

RANCANGAN TEKNIS PERBAIKAN JALAN ANGKUT UNTUK MENINGKATKAN USIA PAKAI BAN DUMP TRUCK DI PT DJAVA BERKAH MINERAL, PETASIA TIMUR, MOROWALI UTARA, SULAWESI TENGAH

Yusuf Abyan Satria Thoat^{1a}, Barlian Dwinagara¹, Rika Ernawati¹, Eddy Winarno¹, Dwi Herniti²

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

²Institut Teknologi Yogyakarta
^aemail : 112180042@student.upnyk.ac.id

ABSTRACT

PT Djava Berkah Mineral (PT DBM) is a mining service provider company operating in North Morowali Regency, Central Sulawesi. PT DBM is currently carrying out activities on the Peboa Block which just started in October 2022. Field observations showed that the condition of the haul road was defected, which potentially affected tire life. This research aims to analyze the correlation between haul road conditions and tire life, and make efforts to improve haul road conditions to increase tire life. Based on the research results, the total resistance value for the Quester and AXOR units was 3164.60 lbs and 2484.61 lbs respectively with a tire life of 511.2 and 409.6 hours. After efforts to improve the condition of the haul road, the maximum road grade can be reduced from 22% to 10% and it is determined that the total resistance value on the Quester and AXOR units is 1460.93 and 1141.02 lbs respectively. In Simple Linear Regression calculations, equation $Y = -0.2284x + 1207.5$ was obtained with an R^2 value of 0.7752 and based on the equation it is estimated that the tire life on the Quester and AXOR units will be 935.2 and 884.9 hours respectively, increased on average by 97.67%.

Keywords : tire life, tire wear, total resistance, haul road.

ABSTRAK

PT Djava Berkah Mineral (PT DBM) merupakan perusahaan penyedia jasa pertambangan yang beroperasi di Kabupaten Morowali Utara, Sulawesi Tengah. PT DBM saat ini melaksanakan kegiatan pada Blok Peboa yang baru dimulai pada Oktober 2022. Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan kondisi jalan angkut kurang baik, yang berpotensi memengaruhi usia pakai ban. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan kondisi jalan angkut terhadap usia pakai ban, dan mengupayakan perbaikan kondisi jalan angkut untuk meningkatkan usia pakai ban. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai *total resistance* pada unit Quester dan AXOR masing-masing sebesar 3164,60 lbs dan 2484,61 lbs dengan usia pakai ban yaitu 511,2 dan 409,6 jam. Setelah diupayakan perbaikan kondisi jalan angkut, *grade* jalan maksimal dapat ditekan dari 22% hingga 10% dan diketahui nilai *total resistance* pada unit Quester dan AXOR masing-masing menjadi sebesar 1460,93 dan 1141,02 lbs. Pada perhitungan Regresi Linear Sederhana diperoleh persamaan $Y = -0,2284x + 1207,5$ dengan nilai R^2 sebesar 0,7752 dan berdasarkan persamaan tersebut diprediksi usia pakai ban pada unit Quester dan AXOR masing-masing sebesar 935,2 dan 884,9 jam, meningkat rata-rata sebanyak 97,67 %.

Kata kunci : usia pakai ban, keausan ban, *total resistance*, jalan angkut.

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT Djava Berkah Mineral (PT DBM) merupakan perusahaan penyedia jasa pertambangan yang beroperasi di Kecamatan Petasia Timur, Kabupaten Morowali Utara, Sulawesi Tengah pada *job site* PT Bukit Makmur Istindo Nikeltama. PT DBM saat ini melaksanakan kegiatan pada Blok Peboa yang baru dimulai pada Oktober 2022, dengan jarak *hauling* yaitu 1069 m dari *Pit* Syukur ke ETO Melati. Jalan angkut dan armada alat angkut memiliki peran penting dalam kegiatan operasi penambangan secara umum, dan ban merupakan satu-satunya komponen pada alat angkut yang melakukan kontak langsung dengan jalan angkut. Sehingga, terdapat kemungkinan bahwa kondisi jalan angkut akan memengaruhi kinerja ban, khususnya dalam penelitian ini yaitu usia pakainya. Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan kondisi jalan angkut kurang baik, seperti terdapatnya

amblasan pada beberapa segmen jalan, serta kemiringan (*grade*) jalan yang nampak terjal. Hal-hal tersebut berpotensi memengaruhi usia pakai ban *dump truck*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, penulis membuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hubungan kondisi jalan angkut terhadap usia pakai ban *dump truck*, dengan rincian :
 - a. Berapa usia pakai ban *dump truck* pada lokasi penelitian?
 - b. Bagaimana kondisi jalan angkut yang ada pada lokasi penelitian?
2. Bagaimana upaya perbaikan nilai *total resistance* pada jalan angkut untuk meningkatkan usia pakai dari ban pada alat angkut?

1.3. Rumusan Masalah

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Menganalisis hubungan kondisi jalan angkut terhadap usia pakai ban *dump truck*, dengan rincian :
 - a. Melakukan perhitungan usia pakai ban *dump truck* pada lokasi penelitian,
 - b. Melakukan evaluasi terhadap kondisi jalan angkut pada lokasi penelitian,
2. Mengupayakan perbaikan jalan angkut serta memprediksi usia pakai ban *dump truck* setelah perbaikan.

1.3. Batasan Masalah

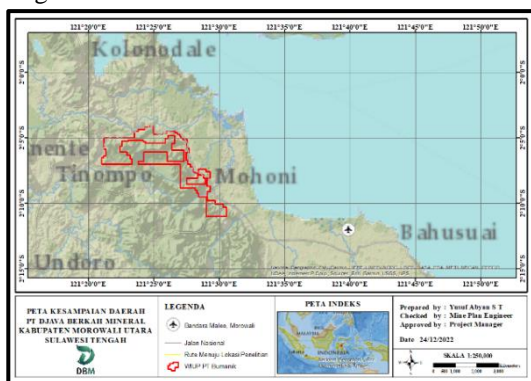
Batasan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Kondisi jalan yang diteliti hanya dari *Pit Syukur* hingga ke *Exportable Transit Ore (ETO)* Melati dengan daya dukung material tidak dibahas karena keterbatasan akses data dan dapat diketahui secara empirik,
2. Faktor yang memengaruhi performa usia pakai ban hanya didasarkan pada parameter geometri jalan dan kondisi permukaan jalan, serta distribusi beban dianggap sama karena konstruksi ban dapat memengaruhi performa ban itu sendiri, dan jenis ban yang digunakan sama,
3. Merk ban yang digunakan dianggap sama karena memiliki spesifikasi yang sama,
4. Perlakuan *driver* terhadap alat angkut (*dump truck*) dianggap sama karena perusahaan menyediakan *trainer*,
5. Aspek ekonomi tidak dibahas dalam penelitian.

II. TINJAUAN UMUM

2.1. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Petasia Timur, Kabupaten Morowali Utara, Sulawesi Tengah. Secara administratif, Provinsi Sulawesi Tengah di sebelah utara berbatasan dengan Laut Sulawesi dan Provinsi Gorontalo, sebelah timur berbatasan dengan Provinsi Maluku, sebelah selatan berbatasan dengan Provinsi Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat, dan sebelah barat berbatasan dengan Selat Makassar.



Gambar 2.1
Peta Kesampaian Daerah

2.2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada tahapan sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Mencari literatur penunjang penelitian, sebagai dasar maupun referensi yang terkait pengaruh nilai *total resistance* terhadap usia pakai ban.
2. Observasi Lapangan

Dilakukan dengan melakukan pengamatan kondisi dan cara kerja di lapangan untuk mencari informasi pendukung, serta menentukan area yang akan diteliti dan merencanakan waktu pengambilan data.
3. Pengambilan Data

Penelitian ini menggunakan 2 data yaitu data primer dan data sekunder. Adapun data yang diperoleh adalah :

 - a. Data Primer
 - 1) Kondisi permukaan jalan angkut
 - 2) Geometri jalan angkut
 - 3) Waktu edar alat angkut
 - 4) Data laju keausan ban
 - b. Data Sekunder
 - 1) Peta kesampaian daerah dan layout penambangan di Blok Peboa PT DBM
 - 2) Spesifikasi alat gali-muat dan alat angkut perusahaan
 - 3) Spesifikasi ban yang digunakan pada alat angkut
 - 4) Rekap data pergantian ban
 - 5) Data jam kerja aktual alat angkut
 - 6) Studi Literatur
4. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan menggunakan software *Microsoft Excel* untuk menghitung nilai *total resistance* dan usia pakai ban, *GEOVIA Surpac 6.6.2* untuk mensimulasikan upaya mensimulasikan upaya perbaikan jalan angkut, serta *ArcGIS 10.8* untuk melakukan pembuatan peta jalan angkut, baik sebelum maupun sesudah diupayakan perbaikan.

5. Analisis Data

Hasil pengolahan data digunakan untuk mengetahui performa ban alat angkut dari segi usia pakai pada kondisi permukaan dan geometri jalan di lapangan. Kemudian dilakukan analisis regresi linear sederhana untuk mengetahui persamaan hubungan nilai *total resistance* dengan usia pakai ban. Selanjutnya, dilakukan perhitungan upaya perbaikan kondisi jalan angkut.

III. LANDASAN TEORI

3.1. Ban

Ban adalah perangkat otomotif yang mengurangi getaran dari ketidakrataan permukaan jalan, menyangga beban kendaraan dan muatannya, meneruskan daya dorong dan pengereman, serta memberikan kestabilan antara kendaraan dan tanah untuk mempermudah pergerakan. (Yopi, 2014)

Ban yang terpasang pada umumnya memiliki fungsi sebagai berikut :

1. Menahan beban,
 2. Memberikan kemampuan traksi dan pengereman terhadap permukaan jalan,
 3. Menyerap gaya benturan dari ketidak dataran permukaan jalan,
 4. Menetapkan dan mengubah arah kendaraan.
- (Indonesianto, 2016)

3.1.1. *Key Perfomance Indicator* (KPI) Ban

KPI merupakan suatu parameter / indikator untuk mengukur performa atau efektivitas dari proses pemeliharaan ban. Elemen-elemen KPI ban antara lain :

1. Umur Ban

Umur ban dihitung dari saat terpasang pada unit sampai ban tidak terpakai lagi. Satuannya jam (hour) atau kilometer (km). (Muhammad, 2018)

Umur ban = $Tread Utilization Rate \times tebal\ tapak\ dari\ ban\ baru \times waktu\ laju\ keausan\ ban\ per\ milimeter$ (3.1)

2. *Tread Utilization Rate* (TUR)

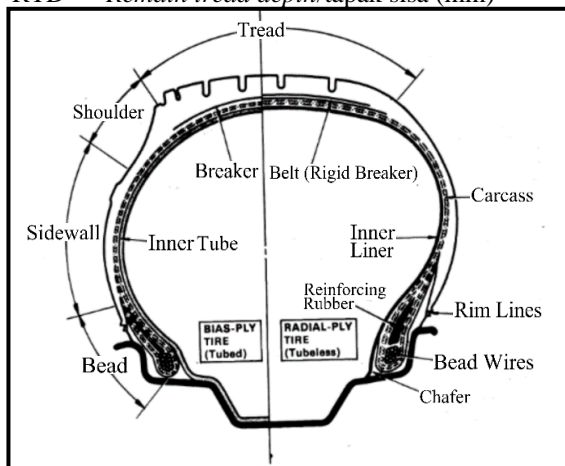
TUR merupakan perbandingan antara penggunaan tapak yang terpakai dengan tapak awal yang masih baru. Rumus *tread utilization rate* (TUR) sebagai berikut :

$TUR\ (\%) = (OTD - RTD) / OTD \times 100\% ..$ (3.2)

Keterangan :

OTD = *Original tread depth*/tapak ban baru (mm)

RTD = *Remain tread depth*/tapak sisa (mm)



Sumber : Toyota Astra Motor, 1996

Gambar 3.1
Konstruksi Ban

3.2. *Total Resistance*

Total resistance adalah efek gabungan dari *Rolling resistance* dan *grade resistance*. Nilai tersebut dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

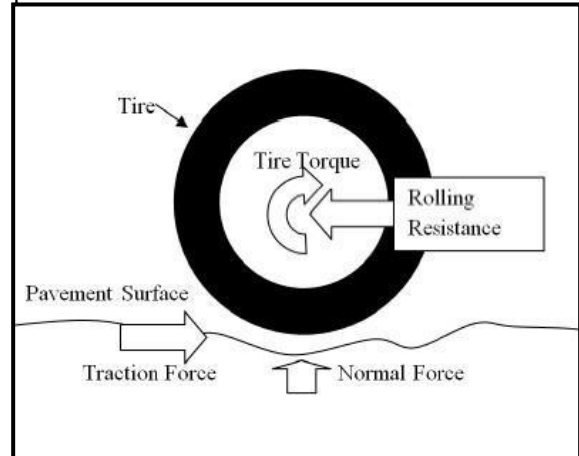
$Total\ resistance = Rolling\ resistance + grade\ resistance$ (3.3)

(Caterpillar, 2017)

3.2.1. *Rolling resistance* (RR)

Rolling resistance adalah tahanan terhadap roda yang menggelinding akibat adanya gaya gesekan antara roda dengan permukaan jalan (Aditya, 2017). *Rolling resistance* juga dapat diartikan sebagai tahanan gelinding terhadap permukaan roda yang akan menggelinding akibat adanya gesekan antara roda dengan permukaan tanah (Tenriajeng, 2003).

Ban dengan sendirinya yang mengalami tahanan (*rolling resistance* = RR) ini secara langsung bagian luar bannya. Arah RR dapat dilihat pada Gambar 3.2



Sumber : Jackson, et al., 2011

Gambar 3.2

Arah *Rolling Resistance*

Faktor-faktor yang menimbulkan RR adalah :

1. *Internal friction* merupakan gaya gesek yang terjadi karena putaran-putaran mulai dari *engine flywheel* sampai ke velg roda.
2. *Tire flexing* yaitu tahanan gelinding yang terjadi pada roda ban dikarenakan pengerutan ban. Besar kecilnya pengerutan ban tergantung pada :
 - a. Desain ban,
 - b. *Tire inflation*,
 - c. Tekanan udara dalam ban,
 - d. Keadaan permukaan jalan lintasnya.
3. *Tire penetration*, yaitu amblasnya ban pada permukaan jalan lintas, dan ini bisa menambah besar angka *rolling resistance*. Setiap amblas 1 inchi diperkirakan akan memperbesar RR sebesar 30 lbs/ton. Cara menurunkan amblasan ban dapat diatasi dengan cara memelihara permukaan jalan lintas yang terbuat dari tanah. (Indonesianto, 2005). Nilai koefisien *rolling resistance* dapat dilihat pada Tabel 3.1.
4. Muatan. Besar kecilnya muatan cukup mempengaruhi besarnya bidang kontak antara ban dengan permukaan jalan, terutama pada penggunaan ban bias sebagai alat angkut karena ban dengan tipe ini tidak memiliki sidewall yang fleksibel sehingga beban lebih terdistribusi ke daerah tread (tapak) sehingga bidang kontak akan semakin luas.

Tabel 3.1
Tabel Empirik Penentuan *Rolling Resistance*

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

*add 1.5% for every inch of tire penetration

Secara empirik, nilai *rolling resistance* dapat dihitung dengan rumus:

$$Rolling Resistance (RR) = W \times Crr \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan :

- W = Berat kotor kendaraan
- Crr = Koefisien *rolling resistance*

3.2.2. *Grade Resistance* (GR)

Tahanan kemiringan adalah besarnya gaya berat yang melawan atau membantu gerak kendaraan karena kemiringan jalur jalan yang dilaluinya (Prodjosumarto, 1996). Jalur jalan naik disebut kemiringan positif (*plus slope*), maka tahanan kemiringan atau *grade resistance* (GR) akan melawan gerak kendaraan, sehingga memperbesar *tractive effort* atau *rimpull* yang diperlukan, sebaliknya jika jalur jalan itu turun disebut kemiringan negatif (*minus slope*), maka tahanan kemiringannya akan membantu gerak kendaraan, berarti akan mengurangi *rimpull* yang dibutuhkan. Tahanan kemiringan itu tergantung dari dua faktor, yaitu :

1. Besarnya kemiringan yang biasanya dinyatakan dalam persen (%).
2. Berat kendaraan itu sendiri dinyatakan dalam gross ton.

Alat-alat pemindahan tanah mekanis jarang dapat mengatasi kemiringan lebih besar dari 15 %, jadi jika dipakai tahanan kemiringan 20 lb/ton, maka angka-angkanya tidaklah terlalu menyimpang sampai kemiringan 15 % (Prodjosumarto, 1996).

Besarnya *grade resistance* adalah 20 lbs/ton %, artinya setiap persen tanjakan diperlukan *rimpull / drawbar pull* sebesar 20 lbs setiap ton berat kendaraan (Indonesianto, 2005).

Rumus untuk menghitung *grade resistance* sebagai berikut :

$$Grade resistance = \% grade \times \text{berat kotor kendaraan} \times 20 \text{ lbs/ton \%} \dots\dots\dots (3.5)$$

(sumber: Indonesianto, 2005)

3.3. Teori Korelasi

Koefisien korelasi (R) menunjukkan kekuatan hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak dengan nilai maksimal ± 1 . Jika nilainya positif maka hubungan antara kedua variabel searah (berbanding lurus), begitu pula sebaliknya. Sedangkan koefisien determinasi (R²) diartikan sebagai kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan variansi dari variabel terikat. Contoh, jika nilai R² yaitu 0,81 artinya variabel bebas mampu menjelaskan 81% variansi variabel terikatnya, dengan 19% sisanya dijelaskan oleh faktor lain.

Untuk melakukan interpretasi kekuatan hubungan antara dua variabel dengan menggunakan kriteria yang dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.1
Kekuatan Hubungan Antara Dua Variabel Berdasarkan Nilai Koefisien Korelasinya

Nilai Koefisien Korelasi (R)	Kekuatan Hubungan
R = 0	Tidak ada korelasi
0 < R ≤ 0,20	Korelasi sangat lemah sekali
0,20 < R ≤ 0,40	Korelasi sangat lemah
0,40 < R ≤ 0,70	Korelasi cukup kuat
0,70 < R ≤ 0,90	Korelasi kuat
0,90 < R < 1	Korelasi sangat kuat
R = 1	Korelasi sempurna

Adapun persamaan regresi linear sederhana secara umum dituliskan sebagai berikut :

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (3.6)$$

- dimana :
- Y = variabel terikat,
- X = variabel bebas,
- a = konstanta,
- b = koefisien regresi,
- dengan :

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$a = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \sum XY}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots (3.8)$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Laju Keausan dan Usia Pakai Ban

Laju keausan ban merupakan besaran yang menyatakan waktu yang diperlukan ban untuk mengalami keausan pada tingkatan tertentu. Sesuai

dengan satuannya, yaitu jam / mm, laju keausan dapat diukur menggunakan rumus :

$$\text{Laju keausan (jam/mm)} = (\text{waktu pemakaian ban (jam)}) / (\text{pemakaian atau penurunan tread ban (mm)}) \dots\dots\dots (4.1)$$

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, didapatkan nilai laju keausan rata-rata ban yaitu 23,23 jam / mm pada unit Qvester dan 18,25 jam / mm pada unit AXOR.

Usia pakai ban merupakan besaran yang menyatakan seberapa lama suatu ban dapat digunakan, dinyatakan dalam satuan jam. pengukuran data di lapangan serta perhitungan menggunakan rumus / persamaan 3.1, diketahui bahwa estimasi nilai usia pakai ban dump truck di PT DBM Blok Peboa yaitu sebesar 511,2 jam pada unit Qvester dan 409,6 jam pada unit AXOR.

4.2. Kondisi Jalan Angkut

4.2.1. Rolling Resistance

Kondisi permukaan jalan akan memengaruhi nilai *rolling resistance*. Hal ini meliputi material yang digunakan serta kepadatan jalan angkut yang akan memengaruhi dalamnya amblasan. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di lapangan dan mengacu pada tabel empirik koefisien *rolling resistance*, kondisi permukaan jalan angkut pada lokasi penelitian dibagi menjadi dua kondisi, yaitu :

- a. Kondisi 1 = *Smooth, hard, dry dirt and gravel, well maintained,*
- b. Kondisi 2 = *Soft unplowed dirt, poorly maintained.*

Hasil perhitungan nilai *rolling resistance* dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.2.

Tabel 4.1
Perhitungan *Rolling Resistance* Empirik pada Segmen Jalan pada Unit Qvester

No	Segmen Jalan	Amblasan (cm)		Amblasan (inch)		Kondisi permukaan	% RR		RR (lbs)	
		muatan	kosong	muatan	kosong		load	empty	load	empty
1	A – B	7	3	2,76	1,18	2	8,13	5,76	6096,91	1842,25
2	B – C	2	1	0,79	0,34	2	5,18	4,50	3883,61	1439,70
3	C – D	1	0	0,39	0,17	1	2,59	2,25	1941,80	719,85
4	D – E	1	0	0,39	0,17	1	2,59	2,25	1941,80	719,85
5	E – F	1	0	0,39	0,17	1	2,59	2,25	1941,80	719,85
6	F – G	5	2	1,97	0,84	2	6,95	5,26	5211,59	1681,23
7	G – H	5	2	1,97	0,84	2	6,95	5,26	5211,59	1681,23
8	H – I	5	2	1,97	0,84	2	6,95	5,26	5211,59	1681,23
9	I – J	0	0	0,00	0,00	1	2,00	2,00	1499,14	639,34
Rata-rata									3659,98	1236,06
Total										2448,02

Tabel 4.2
Perhitungan *Rolling Resistance* Empirik pada Segmen Jalan pada Unit AXOR

No	Segmen Jalan	Amblasan (cm)		Amblasan (inch)		Kondisi permukaan	% RR		RR (pounds)	
		muatan	kosong	muatan	kosong		load	empty	load	empty
1	A – B	7	3	2,76	1,30	2	8,13	5,95	4752,00	1639,67
2	B – C	2	1	0,79	0,37	2	5,18	4,56	3026,93	1255,84
3	C – D	1	0	0,39	0,19	1	2,59	2,28	1513,46	627,92
4	D – E	1	0	0,39	0,19	1	2,59	2,28	1513,46	627,92
5	E – F	1	0	0,39	0,19	1	2,59	2,28	1513,46	627,92
6	F – G	5	2	1,97	0,93	2	6,95	5,39	4061,97	1486,14
7	G – H	5	2	1,97	0,93	2	6,95	5,39	4061,97	1486,14
8	H – I	5	2	1,97	0,93	2	6,95	5,39	4061,97	1486,14
9	I – J	0	0	0,00	0,00	1	2,00	2,00	1168,45	551,16
Rata-rata									2852,63	1087,65
Total										1970,14

4.2.2. Grade Resistance

Hasil perhitungan *grade resistance* dapat dilihat pada Tabel 4.3 sampai Tabel 4.4.

Tabel 4.3
Perhitungan *Grade Resistance* pada Segmen Jalan pada Unit Qvester

No	Segmen	Panjang Jalan (m)	Beda Elevasi (m)	Grade (%)		GR (lbs)	
				Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A – B	133,29	4,00	-3,00	3,00	-2038,64	869,42
2	B – C	101,51	22,33	22,00	-22,00	14960	-6380
3	C – D	98,69	9,17	9,29	-9,29	6315,84	-2693,52
4	D – E	169,42	15,82	9,34	-9,34	6349,84	-2708,02
5	E – F	101,47	7,03	-6,93	6,93	-4709,68	2008,54
6	F – G	76,76	7,54	9,82	-9,82	6675,56	-2846,93
7	G – H	108,22	4,58	4,24	-4,24	2879,8	-1228,15
8	H – I	95,50	9,03	-9,46	9,46	-6432,8	2743,4
9	I – J	184,51	4,10	-2,22	2,22	-1510,28	644,09
Rata-rata						2498,85	-1065,69
Total							716,58

Tabel 4.4
Perhitungan *Grade Resistance* pada Segmen Jalan pada Unit AXOR

No	Segmen	Panjang Jalan (m)	Beda Elevasi (m)	Grade (%)		GR (lbs)	
				Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A – B	133,29	4,00	-3,00	3,00	-1588,94	749,5
2	B – C	101,51	22,33	22,00	-22,00	11660	-5500
3	C – D	98,69	9,17	9,29	-9,29	4922,64	-2322
4	D – E	169,42	15,82	9,34	-9,34	4949,14	-2334,5
5	E – F	101,47	7,03	-6,93	6,93	-3670,78	1731,5
6	F – G	76,76	7,54	9,82	-9,82	5203,01	-2454,25
7	G – H	108,22	4,58	4,24	-4,24	2244,55	-1058,75
8	H – I	95,50	9,03	-9,46	9,46	-5013,8	2365
9	I – J	184,51	4,10	-2,22	2,22	-1177,13	555,25
Rata-rata						1947,63	-918,69
Total							514,47

Keterangan :

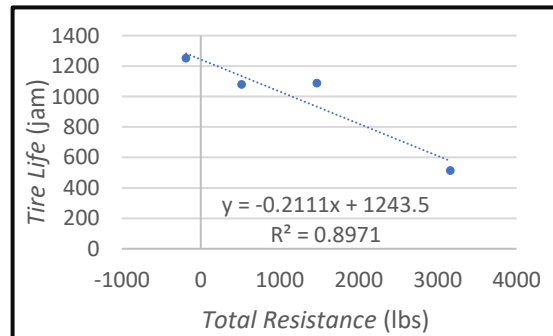
= *Grade* di atas 12%

4.2.3. Total Resistance

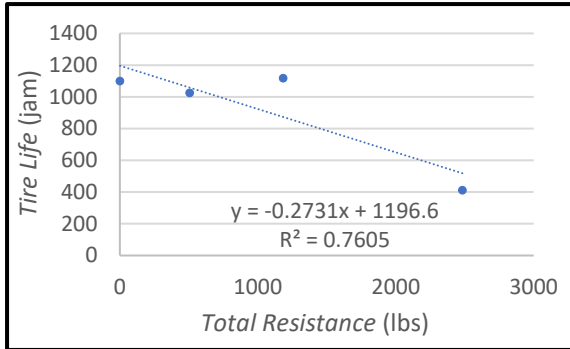
Nilai *total resistance* pada jalan angkut didapatkan dari penjumlahan nilai *rolling resistance* dan *grade resistance*. Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.1. dan Tabel 4.2, diperoleh nilai *total resistance* pada unit Qvester dan AXOR masing-masing yaitu 3164,60 dan 2484,61 lbs.

4.3. Analisis Teori Korelasi

Pada penelitian ini, hasil uji regresi linear dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.3.

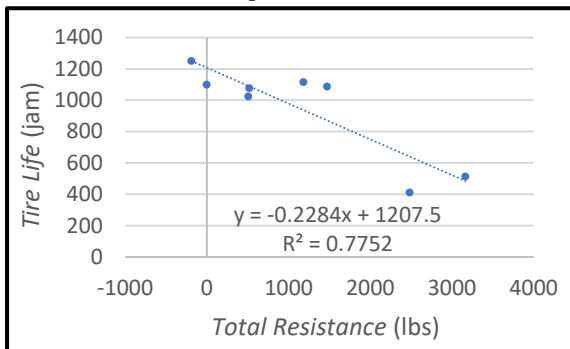


Gambar 4.1
Grafik Hubungan *Total Resistance* terhadap Usia Pakai Ban pada Unit Qvester



Gambar 4.2

Grafik Hubungan *Total Resistance* terhadap Usia Pakai Ban pada Unit AXOR



Gambar 4.3

Grafik Hubungan *Total Resistance* terhadap Usia Pakai Ban pada Semua Unit

Uji regresi linear sederhana bertujuan untuk mengetahui hubungan kondisi jalan angkut terhadap usia pakai ban, serta menjadi acuan dalam menghitung prediksi usia pakai ban setelah perbaikan jalan angkut. Diperlukan rangkaian data yang cukup untuk melakukan perhitungan regresi linear sederhana, oleh karena itu penulis menelusuri arsip perusahaan untuk memperoleh data nilai *total resistance* dan usia pakai ban pada blok yang dikerjakan PT DBM sebelum penelitian ini.

Berdasarkan pada Grafik 4.3 (gabungan), diketahui bahwa hubungan antara nilai *total resistance* dengan usia pakai mempunyai nilai R^2 yaitu 0,7752 dan dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$Y = -0,2284X + 1207,5$$

dengan :

X = Nilai *Total Resistance* (lbs)

Y = Usia pakai ban (jam)

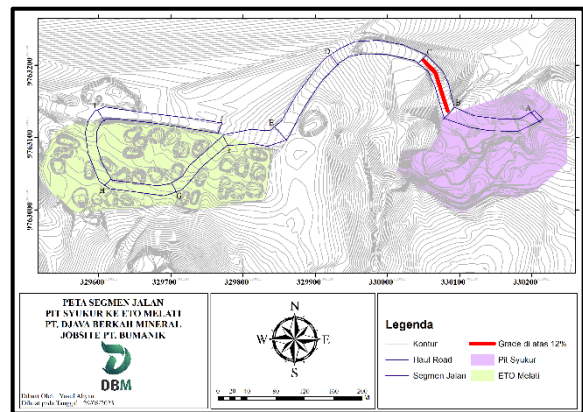
Berdasarkan hasil uji regresi linear sederhana, diperoleh nilai $R^2 = 0,7752$ atau $R = \pm 0,8805$ yang jika dilihat pada grafik bernilai negatif, yaitu seiring bertambahnya nilai *total resistance* nilai usia pakai ban semakin kecil. Artinya, dengan nilai R mendekati 1 maka hubungan kondisi jalan angkut terhadap usia pakai ban *dump truck* kuat, dan dengan hubungan yang berbanding terbalik maka angka nilai *total resistance* perlu ditekan untuk meningkatkan usia pakai ban.

4.4. Upaya Perbaikan Kondisi Jalan Angkut

Diketahui bahwa nilai *total resistance* jalan angkut pada Blok Peboa paling tinggi dibandingkan dengan blok-blok sebelumnya, begitu pula dengan usia pakai ban *dump truck* yang paling kecil. Untuk itu, diperlukan upaya perbaikan jalan angkut untuk meningkatkan nilai usia pakai ban *dump truck* dengan cara menekan nilai *total resistance*.

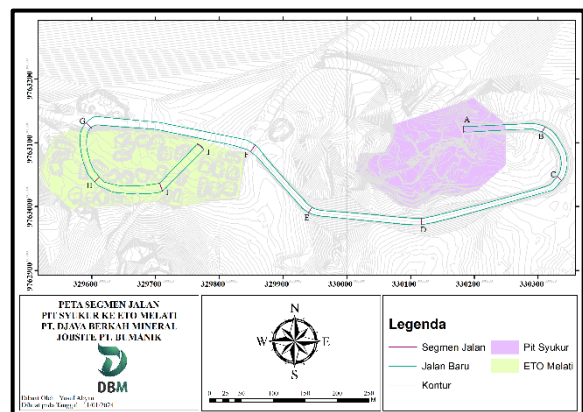
4.4.1. Rancangan Teknis

Pada kondisi jalan angkut di lapangan didapati *grade* jalan bernilai lebih dari 12%, yaitu 22% pada segmen B – C. Sehingga, penulis menggunakan *software GEOVIA Surpac 6.6.2* untuk menyimulasikan peralihan sebagian rute *hauling* dengan tujuan menekan *grade* jalan maksimal. Hasilnya, *grade* jalan maksimal dapat ditekan dari 22% menjadi 10% dengan total panjang jalan angkut berubah dari 1069 m menjadi 1254 m. Peta jalan angkut sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilihat pada Gambar 4.4 sampai Gambar 4.5.



Gambar 4.4

Peta *Haul Road* Sebelum Perbaikan



Gambar 4.5

Peta *Haul Road* Setelah Perbaikan

Setelah dilakukan perancangan teknis perbaikan kondisi jalan angkut, penulis melakukan perhitungan nilai *total resistance* jalan angkut setelah perbaikan dengan rincian :

1. Perhitungan nilai *rolling resistance* diasumsikan tidak terdapat amblasan,
2. Perhitungan *grade resistance* mengacu pada data jarak dan elevasi hasil perancangan teknis.

Hasil perhitungan *rolling resistance* dan *grade resistance* dapat dilihat pada Tabel 4.5 sampai Tabel 4.8.

Tabel 4.5
Perhitungan Perbaikan *Rolling Resistance* pada Unit Quester

No	Segmen Jalan	Amblasan (cm)		Amblasan (inch)		Kondisi permukaan	% RR		RR (pounds)	
		muatan	kosong	muatan	kosong		load	empty	load	empty
1	A – B	0	0	0,00	0,00	1	2,00	2,00	1499,14	639,34
2	B – C	0	0	0,00	0,00	1	2,00	2,00	1499,14	639,34
3	C – D	0	0	0,00	0,00	1	2,00	2,00	1499,14	639,34
4	D – E	0	0	0,00	0,00	1	2,00	2,00	1499,14	639,34
5	E – F	0	0	0,00	0,00	1	2,00	2,00	1499,14	639,34
6	F – G	0	0	0,00	0,00	1	2,00	2,00	1499,14	639,34
7	G – H	0	0	0,00	0,00	1	2,00	2,00	1499,14	639,34
8	H – I	0	0	0,00	0,00	1	2,00	2,00	1499,14	639,34
9	I – J	0	0	0,00	0,00	1	2,00	2,00	1499,14	639,34
Rata-rata									1499,14	639,34
Total									1069,24	

Tabel 4.6
Perhitungan Perbaikan *Grade Resistance* pada Unit Quester

No	Segmen	Panjang Jalan (m)	Beda Elevasi (m)	Grade (%)		GR (lbs)	
				Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A – B	101,45	5,45	5,37	-5,37	3651,60	-1557,30
2	B – C	97,96	6,10	6,23	-6,23	4234,36	-1805,83
3	C – D	165,01	9,44	5,72	-5,72	3890,28	-1659,09
4	D – E	245,31	11,99	4,89	-4,89	3322,48	-1416,94
5	E – F	115,58	2,27	1,96	-1,96	1335,52	-569,56
6	F – G	249,80	3,74	-1,50	1,50	-1018,64	434,42
7	G – H	95,45	9,03	9,46	-9,46	6432,80	-2743,40
8	H – I	108,15	4,58	-4,24	4,24	-2879,80	1228,15
9	I – J	76,81	7,54	-9,82	9,82	-6675,56	2846,93
Rata-rata						1365,89	-582,51
Total						391,69	

Tabel 4.7
Perhitungan Perbaikan *Rolling Resistance* pada Unit AXOR

No	Segmen Jalan	Amblasan (cm)		Amblasan (inch)		Kondisi permukaan	% RR		RR (pounds)	
		muatan	kosong	muatan	kosong		load	empty	load	empty
1	A – B	7	3	2,76	1,30	2	8,13	5,95	4752,00	1639,67
2	B – C	2	1	0,79	0,37	2	5,18	4,56	3026,93	1255,84
3	C – D	1	0	0,39	0,19	1	2,59	2,28	1513,46	627,92
4	D – E	1	0	0,39	0,19	1	2,59	2,28	1513,46	627,92
5	E – F	1	0	0,39	0,19	1	2,59	2,28	1513,46	627,92
6	F – G	5	2	1,97	0,93	2	6,95	5,39	4061,97	1486,14
7	G – H	5	2	1,97	0,93	2	6,95	5,39	4061,97	1486,14
8	H – I	5	2	1,97	0,93	2	6,95	5,39	4061,97	1486,14
9	I – J	0	0	0,00	0,00	1	2,00	2,00	1168,45	551,16
Rata-rata									2852,63	1087,65
Total									1970,14	

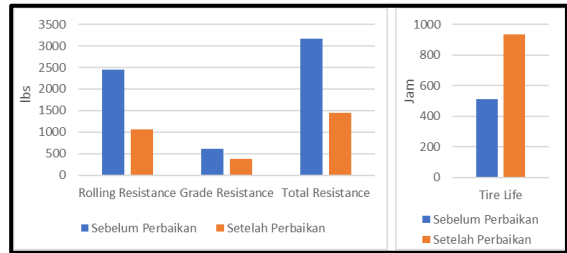
Tabel 4.8
Perhitungan Perbaikan *Grade Resistance* pada Unit AXOR

No	Segmen	Panjang Jalan (m)	Beda Elevasi (m)	Grade (%)		GR (lbs)	
				Muatan	Kosongan	Muatan	Kosongan
1	A – B	133,29	4,00	-3,00	3,00	-1588,94	749,5
2	B – C	101,51	22,33	22,00	-22,00	11660	-5500
3	C – D	98,69	9,17	9,29	-9,29	4922,64	-2322
4	D – E	169,42	15,82	9,34	-9,34	4949,14	-2334,5
5	E – F	101,47	7,03	-6,93	6,93	-3670,78	1731,5
6	F – G	76,76	7,54	9,82	-9,82	5203,01	-2454,25
7	G – H	108,22	4,58	4,24	-4,24	2244,55	-1058,75
8	H – I	95,50	9,03	-9,46	9,46	-5013,8	2365
9	I – J	184,51	4,10	-2,22	2,22	-1177,13	555,25
Rata-rata						1947,63	-918,69
Total						514,47	

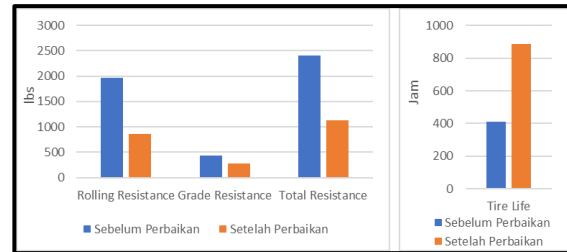
Berdasarkan Tabel 4.5 sampai Tabel 4.8, diperoleh nilai *total resistance* pada unit Quester dan AXOR masing-masing yaitu 1460,93 dan 1141,02 lbs.

4.4.2. Analisis Usia Pakai Ban

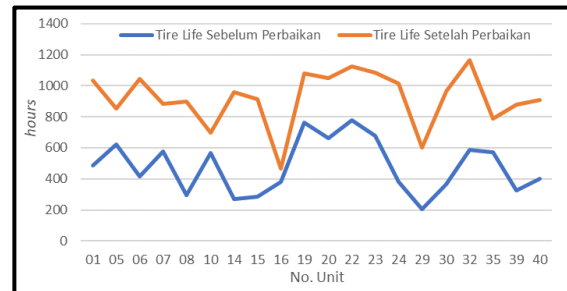
Pada penelitian ini diketahui hubungan kondisi jalan angkut terhadap usia pakai ban dapat dinyatakan dalam persamaan $Y = -0,2284X + 1207,5$. Persamaan tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan usia pakai ban dengan memasukkan nilai *total resistance* setelah perbaikan jalan angkut dalam variabel X. Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan tersebut, diperoleh rata-rata nilai usia pakai ban pada unit Quester dan AXOR yaitu 935,2 dan 884,9 jam.



Gambar 4.6
Grafik Perbandingan Nilai *Resistance* dan Usia Pakai Ban saat Sebelum dan Sesudah Perbaikan Jalan Angkut pada Unit Quester



Gambar 4.7
Grafik Perbandingan Nilai *Resistance* dan Usia Pakai Ban saat Sebelum dan Sesudah Perbaikan Jalan Angkut pada Unit AXOR



Gambar 4.8
Grafik Perbandingan Usia Pakai Ban saat Sebelum dan Sesudah Perbaikan Jalan Angkut pada Tiap Unit *Dump Truck*

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan beserta pembahasannya, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil persamaan regresi linear sederhana saat membandingkan nilai total resistance dengan usia pakai ban dump truck, diketahui nilai $R = -0,8805$ dan nilai $R^2 = 0,7752$, yang berarti bahwa hubungan antara kedua variabel tersebut kuat, serta nilai *rolling resistance* berbanding terbalik dengan usia pakai ban *dump truck*. Artinya, semakin besar nilai *total resistance* maka semakin kecil usia pakai ban, begitu pula sebaliknya dengan rincian :
 - a. Diketahui laju keausan ban *dump truck* sebesar 23,23 jam/mm pada unit UD Quester CWE 370 dan 18,25 jam / mm pada unit Mercedes Benz AXOR 2528C, dengan tebal tread rata-rata 22,44 mm diperkirakan usia pakainya sebesar 511,2 jam pada unit UD Quester CWE 370 dan 409,6 jam pada unit Mercedes Benz AXOR 2528C. Faktor yang memengaruhi usia pakai ban *dump truck* terkait kondisi jalan angkut yaitu nilai total resistance yang diperoleh dari penjumlahan nilai *rolling resistance* pada muka jalan dengan nilai *grade resistance* pada kemiringan jalan,
 - b. Berdasarkan hasil pengamatan kondisi jalan angkut yang ada di lapangan, diperoleh nilai *total resistance* sebesar 3164,60 lbs pada unit Quester dan 2484,61 lbs pada unit AXOR,
2. Berdasarkan simulasi perbaikan jalan angkut diperoleh nilai *total resistance* sebesar 1460,93 lbs pada unit Quester dan 1141,02 lbs pada unit AXOR. Setelah nilai *total resistance* dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear sederhana yang telah diperoleh, diperkirakan usia pakai ban *dump truck* mencapai 935,2 jam pada unit Quester dan 884,9 jam pada unit AXOR. Perbaikan ini memerlukan total pemindahan material sebesar 46.682,5 BCM, dengan rincian volume gali urug sebesar 29.443 BCM, serta volume quarry sebesar 17.239,5 BCM.

5.2. Saran

1. Memaksimalkan kegiatan peremajaan jalan angkut untuk menjaga kondisinya tetap baik, agar kerja ban menjadi lebih ringan sehingga dapat meminimalisir risiko deformasi ban terlalu dini atau deformasi ban yang tidak merata, memungkinkan peningkatan usia pakainya,
2. Menerapkan rekomendasi perbaikan jalan angkut yang disarankan. Dengan kondisi jalan angkut yang baik, beban kerja ban menjadi lebih ringan dan akan berdampak pada usia pakainya yang meningkat.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Aditya, K H dkk. 2017. Pengaruh Permukaan Alur Kembang Ban Tyre Radial Ply Terhadap Rolling Resistance. *Jurnal Rotor, Vol 10, No. 1*.
2. Anonim. 1996. *New Step 1 Training Manual*. Jakarta : PT Toyota Astra Motor.
3. Anonim. 2017. *Caterpillar Performance Handbook 47*. Caterpillar, Peoria, Illinois, U.S.A.
4. Anonim. 2018. *Korelasi dan Regresi Linear Sederhana*. Jakarta : Pelaksana Akademik Mata Kuliah Umum Universitas Esa Unggul.
5. Evans, et al. 2009. *Effect of Tire Rolling Resistance Levels on Traction, Treadwear, and Vehicle Fuel Economy*. United States Department of Transportation.
6. Indonesianto, Y. 2005. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta : Program Studi Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.
7. Indonesianto, Y. 2016. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta : Program Studi Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.
8. Jackson, et al. 2011. *Synthesis of The Effects of Pavement Properties on Tire Rolling Resistance*. Alabama : National Center for Asphalt Technology, Auburn University, Auburn.
9. Kaufman, Walter W, dan James C Ault. 1977. *Design Of Surface Mine Haulage Roads*. Washington DC : United States Bureau of mines.
10. Muhammad, R A, Dkk. 2018. Analisis Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kerusakan Ban Pada Unit Dump Truck di Pit PT X. *JSME Kinematika, Vol 3, No 1*.
11. Prodjosumarto, P. 1996. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung : Jurusan Teknik Pertambangan ITB.
12. Schiess, P. dan Carol A W. 1986. *Road Design And Construction In Sensitive Watersheds*. Rome, Italy : Food and Agriculture Organization of the United Nations.
13. Shirley L H. 2000. *Perencanaan Teknik Jalan Raya (Penuntun Praktis)*. Bandung : Politeknik Negeri Bandung, Jurusan Teknik Sipil.
14. Steyn, W dan M Haw. 2005. *The Effect of Road Surfacing Conditions on Tyre Life*. South Africa : University of Pretoria.
15. Suwandi, Awang. 2004. *Perencanaan Jalan Tambang*. Diktat Perencanaan Tambang Terbuka, UNISBA. Bandung.
16. Tannant, et al. 2001. *Guidelines for Mine Haul Road Design*. Canada : University of British Columbia.
17. Tenriajeng, Andi. 2003. *Pemindahan Tanah Mekanik (Alat-alat Berat)*. Jakarta : Penerbit Gunadarma
18. Yopi, H. 2014. Analisis Performance Ban dengan Alat Drump Test. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 2, No. 1*.