%
				AVERAGE PER PARAMETER							100%	90%	90%	90%	85%	95%	100%

Lanjutan Tabel J.1

LOKASI				PENILAIAN					PENILAIAN (KONVERSI MENJADI PERSEN)								
				LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN	LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN
TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT														
13/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	3	3	4	4	5	5	100%	60%	60%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	5	5	5	5	5	5	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	4	4	4	5	5	100%	80%	80%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	5	5	4	4	5	100%	80%	100%	100%	80%	80%	100%
	AVERAGE PER PARAMETER										100%	80%	85%	90%	85%	95%	100%
14/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	4	3	3	4	4	5	5	80%	60%	60%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	4	5	5	5	5	5	100%	80%	100%	100%	100%	100%	100%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	4	4	4	5	5	100%	80%	80%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	5	5	4	4	5	100%	80%	100%	100%	80%	80%	100%
	AVERAGE PER PARAMETER										95%	75%	85%	90%	85%	95%	100%
15/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	4	3	3	4	4	5	5	80%	60%	60%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	4	5	5	5	5	5	100%	80%	100%	100%	100%	100%	100%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	3	4	4	4	5	5	100%	60%	80%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	4	5	4	4	5	100%	80%	80%	100%	80%	80%	100%
	AVERAGE PER PARAMETER										95%	70%	80%	90%	85%	95%	100%
16/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	3	3	4	4	4	4	100%	60%	60%	80%	80%	80%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	4	4	5	5	4	4	100%	80%	80%	100%	100%	80%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	3	3	4	4	4	4	100%	60%	60%	80%	80%	80%	80%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	3	5	4	4	4	100%	80%	60%	100%	80%	80%	80%
	AVERAGE PER PARAMETER										100%	70%	65%	90%	85%	80%	80%
17/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	4	3	3	4	4	5	4	80%	60%	60%	80%	80%	100%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	4	4	5	5	5	4	100%	80%	80%	100%	100%	100%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	3	3	4	4	5	4	100%	60%	60%	80%	80%	100%	80%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	4	5	4	4	4	100%	80%	80%	100%	80%	80%	80%
	AVERAGE PER PARAMETER										95%	70%	70%	90%	85%	95%	80%

Lanjutan Tabel J.1

LOKASI				PENILAIAN					PENILAIAN (KONVERSI MENJADI PERSEN)								
				LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN	LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN
TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT														
18/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	4	3	3	4	4	5	5	80%	60%	60%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	4	4	5	5	5	4	100%	80%	80%	100%	100%	100%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	3	3	4	4	5	5	100%	60%	60%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	4	5	4	4	4	100%	80%	80%	100%	80%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER					95%	70%	70%	90%	85%	95%	90%		
LOKASI				PENILAIAN					PENILAIAN (KONVERSI MENJADI PERSEN)								
TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT														
19/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	3	3	4	4	5	4	100%	60%	60%	80%	80%	100%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	4	4	5	5	5	4	100%	80%	80%	100%	100%	100%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	3	3	4	4	5	5	100%	60%	60%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	4	5	4	4	4	100%	80%	80%	100%	80%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER					100%	70%	70%	90%	85%	95%	85%		
LOKASI				PENILAIAN					PENILAIAN (KONVERSI MENJADI PERSEN)								
TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT														
20/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	3	3	4	4	5	3	100%	60%	60%	80%	80%	100%	60%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	4	4	5	5	5	3	100%	80%	80%	100%	100%	100%	60%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	3	4	4	5	3	100%	80%	60%	80%	80%	100%	60%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	4	5	4	4	3	100%	80%	80%	100%	80%	80%	60%
				AVERAGE PER PARAMETER					100%	75%	70%	90%	85%	95%	60%		
LOKASI				PENILAIAN					PENILAIAN (KONVERSI MENJADI PERSEN)								
TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT														
21/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	4	3	4	4	5	4	100%	80%	60%	80%	80%	100%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	4	4	5	5	5	4	100%	80%	80%	100%	100%	100%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	3	4	4	5	4	100%	80%	60%	80%	80%	100%	80%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	4	5	4	4	4	100%	80%	80%	100%	80%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER					100%	80%	70%	90%	85%	95%	80%		
LOKASI				PENILAIAN					PENILAIAN (KONVERSI MENJADI PERSEN)								
TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT														
22/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	4	3	4	4	5	4	100%	80%	60%	80%	80%	100%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	4	4	5	5	5	5	100%	80%	80%	100%	100%	100%	100%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	3	4	4	5	5	100%	80%	60%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	4	5	4	4	4	100%	80%	80%	100%	80%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER					100%	80%	70%	90%	85%	95%	90%		

Lanjutan Tabel J.1

LOKASI				PENILAIAN					PENILAIAN (KONVERSI MENJADI PERSEN)								
				LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN	LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN
TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT														
23/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	4	3	4	4	5	4	100%	80%	60%	80%	80%	100%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	5	4	5	5	5	5	100%	100%	80%	100%	100%	100%	100%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	4	4	4	5	5	100%	80%	80%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	5	4	5	4	4	4	100%	100%	80%	100%	80%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER					100%	90%	75%	90%	85%	95%	90%		
24/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	4	4	4	4	5	4	100%	80%	80%	80%	80%	100%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	5	4	5	5	5	4	100%	100%	80%	100%	100%	100%	80%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	4	4	4	5	5	100%	80%	80%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	4	5	4	4	4	100%	80%	80%	100%	80%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER					100%	85%	80%	90%	85%	95%	85%		
25/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	3	3	4	4	5	4	100%	60%	60%	80%	80%	100%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	5	4	5	5	5	5	100%	100%	80%	100%	100%	100%	100%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	4	3	4	4	5	5	100%	80%	60%	80%	80%	100%	100%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	4	5	4	4	4	100%	80%	80%	100%	80%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER					100%	80%	70%	90%	85%	95%	90%		
26/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	3	3	4	4	5	4	100%	60%	60%	80%	80%	100%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	5	4	5	5	5	5	100%	100%	80%	100%	100%	100%	100%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	3	3	5	4	5	5	100%	60%	60%	100%	80%	100%	100%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	3	4	5	5	4	4	100%	60%	80%	100%	100%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER					100%	70%	70%	95%	90%	95%	90%		
27/3/2023	Jl. Papua	DT	11 segmen	5	3	3	4	4	5	4	100%	60%	60%	80%	80%	100%	80%
	Jl. Jawa	DT	4 segmen	5	5	4	5	5	5	5	100%	100%	80%	100%	100%	100%	100%
	Jl. Bali	DT	5 segmen	5	3	3	5	4	5	5	100%	60%	60%	100%	80%	100%	100%
	Jl. Trisula	DT	3 segmen	5	4	4	5	5	4	4	100%	80%	80%	100%	100%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER					100%	75%	70%	95%	90%	95%	90%		

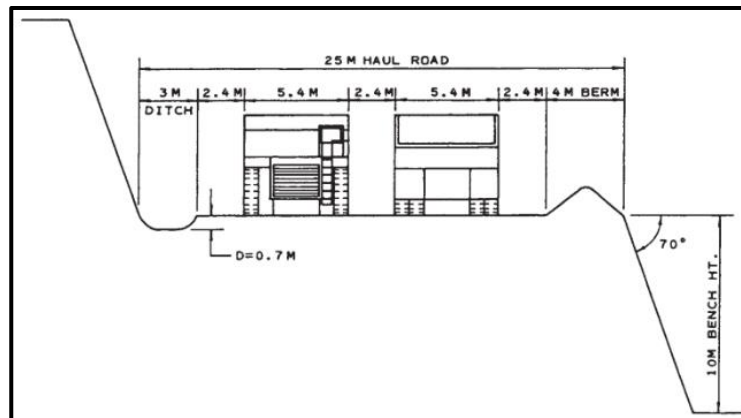
Lanjutan Tabel J.1

LOKASI				PENILAIAN					PENILAIAN (KONVERSI MENJADI PERSEN)											
				LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN	LEBAR JALAN	PERMUKAAN JALAN	DRAINASE	BUNDWALL	GRADE	RAMBU	PENYIRAMAN			
28/3/2023	TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT																
		Jl. Papua	DT	11 segmen			5	3	4	4	4	5	4	100%	60%	80%	80%	80%	100%	80%
		Jl. Jawa	DT	4 segmen			5	5	4	5	5	5	5	100%	100%	80%	100%	100%	100%	100%
		Jl. Bali	DT	5 segmen			5	3	3	5	4	5	5	100%	60%	60%	100%	80%	100%	100%
		Jl. Trisula	DT	3 segmen			5	4	4	5	5	4	4	100%	80%	80%	100%	100%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER					100%	75%	75%	95%	90%	95%	90%					
29/3/2023	TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT																
		Jl. Papua	DT	11 segmen			5	4	4	4	4	5	4	100%	80%	80%	80%	80%	100%	80%
		Jl. Jawa	DT	4 segmen			5	5	4	5	5	5	4	100%	100%	80%	100%	100%	100%	80%
		Jl. Bali	DT	5 segmen			5	3	3	5	4	5	4	100%	60%	60%	100%	80%	100%	80%
		Jl. Trisula	DT	3 segmen			5	4	4	5	5	4	3	100%	80%	80%	100%	100%	80%	60%
				AVERAGE PER PARAMETER					100%	80%	75%	95%	90%	95%	75%					
30/3/2023	TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT																
		Jl. Papua	DT	11 segmen			5	4	4	4	4	5	4	100%	80%	80%	80%	80%	100%	80%
		Jl. Jawa	DT	4 segmen			5	5	4	5	5	5	5	100%	100%	80%	100%	100%	100%	100%
		Jl. Bali	DT	5 segmen			5	3	3	5	4	5	5	100%	60%	60%	100%	80%	100%	100%
		Jl. Trisula	DT	3 segmen			5	4	4	5	5	4	4	100%	80%	80%	100%	100%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER					100%	80%	75%	95%	90%	95%	90%					
31/3/2023	TGL	JALAN	UNIT	TOTAL SEGMENT																
		Jl. Papua	DT	11 segmen			5	4	3	4	4	5	4	100%	80%	60%	80%	80%	100%	80%
		Jl. Jawa	DT	4 segmen			5	5	4	5	5	5	5	100%	100%	80%	100%	100%	100%	100%
		Jl. Bali	DT	5 segmen			5	4	3	5	4	5	5	100%	80%	60%	100%	80%	100%	100%
		Jl. Trisula	DT	3 segmen			5	4	4	5	5	4	4	100%	80%	80%	100%	100%	80%	80%
				AVERAGE PER PARAMETER					100%	85%	70%	95%	90%	95%	90%					

LAMPIRAN K
PERHITUNGAN LEBAR JALAN ANGKUT

A. Lebar Jalan Angkut Minimum Pada Jalan Lurus

Penentuan lebar jalan angkut minimum untuk jalan lurus didasarkan pada persamaan 3.1



Gambar K.1
Lebar Jalan Lurus

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

Keterangan :

L : Lebar jalan minimum pada jalan lurus (m)

n : Jumlah jalur 2

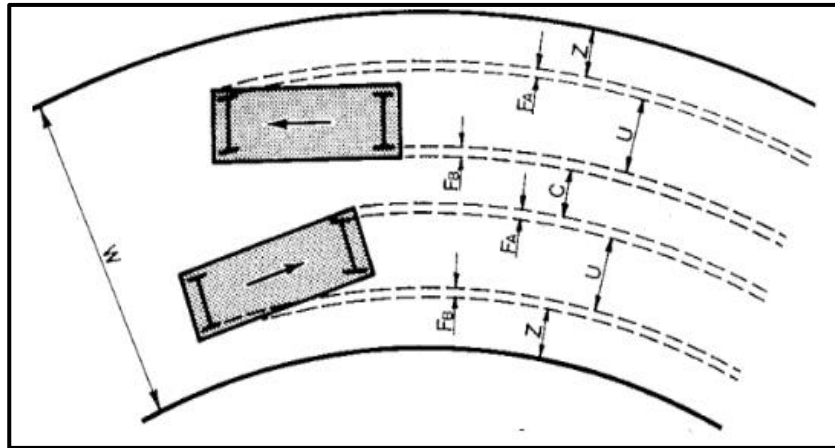
Wt : Lebar *dump truck* Scania P360 adalah 3 m

$$\begin{aligned} L &= (2 \times 3) + (2 + 1) \times (0,5 \times 3) \\ &= 6 + 4,5 \\ &= 10,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi lebar jalan lurus minimum pada 2 jalur jalan lurus untuk *dump truck* Scania P360 adalah 10,5 m

B. Lebar Jalan Angkut Minimum Pada Jalan Tikungan

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



Gambar K.2
Lebar Jalan Tikungan

Persamaan yang digunakan adalah :

$$W_{\min} = n (U + Fa + Fb + Z) + C$$

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

Keterangan :

W = Lebar jalan angkut pada tikungan, (m)

U = Lebar jejak roda, (m)

n = Jumlah jalur (2 jalur)

Fa = Lebar jantai depan dikoreksi dengan sudut penyimpangan roda, (m)

Fb = Lebar jantai belakang dikoreksi dengan sudut penyimpangan roda, (m)

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

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

Berdasarkan spesifikasi alat angkut Scania P360 (Lampiran D), didapatkan:

- Jarak bagian belakang & roda belakang : 0,73 m
- Jarak bagian depan & roda depan : 1,51 m
- Lebar jejak roda depan : 2,49 m

Sehingga :

$$\begin{aligned}C = Z &= 0,5 (U + Fa + Fb) \\ &= 0,5 (2,49 \text{ m} + 1,51 \text{ m} + 0,73 \text{ m}) \\ &= 2,365 \text{ m}.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{\min} &= 2 (2,49 \text{ m} + 1,51 \text{ m} + 0,73 \text{ m} + 2,365 \text{ m}) + 2,365 \text{ m} \\ &= 16,5 \text{ m}.\end{aligned}$$

Jadi lebar jalan minimum pada 2 jalur jalan keadaan tikungan untuk *dump truck* Scania P360 adalah 16,5 m.

LAMPIRAN L
SPESIFIKASI MOTOR GRADER

Spesifikasi Motor Grader CAT 14M



Gambar M.1
Grader CAT 14M

Merk	: CAT
Tipe	: 14M
Model Engine	: 16.0R24
Tenaga	: 259 HP
Lebar Blade	: 4,3 Meter
Maks. Sudut Blade	: 65°
Dimensi :	
- Lebar	: 3,747 Meter
- Panjang Keseluruhan	: 10,8 Meter
- Tinggi Keseluruhan	: 2,8 Meter

Spesifikasi Motor Grader SANY STG230C-8S



Gambar M.2
Grader SANY STG230C-8S

Merk	: SANY
Tipe	: STG230C-8S
Model Engine	: 230C-8
Tenaga	: 228 HP
Lebar Blade	: 4,27 Meter
Maks. Sudut Blade	: 65°
Dimensi :	
- Lebar	: 2,580 Meter
- Panjang Keseluruhan	: 11,1 Meter
- Tinggi Keseluruhan	: 3,310 Meter

Spesifikasi Motor Grader XCMG GR3005



Gambar M.3
Grader XCMG GR3005

Merk	: XCMG
Tipe	: GR3005
Tenaga	: 350 HP
Lebar Blade	: 4,8 Meter
Maks. Sudut Blade	: 65°
Dimensi :	
- Lebar	: 3,87 Meter
- Panjang Keseluruhan	: 12,1 Meter
- Tinggi Keseluruhan	: 3 Meter

LAMPIRAN M
PERHITUNGAN PRODUKTIVITAS *MOTOR GRADER*

Perhitungan kemampuan produktivitas grader dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$KP = V \times (Le - Lo) \times 1000 \times EK$$

Keterangan:

KP = Kapasitas Produksi/Produktivitas, (m²/jam)

V = Kecepatan Kerja, (km/jam)

Le = Lebar Blade Efektif (m)

Lo = Lebar Overlap, (m)

EK = Efisiensi Kerja, (%)

Didapatkan produktivitas grader sebagai berikut:

1. Produktivitas Grader CAT 14M

$$\begin{aligned} KP &= V \times (Le - Lo) \times 1000 \times EK \\ &= 6 \times (4,3 - 0,3) \times 1000 \times 75\% \\ &= 18.000 \text{ m}^2/\text{jam} \end{aligned}$$

2. Produktivitas Grader SANY STG230C-8S

$$\begin{aligned} KP &= V \times (Le - Lo) \times 1000 \times EK \\ &= 6 \times (4,27 - 0,3) \times 1000 \times 75\% \\ &= 17.865 \text{ m}^2/\text{jam} \end{aligned}$$

3. Produktivitas Grader XCMG GR3005

$$\begin{aligned} KP &= V \times (Le - Lo) \times 1000 \times EK \\ &= 6 \times (4,8 - 0,3) \times 1000 \times 75\% \\ &= 20.250 \text{ m}^2/\text{jam} \end{aligned}$$

LAMPIRAN N
PERHITUNGAN *CROSS SLOPE*

Jalan angkut yang baik memiliki *cross slope* 20 mm/m atau 2 %. hal ini berarti setiap 1 m jarak mendatar terdapat beda tinggi 20 mm = 2 cm. Berdasarkan data hasil pengukuran di lapangan dan perhitungan, maka didapatkan perbandingan kemiringan melintang (*cross slope*) masing-masing segmen adalah sebagai berikut:

1. Jl. Papua

- Segmen 1 : Aktual = 0,079 m \approx 7,9 cm (0,97%)
 Perbaikan = (0,5 x 16 m) x 20 mm/m = 160 mm \approx 16 cm
- Segmen 2 : Aktual = 0,07 m \approx 7 cm (0,71%)
 Perbaikan = (0,5 x 20 m) x 20 mm/m = 200 mm \approx 20 cm
- Segmen 3 : Aktual = 0,107 m \approx 10,7 cm (1,12%)
 Perbaikan = (0,5 x 19 m) x 20 mm/m = 190 mm \approx 19 cm
- Segmen 4 : Aktual = 0,077 m \approx 7,7 cm (0,91%)
 Perbaikan = (0,5 x 17 m) x 20 mm/m = 170 mm \approx 17 cm
- Segmen 5 : Aktual = 0,09 m \approx 9 cm (0,77%)
 Perbaikan = (0,5 x 24 m) x 20 mm/m = 240 mm \approx 24 cm
- Segmen 6 : Aktual = 0,104 m \approx 10,4 cm (0,9%)
 Perbaikan = (0,5 x 23 m) x 20 mm/m = 230 mm \approx 23 cm
- Segmen 7 : Aktual = 0,13 m \approx 13 cm (1,28%)
 Perbaikan = (0,5 x 20 m) x 20 mm/m = 200 mm \approx 20 cm
- Segmen 8 : Aktual = 0,146 m \approx 14,6 cm (1%)
 Perbaikan = (0,5 x 29 m) x 20 mm/m = 290 mm \approx 29 cm
- Segmen 9 : Aktual = 0,152 m \approx 15,2 cm (1,54%)
 Perbaikan = (0,5 x 20 m) x 20 mm/m = 200 mm \approx 20 cm
- Segmen 10 : Aktual = 0,187 m \approx 18,7 cm (1,49%)
 Perbaikan = (0,5 x 25m) x 20mm/m = 250 mm \approx 25 cm
- Segmen 11 : Aktual = 0,043 m \approx 4,3 cm (0,4%)

Perbaikan = $(0,5 \times 22 \text{ m}) \times 20 \text{ mm/m} = 220 \text{ mm} \approx 22 \text{ cm}$

2. Jl. Jawa

- Segmen 1 : Aktual = $0,05 \text{ m} \approx 5 \text{ cm} (0,64\%)$
 Perbaikan = $(0,5 \times 16 \text{ m}) \times 20 \text{ mm/m} = 160 \text{ mm} \approx 16 \text{ cm}$
- Segmen 2 : Aktual = $0,182 \text{ m} \approx 18,2 \text{ cm} (1,82\%)$
 Perbaikan = $(0,5 \times 20 \text{ m}) \times 20 \text{ mm/m} = 200 \text{ mm} \approx 20 \text{ cm}$
- Segmen 3 : Aktual = $0,081 \text{ m} \approx 8,1 \text{ cm} (1,24\%)$
 Perbaikan = $(0,5 \times 13 \text{ m}) \times 20 \text{ mm/m} = 130 \text{ mm} \approx 13 \text{ cm}$
- Segmen 4 : Aktual = $0,104 \text{ m} \approx 10,4 \text{ cm} (1,38\%)$
 Perbaikan = $(0,5 \times 15 \text{ m}) \times 20 \text{ mm/m} = 150 \text{ mm} \approx 15 \text{ cm}$

3. Jl. Bali

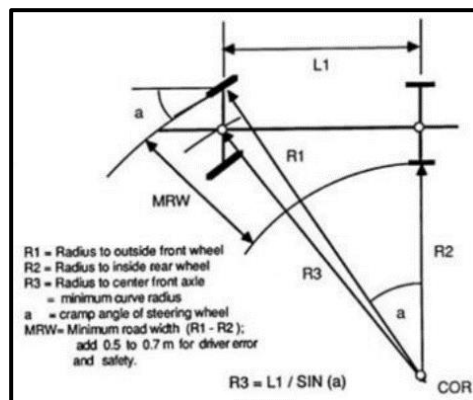
- Segmen 1 : Aktual = $0,054 \text{ m} \approx 5,4 \text{ cm} (0,34\%)$
 Perbaikan = $(0,5 \times 32 \text{ m}) \times 20 \text{ mm/m} = 320 \text{ mm} \approx 32 \text{ cm}$
- Segmen 2 : Aktual = $0,056 \text{ m} \approx 5,6 \text{ cm} (0,56\%)$
 Perbaikan = $(0,5 \times 20 \text{ m}) \times 20 \text{ mm/m} = 200 \text{ mm} \approx 20 \text{ cm}$
- Segmen 3 : Aktual = $0,048 \text{ m} \approx 4,8 \text{ cm} (0,59\%)$
 Perbaikan = $(0,5 \times 16 \text{ m}) \times 20 \text{ mm/m} = 160 \text{ mm} \approx 16 \text{ cm}$
- Segmen 4 : Aktual = $0,009 \text{ m} \approx 0,9 \text{ cm} (0,11\%)$
 Perbaikan = $(0,5 \times 17 \text{ m}) \times 20 \text{ mm/m} = 170 \text{ mm} \approx 17 \text{ cm}$
- Segmen 5 : Aktual = $0,09 \text{ m} \approx 9 \text{ cm} (1,20\%)$
 Perbaikan = $(0,5 \times 15 \text{ m}) \times 20 \text{ mm/m} = 150 \text{ mm} \approx 15 \text{ cm}$

4. Jl. Trisula

- Segmen 1 : Aktual = $0,055 \text{ m} \approx 5,5 \text{ cm} (0,75\%)$
 Perbaikan = $(0,5 \times 15 \text{ m}) \times 20 \text{ mm/m} = 150 \text{ mm} \approx 15 \text{ cm}$
- Segmen 2 : Aktual = $0,089 \text{ m} \approx 8,9 \text{ cm} (0,81\%)$
 Perbaikan = $(0,5 \times 22 \text{ m}) \times 20 \text{ mm/m} = 220 \text{ mm} \approx 22 \text{ cm}$
- Segmen 3 : Aktual = $0,336 \text{ m} \approx 33,6 \text{ cm} (2,07\%)$

LAMPIRAN O
PERHITUNGAN RADIUS TIKUNGAN MINIMUM

Berikut merupakan perhitungan radius tikungan minimum secara matematis dapat ditentukan dengan rumus berikut:



Gambar P.1
Radius Tikungan

$$R3 = \frac{L1}{\sin \alpha}$$

Keterangan:

$R1$ = Radius ke bagian terluar roda depan, m

$R2$ = Radius ke bagian dalam roda terdekat, m

$R3$ = Radius ke bagian tengah sumbu roda depan, m

α = Sudut penyimpangan roda depan

Didapatkan radius tikungan minimum sebesar:

$$\begin{aligned}
 R3 &= \frac{L1}{\sin \alpha} \\
 &= \frac{5,2}{\sin 50^\circ} \\
 &= 6,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN P
PERHITUNGAN SUPERELEVASI

Bagian tikungan jalan perlu diberi superelevasi, yakni dengan cara meninggikan jalan pada sisi luar tikungan. Berdasarkan radius tikungan dan kecepatan rencana alat angkut didapatkan superelevasi yang baik sebesar 4%. Berdasarkan data hasil pengukuran di lapangan dan perhitungan, maka didapatkan perbandingan superelevasi pada segmen tikungan adalah sebagai berikut:

1. Jl. Papua

- Segmen 5 : Aktual = 0,49 m (1,63%)
 Perbaikan = e = Beda tinggi/lebar jalan
 0,04 = Beda tinggi/30 m
 Beda tinggi = 30 m x 0,04
 = 1,2 m (4%)
- Segmen 6 : Aktual = 0,19 m (0,67%)
 Perbaikan = e = Beda tinggi/lebar jalan
 0,04 = Beda tinggi/28 m
 Beda tinggi = 28 m x 0,04
 = 1,12 m (4%)
- Segmen 7 : Aktual = 0,49 m (2,48%)
 Perbaikan = e = Beda tinggi/lebar jalan
 0,04 = Beda tinggi/20 m
 Beda tinggi = 20 m x 0,04
 = 0,8 m (4%)
- Segmen 9 : Aktual = 0,41 m (2,04%)
 Perbaikan = e = Beda tinggi/lebar jalan
 0,04 = Beda tinggi/20 m
 Beda tinggi = 20 m x 0,04
 = 0,8 m (4%)

2. Jl. Jawa

- Segmen 1 : Aktual = 0,06 m (0,24%)
 Perbaikan = e = Beda tinggi/lebar jalan
 0,04 = Beda tinggi/25 m
 Beda tinggi = 25 m x 0,04
 = 1 m (4%)

3. Jl. Bali

- Segmen 1 : Aktual = 0,09 m (0,29%)
 Perbaikan = e = Beda tinggi/lebar jalan
 0,04 = Beda tinggi/31 m
 Beda tinggi = 31 m x 0,04
 = 1,24 m (4%)
- Segmen 2 : Aktual = 0,02 m (0,09%)
 Perbaikan = e = Beda tinggi/lebar jalan
 0,04 = Beda tinggi/23 m
 Beda tinggi = 23 m x 0,04
 = 0,92 m (4%)

4. Jl. Trisula

- Segmen 2 : Aktual = 0,44 m (1,75%)
 Perbaikan = e = Beda tinggi/lebar jalan
 0,04 = Beda tinggi/25 m
 Beda tinggi = 25 m x 0,04
 = 1 m (4%)

- Perbaikan = $\Delta h = -10,3 \text{ m}$
 $\Delta x = 128,6 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{-10,3 \text{ m}}{128,6 \text{ m}} \times 100\% = -8\%$
- Segmen 4 :

Aktual = $\Delta h = -16,7 \text{ m}$
 $\Delta x = 154,5 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{-16,7 \text{ m}}{154,5 \text{ m}} \times 100\% = -10,8\%$

Perbaikan = $\Delta h = -12,4 \text{ m}$
 $\Delta x = 154,5 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{-12,4 \text{ m}}{154,5 \text{ m}} \times 100\% = -8\%$
 - Segmen 5 :

Aktual = $\Delta h = -4,15 \text{ m}$
 $\Delta x = 151,4 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{-4,15 \text{ m}}{151,4 \text{ m}} \times 100\% = -2,7\%$

Perbaikan = $\Delta h = -4,15 \text{ m}$
 $\Delta x = 151,4 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{-4,15 \text{ m}}{151,4 \text{ m}} \times 100\% = -2,7\%$
 - Segmen 6 :

Aktual = $\Delta h = 12,82 \text{ m}$
 $\Delta x = 209,6 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{12,82 \text{ m}}{209,6 \text{ m}} \times 100\% = 6,1\%$

Perbaikan = $\Delta h = 12,82 \text{ m}$
 $\Delta x = 209,6 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{12,82 \text{ m}}{209,6 \text{ m}} \times 100\% = 6,1\%$
 - Segmen 7 :

Aktual = $\Delta h = 10 \text{ m}$
 $\Delta x = 101,1 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{10 \text{ m}}{101,1 \text{ m}} \times 100\% = 9,9\%$

Perbaikan = $\Delta h = 8,1 \text{ m}$
 $\Delta x = 101,1 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{8,1 \text{ m}}{101,1 \text{ m}} \times 100\% = 8\%$

- Segmen 8 : Aktual = $\Delta h = 9 \text{ m}$
 $\Delta x = 114,7 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{9 \text{ m}}{114,7 \text{ m}} \times 100\% = 7,8\%$
 Perbaikan = $\Delta h = 9,21 \text{ m}$
 $\Delta x = 114,7 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{9 \text{ m}}{114,7 \text{ m}} \times 100\% = 8\%$

- Segmen 9 : Aktual = $\Delta h = 16 \text{ m}$
 $\Delta x = 158,8 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{16 \text{ m}}{158,8 \text{ m}} \times 100\% = 10,1\%$
 Perbaikan = $\Delta h = 12,7 \text{ m}$
 $\Delta x = 158,8 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{12,7 \text{ m}}{158,8 \text{ m}} \times 100\% = 8\%$

- Segmen 10 : Aktual = $\Delta h = 11 \text{ m}$
 $\Delta x = 128,9 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{11 \text{ m}}{128,9 \text{ m}} \times 100\% = 8,5\%$
 Perbaikan = $\Delta h = 10,3 \text{ m}$
 $\Delta x = 128,9 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{10,3 \text{ m}}{128,9 \text{ m}} \times 100\% = 8\%$

- Segmen 11 : Aktual = $\Delta h = 3 \text{ m}$
 $\Delta x = 143,7 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{3 \text{ m}}{143,7 \text{ m}} \times 100\% = 2,1\%$
 Perbaikan = $\Delta h = 8,7 \text{ m}$
 $\Delta x = 143,7 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{8,7 \text{ m}}{143,7 \text{ m}} \times 100\% = 8\%$

2. Jl. Jawa

- Segmen 1 : Aktual = $\Delta h = 3 \text{ m}$
 $\Delta x = 137,7 \text{ m}$

- $Grade (\%) = \frac{3 m}{137,7 m} \times 100\% = 2,2\%$
- Perbaikan = $\Delta h = 5,8 m$
 $\Delta x = 137,7 m$
 $Grade (\%) = \frac{5,8 m}{137,7 m} \times 100\% = 4,2\%$
- Segmen 2 : Aktual = $\Delta h = 3 m$
 $\Delta x = 266 m$
 $Grade (\%) = \frac{3 m}{266 m} \times 100\% = 1,1\%$

Perbaikan = $\Delta h = 3 m$
 $\Delta x = 266 m$
 $Grade (\%) = \frac{3 m}{266 m} \times 100\% = 1,1\%$
 - Segmen 3 : Aktual = $\Delta h = 1 m$
 $\Delta x = 158,6 m$
 $Grade (\%) = \frac{1 m}{158,6 m} \times 100\% = 0,6\%$

Perbaikan = $\Delta h = 1 m$
 $\Delta x = 158,6 m$
 $Grade (\%) = \frac{1 m}{158,6 m} \times 100\% = 0,6\%$
 - Segmen 4 : Aktual = $\Delta h = -7 m$
 $\Delta x = 283,4 m$
 $Grade (\%) = \frac{-7 m}{283,4 m} \times 100\% = -2,5\%$

Perbaikan = $\Delta h = -7 m$
 $\Delta x = 283,4 m$
 $Grade (\%) = \frac{-7 m}{283,4 m} \times 100\% = -2,5\%$

3. Jl. Bali

- Segmen 1 : Aktual = $\Delta h = 12 m$
 $\Delta x = 179 m$
 $Grade (\%) = \frac{12 m}{179 m} \times 100\% = 6,7\%$

Perbaikan = $\Delta h = 12 m$
 $\Delta x = 179 m$

- $Grade (\%) = \frac{12 m}{179 m} \times 100\% = 6,7\%$
- Segmen 2 : Aktual = $\Delta h = 0,74 m$
 $\Delta x = 142 m$
 $Grade (\%) = \frac{0,74 m}{142 m} \times 100\% = 0,5\%$
 Perbaikan = $\Delta h = 0,74 m$
 $\Delta x = 142 m$
 $Grade (\%) = \frac{0,74 m}{142 m} \times 100\% = 0,5\%$
 - Segmen 3 : Aktual = $\Delta h = 8,3 m$
 $\Delta x = 134,4 m$
 $Grade (\%) = \frac{8,3 m}{134,4 m} \times 100\% = 6,1\%$
 Perbaikan = $\Delta h = 8,3 m$
 $\Delta x = 134,4 m$
 $Grade (\%) = \frac{8,3 m}{134,4 m} \times 100\% = 6,1\%$
 - Segmen 4 : Aktual = $\Delta h = 21 m$
 $\Delta x = 285,6 m$
 $Grade (\%) = \frac{21 m}{285,6 m} \times 100\% = 7,4\%$
 Perbaikan = $\Delta h = 21 m$
 $\Delta x = 285,6 m$
 $Grade (\%) = \frac{21 m}{285,6 m} \times 100\% = 7,4\%$
 - Segmen 5 : Aktual = $\Delta h = 11 m$
 $\Delta x = 102,8 m$
 $Grade (\%) = \frac{11 m}{102,8 m} \times 100\% = 10\%$
 Perbaikan = $\Delta h = 8,2 m$
 $\Delta x = 102,8 m$
 $Grade (\%) = \frac{8,2 m}{102,8 m} \times 100\% = 8\%$

4. Jl. Trisula

- Segmen 1 : Aktual = $\Delta h = 17 m$
 $\Delta x = 616,4 m$

$$Grade (\%) = \frac{17 \text{ m}}{616,4 \text{ m}} \times 100\% = 2,8\%$$

Perbaikan = $\Delta h = 17 \text{ m}$
 $\Delta x = 616,4 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{17 \text{ m}}{616,4 \text{ m}} \times 100\% = 2,8\%$

- Segmen 2 : Aktual = $\Delta h = -12 \text{ m}$
 $\Delta x = 111,7 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{-12 \text{ m}}{111,7 \text{ m}} \times 100\% = -10\%$





Perbaikan = $\Delta h = -8,9 \text{ m}$
 $\Delta x = 111,7 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{-8,9 \text{ m}}{111,7 \text{ m}} \times 100\% = -8\%$
- Segmen 3 : Aktual = $\Delta h = -11 \text{ m}$
 $\Delta x = 127 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{-11 \text{ m}}{127 \text{ m}} \times 100\% = -9,3\%$

Perbaikan = $\Delta h = -10,2 \text{ m}$
 $\Delta x = 127 \text{ m}$
 $Grade (\%) = \frac{-10,2 \text{ m}}{127 \text{ m}} \times 100\% = -8\%$

LAMPIRAN R

EVALUASI RAMBU

Tabel R.1
Evaluasi Rambu

Lokasi	Evaluasi	Solusi	Gambar Penambahan Rambu
Jl. Papua	Tidak adanya rambu tikungan ataupun rambu banyak tikungan untuk menunjukkan tikungan, tidak adanya rambu tanjakan dan turunan, serta tidak adanya rambu persimpangan	#Bukit simon(Segmen 1, 2-3, 5): memberikan rambu turunan/tanjakan, rambu tikungan #Jl. Papua(Segmen 9): memberikan rambu tanjakan, rambu berkelok-kelok, rambu tikungan(sebab blind spot) dan bisa menambahkan rambu penggunaan gigi(Rimpull) sehingga (para operator bisa menyiapkan/antisipasi mengoper gigi DT ke kecil agar bisa menanjak dan tidak tersendak di tengah-tengah tanjakan)	
Jl. Jawa	Tidak adanya rambu penyempitan jalan untuk menunjukkan ada jalan yang menyempit	#Jl. Jawa(Segmen 4): memberikan rambu penyempitan jalan agar operator bisa antisipasi	
Jl. Bali	Tidak adanya rambu tanjakan dan turunan curam, sehingga menyebabkan DT pada jalan Bali tersendak ditengah-tengah tanjakan	#Jl. Bali(Segmen 1): memberikan rambu tanjakan tajam agar operator bisa menyiapkan/antisipasi menggunakan gigi kecil agar DT tidak tersendak di tengah-tengah tanjakan	
Jl. Trisula	Tidak adanya rambu yang menunjukkan tikungan yang tajam, sehingga dapat menyebabkan operator bisa saja terjadi kecelakaan karna tidak diantisipasi dari awal	#Belokan(Segmen 2): memberikan rambu tikungan dan rambu arah untuk menunjukkan belokan yang tajam (Tambahan untuk tetap menjaga keselamatan operator, harus membuat superelevasi sebab fungsi superelevasi untuk menghilangkan gaya sentrifugal yang disebabkan oleh belokan)	

LAMPIRAN S
PERHITUNGAN PRODUKTIVITAS WATER TRUCK

Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung produktivitas *water truck* adalah sebagai berikut:



Gambar S.1
Water Truck

$$KP = V_{\text{Air Habis}} \times \frac{V}{60}$$

Keterangan:

KP = Kapasitas Produksi/produktivitas (km/20 menit)

$V_{\text{Air Habis}}$ = Kecepatan Habis Air dalam Tangki (menit)

V = Kecepatan Kerja saat memuat air (km/jam)

Didapatkan produktivitas sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Dik} : \text{Flowrate} &= 1.000 \text{ L/menit} \\ &= \frac{20.000 \text{ L}}{1.000 \text{ L/menit}} \\ &= 20 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} KP &= V_{\text{Air Habis}} \times \frac{V}{60} \\ &= 20 \text{ menit} \times \left(\frac{18 \text{ km/jam}}{60 \text{ menit}} \right) \\ &= 6 \text{ km/20 menit} \end{aligned}$$

LAMPIRAN T
PERHITUNGAN *ROLLING RESISTANCE* DAN *GRADE RESISTANCE*
SETELAH PERBAIKAN

Berikut ini nilai *rolling resistance* dan *grade resistance* perbaikan:

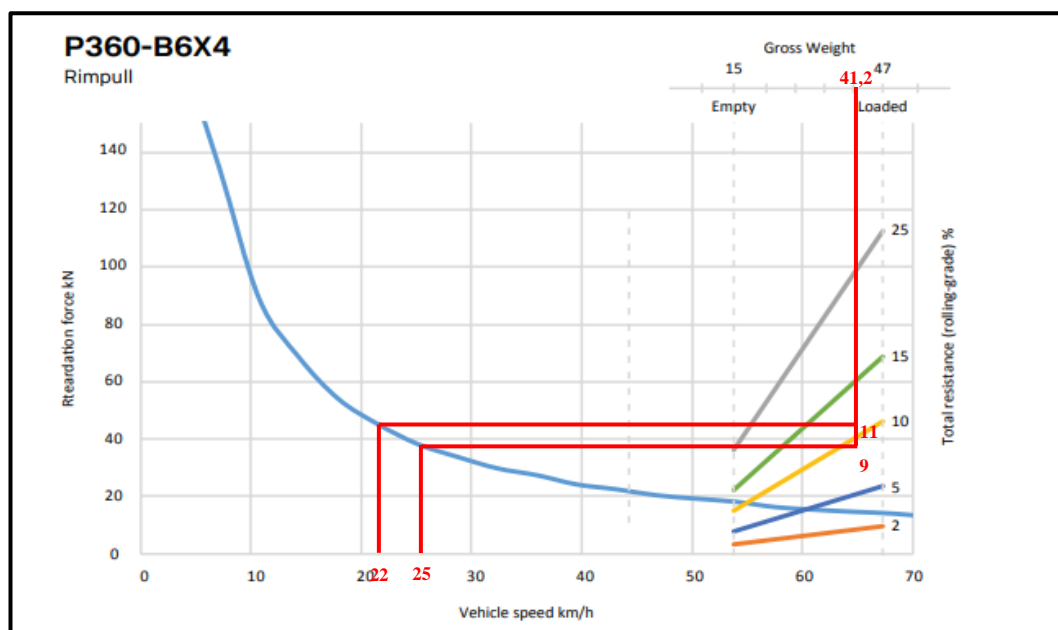
Tabel T.1

Perhitungan RR dan GR Perbaikan

Lokasi	Segmen	Jarak(m)	Grade(%)	Berat Muatan(ton)	Berat Total(ton)	RR (kg/ton)	GR (kg/ton)
Jl. Papua	1	137.8	-8.0	25.2	41.2	30.0	-80
	2	139.9	-8.0			30.0	-80
	3	128.6	-8.0			30.0	-80
	4	154.5	-8.0			30.0	-80
	5	151.4	-2.7			30.0	-27
	6	209.6	6.1			30.0	61
	7	101.1	8.0			30.0	80
	8	114.7	8.0			30.0	80
	9	158.8	8.0			30.0	80
	10	128.9	8.0			30.0	80
	11	143.7	6.1			30.0	61
Jl. Jawa	1	137.7	4.2	25.2	41.2	30.0	42
	2	266.0	1.1			30.0	11
	3	158.6	0.6			30.0	6
	4	283.4	-2.5			30.0	-25
Jl. Bali	1	179.0	6.7	25.2	41.2	30.0	67
	2	142.0	0.5			30.0	5
	3	134.4	6.1			30.0	61
	4	285.6	7.4			30.0	74
	5	102.8	8.0			30.0	80
Jl. Trisula	1	616.4	2.8	25.2	41.2	30.0	28
	2	111.7	-8.0			30.0	-80
	3	127.0	-8.0			30.0	-80

LAMPIRAN U
PERHITUNGAN *TOTAL RESISTANCE*, KECEPATAN, DAN WAKTU
TEMPUH ALAT ANGKUT

Berikut nilai *total resistance*, kecepatan, dan waktu tempuh yang didapatkan (lihat Tabel U.1 dan U.2). Kecepatan dan waktu tempuh alat angkut didapatkan dengan melakukan pengeplotan grafik *travel performance*, sebagai berikut:



Gambar U.1

Pengeplotan Grafik Travel Performance

Dari hasil pengeplotan di grafik *travel performance* didapatkan kecepatan alat angkut perbaikan, dimana dari berat alat angkut diketahui 41,2 ton, kemudian ditarik garis kebawah dibatasi oleh *total resistance* 11% atau 9% yang didapatkan dari penjumlahan *rolling resistance* 3% dan *grade resistance* perbaikan pada Tabel 5.7, setelah itu dibatasi oleh garis biru yang menunjukkan batas kemampuan mesin alat angkut Scania P360, kemudian tarik garis kebawah sehingga didapatkan kecepatan alat angkut yang dapat diperoleh sebesar 22 km/jam dan 25 km/jam.

Tabel U.1
Nilai *Total Resistance*, Kecepatan, dan Waktu Tempuh Bermuatan

Kecepatan secara Teoritis (Bermuatan)												
Lokasi	Disposal	Jalan	Segmen yang dilewati	Jarak(m)	Grade(%)	Nilai RR	RR (kg/ton)	GR (kg/ton)	TR (%)	Kecepatan		Waktu tempuh(s)
										km/jam	m/s	
front 1 (AMJ Barat)	IPD - BC3	Jl. Papua	6	210	6.1	3	30	61	9	25	6.94	30.2
		Jl. Papua	7	101	8.0	3	30	80	11	22	6.11	16.5
		Jl. Papua	8	115	8.0	3	30	80	11	22	6.11	18.8
		Jl. Papua	9	159	8.0	3	30	80	11	22	6.11	26.0
		Jl. Papua	10	129	8.0	3	30	80	11	22	6.11	21.1
		Jl. Papua	11	144	6.1	3	30	61	9	25	6.94	20.7
		Jl. Jawa	3	159	0.6	3	30	6	4	30	8.33	19.0
		Jl. Jawa	4	283	-2.5	3	30	-25	1	30	8.33	34.0
		Jl. Trisula	1	616	2.8	3	30	28	6	30	8.33	74.0
		Jl. Trisula	2	112	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	13.4
		Jl. Trisula	3	127	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	15.2
Travel Load Teoritis												289
front 2 (Bukit Simon)	IPD - BC3	Jl. Papua	1	138	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	16.5
		Jl. Papua	2	140	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	16.8
		Jl. Papua	3	129	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	15.4
		Jl. Papua	4	154	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	18.5
		Jl. Papua	5	151	-2.7	3	30	-27	0	30	8.33	18.2
		Jl. Papua	6	210	6.1	3	30	61	9	25	6.94	30.2
		Jl. Papua	7	101	8.0	3	30	80	11	22	6.11	16.5
		Jl. Papua	8	115	8.0	3	30	80	11	22	6.11	18.8
		Jl. Papua	9	159	8.0	3	30	80	11	22	6.11	26.0
		Jl. Papua	10	129	8.0	3	30	80	11	22	6.11	21.1
		Jl. Papua	11	144	6.1	3	30	61	9	25	6.94	20.7
		Jl. Jawa	3	159	0.6	3	30	6	4	30	8.33	19.0
		Jl. Jawa	4	283	-2.5	3	30	-25	1	30	8.33	34.0
		Jl. Trisula	1	616	2.8	3	30	28	6	30	8.33	74.0
Jl. Trisula	2	112	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	13.4		
Jl. Trisula	3	127	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	15.2		
Travel Load Teoritis												374
front 3 (AMJ Timur)	IPD - BC3	Jl. Bali	1	179	6.7	3	30	67	10	23	6.39	28.0
		Jl. Bali	2	142	0.5	3	30	5	4	30	8.33	17.0
		Jl. Bali	3	134	6.1	3	30	61	9	25	6.94	19.4
		Jl. Bali	4	286	7.4	3	30	74	10	23	6.39	44.7
		Jl. Bali	5	103	8.0	3	30	80	11	22	6.11	16.8
		Jl. Jawa	1	138	4.2	3	30	42	7	30	8.33	16.5
		Jl. Jawa	2	266	1.1	3	30	11	4	30	8.33	31.9
		Jl. Jawa	3	159	0.6	3	30	6	4	30	8.33	19.0
		Jl. Jawa	4	283	-2.5	3	30	-25	1	30	8.33	34.0
		Jl. Trisula	1	616	2.8	3	30	28	6	30	8.33	74.0
		Jl. Trisula	2	112	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	13.4
		Jl. Trisula	3	127	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	15.2
Travel Load Teoritis												330

Tabel U.2
Nilai Total Resistance, Kecepatan, dan Waktu Tempuh Kosongan

Kecepatan secara Teoritis (Kosongan)												
Lokasi	Disposal	Jalan	Segmen yang dilewati	Jarak(m)	Grade(%)	Nilai RR	RR (kg/ton)	GR (kg/ton)	TR (%)	Kecepatan		Waktu tempuh(s)
										km/jam	m/s	
front 1 (AMJ Barat)	IPD - BC3	Jl. Trisula	3	127	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	15.2
		Jl. Trisula	2	112	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	13.4
		Jl. Trisula	1	616	2.8	3	30	28	6	30	8.33	74.0
		Jl. Jawa	4	283	-2.5	3	30	-25	1	30	8.33	34.0
		Jl. Jawa	3	159	0.6	3	30	6	4	30	8.33	19.0
		Jl. Papua	11	144	6.1	3	30	61	9	30	8.33	17.2
		Jl. Papua	10	129	8.0	3	30	80	11	30	8.33	15.5
		Jl. Papua	9	159	8.0	3	30	80	11	30	8.33	19.1
		Jl. Papua	8	115	8.0	3	30	80	11	30	8.33	13.8
		Jl. Papua	7	101	8.0	3	30	80	11	30	8.33	12.1
		Jl. Papua	6	210	6.1	3	30	61	9	30	8.33	25.2
Travel Empty Teoritis												258
front 2 (Bukit Simon)	IPD - BC3	Jl. Trisula	3	127	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	15.2
		Jl. Trisula	2	112	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	13.4
		Jl. Trisula	1	616	2.8	3	30	28	6	30	8.33	74.0
		Jl. Jawa	4	283	-2.5	3	30	-25	1	30	8.33	34.0
		Jl. Jawa	3	159	0.6	3	30	6	4	30	8.33	19.0
		Jl. Papua	11	144	6.1	3	30	61	9	30	8.33	17.2
		Jl. Papua	10	129	8.0	3	30	80	11	30	8.33	15.5
		Jl. Papua	9	159	8.0	3	30	80	11	30	8.33	19.1
		Jl. Papua	8	115	8.0	3	30	80	11	30	8.33	13.8
		Jl. Papua	7	101	8.0	3	30	80	11	30	8.33	12.1
		Jl. Papua	6	210	6.1	3	30	61	9	30	8.33	25.2
		Jl. Papua	5	151	-2.7	3	30	-27	0	30	8.33	18.2
		Jl. Papua	4	154	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	18.5
		Jl. Papua	3	129	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	15.4
		Jl. Papua	2	140	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	16.8
Jl. Papua	1	138	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	16.5		
Travel Empty Teoritis												344
front 3 (AMJ Timur)	IPD - BC3	Jl. Trisula	3	127	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	15.2
		Jl. Trisula	2	112	-8.0	3	30	-80	-5	30	8.33	13.4
		Jl. Trisula	1	616	2.8	3	30	28	6	30	8.33	74.0
		Jl. Jawa	4	283	-2.5	3	30	-25	1	30	8.33	34.0
		Jl. Jawa	3	159	0.6	3	30	6	4	30	8.33	19.0
		Jl. Jawa	2	266	1.1	3	30	11	4	30	8.33	31.9
		Jl. Jawa	1	138	4.2	3	30	42	7	30	8.33	16.5
		Jl. Bali	5	103	8.0	3	30	80	11	30	8.33	12.3
		Jl. Bali	4	286	7.4	3	30	74	10	30	8.33	34.3
		Jl. Bali	3	134	6.1	3	30	61	9	30	8.33	16.1
		Jl. Bali	2	142	0.5	3	30	5	4	30	8.33	17.0
		Jl. Bali	1	179	6.7	3	30	67	10	30	8.33	21.5
		Travel Empty Teoritis										

LAMPIRAN V
PERHITUNGAN PRODUKTIVITAS ALAT ANGKUT SETELAH
PERBAIKAN

Perhitungan kemampuan produksi alat angkut dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Pta = n \times \frac{3600}{Cta} \times Kb \times Bff \times Sf \times Ek$$

Keterangan :

Pta = Produktivitas alat angkut (BCM/Jam)

Cta = Waktu edar alat angkut (detik)

n = Jumlah curah rata-rata

Kb = Kapasitas bucket alat gali muat (m³)

Bff = Bucket Fill Factor (%)

Sf = Swell Factor

Ek = Efisiensi kerja (%)

Perhitungan kemampuan produktivitas alat angkut sebagai berikut:

Dik : - *Bucket Fill Factor* (Bff) = 90%

- *Swell Factor* (Sf) = 0,74

- Efisiensi Kerja (Ek) = 95%

Sumber: Dept. Mine Engineering PT Darma Henwa site KCP

1. Kemampuan produktivitas Scania P360 pada *front* 1

$$\begin{aligned} Pta &= n \times \frac{3600}{Cta} \times Kb \times Bff \times Sf \times Ek \\ &= 6 \times \frac{3600}{1247 \text{ detik}} \times 3,1\text{m}^3 \times 90\% \times 0,74 \times 95\% \\ &= 34,64 \text{ BCM/jam} \end{aligned}$$

2. Kemampuan produktivitas Scania P360 pada *front* 2

$$\begin{aligned} Pta &= n \times \frac{3600}{Cta} \times Kb \times Bff \times Sf \times Ek \\ &= 6 \times \frac{3600}{1224 \text{ detik}} \times 3,1\text{m}^3 \times 90\% \times 0,74 \times 95\% \\ &= 35,29 \text{ BCM/jam} \end{aligned}$$

3. Kemampuan produktivitas Scania P360 pada *front 3*

$$\begin{aligned} \text{Pta} &= n \times \frac{3600}{\text{Cta}} \times \text{Kb} \times \text{Bff} \times \text{Sf} \times \text{Ek} \\ &= 6 \times \frac{3600}{1244 \text{ detik}} \times 3,1\text{m}^3 \times 90\% \times 0,74 \times 95\% \\ &= 34,72 \text{ BCM/jam} \end{aligned}$$