

Evaluasi Jalan Tambang Untuk Meningkatkan Produksi dari Pit A 1 B Ke Evortable Finish Ore (EFO) Di PT Paramitha Persada Tama Blok Kerja PT Bintang Delapan Resources

Edo Febrinaldi^{1*}, Yoszi M. Anaperta, S.T., M.T.**

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*febrinaldi.edo99@gmail.com

** yosziperta@ft.unp.ac.id

Abstract. PT Paramitha Persada Tama is a laterite nickel mining company located in Boenaga Village, Lasolo Islands District, North Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province. PT Paramitha Persada Tama has a Production IUP on the Boenaga block and an Exploration IUP on the Marombo block. PT Paramitha Persada Tama is a company engaged in nickel mining which is one of the job sites of PT. Bintang Eight Resources. PT Paramitha Persada Tama has a production target of 55,000 tons per month but the production achievement achieved is only 49,452.552 tons, so improvements are needed. From observations in the field, firstly, the geometry of the haul road is not ideal for hauling movements and is not safe for other road users. The minimum width of the road that can be traversed by DT HINO 500 Fm 250 JD is 8.6 m on straight roads and 15 m on bends and the absence of safety bombs for some road points. Therefore, there is a need for a technical study of haul road geometry to optimize the cycle time of the conveyance. Several aspects that need to be studied in the mining haul road area are the width of the straight road, the width of the bend road, grade, superelevation, and cross slope. After repairs were made, the initial production output was 49,452.552 tons, after improving productivity, it became 55,743.336 tons, so that the production target of 55,000 tons was achieved.

Keywords: *production, road geometry, safety berm*

1 Pendahuluan

PT Paramitha Persada Tama adalah salah satu Perusahaan pertambangan nikel laterit (*laterite nickel mining*) yang terletak di Desa Boenaga, Kecamatan Lasolo Kepulauan, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. PT Paramitha Persada Tama memiliki IUP Produksi pada blok boenaga dan IUP Eksplorasi pada blok marombo.

PT Paramitha Persada Tama merupakan perusahaan pemilik Izin Usaha Pertambangan (IUP), sekaligus menjadi pihak yang melakukan penambangan secara langsung menggunakan jasa kontraktor sejak tahun 2016. Perusahaan menggunakan alat gali-muat berupa *Excavator Backhoe* dan alat angkut berupa *Dump Truck* dalam kegiatan penambangan.

Penggunaan alat berat pada proses penambangan memiliki peran yang sangat penting agar target produksi tercapai, kegiatan produksi sangat

berhubungan dengan jalan angkut untuk menunjang kelancaran operasi penambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan, dan dimana dalam geometri jalan angkut yang harus diperhatikan sama seperti jalan raya pada umumnya, yaitu lebar jalan dan kemiringan jalan.

PT Paramitha Persada Tama dalam hal ini memiliki beberapa permasalahan terkait produktifitasnya sehingga tidak tercapainya target produksi. Target produksi yang ditetapkan perusahaan pada Bulan April 2021 sebesar 55.000 ton bijih nikel perbulan, sedangkan produktivitas aktual sebesar 49,452,552 ton per bulan hal ini terkendala dalam proses pengangkutan ore di karenakan geometri jalan yang tidak ideal sehingga menghambat proses produktivitas nya, geometri jalan yang baik dan sesuai standar akan meningkatkan nilai efektivitas kerja dari alat sehingga mempersingkat waktu edar (*cycle time*) yang mempengaruhi produktivitas alat angkut tersebut.

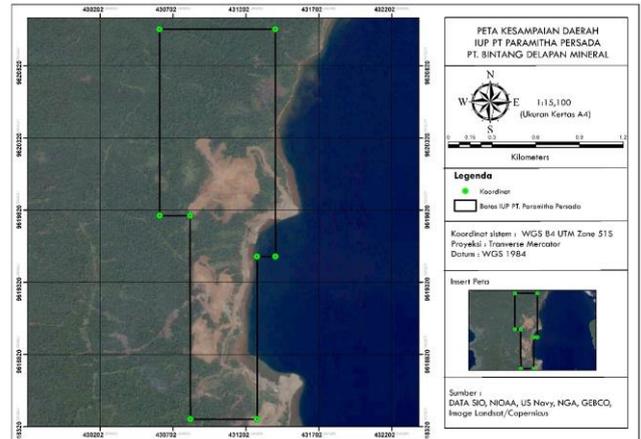
Adapun faktor yang mempengaruhi alat angkut tidak dapat beroperasi secara optimal antara lain kondisi jalan angkut yang sempit sehingga ketika alat angkut berpapasan salah satu alat angkut harus berhenti, terdapat tanjakan yang curam yaitu sebesar 11,65 % sehingga alat angkut harus mengurangi kecepatan untuk bisa mengatasi tanjakan hal ini mempengaruhi waktu edar alat angkut dimana pada keadaan normal jalan angkut dari PIT A1B ke EPO membutuhkan waktu sekitar ± 6.35 menit saat kondisi jalan baik, sedangkan pada kondisi jalan buruk dapat memakan waktu ± 11.76 menit. Kondisi jalan yang bergelombang sehingga pada saat pengangkutan banyak material yang berserakan. Serta dalam pengangkutan ore juga terjadi antrian yang cukup panjang karena sopir DT yang mengejar *retase* tanpa memperhatikan efektifitas pengangkutan. juga hal ini di perparah dengan rambu atau faktor pendukung keselamatan kerja yang sangat minim.

2 Lokasi Penelitian

PT Paramitha Persada Tama berlokasi di desa Boenaga, Kecamatan Lasolo Kepulauan, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. PT Paramitha Persada Tama sendiri memiliki luasan IUP sebesar 175 ha . Titik koordinat wilayah batas KP eksploitasi pertambangan dapat dilihat pada tabel 1 dan lokasi Penambangan nikel PT Paramitha Persada Tama dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.

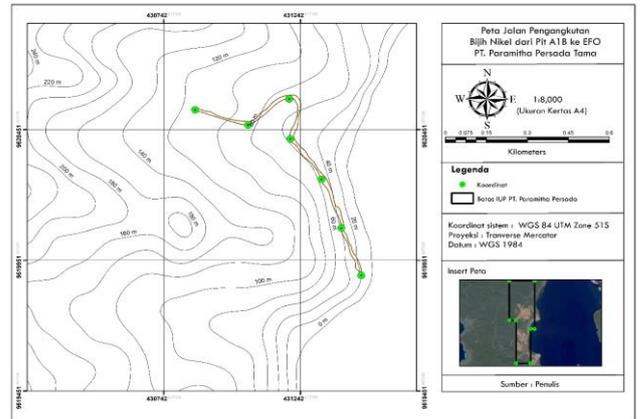
FID	Shape	Id	X_utm	Y_utm	lat	long
0	point	0	430609,0156	9621072,161	3°25'40,920" S	122°22'31,090" E
1	point	0	431404,1898	9621072,676	3°25'40,920" S	122°22'56,860" E
2	point	0	431405,2067	9619498,089	3°26'32,200" S	122°22'56,860" E
3	point	0	431278,6567	9619498,007	3°26'32,200" S	122°22'52,760" E
4	point	0	431279,4282	9618371,415	3°27'8,890" S	122°22'52,760" E
5	point	0	430821,2196	9618371,116	3°27'8,890" S	122°22'37,910" E
6	point	0	430820,2977	9619782,044	3°26'22,940" S	122°22'37,910" E
7	point	0	430609,8582	9619781,906	3°26'22,940" S	122°22'31,090" E

Tabel 1. Koordinat letak PT. Paramitha Persada Tama



Gambar 1. Lokasi IUP PT. Paramitha Persada Tama

Peta jalan lokasi penelitian yang sudah di bagi 8 segmen PT Paramitha Persada tama yang terdapat beberapa kriteria belum ideal sehingga perlu diperbaiki untuk menunjang kegiatan pengangkutan bijih nikel dari Pit A1B KeEFO.



Gambar 2. Peta Kawasan hutan PT. Paramitha Persada Tama

3 Landasan Teori

3.1.1 Jalan

3.1.2 Pengertian

Kep Mentri ESDM No 1827 Th (2018) menyatakan, Jalan Pertambangan adalah jalan khusus yang diperuntukan untuk kegiatan pertambangan dan berada di area pertambangan atau area proyek yang terdiri atas jalan penunjang dan jalan tambang. Jalan Tambang/ Produksi adalah jalan yang terdapat pada area pertambangan dan/atau area proyek yang digunakan dan dilalui oleh alat pemindah tanah mekanis dan unit penunjang lainnya dalam kegiatan pengangkutan tanah penutup, bahan galian tambang, dan kegiatan penunjang pertambangan. Geometri jalan yang harus diperhatikan sama seperti jalan raya umumnya, yaitu lebar jalan angkut, kemiringan jalan dan sebagainya. Alat angkut atau *truck* tambang umumnya berdimensi lebih besar,

panjang dan lebar dibanding dengan alat angkut dijalan raya, oleh karena itu geometri jalan harus sesuai dengan dimensi alat angkut yang digunakan agar alat angkut dapat bergerak leluasa pada kecepatan normal dan aman.

3.1.3 Geometri jalan produksi

Fungsi utama jalan angkut adalah untuk menunjang kelancaran operasional pengangkutan dalam kegiatan penambangan baik dalam pengangkutan ke *stock pile* atau pengangkutan *overburden* di sekitar penambangan dan juga jalan angkut merupakan bagian dari perencanaan yang lebih ditekankan pada rencana bentuk fisik jalan sehingga bisa memenuhi fungsi dasar jalan tambang, karena tujuan dari perencanaan geometri jalan angkut adalah menghasilkan infrastuktur yang aman, memaksimalkan pelayanan dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan atau biaya pelaksanaan, bentuk ukuran, ruang jalan yang baik, dan memberikan rasa nyaman kepada alat yang melintas diatasnya dan pengemudi *dump truck*. (ady winarko 2014 pada hal 2) Geometri jalan angkut yang harus memperhatikan hal sebagai berikut:

a. Lebar jalan angkut

Dalam sehari-hari dalam kegiatan penambangan, semakin lebar jalan angkut maka semakin aman dan lancar lalu lintas pengangkutan. Umumnya jalan angkut pada tambang dibuat untuk jalur tunggal dengan satu arah atau dua arah. Untuk menghitung lebar jalan angkut dibedakan menjadi dua macam yaitu lebar jalan angkut lurus dan lebar jalan angkut untuk belokan (tikungan). Penentuan lebar jalan angkut lurus dan lebar jalan angkut belokan dalam perhitungan berbeda.

b. Lebar jalan pada keadaan lurus

Penentuan lebar jalan minimum untuk jalan lurus didasarkan pada rule of thumb yang dikemukakan oleh AASHTO (*American Association Of State Highway And Transportation Officials*) (1990) yaitu jumlah jalur kali lebar dump truck ditambah setengah lebar *truck* untuk tepi kiri, kanan jalan dan jarak antara dua *dump truck* yang sedang bersilangan lebar jalan minimum yang dipakai sebagai jalur ganda atau lebih pada jalan lurus adalah sebagai berikut:

$$Lm = n \times Wt \times (n + 1) \left(\frac{1}{2} \times Wt \right)$$

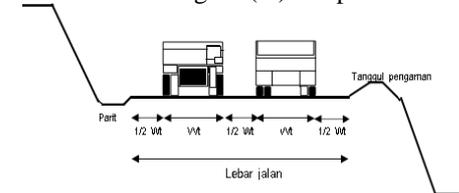
Sumber:Thony Riando. (2016)

dengan:

Lm = lebar jalan minimum (m)

N = jumlah jalur

Wt= lebar alat angkut (m)Temperatur Efektif



Sumber: Kurniawan Nur Pratomo(2015)

Gambar 3. Lebar jalan keadaan lurus

c. Lebar jalan keadaan tikungan

Penentuan lebar jalan pada saat dump truck membelok berebeda dengan keadaan jalan lurus, karena pada belokan terjadi pelebaran jalan yang sangat tergantung dari jari-jari tikungan, sudut tikungan dan kecepatan rencana pelebaran jalan ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{min}=2(U+Fa+Fb+Z)+C$$

$$Z=(U+Fa+Fb)/2$$

Sumber: Aldiyansyah (2016)

dengan:

W = lebar jalan angkut pada tikungan(m)

n = Jumlah jalur.

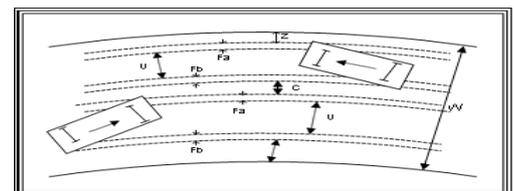
Fa = lebar jantai (over hang) depan(m).

Fb = lebar jantai (over hang) belakang(m).

U = Lebar jejak roda (center to center tyre)(m).

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

Z = Jarak sisi luar dump truck ketepi jalan (m).



Sumber: Kurniawan Nur Pratomo(2016).

Gambar 4. Jalan pada tikungan

d. Kemiringan Jalan (*grade*)

Kemiringan (*grade*) adalah tanjakan dari jalan angkut, kelandaian atau kecuramannya sangat mempengaruhi produksi (*output*) alat angkut, sebab adanya kemiringan jalan (*grade*) menimbulkan tahanan tanjakan (*grade resistance*) yang harus diatasi oleh mesin alat angkut. Berdasarkan kemiringan suatu jalan biasanya dinyatakan dalam persen, kemiringan 1% adalah kemiringan permukaan yang menanjak atau menurun 1 meter atau 1 *feet* secara vertikal dalam jarak horizontal 100 meter atau 100 feet. *Grade* (kemiringan) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

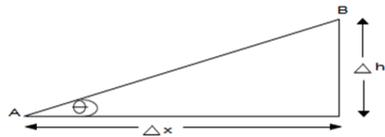
$$grade (\alpha) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\%$$

Sumber: Thony Riando (2016)

dengan:

Δh = beda tinggi antara dua titik yang diukur (m).

Δx = jarak datar antara dua titik yang diukur (m).



Sumber: Ir Yanto Indinesianto, (2005)

Gambar 5. Kemiringan jalan (grade)

Kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut khususnya dump truck, yaitu 8%. Sedangkan untuk jalan naik maupun jalan turun pada daerah perbukitan lebih aman kemiringan jalan maksimum 8%.

e. Superelavasi

Adalah sudut yang dibentuk untuk mengetahui nilai-nilai superelavasi dilapangan maka harus memprhitungkan nilai kecepatan (v), jari-jari belokan (r) koofisien blokan (f). Rumus perhitungan superelavasi.

$$e + f = \frac{v^2}{15R}$$

Sumber: Murad Ali (2016)

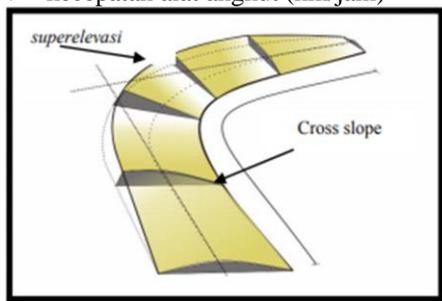
dengan:

e = superelavasi

R = Jari-jari belokan

f = koefisien gesek pada tikungan (0,17)

v = kecepatan alat angkut (km/jam)



Gambar 6. Superelavasi

f. Cross Slope (Kemiringan Melintang)

Cross slope adalah sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Jalan angkut pada umumnya mempunyai bentuk penampang melintang cembung dibuat demikian dengan tujuan untuk memperlancar penyaliran. Apabila turun hujan atau sebab lain, maka air yang ada pada permukaan jalan akan segera mengalir ke tepi jalan angkut, tidak berhenti dan berkumpul pada bagian permukaan jalan. Hal ini penting karena kalau terjadinya genangan air di bagian permukaan jalan akan mengakibatkan kerusakan pada jalan tambang.

Angka *cross slope* dinyatakan dalam perbandingan jarak vertikal (q) dan horizontal (p) dengan satuan mm/m atau m/m. Jalan angkut yang baik memiliki *cross slope* antara 1/50 sampai 1/25 atau 20 mm/m sampai 40 mm/m.

Angka *Cross Slope* dapat dirumuskan dengan:

$$p = \frac{1}{2} \cdot L$$

$$q = p \cdot 40 \text{ mm/m (angka cross slope)}$$

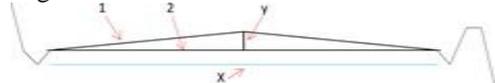
keterangan :

p = jarak horizontal (m)

q = jarak vertikal (mm)

L = lebar jalan (m)

Berikut bentuk penampang melintang jalan angkut :



Gambar 7. Penampang Melintang Jalan Angkut

g. Tanggul pengaman (*safety berm*)

Adalah timbunan di sisi atau tengah jalan yang dibuat untuk menghentikan atau menahan laju kecepatan alat angkut pada saat terjadi insiden. Medians berm (tanggul tengah jalan) dibuat lebih tinggi dan lebih besar dari *conventional berm* agar pada saat kondisinya suatu insiden kecelakaan, maka median berm mampu menahan laju kendaraan agar tidak menabrak kendaraan lain dari arah yang berlawanan (Kaufman & Ault, 1977).

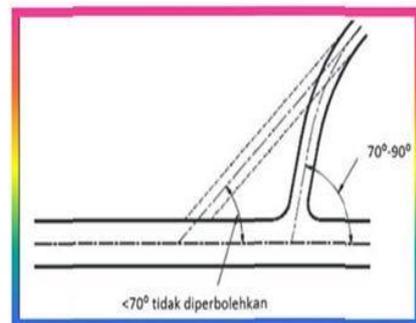


$\frac{3}{4} \times \varnothing$ Roda terbesar

Gambar 8. Tanggul pengaman

h. Sudut Belokan Pertigaan Jalan

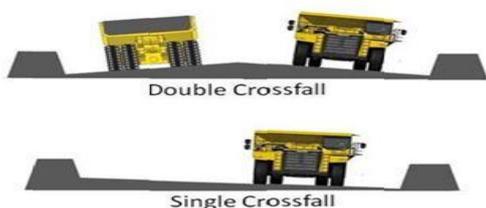
Sudut belokan pada pertigaan jalan tidak boleh kurang dari 70 derajat (tujuh puluh derajat).



Gambar 9. Sudut Belokan Pertigaan Jalan

i. Pemisahan Jalur (*Separator*)

Setiap tikungan dan persimpangan jalan tambang / produksi dipasang pemisah jalur (*separator*) dengan tinggi paling kurang setengah diameter roda kendaraan terbesar dan lebar bagian atas paling kurang sama dengan lebar roda kendaraan terbesar.



Gambar 10. Pemisah jalur

3.2 Daya dukung jalan terhadap beban yang melintas dan perkerasan jalan

3.2.1 Daya dukung terhadap beban yang melintas

Daya dukung jalan adalah kemampuan jalan untuk menopang beban yang ada di atasnya. Jika daya dukung tanah dasar suatu jalan angkut lebih rendah dari jumlah beban yang melintas di atasnya maka dapat dilakukan pemadatan serta penambahan lapisan di atas tanah dasar.

3.2.2 Perkerasan jalan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*sub-grade*) yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada tiga jenis, yaitu: perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan perkerasan kombinasi lentur-kaku (*composite pavement*). Perkerasan jalan angkut harus cukup kuat untuk menahan berat kendaraan dan muatan yang melaluinya, dan permukaan jalannya harus dapat menahan gesekan roda kendaraan, pengaruh air permukaan atau air limpasan (*run off water*) dan hujan.

Daya dukung lapisan tanah dasar merupakan bagian yang sangat penting di dalam merencanakan tebal lapisan perkerasan jalan. Oleh sebab itu evaluasi lapisan sub-grade diarahkan untuk memperoleh suatu estimasi harga atau ukuran daya dukung tanah yang caranya dapat dilakukan di lapangan atau di laboratorium mekanika tanah. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan di dalam mengestimasi ukuran kekuatan daya dukung lapisan tanah dasar antara lain:

1. Kadar air
2. Kepadatan (*compaction*)
3. Perubahan kadar air selama usia pelayanan
4. Variabilitas tanah dasar

5. Ketebalan lapisan perkerasan total yang dapat diterima oleh lapisan lunak yang ada di bawah lapisan dasar.

Cara pengukuran daya dukung lapisan *sub-grade* dapat dilakukan dengan pengujian *California Bearing Ratio (CBR)*, Parameter Elastis dan Modulus Reaksi Tanah Dasar (*k*). Ketiga pengujian tersebut umumnya dilaksanakan di laboratorium mekanika tanah dengan mengikuti prosedur standarisasi yang ditetapkan oleh ASTM, AASHTO, SNI dan lain-lain.

3.2.3 Aspek Keselamatan Jalan Angkut

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 pengemudi. Beberapa aspek keselamatan sepanjang jalan angkut yang akan diuraikan meliputi jarak pandang yang aman, rambu-rambu pada jalan angkut, lampu penerangan, dan jalur pengelak untuk menghindari kecelakaan.

1) Jarak pandang yang aman

Jarak pandang terdiri dari Jarak Pandang Henti (*Jh*) dan Jarak Pandang Mendahului (*Jd*). Jarak Pandang Henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Ketinggian mata pengemudi berkisar antara 4,00 - 4,90 m, sedangkan tinggi penghalang yang dapat menimbulkan kecelakaan berkisar antara 0,15 - 0,20 m diukur dari permukaan jalan.

2) Rambu - rambu jalan

Rambu-rambu perlu dipasang sepanjang jalan angkut untuk lebih menjamin keamanan terutama pada tempat-tempat yang berbahaya. Rambu-rambu dipasang untuk keselamatan:

1. Pengemudi dan kendaraan itu sendiri.
2. Binatang yang ada di sekitar jalan angkut.
3. Masyarakat setempat yang biasa menggunakan jalan tambang.
4. Kendaraan lain yang mungkin lewat pada jalan tersebut.
5. Tanda adanya perempatan, pertigaan, persilangan dengan jalan umum.

3) Lampu penerangan

Lampu penerangan perlu dipasang apabila jalan angkut akan digunakan pada malam hari. Pemasangan bisa dilakukan berdasarkan jarak maupun tingkat bahayanya. Lampu-lampu tersebut dipasang antara lain pada tikungan

(belokan), perempatan atau pertigaan jalan, jembatan, dan tanjakan maupun turunan yang cukup tajam. Pengaturan jalan tambang tidak sama dengan jalan transportasi pada umumnya.

3.3 Produksi

3.3.1 Produksi

PT. Paramitha Perasada Tama dalam hal pengangkutan *ore* menggunakan alat angkut *dump truck* tipe HINO 500. Produktivitas alat angkut aktual berdasarkan pengamatan *cycle time* dan efisiensi kerja alat angkut di lapangan. Produktivitas alat angkut ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$p = n \cdot q_1 \cdot k \cdot \frac{60}{C_{mt}} \cdot E_u \cdot M \cdot SF$$

(Nofwanda, 2019)

Keterangan :

- P = produktivitas alat angkut (m^3 /jam)
- n = banyaknya jumlah pengisian
- q1 = Kapasitas bucket excavator (m^3)
- K = nilai Bucket Fill Factor Excavator
- C = produksi per siklus
- C_{tm} = waktu edar alat angkut,
- EU = Effective Utilization
- M = jumlah alat angkut yang beroperasi
- SF = *swell factor*
- E_t = efisiensi kerja
- M = jumlah alat angkut yang beroperasi

4 Metode Penelitian

4.1 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang merekam data sebanyak-banyaknya dari populasi yang luas yang berhubungan dengan angka baik hasil pengukuran, analisis data, maupun penafsiran, dan penarikan kesimpulannya dengan bantuan rumus- rumus statistik maupun komputer (Irawan, 2006). Selain menggunakan penelitian kuantitatif, pada penelitian ini juga digunakan metode terapan. Penelitian terapan lebih

menekankan pada penerapan ilmu, atau aplikasi ilmu, ataupun penggunaan ilmu ataupun untuk keperluan tertentu. Penelitian terapan merupakan suatu kegiatan yang sistematis dan logis dalam rangka menemukan suatu yang baru atau aplikasi baru dari penelitian-penelitian yang telah pernah dilakukan selama ini.

4.2 Tahapan Penelitian

4.2.1 Studi Literatur

Studi literature merupakan kegiatan pencarian bahan pustaka yang berkaitan dengan masalah penelitian meliputi tentang analisis dan evaluasi geometri jalan tambang untuk peningkatan produksi dan juga faktor pendukung keselamatan dan keamanan.

4.2.2 Observasi Lapangan

Observasi lapangan adalah kegiatan peninjauan lapangan langsung untuk mengamati kondisi daerah penelitian dan kegiatan penambangan di lokasi tersebut.

4.2.3 Perumusan Masalah

Rumusan masalah disusun berdasarkan observasi lapangan untuk menjawab permasalahan dan menemukan solusi terhadap kegiatan produksi batubara di lubang bawah tanah.

4.2.4 Pengambilan Data

Penelitian ini menggunakan dua metode pengambilan data, yaitu:

- a. Data Primer, diperoleh dari pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan. Data primer yang diperlukan adalah:
 - 1) Lebar jalan lurus dan lebar jalan tikungan ,yang di ukur menggunakan meteran
 - 2) Pengukuran elevasi dengan menggunakan total station untuk mengetahui beda tinggi per segmen jalan
 - 3) Melakukan pengukuran kendaraan atau spesifikasi kendaraan yang di gunakan dalam proses penambangan (produksi)
 - 4) Melakukan pengukuran *cross slope* ,*grade*, dan *superelevasi* secara manual dengan rumus :

$$\text{cross slope} = \frac{1}{2} \cdot L$$

$$q = p \cdot 40 \text{ mm/m (angka } \textit{cross slope})$$

$$\text{grade } (\alpha) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\%$$

$$\text{Superelevasi } e + f = \frac{v^2}{15R}$$

- b. Data Sekunder, Data sekunder diperoleh dari buku-buku literatur atau studi kepustakaan dan data-data/arsip perusahaan. Seperti berikut:
- 1) Lokasi kesampaian daerah
 - 2) Struktur organisasi
 - 3) Izin usaha pertambangan
 - 4) Data curah hujan
 - 5) Kondisi geologi dan stratigrafi
 - 6) Spesifikasi alat Dump Truck yang digunakan pada PT Paramitha Persada Tama (PPT)

4.2.5 Pengolahan Data

Setelah data didapatkan maka selanjutnya adalah pengelompokan dan pengolahan data. Penelitian terdiri dari beberapa variabel, sehingga data harus dikelompokkan sesuai dengan tahapan pengerjaannya. Kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini adalah:

- 1) Menghitung data *cycle time* alat angkut bijih nikel untuk mengetahui produktivitas aktual bijih nikel.
- 2) Mengevaluasi kondisi geometri jalan angkut aktual.
- 3) Merancang geometri jalan angkut yang dibutuhkan untuk mencapai target produksi yang terdiri dari menghitung lebar jalan, kemiringan (*grade*) jalan, superelevasi dan cross slope berdasarkan perhitungan teoritis.
- 4) Menghitung prediksi *cycle time* alat angkut setelah jalan dievaluasi.
- 5) Melakukan perhitungan teoritis terhadap produksi bijih nikel menggunakan data prediksi *cycle time* alat angkut setelah dievaluasi.
- 6) Membandingkan produksi bijih nikel aktual dengan produksi bijih nikel teoritis setelah jalan angkut dievaluasi, sehingga angka ketercapaian produksi bijih nikel bisa terpenuhi (target produksi).

5 Hasil dan Pembahasan

5.1 Hasil Penelitian

5.1.1 Lebar jalan lurus dan tikungan

Lebar jalan aktual dilihat pada Tabel 2. Lebar Jalan Angkut Dari Pit A1B ke EPO

No.	Segmen	Lebar Jalan			Kriteria
		Lebar Jalan (m)		Lebar Ideal (m)	
		Lurus	Tikungan		
1	A-B	6,78	-	9	Behum ideal
2	B-C	6,2	-	9	Behum ideal
3	C-D	-	7	12	Behum ideal
4	D-E	-	7	12	Behum ideal
5	E-F	-	9,8	12	Behum ideal
6	F-G	-	8,3	12	Behum ideal
7	G-H	8,7	-	9	Behum ideal
8	H-I	6,15	-	9	Behum ideal

5.1.2 Kemiringan (*grade*)

Kemiringan jalan sangat berpengaruh terhadap kecepatan yang akan ditempuh oleh dump truck. Apabila *grade* jalan memiliki persentase positif (jalan menanjak), maka *dump truck* akan berjalan lebih lambat dikarenakan pengaruh tekanan yang diberikan oleh gaya gravitasi.

Begitu pula sebaliknya, *dump truck* akan berjalan lebih cepat pada kondisi *grade* jalan dengan persentase negatif (jalan menurun) dikarenakan bantuan dari gaya gravitasi. Kemiringan jalan (*grade*) jalan angkut ideal maksimum sebesar 10%. Berdasarkan pengamatan dilapangan diperoleh elevasi jalan seperti pada tabel di bawah

Tabel 3. Elevasi Aktual Jalan Angkut Dari Pit A1B ke EPO

TITIK	ELEVASI (m)	TITIK	ELEVASI (m)
A	23,7	F	81,435
B	37,9	G	104,7
C	48,1	H	121,
D	51,436	I	135,5
E	66,6		

Sumber: Data Primer, Olahan Data Hasil Penelitian Skripsi, 2021

Jarak dan beda tinggi jalan PT Paramitha Persada Tama terlihat pada table dibawah ini.

Tabel 4. Jarak dan Beda Elevasi Aktual Jalan Angkut Dari Pit A1B ke EPO

Segmen Jalan	Jarak (m)	Beda Tinggi (m)
A-B	200	14,2
B-C	200	10,2
C-D	200	3,3
D-E	200	15,2
E-F	200	14,8
F-G	200	23,3
G-H	200	16,3
H-I	200	16,3
I-J	200	14,5

Sumber: Data Primer, Olahan Data Hasil Penelitian Skripsi, 2021

5.1.3 superelevasi

Kemiringan badan jalan (Superelevasi) pada tikungan. Sangat mempengaruhi kecepatan alat pada jalan di tikungan supaya tidak tergelincir keluar dari badan jalan. Beda tinggi aktual antara sisi dalam dan sisi luar tikungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Beda Tinggi Aktual Sisi Dalam Dan Sisi Luar Pada Tiap Tikungan Jalan Angkut Dari Dari PIT A1B KE EPO

No	Segmen	Elevasi Tikungan		Beda Tinggi(m)
		Sisi Luar (mdpl)	Sisi Dalam (mdpl)	
1	C-D	53,5	52,9	0,6
2	D-E	67,15	68,87	Tinggi (m)
3	E-F	81,95	81,53	0,42
4	F-G	105,11	104,97	0,14

Sumber: Data Primer, Olahan Data Hasil Penelitian Skripsi, 2021

5.1.4 Cross slope

Cross slope dibuat dengan tujuan apabila turun hujan atau sebab lain, maka air yang ada pada permukaan jalan akan segera mengalir ke tepi jalan, tidak berhenti dan mengumpul pada permukaan jalan. Cross slope dengan kata lain digunakan untuk mengatasi masalah drainase di atas permukaan jalan. Cross slope yang terlalu besar juga tidak baik.

Tabel 6. Beda Tinggi Aktual Antara Tengah Jalan Dengan Bahu Jalan Pada Tiap Segmen Jalan Angkut Dari Jalan Angkut Dari Dari PIT A1B KE EPO

No.	Segmen	Elevasi (mdpl)		Beda Tinggi (cm)
		Tengah Jalan	Bahu Jalan	
1	A-B	23,82	23,69	13
2	B-C	38,2	37,8	40
3	C-D	48,32	48,08	24
4	D-E	51,88	51,399	48
5	E-F	66,95	66,48	47
6	F-G	81,71	81,55	16
7	G-H	104,9	104,78	12
8	H-I	121,6	121,31	29

Sumber: Data Primer, Olahan Data Hasil Penelitian Skripsi, 2021

5.1.5 Tanggul pengaman

Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K 30 MEM 2018 yaitu pada setiap jalan tambang/produksi tersedia tanggul pengaman di sisi luar badan jalan dengan tinggi sekurang-kurangnya $\frac{3}{4}$ (tiga per empat) diameter roda kendaraan terbesar dan memperhitungkan potensi air limpasan dan/atau material lepas yang dapat masuk ke jalan.

Tabel 7. Tinggi tanggul pengaman Aktual Jalan Pada Tiap Segmen Jalan Angkut dari Jalan Angkut Dari Dari Pit A1b Ke EFO

No	Segmen	Tinggi Tanggul (m)
1	A-B	1,16
2	B-C	0,5
3	C-D	0,5
4	D-E	0
5	E-F	0
6	F-G	0,76
7	G-H	0
8	H-I	0,65

5.1.6 Sudut Belokan Pertigaan Jalan

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak perusahaan sudut belokan yang ada di pertigaan jalan yaitu di segmen c-d memiliki sudut 70° .

5.1.7 Pemisah Jalur (saparator)

Adalah bagian dari jalan yang tidak dapat dilalui oleh kendaraan, dengan bentuk memanjang sejajar jalan, dimaksudkan untuk memisahkan antara jalur yang berbeda fungsi, misalnya pemisah antara jalur cepat dengan jalur lambat. Sedangkan di PT Paramitha Persada Tama belum memiliki pemisah jalur ini.

5.1.8 Produktivitas alat angkut nikel

Produktivitas alat angkut di sini menyatakan suatu ukuran bagaimana alat angkut tersebut diatur dan dimanfaatkan untuk mencapai hasil yang optimal dalam hal ini mencapai target produksi. Target produksi bijih nikel yang hendak dicapai pada bulan april 2021 adalah sejumlah 55.000 ton. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan terhadap produktivitas aktual alat angkut bijih nikel diperoleh total produktivitas alat angkut senilai 49,452,552 ton/bulan Hal ini menunjukkan belum tercapainya target produksi yang hendak dicapai. Salah satu yang diduga menjadi penghambat tidak tercapainya target produksi adalah geometri jalan yang belum ideal sehingga perlu diperbaiki.

5.2 Pembahasan

5.2.1 Analisa data

Rencana perbaikan terhadap masing-masing segmen pada jalan angkut dari PIT A1B KE EPO milik PT Paramitha Persada Tamayang belum memenuhi kriteria ideal perlu dilakukan. Berdasarkan evaluasi teknis yang telah dilakukan, rencana perbaikan geometri jalan meliputi:

a. Lebar jalan lurus

Perhitungan lebar jalan lurus minimum untuk jalan angkut dari PIT A1B KE EPO menggunakan perhitungan lebar jalan minimum untuk dua jalur.

$$L \text{ min} = n \cdot Wt + (n+1)(\frac{1}{2} \cdot Wt)$$

$$= (2 \times 2,49) + (2 + 1) (1/2 \times 2,49)$$

$$= 8,715 \text{ m}$$

$$\approx 9 \text{ m}$$

b. Lebar jalan tikungan

Perhitungan lebar jalan tikungan minimum untuk jalan angkut dari PIT A1B KE EPO menggunakan perhitungan lebar jalan minimum pada tikungan.

Diketahui untuk *dump truck* HINO 500 Fm 260 Ti:

Jarak sumbu roda depan ke bagian depan (ad) = 1,260m

Jarak sumbu roda belakang ke bagian belakang (ab) = 1,800 m Sudut penyimpangan (α) = 45°

$$Fa = ad \times \sin \alpha$$

$$= 1,260 \times \sin (45)$$

$$= 1,260 \times 0,7071$$

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

$$Fb = ab \times \sin \alpha$$

$$= 1,800 \times \sin (45)$$

$$= 1,800 \times 0,7071$$

$$= 1,27 \text{ m}$$

$$U = 1,20 \text{ m}$$

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

$$= \frac{1}{2} (1,20 + 0,89 + 1,27)$$

$$= 1,68 \text{ m}$$

Lebar jalan minimum pada tikungan untuk dua jalur adalah

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

$$= 2 (1,20 + 0,89 + 1,27 + 1,68) + 1,68$$

$$= 11,76 \text{ m}$$

$$\approx 12 \text{ m}$$

Perbandingan kondisi aktual dan ideal lebar jalan pada tiap segmen jalan angkut dari PIT A1B KE EPO khusus milik perusahaan disajikan pada tabel di bawah ini. Kelembapan Udara.

Tabel 8. Perbandingan Kondisi Aktual dan Ideal Lebar Jalan Pada Tiap Segmen Jalan Angkut Dari PIT A1B KE EPOKhusus Milik Perusahaan

No.	Segmen	Lebar Jalan (m)		Lebar Ideal (m)	Kriteria
		Lurus	Tikungan		
1	A-B	6,78	-	9	Belum ideal
2	B-C	6,2	-	9	Belum ideal
3	C-D	-	7	12	Belum ideal
4	D-E	-	7	12	Belum ideal
5	E-F	-	9,8	12	Belum ideal
6	F-G	-	8,30	12	Belum ideal

No.	Segmen	Lurus	Tikungan	Ideal (m)	Kriteria
7	G-H	8,7	-	9	Belum ideal
8	H-I	6,15	-	9	Belum ideal

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa lebar jalan tikungan dan Lebar jalan lururs belum ideal karena lebar jalannya kecil dari 9 meter untuk jalan lurus dan kecil dari 12 m untuk jalan tikungan. Oleh karena itu setiap segmen jalan ini perlu dilakukannya perluasan lebar jalan, agar kondisinya menjadi ideal dan efektivitas pengangkutan dapat dilaksanakan.

c. kemiringan jalan (*grade*)

Kemiringan jalan angkut bijih nikel PT Paramitha Persada Tamadapat kita dapatkan dengan perhitungan di bawah

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

Keterangan:

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

Δx = jarak antara dua titik segmen jalan yang diukur (m)

Kemiringan jalan maksimum (*grade*) yang ditetapkan di beberapa negara maksimum sebesar 10% (Lubis, 2017). Perbandingan kondisi aktual dan ideal kemiringan jalan (*grade*) pada tiap segmen jalan angkut dari PIT A1B KE EPO khusus milik perusahaan disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 9. Perbandingan Kondisi Aktual dan Ideal Grade Jalan Angkut Dari PIT A1B KE EPOKhusus Milik Perusahaan

Segmen Jalan	Grade (%)		Kriteria
	Aktual	Ideal	
A-B	7,1	10	Ideal
B-C	5,1	10	Ideal
C-D	1,65	10	Ideal
D-E	7,6	10	Ideal
E-F	7,4	10	Ideal
F-G	11,65	10	Belum Ideal
G-H	8,15	10	Ideal
H-I	7,25	10	Ideal

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa kemiringan jalan (*grade*) setiap segmen jalan angkut sudah ideal karena di bawah batas maksimum yang ditetapkan yaitu dibawah 10%.

d. Superelevasi

Superelevasi atau kemiringan pada tikungan dinyatakan dalam tangen sudut atau dapat pula dinyatakan dalam satuan m/m, yang diukur dari sisi luar tikungan

Perhitungan superelevasi dengan menghitung beda tinggi antara elevasi luar dan elevasi dalam, kemudian dibagi dengan lebar jalan miring (R). Nilai lebar jalan tikungan ideal berdasarkan perhitungan yang dilakukan senilai 11,3 meter. Superelevasi yang ideal menurut Kaufman adalah 0,04 m/m karena lebih variatif untuk berbagai macam jari-jari tikungan dan tingkat kecepatan. Beda tinggi (a) yang harus dibuat dengan penggunaan angka superelevasi 0,04 m/m adalah :

$$\begin{aligned} \text{tg } \alpha &= 0,04 ; \text{ maka } \alpha = 2,29^\circ \quad a = R \times \sin \alpha \\ a &= 12 \text{ m} \times \sin 2,29^\circ = 12 \text{ m} \times 0,039 \\ a &= 0,468 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi beda tinggi yang harus dibuat antara sisi dalam dan sisi luar tikungan adalah 0,468 meter.

Perbandingan kondisi aktual dan ideal superelevasi pada tiap segmen jalan angkut dari PIT A1B KE EPO khusus milik perusahaan disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 10. Perbandingan Kondisi Aktual dan Ideal Superelevasi Pada Tiap Tikungan Jalan Angkut Dari PIT A1B KE EPO

No.	Segmen	Superelevasi (m)		Kriteria
		Aktual	Ideal	
1	C-D	0,6	0,468	Ideal
2	D-E	0,28	0,468	Belum ideal
3	E-F	0,42	0,468	Belum ideal
4	F-G	0,14	0,468	Belum ideal

Sumber : Data Primer, Olahan Data Hasil Penelitian Skripsi, 2021

Berdasarkan tabel di atas diketahui bahwa superelevasi untuk segmen jalan F-G belum memenuhi kondisi yang ideal, sehingga perlu dilakukan perbaikan geometri jalannya

e. Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

Nilai *cross slope* yang direkomendasikan adalah sebesar 20 – 40 mm/m jarak bagian tepi jalan ke bagian tengah jalan. *Cross slope* untuk jalan tambang satu jalur dengan lebar 9 m dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Beda tinggi max} &= 40 \text{ mm/m} \times (\frac{1}{2} \times \text{lebar jalan lurus}) \\ \text{Beda tinggi max} &= 40 \text{ mm/m} \times (\frac{1}{2} \times 9 \text{ m}) \\ &= 180 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cross slope yang ideal untuk jalan tambang satu jalur yang mempunyai lebar 9 meter maka adalah sebesar 18 cm.

Tabel 11. Perbandingan Kondisi Aktual dan Ideal Cross Slope Pada Tiap Segmen Jalan Angkut Dari PIT A1B KE EPO

No.	Segmen	Cross Slope (cm)		Kriteria
		Aktual	Ideal	

No.	Segmen	Aktual	Ideal	Kriteria
1	A-B	13	18	Belum ideal
2	B-C	40	18	Ideal
3	C-D	24	18	Ideal
4	D-E	48	18	Ideal
5	E-F	47	18	Ideal
6	F-G	16	18	Belum ideal
7	G-H	12	18	Belum ideal
8	H-I	29	18	Ideal

Sumber: Data Primer, Olahan Data Hasil Penelitian Skripsi, 2021

f. Sudut pembelokan

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak perusahaan sudut belokan yang ada di pertigaan jalan yaitu di segmen c-d memiliki sudut 70°.

g. Pemisah Jalur (*saparor*)

Berdasarkan kepmen 1827 tahun 2018 pada setiap tikungan dan persimpangan jalan tambang/produksi dipasang pemisah jalur (separator) dengan tinggi paling kurang setengah diameter roda kendaraan terbesar dan lebar bagian atas paling kurang sama dengan lebar roda kendaraan terbesar.

h. Produktivitas

Produktivitas aktual alat angkut berdasarkan kapasitas alat angkut akan menunjukkan nilai produksi dari alat angkut tersebut. Perhitungan aktual alat angkut pada penambangan pit A1b PT Paramitha Persada Tama dapat dilihat pada perhitungan dibawah

$$\begin{aligned} p &= n \cdot q_1 \cdot k \cdot \frac{60}{Cmt} \cdot Eu \cdot M \cdot SF \\ p &= 9 \cdot 1,7 \text{ m}^3 \cdot 0,8 \cdot 60 / 19,6 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,85 \end{aligned}$$

$$p = 25,47 \text{ ton/jam}$$

Produktivitas per bulan (1 shift) untuk 1 dump truck

$$P = 25,47 \text{ ton/jam} \times 242,7 \text{ jam} \quad P = 6.181,569 \text{ ton}$$

PT Paramitha Persada Tama memiliki 8 unit dump truck, maka untuk produktivitas per bulan (1 shift) untuk 8 dump truck adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} P &= 6.181,569 \text{ ton} \times 8 \text{ unit} \\ P &= 49.452,552 \text{ ton} \end{aligned}$$

5.2.2 Pembahasan

a. Lebar jalan lurus

Perhitungan lebar jalan lurus minimum untuk jalan angkut dari PIT A1B KE EPO setelah

dilakukan perhitungan didapatkan lebar jalan lurus minimum sebesar 9 m. berdasarkan data aktual jalan lurus yang diperoleh dilapangan semua segmen jalan belum ideal. Oleh karena itu perlunya perluasan lebar jalan pada segmen A-B sebesar 2,2 m, segmen B-C sebesar 2,8 m, segmen G-H sebesar 0,3 m, dan segmen H-I sebesar 2,85 m segmen untuk memenuhi kriteria lebar jalan lurus minimum.

b. *Lebar jalan tikungan*

Perhitungan lebar jalan tikungan minimum untuk alat angkut dari PIT A1B ke EPO setelah dilakukan perhitungan didapatkan lebar jalan tikungan minimum dengan lebar jalan 12 m. Berdasarkan data aktual yang diperoleh dilapangan lebar jalan tikungan semua segmen jalan belum ideal. dari data aktual yang diperoleh dilapangan pada segmen jalan yang belum ideal untuk lebar jalan pada tikungan. Untuk itu perlunya dilakukan pelebaran jalan pada segmen C-D sebesar 5m, segmen D-E sebesar 5m, segmen E-F sebesar 2,2 m dan segmen F-G sebesar 3,7 untuk mendapatkan jalan yang ideal dilalui alat angkut bijih nikel

Berdasarkan uraian di atas maka rencana perbaikan lebar jalan yang dilakukan sebagaimana disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 12. Perbaikan Lebar Jalan Angkut Dari A1B KE EPO

No.	Segmen	Lebar Jalan Aktual (m)		Penambahan Lebar Jalan (m)
		Lurus	Tikungan	
1	A-B	6,78	-	2,2
2	B-C	6,2	-	2,8
3	C-D	-	7	5
4	D-E	-	7	5
5	E-F	-	9,8	2,2
6	F-G	-	8,30	3,7
7	G-H	8,7	-	0,3
8	H-I	6,15	-	2,85

Sumber: Data Primer, Olahan Data Hasil Penelitian Skripsi, 2021

c. *Kemiringan Jalan (Grade)*

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dilapangan dan analisis data yang telah dilakukan untuk kemiringan jalan angkut dari A1B ke EPO. terdapat satu segmen yang belum ideal yaitu segmen F-G yang harus dikurangkan grade nya 1,65% untuk mencapai semua segmen menjadi ideal.

d. *Superelevasi*

Superelevasi atau kemiringan badan jalan pada tikungan sangat berpengaruh untuk mempertahankan kecepatan alat angkut dalam melewati tikungan sehingga kendaraan tidak mudah tergelincir ataupun terbalik saat melewati tikungan. Pada saat dilapangan ada tiga segmen jalan yang memiliki kemiringan jalan pada tikungan sebesar 0,28 m pada segmen jalan D-E, 0,42 m pada segmen jalan E-F, 0,14 m pada segmen jalan F-G. sedangkan untuk kemiringan jalan yang ideal setelah dilakukan perhitungan sebesar 0,468 m. Oleh karena itu, perlu dilakukan penambahan elevasi sisi luar sebagaimana ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 13. Perbaikan kemiringan jalan Dari A1B KE EPO

No	Segmen	Elevasi aktual Tikungan (mdpl)		Beda Tinggi (m)	Penambahan Elevasi Sisi Luar (m)
		Sisi Luar	Sisi Dalam		
1	D-E	67,15	66,87	0,28	0,188
2	E-F	81,95	81,53	0,42	0,048
3	F-G	105,11	104,97	0,14	0,328

e. *cross slope*

Berdasarkan evaluasi teknis yang telah dilakukan untuk jalan tambang satu jalur yang mempunyai lebar 9 m maka *cross slope* yang ideal adalah sebesar 18 cm. Kemiringan melintang ideal dapat dilakukan perbaikan dengan penambahan tinggi pada bagian tengah jalan. Segmen A-B perlu dilakukan penambahan tinggi pada tengah jalannya setinggi 8 cm. Sementara itu untuk segmen E-F perlu dilakukan penambahan tinggi pada tengah jalannya setinggi 3 cm. Tabel rencana perbaikan *cross slope* disajikan sebagai berikut.

Tabel 14. Perbaikan *Cross Slope* Pada Jalan Angkut Dari PIT A1B KE EPO

No	Segmen	Elevasi (mdpl)		Beda Tinggi (cm)	Penambahan Elevasi Tengah Jalan (cm)
		Tengah Jalan	Bahu Jalan		
1	A-B	23,82	23,69	13	5
2	F-G	81,71	81,55	16	2
3	G-H	104,9	104,78	12	6

f. *tanggul pengaman*

Adalah timbunan di sisi atau tengah jalan yang dibuat untuk menghentikan atau menahan laju kecepatan alat angkut pada saat terjadi insiden.

Tabel 15. Perbaikan tanggul penggaman Pada Jalan Angkut Dari Pit A1b Ke EFO

No	Segmen	Tinggi Tanggul (M)	Ideal	Penambahan Tinggi
1	A-B	1.16	1.15	0
2	B-C	0.5	1.15	0.65
3	C-D	0.5	1.15	0.65
4	D-E	0	1.15	1.15
5	E-F	0	1.15	1.15
6	F-G	0.76	1.15	0.39
7	G-H	0	1.15	1.15
8	H-I	0.65	1.15	0.5

g. sudut pembelokan

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak perusahaan sudut belokan yang ada di pertigaan jalan yaitu di segmen c-d memiliki sudut 70o.

h. pemisah jalur (*saparator*)

saparator = 1/2 x diameter roda kendaraan terbesar

Di karenakan diameter roda kendaraan terbesar di PT Paramitha Persada Tama adalah compactor cat CS533E dengan diameter ban 1.534 m.

Maka:

saparator = 1/2 x 1.534 m

saparator = 0.767 m

Tabel 16. Perbaikan tanggul pemngaman Pada Jalan Angkut Dari Pit A1b Ke EFO

No	Segmen	Tinggi Saparator (m)	Ideal	Penambahan Tinggi (m)
1	A-B	0	0.767	0.767
2	B-C	0	0.767	0.767
3	C-D	0	0.767	0.767
4	D-E	0	0.767	0.767
5	E-F	0	0.767	0.767
6	F-G	0	0.767	0.767
7	G-H	0	0.767	0.767
8	H-I	0	0.767	0.767

i. Produktivitas alat angkut nikel

Perhitungan produktivitas teoritis untuk alat angkut setelah dilakukan perbaikan terhadap geometri jalan, disajikan sebagai berikut. Data teknis berdasarkan spesifikasi alat angkut dump truck.

Kekuatan mesin = 260 Ps = 256,36 HP
 Efisiensi kerja dump truck = 0,8
 Rolling resistance = 65 lb/ton
 Berat bermuatan = 26.000 kg = 57.319,6 lb

Berat kosong = 7.500 kg = 16.804,5 lb

Berat total dump truck = 33.500 kg = 33,5 ton = 75.060,1 lb
 Catatan: 1 PS = 0,986 HP
 1 kg = 2,2046 lb
 Rumus umum:

Rumus umum :

$\text{rimpull} = (\text{HP} \times 375 \times \text{EFF}) / (\text{kecepatan (mph)})$

perhitungan rimpull pada gear 1 :

$\text{rimpull} = (256.36 \times 375 \times 0.8) / 3.11$

$\text{rimpull} = 24729,26 \text{ lb}$

Nilai rimpull setiap gear dengan menggunakan rumus yang sama disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 17. Rimpull Masing-Masing Gear

Gear	Kecepatan (km/jam)	Kecepatan (mph)	Rimpull
1	5	3,11	24729,26
2	10	6,21	12384,54
3	15	9,32	8251,931
4	25	15,53	4952,222
5	30	18,64	4125,966
6	40	24,86	3093,644
7	50	31,07	2475,314
8	60	37,28	2062,983
9	70	43,50	1768
10	80	49,71	1547,133
11	90	55,92	1375,322
12	100	62,14	1237,657

1 mile = 1,6093 km

i. Waktu Tempuh Bermuatan

Segmen A-B (jarak 0,12 mile, grade 7,1 %)

Rimpull untuk mengatasi rolling resistance (RR) RR = Nilai RR x berat total dump truck

= 65 lb/ton x 33,5 ton
 = 2.177,5 lb

Rimpull untuk mengatasi grade resistance (GR)

GR = Nilai GR rata-rata x grade x berat total dump truck

= 20 lb/ton x 7,1 x 33,5 ton
 = 4.757 lb

Total rimpull yang dibutuhkan:

Total = RR + GR
 = 2.177,5 lb + 4.757 lb
 = 6.934,5 lb

Total rimpull yang dibutuhkan adalah 6.934,5 lb, maka dump truck dapat bergerak menggunakan gear 3 dengan rimpull 8251,931 lb (Tabel 20). Kecepatan maksimum yang dapat digunakan dump truck adalah 15 km/jam (9,32mph) serta menghasilkan kelebihan rimpull 1.317,431 lb.

Waktu tempuh bermuatan dihitung dengan rumus:

$t \text{ angkut (menit)} = \frac{\text{jarak (mile)} \times 60}{\text{kecepatan (mph)}}$

$$t \text{ angkut (menit)} = \frac{0.12 \text{ (mile)} \times 60}{9.32 \text{ (mph)}}$$

$$t \text{ angkut (menit)} = 0.77 \text{ menit}$$

Waktu angkut perlu ditambah waktu percepatan untuk mengetahui waktu angkut total dengan terlebih dahulu menghitung percepatan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$a = F \frac{g}{w}$$

keterangan:

- a = percepatan (mph/sec)
- F = kelebihan rimpull (lb)
- g = percepatan karena gaya gravitasi, 32,2 ft/sec²
- W = berat alat yang dipercepat (lb)
- A = 1.317,431 lb + (32,2 ft/sec²)/(75.060,1 lb)
- a = 0.56 ft/sec²

a = 0.26 ft/sec² x 3600 x 0.000189
a = 0.38 mph/sec setelah mendapatkan besaran percepatan, maka waktu percepatan dapat dihitung dengan rumus:

$$t \text{ percepatan} = \sqrt{\frac{\text{jarak (mile)}}{\text{kecepatan mph/sec}}}$$

$$t \text{ percepatan} = \sqrt{\frac{0.12 \text{ mile} \times 3600}{0.38 \text{ mph/sec}}}$$

$$t \text{ percepatan} = 33,51 \text{ sec}$$

$$t \text{ percepatan} = 33,51 \text{ sec}/60$$

$$t \text{ percepatan} = 0,56 \text{ menit}$$

Waktu total untuk segmen A-B dapat dihitung dengan:

$$t \text{ angkut total} = t \text{ angkut} + t \text{ percepatan}$$

$$t \text{ angkut total} = 0,77 \text{ menit} + 0,56 \text{ menit} = t$$

$$t \text{ angkut total} = 1,33 \text{ menit}$$

Hal yang sama dilakukan pada setiap segmen lainnya, sehingga didapatkan waktu angkut bermuatan setiap segmen.

ii. Waktu Tempuh Kosong

Waktu tempuh kosong dihitung menggunakan rumus yang sama dengan berat dump truck pada saat kondisi kosong seberat 7,5 ton dan grade jalan yang mempunyai nilai positif menjadi negatif dan sebaliknya. Perhitungan setiap segmen jalan angkut adalah sebagai berikut.

Segmen B-A (jarak 0,12 mile, grade 7,1 %)

Rimpull untuk mengatasi rolling resistance (RR) RR = Nilai RR x berat total dump truck

$$= 65 \text{ lb/ton} \times 7,5 \text{ ton}$$

$$= 487,5 \text{ lb}$$

Rimpull untuk mengatasi grade resistance (GR)

GR = Nilai GR rata-rata x grade x berat total dump truck

$$= 20 \text{ lb/ton} \times 7,1 \times 7,5 \text{ ton}$$

$$= 1.065 \text{ lb}$$

Total rimpull yang dibutuhkan:

$$\text{Total} = \text{RR} + \text{GR}$$

$$= 487,5 \text{ lb} + 1.065 \text{ lb}$$

$$= 1.552,5 \text{ lb}$$

Total rimpull yang dibutuhkan adalah 1.552,5 lb, maka dump truck dapat bergerak menggunakan gear 9 dengan rimpull 1768 lb. Kecepatan maksimum yang dapat digunakan dump truck adalah 70 km/jam (43,50 mph) serta menghasilkan kelebihan rimpull 215,5 lb.

Waktu tempuh bermuatan dihitung dengan rumus:

$$t \text{ angkut (menit)} = \frac{\text{jarak (mile)} \times 60}{\text{kecepatan (mph)}}$$

$$t \text{ angkut (menit)} = \frac{0,12 \text{ mile} \times 60}{43,50 \text{ mph}}$$

$$t \text{ angkut (menit)} = 0,16 \text{ menit}$$

$$t \text{ angkut (menit)} = 0,16 \text{ menit}$$

Waktu angkut perlu ditambah waktu percepatan untuk mengetahui waktu angkut total dengan terlebih dahulu menghitung percepatan dengan menggunakan persamaan berikut.

Waktu angkut perlu ditambah waktu percepatan untuk mengetahui waktu angkut total dengan terlebih dahulu menghitung percepatan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$A = F \frac{G}{W}$$

Keterangan :

a = percepatan (mph/sec)

F = kelebihan rimpull (lb)

g = percepatan karena gaya gravitasi, 32.2 ft/sec²

W = berat alat yang dipercepat (lb)

$$a = 1.317.431 \text{ lb} \times (32.2 \text{ ft})/75.060,1$$

$$a = 0.41 \text{ ft/sec}^2$$

$$a = 0.41 \text{ ft/sec}^2 \times 3600 \times 0.000189$$

a = 0.28 mph/sec Setelah mendapatkan besaran percepatan, maka waktu percepatan dapat dihitung dengan rumus:

$$t \text{ percepatan} = \sqrt{\frac{\text{jarak (mile)}}{\text{kecepatan mph/sec}}}$$

$$t \text{ percepatan} = \sqrt{\frac{0.12 \times 3600}{0.28 \text{ mph/sec}}}$$

$$t \text{ percepatan} = 39,21 \text{ sec}$$

$$t \text{ percepatan} = 39,2 \text{ sec} /60$$

$$t \text{ percepatan} = 0,65 \text{ menit}$$

Waktu total untuk segmen B-A dapat dihitung dengan:

$t_{\text{angkut total}} = t_{\text{angkut}} + t_{\text{percepatan}}$
 $t_{\text{angkut total}} = 0,16 \text{ menit} + 0,65 \text{ menit}$
 $t_{\text{angkut total}} = 0,81 \text{ menit}$
 Hal yang sama dilakukan pada setiap segmen lainnya, sehingga didapatkan waktu angkut bermuatan setiap segmen

j. Produktivitas setelah perbaikan

Untuk menghitung produktivitas alat angkut setelah dilakukan perbaikan jalan angkut bijih nikel PT Paramitha Persada Tama dapat diperoleh sebagai berikut :

Diketahui :

Alat angku yang digunakan adalah Hino 500 fm 260 JDN = 9 kali Q1 = 1.7 m³

$K = 0.8$

$Cmt = 17.345 \text{ s}$

$EU = 0.8$

$M = 1$ (diasumsikan jumlah dump truck 1)

swell factor = 0.85

maka untuk produktivitas 1 dump truck dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$p = n \cdot q1 \cdot k \cdot \frac{60}{Cmt} \cdot Eu \cdot M \cdot SF$$

$$p = 9 \times 1.7 \text{ m}^3 \times 0.8 \times \frac{60}{Cmt} \times 0.8 \times 1 \times 0.85$$

$P = 28.71 \text{ ton/jam}$

Produktivitas per bulan (1 shift) untuk 1 dump truck

$P = 28,71 \text{ ton/jam} \times 242,7 \text{ jam}$

$P = 6.967,717 \text{ ton}$

PT Paramitha persada tama memiliki 8 unit dump truck, maka untuk produktivitas per bulan (1shift) untuk 8 dump truck adalah sebagai berikut.

$P = 6.967.717 \text{ ton} \times 8 \text{ unit}$

$P = 55.743,336 \text{ ton.}$

Setelah dilakukan perbaikan geometri jalan, maka diperoleh produktivitas secara teoritis dari alat angkut senilai 55.743,336 ton/bulan dengan jumlah alat angkut yang sama yaitu 8 unit dump truck tipe HINO 500 Fm 260 JD. Perbandingan produktivitas alat aktual dengan produktivitas alat angkut teoritis disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 18. Perbandingan Produktivitas Dump Truck Secara Aktual dan Teoritis

Kondisi	Cycle time (menit)	Produktivitas (ton/jam)*	Produktivitas
Produktivitas aktual	19.6 menit	25.47	49.452,552
Kondisi	Cycle time (menit)	Produktivitas (ton/jam)*	Produktivitas
Produktivitas teoritis	17.345 menit	28.71	55.743,336

Berdasarkan perhitungan teoritis yang telah dilakukan terhadap produktivitas alat angkut setelah dilakukannya perbaikan jalan, maka diperoleh bahwa target produksi untuk bulan april 2021 sebanyak 55.000 ton tercapai.

k. Perbandingan regresi antara waktu tempuh dan produktivitas

Kondisi	Cycle time (menit)	Produktivitas (ton/jam)*	Produktivitas
Produktivitas aktual	19.6 menit	25.47	49.452,552
Produktivitas teoritis	17.345 menit	28.71	55.743,336



Dari hasil regresi tersebut dapat di lihat nilai konstanta positif menunjukkan pengaruh positif terhadap variabel independent (x), -2789,7 (x) merupakan nilai koefisien regresi variabel X

artinya jika variabel X mengalami kenaikan satu satuan maka Y mengalami penurunan satu satuan karna negatif.

5.3 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat di tarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kondisi geometri aktual jalan angkut bijih nikel dari pit A1B ke EPO milik PT paramitha persada tama yang di bagi menjadi 8 segmen menunjukkan hasil :
 - a. Lebar jalan, disetiap segmen baik jalan lurus maupun tungkungan masuk ke kriteria tidak ideal.
 - b. Kemiringan terdapat satu segmen yang tidak ideal yaitu segmen F-G dengan kemiringan 11.65% masuk ke kriteria tidak ideal karena minimal kemiringan ideal ialah 10% sedang segmen lain sudah ideal.
 - c. Superelevasi terdapat satu segmen yang idela yaitu segmen C-D dengan superelevasi 0.6 m termasuk ideal karna kriteria ideal superelevasi ialah 0.468 sedangkan segmen lain belum memenuhi kriteria ideal.
 - d. *Crosslope*, terdapat 3 segmen yang tidak ideal yakni segmen A-B, F-G, G-H, dengan nilai srosslope berturut-turut 13 cm, 16 cm, 12 cm termasuk kriteria tidak ideal karna idealnya *crosslope* ialah 18 cm sedangkan segmen lain sudah ideal.
 - e. Tanggul pengaman yang ideal cuman ada di segmen A-B yaitu 1.16 m sedang kan segmen lain masak dalam kategori tidak ideal.
 - f. Sudut pembelokan masuk dalam kategori ideal yaitu 70o.
 - g. Pemisah jalur (saparator) belum di miliki di setiap segmen jalan di PT Paramitha Persada Tama jadi perlu di tambahkan di setiap segmen.

2. Perbaiki geometri jalan angkut bijih nikel dari pit A1B ke EPO milik PT paramitha persada tama agar memenuhi kriteria ideal sebagai berikut :

- a. Lebar jalan, setiap segmen dilakukan penambahan di karenakan tidak ideal untuk idealnya jalan lurus harus mempunyai lebar 9 m dan jalan tikungn harus mempunyai lebar 12 m, secara berturut-turut untuk segmen A-B 6.78 m di tambah 2.2 m, segmen B-C 6.2 ditambah 2.8, segmen C-D 7m ditambah 5m, segmen D-E 7m ditambah 5m, segmen E-F 9.8m ditambah 2.2, segmen F-G 8.30 ditambah 3.7, segmen G-H 8.7 ditambah 0.3, segmen H-I 6.15 ditambah 2.85.
- b. Kemiringan, terdapat satu segmen yang belum ideal yaitu segmen F-G yang harus dikurangkan gradenya 1,65 % untuk mencapai ideal
- c. Superelevasi ideal ialah 0.468 m maka ada tiga segmen yang perlu diperbaiki yaitu segmen D-E 0.28m ditambahkan 0.188 m, segmen E-F 0.42 m ditambahkan 0.048 m, segmen F-G 0.14 m ditambahkan 0.328 untuk mencapai kriteria ideal.
- d. *Cross slope*, terdapat 3 segmen yang belum ideal yaitu segmen A-B 13 cm ditambah 5 cm, segmen F-G 16 cm di tambah 2 cm, dan segmen G-H 12 cm ditambah 6 cm untuk mencapai ideal.
- e. Tanggul pengaman, terdapat 7 segmen yang perlu dilakukan penambahan yaitu segmen B-C 0.65 m, segmen C-D 0.65 m, segmen D-E 1.5 m, segmen E-F 1.5 m, segmen F-G 0.39, segmen G-H 1.15 m, dan segmen H-I 0.5 m
- f. Pemisah jalur (saparator) dilakukan penambahan di setiap segmen yaitu segmen A-B 0.767 m, segmen B-C 0.767 m, C-D 0.767 m, segmen D-E 0.767 m, E-F

0.767 m, segmen F-G 0.767 m, G-H 0.767 m, segmen H-I 0.767 m,

- g. Perlu juga dalam memperbaiki permukaan jalan angkut
3. Adapun produktivitas sebelum perbaikan yaitu 49.452,552 ton dan setelah dilakukan perbaikan produktivitas menjadi 55.743,336 ton, sehingga tercapailah target produksi yaitu 55.000 ton.

5.4 Saran

1. perlu dilakukan rekonstruksi ulang terhadap jalan yang belum memenuhi standar
2. peralatan dan rambu-rambu pendukung terhadap keselamatan pekerja pada jalan sangat diperlukan dari kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja disaat kegiatan pengangkutan berlangsung.
3. Perlu adanya pengawasan terhadap waktu kerja yang di tetapkan guna mencegah hambatan-hambatan yang terjadi selama bekerja,dengan menerapkan sistem disiplin bagi operator yang melanggar sehingga waktu kerja efektif dapat bekerja sesuai harapan.
4. Perlu pengawasan perawatan alat secara berkala sesuai waktunya sehingga kerusakan yang terjadi semakin kecil.
5. Diharapkan penelitian ini dapat di rekomendasikan kepada pihak PT Paramitha Persada Tama sebagai acuan perencanaan jalan angkut pada segmen pit A1B ke EPO demi tercapainya target produksi.

Daftar Pustaka

- [1] Aldiyansah, dkk. Analisis Geometri Jalan tambang utara. "Jurnal geomine". vol 4, No,1. April 2016.
- [2] Akhmad rifandi, dkk. Kajian Teknis Geometri Jalan Hauling. "Jurnal Geologi Pertambangan". Vol,1 Februari 2016.
- [3] Aldiyansyah, dkk. 2016. Analisis Geometri Jalan di Tambang Utara Pada PT. IFISHDECO Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara. Jurnal Geomine, Vol. 04, No. 1 : April 2016. Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Muslim Indonesia.
- [4] Djunaidi Muhammad, Djainal Herry. 2017. Studi Superelevasi dan Cross Slope dalam Penentuan Jalan Angkut pada Dimensi Alat Angkut Terbesar. Jurnal DINTEK Vol. 10 No. 1, Maret 2017. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Maluku Utara Ternate.
- [5] Demara Anto A, dkk. 2016. Evaluasi Jalan Angkut Dari Kilometer 21+400 Meter sampai dengan Kilometer 24+400 Meter pada Penambangan Nikel di PT. Bintangdelapan Mineral, Desa Fatufia, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Jurnal Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung.
- [6] Irawan, P. 2006. Penelitian Kualitatif Dan Kuantitatif Untuk Ilmu-Ilmu Sosial.
- [7] Departemen Ilmu Administrasi FISIP. Universitas Indonesia: Depok
- [8] Ignasius Johan, "Pedoman Pelaksanaan Kaidah Pertambangan Yang Baik" Jakarta. 2018.
- [9] Lubis, N. D. 2017. Evaluasi Teknis Geometri Jalan Angkut Terhadap Optimalisasi Penggunaan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi Tahun 2017 Di Pit Barani Dan Pit Purnama PT. Agincourt Resources, Batangtoru, Sumatera Utara. Skripsi Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
- [10] Muhsyarofi, A. U. dan Triono. 2018. Kajian Teknis Jalan Tikungan Dari Room Stockpile Menuju Front Penambangan (Pit) di Pt. Bara Kumala Sakti (BKS) Tenggarong, Kalimantan Timur. Jurnal Geologi Pertambangan. 2 (24): 45-57 Sumadi Suryabrata, "Metodologi Penelitian", Universitas Gajah Mada (UGM) Jakarta. 2004.
- [11] Zulkifli Sayuti, dkk. Kajian Teknis Geometri Jalan Angkut Tambang dan Rencana Pembuatan Saluran Penirisan di Tepi Jalan Angkut Tambang. "Jurnal Geosains". Vol 9, No 1, 2013
- [20] Kurniawan Nur Pratomo, dkk. Evaluasi Jalan Angkut dari front Tambang andesit ke Crusher. "Jurnal Teknik Pertambangan". Vol 2, No 2, 2016.