



TESIS - TI185471

**OPTIMASI BIAYA PENGGANTIAN PADA BAN ALAT  
BERAT PERTAMBANGAN DENGAN METODE GOAL  
PROGRAMMING DI PT. VALE INDONESIA**

**DWINDA SURYO WIBOWO  
NRP. 02411850077045**

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. Budi Santosa, M.S, Ph. D

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN KERJASAMA INDUSTRI  
DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYSA SISTEM  
2020

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

**Magister Teknik (M.T)**

di

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**DWINDA SURYO WIBOWO**

**NRP. 2411850077045**

Tanggal Ujian: 12 Mei 2020

Periode Wisuda: September 2020

Disetujui Oleh:

**Pembimbing**

Prof. Ir. Budi Santosa, M.S, Ph. D

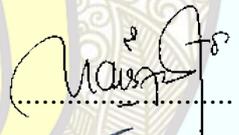
NIP. 19690512 199402 1 001



**Penguji:**

1. Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph. D

NIP. 19750408 199802 2 001



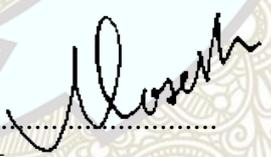
2. Erwin Widodo, S.T., M.Eng., Dr. Eng

NIP. 19740517 199903 1 002



3. Prof. Dr. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M. Reg.Sc

NIP. 19590817 198703 1 002



Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem



**Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D**

NIP: 19700523 199601 1 001



*Halaman ini memang dikosongkan*

# Optimasi Biaya Penggantian pada Ban Alat Berat Pertambangan dengan Metode *Goal Programming* di PT. Vale Indonesia

Nama Mahasiswa : Dwindi Suryo Wibowo  
NRP : 2411850077045  
Pembimbing : Prof. Ir. Budi Santosa, M.S, Ph.D

## ABSTRAK

Ban merupakan salah satu *ground engaging tool* yang memiliki porsi besar dalam biaya pemeliharaan alat berat pertambangan di PT. Vale Indonesia. Sebesar 24% dari total anggaran biaya part yang dialokasikan untuk pemeliharaan alat berat tambang, 16% di dalamnya merupakan alokasi anggaran biaya untuk pemeliharaan ban. Bila ditelaah lebih lanjut, 70% dari total anggaran biaya pemeliharaan ban yang ada dialokasikan untuk ban ukuran 27.00 R49 yang digunakan pada *hauling truck* 100 Ton yang mengangkut material galian tambang. Tentunya seiring dengan persaingan di dunia bisnis pertambangan, perusahaan dituntut untuk mengeluarkan biaya yang optimum di berbagai sisi, salah satunya di bidang pemeliharaan ban. Studi yang dilakukan adalah untuk melakukan kajian terhadap umur pakai ban dan kaitannya dengan pencapaian target jam operasi unit *hauling truck* 100 Ton, optimasi biaya pemeliharaan ban, dan pencapaian minimasi *down time* unit truk. Tujuan yang akan dicapai dalam studi yang dilakukan adalah minimasi biaya pemeliharaan ban dengan optimasi umur pakai ban dan meningkatkan *physical availability*. Adanya target yang harus dicapai dari setiap tujuan yang telah ditetapkan seperti 2% batasan maksimum *down time* karena kerusakan ban, target *cost reduction* sebesar 9% untuk biaya pemeliharaan, serta total *running hours* yang harus dipenuhi oleh ban yaitu 3,418,878.78 jam menjadikan permodelan *goal programming* merupakan metode yang tepat dalam penyelesaian permasalahan ini. Hasil studi optimasi didapatkan bahwa dengan mengatur komposisi penggunaan tiga tipe ban yaitu 80% ban baru, 15% ban vulkanisir dan 5% ban sewa, dengan target umur pakai untuk ban baru 5,909 jam, ban vulkanisir 2,501 jam, dan ban sewa 2,200 jam, maka dapat memenuhi target penurunan biaya pemeliharaan ban sebesar 9%, serta menurunkan angka *down time* sebesar 7%, sehingga *physical availability* ban naik 0,14% dari angka 98% menjadi 98.14% dengan target *running hours* operasional yang tercapai di angka 3,418,878.30 jam.

Kata kunci: *Goal programming*, *preemptive*, umur ban *OHT*, biaya ban *OHT*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **Tires Replacement Cost Optimization on Mining Heavy Equipment by Goal Programming Method at PT. Vale Indonesia**

Name : Dwindi Suryo Wibowo  
ID Number : 241185007045  
Supervisor : Prof.Dr.Ir. Budi Santosa M. Sc, Ph.D.

## **ABSTRACT**

Tires are one of the ground engaging tools that have a large portion of the costs of maintaining mining heavy equipment at PT. Vale Indonesia. 24% of the total part cost budget allocated for the maintenance of mining heavy equipment, 16% in it is the budget allocation for tire maintenance. If examined further, 70% of the total tire maintenance budget allocated for 27.00 R49 tires are used for 100 Ton hauling trucks that transport mining materials. In line with competition in the mining business, companies are required to spend optimum cost. The objectives to be achieved in the study conducted are minimize tire maintenance costs by optimizing tire life and increase physical availability. The goal targets that must be achieved are consist of the maximum limit of downtime due to tire damage, cost reduction target for tire maintenance costs, as well as the total running hours that must be met by the tire, make goal programming modeling is an appropriate method in solving this problem. Optimization study results found that by regulating the composition of the use of three types of tires, namely 80% new tires, 15% retread tires, and 5% rental tires, with a target lifetime for new tires 5,909 hours, retread tires 2,501 hours, and tire rental 2,200 hours, able to meet the target of reducing tire maintenance costs by 9%, as well as reducing the downtime rate by 7% so that tire physical availability increased 0.14% from 98% to 98.14% with operational running hours targets achieved at 3,418,878.30 hours. The results of the optimization research found that by setting the composition of the use of three types of tires, namely new tires, retread tires and rental tires, with a lifetime target according to the results of the mathematical model calculated, then the three objectives set can be achieved.

*Keywords: Goal programming, preemptive, OHT tire life, OHT tire cost*

*Halaman ini memang dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) dalam bidang keahlian Kerjasama Industri pada program studi Pascasarjana Teknik Sistem dan Industri, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Puji dan Syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, karena dengan kasih dan karuniaNYA sehingga tesis yang berjudul “Optimasi Biaya Penggantian pada Ban Alat Berat Pertambangan dengan Metode *Goal Programming* di PT. Vale Indonesia” dapat diselesaikan oleh penulis.

Tesis ini dapat tersusun oleh karena ilmu yang diberikan oleh para dosen pengajar saya selama kuliah di Teknik Sistem dan Industri ITS. Saya mengucapkan terima kasih untuk semua staf pengajar terlebih kepada dosen pembimbing saya, Prof. Ir. Budi Santosa, M.Sc, Ph.D. Melalui bimbingan dari Bapak, Prof. Ir. Budi Santosa, M.Sc, Ph.D, saya mendapatkan sasaran dan target studi yang jelas, diskusi permodelan yang membangun serta saran penerapan konsep baik teori dan aplikasi permodelan dalam dunia industri yang tepat.

Saya juga berterimakasih kepada dosen assessor Ibu Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph. D, Bapak Erwin Widodo, S.T., M.Eng., Dr. Eng dan Bapak Prof. Dr. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M. Reg.Sc yang menggali kedalaman materi serta memberikan saran penyempurnaan studi sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan layak.

Saat ini, hasil studi optimasi yang saya tulis, direalisasikan dalam strategi perawatan ban khususnya ban ukuran 27.00 R49 yang digunakan pada *hauling truck* OHT 100 Ton di PT. Vale Indonesia. Saya mengapresiasi bantuan rekan kerja yang juga terlibat dalam proses penulisan studi optimasi ini, yaitu Bapak Teguh Dwi Kuncoro, Pramudita Hudaya, Winchristianto Sihotang, Ilham Mubaroq, Heri Nur Saleh, Ervan, Boas dan Yudha Trinanda atas bantuan dan kerja samanya. Kontribusi mereka dalam memberikan sudut pandang dari sisi aplikasi dalam bidang strategi operasional sangat membantu saya dalam mengkaji dan membandingkan studi yang dianalisa penulis dengan kondisi aktual.

Terima kasih untuk istri tercinta Anastasia Luberta, dan anak terkasih Adyarta Edwin Mavendra, atas dorongan dan cinta kasih mereka. Saya merasa sangat bersyukur akan kebahagiaan dan doa yang setiap saat mereka berikan sehingga segala tantangan dan kesulitan dalam menyelesaikan tesis ini dapat dilalui dengan semangat dan penuh inspirasi. Penghormatan dan rasa terima kasih yang mendalam kepada orang tua tercinta, Bapak Sri Indra Widya Saptadi dan Ibu Etty Indrijati serta Ibu mertua terkasih, Agnes Tuti Septiani, yang tidak pernah sekalipun lupa mendoakan saya agar selalu sukses dalam menyelesaikan segala sesuatu.

Saya juga berterima kasih kepada semua rekan kuliah, staf Teknik Industri, staf administrasi ITS, rekan kerja dan rekan diskusi ilmiah yang telah membantu saya melalui proses penyelesaian tesis dan perkuliahan magister di ITS.

Saya memohon maaf dan pengertian apabila ada kesalahan penulisan dalam tesis ini. Saya sangat terbuka dan menerima segala diskusi, koreksi dan saran perbaikan terhadap kajian yang saya tuliskan dalam tesis ini.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS .....	i
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	10
1.3. Tujuan Penelitian.....	10
1.4. Batasan Masalah.....	11
1.5. Manfaat Penelitian.....	13
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA .....	15
2.1. Biaya Pemeliharaan.....	15
2.1.1. Biaya Pemeliharaan Alat Berat.....	16
2.1.2. Biaya Pemeliharaan Ban Alat Berat.....	17
2.2. Ban Off Highway Truck 100 Ton.....	19
2.2.1. Aktifitas Pemeliharaan Ban.....	21
2.2.2. Keandalan Ban.....	22
2.3. Pengujian Hipotesis.....	24
2.3.1. Uji Hipotesa Dua Sisi ( <i>Two Tail</i> ) .....	26
2.3.2. Uji Hipotesa satu sisi ( <i>one tail</i> ) .....	27
2.3.3. Langkah Uji Hipotesis .....	28
2.4. Goal Programming .....	29
2.4.1. Preemptive Goal Programming .....	35
2.4.2. Program LINDO .....	37
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	41
3.1. Metode Pengumpulan Data .....	41
3.1.1. Populasi Data .....	42
3.1.2. Sampel Data .....	43
3.2. Metode Pengolahan Data.....	44
3.3. Prosedur Penelitian .....	44
3.3.1. Diagram Alir Penentuan <i>Economic Constraint</i> .....	47

3.3.2. Diagram Alir Penentuan <i>Goal Constraint</i> .....	49
3.3.3. Diagram Alir Penyusunan Model .....	50
3.3.4. Diagram Alir Analisa Biaya .....	51
BAB IV ANALISIS DATA .....	53
4.1. Analisa Data.....	53
4.2. Analisa Uji Hipotesa.....	59
4.3. Analisa Permodelan Goal Programming.....	60
4.3.1. Variabel Keputusan Model.....	61
4.3.2. Perumusan Fungsi Tujuan .....	62
4.3.3. Pencapaian Fungsi Kendala.....	68
4.3.4. Analisa Hasil Model.....	72
4.3.5. Pembahasan Tindakan Perbaikan .....	77
4.4. Analisa Sensitivitas .....	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	85
5.1 Kesimpulan .....	85
5.2 Saran .....	86
DAFTAR PUSTAKA .....	87
LAMPIRAN A UJI NORMALITAS DATA BAN VULKANISIR.....	89
LAMPIRAN B PERHITUNGAN JUMLAH SAMPEL DATA .....	93
LAMPIRAN C UJI NORMALITAS DATA SAMPEL .....	97
LAMPIRAN D UJI HIPOTESIS UMUR PAKAI BAN .....	99
LAMPIRAN E PERHITUNGAN NILAI KOEFISIAN DAN NILAI RHS.....	103
LAMPIRAN F KALKULASI MODEL DENGAN LINDO .....	107

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Populasi Alat Berat di PT. Vale Indonesia.....	2
Gambar 1. 2. Grafik Persentase Biaya Ban vs Biaya Parts.....	3
Gambar 1. 3. Persentase Biaya Ban OHT 100 Ton.....	4
Gambar 1. 4. Fluktuasi Umur Pakai Ban .....	5
Gambar 1. 5. Profil Biaya Perawatan Ban 2017-2019.....	8
Gambar 1. 6. Profil Biaya Ban per Jam .....	9
Gambar 2. 1. Struktur Bagian Ban.....	19
Gambar 2. 2. Arti Kode Ukuran Ban Radial.....	20
Gambar 2. 3. Truk OHT 100 Ton.....	21
Gambar 2. 4. Siklus Aktifitas Perawatan Ban.....	22
Gambar 2. 5. Uji Hipotesa <i>Two Tail</i> .....	27
Gambar 2. 6. Area Penolakan <i>Left Tail Test</i> .....	28
Gambar 2. 7. Area Penolakan <i>Right Tail Test</i> .....	28
Gambar 2. 8. Konsep Model Solusi Optimal .....	30
Gambar 3. 1. Diagram Alir Pengerjaan Studi .....	45
Gambar 3. 2. Diagram Alir Uji Normalitas Data .....	46
Gambar 3. 3. Diagram Alir Penentuan <i>Constraint</i> Variabel Keputusan .....	48
Gambar 3. 4. Diagram Alir Penentuan <i>Goal Constraint</i> .....	49
Gambar 3. 5. Diagram Alir Penyusunan Model.....	50
Gambar 3. 6. Diagram Alir Analisa Biaya.....	51
Gambar 4. 1. Data Populasi Umur Pakai Ban Baru.....	54
Gambar 4. 2. Histogram Umur Pakai Ban Baru.....	55
Gambar 4. 3. Data Sampel Umur Pakai Ban Baru .....	57
Gambar 4. 4. <i>Normality Test</i> Sampel Ban Baru .....	57
Gambar 4. 5. Area Penerimaan Uji Hipotesa Ban Baru .....	60
Gambar 4. 6. Grafik Potensi Penghematan Biaya Hasil Optimasi.....	74
Gambar 4. 7. Grafik Kenaikan PA Hasil Optimasi .....	75
Gambar 4. 8. Konsep Pemasangan TPMS .....	79
Gambar 4. 9. Arsitektur Sistem <i>TKPH Monitoring</i> .....	80

Gambar 4. 10. <i>Mine Haul Road Condition Index</i> .....	81
Gambar 4. 11. Fitur RANGE pada LINDO .....	82
Gambar 4. 12. Hasil <i>Running</i> Fitur RANGE.....	82

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Umur Pakai Ban Aktual dan Target .....	6
Tabel 2. 1. Mode Kegagalan Ban .....	23
Tabel 2. 2. Model Matematika <i>Goal Programming</i> .....	32
Tabel 2. 3. Algoritma <i>Preemptive Goal Programming</i> .....	37
Tabel 2. 4. Jendela <i>Solver Status</i> pada LINDO .....	39
Tabel 3. 1. Daftar Data Sekunder .....	41
Tabel 3. 2. Tabulasi Pengolahan Data .....	44
Tabel 4. 1. Ukuran Sampel Uji Hipotesa .....	56
Tabel 4. 2. Tabel Nilai Mean dan Standar Deviasi.....	59
Tabel 4. 3. Ukuran Performansi Kritis Perawatan Ban.....	61
Tabel 4. 4. Variabel Keputusan Model .....	62
Tabel 4. 5. Tabel Nilai Qi.....	65
Tabel 4. 6. Tabel Komposisi Penggantian Ban .....	67
Tabel 4. 7. Tabel Nilai RHS Fungsi Kendala.....	69
Tabel 4. 8. Tabel Koefisien Fungsi Kendala Biaya.....	70
Tabel 4. 9. Tabel Nilai Optimal Umur Pakai Ban .....	72
Tabel 4. 10. Tabel Pencapaian Hasil Optimasi .....	73
Tabel 4. 11. Tabel Perhitungan Potensi Penghematan Biaya Produksi per Truk..	76
Tabel 4. 12. Tabel Perbandingan Umur Pakai Ban .....	77
Tabel 4. 13. Tabel Hasil Analisa Sensitivitas Koefisien.....	84
Tabel 4. 14. Tabel Hasil Analisa Sensitivitas Nilai Sisi Kanan .....	84

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

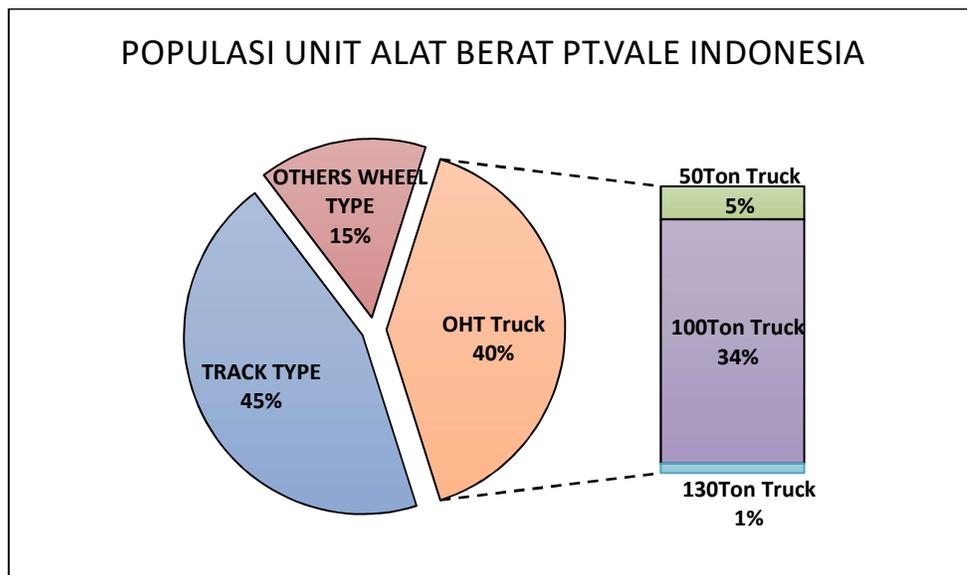
### 1.1.Latar Belakang

Tipe operasi pertambangan yang dilakukan PT. Vale Indonesia adalah penambangan terbuka. Dalam operasi penambangan terbuka, siklus produksi terdiri dari pengeboran, peledakan, pemuatan, pengangkutan dan subsistem persiapan. Keberadaan alat berat dalam operasional pertambangan memegang peranan penting dalam menunjang aktifitas pengangkutan dan eksplorasi hasil tambang. Tujuan dari penggunaan alat berat pertambangan adalah untuk memudahkan manusia dalam menyelesaikan aktifitas pengangkutan dan eksplorasi hasil tambang dengan mudah dan waktu yang relatif singkat. Dalam operasional tambang di PT. Vale Indonesia, berbagai macam alat berat digunakan untuk melakukan aktifitas pertambangan dan pengolahan hasil tambang. Berdasarkan penggerak utama, tipe alat berat yang digunakan PT. Vale Indonesia dapat dikelompokkan menjadi dua tipe yaitu penggerak roda rantai (*track type*) dan roda ban (*wheel type*). Alat berat dengan penggerak roda rantai digunakan untuk area operasional pertambangan dengan kondisi tanah yang buruk dan kemungkinan terjadinya selip besar, sedangkan alat berat dengan penggerak roda ban dibutuhkan untuk operasional yang bersifat memindahkan material (*earth moving*). Untuk dapat memastikan kehandalan dari alat berat tambang yang digunakan sebagai sarana utama maupun sarana penunjang kegiatan produksi, PT. Vale Indonesia memiliki satu department yang bertugas untuk melakukan pemeliharaan unit alat berat.

Departemen yang bertanggung jawab atas kegiatan pemeliharaan alat berat pertambangan yang digunakan untuk operasi di PT. Vale Indonesia adalah department *Mobile Equipment Maintenance* (MEM). Departemen MEM bertugas untuk melakukan pemeliharaan alat berat pertambangan baik untuk tipe roda rantai maupun untuk tipe roda ban. Departemen MEM memiliki seksi khusus yang bertanggung jawab atas aktifitas strategi perencanaan pemeliharaan ban pada alat berat, yaitu seksi *tire*

*maintenance*. Strategi aktifitas pemeliharaan juga terbagi menjadi dua jenis, yaitu aktifitas pemeliharaan yang dilakukan oleh mitra kerja kontraktor atau dealer dan aktifitas pemeliharaan yang dilakukan oleh karyawan MEM PT. Vale Indonesia. Optimalisasi kemampuan produksi alat berat merupakan faktor yang paling penting mengingat biaya yang dikeluarkan dalam operasional tambang banyak dihasilkan oleh aktivitas operasional alat berat (Rahadian, 2011).

Sebagai sarana penunjang untuk memenuhi kebutuhan produksi, PT. Vale Indonesia menggunakan baik alat berat tipe penggerak roda rantai dan penggerak roda ban. Perbandingan populasi alat berat penggerak roda rantai dan penggerak roda ban yang beroperasi di PT. Vale Indonesia adalah 45% alat berat dengan penggerak roda rantai dan 55% alat berat dengan penggerak roda ban, serta dari 55% alat dengan penggerak roda tersebut 40% merupakan OHT *hauling truck*, sesuai yang ditunjukkan pada Gambar 1.1.



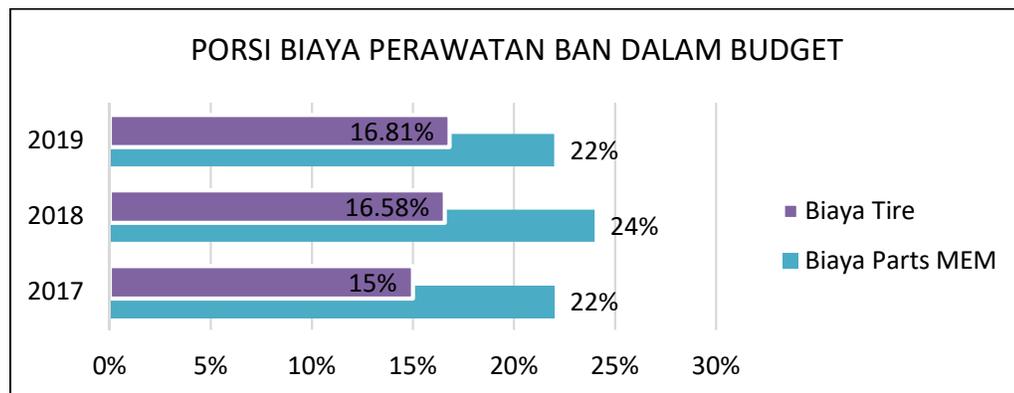
Gambar 1. 1. Populasi Alat Berat di PT. Vale Indonesia

Alat berat dengan penggerak roda ban tentunya memiliki berbagai macam ukuran ban mulai dari yang terkecil hingga yang paling besar. Kategori ban besar pada alat berat yang beroperasi di area pertambangan PT. Vale Indonesia dalam tulisan ini adalah ban yang digunakan untuk truck OHT 100 Ton dengan ukuran 27.00 R49 dan OHT

130 Ton dengan ukuran 33.00 R51. Sedangkan ban dengan ukuran di bawah 27.00 R49 dikategorikan sebagai ban kecil dan populasi unit alat berat yang menggunakan ban tersebut juga tidak banyak. Populasi unit OHT 100 Ton yang ada saat dilakukan penyusunan studi ini adalah 108 unit, sedangkan populasi unit OHT 130 Ton adalah 4 unit.

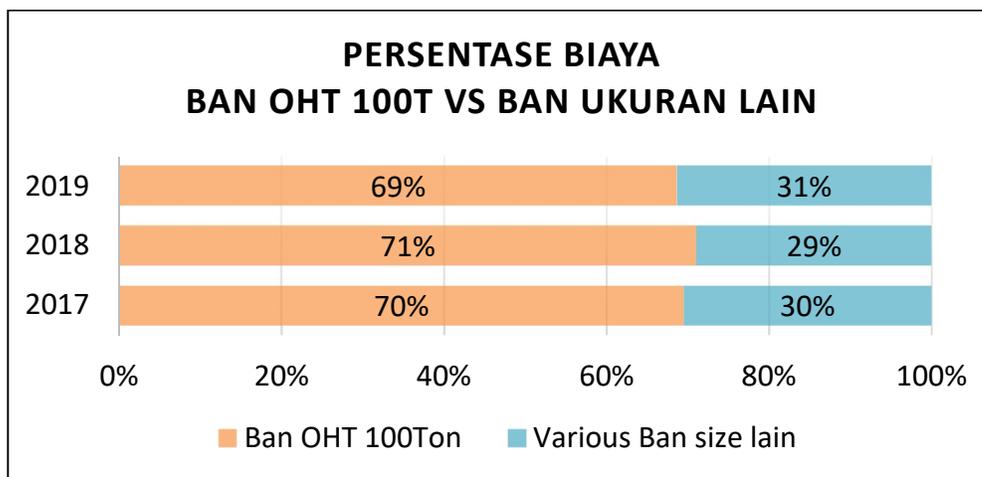
Berbeda dengan ban untuk kondisi jalan *on road* yang didesain untuk kondisi jalan terkontrol, ban untuk kondisi jalan *off road* sangat dipengaruhi variable kondisi operasi seperti kondisi jalan, beban kendaraan dan suhu dari ban (Bolster & Joseph, 2005). Biaya ban dalam operasional tambang merupakan suatu *ground engaging tool* yang mengambil porsi cukup besar dalam biaya pemeliharaan. Pada lokasi tambang, dimana produksi dibatasi oleh jumlah truk, hilangnya jam kerja satu ban dapat mengakibatkan hilangnya ratusan ribu dolar (Roya, 2015). Hilangnya nilai ratusan ribu dolar ini lah yang membuat kajian terhadap aktifitas perencanaan pemeliharaan ban harus dilakukan supaya didapatkan biaya pemeliharaan ban yang optimum.

Dalam persentase biaya pemeliharaan total, apabila dibandingkan dengan biaya parts yang mengkonsumsi 22% dari total biaya pemeliharaan, 16% lainnya digunakan untuk melakukan pengelolaan perawatan ban, dan porsi biaya 62% digunakan untuk biaya pekerja dan kontrak service. Dapat diartikan bahwa biaya parts yang timbul, hampir mendekati biaya konsumsi ban yang harus dikeluarkan department MEM PT. Vale Indonesia. Seperti yang digambarkan pada grafik di Gambar 1.2.



Gambar 1. 2. Grafik Persentase Biaya Ban vs Biaya Parts

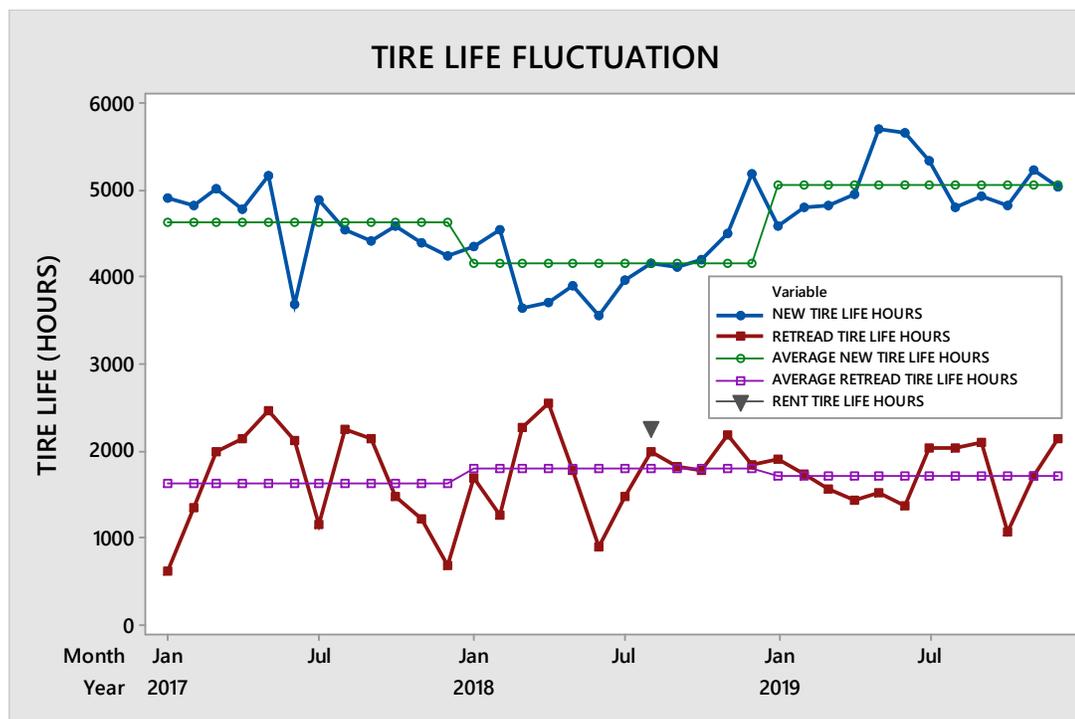
Dari berbagai macam ukuran ban yang digunakan alat berat dalam operasional tambang, ban yang digunakan untuk alat berat tipe *OHT (Off Highway Truck)* 100 Ton merupakan ban dengan biaya perawatan yang tergolong tinggi, karena 70% dari biaya yang dianggarkan, digunakan untuk perawatan ban OHT 100 Ton seperti yang digambarkan pada Gambar 1.3. Hal ini merupakan tantangan bagi pihak maintenance untuk dapat melakukan optimasi pada penggunaan ban terutama ukuran 27.00 R49 yang digunakan pada OHT 100 Ton. Untuk menurunkan biaya penggunaan ban setiap tahun nya menuntut pihak maintenance untuk melakukan berbagai inisiatif agar target biaya perencanaan pemeliharaan ban yang optimum dapat tercapai.



Gambar 1. 3. Persentase Biaya Ban OHT 100 Ton

Strategi untuk menekan biaya aktifitas pemeliharaan ban lainnya adalah menggunakan tiga jenis ban. Ban yang digunakan saat ini pada tipe OHT 100 ton memiliki tiga jenis, yaitu ban baru, ban vulkanisir, dan ban sewa. Ban baru merupakan ban yang original berasal dari pabrik, sedangkan ban vulkanisir merupakan ban bekas pakai yang telah dilapis ulang dan dicetak kembali pattern nya. Untuk dapat dilakukan vulkanisir, maka batasan pemakaian kedalaman alur ban maksimum adalah 90% dari tebal alur original. Sisa tebal alur 10% ini diperlukan karena sebelum proses vulkanisir, ban akan dikupas untuk menghilangkan karet lama serta untuk menempatkan perekat karet baru untuk di cetak sesuai pattern yang telah ditentukan. Jenis ban terakhir yang digunakan adalah ban sewa, dimana ban yang digunakan secara kepemilikan bukan

merupakan ban milik PT. Vale, tetapi milik kontraktor penyedia jasa sewa ban yang disewakan dengan biaya per jam. Permasalahan yang timbul adalah tidak semua ban bekas pakai dapat di vulkanisir dan dengan umur pakai ban vulkanisir hanya mencapai 50% dari umur pakai ban baru, sehingga perlu dilakukan kajian terhadap biaya perencanaan pemeliharaan ban yang timbul serta dampaknya terhadap operasional pertambangan terutama pada unit OHT 100 Ton. Grafik pada Gambar 1.4 menunjukkan gambaran umur pakai ban baru yang fluktuatif dari tahun 2017 hingga 2019, sehingga perlu dilakukan kajian terhadap umur pakai ban optimum dari setiap tipe ban yang digunakan dalam operasional alat berat pertambangan.



Gambar 1. 4. Fluktuasi Umur Pakai Ban

Dari Gambar 1.4 yang menunjukkan grafik umur pakai ban dapat terlihat bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara umur pakai ban baru dan umur pakai ban vulkanisir serta ban rental. Untuk detail umur pakai ban rata-rata serta target yang ditentukan dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1. Umur Pakai Ban Aktual dan Target

<b>Deskripsi</b>	<b>Tahun 2017</b>	<b>Tahun 2018</b>	<b>Tahun 2019</b>	<b>Target</b>
Rata-rata umur pakai ban baru	4617 jam	4148 jam	5052 jam	5500 jam
Rata-rata umur pakai ban vulkanisir	1640 jam	1802 jam	1917 jam	2600 jam
Rata-rata umur pakai ban sewa	Tidak ada kontrak	2266 jam	Tidak ada kontrak	2200 jam

Tabel 1.1. dapat memberikan gambaran bahwa umur pakai ban aktual pada periode tahun 2017 hingga 2019 tidak mencapai target. Umur pakai ban sewa yang lebih tinggi dari ban vulkanisir juga menjadi perhatian untuk dikaitkan dengan keputusan tidak menjalankan kontrak ban sewa. Pertimbangan penggunaan ban sewa perlu dikaji agar dapat ditemukan titik optimum dari biaya perawatan ban alat berat tambang khususnya untuk ukuran 27.00 R49 yang secara porsi biaya merupakan porsi paling tinggi.

Secara tidak langsung, umur pakai ban juga memberikan kontribusi dalam tercapainya target produksi hasil material tambang. Kontribusi yang diberikan umur pakai ban adalah dalam memenuhi kebutuhan target jam operasional alat berat tambang khususnya truk pengangkut material tambang yang menggunakan ban dengan ukuran 27.00 R49. Target jam operasi truk pengangkut material tambang merupakan faktor dari *availability (Physical Availability)* dan *utilisasi (Utilization of Availability)* setiap truk dalam satu tahun. *Physical availability* dan *Utilization of availability* yang menjadi acuan dalam perhitungan target jam operasi truk adalah 85% dengan perhitungan 24 jam dalam satu hari. Kajian perihal umur pakai ban untuk dapat memenuhi target jam operasi alat berat tambang perlu dilakukan agar didapatkan komposisi penggunaan tipe ban yang optimum.

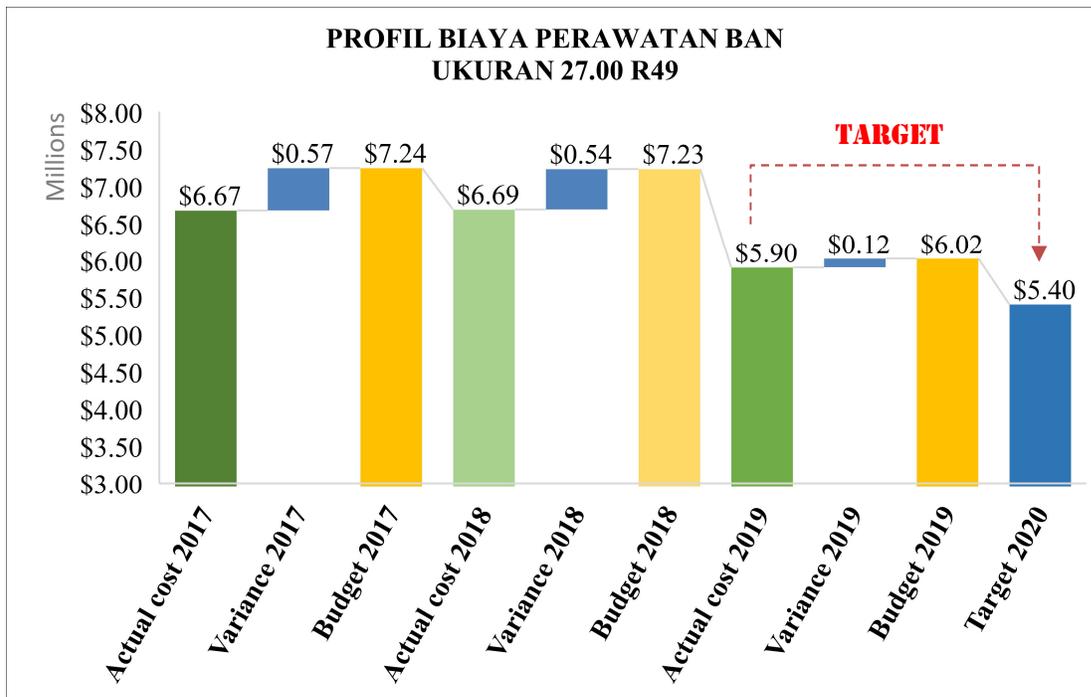
Hal lain yang menjadi perhatian dalam operasional perawatan ban dan perlu diselaraskan dengan kebutuhan operasional pertambangan adalah *reliability* dari alat berat yang menggunakan ban tersebut, dalam hal ini adalah hauling truck OHT 100

Ton. Saat terjadi penggantian ban yang tidak terencana maupun yang direncanakan, baik karena alasan operasional ataupun aktifitas pemeliharaan akan dicatat sebagai *downtime* karena alat berat tidak dapat beroperasi. *Downtime* selalu mempengaruhi kemampuan produksi dari asset-asset fisik dengan cara mengurangi total produk akhir, meningkatkan biaya operasi dan mengganggu pelayanan ke pengguna (Moubray, 2011). Kontribusi *down time* berasal dari aktifitas penggantian ban yang aus, maupun ban yang dilepas dengan kategori *defect* atau *premature failure* yang menyebabkan penggantian ban tidak terencana (*unplan*). Untuk mendapatkan kehandalan yang maksimum dengan adanya faktor *downtime* baik plan dan unplan serta ban dengan *premature failure* pada unit OHT 100 Ton perlu dilakukan kajian lebih lanjut. Saat ini target *down time* yang diperbolehkan karena aktifitas perawatan ban adalah 2% dari total jam operasional unit OHT 100Ton dalam satu tahun. Apabila kontribusi *down time* karena kerusakan ban pada truk lebih dari 2%, maka dapat mengganggu produktifitas alat berat tambang terutama truk pengangkut material tambang. Hilangnya jam operasi truk karena *down time* kerusakan ban dan lebih dari target yang ditentukan tersebut tentu saja memberikan kontribusi negatif bagi perusahaan.

Kendala terkait umur pakai ban yang tidak mencapai target, target jam operasi truk pengangkut material tambang dalam satu tahun serta persentase *down time* yang menjadi batasan dalam aktifitas perawatan alat berat tambang tersebut menjadi kendala dalam tercapainya biaya perawatan ban yang optimum. Untuk dapat mencapai biaya yang optimum, maka tujuan yang harus dicapai adalah menaikkan umur pakai ban dan menurunkan *down time* alat berat tambang karena kerusakan ban, sehingga target jam operasi truk pengangkut material tambang OHT 100 ton dapat dicapai serta didapatkan biaya perawatan ban yang optimum.

Berbagai variable kondisi tersebut diatas menggambarkan sekilas tentang bagaimana terjadinya fluktuasi komponen biaya pada biaya perencanaan pemeliharaan ban di area PT. Vale Indonesia terutama pada ban unit produksi OHT 100 Ton dengan ukuran ban

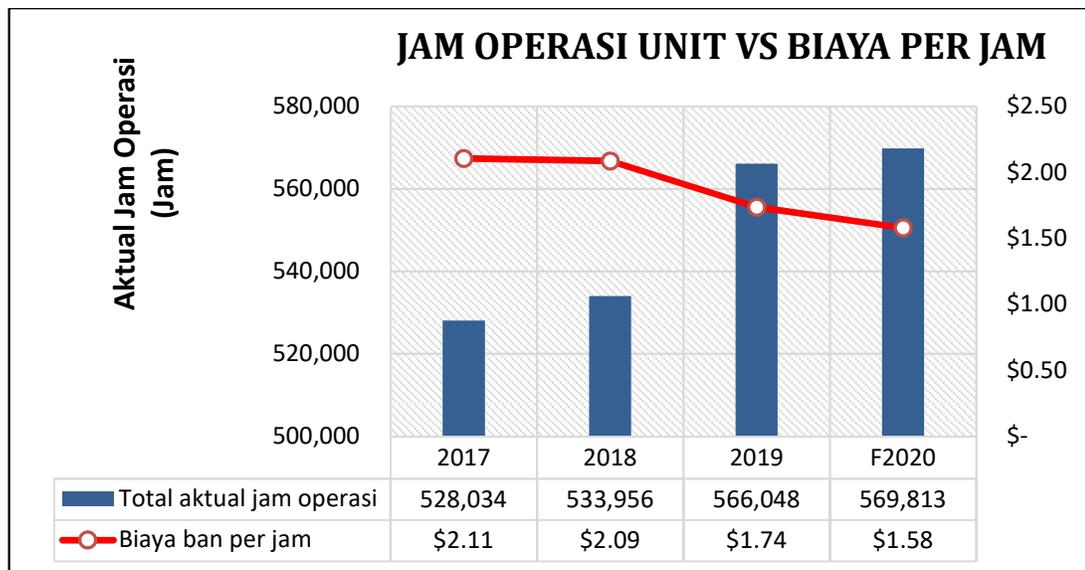
27.00 R49. Fluktuasi biaya perawatan ban pada truk OHT 100 Ton dengan ukuran 27.00 R49 dapat ditunjukkan pada Gambar 1.5 berikut:



Gambar 1. 5. Profil Biaya Perawatan Ban 2017-2019

Pada profil biaya perawatan ban ukuran 27.00 R49 yang ada pada Gambar 1.5, ditunjukkan bahwa pada tahun 2017 terdapat surplus biaya perawatan ban sebesar \$ 570,000 dengan anggaran biaya berada di angka sekitar 7,24 juta dolar, dan pada tahun 2018 terdapat surplus anggaran biaya sebesar \$ 540,000 dengan anggaran biaya total 7,23 juta dolar, sedangkan surplus anggaran biaya di tahun 2019 hanya \$ 100,000, dengan angka anggaran biaya di angka 6,02 juta dolar. Target yang ditentukan pada tahun 2020 untuk biaya aktual perawatan ban berada di angka 5,4 juta dolar, dengan target penghematan biaya sebesar \$500,000 dari biaya aktual di tahun 2019. Studi yang dilakukan akan berfokus pada optimasi biaya tire maintenance dengan melakukan kajian terhadap komposisi penggunaan tiga tipe ban serta umur pakai ban tersebut, sehingga dapat dimodelkan biaya perencanaan pemeliharaan ban yang optimum. Hal lain yang akan dilakukan adalah studi terhadap kontribusi *downtime* yang disebabkan

karena aktifitas perawatan ban. Tujuan lain yang akan dicapai dari studi yang dilakukan adalah untuk melakukan kajian terhadap umur pakai ban dalam memenuhi target jam operasi. Profil jam operasi alat berat tambang alat periode tahun 2017 hingga tahun 2019 serta target operasional alat di tahun 2020 digambarkan pada Gambar 1.6 berikut:



Gambar 1. 6. Profil Biaya Ban per Jam

Adanya tiga tujuan yang akan dicapai dalam studi optimasi biaya perawatan ban ini, maka dilakukan pendekatan *goal programming* agar dapat menghasilkan keluaran nilai biaya perawatan ban yang optimal dengan mempertimbangkan target jam operasi alat yang harus dicapai dalam satu tahun agar maksimum, meminimumkan jam *down time* yang terjadi pada alat berat truk yang menggunakan ban 27.00 R49, serta meminimumkan anggaran biaya perawatan ban yang telah ditentukan. Pendekatan penyelesaian masalah dengan metode *goal programming* dilakukan agar dapat dilakukan minimasi penyimpangan terhadap target yang telah ditentukan di awal. Adanya target yang harus dicapai dari sisi operasional menuntut permodelan yang dibuat memberikan hasil yang optimum, sehingga penyimpangan nilai dari target yang telah ditentukan dapat di minmasi. Pertimbangan lain, pendekatan dengan metode *goal programing* dipilih karena tujuan sasaran yang akan dicapai lebih dari satu dan saling bertolak belakang.

Dalam kondisi operasional untuk mencapai target yang telah ditentukan, tentu saja ada batasan yang menjadi kendala. Kendala yang menjadi batasan dalam mencapai tujuan tersebut diantaranya mencakup, keterbatasan sumber daya ban ukuran 27.00 R49 yang akan digunakan, serta batasan terkait anggaran yang menjadi target *potential saving* bagi perusahaan.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan atas latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan diangkat dalam studi case base report ini, adalah :

1. Berapa umur jam optimum dari masing-masing tipe ban ukuran 27.00 R49 untuk mendapatkan biaya operasional penggantian ban yang optimum?
2. Berapa nilai maksimum jam operasi alat berat truk pengangkut material tambang dalam satu tahun yang dapat dipenuhi untuk mencapai target produksi dengan adanya kendala pada umur pakai ban setiap truk?
3. Berapa *baseline* biaya yang seharusnya menjadi acuan dengan umur ban yang telah optimum dan apakah hasil biaya yang telah dilakukan dalam permodelan bisa mendapatkan penurunan biaya aktifitas perencanaan pemeliharaan ban?
4. Bagaimana dampak *downtime* akibat aktifitas penggantian ban truck OHT 100 Ton terhadap target jam operasi alat berat truk pengangkut material tambang yang telah ditentukan?
5. Bagaimana komposisi tipe ban yang optimum agar dapat mengakomodir kondisi keterbatasan supply pada tipe ban sewa, serta keterbatasan ketersediaan bahan baku untuk ban ulkanisir?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan atas rumusan masalah yang telah disusun, maka tujuan yang ingin dicapai dari penulisan case based report ini adalah :

1. Menentukan umur pakai ban yang optimal untuk mencapai minimasi biaya penggantian ban OHT 100 Ton

2. Menentukan komposisi jumlah ban yang tepat untuk tiga tipe ban yang akan digunakan dalam operasional pertambangan untuk mencapai minimasi biaya penggantian ban
3. Menentukan biaya optimum dalam perawatan ban OHT 100 ton dan mengetahui kondisi operasional yang ada saat ini dengan melakukan perbandingan dengan model yang dibuat, sehingga dapat ditentukan acuan nilai dasar anggaran biaya penggantian ban ukuran 27.00 R49 dan pencapaian terhadap target anggaran.
4. Melakukan kajian terhadap pemenuhan target jam operasi terkait kehandalan unit OHT 100 Ton dengan persentase downtime karena umur pakai ban yang fluktuatif
5. Melakukan kajian dan evaluasi terkait potensi penghematan yang dapat dikembangkan dari hasil permodelan optimasi biaya bagi perusahaan.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah yang digunakan dalam penulisan case based report ini antara lain adalah:

1. Ukuran ban yang akan dilakukan permodelan dan analisa adalah ban dengan ukuran 27.00 R49 yang digunakan pada alat berat tambang tipe *hauling truck*.
2. Alat berat tambang yang digunakan sebagai bahan penulisan case based report adalah tipe *Hauling truck Off Highway Truck (OHT) 100Ton* dengan jumlah unit 108 unit.
3. Total *down time* 2% adalah merupakan total *down time plan* dan *unplanned*
4. Ban vulkanisir adalah ban lama dengan kedalaman alur 90% telah terpakai, sehingga 10% kedalaman alur disisakan untuk pengerjaan vulkanisir ban
5. Batasan definisi biaya perawatan ban yang dikembangkan dalam permodelan hanya mencakup biaya untuk aksesoris ban dan biaya penggantian ban ukuran 27.00 R49
6. Data umur pakai ban yang diambil merupakan data yang bersumber dari *Klinge TTC (Total Tire Control)* aplikasi perangkat lunak untuk pendataan umur pakai ban dan pergerakan persediaan ban

7. Perhitungan biaya aktifitas pemeliharaan ban yang dimodelkan tidak memasukan komponen biaya kontrak servis pekerja penggantian ban karena diasumsikan sebagai parameter yang konstan.
8. Faktor cuaca dan index kontur jalan tidak dimasukan ke dalam permodelan umur pakai ban yang dikembangkan dalam penulisan
9. Uji normalitas dan uji hipotesa pada umur pakai ban sewa tidak dilakukan karena minimnya data histori pemakain ban sewa dalam aktual operasional alat berat tambang
10. Terminologi perawatan dan pemeliharaan ban yang ada di dalam penulisan *case study report* ini adalah hanya mencakup aktifitas penggantian ban, baik ban baru, ban vulkanisir, maupun ban sewa.
11. Umur pakai ban hasil optimasi dalam penulisan *case study report* ini tanpa mempertimbangkan hal teknis terkait hasil inspeksi kondisi fisik ban.
12. Total umur pakai ban dalam penulisan *case study report* ini sudah mengakomodir aktifitas rotasi ban, sehingga umur pakai ban total adalah umur pakai kumulatif dari aktifitas rotasi ban dari ban depan ke ban belakang.
13. Perhitungan jam pakai ban yang terakumulasi sudah mencakup aktifitas penggantian ban depan yang selalu menggunakan ban baru.
14. Ban sewa adalah ban yang disediakan oleh kontraktor pihak ketiga. Permasalahan yang ada di dalam pengadaan ban sewa adalah keterbatasan supply dari kontraktor penyedia ban sewa.
15. Persentase pemakaian ban sewa dalam penulisan *case study report* ini hanya terbatas pada 5% dari total populasi unit haul truck 100 Ton karena keterbatasan supply dari penyedia ban sewa
16. Ban vulkanisir adalah ban bekas pakai yang dilepas dari unit *haul truck*, kemudian dilakukan pelapisan ulang. Permasalahan yang ada di dalam pengadaan ban vulkanisir adalah keterbatasan ketersediaan bahan baku untuk pengerjaan ban vulkanisir.

17. Persentase pemakaian ban vulkanisir dalam penulisan *case study report* ini hanya terbatas pada 15% dari total populasi unit haul truck 100 Ton karena keterbatasan material yang digunakan untuk melakukan pengerjaan vulkanisir ban.
18. Terminologi umur pakai ban dalam penulisan *case study report* ini adalah total jam pakai ban dari awal pemasangan di unit haul truck 100 Ton hingga ban tersebut dilepas untuk di *scrap*. Satuan yang digunakan dalam umur pakai ban adalah jam.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Dengan mengacu pada tujuan penulisan case based report ini, maka manfaat dari penulisan case based report dalam studi kasus di PT. Vale Indonesia ini adalah:

1. Mendapatkan permodelan biaya perencanaan pemeliharaan ban yang optimum untuk dapat diimplementasikan pada strategi operasional aktifitas pemeliharaan ban di PT. Vale Indonesia
2. Mendapatkan nilai kehandalan optimum dalam operasional hauling trucks di area operasional pertambangan PT. Vale Indonesia terutama pada *downtime* karena aktifitas perawatan ban pada truck OHT 100 Tonn.
3. Mendapatkan potensi penghematan biaya yang dapat berkontribusi positif bagi perusahaan terutama dalam hal aktifitas biaya perawatan dan operasional ban truk pengangkut material tambang

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

Dalam bab kajian pustaka ini akan dibahas tentang teori pendukung penulisan studi kasus untuk melakukan minimasi biaya perencanaan pemeliharaan ban alat berat tambang dengan ukuran 27.00 R49. Studi kasus ini dilakukan untuk mendapatkan biaya perencanaan pemeliharaan ban yang optimal pada operasional pertambangan yang dilakukan di PT. Vale Indonesia. Dalam melakukan studi kasus pada pemeliharaan ban alat berat tambang ini, metode yang akan digunakan adalah dengan menggunakan metode goal programming.

#### **2.1. Biaya Pemeliharaan**

Biaya dalam aktifitas pemeliharaan merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan operasional pertambangan di PT. Vale Indonesia. Dalam banyak kasus, biaya pemeliharaan dapat mencapai 15% - 70% dari total biaya produksi atau bahkan melebihi laba bersih tahunan (Madu, 2000). Oleh sebab itu, pemilihan strategi pemeliharaan yang tepat dan optimal diperlukan untuk melakukan kegiatan produksi dengan biaya yang minimal.

Biaya pemeliharaan meliputi semua biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pemeriksaan, perbaikan, serta penggantian komponen. Berdasarkan atas komponen biaya ini, maka biaya pemeliharaan dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung terdiri atas biaya tenaga kerja yang melakukan kegiatan pemeliharaan dan biaya untuk melakukan pengadaan komponen yang akan diganti karena tidak dapat diperbaiki.

Aktifitas pemeliharaan merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan alat berat selama siklus hidupnya. 37% dari biaya siklus hidup, merupakan biaya untuk aktifitas pemeliharaan dan perbaikan, sedangkan 25% merupakan depresiasi, 23%

untuk biaya operasional, dan 15% untuk overhead (Tenepalli,dkk,2017). Dari total biaya pemeliharaan yang dibutuhkan tersebut, terdapat berbagai komponen biaya dari setiap unit alat berat yang dibutuhkan.

### **2.1.1. Biaya Pemeliharaan Alat Berat**

Alat berat pada industri pertambangan memiliki beban kerja yang besar. Beban kerja yang besar ini terjadi karena alat berat pada operasional pertambangan hampir digunakan 24 jam operasi non stop. Tentu saja jam operasi alat berat akan sangat berdampak pada produktifitas dalam mencapai target produksi. Alat berat ini memiliki karakteristik-karakteristik tertentu sehingga memerlukan perawatan yang tinggi seperti yang dikutip dari Dewi dan Voorthuysen (2010), yaitu:

- 1.) Memiliki investasi yang besar, sehingga *Return of Asset (ROA)* harus tinggi,
- 2.) Terdiri dari komponen dan teknologi yang kompleks,
- 3.) Memerlukan availabilitas tinggi karena digunakan hampir 24 jam non stop,
- 4.) Memiliki umur yang panjang.

Seperti yang telah disampaikan di awal, biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pemeliharaan alat berat terdiri atas biaya tenaga kerja dan biaya untuk pengadaan komponen. Komponen dalam biaya aktifitas pemeliharaan alat berat meliputi baik komponen major ataupun komponen minor yang terdapat pada aktifitas pemeliharaan terencana maupun aktifitas pemeliharaan yang tidak terencana. Pada umumnya semakin bertambah umur unit alat berat, maka relative akan bertambah pula biaya pemeliharaan yang harus dikeluarkan. Variabel biaya dalam pemeliharaan alat berat terdiri atas komponen biaya berikut :

CM : Biaya satu kali *preventive maintenance* (Soepardi, 2002)

CR : Biaya satu kali *corrective maintenance* (Soepardi, 2002)

CL : Biaya tenaga kerja (Soepardi, 2002)

CT : Biaya pemeliharaan ban

CU : Biaya pemeliharaan *undercarriage*

CB : Biaya pemeliharaan *attachment* alat berat

Berdasarkan atas tipe alat berat yang digunakan pada operasional pertambangan, total biaya pemeliharaan alat berat dapat di kategorikan menjadi dua, yaitu total biaya untuk alat berat penggerak tipe rantai dan total biaya pemeliharaan alat berat penggerak tipe ban. Pada dasarnya komponen penyusun total biaya pemeliharaan alat berat adalah sama, yang membedakan keduanya adalah pada komponen biaya tipe penggerak. Secara matematis dapat digambarkan total biaya pemeliharaan pada alat berat tipe penggerak rantai pada persamaan berikut:

$$Tr = CM + CR + CL + CU + CB \quad (2.1)$$

Sedangkan biaya total pemeliharaan pada alat berat tipe penggerak ban sebagai berikut:

$$Tb = CM + CR + CL + CT + CB \quad (2.2)$$

Kebanyakan pemilik alat berat akan menggunakan jasa pihak lain dalam melakukan maintenance peralatan tersebut (*outsourcing*). Kegiatan *outsourcing* dapat membawa dampak negatif pada pemilik peralatan. Pertama, membatasi pengetahuan pemilik alat berat itu sendiri tentang *maintenance* alat. Kedua, pemilik alat berat akan sangat bergantung pada penyedia jasa perawatan alat (Wang, 2010). Secara jangka panjang, dampak lain dari menggunakan *outsourcing* dalam aktifitas pemeliharaan alat berat adalah perusahaan akan sulit untuk dapat melakukan inisiatif dalam menurunkan biaya pemeliharaan alat berat yang dimiliki.

### **2.1.2. Biaya Pemeliharaan Ban Alat Berat**

Ban merupakan salah satu komponen biaya yang terdapat dalam total biaya pemeliharaan alat berat tipe penggerak roda ban. Apabila komponen biaya

pemeliharaan ban dijabarkan lebih lanjut, maka komponen biaya yang termasuk di dalam biaya pemeliharaan ban adalah biaya aksesoris pada ban, serta biaya material ban untuk penggantian ban tersebut. Biaya penggantian parts ban sudah termasuk biaya penggantian parts aksesoris ban yang terpasang. Aksesoris ban yang dimaksud diantaranya adalah parts seperti *flange*, *lock rim*, dan *valve*. Komponen biaya perawatan ban alat berat pertambangan khususnya hauling truck OHT 100 Ton dengan ban ukuran 27.00 R49 terdiri atas komponen biaya berikut :

1. Komponen biaya penggantian dengan ban baru
2. Komponen biaya penggantian dengan ban vulkanisir
3. Komponen biaya penggantian dengan ban rental

Persamaan matematis yang dibuat untuk total biaya pemeliharaan ban adalah sebagai berikut :

$$Tc = Cb \times Ob + Cv \times Ov + Cr \times Or \quad (2.3)$$

Dimana,

$Tc$  = Total biaya pemeliharaan ban dalam satu tahun (\$)

$Cb$  = Biaya per jam untuk ban baru (\$)

$Ob$  = Jam operasi ban baru (jam)

$Cv$  = Biaya per jam untuk ban vulkanisir (\$)

$Ov$  = Jam operasi ban vulkanisir (jam)

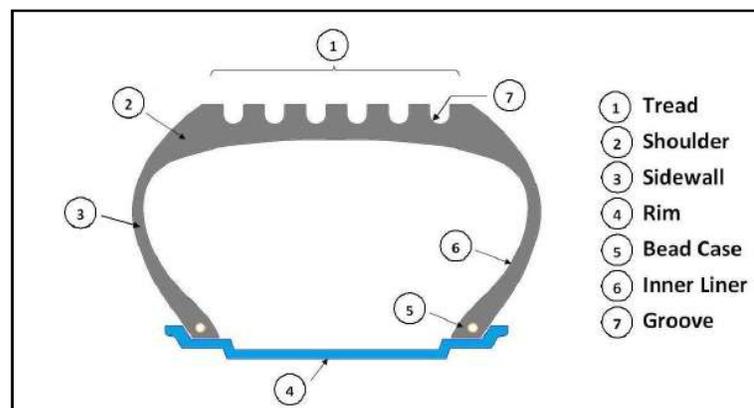
$Cr$  = Biaya per jam untuk ban rental (\$)

$Or$  = Jam operasi ban rental (jam)

## 2.2. Ban Off Highway Truck 100 Ton

Struktur ban pada truck pengangkut terdiri atas beberapa bahan yang berbeda seperti kabel baja, nilon dan karet yang menghasilkan karakteristik deformasi *nonlinear*. Ban truck pengangkut (*hauling trucks*) digunakan dalam kondisi operasi pada area yang kasar, dan berbatu, sehingga harus memberikan kekuatan yang tinggi. Apabila dibandingkan dengan ban mobil penumpang, ban truck pengangkut material tambang memiliki banyak lapisan, sekitar 200 lapisan, sedangkan mobil penumpang hanya 50 lapisan saja, tujuan dari struktural lapisan tersebut adalah untuk memberikan fungsi ketahanan aus dan meningkatkan kekuatan (Netscher, 2008). Ban juga memiliki struktur dan bagian-bagian agar dapat memberikan fungsi yang optimum, bagian struktur ban ditunjukkan pada Gambar. 2.1.

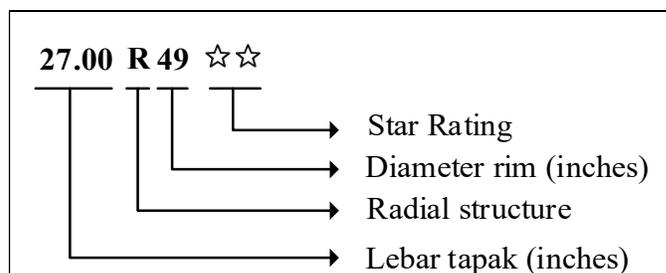
Bagian utama dari sebuah ban adalah bagian dinding samping dan telapak ban, yang merupakan bagian yang terbuat dari karet. Bagian dinding samping ban berfungsi untuk mencegah ban dari lengkungan dan menambah stabilitas lateral yang penting digunakan saat menikung dan melakukan pengereman yang ekstrim. Bagian dinding samping dari ban juga mentransmisikan gaya dari tanah ke ban dan menjaga udara di dalam ban.



Gambar 2. 1. Struktur Bagian Ban

Secara umum, berdasarkan atas konstruksi ban, tipe ban dapat dikategorikan menjadi dua tipe yaitu, ban bias dan ban radial. Ban bias merupakan ban jenis konstruksi dengan anyaman nylon, berbeda dengan ban radial yang menggunakan anyaman dengan lapisan baja secara radial. Apabila dibandingkan dengan ban bias, ban radial memiliki usia tapak yang lebih panjang, stabilitas lebih besar, tekanan tanah lebih seragam, dan tahanan gulir lebih rendah. Ban tipe bias memiliki karakteristik kuat di bagian *sidewall* dan dengan harga ban yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan harga ban radial. Selain itu, ban tipe bias juga memiliki traksi dan control yang kurang handal apabila dibandingkan dengan ban radial. Oleh karena itu, orientasi ban radial adalah desain ban yang menjadi standar dan paling sesuai untuk truk pengangkut material tambang dengan area kontur jalan operasional tambang yang tidak rata dan kasar.

Ukuran ban yang digunakan pada truck pengangkut material tambang OHT 100 Ton adalah ban dengan ukuran 27.00 R 49 dengan tipe radial. Ukuran ban 27.00 R49 yang tertera pada ban dapat diartikan sesuai Gambar 2.2. berikut :



Gambar 2. 2. Arti Kode Ukuran Ban Radial

Parameter dari operasional yang berpengaruh terhadap umur pakai ban diantaranya adalah tekanan angin ban, jarak antara *loading point* dan *dumping point*, berat muatan yang diangkut truk, serta kecepatan truk selama beroperasi (Lindeque,2016). Hal teknis lain yang dapat mempengaruhi umur pakai ban dan sulit untuk dikontrol adalah kontur jalan operasional tambang. Pemilihan tipe *compound*

ban yang tepat untuk digunakan pada truk pengangkut material tambang, juga akan memberikan dampak pada umur pakai ban. Ban truk OHT 100 Ton yang akan menjadi bahan penelitian dalam penulisan studi ini adalah seperti yang digambarkan pada Gambar 2.3. berikut :



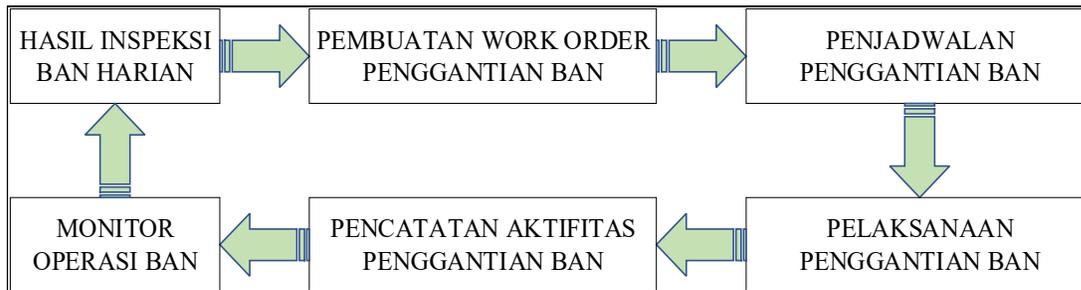
Gambar 2. 3. Truk OHT 100 Ton

### **2.2.1. Aktifitas Pemeliharaan Ban**

Aktifitas pemeliharaan ban alat berat meliputi penggantian ban yang aus, penggantian aksesoris saat pemasangan ban, pemeriksaan tekanan ban harian dan pemeriksaan kondisi fisik ban alat berat. Menurut (Toma, 2017) hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan angin ban memiliki pengaruh yang penting terhadap diagnosa *suspense*, dan mempengaruhi *rolling resistance*, tetapi tidak mempengaruhi braking force dan bagaimanapun juga, tekanan angin ban memiliki pengaruh besar terhadap penggunaan kendaraan, kenyamanan dan yang paling penting adalah kehandalan ban.

Perencanaan penggantian ban yang sudah aus ataupun terjadi kerusakan berdasarkan atas jadwal penggantian ban yang direncanakan serta hasil inspeksi lapangan dari inspektur ban. Dalam aktifitas penggantian ban juga terdapat

penggantian ban yang tidak terencana. Untuk itu diperlukan aktifitas monitoring operasi ban selama ban beroperasi. Siklus aktifitas pemeliharaan ban alat berat tambang digambarkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4. Siklus Aktifitas Perawatan Ban

### 2.2.2. Keandalan Ban

Kehandalan adalah peluang bahwa suatu sistem akan berfungsi dengan cara yang memuaskan untuk periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi tertentu. Tujuan pemodelan reliabilitas adalah untuk memperoleh distribusi umur yang menggambarkan waktu untuk terjadinya kegagalan sistem yang didasarkan pada analisis data umur operasi, menggunakan waktu operasi yang sukses atau data waktu untuk terjadinya kegagalan (Roya, 2015). Secara statistik, karena mengandung komponen peluang, maka secara inheren didalamnya ada masalah statistik termasuk: 1. *Uncertainty*, 2. *Probability*, 3. *Probability Distributions (Weibull, Normal, Exponensial, Log-normal)*.

Apabila dilihat dari sisi teknik mesin, *reliability* dapat berarti melihat keandalan sebuah mesin (*rotating machine*) melakukan fungsinya tanpa mengalami kegagalan. Dalam bahasa teknik mesin *reliability* biasanya dikaitkan dengan konsep pemeliharaan seperti *MTBF (Mean Time Between Failure)*, atau *RCM (Reliability-Centered Maintenance)*. Dengan *reliability* dapat ditentukan, secara statistik, umur sisa dari komponen mesin sehingga dapat dijadwalkan program *repair* dan *replacement*. Jika berbicara dari sisi teknik industri, *reliability* berarti menjalankan program QC dan QA, yakni sampai tingkat keandalan berapa persen produk harus dihasilkan agar

memenuhi standar customer sekaligus masih dalam batas *cost effective*. Sebagai contoh ilustrasi kehandalan adalah reliabilitas dari sebuah software. *Software reliability* adalah kehandalan sebuah program komputer untuk menjalankan fungsinya dengan baik, akurat, *bug-free*, dalam kurun waktu tertentu

Ada berbagai mode kegagalan pada ban yang dapat terjadi pada bagian-bagian ban, secara umum dapat dikategorikan sesuai pada Tabel 2.1. berikut (Zhou,et.al.,2008).

Tabel 2. 1. Mode Kegagalan Ban

Area ban	Defect
<i>Tread</i>	1. <i>Cut</i> 2. <i>Separation</i>
<i>Shoulder</i>	1. <i>Cut</i> 2. <i>Separation</i>
<i>Sidewall</i>	1. <i>Cut</i> 2. <i>Separation</i> 3. <i>Radial splits</i>
<i>Bead</i>	1. <i>Separations</i> 2. <i>Flange erosion</i> 3. <i>Cracking</i>
<i>Liner</i>	1. <i>Split</i> 2. <i>Lifting liner</i> 3. <i>Wrinkled liner</i>

Kegagalan yang sering terjadi pada ban dapat dipengaruhi berbagai faktor, secara umum dapat dikategorikan ke dalam dua kategori yaitu kegagalan karena aus normal dan kegagalan akibat premature failure yang disebabkan faktor eksternal. Kegagalan berkaitan erat dengan kehandalan dan *down time*, salah satu kontribusi utama dalam *down time* kerusakan ban adalah karena adanya kegagalan pada ban. Dengan metode yang digunakan, memungkinkan untuk melakukan prediksi kehandalan suatu sistem dalam beberapa langkah, setelah data terkait umur pakai ban dikumpulkan, fungsi distribusi probabilitas dimasukkan ke dalam data statistic, dan

parameter yang berhubungan dihitung menggunakan metode matematis. Distribusi model yang terbentuk, kemudian dilakukan pengujian, apakah dapat diterima, atau masuk dalam kategori ditolak. Kehandalan ban dalam studi ini digambarkan dalam umur pakai ban dalam satuan jam dan jumlah *down time* karena kerusakan ban.

### **2.3. Pengujian Hipotesis**

Fungsi tujuan dari model yang dibangun tidak hanya memiliki variabel dan kontanta, tetapi juga memiliki *constraint*. Untuk menentukan nilai *variable constraint* yang akan dimasukkan ke dalam pengujian model maka dilakukan pengujian dari data *sampling statistik variable* dengan menggunakan metode *hypothesis testing*. Pengujian *hypothesis* digunakan untuk menyimpulkan hasil hipotesis yang dilakukan pada data sampel dari populasi yang besar. Pada pengujian hipotesis, dilakukan pengujian sampel statistik, dengan tujuan menerima atau menolak hipotesis nol. Tes ini akan menghasilkan informasi apakah hipotesis utamanya benar atau tidak. Jika tidak benar, maka akan dirumuskan hipotesis baru untuk diuji, dan proses akan diulangi sampai data mengungkapkan hipotesis yang benar. Menurut (Mourougan, Sethuraman, 2017) berikut tujuan dan pentingnya sebuah pengujian *hypothesis* dalam sebuah studi:

1. Hypotesis menunjukkan arah studi penelitian yang dilakukan
2. Hypotesis memberikan penjelasan sementara dari fenomena yang terjadi
3. Memberikan kerangka kerja atas laporan kesimpulan studi yang sedang dilakukan
4. Hypotesis memberikan penulis pernyataan relasional yang dapat langsung diuji dalam studi
5. Hypotesis dapat diuji dan menunjukkan kemungkinan untuk diterima ataupun ditolak.

Fungsi dari pengujian hipotesis diantaranya adalah untuk memberikan informasi kepada penulis tentang apa yang terjadi secara empiris dan untuk melakukan kajian terhadap asumsi dari suatu peristiwa.

Dalam melakukan analisa statistik, hipotesis diuji dengan cara mengukur dan memeriksa sampel acak dari populasi yang dianalisis. Sampel populasi yang digunakan adalah sampel acak untuk menguji dua hipotesis yang berbeda: hipotesis nol dan hipotesis alternatif. Hipotesis nol adalah jenis hipotesis yang digunakan dalam statistik yang mengusulkan bahwa tidak ada signifikansi statistik dalam satu set pengamatan yang diberikan atau dengan kata lain tidak ada hubungan antar variable (Mourougan, Sethuraman, 2017). Hipotesis nol mencoba untuk menunjukkan bahwa tidak ada variasi antara variabel atau bahwa variabel tunggal tidak berbeda dari rata-rata. Itu dianggap benar sampai bukti statistik membatalkannya untuk hipotesis alternatif. Sebaliknya, hipotesis alternatif dianggap tidak benar, serta menjadikannya secara efektif kebalikan dari hipotesis nol. Dengan demikian, kedua hipotesis saling eksklusif, dan hanya satu yang bisa benar. Untuk itu hipotesis nol merupakan hipotesis statistik yang perlu diuji.

Menurut (Mourougan, Sethuraman, 2017), Hipotesis alternatif adalah pernyataan yang menunjukkan hasil potensial yang peneliti harapkan, dimana dilambangkan sebagai  $H_A$  dan dapat umumnya menggunakan notasi matematis  $<$ ,  $>$ , atau  $\neq$ .

Sumber data yang digunakan untuk dijadikan referensi dalam pengujian hipotesa adalah sumber data aktual rata-rata umur ban untuk masing masing tipe ban dalam satu periode mulai dari ban dipasang di unit OHT truck 100 Ton hingga dilepas. Hasil dari rata-rata umur ban dari masing-masing tipe tersebut kemudian dijadikan  $H_0$  untuk diuji apakah masuk dalam area penolakan atau tidak. Apabila nilai yang dihasilkan masuk dalam zona penerimaan, maka nilai tersebut dapat digunakan sebagai constraint umur ban acuan dari masing-masing tipe ban. Untuk dapat menentukan area penolakan maka perlu ditentukan nilai *level of significance* yang dilambangkan dengan notasi  $\alpha$ . Nilai *level of significance* adalah nilai kebenaran dari suatu hipotesis yang diterima atau ditolak (Mourougan, Sethuraman, 2017). Secara umum angka signifikansi yang digunakan 0,05. Hal ini dapat diartikan bahwa hasil studi nanti mempunyai kesempatan untuk benar 95% dan untuk salah sebesar 5%. Nilai angka signifikansi berkaitan erat

dengan nilai *confidence level*. Nilai *confidence level* ( $c$ ) adalah suatu rentang nilai yang dibangun dari data sample sehingga parameter populasi dapat terjadi pada rentang yang dibangun tersebut dengan probabilitas yang telah ditentukan. Nilai *confidence level* ini didapatkan dengan formulasi:

$$c = 100 \times (1 - \alpha) \quad (2.4)$$

Dimana;

$c$  = Nilai *confidence level* (%)

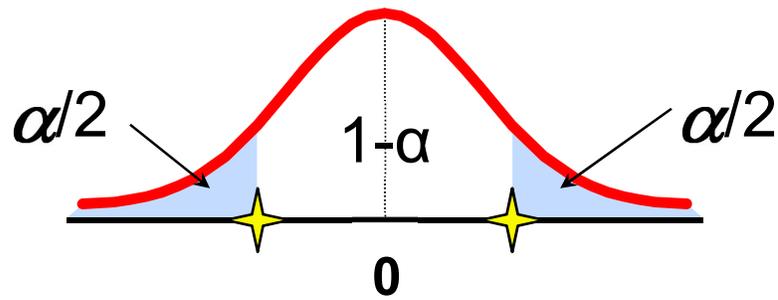
$\alpha$  = *Level of significance*

Pengujian hipotesis alternative terdapat dua jenis, yaitu uji dua sisi (*two tail*), uji satu sisi (*one tail*) dengan nilai parameter lebih besar dari nilai yang dihipotesakan, dan uji satu sisi dengan nilai parameter lebih kecil dari nilai yang dihipotesakan.

### 2.3.1. Uji Hipotesa Dua Sisi (*Two Tail*)

Uji statistik dua sisi digunakan pada kondisi terdapat dua daerah penolakan dalam pengujian hipotesis nol dan signifikansi statistik. Uji statistik dua sisi digambarkan sebagai tes hipotesis, di mana wilayah penolakan atau area kritis berada di kedua ujung distribusi normal. Oleh karena itu, hipotesis alternatif diterima sebagai pengganti hipotesis nol, jika nilai yang dihitung berada pada salah satu dari dua ekor dari distribusi probabilitas (Mourougan, Sethuraman, 2017). Area penolakan dalam uji hipotesa dua sisi digambarkan pada Gambar 2.5.

Dalam tes ini,  $\alpha$  dibagi dua menjadi dua bagian yang sama, menempatkan setengah di setiap sisi, yaitu mempertimbangkan kemungkinan efek positif dan negatif. Ini dilakukan untuk melihat, apakah estimasi parameter berada di atas atau di bawah parameter yang diasumsikan, sehingga nilai ekstrim, berfungsi sebagai bukti terhadap hipotesis nol. Jika sample yang diuji berada pada area kritis, maka hipotesa alternatif diterima sebagai ganti dari hipotesis nol.

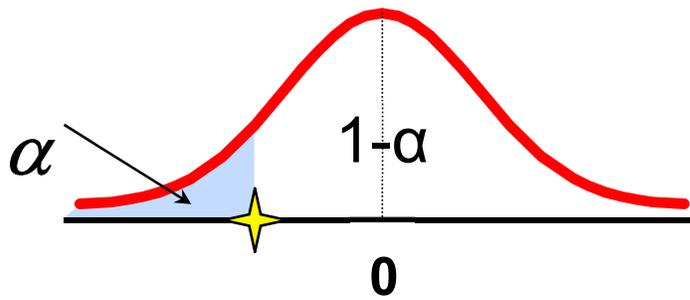


Gambar 2. 5. Uji Hipotesa *Two Tail*

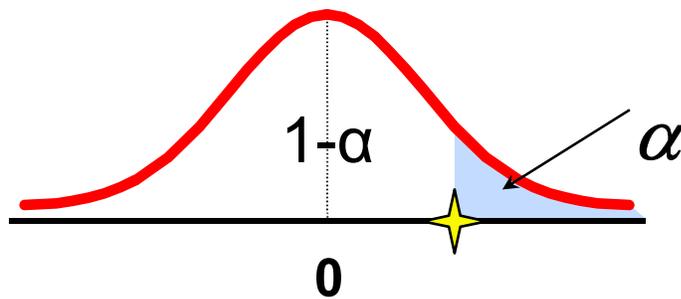
### 2.3.2. Uji Hipotesa satu sisi (*one tail*)

Uji satu sisi merupakan uji signifikansi dimana wilayah penolakan muncul di salah satu ujung distribusi pengambilan sampel (Mourougan, Sethuraman, 2017). Uji satu sisi digunakan pada kondisi perumusan hipotesis alternatif dengan menggunakan notasi kurang dari atau lebih dari. Jika sampel yang diuji berada pada satu sisi area kritis, maka hipotesa alternative diterima.

Dalam uji hipotesa secara statistik satu sisi ini terdapat dua tipe, yaitu *left-tailed test* dan *right tailed test*. Menurut (Mourougan, Sethuraman, 2017), saat parameter populasi diyakini lebih rendah dari yang diasumsikan, uji hipotesis yang dilakukan adalah *left tailed test*, sedangkan jika parameter populasi seharusnya lebih besar dari yang diasumsikan, uji statistik yang dilakukan adalah *right tailed test*. Area penolakan atau area kritis dalam uji hipotesis satu sisi left tailed test digambarkan pada Gambar 2.6. dan area penolakan atau area kritis uji satu sisi right tailed test digambarkan pada Gambar 2.7. Jika nilai kritis berada di dalam sisi kiri atau area negatif, maka nilai statistik  $Z$  dibandingkan dengan distribusi  $Z$  tabel negatif, karena wilayah kritis terletak di sebelah kiri taraf signifikansi ( $\alpha$ ), maka tandanya lebih kecil. Apabila berada di sisi kanan atau arah positif, maka nilai statistik hitung  $Z$  dibandingkan dengan distribusi tabel  $Z$  positif, karena wilayah kritis terletak di sebelah kanan taraf signifikansi, maka tandanya lebih besar.



Gambar 2. 6. Area Penolakan *Left Tail Test*



Gambar 2. 7. Area Penolakan *Right Tail Test*

Dalam melakukan pengujian nilai fungsi kendala yang akan digunakan dalam permodelan *linear programming*, digunakan notasi lebih besar pada nilai fungsi kendala, maka dalam studi yang akan ditulis ini pengujian hipotesa alternatif menggunakan uji satu sisi dengan area penolakan berada di sebelah kiri.

### 2.3.3. Langkah Uji Hipotesis

Menurut (Mourougan, Sethuraman, 2017), ada 7 langkah dalam melakukan uji hipotesis, yaitu :

1. Langkah pertama dalam pengujian hipotesis adalah menentukan hipotesis nol ( $H_0$ ) dan hipotesis alternatif ( $H_A$ ). Jika studi menyangkut apakah satu metode mengarah ke pengakuan yang lebih baik daripada yang lain, hipotesis nol adalah bahwa tidak ada perbedaan antara metode ( $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ ). Hipotesis alternatifnya adalah  $H_A: \mu_1 \neq \mu_2$ .

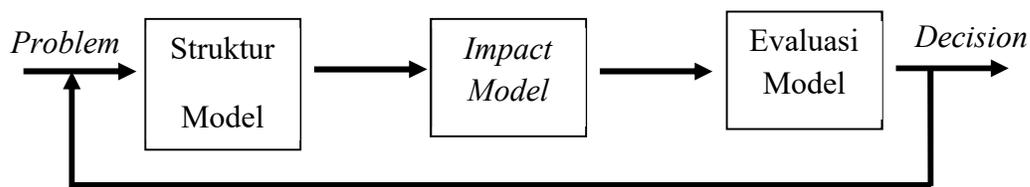
2. Langkah selanjutnya adalah memilih level signifikansi. Umumnya level signifikansi yang digunakan adalah 0,05 atau 0,01.
3. Langkah ketiga adalah menghitung statistik yang dianalogikan dengan parameter yang ditentukan oleh hipotesis nol. Jika hipotesis nol didefinisikan oleh parameter  $\mu_1 - \mu_2$ , maka statistik  $M_1 - M_2$  akan dihitung.
4. Langkah keempat adalah menghitung nilai probabilitas (sering disebut nilai p). Nilai p adalah probabilitas untuk memperoleh statistik yang berbeda atau lebih berbeda dari parameter yang ditentukan dalam hipotesis nol sebagai statistik yang dihitung dari data. Perhitungan dibuat dengan asumsi bahwa hipotesis nol itu benar.
5. Nilai probabilitas yang dihitung pada langkah 4 dibandingkan dengan tingkat signifikansi yang dipilih pada langkah 2. Jika probabilitas kurang dari atau sama dengan tingkat signifikansi, maka hipotesis nol ditolak; jika probabilitas lebih besar dari tingkat signifikansi maka hipotesis nol tidak ditolak. Ketika hipotesis nol ditolak, hasilnya dikatakan "signifikan secara statistik" ketika hipotesis nol tidak ditolak maka hasilnya dikatakan "tidak signifikan secara statistik."
6. Jika hasilnya signifikan secara statistik, maka hipotesis nol ditolak yang mendukung hipotesis alternatif. Jika hipotesis nol yang ditolak adalah  $\mu_1 - \mu_2 = 0$ , maka hipotesis alternatifnya adalah  $\mu_1 \neq \mu_2$ . Jika  $M_1$  lebih besar dari  $M_2$  maka peneliti secara alami akan menyimpulkan bahwa  $\mu_1 \geq \mu_2$ .
7. Langkah terakhir adalah menggambarkan hasil dan kesimpulan statistik dengan cara yang dapat dimengerti. Pastikan untuk menyajikan statistik deskriptif serta apakah pengaruhnya signifikan atau tidak.
8. Dalam menggambarkan hasil dan kesimpulan dapat dituangkan dalam sebuah *bell shaped curve* sehingga dapat dengan mudah terlihat area penolakan dan area penerimaan dengan batasan nilai kritis dari tingkat signifikansi.

#### **2.4. Goal Programming**

Masalah dunia nyata terutama didasarkan pada banyak tujuan daripada satu tujuan. Saat ini, di sektor manajemen, sebagian besar produsen lebih peduli tentang

perasaan mereka sendiri daripada masalah ekonomi. Semua manajer perlu melakukan yang terbaik untuk berupaya semaksimal mungkin untuk meningkatkan produk. Jelas bahwa salah satu caranya adalah dengan menerapkan model pemrograman matematika untuk sistem manajemen. Penerapan model pemrograman multi-objektif seperti model *goal programming* adalah alat penting untuk mempelajari berbagai aspek sistem manajemen. *Goal programming* digunakan untuk dapat menyelesaikan *linear programming* dengan *multiple objectives*, dimana setiap tujuan harus dipenuhi.

Solusi optimal didapatkan dengan membangun sebuah model. Konsep model yang dibangun dalam mendapatkan solusi optimal melalui tiga tahapan, yaitu struktur model, dampak pada model dan evaluasi terhadap model (Yoshikazu Sawaragi, 1985) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Pada tahapan pertama yang dilakukan adalah membuat formulasi bagi permasalahan optimasi sehingga model yang dikembangkan mendekati keadaan sesungguhnya. Tahapan kedua yang dilakukan adalah dengan melakukan identifikasi dampak terhadap model yang dibangun dengan melakukan identifikasi fungsi tujuan yang dibangun dari berbagai sudut pandang. Tahapan terakhir adalah melakukan kajian terhadap hasil permodelan yang dibangun.



Gambar 2. 8. Konsep Model Solusi Optimal

Output yang diharapkan adalah solusi optimal dari permasalahan operasi yang ada. Dalam mencapai kondisi dengan solusi optimal, terdapat berbagai kendala (*constraints*) yang membatasi pencapaian tujuan yang telah ditentukan. Solusi optimal yang dimaksud adalah suatu kondisi dimana fungsi tujuan dapat terpenuhi dan sekaligus juga memenuhi fungsi kendalanya.

*Goal programming* bertujuan untuk meminimumkan deviasi antara tujuan yang ditetapkan dengan apa yang dapat dicapai dengan kendala tertentu. Berikut ini adalah definisi dari beberapa istilah dan lambang yang biasa digunakan dalam *goal programming*. (Mulyono, Sri, 1991):

1. Variabel keputusan : seperangkat variabel yang tidak diketahui dan akan dicari nilainya. Biasanya dilambangkan dengan  $X_i$ .
2. *Right hand side value* (RHS) : nilai – nilai yang biasanya menunjukkan ketersediaan sumber daya yang akan ditentukan kekurangan atau kelebihan penggunaannya. Biasanya dilambangkan dengan  $b_i$ .
3. Fungsi tujuan : fungsi matematis dari variabel-variabel keputusan yang menunjukkan hubungan dengan nilai sisi kanannya. Dalam *goal programming*, yang menjadi fungsi tujuan adalah meminimumkan angka variabel penyimpangan dari suatu nilai RHS pada suatu *goal constraint* tertentu.
4. *Goal constraint* : suatu tujuan yang diekspresikan dalam persamaan matematik dengan memasukkan variabel simpangan.
5. *Pre-emptive priority factor* (Prioritas) : suatu system urutan yang memungkinkan tujuan – tujuan disusun secara ordinal dalam model goal programming. Sistem urutan tersebut menempatkan tujuan-tujuan tersebut dalam susunan dengan hubungan seri. Umumnya dilambangkan dengan  $P_k$ .
6. *Deviation variables* : variabel – variabel yang menunjukkan kemungkinan penyimpangan negatif dari suatu nilai RHS kendala tujuan ( $d_i^-$ ) atau penyimpangan positif dari suatu nilai RHS ( $d_i^+$ ). Variabel penyimpangan negatif berfungsi untuk menampung penyimpangan yang berada di bawah sasaran yang dikehendaki, sedangkan variabel penyimpangan positif berfungsi untuk menampung penyimpangan yang berada di atas sasaran.
7. *Technological coefficient* : nilai – nilai numerik yang menunjukkan penggunaan nilai  $b_i$  per unit untuk menciptakan  $X_j$ . Biasanya dilambangkan dengan  $a_{ij}$ .

Variabel keputusan dalam *goal programming* sama dengan variabel keputusan dalam *linear programming* yaitu variabel yang memiliki nilai yang menunjukkan kebijakan yang harus diambil supaya dapat memperoleh hasil yang optimal. Dengan meminimasi penyimpangan nilai tujuan yang ditetapkan, maka dapat diketahui batas bawah dan batas atas dari masing masing *variable*.

Dalam metode *goal programming* dapat dihasilkan *deviational variable*. *Deviational variabel* merupakan variabel yang nilainya menunjukkan besarnya penyimpangan solusi dari tujuan yang diinginkan. *Goal Programming* adalah salah satu model matematis yang dipandang sesuai digunakan untuk pemecahan masalah multi tujuan karena melalui variabel deviasinya, *goal programming* secara otomatis menangkap informasi tentang pencapaian relatif dari tujuan yang ada. Permodelan *goal programming*, tidak jauh berbeda dengan *linear programming* dalam hal asumsi, notasi, dan formula matematika, dan prosedur perumusan model. Perbedaan utama terletak pada struktur dan penggunaan fungsi tujuan. Model matematis yang dimiliki *goal programming* digambarkan pada Tabel 2. 2 berikut (Fauziyah, 2016):

Tabel 2. 2. Model Matematika *Goal Programming*

<b>Type Fungsi Kendala Pada Linear Programming</b>	<b>Model Matematika Goal Programming</b>	<b>Variabel Deviasinal yang Diminimumkan</b>
$F_1(x) \geq b_1$	$F_1(x) + d_1^- - d_1^+ = b_1$	$d_1^-$
$F_1(x) \leq b_1$	$F_1(x) + d_1^- - d_1^+ = b_1$	$d_1^+$
$F_1(x) = b_1$	$F_1(x) + d_1^- - d_1^+ = b_1$	$d_1^+, d_1^-$

*Deviational variable* dapat dikategorikan menjadi dua kategori yaitu *overachieving deviational variable* dan *underachieving deviational variabel*. *Overachieving deviational variable* menunjukkan besarnya kelebihan dari target, sedangkan *underachieving deviational variable* menunjukkan besarnya kekurangan dari target. Menurut (Sharma, J.K, 2013) secara umum, model matematis dari *goal programming* adalah sebagai berikut:

$$\text{Minimize : } Z = \sum_{i=1}^m W_i P_i (n_i + p_i) \quad (2.5)$$

$$\text{Subject to : } \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + n_i - p_i = b_i \quad (2.6)$$

$$\text{For all } i \text{ and } j : x_j, n_i, p_i \geq 0 \quad (2.7)$$

Dari persamaan matematis diatas, persamaan (2.5), menunjukkan fungsi tujuan dimana notasi pada persamaan didefinisikan sebagai berikut :

$Z$  = Jumlah dari seluruh deviasi dari tujuan yang diharapkan (baik deviasi positif maupun negatif)

$m$  = Total jumlah constraint dalam permasalahan *goal programming*

$i$  = (1,2,...) total jumlah tujuan dari model

$n_i$  = Deviasi negatif dari tujuan yang relevan ke  $i$

$p_i$  = Ranging level prioritas yang diberikan untuk masing-masing tujuan

$W_i$  = Non negatif *constraint* yang mewakili bobot relatif untuk variabel keputusan

Persamaan (2.6), menggambarkan *goal constraint* dari permasalahan untuk menggambarkan sumber terbatas yang dapat menjadi kendala dalam mencapai tujuan.

Persamaan (2.7) menggambarkan persyaratan non-negatif dimana  $x_i$ ,  $n_i$  dan  $p_i$  untuk semua  $i$  dan  $j$  harus lebih besar atau sama dengan nol

$a_{ij}$  = Konstanta yang melekat di setiap variabel

$b_i$  = Nilai sumber daya yang akan digunakan dalam tujuan

$x_j$  = ( $j=1,2,\dots,m$ ) variable keputusan yang akan ditentukan

Menurut Render, Stair Jr, dan Hanna (2012) dalam metode *Goal Programming*, pembobotan digunakan manajemen dalam organisasi untuk menentukan suatu tujuan agar memperoleh prioritas untuk menentukan sasaran dengan

tingkat prioritas dimulai dari tingkat sasaran yang memiliki kepentingan lebih tinggi ke tingkat sasaran yang lebih rendah. Untuk menentukan tingkat prioritas pada sasaran yang ingin dicapai terdapat 3 cara, diantaranya:

1. Sasaran-sasaran dengan prioritas sama. Artinya pemograman tujuan menggunakan tingkat prioritas yang sama karena antara satu sasaran dengan sasaran yang lain memiliki tingkat kepentingan yang sama.
2. Sasaran-sasaran dengan prioritas yang berbeda. Artinya pemograman tujuan menggunakan tingkat prioritas yang berbeda dikarenakan antara satu sasaran dengan sasaran yang lain memiliki satu sampai dengan tiga tingkat lebih penting dibandingkan dengan sasaran yang lain.
3. Sasaran-sasaran dengan prioritas pembobotan. Artinya pemograman tujuan menggunakan tingkat prioritas yang sama atau berbeda dengan koefisien atau bobot yang berbeda.

Menurut Scniederjans, (1984), pp.71-72, langkah dalam menyusun formulasi *goal programming* adalah sebagai berikut :

1. Tentukan *decision variable*,  
Kuncinya adalah menyatakan dengan jelas variabel keputusan yang tidak diketahui. Makin tepat definisi akan makin mudah pekerjaan pemodelan yang lain.
2. Tentukan *constraint* (sistem kendala)  
Kuncinya pertama adalah menentukan nilai-nilai sisi kanan dan kemudian menentukan koefisien teknologi yang cocok dan variabel keputusan yang diikutsertakan dalam kendala.
3. Tentukan prioritas jika diperlukan  
Kuncinya adalah membuat urutan tujuan-tujuan. Biasanya urutan tujuan merupakan pernyataan preferensi individu.

4. Tentukan fungsi tujuan  
Kuncinya adalah memilih variabel simpangan yang benar untuk dimasukkan dalam fungsi tujuan
5. Tentukan pernyataan non negativitas atau persyaratan yang diberikan.

Pendekatan melalui *goal programming* merupakan metode paling populer dalam penyelesaian permasalahan *multi objectives* dengan lebih dari satu tujuan ataupun dengan tujuan yang saling bertolak belakang dalam *linear programming*. Ide dasar yang digunakan adalah melakukan konversi dari *multiple objectives* ke dalam *single objective*. Model yang dihasilkan menghasilkan apa yang biasanya disebut dengan model yang efisien, karena tidak semua tujuan mungkin ada yang tidak terpenuhi karena adanya tujuan yang saling bertentangan. Oleh sebab itu, berdasarkan atas hirarki tingkat prioritas dalam *goal programming* terdapat dua pertimbangan dalam penyelesaian permasalahan, yaitu :

1. *Non – preemptive goal programming*

Dalam pertimbangan kategori pertama ini, semua tujuan dianggap memiliki prioritas yang sama, sehingga dalam proses perhitungan dan pemecahan permasalahan tanpa dibatasi prioritas dari tujuan yang akan dicapai.

2. *Preemptive goal programming*

Pertimbangan kedua adalah dimana terdapat hirarki tingkat prioritas untuk tujuan, sehingga tujuan kepentingan utama menerima prioritas pertama, sedangkan tujuan dengan kepentingan sekunder berada pada prioritas kedua, dan seterusnya hingga tujuan dengan tingkat kepentingan paling rendah. *Preemptive goal programming* digunakan ketika ada perbedaan tingkat kepentingan yang besar dalam tujuan yang akan dicapai.

#### **2.4.1. Preemptive Goal Programming**

Metode penyelesaian masalah yang akan digunakan dalam penulisan studi ini adalah *preemptive goal programming* yaitu dengan menentukan prioritas dari fungsi tujuan yang akan dicapai lebih dulu. Metode ini dikenal juga dengan istilah

*lexicographic goal programming*, dimana minimasi deviasi untuk level prioritas yang lebih tinggi diutamakan dibanding dengan level prioritas deviasi tujuan lainnya. Metode *lexicographic goal programming* ini tepat digunakan untuk penyelesaian permasalahan dengan level prioritas fungsi tujuan (Isherman, 1982).

Dalam *preemptive goal programming*, fungsi tujuan dibagi ke dalam level prioritas yang berbeda, sehingga tidak ada satu fungsi tujuan dengan level prioritas yang sama. Tingkat prioritas fungsi tujuan disebut dengan *preemptive priority factors*, dimana faktor ini prioritas memiliki hubungan  $P_1 \ggg P_2 \ggg P_3 \ggg \dots \ggg P_n$ . Hal ini menggambarkan bahwa tujuan  $P_1$  jauh lebih penting dibandingkan dengan tujuan  $P_2$  (Kumar, 2019). Hubungan prioritas menunjukkan bahwa perkalian dengan  $n$  berapapun tidak dapat merubah tingkat prioritas dibawahnya menjadi tingkat prioritas yang lebih tinggi ( $P_i > P_{i+1}$ ). Model *preemptive goal programming* dinyatakan dalam bentuk:

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^m P_i d_i^+ + d_i^- \quad (2.8)$$

Dimana;

$P_i$  = *Preemptive priority factors* dari tujuan ke  $i$

$d_i^+$  = Nilai penyimpangan positif (*overachieved*)

$d_i^-$  = Nilai penyimpangan negatif (*underachieved*)

Penyelesaian permasalahan menggunakan metode *preemptive goal programming* melalui beberapa tahapan sesuai dengan seberapa tingkat prioritas dari tujuan yang menjadi sasaran yang akan diselesaikan. Tahapan dalam melakukan *preemptive goal programming* adalah seperti yang digambarkan pada Tabel 2.3 berikut (Kongar, Sobh. 2008):

Tabel 2. 3. Algoritma *Preemptive Goal Programming*

Langkah	Deskripsi Tahapan
1	Lakukan pengumpulan data dan tentukan tujuan yang menjadi prioritas pertama
2	Dapatkan solusi dari <i>linear programming (LP)</i> yang telah ditetapkan sebagai fungsi tujuan
3	<p>Apabila sasaran yang dihasilkan merupakan sasaran akhir yang diharapkan maka;</p> <p>a. Lakukan set yang sama untuk nilai fungsi tujuan yang ada di langkah 2 dan berhenti,</p> <p>b. Apabila tidak, maka lanjutkan ke langkah 4</p>
4	<p>Apabila sasaran yang menjadi tujuan tercapai atau <i>overachieved</i>,</p> <p>a. Set yang sama dengan level aspirasinya, dan tambahkan kendala pada fungsi kendala yang di set up, dan lanjutkan ke langkah 5</p> <p>b. Apabila tidak tercapai atau <i>underachieved</i>, tetapkan tingkat aspirasi tujuan ini sama dengan nilai fungsi tujuan pada linear programming yang dilakukan pada langkah 2, kemudian tambahkan persamaan tersebut sebagai fungsi kendala, dan lakukan langkah 5.</p>
5	Tetapkan sasaran tujuan berikutnya sesuai tingkat prioritas nya, kemudian ulangi dari langkah 2.

#### 2.4.2. Program LINDO

Program aplikasi LINDO memiliki kepanjangan *Linear Interactive Discrete Optimize* yang merupakan program siap pakai untuk memecahkan masalah linear, integer dan quadratic programming. Permasalahan yang dapat diselesaikan dengan program LINDO mencakup permasalahan di bidang bisnis, industri, penelitian, dan pemerintahan. Bidang tema spesifik dimana LINDO telah terbukti dan terpercaya digunakan untuk menyelesaikan permasalahan antara lain adalah pada permasalahan terkait distribusi produk, pencampuran komposisi, produksi, dan penjadwalan pekerja, serta manajemen inventori (Raffensperger, 2003).

Kapasitas permasalahan yang dapat diselesaikan menggunakan LINDO adalah mulai dari permasalahan kecil hingga medium dan cukup mudah untuk digunakan secara interaktif dari keyboard. Pembentukan dan evaluasi hasil permodelan permasalahan menggunakan program aplikasi LINDO melibatkan beberapa perintah dasar yang harus dikuasai pengguna, diantaranya adalah berikut :

1. *Debug*

Pada saat proses pengembangan model yang dimasukan ke dalam program aplikasi LINDO, terkadang terjadi penyelesaian model yang tidak layak atau tidak memiliki *feasible solution*. Dalam menelusuri kesalahan model yang dapat menyebabkan kesalahan yang berakibat pada penyelesaian model yang tidak layak, maka digunakan perintah *debug* ini. Perintah *debug* ini digunakan untuk memastikan bahwa model yang dibuat memiliki batasan dan penyelesaian model yang layak sebelum model dijalankan.

2. *Compile Model*

Sebelum program LINDO dijalankan untuk penyelesaian masalah pada model, maka program LINDO harus mengkompilasi model ke dalam format aritmatika. Apabila LINDO menemukan *syntax error* pada saat kompilasi, maka akan diberikan informasi lokasi baris dan kursor akan langsung diarahkan ke lokasi yang *error* tersebut.

3. *Solve*

Perintah *solve* ini merupakan perintah utama yang digunakan untuk memulai penyelesaian masalah dalam program LINDO. Apabila model yang dijalankan relatif kecil, maka perintah *solve* akan segera menyelesaikan secara instan. Pada saat menjalankan perintah *solve*, LINDO akan memeriksa untuk melihat apakah model telah dimodifikasi dan perlu dikompilasi.

4. *Range*

Perintah *range* digunakan untuk menampilkan laporan analisa sensitivitas pada jendela model yang aktif. Laporan dalam perintah *range*, mencakup:

- a. Nama variabel serta koefisien fungsi tujuan dan rentang kenaikan dan penurunan nilai koefisien tersebut
- b. Nama atau jumlah baris beserta nilai sisi kanan dan rentang kenaikan serta penurunan nilai sisi kana tersebut

Pada saat program LINDO sudah dijalankan, maka akan muncul jendela Solver status yang menunjukkan status proses penyelesaian. Keterangan dalam jendela solver status ini dapat diketahui hal seperti yang terdapat pada Tabel 2.4 dan tidak semua digunakan pada model *goal programming*.

Tabel 2. 4. Jendela *Solver Status* pada LINDO

<b>Tampilan</b>	<b>Deskripsi</b>
Status	Memberikan status solusi yang dihasilkan. Keterangan yang mungkin akan muncul adalah Optimal, Feasible, Infeasible, dan Unbounded.
Iterations	Menunjukkan jumlah iterasi
Infeasibility	Jumlah kendala yang dilanggar
Objective	Nilai dari fungsi tujuan
Best IP	Nilai fungsi tujuan terbaik untuk model integer programming

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penulisan digunakan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Berdasarkan atas cara memperoleh data, data yang digunakan dalam penulisan studi ini masuk dalam kategori data sekunder. Data sekunder merupakan sebuah data yang didapatkan tidak secara langsung dari objek yang diteliti. Detail sumber data sekunder yang digunakan dalam penulisan studi ini dapat dilihat pada Tabel 3.1. berikut:

Tabel 3. 1. Daftar Data Sekunder

No.	Deskripsi Data	Sumber Data
1.	Data histori umur pakai ban baru, ban vulkanisir, dan ban sewa ukuran 27.00 R49 periode tahun 2017 hingga tahun 2019	Laporan <i>Monthly Failure Analysis Report</i> periode tahun 2017 hingga tahun 2019 yang merupakan hasil <i>download</i> dari program inventori ban <i>TTC - Klinge</i>
2.	Rencana anggaran dan biaya aktual yang dikeluarkan untuk perawatan ban ukuran 27.00 R49 tahun 2017 hingga tahun 2019	Laporan bulanan anggaran dan aktual biaya perawatan ban ukuran 27.00 R49
3.	Histori data biaya per jam untuk ban ukuran 27.00R49	Laporan biaya per jam aktual tahunan aktual 2017 - 2019
4.	Histori <i>running hours</i> truk OHT 100 Ton	Laporan aktual <i>running hours</i> tahunan truk OHT 100 Ton
5.	Target nilai <i>cost reduction initiative</i>	Laporan <i>progress cost reduction initiative</i>
6.	Perhitungan nilai kerugian per jam <i>down time</i> truk OHT 100 Ton	Laporan perencanaan hasil tambang dan <i>unit cost mid-term planning</i>

Data yang akan digunakan untuk penulisan studi ini, berdasarkan atas sumber datanya, dikategorikan sebagai data internal, karena berada di dalam department MEM dan masuk dalam kategori data kuantitatif. Periode data yang dikumpulkan adalah mulai tahun 2017 hingga tahun 2019, sehingga menurut waktu pengambilannya, data yang dikumpulkan adalah data *time series* / data berkala. Wawancara juga dilakukan untuk menentukan nilai hipotesa nol dalam penulisan studi ini. Wawancara yang dilakukan terbatas kepada tim seksi perawatan ban, khususnya kepada kepala seksi dan supervisi seksi perawatan ban alat berat tambang.

### **3.1.1. Populasi Data**

Populasi data dalam penulisan ini adalah umur pakai ban per bulan dari tahun 2017 hingga tahun 2019, dengan kategori ban baru yang aus normal dengan merek ban Bridgestone dan Michellin, dimana terdapat 320 data umur pakai ban. Merek ban difokuskan pada kedua merek tersebut karena komposisi merek ban yang digunakan saat ini adalah 80% merek Bridgestone dan 20% merek Michellin. Data populasi untuk tipe ban vulkanisir yang akan digunakan dalam penulisan terdapat 72 data umur pakai ban vulkanisir. Ban vulkanisir merupakan produk ban baik dari merek Bridgestone dan Michellin yang sudah dilakukan vulkanisir oleh pihak ketiga yang bermitra dengan PTVI, sehingga tidak ada merek dagang yang melekat pada ban vulkanisir. Parameter dari data populasi yang digunakan adalah rata-rata umur pakai ban.

Data populasi yang telah dikumpulkan selanjutnya dilakukan uji normalitas untuk memastikan data populasi memiliki pola distribusi normal. Memastikan bahwa data memiliki distribusi normal merupakan langkah penting sebelum melakukan pengolahan data. Langkah berikutnya setelah dilakukan uji normalitas pada data populasi adalah menentukan jumlah sampel yang akan digunakan sebagai acuan dalam uji hipotesa. Metode dalam menentukan jumlah sampel untuk diolah melalui uji hipotesa akan dibahas pada sub bab berikutnya.

### 3.1.2. Sampel Data

Karakter dan kualitas sampel sangat mempengaruhi hasil studi yang dilakukan. Agar dapat mewakili kondisi populasi data, dan dapat digunakan untuk menarik generalisasi hasil analisis, maka sampel harus mewakili karakteristik dari populasi. Beberapa hal yang dapat mempengaruhi ukuran sampel diantaranya adalah derajat keseragaman populasi, presisi yang dikehendaki serta rencana analisa yang akan dilakukan.

Teknik pengambilan sampel yang dilakukan adalah metode pengambilan sampel statistik tipe *simple random sampling*. Dalam menentukan jumlah sampel yang proporsional dari populasi yang ada, maka langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan *margin of error*, dengan *95% confidence level*, dan mencari standar deviasi dari populasi data. *Margin of error* merupakan jumlah yang ditambahkan atau dikurangi ke estimasi titik untuk membentuk interval kepercayaan. Formula matematis yang digunakan dalam menentukan jumlah sampel adalah menggunakan formula dibawah berikut (Groebner, 2011).

$$n = \frac{z^2 \sigma^2}{e^2} \quad (3.1.)$$

Dimana;

$n$  = Jumlah sampel

$z$  = Nilai kritis pada spesifik *confidence level*

$\sigma$  = Standar deviasi populasi

$e$  = *Margin of error*

*Simple random sampling* yang dilakukan untuk mendapatkan sampel dari populasi data dalam penulisan ini menggunakan fitur data analisis dari perangkat lunak Microsoft excel.

### 3.2. Metode Pengolahan Data

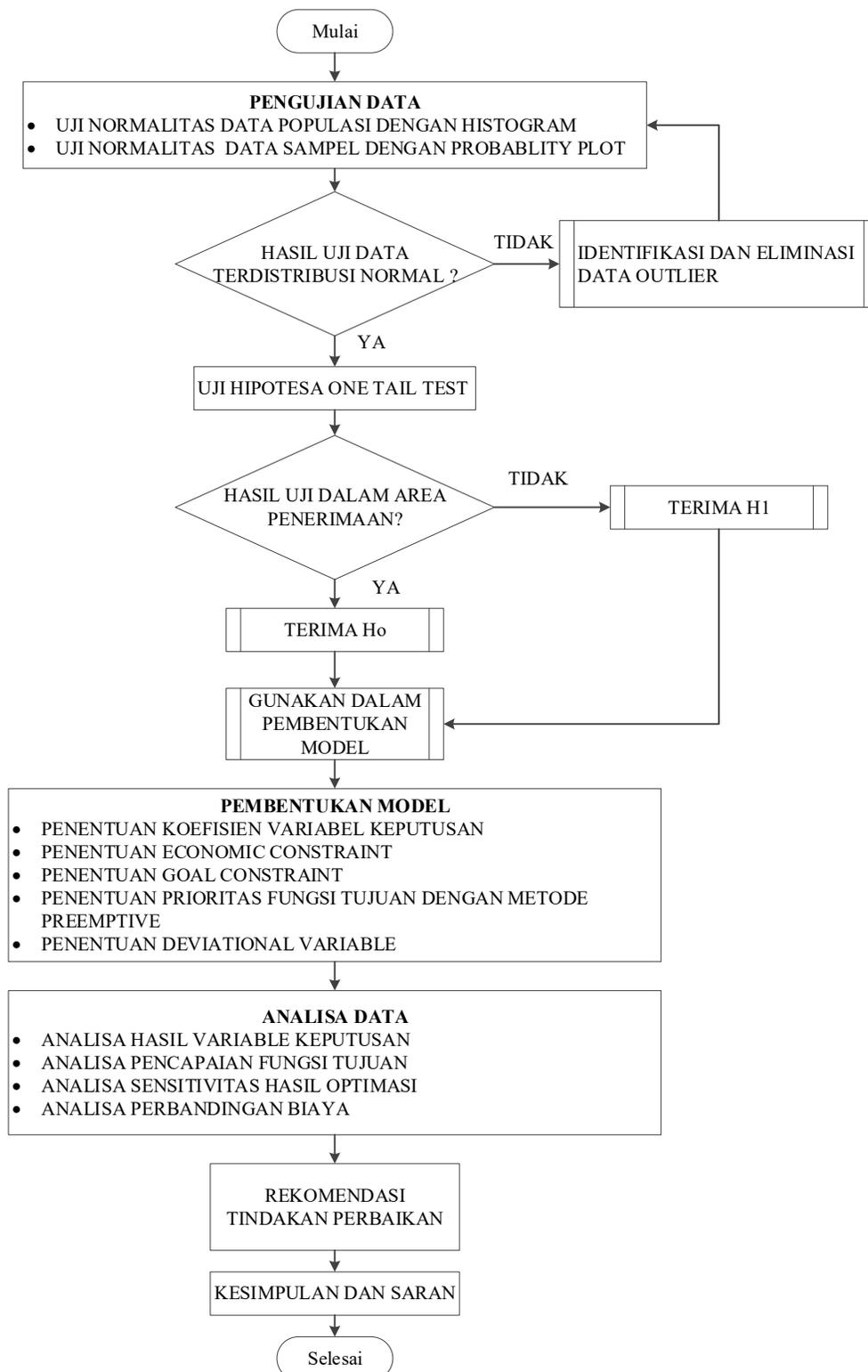
Dalam penulisan studi yang melibatkan data kuantitatif, data merupakan hasil pengukuran terhadap keberadaan suatu variabel. Pengolahan data merupakan suatu proses untuk mendapatkan data dari setiap variabel yang siap untuk dianalisis. Pengolahan data meliputi kegiatan pengeditan data, transformasi data, serta penyajian data sehingga diperoleh data yang lengkap dari masing-masing obyek untuk setiap variabel yang diteliti. Hasil pengolahan data dalam penulisan ini akan ditampilkan dalam tabel dengan susunan Tabel 3.2. berikut :

Tabel 3. 2. Tabulasi Pengolahan Data

No.	Deskripsi data	Hasil pengolahan data
1.	Data populasi umur pakai ban baru 320 data	Rata-rata populasi umur pakai ban baru ( $\mu_n$ )
2.	Data sampel umur pakai ban baru	Rata-rata sampel umur pakai ban baru ( $\bar{x}_n$ )
3.	Data populasi umur pakai ban vulkanisir 72 data	Rata-rata populasi umur pakai ban vulkanisir ( $\mu_v$ )
4.	Data sampel umur pakai ban vulkanisir	Rata-rata sampel umur pakai ban vulkanisir ( $\bar{x}_v$ )
5.	Anggaran biaya perawatan ban ukuran 27.00 R49 periode tahun 2017 hingga 2019	Rata-rata anggaran biaya perawatan ban ukuran 27.00 R49
6.	Data aktual jam operasi truk OHT 100 Ton dalam satu tahun periode tahun 2017 hingga 2019	Rata-rata jam operasi truk OHT 100 Ton sebagai acuan dasar

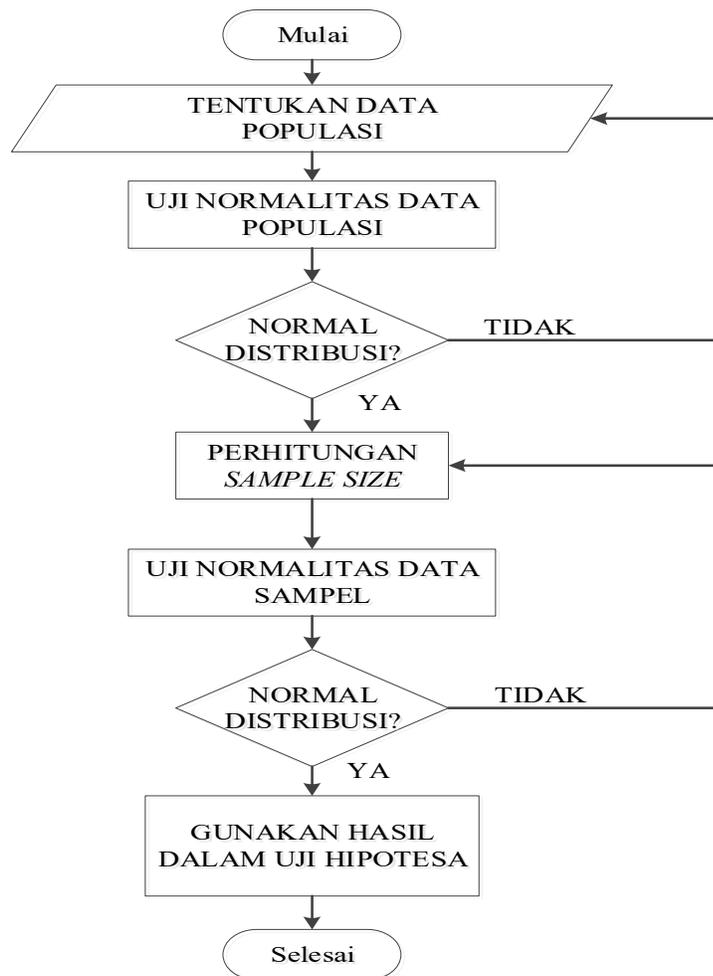
### 3.3. Prosedur Penelitian

Studi yang dilakukan adalah membangun permodelan matematis untuk kondisi operasi aktifitas perawatan ban pada alat berat tambang. Model matematis yang dibangun bertujuan untuk melakukan analisa biaya perawatan ban alat berat terutama tipe *hauling truck* tipe OHT 100 ton agar didapatkan biaya perawatan ban yang optimal. Kategori ban yang akan dijadikan objek studi adalah ban ukuran 27.00 R49 dengan alur proses studi seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1. Diagram Alir Pengerjaan Studi

Untuk mencapai optimasi biaya perawatan ban, perlu dilakukan evaluasi terhadap strategi aktifitas pemeliharaan ban truk pengangkut material tambang terutama dalam hal penggunaan ban dan dampaknya terhadap biaya penggantian ban yang timbul. Dengan penurunan biaya pemeliharaan penggantian ban, sasaran yang ingin dicapai adalah performa kehandalan ban tetap terjaga stabil. Parameter yang sangat mempengaruhi performa kehandalan ban salah satunya adalah umur pakai ban. Sebelum digunakan ke dalam pengembangan model, dilakukan uji normalitas pada data umur pakai ban yang telah dikumpulkan dengan alur proses sesuai Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3. 2. Diagram Alir Uji Normalitas Data

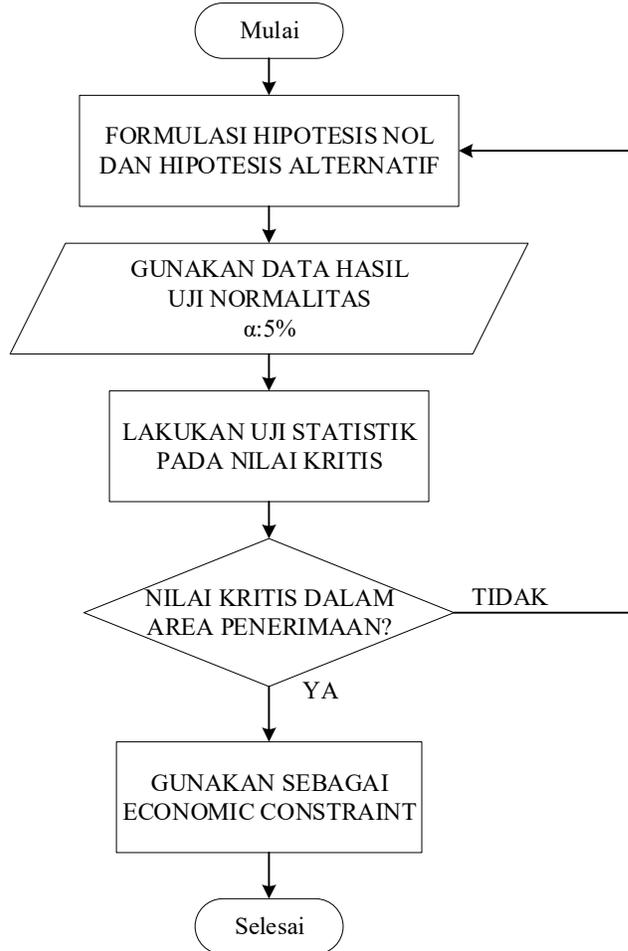
### 3.3.1. Diagram Alir Penentuan *Economic Constraint*

Dalam menentukan fungsi kendala yang akan dimasukkan ke dalam permodelan *goal programming*, digunakan metode uji hipotesa untuk mendapatkan nilai *economic constraint*. Adapun tahapan yang dilakukan untuk menentukan nilai *economic constraint* yang akan digunakan dalam model adalah sebagai berikut berikut:

Langkah 1: Identifikasi umur ban dilakukan dengan melakukan penarikan data dari software aplikasi manajemen ban yaitu *Klinge Total Tire Control (TTC)*. Data yang diunduh dari aplikasi tersebut kemudian diolah dengan memisahkan data umur pakai ban dan jenis ban yang digunakan khusus untuk ukuran 27.00 R49. Dari kumpulan data yang telah diidentifikasi dilakukan perhitungan umur pakai rata-rata ban yang telah di scrap.

Langkah 2: Umur pakai rata-rata dari setiap jenis ban yang didapatkan dari langkah pertama tersebut kemudian dijadikan sebagai bahan uji statistik dan dibandingkan dengan pernyataan yang berasal dari tenaga ahli yang mengklaim umur ban pada nilai tertentu untuk masing-masing tipe ban. Dari pernyataan yang ada, maka dibuat formulasi uji hipotesa yang tepat untuk dilakukan uji statistik pada nilai kritis. Uji statistik nilai kritis dilakukan untuk mengetahui lebih lanjut apakah nilai  $H_0$  dapat diterima atau ditolak. Untuk melakukan uji hipotesa ini, dilakukan dengan metode pengujian satu sisi dengan area penolakan berada di sebelah kiri.

Langkah 3: Hasil dari langkah kedua adalah nilai kritis dari masing-masing pernyataan maupun nilai kritis dari *confidence interval*. Area penerimaan dan area penolakan ditentukan dengan menghitung nilai kritis ( $z$ ). Setelah didapatkan batasan area penolakan, maka hasil yang didapatkan digunakan sebagai fungsi kendala untuk pengambilan keputusan. Apabila hasil perhitungan uji statistik berada di dalam area penolakan, maka perlu dilakukan perhitungan ulang untuk nilai claim yang akan dijadikan sebagai *economic constraint* dalam model hingga nilai kritis berada di dalam area penerimaan. Diagram alir pada Gambar 3.3. berikut menunjukkan tahapan dalam uji hipotesis untuk menentukan constraint:



Gambar 3. 3. Diagram Alir Penentuan *Constraint* Variabel Keputusan

Formula yang digunakan untuk melakukan perhitungan nilai kritis Z adalah

$$Z = \frac{(x-\mu)}{\sqrt{\frac{\sigma}{n}}} \quad (3.1)$$

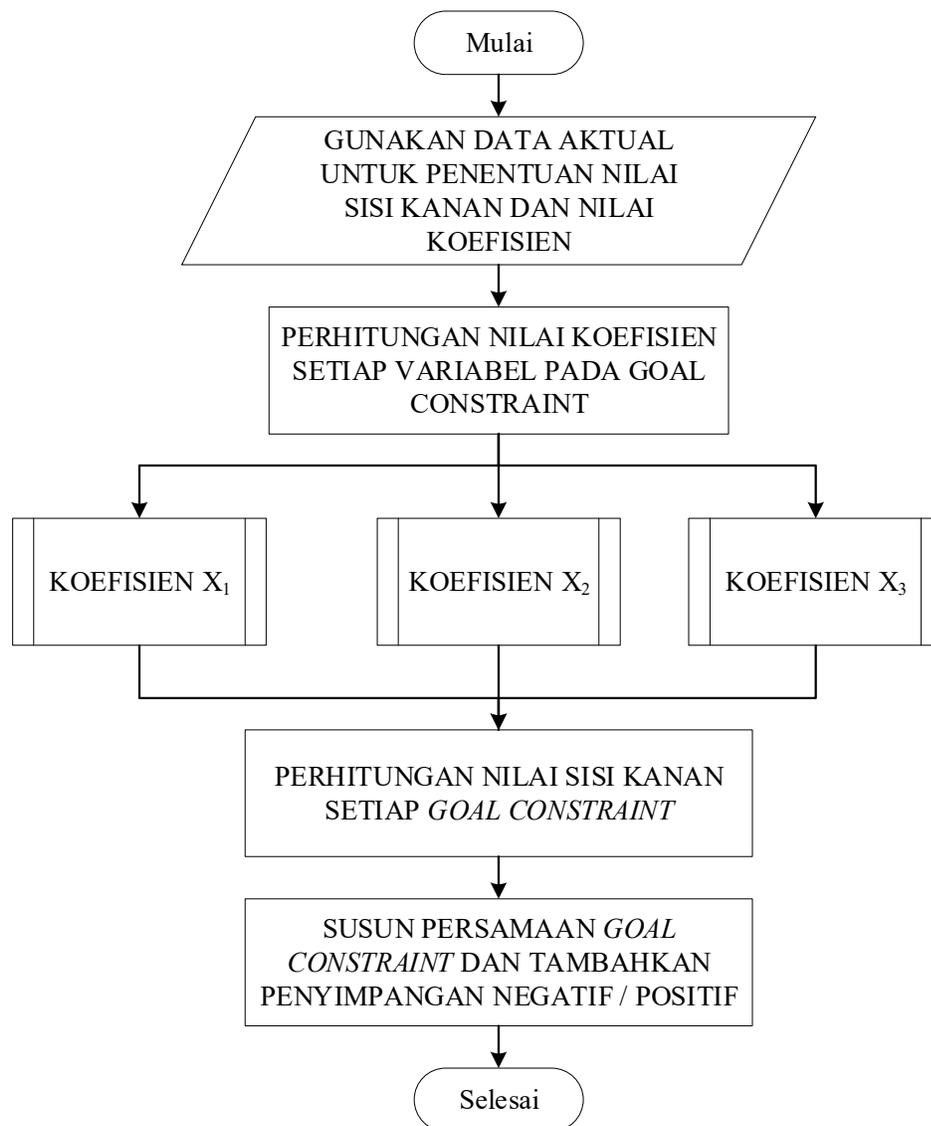
Fungsi kendala *economic constraint* yang digunakan adalah untuk variabel keputusan  $X_1$ ,  $X_2$ , dan  $X_3$ . Variabel keputusan  $X_1$  menggambarkan umur pakai ban baru,  $X_2$  untuk umur pakai ban vulkanisir dan  $X_3$  untuk umur pakai ban rental. Pada variabel keputusan umur pakai ban rental tidak terdapat data yang lengkap, maka digunakan asumsi claim umur rata-rata ban rental adalah 2,200 jam.

### 3.3.2. Diagram Alir Penentuan *Goal Constraint*

*Goal constraint* yang akan digunakan dalam penulisan studi ini ada 3, yaitu :

1. *Goal constraint* untuk maksimasi jam operasi tahunan
2. *Goal constraint* untuk minimasi biaya perawatan ban
3. *Goal constraint* untuk minimasi *down time* kerusakan ban

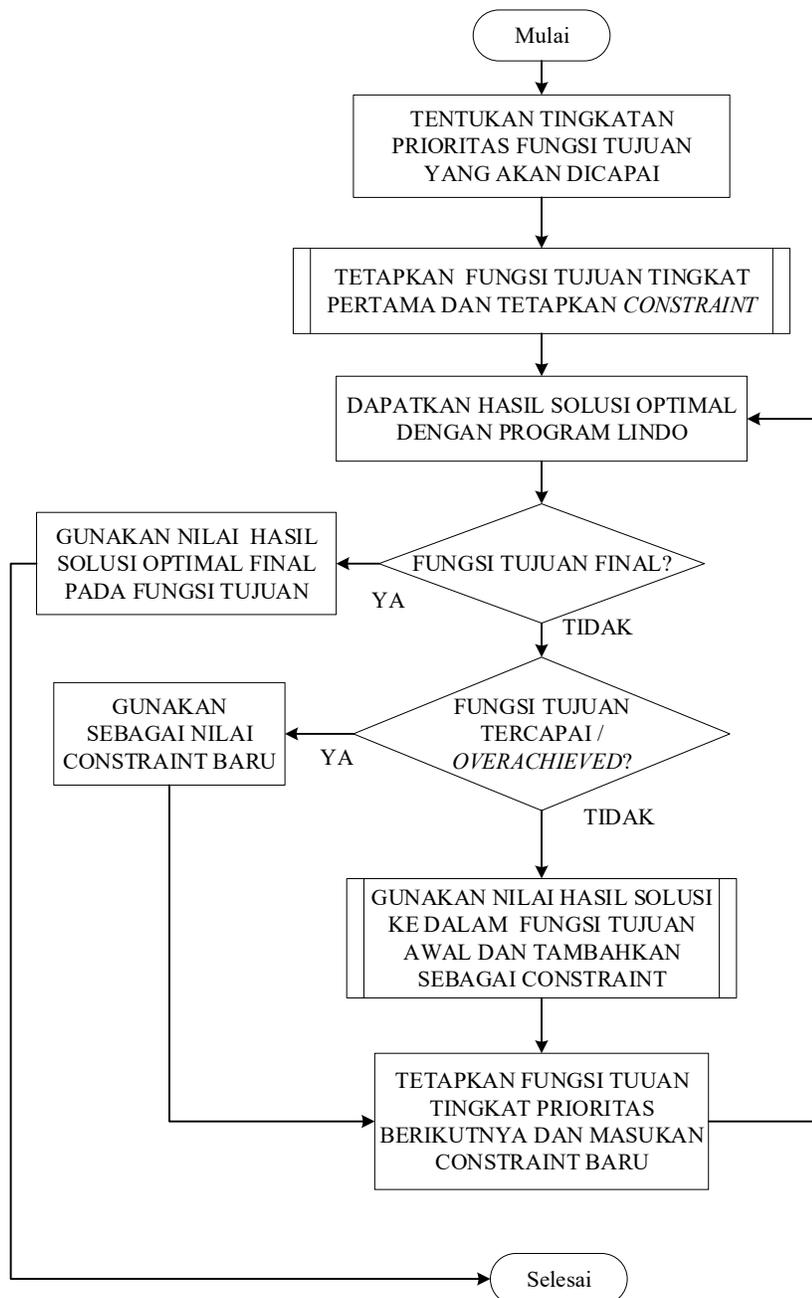
Tahapan untuk mendapatkan *goal constraint* tersebut adalah seperti yang digambarkan pada Gambar 3.4 berikut



Gambar 3. 4. Diagram Alir Penentuan *Goal Constraint*

### 3.3.3. Diagram Alir Penyusunan Model

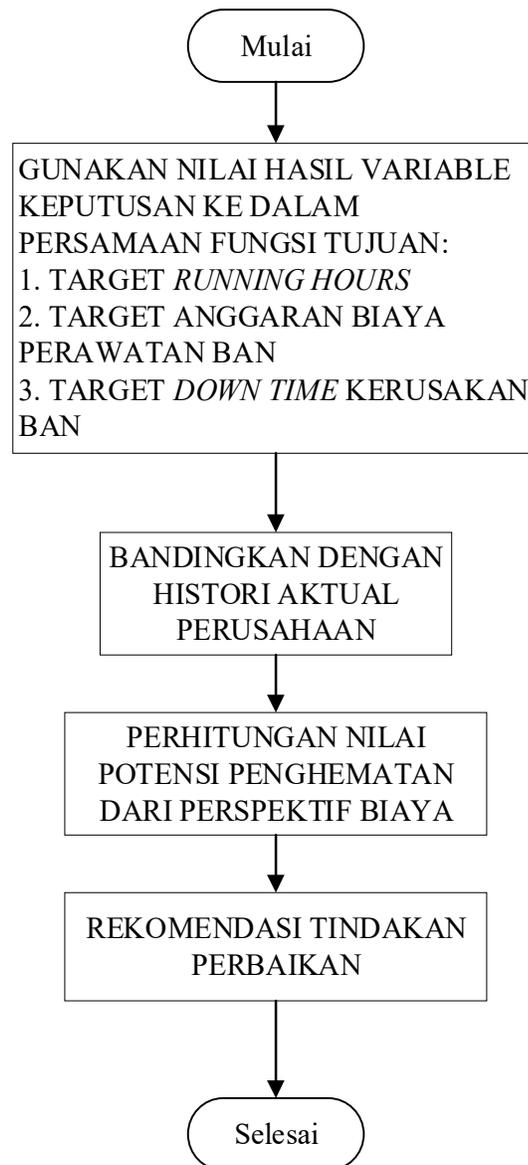
Tahapan dalam penyelesaian model *goal programming* yang akan digunakan adalah metode *preemptive goal programming*. Untuk detail tahapan penyusunan model dan penyelesaian model digambarkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5. Diagram Alir Penyusunan Model

### 3.3.4. Diagram Alir Analisa Biaya

Hasil variabel keputusan dari optimasi model dengan metode *preemptive goal programming* kemudian dianalisa dan dibandingkan dengan aktual kondisi serta dilakukan analisa dari perspektif finansial. Analisa dari perspektif finansial perusahaan dan hasil permodelan optimasi dilakukan dengan tahapan sesuai dengan yang digambarkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6. Diagram Alir Analisa Biaya

*Halaman ini Sengaja Dikosongkan*

## **BAB IV**

### **ANALISIS DATA**

Populasi data umur pakai ban baru dan ban vulkanisir yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari laporan bulanan performa ban ukuran 27.00 R49 tahun 2017 hingga 2019. Ukuran jumlah sampel data yang akan digunakan dalam penulisan studi ini dikalkulasi berdasarkan atas jumlah populasi data yang ada, dan digunakan untuk menentukan sampel umur pakai ban yang akan digunakan dalam uji hipotesa. Analisa sampel umur pakai ban kemudian yang akan digunakan dalam penyusunan kendala dalam permodelan goal programming.

Parameter operasi yang paling mempengaruhi kinerja dan profil biaya perawatan ban ukuran 27.00 R49 adalah pengaruh fluktuasi umur pakai ban. Nilai umur pakai ban yang optimum menggambarkan biaya perawatan ban. Detail analisa dan pembahasan pengaruh parameter umur pakai ban terhadap biaya perawatan ban ukuran 27.00 R49 akan dijelaskan pada sub-bab dibawah ini.

#### **4.1. Analisa Data**

Analisa yang dilakukan pertama adalah terhadap sumber data sekunder yang bersumber dari laporan. Laporan yang ada merupakan hasil unduhan dari aplikasi perangkat lunak *TTC (Total Tire Control)*. Hasil data yang diunduh adalah data umur pakai ban periode tahun 2017 hingga 2019. Data yang ada diambil sebagai data populasi hanya data umur pakai ban dengan kategori haus normal terpakai saja. Ban dengan kategori *premature failure* tidak diambil sebagai data populasi umur pakai ban. Hal ini bertujuan untuk menganalisa umur pakai ban optimum hingga haus normal terpakai. Hasil dari pemisahan data ban tersebut kemudian digunakan sebagai data populasi ban yang akan digunakan dalam penulisan studi ini.

Data populasi yang dijadikan acuan untuk pengambilan sampel dalam studi ini berjumlah 320 data untuk ban baru dan 72 data untuk ban vukanisir. Sebaran data populasi yang dianalisa diharapkan mengikuti distribusi normal, supaya sampel yang dihasilkan juga memiliki pola distribusi normal. Pada sub bab ini akan dijabarkan

tahapan dalam pengujian normalitas data untuk ban baru, sedangkan untuk tahapan pengujian normalitas data ban vulkansir dapat dilihat pada lembar lampiran A. Untuk sebaran populasi hasil unduhan dan pemilahan data, data umur pakai ban baru digambarkan pada Gambar 4.1. Data pada Gambar 4.1. merupakan data tampilan setelah data populasi dipindahkan ke MINITAB.

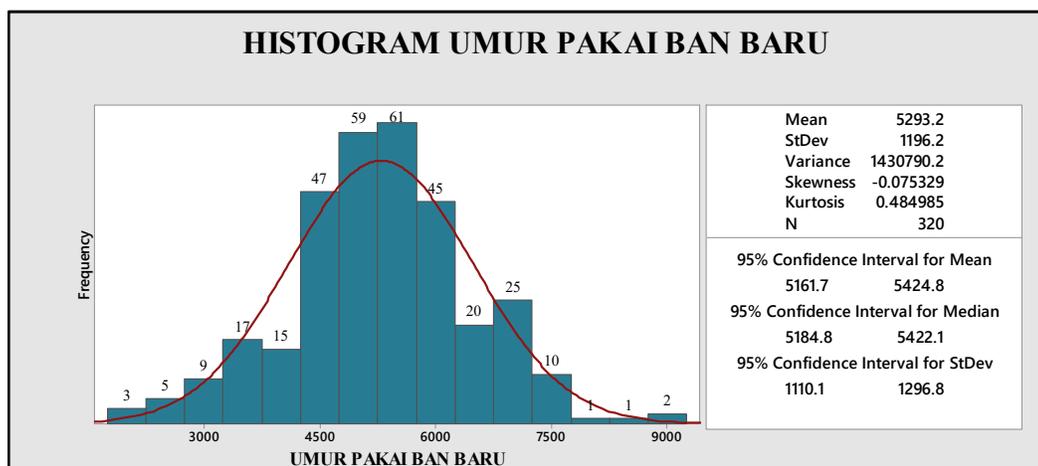
Umur pakai ban baru												
*	5264	4128	5091	4501	5519	5732	5042	3748	5384	5384	6006	6539
5135	6968	6968	3318	5219	4368	5988	5711	5223	2898	3588	5674	5434
3369	6003	5706	5368	4936	6789	6313	6625	6012	6012	6341	3273	5902
6601	3077	4087	3279	5656	2940	6587	4618	5624	6479	4437	5704	6015
5719	3648	5097	5937	5891	4192	6428	5088	5052	5408	5408	2406	5462
4099	5480	4935	3617	4514	3478	4217	3355	4645	3271	7122	4451	4615
4553	5106	3469	5422	4404	4681	4361	4275	4279	3696	4571	1937	1937
1937	4476	4418	4383	4705	4727	4830	4716	3003	4278	4132	4760	4643
4862	4650	3021	3951	5084	4363	3603	4587	4663	2617	5047	5257	3112
2591	2591	5118	5759	5753	5753	5087	4673	5457	2458	4806	5120	4442
4303	4057	4057	4596	3831	5185	4704	3046	5052	5052	5272	3241	5274
6624	5337	5179	5052	4077	4115	5787	3278	3278	5875	5967	5495	3376
4254	4559	4559	4944	4469	6878	5818	5028	5583	6850	5398	7359	4818
5614	6599	5159	6063	4102	5492	6085	5841	5073	5229	5913	7111	5089
5414	5997	5233	5240	5526	5311	4514	5029	5988	5778	5933	7007	5174
5373	5269	5824	5509	5426	5737	5663	5572	4856	5154	5791	5207	5207
3179	4265	5569	5939	4757	5406	7077	5013	4479	5360	5034	5553	5213
4592	4282	5585	7465	7190	6607	4603	7375	7713	5213	5982	5583	9011
6016	6856	6091	4498	6020	5202	5988	5537	6956	6182	6500	5100	6851
6973	4897	5933	5410	6974	6750	5740	5740	6906	4884	5418	7463	5726
8179	7181	3771	7104	5105	6147	5054	5682	6059	5628	7012	6733	6011
6011	6198	5816	6256	5450	3919	6143	9129	5716	5432	5863	6237	5020
6729	6625	6345	5144	5294	5203	5149	6937	7725	5060	4279	4279	5195
5083	5892	6415	6266	7453	5408	5723	8439	6983	6917	6969	7546	5995
7535	4322	4251	5413	7309	7195	5690	4938	6640				

Gambar 4. 1. Data Populasi Umur Pakai Ban Baru

Sebaran data populasi yang ada harus dipastikan mengikuti pola distribusi normal. Analisa yang dilakukan untuk mengetahui pola distribusi normal pada data populasi adalah dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak MINITAB. Parameter yang digunakan adalah parameter Skewness dan Kurtosis dari histogram yang terbentuk. Skewness mengukur asimetri data di sekitar rata-rata sampel. Nilai skewness negatif menyiratkan bahwa pengamatan tersebar lebih ke kiri daripada ke kanan rata-rata sampel. Nilai kecondongan positif menyiratkan hasil yang berlawanan. Oleh karena itu, apabila data yang dihasilkan membentuk pola distribusi simetris yang sempurna atau distribusi normal, kemiringannya nol (Thode, 2002). Kurtosis mengukur seberapa rawan outliers distribusi. Jika data berasal dari distribusi normal maka koefisien kurtosis adalah 3. Nilai lebih tinggi dari tiga menyiratkan distribusi yang lebih rawan

outlier daripada distribusi normal dan nilai lebih kecil dari 3 sebaliknya, maka distribusi normal (Thode, 2002). Rentang nilai *Skewness* dan kurtosis yang dapat diterima untuk pola data dengan distribusi normal berdasarkan nilai *confidence level* 95 % adalah nilai kritis dengan rentang antara -1,96 dan 1,96. Nilai 1,96 merupakan nilai yang didapat dari tabel normal distribusi (*Appendix D, David F. Groebner*) untuk nilai *confidence level* 95%.

Analisa untuk pengujian sebaran data dengan pola distribusi normal dilakukan pada sebaran data populasi umur pakai ban baru menggunakan aplikasi perangkat lunak MINITAB. Hasil histogram untuk pengujian normalitas umur pakai ban baru ditunjukkan pada Gambar 4.2. Nilai *Skewness* dan kurtosis yang ditunjukkan untuk data populasi ban baru menunjukkan bahwa data masih dalam rentang data untuk pola distribusi normal, yaitu *skewness* -0,075 dan kurtosis 0,48. Dapat disimpulkan bahwa data populasi untuk sebaran data ban baru sudah mengikut pola distribusi normal dan tidak ada data *outliers*. Pengujian normalitas dan grafik hasil pengujian normalitas ban vulkanisir dapat ditemukan pada lampiran A dalam penulisan studi ini.



Gambar 4. 2. Histogram Umur Pakai Ban Baru

Tahapan yang dilakukan setelah dilakukan uji normalitas pada data yang akan digunakan adalah melakukan analisa jumlah sampel yang tepat. Tujuan dari perhitungan jumlah sampel yang tepat adalah agar data uji sampel yang dihasilkan cukup mewakili karakteristik populasi dan meminimalkan data *outlier* sehingga dapat

memudahkan dalam pengolahan data. Sebelum masuk pada uji hipotesa, dilakukan analisa statistik deskriptif untuk jumlah ukuran sampel yang diperlukan dari perhitungan dengan jumlah populasi dan standar deviasi diketahui. Formula yang digunakan untuk perhitungan jumlah sampel ideal adalah menggunakan Formula 3.1 yang terdapat pada bab 3. Hasil dari perhitungan jumlah sampel ideal baik untuk ban baru dan ban vulkanisir yang dibutuhkan dalam penulisan studi ini ditunjukkan pada tabel. Tabel 4.1 berikut berisi jumlah ukuran sampel yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan perhitungan *mean* dari uji hipotesa. Asumsi margin of error ban baru 400 jam dan ban vulkanisri 200 jam.

Tabel 4. 1. Ukuran Sampel Uji Hipotesa

No.	Deskripsi	Data populasi	Standar Deviasi	Confidence Level	Nilai kritis	Margin of error	Jumlah sampel
1.	Ban Baru	320	1,196	95 %	1,96	400 jam	<b>35</b>
2.	Ban vulkanisir	72	595,7	95%	1,96	200 jam	<b>35</b>

Batasan ukuran pengambilan sampel untuk menegaskan karakteristik populasi dilakukan dengan memasukan variabel data populasi, standar deviasi, *confidence level*, nilai kritis, serta margin of error seperti yang dijabarkan pada Table 4.1. Semakin rendah tingkat presisi yang dikehendaki, maka semakin kecil ukuran sampel yang dibutuhkan dan sebaliknya, semakin besar tingkat presisi yang dikehendaki, maka makin besar ukuran sampel yang harus diambil. Dalam Tabel 4.1. tingkat presisi ini digambarkan dalam nilai *margin of error*.

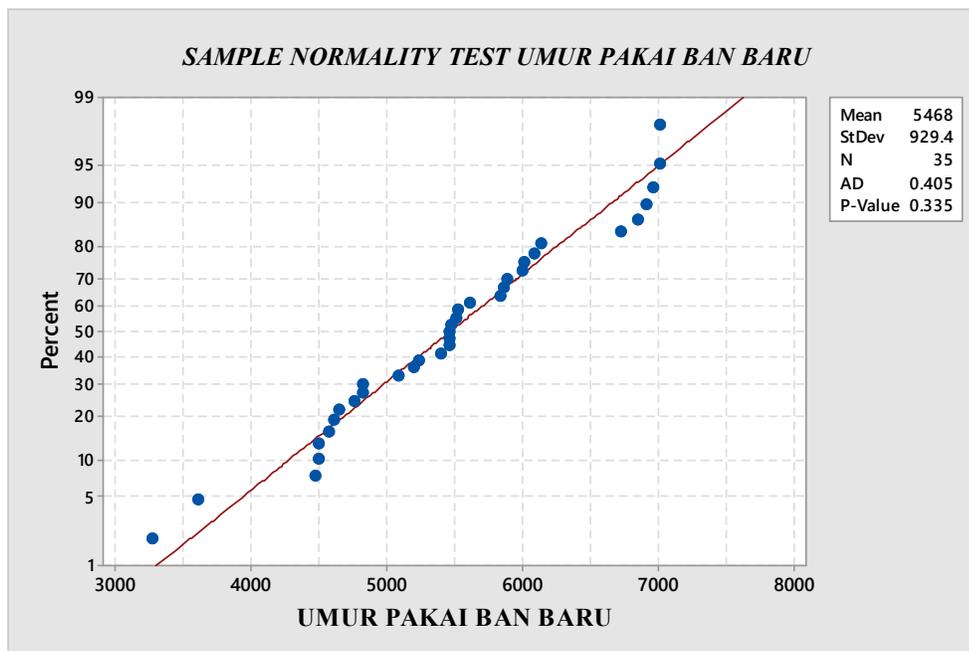
Dalam menentukan sampel data yang digunakan untuk penulisan studi ini digunakan fitur data analisis dari aplikasi program Microsoft Excel. Sampel yang diambil dari data populasi adalah secara acak dengan menentukan cacah sampel data yang harus diambil. Hasil dari fitur data analisis untuk pengambilan 35 data sampel umur pakai ban baru ditunjukkan pada Gambar 4.3. Data sampel sejumlah 35 data untuk

ban vulkanisir serta tahapan dalam menggunakan data analisis dapat dilihat pada bagian lampiran B pada penulisan studi optimasi anggaran biaya perawatan ban ini.

Data sampel ban baru - 35 data			
5863	4618	6003	
5457	5462	6956	5614
3617	4645	7012	5203
4501	6851	7007	6143
5841	6091	4830	3278
5240	6729	4501	4571
4830	4476	5509	5462
5480	6917	5087	6015
5891	4757	5398	5519

Gambar 4. 3. Data Sampel Umur Pakai Ban Baru

Dari data sampel 35 data baik data umur pakai ban baru dan umur pakai ban vulkanisir yang telah ditentukan kemudian dilakukan analisa untuk memastikan data sampel yang ada memiliki pola distribusi normal. Pengujian distribusi normal dari sampel data umur pakai ban baru dan ban vulkanisir dilakukan dengan menggunakan *Anderson Darling test* dari aplikasi perangkat lunak MINITAB. Detail hasil pengujian normalitas untuk ban vulkanisir dengan menggunakan aplikasi MINITAB dapat dilihat pada lampiran C.



Gambar 4. 4. Normality Test Sampel Ban Baru

Grafik *probability plot* pada gambar 4.4, terlihat plot untuk data sampel umur pakai ban baru berada di sekitar garis lurus (*expected value*). Hal ini menunjukkan bahwa umur pakai ban baru pada data sampel terdistribusi normal. Nilai *mean* sampel untuk umur pakai ban baru adalah 5,468 jam, dengan standar deviasi 929.4 jam. Nilai mean sampel ini yang akan dimasukkan dalam uji hipotesa pada sub bab bahasan berikutnya. Untuk mengetahui bahwa data sampel masuk dalam pola distribusi normal, nilai *AD* (*Anderson Darling*) hasil plot yang besarnya 0,405 dibandingkan dengan nilai kritis *Anderson Darling* yang telah ditentukan berdasarkan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ). Nilai kritis dapat dilihat pada tabel nilai kritis untuk Uji *Anderson-Darling* (Anna, 2013).

Pada penulisan studi ini, tingkat signifikansi yang digunakan adalah 5%, dan dari tabel referensi nilai kritis yang diambil dari tulisan untuk nilai  $\alpha = 5\%$  adalah 0,787. Bila dibandingkan dengan nilai hasil plot yang besarnya 0,405, maka nilai hasil plot lebih kecil dari nilai kritis AD, sehingga dapat disimpulkan bahwa data sampel yang ada sudah memiliki pola distribusi normal.

Memastikan pola distribusi normal juga dilakukan dengan membandingkan nilai *p-value* dengan tingkat signifikansi. Interpretasi *p-value* mengukur kekuatan bukti untuk menolak atau menerima hipotesa nol. Dalam hal ini hipotesa nol ( $H_0$ ) yang menyatakan bahwa data memiliki pola distribusi normal. Pada Gambar 4.4, nilai *p-value* untuk data umur pakai ban baru adalah 0,335. Nilai *p-value* ini lebih besar dari nilai  $\alpha$  yang besarnya 0,05. Hal ini berarti hipotesa nol bahwa data memiliki distribusi normal dapat diterima.

Hasil analisa data yang telah dilakukan dalam sub bab ini, menghasilkan nilai *mean* dan standar deviasi dari populasi dan sampel umur pakai ban baru dan ban vulkanisir yang dituangkan dalam Tabel 4.2. Data nilai hasil analisa data ini kemudian akan digunakan sebagai nilai yang dimasukkan ke dalam perhitungan nilai kritis pada uji hipotesa sampel baik sampel untuk umur pakai ban baru dan sampel untuk umur pakai ban vulkanisir. Dengan adanya langkah analisa data ini, maka dapat dipastikan bahwa data yang digunakan sudah memiliki pola distribusi normal.

Tabel 4. 2. Tabel Nilai Mean dan Standar Deviasi

Rata-rata populasi umur pakai ban baru ( $\mu_n$ )	5,293.2 jam	$\sigma = 1196.2$
Rata-rata sampel umur pakai ban baru ( $\bar{x}_n$ )	5,468 jam	$\sigma = 929.4$
Rata-rata populasi umur pakai ban vulkanisir ( $\mu_v$ )	2,272.9 jam	$\sigma = 595.7$
Rata-rata sampel umur pakai ban vulkanisir ( $\bar{x}_v$ )	2,429 jam	$\sigma = 608.8$

#### 4.2. Analisa Uji Hipotesa

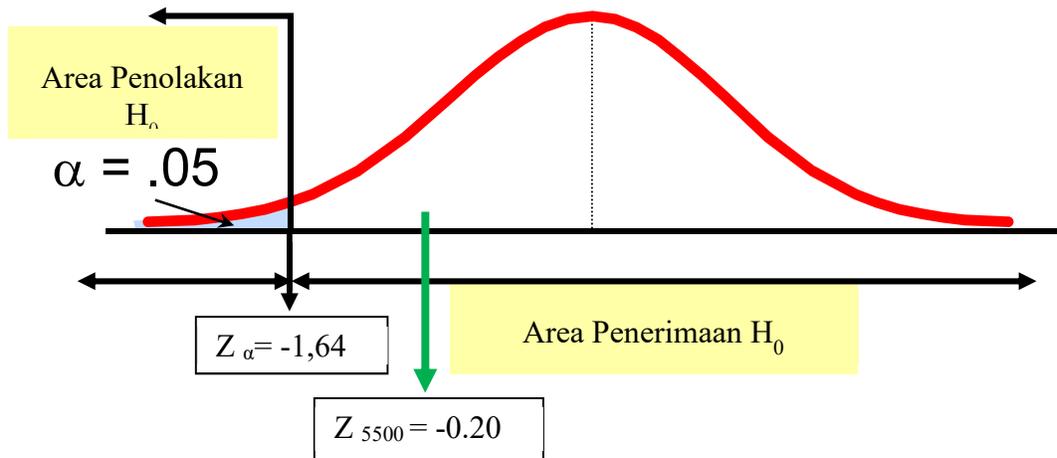
Data yang sudah dilakukan analisa dan dipastikan memiliki pola distribusi normal kemudian dilakukan uji hipotesa terhadap pernyataan atau claim tentang besarnya nilai rata-rata populasi. Uji hipotesa dilakukan untuk melakukan pengujian pernyataan bahwa umur rata-rata ban baru berada pada nilai diatas 5500 jam dan umur pakai rata-rata ban vulkanisir berada pada nilai diatas 2600 jam. Hasil dari uji hipotesa ini kemudian digunakan sebagai kendala pada fungsi tujuan metode goal programming yang akan digunakan untuk melakukan kajian optimasi biaya perawatan ban 27.00 R49.

Berdasarkan atas informasi pelaku operasional terkait aktifitas perawatan ban ukuran 27.00 R49 yang sudah berjalan selama ini, terdapat pernyataan yang menyatakan bahwa umur pakai rata-rata ban baru tidak kurang dari 5,500 jam. Formulasi hipotesis nol yang terbentuk dari pernyataan bahwa umur pakai rata-rata ban baru diatas 5,500 jam adalah  $H_0 : \mu \geq 5,500$  jam dengan hipotesis alternatif yang dapat digunakan adalah  $H_A : \mu < 5,500$  jam. Apabila mengacu kepada formula hipotesis nol yang dibentuk, maka uji hipotesa yang dilakukan adalah dengan menggunakan uji hipotesa satu sisi. Tingkat signifikansi yang digunakan dalam melakukan uji hipotesa umur pakai ban baru ini adalah 5%, nilai tingkat signifikansi ini digunakan sebagai acuan dalam mendapatkan nilai kritis  $Z_\alpha$  dari tabel standar normal distribusi (*Appendix D; Groebner F.David*). Berdasarkan atas tabel standar normal distribusi, nilai  $Z_\alpha$  untuk tingkat signifikansi 5% adalah  $\pm 1,64$ .

Uji statistik dari nilai kritis ( $Z_{5500}$ ) dilakukan untuk memeriksa apakah nilai hipotesis nol berada di dalam area penolakan atau penerimaan. Apabila nilai  $Z_{5500}$  berada pada area penolakan hipotesis nol, maka digunakan nilai hipotesis alternatif,

begitu pula jika sebaliknya, jika nilai uji statistik nilai kritis berada di area penerimaan, maka nilai hipotesis nol dapat digunakan. Hasil perhitungan uji statistik untuk nilai kritis didapatkan  $-0,20$ . Nilai uji statistik menunjukkan bahwa  $Z_{5500} > Z_{\alpha}$ , apabila hasil perhitungan antara uji statistik nilai kritis dan nilai  $Z_{\alpha}$  dituangkan dalam sebuah kurva *bell shape*, maka gambaran area penerimaan dan area penolakan hipotesis nol terdapat pada Gambar 4.5.

Nilai statistik uji berada pada area penerimaan, menunjukkan bahwa tidak cukup bukti untuk menjamin penolakan terhadap klaim pernyataan bahwa umur pakai rata-rata ban baru adalah 5,500 jam.



Gambar 4. 5. Area Penerimaan Uji Hipotesa Ban Baru

Dengan demikian, pernyataan nilai umur pakai ban baru sebesar 5,500 jam dapat digunakan sebagai fungsi kendala dalam melakukan permodelan optimasi biaya perawatan ban alat berat tambang khususnya ukuran 27.00 R49. Untuk perhitungan uji hipotesis ban vulkanisir dapat dilihat pada lampiran D.

### 4.3. Analisa Permodelan Goal Programming

Pada tahapan ini diuraikan mengenai pembentukan model goal programming dan upaya memperoleh alternative perencanaan yang lebih baik dalam aktifitas perawatan ban alat berat tambang dengan ukuran 27.00 R49 agar dapat mengoptimalkan biaya perawatan ban. Rencana dalam penyelesaian permasalahan permodelan dalam

mencapai target biaya perawatan ban yang optimum akan menggunakan aplikasi perangkat lunak LINDO. Sebelum dilakukan simulasi menggunakan aplikasi LINDO, terlebih dahulu disusun model matematis dari permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan studi ini.

Aktifitas perencanaan perawatan ban alat berat tambang khususnya ukuran 27.00 R49, ukuran terhadap performansi kritis sangat perlu untuk diperhatikan. Pengukuran performansi kritis dalam aktifitas perawatan harus mencakup tiga elemen, yaitu *durability* ban, *reliability* alat, dan optimasi bisnis proses perawatan ban. Sebelum membentuk model, maka perlu dilakukan perhitungan serta penentuan terhadap parameter performansi kritis yang akan digunakan dalam model. Ukuran performansi kritis yang akan menjadi tolak ukur keberhasilan optimasi biaya ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4. 3. Ukuran Performansi Kritis Perawatan Ban

No.	Elemen Perawatan Ban	Ukuran performansi kritis
1.	Durability ban <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ban baru</li> <li>• Ban Vulkanisir</li> <li>• Ban sewa</li> </ul>	Umur pakai ban dalam satuan jam
2.	Reliability truk OHT 100 Ton	Pencapaian jam operasi alat
3.	Optimasi bisnis proses perawatan ban	Biaya perawatan ban

#### 4.3.1. Variabel Keputusan Model

Variabel keputusan yang akan digunakan dalam model adalah umur pakai ban. Umur pakai ban dari tiga tipe ban yang digunakan ditentukan sebagai variabel keputusan karena nilai dari umur pakai ban mempengaruhi nilai tujuan yang hendak dicapai dalam permodelan. Umur pakai ban yang fluktuatif mempengaruhi pencapaian dari target jam operasi ban alat berat tambang dan biaya perawatan serta pencapaian

*availability* alat terutama *down time* akibat kerusakan ban. Umur pakai ban dapat dianalogikan sebagai bahan baku dalam melakukan produksi total jam operasi ban alat berat tambang. Total jam operasi alat berat tambang dianalogikan sebagai target produksi yang harus dicapai dengan tiga varian tipe ban yang digunakan. Tentu saja masing-masing tipe ban memiliki porsi sendiri dalam mencapai target total jam operasi.

Variabel keputusan yang digunakan dalam model optimasi ini didefinisikan sebagai berikut :

$X_i$  : Umur pakai ban tipe  $i$

$i$  : Tipe ban yang digunakan.  $i=1,2,3$ .

Umur pakai ban yang menjadi variabel keputusan dalam model ada tiga variabel, yaitu umur pakai ban baru, umur pakai ban vulkanisir, dan umur pakai ban sewa. Masing-masing variabel dalam model diberi notasi berbeda. Variabel keputusan yang akan dimasukkan dalam formulasi *goal programming* adalah sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.4. berikut:

Tabel 4. 4. Variabel Keputusan Model

No.	Umur pakai ban	Variabel keputusan
1.	Umur pakai ban baru	$X_1$
2.	Umur pakai ban vulkanisir	$X_2$
3.	Umur pakai ban rental	$X_3$

#### 4.3.2. Perumusan Fungsi Tujuan

Perumusan fungsi tujuan dimaksudkan untuk menghasilkan solusi yang dapat memenuhi target yang ingin dicapai. Pembahasan yang dilakukan dalam tahap ini meliputi penetapan nilai sisi kanan, penetapan kendala tujuan, dan penyusunan bentuk persamaan *goal programming* serta menetapkan deviasi minimum. Dalam operasional aktifitas perawatan alat berat tambang, tujuan dari aktifitas perawatan

adalah memenuhi target kebutuhan jam operasional dengan meningkatkan kehandalan alat berat tambang. Tentu saja pemenuhan target yang diharapkan bertolak belakang dengan target lain, salah satunya adalah target untuk menurunkan biaya perawatan ban alat berat tambang. Adapun tujuan utama dari permodelan yang akan dibentuk adalah meminimalkan penyimpangan atas nilai tujuan sasaran yang akan dicapai.

Penulisan studi ini menggunakan metode *goal programming*, karena tujuan sasaran yang akan dicapai saling bertolak belakang. Tujuan yang bertolak belakang ini membuat pengambil keputusan perlu untuk menentukan prioritas tujuan yang akan diutamakan. Prioritas tujuan yang akan dicapai berdasarkan atas *preemptive*, yang berarti bahwa prioritas lebih tinggi akan dicapai lebih dulu, dibandingkan dengan prioritas yang lebih rendah. Dengan demikian, maka model metode *goal programming* yang digunakan adalah *preemptive goal programming* dimana masing-masing tujuan ditentukan urutan priotitasnya dalam mencari nilai variabel keputusan.

Urutan prioritas yang digunakan dalam permodelan optimasi biaya perawatan ban ini adalah sebagai berikut :

- P1 : Terpenuhinya target total jam operasi alat berat tambang yang menggunakan ban ukuran 27.00 R49
- P2 : Terpenuhinya target biaya anggaran yang disediakan dalam aktifitas perawatan ban
- P3 : Terpenuhinya target meminimalkan downtime kerusakan ban

Apabila diurutkan prioritasnya, maka urutan pertama yang menjadi prioritas adalah total jam operasi. Total jam operasi menjadi prioritas pertama karena total jam operasi yang harus dicapai adalah total jam operasi alat yang menggunakan ban dimana diselaraskan dengan target produksi yang telah ditentukan. Sehingga apabila total jam operasi alat sudah dapat dipenuhi, maka diharapkan nilai target hasil produksi yang sudah di *set-up* juga dapat terpenuhi.

Prioritas tujuan kedua yang menjadi acuan dalam penulisan studi ini adalah tujuan terkait minimasi biaya. Perihal biaya ini ditempatkan menjadi prioritas kedua setelah total jam operasi ban alat berat tambang terpenuhi karena komponen biaya merupakan variabel yang harus di kontrol dalam pelaksanaan operasional aktifitas perawatan ban alat berat tambang. Prioritas yang ketiga dalam pemilihan urutan prioritas adalah tujuan untuk meminimumkan *downtime* terkait kerusakan ban alat berat tambang. Total jam *downtime* akibat kerusakan ban alat berat tambang terutama yang menggunakan ban ukuran 27.00 R49 tidak boleh lebih dari 2% dari total target *running hours* yang sudah ditentukan. Dengan demikian *availability* ban yang harus tersedia untuk menjamin keberlangsungan operasional truk pengangkut material tambang adalah 98% dari target total *running hours*.

Tiga tujuan dalam permodelan tersebut apabila dimodelkan secara matematis adalah sebagai berikut :

1. Sasaran untuk memaksimalkan *running hours* ban

Tujuan ini merupakan tujuan seksi perawatan untuk memastikan bahwa setiap tipe ban yang akan digunakan dapat memenuhi target jam operasi. Oleh karena itu, setiap tipe ban yang digunakan harus dimaksimalkan *running hours* yang dapat dicapai. Formula matematis yang menggambarkan fungsi tujuan ini adalah

$$\sum_{i=1}^3 QiXi = TR \quad (4.1)$$

Apabila dijabarkan secara goal programming dengan menambahkan variabel simpangan negatif dan positif, maka formula matematis tersebut menjadi berikut :

$$\sum_{i=1}^3 QiXi + d_{a1-} \geq TR \quad (4.2)$$

Dimana;

$Q_i$  : Jumlah ban tipe  $i$  yang digunakan dari total populasi unit truk OHT 100 ton

$X_i$  : Umur pakai ban tipe  $i$  yang digunakan oleh truk OHT 100 Ton

$d_{a1}$  : Deviasi negatif yang menunjukkan tingkat pencapaian running hours kurang dari target yang ditetapkan

$d_{b1}$  : Deviasi positif yang menunjukkan tingkat pencapaian running hours lebih dari target yang ditetapkan

TR : Target running hours yang telah ditetapkan

Kontribusi pencapaian dari fungsi adalah meminimasi penyimpangan negatif dari target ( $d_{a1}$ ). Perhitungan  $Q_i$  dilakukan dengan rumusan matematis berikut :

$$Q_i = \theta_i \times 6 \times TP \quad (4.3)$$

Dimana;

$\theta_i$  : Persentase jumlah ban tipe  $i$  dari populasi total unit OHT 100 Ton

TP : Total populasi *haul truck* 100 Ton, yaitu 108 unit

Total populasi unit truk OHT 100 ton yang digunakan dalam analisa perhitungan studi ini adalah 108 unit, dan jumlah ban per unit adalah 6 buah maka hasil perhitungan  $Q_i$  dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut :

Tabel 4. 5. Tabel Nilai  $Q_i$

No.	Deskripsi	Persentase komposisi	Nilai $Q_i$
1.	Ban baru	80%	522
2.	Ban Vulkanisir	15%	102
3.	Ban sewa	5%	36

Besaran nilai TR adalah jumlah total target operasional alat tahun 2020 dikali dengan jumlah ban tiap unit yaitu 6 buah ban. Nilai target running hours yang digunakan 569,813.14 jam, maka nilai total target operating hours adalah  $TR=569,813.14 \times 6= 3,418,878.87$  jam. Supaya fungsi tujuan memiliki penyimpangan negatif yang minimum, maka model matematis *goal programming* yang digunakan adalah

$$\text{Min } Z_1 = \sum_{i=1}^3 d_{a1} \quad (4.4)$$

2. Sasaran untuk meminimalkan biaya perawatan ban

Tujuan dari meminimumkan biaya perawatan ban adalah agar dengan biaya yang minimum dapat menjadi potensi penghematan terutama di seksi perawatan ban alat berat tambang. Potensi penghematan yang didapatkan dapat menjadi kontribusi *revenue* bagi perusahaan. Potensi penghematan yang didapat dari minimasi biaya perawatan ban juga menggambarkan kehandalan alat berat tambang yang optimum serta bisnis proses yang efisien. Salah satu contoh terkait bisnis proses yang efisien adalah jarak *hauling* truk dari *loading point* menuju ke *dumping point*. Fungsi tujuan yang menggambarkan sasaran tersebut secara matematis ditulis sebagai berikut :

$$\sum_{i=1}^3 BQ_iX_i - d_{b2+} \leq TB \quad (4.5)$$

Dimana;

B : Konstanta besaran nilai biaya per jam yaitu \$ 1,58 per jam

$X_i$  : Umur pakai ban tipe  $i$  yang digunakan oleh ttuk OHT 100 Ton

$d_{a2}$  : Deviasi negatif yang menunjukkan tingkat pencapaian biaya kurang dari target yang ditetapkan

$d_{b2}$  : Deviasi positif yang menunjukkan tingkat pencapaian biaya lebih dari target yang ditetapkan

TB : Target anggaran biaya yang telah ditetapkan

Kontribusi fungsi adalah pencapai adalah minimasi deviasi positif ( $d_{b2}$ ) sebagai berikut

$$\text{Min } Z_2 = d_{b2+} \quad (4.6)$$

3. Sasaran untuk meminimasi *down time*

Waktu kerusakan (*down time*) karena kerusakan yang berhubungan dengan aktifitas perawatan ban perlu dilakukan supaya kebutuhan jam operasi alat berat tambang dapat terpenuhi. Minimasi *down time* juga bertujuan untuk menjaga *availability* truk *hauling* yang membawa material tambang sehingga produktivitas truk dapat terjaga. Formula matematis yang menggambarkan fungsi tujuan untuk minimasi *down time* adalah berikut :

$$\sum_{i=1}^3 HJ_i P_i X_i - d_{b3+} \leq TD \quad (4.7)$$

Dimana;

$H$  : Durasi pengerjaan aktifitas penggantian dan perawatan ban. Dalam satu kali pekerjaan penggantian dan perawatan ban adalah 6 jam.

$J_i$  : Jumlah ban tipe  $i$  yang diganti pada setiap aktifitas penggantian dan perawatan ban.

$P_i$  : Persentase kontribusi down time ban tipe  $i$  dari total waktu down time yang diijinkan

$X_i$  : Umur pakai ban tipe  $i$  yang digunakan oleh ttuk OHT 100 Ton

$d_{a3}$  : Deviasi negatif yang menunjukkan tingkat pencapaian waktu down time untuk aktifitas perawatan dan penggantian ban kurang dari target yang ditetapkan

$d_{b3}$  : Deviasi positif yang menunjukkan tingkat pencapaian waktu down time untuk aktifitas perawatan dan penggantian ban lebih dari target yang ditetapkan

$TD$  : Total waktu down time yang diperbolehkan, yaitu 2% dari total operating hours yang menjadi target.

Dalam setiap pekerjaan penggantian dan perawatan ban, durasi pekerjaan tersebut adalah 6 jam per satu ban. Jumlah ban dan persentase kontribusi down time yang diganti dari setiap tipe ban berbeda-beda sesuai Tabel 4.6 berikut:

Tabel 4. 6. Tabel Komposisi Penggantian Ban

No.	Deskripsi	H (jam)	J <sub>i</sub> (buah)	P <sub>i</sub> (%)	HJ <sub>i</sub> P <sub>i</sub>
1.	Ban baru	6	2	20	2.4
2.	Ban vulkanisir	6	5	50	15
3.	Ban sewa	6	3	30	5.4

Kontribusi pencapaian dari minimasi down time kerusakan ban adalah minimasi deviasi positif ( $d_{b3}$ ).

$$\text{Min } Z_3 = d_{b3+} \quad (4.8)$$

### 4.3.3. Pencapaian Fungsi Kendala

Proses yang dilakukan dalam menentukan fungsi kendala adalah dengan melakukan perhitungan nilai sisi kanan (*Right Hand Side*). Perhitungan masing-masing dari nilai sisi kanan yang akan digunakan dalam fungsi kendala dapat dilihat pada lampiran E. Minimasi penyimpangan baik positif dan negatif yang dilakukan dari nilai sisi kanan secara tidak langsung, dapat diperoleh nilai variabel untuk solusi optimal. Fungsi kendala yang akan ditentukan dalam permodelan terbagi menjadi tiga macam, yaitu kendala umur pakai ban, kendala ketersediaan down time alat yang diijinkan untuk mencapai availability, serta kendala ketersediaan jam kerja alat.

Tujuan yang akan dicapai dalam penulisan studi ini memiliki tingkat prioritas yang berbeda, seperti yang telah disampaikan pada sub bab sebelumnya. Dengan urutan tingkat prioritas yang berbeda, maka proses permodelan menggunakan aplikasi perangkat lunak LINDO dilakukan bertahap dengan memasukan fungsi kendala sesuai urutan prioritas. Hasil yang didapatkan pada permodelan fungsi tujuan pertama, digunakan pada perhitungan model fungsi tujuan urutan kedua, dan hasil dari fungsi tujuan kedua digunakan pada urutan ketiga dan digunakan sebagai hasil akhir.

Adapun target nilai sasaran teknis dan finansial yang ditetapkan adalah sesuai dengan sumber daya yang ada dari perusahaan. Sasaran teknis dan finansial dari setiap tujuan yang akan dicapai ditentukan melalui nilai sisi kanan yang tercantum pada Tabel 4.7. Nilai pada sisi kanan menunjukkan ketersediaan sumber daya dan kendala dalam mencapai fungsi tujuan. Terdapat dua jenis kendala sasaran dalam penulisan ini, yaitu mewujudkan kendala sasaran di atas nilai sisi kanan dan mewujudkan kendala sasaran di bawah nilai sisi kanan.

Perhitungan umur pakai ban sebagai variabel keputusan dalam penulisan *case study report* ini adalah dengan satuan jam. Pemilihan umur pakai ban dengan satuan jam dilakukan dengan memasukan berbagai pertimbangan pada kondisi aktual diantaranya faktor-faktor yang digambarkan dalam fungsi kendala yang akan dibangun dalam permodelan. Satuan fungsi kendala yang dibangun dalam permodelan dibuat dengan pendekatan yang sama dengan variabel keputusan yaitu dengan satuan jam.

Tabel 4. 7. Tabel Nilai RHS Fungsi Kendala

No.	Fungsi tujuan	Target
1.	Maksimumkan umur pakai ban untuk mencapai target <i>operating hours</i> (TR).	3,418,878.87 jam
2.	Minimumkan <i>down time</i> untuk mencapai target <i>operating hours</i> . Maksimum toleransi downtime karena aktifitas perawatan ban alat berat tambang adalah 2% dari total target <i>operating hours</i> .	68,377.58 jam
3.	Target <i>down time</i> karena kerusakan ban baru yaitu 20% dari total <i>down time</i> karena ban	13,675.52 jam
4.	Target <i>down time</i> karena kerusakan ban vulkanisir yaitu 50% dari total <i>down time</i> karena ban	34,188.79 jam
5.	Target <i>down time</i> karena kerusakan ban rental yaitu 30% dari total <i>down time</i> karena ban	20,513.27 jam
6.	Minimumkan biaya perawatan ban alat berat tambang. Sesuai target biaya perawatan ban ukuran 27.00 R49.	\$ 5,400,000
7.	Target umur pakai ban baru	>5,500 jam
8.	Target umur pakai ban vulkanisir	>2,500 jam
9.	Target umur pakai ban rental	>2,200 jam

Fungsi kendala yang disusun berdasarkan nilai sisi kanan pada Tabel 4.6 adalah sebagai berikut :

1. Fungsi kendala dalam target jam operasi

Fungsi kendala ini bertujuan agar variabel keputusan umur pakai ban yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan target jam operasi yang dibutuhkan dalam operasional. Secara matematis fungsi kendala untuk jam operasi adalah sebagai berikut :

$$522 X_1 + 102X_2 + 36X_3 \geq 3,418,878.87 \quad (4.9)$$

Nilai dari koefisien yang terdapat pada persamaan 4.8 diambil dari nilai  $Q_i$  pada tabel 4.5.

2. Fungsi kendala biaya anggaran perawatan ban

Kendala ini menunjukkan ketersediaan batasan anggaran biaya yang dapat digunakan untuk melakukan aktifitas penggantian dan perawatan ban alat berat. Secara matematis fungsi kendala untuk ketersediaan anggaran biaya adalah sebagai berikut :

$$824 X_1 + 161X_2 + 57X_3 \leq \$ 5,400,000 \quad (4.10)$$

Nilai koefisien yang terdapat pada persamaan 4.9 diatas, merupakan hasil perkalian antara biaya per jam yang bernilai \$ 1.58 dengan nilai  $Q_i$ . Hasil perkalian antara biaya per jam dengan nilai  $Q_i$  ditunjukkan pada Tabel 4.8 berikut:

Tabel 4. 8. Tabel Koefisien Fungsi Kendala Biaya

No.	Variabel keputusan	Target biaya per jam (\$)	Nilai $Q_i$	Nilai koefisien \$ x $Q_i$
1.	$X_1$	1.58	522	824
2.	$X_2$	1.58	102	161
3.	$X_3$	1.58	36	57

3. Fungsi kendala waktu *down time* yang diijinkan

Kendala ini merupakan fungsi kendala yang menunjukkan bahwa *down time* yang diperbolehkan untuk melakukan perbaikan dan penggantian terkait kerusakan ban dibatasi. Hal ini dibatasi agar *performance* dan produktifitas dari alat berat pengangkut material tambang dapat terjaga. Secara matematis, fungsi kendala untuk ketersediaan waktu *down time* yang diijinkan adalah sebagai berikut :

$$2,4 X_1 + 15X_2 + 5,4X_3 \leq \$ 68,377 \quad (4.11)$$

Nilai koefisien pada persamaan 4.10 merupakan nilai  $H \times J_i \times P_i$  yang terdapat pada Tabel 4.6. Batasan *down time* yang menjadi nilai sisi kanan pada

persamaan 4.10 adalah nilai down time yang diperbolehkan untuk menjadi availability unit sesuai dengan nilai RHS yang tercantum dalam Tabel 4.7.

Formulasi pembatas dalam permodelan yang dibuat memiliki *economic constraint (hard constraint)* dan *goal constraint (soft constraint)*. *Economic constraint* dalam permodelan yang disusun merupakan pembatas yang harus dipenuhi dan tidak boleh dilanggar karena berkaitan dengan pemenuhan sumber daya. Dalam fungsi kendala penulisan studi ini, yang masuk dalam kategori batasan *economic constraint* adalah berikut:

1. Umur pakai ban baru

$$X_1 \geq 5,500 \quad (4.12)$$

2. Umur pakai ban vulkanisir

$$X_2 \geq 2,500 \quad (4.13)$$

3. Umur pakai ban sewa

$$X_3 \geq 2,200 \quad (4.14)$$

Batasan lain adalah batasan *goal constraint* dalam pembentukan model *goal programming*, dimana batasan yang ditetapkan berkaitan dengan pencapaian target. Apabila target yang ditentukan tidak tercapai, maka kegiatan yang ada masih dapat berjalan. Batasan yang menjadi *goal constraint* dalam penulisan studi ini adalah

1. Batasan target operasi yang harus dicapai

Dalam batasan target operasi yang harus dicapai ini, formulasi yang digunakan adalah

$$522 X_1 + 102X_2 + 36X_3 + d_{a1-} \geq 3,418,878.87 \quad (4.15)$$

2. Batasan anggaran biaya yang harus dibawah nilai yang ditentukan

Dalam batasan anggaran biaya, formulasi yang digunakan adalah

$$824 X_1 + 161X_2 + 57X_3 - d_{b2+} \leq \$ 5,400,000 \quad (4.16)$$

3. Batasan waktu *down time*

Batasan waktu down time yang ingin dicapai adalah berada di bawah nilai sisi kanan. Formulasi batasan yang dibuat adalah

$$2,4 X_1 + 15X_2 + 5,4X_3 - d_{b3+} \leq 68,377 \quad (4.17)$$

#### 4.3.4. Analisa Hasil Model

Model yang dikembangkan terdiri atas 3 variabel keputusan, 6 variabel simpangan dan 6 kendala. Dari data yang telah didapatkan dan model matematis yang dibentuk, maka dicari solusi optimal dengan meminimalkan simpangan pada fungsi tujuan pada kendala. Model matematis yang terbentuk kemudian diselesaikan dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak LINDO. Program LINDO menggunakan prinsip algoritma simplek untuk menghasilkan penyelesaian optimal dari permasalahan *preemptive goal programming* yang menjadi bahan penulisan studi tentang optimasi biaya ini.

Hasil perhitungan dengan menggunakan program LINDO adalah nilai variabel keputusan untuk mencapai sasaran tujuan optimasi. Detail proses perhitungan dan menjalankan program LINDO hingga pemeriksaan *error* pada persamaan yang akan dijalankan dalam program LINDO dapat dilihat pada lampiran F. Nilai variabel keputusan yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 4.9 berikut :

Tabel 4. 9. Tabel Nilai Optimal Umur Pakai Ban

No.	Variabel keputusan	Deskripsi	Nilai (jam)
1.	$X_1$	Umur pakai ban baru	5,909.15
2.	$X_2$	Umur pakai ban vulkanisir	2,501.00
3.	$X_3$	Umur pakai ban sewa	2,200.00

Berdasarkan atas hasil perhitungan model matematis menggunakan aplikasi LINDO, didapatkan umur pakai ban optimum dari masing-masing tipe ban yang digunakan yaitu umur pakai ban baru 5,909.15 jam, umur pakai ban vulkanisir yang optimum adalah 2,501.00 jam serta umur pakai ban sewa yang optimum adalah 2,200.00 jam. Dari kombinasi variabel keputusan yang diperoleh tersebut, apabila dimasukan ke dalam persamaan fungsi tujuan, maka akan dapat terlihat penyimpangan dari pencapaian hasil model. Pencapaian hasil dari nilai variabel keputusan yang

optimum tersebut, kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing persamaan tujuan sehingga didapatkan hasil nilai sisi kanan untuk dibandingkan dengan target. Hasil perhitungan nilai sisi kanan dari variabel keputusan model dijabarkan pada Tabel 4.10 berikut :

Tabel 4. 10. Tabel Pencapaian Hasil Optimasi

Urutan Prioritas	Deskripsi	Target	Hasil Optimasi	Penyimpangan dari Target
I	Goal 1: <b><u>Tercapai</u></b> Pencapaian target running hours operasional	3,418,878.87 jam	3,418,878.30 jam	0.57 jam
II	Goal 2 : <b><u>Tercapai</u></b> Pencapaian target untuk minimasi anggaran biaya	\$ 5,400,000	\$ 5,399,999.09	\$ 0.91
III	Goal 3 : <b><u>Tercapai</u></b> Pencapaian target untuk minimasi down time akibat kerusakan ban	68,377.57 jam	63,576.96 jam	4,800.61 jam

Tanpa mengabaikan prioritas yang telah ditetapkan, dapat dilihat hasil perhitungan pencapaian optimasi dari umur pakai ban pada Tabel 4.9 serta dampak dari umur pakai ban yang optimum terhadap sasaran tujuan yang ada pada Tabel 4.10. Hal lain yang akan dilakukan kajian adalah analisa terhadap kondisi operasional dan evaluasi terhadap target perusahaan saat ini.

Hasil perhitungan setelah nilai variabel keputusan dimasukkan ke dalam persamaan fungsi tujuan yang ingin dicapai, semua sasaran dapat tercapai sesuai dengan target yang ditentukan. Penjabaran atas hasil perhitungan pencapaian tersebut sesuai urutan prioritas adalah sebagai berikut :

### 1. Prioritas I

Pada prioritas pertama, target untuk memenuhi kebutuhan running hours operasional dapat tercapai dengan penyimpangan negatif yang masih dapat diterima secara operasional yaitu sebesar 0,57 jam atau dalam

persentasi besaran penyimpangan tersebut adalah 0.0000168%. Batas toleransi *running hours* yang sudah tidak dapat diterima apabila terjadi penyimpangan negatif adalah sebesar 520,2 jam, karena dengan nilai penyimpangan tersebut sama dengan nilai utilisasi alat berat selama satu bulan operasional. Nilai 520,2 merupakan hasil dari perkalian untuk utilisasi truck per bulan dengan availability 85% dan utilisasi 85%, dan jumlah hari kerja 30 hari.

## 2. Prioritas II

Pada prioritas kedua, untuk mencapai minimasi anggaran biaya perawatan dan penggantian ban dapat tercapai. Terjadi penyimpangan negatif dari anggaran yang telah ditetapkan yaitu sebesar \$ 0,91. Hal ini berarti terdapat selisih positif antara anggaran biaya yang menjadi target dan hasil perhitungan dengan model optimasi. Dengan merubah target umur pakai ban baru, ban vulkanisir dan ban sewa sesuai hasil optimasi model dengan metode *preemptive goal programming*, maka terdapat potensi penghematan di anggaran biaya perawatan ban untuk ukuran 27.00 R49 yang digunakan pada truk OHT 100 Ton. Apabila dibandingkan dengan anggaran biaya aktual di tahun 2019, maka dapat digambarkan dalam Gambar 4.6. berikut :

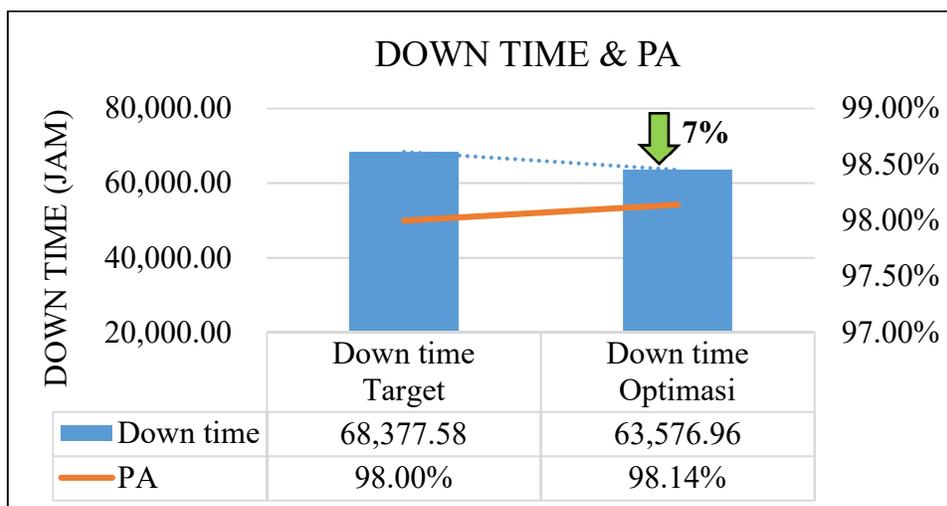


Gambar 4. 6. Grafik Potensi Penghematan Biaya Hasil Optimasi

Grafik *waterfall* pada Gambar 4.6. menunjukkan bahwa terdapat potensi penghematan dalam biaya perawatan ban ukuran 27.00 R49 yang digunakan dalam operasional *haul truck* pengangkut material tambang sebesar \$ 499,907.91 apabila dibandingkan dengan biaya aktual perawatan ban di tahun 2019. Hal ini dapat dicapai dengan dukungan dari kondisi operasional teknis dan kondisi medan operasi dari ban yang digunakan sehingga umur pakai optimum dari masing-masing tipe ban dapat tercapai sesuai hasil optimasi pada model *goal programming*.

### 3. Prioritas III

Sasaran untuk mencapai minimasi waktu down time karena kerusakan ban pada prioritas ketiga dapat tercapai, dimana terjadi penyimpangan negative sebesar 4,800.62 jam. Kondisi penyimpangan negatif ini apabila dinyatakan dalam persentase adalah sebesar 7 % dari nilai *down time* maksimum yang diijinkan. Hal ini berarti, dengan umur pakai ban yang dapat di optimasi sesuai hasil model dapat menurunkan *down time* kerusakan ban sebesar 7%. Penurunan *down time* karena umur pakai ban yang telah dioptimasi ini juga berdampak pada naiknya nilai *physical availability* ban dari 98% menjadi 98.14% seperti yang digambarkan pada Gambar 4.7 berikut:



Gambar 4. 7. Grafik Kenaikan PA Hasil Optimasi

Penyimpangan negatif dari *down time* akibat kerusakan ban ini menunjukkan bahwa *physical availability (PA)* ban meningkat 0,14%, karena *down time* kerusakan ban yang turun dari nilai awal 68,377.57 jam menjadi 63, 576.96 jam dalam satu tahun. Apabila dihitung per unit truk, karena jumlah ban per unit truk OHT 100 Ton adalah 6 ban, maka selisih antara *down time* unit target dengan *down time* optimasi adalah 800,10 jam.

Optimasi umur pakai ban tidak hanya berdampak pada sisi operasi terkait *down time* kerusakan ban, tetapi juga berdampak pada *loss value* yang hilang apabila terjadi *down time* unit truk akibat kerusakan ban. *Loss value* yang hilang tersebut merupakan faktor produktivitas truk yang hilang karena harus berhenti beroperasi untuk perawatan ban. Kontribusi pada penurunan total *down time* karena kerusakan ban ini, dapat memberikan potensi penghematan bagi perusahaan dengan perhitungan sesuai Tabel 4.11. Nilai potensi penghematan yang didapatkan perusahaan dari penurunan *down time* karena kerusakan ban adalah \$ 760,403.21 dalam satu tahun. Hal ini tentu saja merupakan kontribusi positif bagi perusahaan karena dapat meningkatkan produktivitas truk pengangkut material tambang tipe OHT 100 Ton terutama yang menggunakan ban ukuran 27.00 R49.

Tabel 4. 11. Tabel Perhitungan Potensi Penghematan Biaya Produksi per Truk

<b>Deskripsi</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
Selisih <i>down time</i> kerusakan ban	4800.62	jam
Jumlah ban per unit	6	buah
Selisih <i>down time</i> per unit truk	800.10	jam
Jam operasi truk per bulan	520.2	jam
Maka selisih durasi bulan yang bisa dihemat adalah	1.54	bulan
Nilai per ton Nickel produksi yang dihasilkan truk per bulan	\$ 494,388.33	
Nilai <i>loss value</i> yang dapat dihemat adalah	\$ 760,403.21	

#### 4.3.5. Pembahasan Tindakan Perbaikan

Apabila dibandingkan kondisi aktual umur pakai ban yang ada saat ini dengan umur pakai optimum hasil perhitungan model, kondisi saat ini masih belum mencapai kondisi optimum. Umur pakai ban ukuran 27.00 R49 rata-rata pada kondisi aktual operasional saat ini masih berada pada nilai 5,293 jam untuk ban baru, dan 2,272 jam untuk ban vulkanisir. Gambaran posisi antara kondisi operasional saat ini dengan target perusahaan dan kondisi optimum, dijabarkan pada Tabel 4.12 berikut :

Tabel 4. 12. Tabel Perbandingan Umur Pakai Ban

No.	Deskripsi	Kondisi Aktual rata-rata	Target Perusahaan	Hasil Optimasi
1.	Ban baru	5,293 jam	5,500 jam	5,909.15 jam
2.	Ban vulkanisir	2,272 jam	2,600 jam	2,501.00 jam
3.	Ban sewa	2,266 jam	2,200 jam	2,200.00 jam

Kondisi aktual yang ditunjukkan pada tabel 4.12 merupakan kondisi saat ini dimana tidak ada pengaturan komposisi dari tiga jenis ban yang digunakan, tetapi berdasarkan hanya atas ketersediaan tipe ban. Pada dasarnya mayoritas porsi tipe ban yang paling besar adalah tipe ban baru, tetapi tidak ada ketentuan porsi persentase pembagian tipe ban. Hasil optimasi menunjukkan bahwa dengan mengatur komposisi dari tiga tipe ban untuk memenuhi kebutuhan jam operasional tambang didapatkan skema pengaturan pembagian komposisi ban yang optimal. Hasil optimasi menunjukkan bahwa dengan pengaturan komposisi ban baru 80%, ban vulkanisir 15% dan ban sewa 5%, maka umur pakai ban minimum yang dapat dicapai selain tipe ban baru tidak harus diatas target perusahaan. Dengan mencantumkan umur pakai yang optimum, maka kontraktor penyedia jasa vulkanisir dan sewa ban akan mempertimbangan biaya vulkanisir dan sewa ban yang lebih kompetitif karena adanya *warranty hours* umur pakai ban yang harus ditanggung oleh pihak kontraktor.

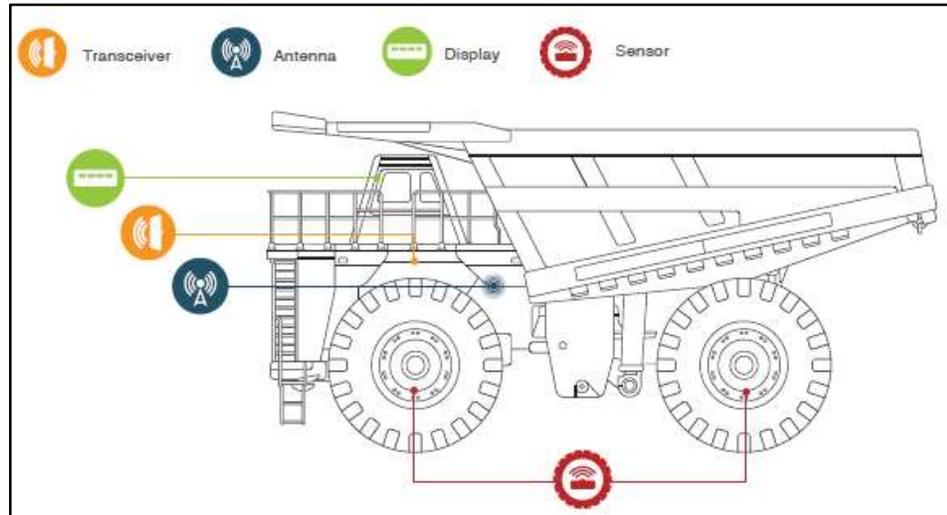
Tabel 4.12 juga menunjukkan bahwa masih terdapat deviasi antara target umur pakai ban yang ditentukan perusahaan dengan hasil perhitungan optimasi terutama untuk umur pakai tipe ban baru. Tiga faktor utama yang signifikan dalam mempengaruhi umur pakai ban adalah tekanan angin ban, muatan dan kecepatan unit truk pengangkut material tambang (Lindeque, 2016). Tindakan perbaikan yang perlu dilakukan untuk dapat menaikkan umur pakai ban agar umur pakai ban dapat mencapai nilai optimum sesuai hasil perhitungan adalah

1. Melakukan monitoring tekanan angin ban alat berat tambang

Saat ini pemeriksaan tekanan angin ban sudah dilakukan, tetapi dengan metode manual. Metode manual yang dimaksud adalah kontraktor penyedia jasa layanan pemeliharaan ban mendatangi langsung unit dan ban yang akan diperiksa tekanan anginnya. Hal ini tidak efisien dan memberikan hasil pemeriksaan tekanan angin ban yang terlambat apabila ada tekanan angin ban yang kurang. Pertimbangan lain yang perlu diperhatikan adalah dengan metode manual tidak semua unit truk OHT 100 Ton dapat diketahui tekanan angin ban pada operasi karena jumlah inspektur ban yang terbatas, terlebih jumlah unit truk yang digunakan operasional berjumlah lebih dari 100 unit.

Tindakan perbaikan yang direkomendasikan agar dapat meningkatkan umur pakai ban adalah dengan melakukan telemetri pemeriksaan tekanan angin ban. Hal ini dapat dilakukan dengan sistem *TPMS (Tyre Pressure Monitoring System)*. Sistem yang dibangun akan memberikan alarm saat kondisi tekanan angin ban kurang dan monitoring secara *real time* untuk tekanan angin ban selama unit digunakan untuk operasi. Gambaran pemasangan sistem TPMS ini digambarkan pada Gambar 4.8. TPMS yang terpasang pada unit truk ini akan terintegrasi dengan sistem monitoring telemetri yang dikembangkan internal oleh perusahaan. Tampilan hasil pengukuran sensor akan dimonitor secara berkelanjutan oleh tim *dispatcher* operasional. Selain sensor yang terhubung ke layar monitor *dispatcher*, layar tampilan ukuran tekanan ban juga terpasang di

dalam kabin operator, sehingga operator pengguna truk OHT 100 Ton dapat dengan mudah mengetahui kondisi tekanan angin ban.

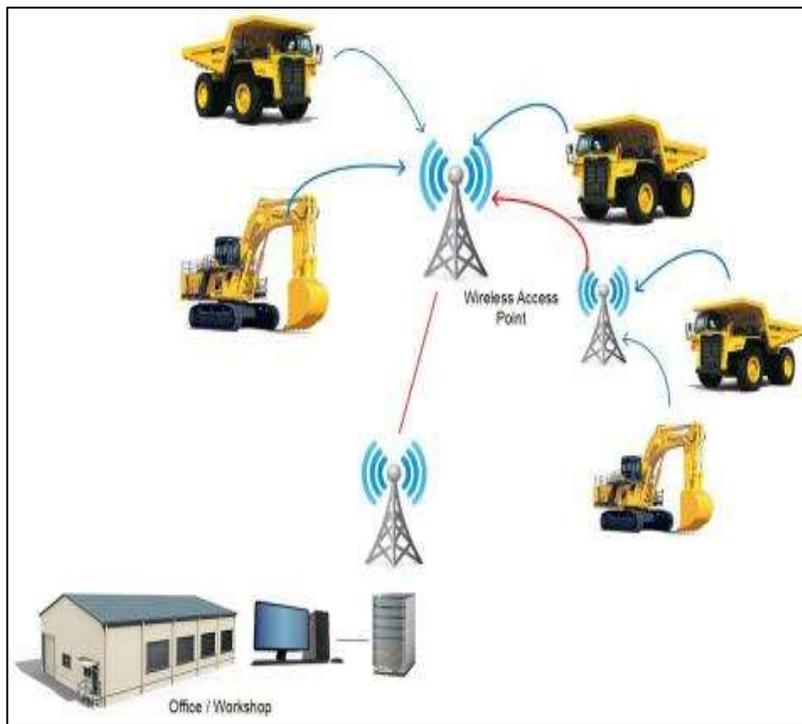


Gambar 4. 8. Konsep Pemasangan TPMS

## 2. Melakukan monitoring TKPH ban

*TKPH (Ton Kilo Per Hour)* merupakan parameter kerja ban untuk rentang aman dari *overheating* saat ban digunakan untuk operasional. TKPH ban merupakan fungsi dari faktor muatan yang diangkat dan kecepatan unit alat berat tambang. TKPH ban tidak boleh melebihi TKPH lapangan. Saat ini TKPH dilakukan pengecekan hanya pada saat manufaktur ban berkunjung ke *site*. Rekomendasi tindakan perbaikan yang disarankan adalah melakukan monitoring pengukuran TKPH ban secara *real time*, karena saat ini data *payload* (muatan) dan kecepatan unit sudah dapat secara *real time* dilakukan monitoring. Hal ini perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya *overheating* pada ban, ban dengan kondisi *overheating* dapat menyebabkan *defect* pada ban separasi yang berakibat turunya umur pakai ban. Secara perspektif keamanan juga perlu dijadikan pertimbangan bahwa kondisi ban yang melebihi nilai TKPH spesifikasi ban dan *overheating*, dapat menimbulkan potensi ban yang digunakan operasi meledak. Dampak dari ban yang meledak ini tentu saja sangat berbahaya baik bagi keselamatan pekerja yang berada di lapangan

maupun alat berat tambang lain yang beroperasi di sekitar truk pengangkut material tambang ini. Oleh karena itu dibutuhkan infrastruktur untuk dapat melakukan pemantauan TKPH ban pada unit truk yang sedang beroperasi, sehingga TKPH ban dapat dipantau secara telemetri. Arsitektur sistem untuk dapat melakukan pemantauan ban secara telemetri ditunjukkan pada Gambar 4.9 berikut :

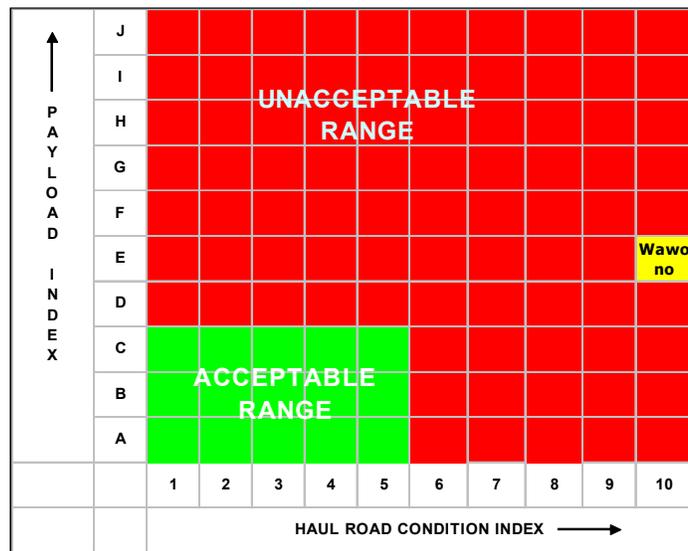


Gambar 4. 9. Arsitektur Sistem *TKPH Monitoring*

3. Menjaga *mine haul road condition index*

Tingkatan kerusakan jalan tambang akibat operasional unit alat berat tambang diukur dengan sebuah index yang disebut dengan *mine haul road index* atau dikenal juga dengan istilah *severity index*. Monitoring terhadap tingkatan kerusakan jalan tambang perlu dilakukan karena berdampak pada umur pakai ban. Saat ini monitoring dilakukan secara mingguan dan tidak berjalan secara konsisten serta menjadi laporan yang terlambat apabila ada kerusakan jalan yang melebihi nilai *acceptable range*. Rekomendasi perbaikan yang disarankan adalah dengan melakukan *real time monitoring* dan terintegrasi dengan peta

dan work order untuk perbaikan jalan tersebut. Jalan tambang yang rusak dapat mengakibatkan terjadinya *undulations* yang berdampak pada rusaknya bagian *sidewall* dari ban. Standar dari *mine haul road condition index*, digambarkan pada Gambar 4.10 berikut :



Gambar 4. 10. *Mine Haul Road Condition Index*

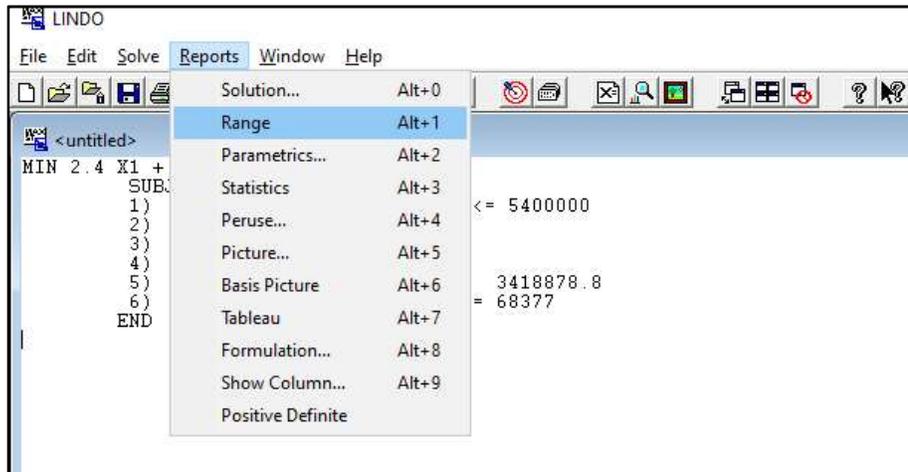
#### 4.4. Analisa Sensitivitas

Analisa sensitivitas dilakukan pada optimasi hasil goal programming untuk mengetahui sejauh mana perubahan yang diijinkan dari hasil optimasi yang telah diperoleh. Tujuan lain dari analisa sensitivitas adalah untuk mempelajari mengenai perubahan nilai parameter model dalam batas tertentu tanpa mengubah solusi optimal. Apabila parameter mengalami perubahan melewati batas, maka dapat berakibat pada perubahan solusi optimal, dan jika perubahan parameter tidak mempunyai pengaruh besar terhadap solusi, maka dapat dikatakan solusi relative intensif terhadap nilai parameter tersebut.

Dalam penulisan pembahasan analisa sensitivitas yang dilakukan hanya mencakup pertimbangan:

1. Sensitivitas solusi optimal terhadap koefisien dari fungsi tujuan
2. Sensitivitas solusi optimal terhadap kendala nilai sisi kanan

Program aplikasi LINDO juga memiliki fitur untuk dapat melakukan analisa sensitivitas, yaitu dengan fitur RANGE seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.11 berikut :



Gambar 4. 11. Fitur RANGE pada LINDO

Dari persamaan model matematis yang telah dibuat kemudian di running dengan fitur RANGE, maka analisa sensitivitas yang dihasilkan adalah:

```

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

```

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	2.400000	74.364708	INFINITY
X2	15.000000	INFINITY	14.531034
X3	5.400000	INFINITY	5.234483

ROW	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
1	5400000.000000	INFINITY	2798.689697
2	5909.000000	0.150862	INFINITY
3	2501.000000	0.772059	2501.000000
4	2200.000000	2.187500	2200.000000
5	3418878.750000	1772.956421	78.750000
6	68377.000000	INFINITY	4800.038086

Gambar 4. 12. Hasil Running Fitur RANGE

Pada Gambar 4.11 terdapat batasan-batasan baik koefisien dan nilai sisi kanan terhadap hasil solusi optimal. Interpretasi hasil analisa sensitivitas dengan program LINDO dijabarkan pada point berikut:

### 1. *Objective coefficient ranges*

Kolom *variable* menunjukkan nilai dari variabel keputusan, kolom *current coef* menunjukkan koefisien dari fungsi tujuan. Agar tidak merubah nilai optimal dari variabel keputusan yang dihasilkan, maka terdapat nilai *allowable decrease* dan *allowable increase*. Pada variabel keputusan  $X_1$ , apabila koefisien variabel mengalami kenaikan hingga sebesar 74.36, dan diturunkan sebesar nilai berapapun tidak mengubah nilai optimal hasil pada variabel keputusan. Sedangkan pada variabel keputusan  $X_2$ , apabila koefisien variabel mengalami kenaikan sebesar berapapun, dan mengalami penurunan sebesar 14.53 maka tidak merubah nilai optimal hasil pada variabel keputusan. Nilai rentang kenaikan dan penurunan koefisien variabel keputusan juga berbeda pada variabel keputusan  $X_3$ . Pada saat koefisien mengalami kenaikan nilai sebesar berapapun dan mengalami penurunan nilai hingga sebesar 5.23, maka tidak terjadi perubahan nilai optimum hasil pada nilai variabel keputusan.

### 2. *Right hand side ranges*

Nilai rentang kenaikan pada sisi kanan (RHS) yang ditunjukkan dari hasil analisa sensitivitas pada fungsi kendala (1) dan (6) adalah *infinity*, hal ini berarti penambahan nilai sisi kanan berapapun, untuk kendala tersebut akan tetap valid. Sedangkan nilai sisi kanan pada fungsi kendala (2) menunjukkan bahwa pengurangan nilai sisi kanan berapapun, untuk kendala tersebut akan tetap valid. Batas penambahan dari masing-masing nilai sisi kanan berbeda-beda. Pada fungsi kendala (2) hanya memiliki batas kenaikan 0,15 jam, dan fungsi kendala (3) hanya memiliki batas kenaikan 0,77 jam serta fungsi kendala (4) hanya memiliki batas kenaikan 2,18 jam, diikuti dengan fungsi kendala (5) yang hanya memiliki batas kenaikan 1,772.95 jam agar nilai optimum pada variabel keputusan tidak berubah.

Rangkuman hasil pengujian analisa sensitivitas solusi optimal terhadap koefisien fungsi tujuan dapat dilihat pada Tabel 4.13. Dari tabel tersebut dapat diketahui batasan perubahan nilai parameter yang diijinkan untuk tetap mendapatkan nilai optimum.

Tabel 4. 13. Tabel Hasil Analisa Sensitivitas Koefisien

<b>Deskripsi</b>	<b>Nilai Koefisien</b>	<b>Batas Kenaikan</b>	<b>Batas Penurunan</b>
Ban baru – $X_1$	2.4	74, 36	Tidak terbatas
Ban vulkanisir – $X_2$	15	Tidak terbatas	14,53
Ban sewa – $X_3$	5.4	Tidak terbatas	5,23

Sedangkan hasil untuk analisa sensitivitas nilai sisi kanan terhadap solusi optimal dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut:

Tabel 4. 14. Tabel Hasil Analisa Sensitivitas Nilai Sisi Kanan

<b>Deskripsi</b>	<b>Nilai sisi kanan</b>	<b>Batas Kenaikan</b>	<b>Batas Penurunan</b>
Anggaran biaya	\$ 5,400,000	Tidak terbatas	2,798.68
Total jam operasi ban	3,418,878.78	1,772.95	78,75
Total jam <i>down time</i>	68,377	Tidak terbatas	4,800.03
Umur pakai ban baru	5,909	0,15	Tidak terbatas
Umur pakai ban vulkanisir	2,501	0,77	2,501
Umur pakai ban sewa	2,200	2,18	2,200

Tabel analisa sensitivitas diatas dengan batasan kenaikan atau penurunan yang “tidak terbatas” dapat diartikan bahwa, apabila nilai sisi kanan atau koefisien dinaikan atau diturunkan berapapun, tidak akan mengubah hasil dari fungsi tujuan sehingga solusi optimal tidak berubah.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Studi optimasi biaya pemeliharaan ban alat berat tambang ini dilakukan dengan melakukan pengembangan model *goal programming* melalui pendekatan umur pakai ban. Berdasarkan atas hasil yang didapatkan dari permodelan tersebut, didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Pengembangan model matematis melalui pendekatan umur pakai ban ukuran 27.0 R49 dengan metode *goal programming* menghasilkan umur pakai ban optimum. Umur pakai ban optimum yang didapatkan adalah umur pakai ban baru, umur pakai ban vulkanisir dan umur pakai ban sewa. Berdasarkan hasil optimasi, untuk mendapatkan biaya yang optimum, maka dengan komposisi dalam pemakaian ban baru 80% dari total populasi unit, maka umur pakai ban baru diperlukan minimum mencapai 5,909 jam atau naik 6,9% dari target umur pakai yang sebelumnya telah ditentukan perusahaan. Sedangkan untuk umur pakai ban vulkanisir, dengan komposisi 15% penggunaan dari total populasi unit, umur pakai ban vulkanisir yang harus dicapai minimum adalah 2,501 jam. Hal ini 3,8% dibawah target yang telah ditentukan perusahaan sebelumnya. Untuk umur pakai ban sewa, dengan komposisi pemakaian 5% dari total populasi unit umur pakai yang harus dicapai ban sewa adalah minimum 2,200 jam.
2. Tiga tujuan utama (*goal*) dalam permodelan matematis yang dikembangkan sesuai urutan dari pertama hingga ketiga adalah mencapai target jam operasi, meminimasi anggaran biaya perawatan ban, serta meminimasi *down time* akibat kerusakan ban. Dari hasil permodelan yang dibuat, ketiga goal dapat tercapai. Penyimpangan yang terdapat pada goal pertama untuk jam operasi yang harus dicapai adalah penyimpangan negatif sebesar 0,57 jam atau 0,0000168%, dimana nilai ini masih dapat diterima dari perspektif operasional. Penyimpangan kedua adalah penyimpangan negatif yang terdapat pada fungsi tujuan meminimalkan biaya

perawatan ban sebesar \$ 0,91 atau sebesar 0,000017% dari target. Goal ketiga untuk meminimasi *down time* akibat kerusakan ban mengalami penyimpangan negative sebesar 4,800,62 jam atau 7% dari target *down time* yang diijinkan.

3. Hasil permodelan optimasi terkait umur pakai ban dalam penulisan studi ini dapat memberikan kontribusi positif bagi perusahaan terutama pada potensi penghematan biaya. Beberapa potensi penghematan biaya yang didapat adalah dari sisi biaya per jam untuk ban dapat diturunkan dari \$ 1,74 per jam menjadi 1,58 per jam, sehingga secara nilai uang apabila dibandingkan dari biaya aktual tahun 2019 dapat diturunkan sebesar \$ 499,907.91 atau 9% dari tahun sebelumnya. Dari sisi penurunan *down time* sebesar 7% dengan permodelan optimasi juga dapat memberikan potensi penghematan bagi perusahaan sebesar \$ 760,403.21 dan meningkatkan produktifitas truk pengangkut material tambang.

## 5.2 Saran

Studi optimasi permodelan ini masih belum terbukti secara aktual mengingat parameter operasi hanya dianalisis dan diprediksi dengan beberapa pendekatan yang berbasis pengalaman dan kaidah standar umum terkait umur pakai ban. Faktor kondisi lapangan dan cuaca serta faktor lain yang juga dapat mempengaruhi umur pakai ban juga belum dianalisis dengan lebih detail. Faktor pekerja yang mengerjakan aktifitas perawatan dan penggantian ban alat berat tambang terutama OHT 100 Ton dengan ukuran 27.00 R49 ataupun ban dengan ukuran lain dengan populasi unit yang cukup besar dapat menciptakan peluang untuk melakukan evaluasi dan optimasi lebih lanjut sehingga dapat menghasilkan beberapa studi optimasi lanjutan terkait biaya perawatan ban. Evaluasi dan optimasi pada kondisi aktual operasi juga akan mampu memberikan rekomendasi peningkatan kehandalan berkelanjutan sehingga *down time* terkait umur pakai ban dapat diturunkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daniels, E.E.A., (2019), "*Resource Optimization in a Fashion Firm: A Goal Programming Approach*" , International Journal of Management and Fuzzy System, Vol.5, No. 1, pp.14-20.
- [2] Dhoruri, A., Lestari, D., Ratnasari, E., (2017), "*Sensitivity Analysis of Goal Programming Model for Dietary Menu of Diabetes Mellitus Patients*", International Journal of Modeling and Optimization, Vol.7, No. 1. Hal. 11.
- [3] Mourougan,S., Sethuraman, K.,2017."*Hypothesis Development and Testing*". Department of Business Administration, Annamalai University, India.
- [4] Taha, Hamdy A., (2017), *Operation Research An Introduction*, 10<sup>th</sup> edition, Pearson Education Inc., London.
- [5] Putri, Y.E., Astuti, P.Y., (2017), "*Analisis Keoptimalan Laporan Keuangan Bank Menggunakan Goal Programming (Studi Kasus Bank BTN)*", Jurnal Ilmiah Matematika, Vol. 3, No.6, Hal.136-140.
- [6] Fauziyah, (2016), "*Penerapan Metode Goal Programming Untuk Mengoptimalkan Beberapa Tujuan Pada Perusahaan Dengan Kendala Jam Kerja, Permintaan dan Bahan Baku*", Jurnal Matematika, Vol.2, No.1, Hal. 52-59.
- [7] Tomar P., Kaur J., (2015), "*Multi Objective Optimization Model using Preemptive Goal Programming for Software Component Selection*", I.J. Information Technology and Computer Science, Vol.9, No.5, Hal. 31-37.
- [8] Rahadian, F. (2011), *Analisis Pengendalian Biaya Dalam Sistem Manajemen Operasi Perusahaan Kontraktor Pertambangan Batubara: Studi Kasus PT PPN*. Thesis Master, Universitas Indonesia, Jakarta.
- [9] Groebner, D.F., Shanon, P.W., Fry, P.C., Smith, K.D., (2011), *Business Statistics A Decision Making Approach*, 8<sup>th</sup> edition, Pearson Education Inc., New Jersey.
- [10] Kongar, E., Sobh, T., (2008), "*A Preemptive Goal Programming Model for the Sustainability of Growth in Engineering Colleges*", American Society for Engineering Education Zone 1, New York.
- [11] Vaghar Anzabi, R. (2015). *Haul Truck Tire Reliability and Condition Monitoring*. Thesis Master, University of Alberta, Canada.

- [12] Megasari, K., Drs. Sulistiyo, MT., (2010), "*Goal Programming untuk Perencanaan Produksi Agregat dengan Kendala Sumber Daya*", ITS-Undergraduate-12549-Paper- 3100010040467.
- [13] Lindeque, G.C., (2016), "*A Critical Investigation into Tyre Life on an Iron Ore Haulage System*", The Journal of Southern African Institute of Mining and Metallurgy, Vol.116, Hal.317-322.
- [14] Toma, M., Andreescu, C., Stan, C., (2017), "*Influence of Tire Inflation Pressure on the Result of Diagnosing Brakes and Suspension*", 11<sup>th</sup> International Conference Interdisciplinarity in Engineering, Romania.
- [15] Dewi, D.S, Voorthuysen, E.J. 2010. "*Service Development in Heavy Equipment Industry*". School of Mechanical and Manufacturing University of New South Wales Sydney NSW Australia.
- [16] Bolster, M.J.A., and Joseph, T.G., 2005, "*Tire-Rim Interactions for Ultra Class Trucks in The Mining Industry*," The 19<sup>th</sup> International Mining Congress and Fair of Turkey IMCET2005, pp. 161 – 168.
- [17] Barnabas, G. M., Maran, G.S., Nixon, Edward, I.A., (2012), "*Maintenance Cost Optimization for the Process Industry*", International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol.1, No.3. Hal. 81-90.
- [18] O.N., Arunkumar, D., Diyva, Mathew, T., (2018), "*Goal Programming Model for Optimizing Working Capital Management; Case of Tire Retreading Company*", Journal of Operations and Strategic Planning, Vol.1, No.2, Hal. 148-167.
- [19] Raffensperger, F., (2003), *LINDO User's Manual*, Lindo System Inc., Chicago.
- [20] Kagogo, T.S., (2014), "*A Critical Evaluation of Haul Truck Tyre Performance and Management System at Rossing Uranium Mine*", The Journal of Southern African Institute of Mining and Metallurgy, Vol. 114, Hal.293-298.
- [21] Moubray, John, (2011), *Reliability Centered Maintenance*, 2<sup>nd</sup> edition, PT. Relogica Indonesia, Jakarta
- [22] Sawaragai, Y., Nakayama, H., Tanino, T., (1985), *Theory of Multiobjective Optimization*, Volume 176, Academic Press Inc., London
- [23] Render, B., Stair, R.M., Hanna, M.E., Hale, T.S., (2015), *Quantitative Analysis for Management*, 12<sup>th</sup> edition, Pearson Education Inc., London.

## LAMPIRAN A

### UJI NORMALITAS DATA BAN VULKANISIR

Data yang diolah merupakan data hasil unduhan dari aplikasi *Total Tyre Control* yang merupakan produk aplikasi dari KLINGE dengan logo perusahaan yang ditunjukkan pada gambar A.1. Rentang data yang diambil merupakan data umur pakai ban periode tahun 2017 hingga tahun 2019.



Gambar A.1. Logo perusahaan KLINGE & Co. Pty Ltd

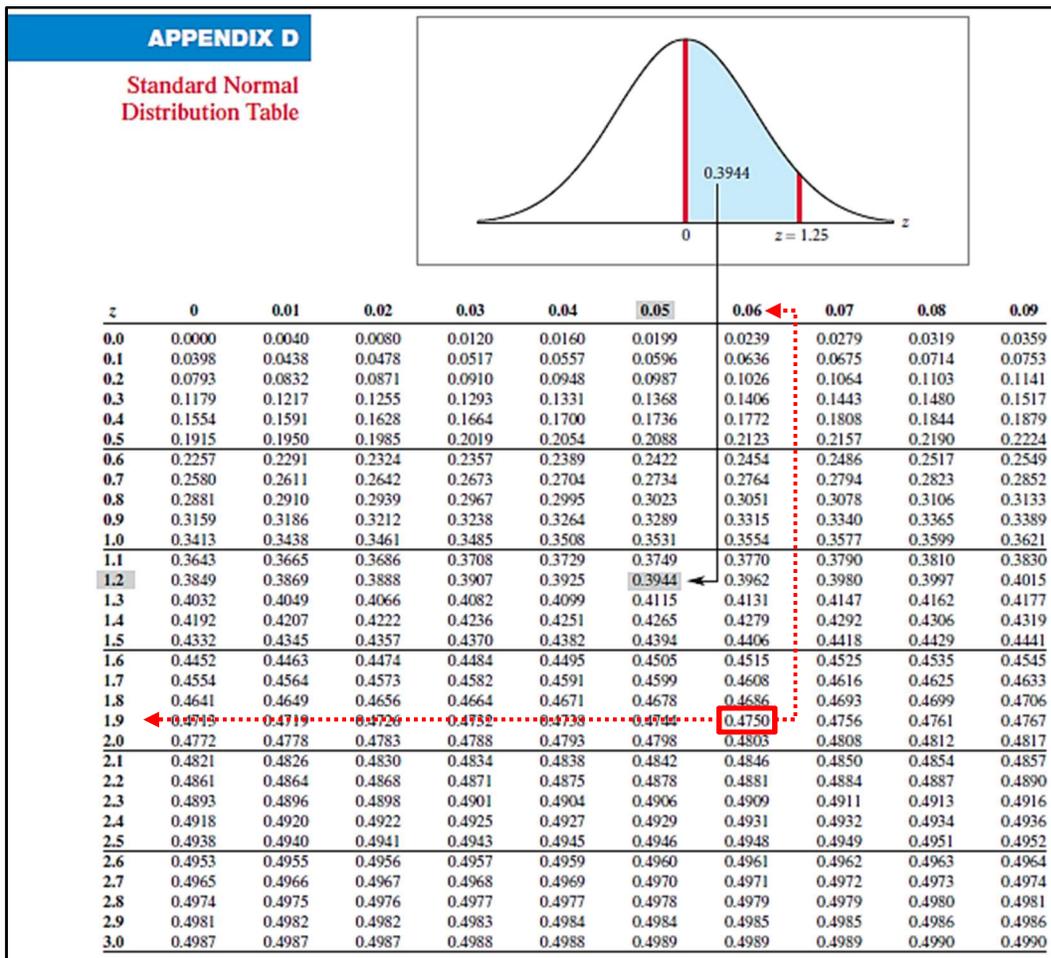
Dalam melakukan uji normalitas data, untuk jumlah populasi ban vulkanisir berjumlah 72 data. Sebaran data populasi untuk umur pakai ban vulkanisir digambarkan pada gambar A.2. Data berikut merupakan tampilan hasil pengolahan data yang diolah menggunakan aplikasi perangkat lunak MINITAB.

Umur pakai ban Vulkanisir												
2641	2877	3304	2093	3363	3363	2523	2492	2897	3139	2059	1749	2273
3329	3329	2723	1876	804	2796	1473	2002	2002	2031	2031	2150	2403
1024	1198	2234	2429	1877	2304	2298	1794	1972	3329	3329	2723	1876
804	2796	1473	2002	2002	2031	2031	2150	2403	1024	1198	2234	2429
1877	2304	2298	1794	1972	2252	2608	2608	2248	2973	2608	2608	2313
1930	2324	2210	2465	2465	2553	2553						

Gambar A.2. Tampilan data umur pakai ban vulkanisir

Deretan nilai data populasi pada gambar A.2 diatas kemudian dimasukkan ke dalam aplikasi MINITAB untuk kemudian diolah menggunakan menu analisis summary report dari histogram yang telah terbentuk. Hasil summary report yang muncul diantaranya adalah nilai skewness dan nilai kurtosis yang menjadi acuan parameter normalitas. Nilai Skewness yang dihasilkan dari histogram pada gambar A.2 yang dibuat untuk ban vulkanisir adalah -0,27, serta nilai kurtosis yang dihasilkan adalah

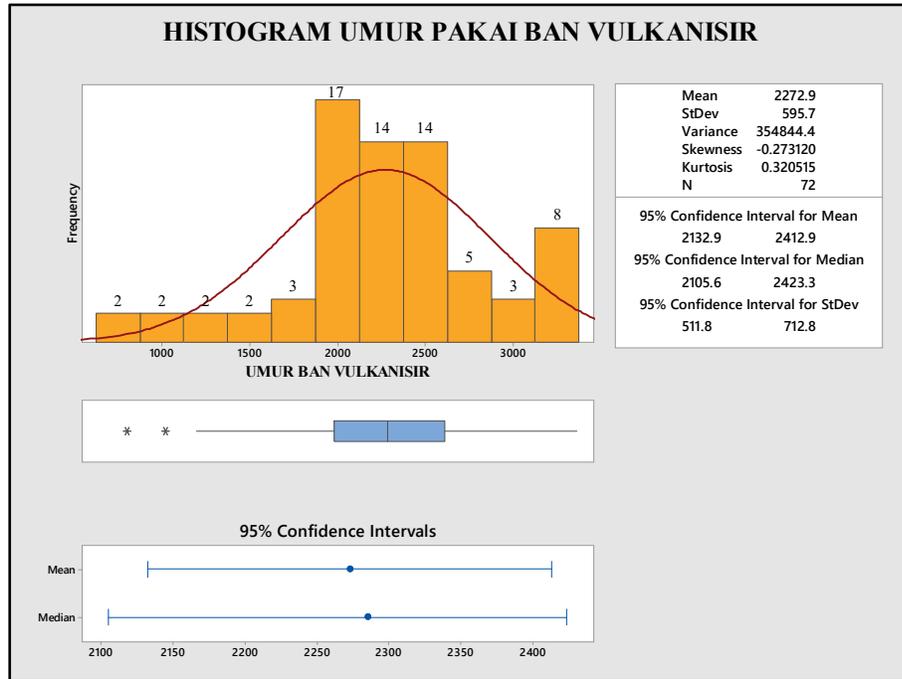
0.32. Sama seperti yang dilakukan pada uji normalitas umur pakai ban baru, nilai skewness dan nilai kurtosis dibandingkan dengan nilai kritis dari 95% nilai *confidence level*. Nilai kritis ini diambil dari tabel standar normal distribusi yang ditunjukkan pada gambar A.3 dibawah dengan nilai  $\alpha = 0,05$ .



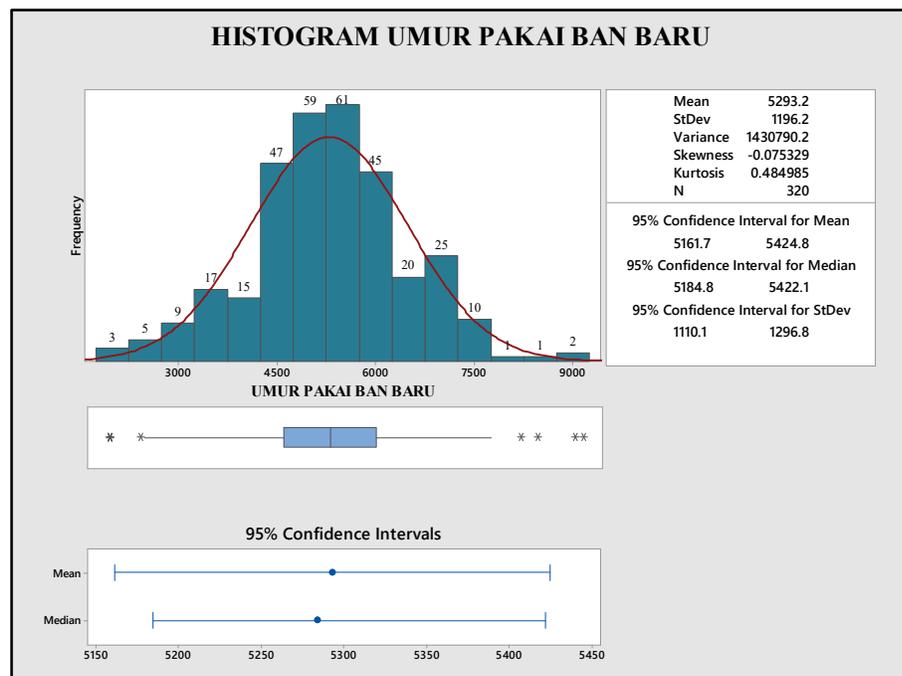
Gambar. A.3. Tabel normal distribusi (Groebner, F.David, 2011, Business Statistic)

Nilai kritis yang ditunjukkan untuk nilai  $\alpha = 0,05$  dari tabel pada gambar A.3 adalah 1,96. Apabila dibandingkan dengan rentang besaran nilai kritis, nilai skewness dan nilai kurtosis hasil dari analisa histogram masih berada dalam rentang nilai kritis tersebut. Maka dalam hal ini dapat dinyatakan bahwa data sebaran populasi umur pakai ban vulkanisir yang ada sudah membentuk pola data dengan distribusi normal, karena masih berada dalam rentang nilai kritis. Histogram dan nilai parameter skewness dan

kurtosis hasil dari pengolahan data pada aplikasi MINITAB ditunjukkan pada gambar A.4.



Gambar A.4. Tampilan histogram uji normalitas data umur ban vulkanisir



Gambar A.5. Tampilan histogram uji normalitas data umur ban baru

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN B

### PERHITUNGAN JUMLAH SAMPEL DATA

Jumlah sampel data yang tepat sangat diperlukan untuk memastikan bahwa karakteristik data yang digunakan dalam uji hipotesa cukup mewakili karakteristik populasi serta untuk meminimalisir data outlier yang menyimpang dan harus dikeluarkan dari sampel. Untuk mendapatkan jumlah data sampel yang tepat, maka perhitungan jumlah data sampel yang tepat dilakukan baik pada data sampel umur pakai ban baru dan pada data sampel umur pakai ban vulkanisir. Berikut adalah perhitungan jumlah data sampel yang dilakukan:

#### 1. Perhitungan data sampel umur pakai ban baru

Formula dasar yang digunakan adalah

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2}$$

Dimana;

$n$  = jumlah data sampel umur pakai ban baru

$Z$  = nilai kritis; yaitu 1,96

$\sigma$  = standar deviasi populasi

$e$  = *margin of error*

Nilai kritis yang digunakan adalah 1,96 dan standar deviasi untuk umur pakai ban baru yang digunakan adalah 1,196 jam. Nilai *margin of error* yang digunakan untuk perhitungan umur pakai ban baru adalah 400 jam. Maka setelah nilai tersebut dimasukkan ke dalam formula adalah sebagai berikut :

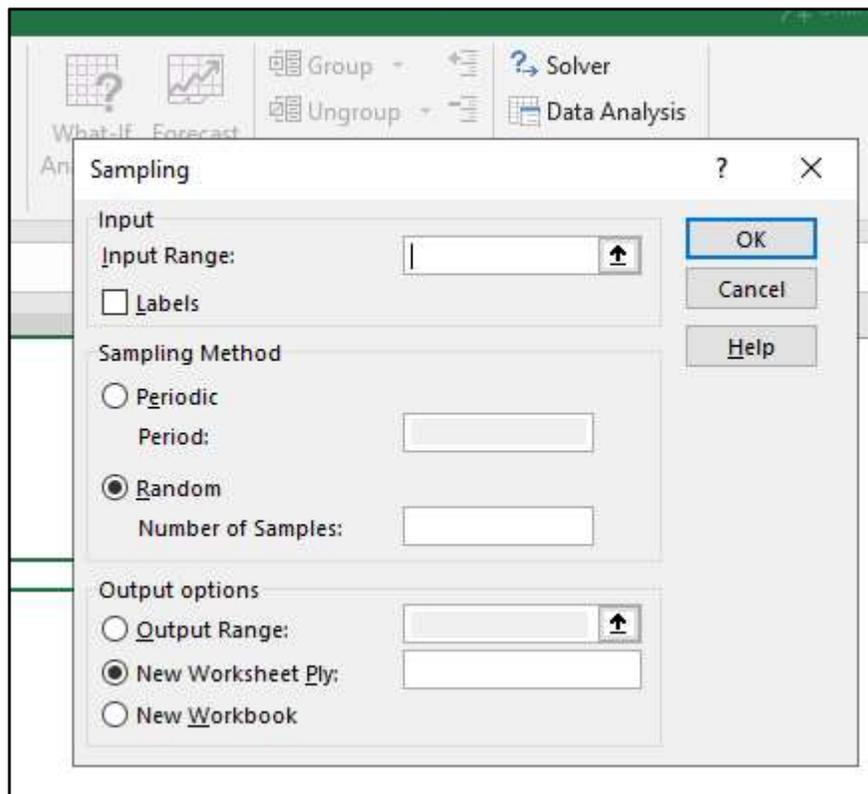
$$n = \frac{(1,96)^2 (1,196)^2}{(400)^2} = 35 \text{ buah sampel}$$

## 2. Perhitungan jumlah sampel ban vulkanisir

Perhitungan jumlah sampel untuk umur pakai ban vulkanisir dilakukan dengan formula matematis yang sama dengan hasil berikut :

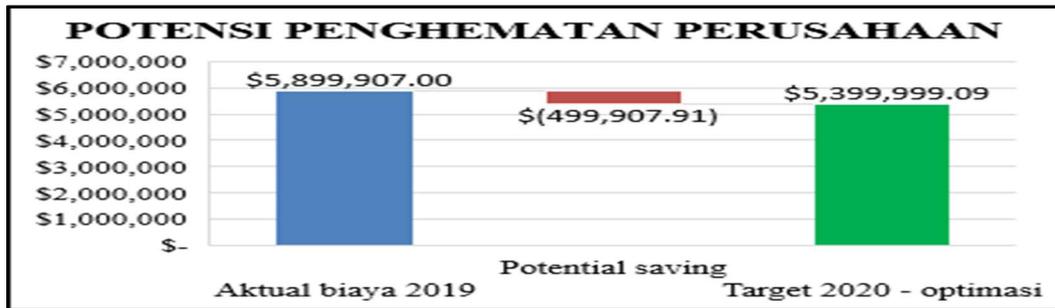
$$n = \frac{(1,96)^2 (595,7)^2}{(200)^2} = 35 \text{ buah sampel}$$

Hasil perhitungan jumlah sampel yang dibutuhkan untuk ban baru dan vulkanisir adalah sama yaitu 35 buah sampel dengan *margin of error* yang berbeda. Tahapan berikutnya setelah jumlah sampel yang dibutuhkan didapatkan adalah menentukan 35 buah data sampel yang akan diambil sebagai sampel data. Dalam menentukan data mana saja yang akan diambil sebagai sampel, digunakan aplikasi *sampling tool* pada data analysis di Microsoft excel. Metode sampling yang digunakan pada data analysis adalah dengan menggunakan metode sampling random, yang ditunjukkan pada gambar B.1 berikut:



Gambar B.1. *Sampling tool* pada data analysis

Sebagai hasil dari data yang ditentukan sebagai sampel ditunjukkan pada gambar B.2 untuk data sampel umur pakai ban baru dan B.3 untuk data sampel umur pakai ban vulkanisir.



Gambar B.2. Data sampel umur pakai ban baru

Data sampel ban vulkanisir - 35 data

2608	2031	
2248	2553	2973
3139	2234	2897
2429	2002	3363
3363	2973	3363
2002	1198	1198
2877	2002	804
2273	3304	2093
2252	2723	2150
2641	2553	2031
2796	2641	2465
2796	2002	2031

Gambar B.3. Data sampe umur pakai ban vulkanisir

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN C

### UJI NORMALITAS DATA SAMPEL

Data sampel yang telah ditentukan sebanyak 35 buah data perlu dilakukan uji normalitas untuk memastikan bahwa data sampel yang diambil memiliki pola distribusi normal. Uji normalitas tidak hanya dilakukan pada data umur pakai ban baru, tetapi juga pada data umur pakai ban vulkanisir. Pada uji normalitas ini, metode yang digunakan adalah metode Anderson Darling yang sudah terintegrasi di dalam aplikasi program MINITAB.

Sebagai acuan dasar pembandingan antara nilai kritis untuk uji *Anderson-Darling* dan hasil perhitungan, maka digunakan tabel nilai kritis uji *Anderson-Darling* berikut :

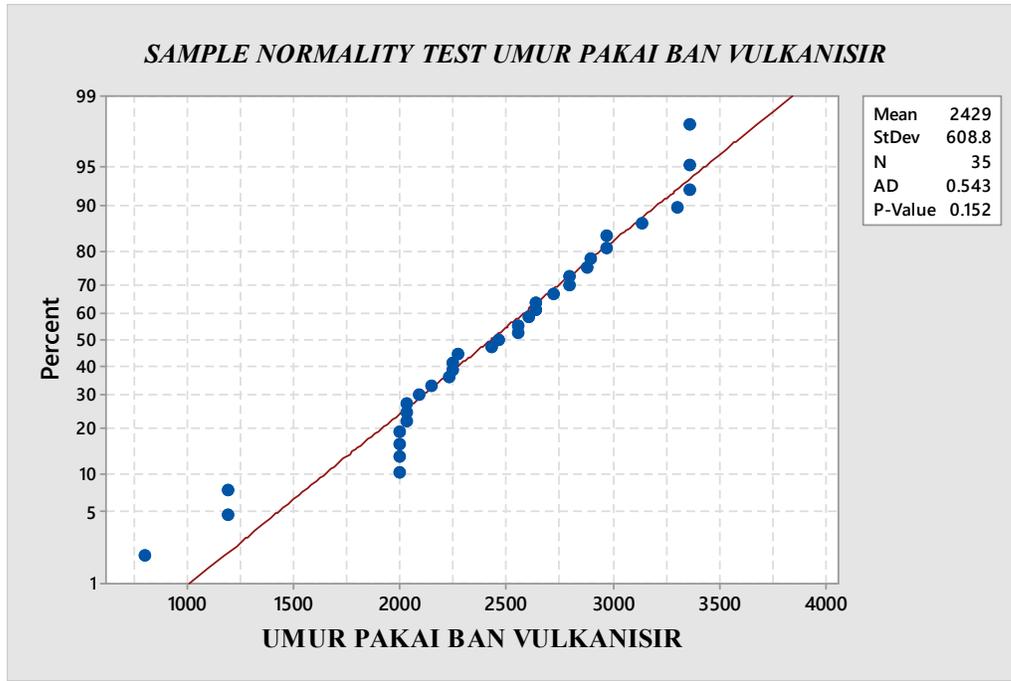
Tabel C.1. Nilai kritis uji *Anderson-Darling*

Nilai $\alpha$	Nilai Kritis
10%	0,656
5 %	0,787
2.5%	0,918
1 %	1,092

Salah satu keunggulan dari uji Anderson-Darling ini yaitu nilai kritis yang diperoleh disesuaikan dengan distribusi yang akan diuji. Metode ini digunakan pada jumlah data yang kecil kurang dari 50 data, sehingga tepat digunakan untuk jumlah sampel data 35 buah data.

Hasil dari pengujian yang dilakukan dengan membuat grafik *probability plot* digambarkan pada gambar C.1. untuk umur pakai ban vulkanisir. Nilai mean untuk sampel umur pakai ban vulkanisir adalah 2,429 jam dengan standar deviasi 608,8 jam. Dari 35 data sampel yang dituangkan ke dalam grafik, nilai hasil plot AD bernilai 0,543 dimana nilai tersebut lebih kecil dari nilai kritis yang menunjukkan bahwa data sudah memiliki pola distribusi normal, serta nilai p-value 0,152 yang lebih besar dari nilai  $\alpha$ . Nilai p-value yang lebih besar dari nilai  $\alpha$  tersebut menggambarkan bahwa hipotesis nol yang menyatakan data terdistribusi normal dapat diterima. Dari dua nilai tersebut

menggambarkan bahwa data sampel umur pakai ban vulkanisir memiliki pola distribusi normal.



Gambar C.1. Uji normalitas data sampel ban vulkanisir

## LAMPIRAN D

### UJI HIPOTESIS UMUR PAKAI BAN

Tahapan pertama dalam melakukan uji hipotesis adalah dengan menentukan formulasi pernyataan hipotesa awal. Hasil dari formulasi pernyataan awal ini, dapat ditentukan *bell shaped curve* untuk area penolakan dan area penerimaan nilai kritis dalam uji statistik. Uji hipotesa dilakukan atas dua tipe ban baik umur pakai ban baru maupun umur pakai ban vulkanisir.

Tipe uji yang digunakan untuk uji hipotesa ini adalah tipe *lower tail test*. Formula dasar yang digunakan untuk menentukan nilai kritis uji statistik dengan kondisi standar deviasi diketahui dan jumlah sampel data yang tidak besar, maka digunakan formula berikut :

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Dimana;

Z = nilai kritis uji statistik

X = nilai rata-rata sampel

$\mu$  = nilai rata-rata populasi berdasarkan *claim*

$\sigma$  = standar deviasi rata-rata sampel

n = jumlah sampel

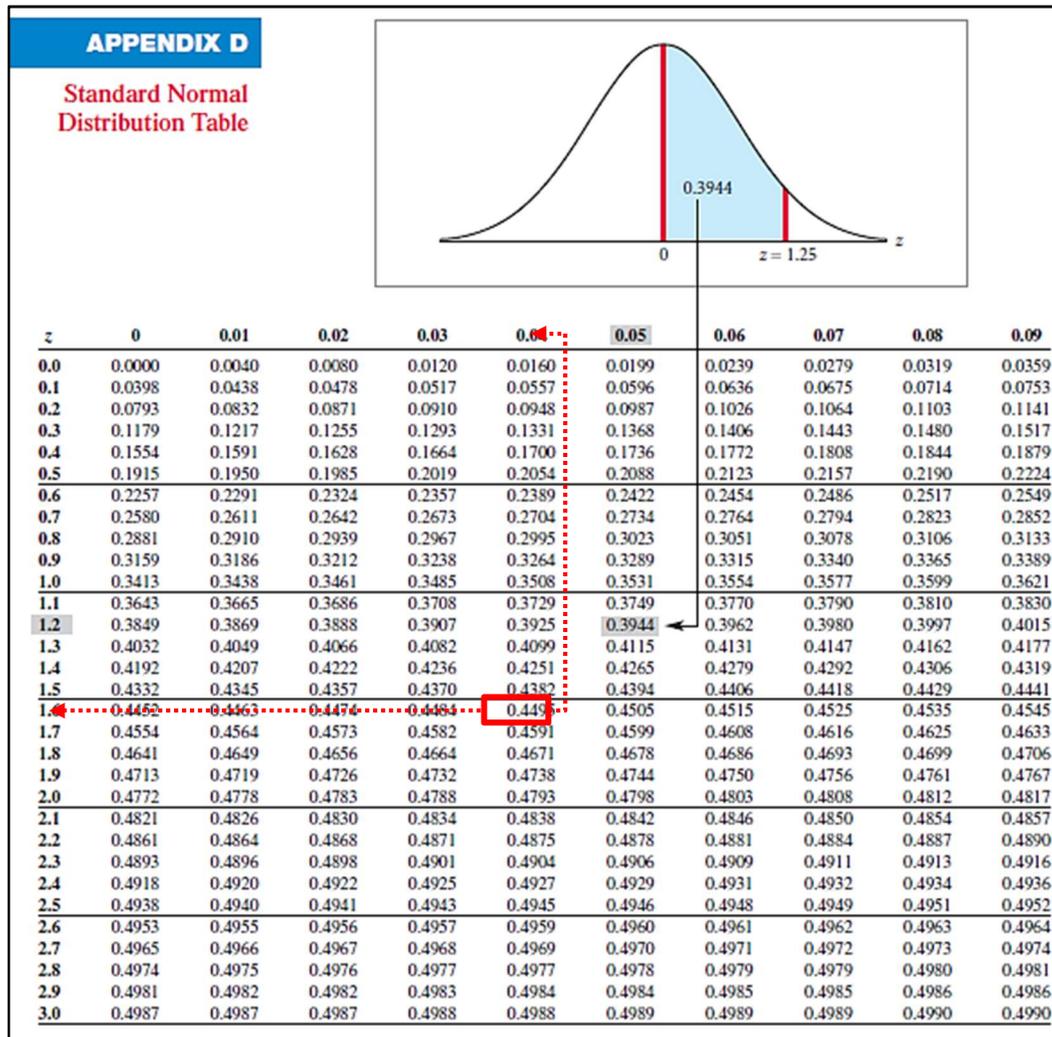
Nilai kritis hasil statistik uji yang didapatkan dari perhitungan dengan formula matematis diatas, kemudian dibandingkan dengan nilai kritis acuan yang diambil dari nilai confidence interval dengan nilai  $\alpha$  5% yang diambil dari tabel standar normal distribusi. Perhitungan nilai kritis uji statistik untuk umur pakai ban baru adalah sebagai berikut :

$$Z_{5500} = \frac{X_n - \mu_n}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{5,468 - 5,500}{\frac{929,4}{\sqrt{35}}} = -0,20$$

Dimana;

$Z_{5500}$  = Nilai kritis hasil uji statistik untuk umur pakai ban baru 5,500 jam

Sebagai acuan standar nilai kritis sebagai batasan area penerimaan dengan area penolakan, maka nilai kritis untuk acuan dengan  $\alpha = 5\%$  dapat diambil dari tabel normal distribusi yang ada pada gambar D.1. berikut:



Gambar D.1. Tabel distribusi normal

Tabel normal distribusi diatas menunjukkan bahwa nilai kritis acuan untuk nilai  $\alpha = 5\%$  adalah 1,64. Maka rentang area penerimaan adalah berada diantara  $-1,64$  hingga  $1,64$  apabila digambarkan dalam *bell shape curve*. Nilai kritis hasil uji statistik menunjukkan untuk umur pakai ban baru adalah  $-0,20$ , yang berarti berada di dalam area penerimaan hipotesa nol. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa claim pernyataan bahwa umur pakai rata-rata untuk ban baru adalah diatas  $5,500$  jam dapat diterima.

Nilai ini yang kemudian digunakan sebagai kendala dalam pembuatan model *goal programming*.

Kajian yang dilakukan berikutnya adalah uji hipotesa untuk pernyataan umur pakai ban vulkanisir lebih dari 2,600 jam. Pernyataan untuk umur pakai ban vulkanisir ini, digunakan sebagai hipotesis nol  $H_0 : \mu \geq 2,600$  jam, dengan hipotesis alternatif yang dapat digunakan adalah  $H_A : \mu < 2,600$  jam. Sama seperti penentuan nilai kritis  $Z_\alpha$  pada ban baru, dengan tingkat signifikansi  $\alpha = 5\%$ , maka nilai  $Z_\alpha$  yang dimiliki antara ban baru dan ban vulkanisir sama yaitu  $\pm 1,64$ . Perhitungan matematis untuk menentukan nilai kritis statistik uji untuk umur pakai ban vulkanisir adalah sebagai berikut :

$$Z_{2600} = \frac{X_n - \mu_n}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{2,429 - 2,600}{\frac{608,8}{\sqrt{35}}} = -1,66$$

Dimana:

$Z_{2600}$  = nilai kritis hasil uji statistik untuk umur pakai ban vulkanisir 2,600 jam

Nilai  $Z_\alpha$  tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai kritis  $Z$  hasil perhitungan statistik uji. Nilai statistik uji hasil dari perhitungan untuk nilai  $Z_{2600}$  adalah  $- 1,66$ . Detail area penolakan dan penerimaan dari besaran nilai kritis dapat dilihat pada gambar D.2.

Nilai statistik uji yang dihasilkan lebih kecil dari nilai kritis  $Z_\alpha$  dan berada di dalam area penolakan hipotesis nol. Hal ini berarti terdapat cukup bukti untuk menjamin penolakan terhadap klaim pernyataan bahwa rata-rata umur pakai ban vulkanisir adalah 2,600 jam, sehingga yang berlaku adalah hipotesis alternatif dimana umur pakai rata-rata ban vulkanisir adalah kurang dari 2,600 jam. Dampak dari uji hipotesa yang berada di area penolakan ini adalah fungsi kendala pada nilai umur pakai ban vulkanisir dalam permodelan *goal programming* yang akan digunakan harus memiliki nilai dibawah 2,600 jam.

Apabila dalam permodelan digunakan pernyataan bahwa nilai untuk umur pakai rata-rata ban vulkanisir adalah 2,500 jam, maka apabila dimasukkan ke dalam formulasi statistik uji, didapatkan nilai  $Z_{2500}$  dari statistic uji adalah  $- 0,69$ . Nilai ini berada di

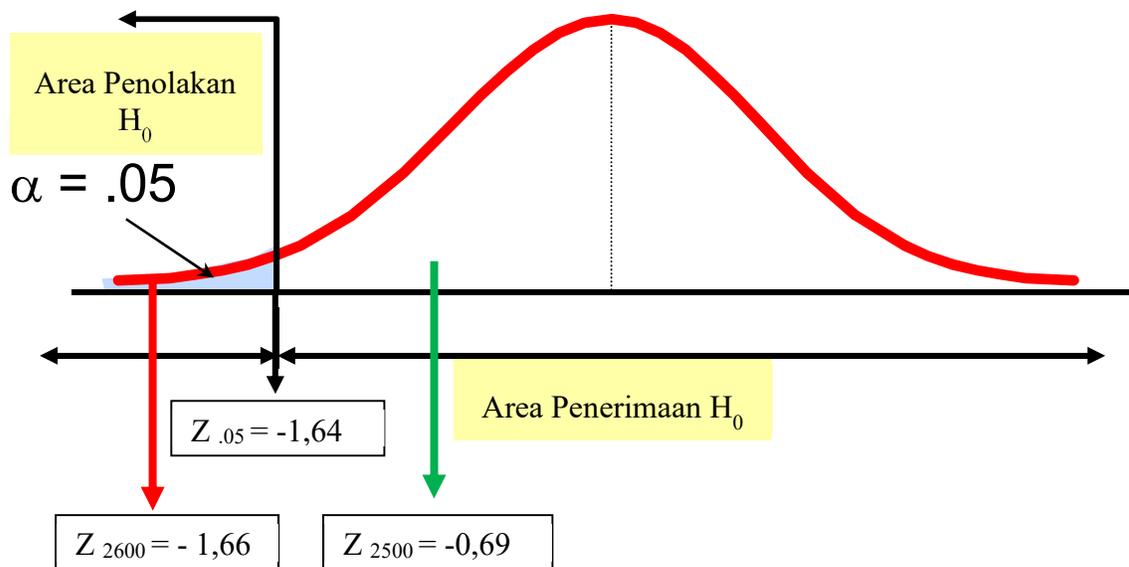
dalam area penerimaan hipotesis nol. Berikut perhitungan matematis untuk nilai uji statistik dengan umur pakai rata-rata ban vulkanisir 2,500 jam:

$$Z_{2500} = \frac{X_n - \mu_n}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{2,429 - 2,500}{\frac{608,8}{\sqrt{35}}} = -0,69$$

Dimana;

$Z_{2500}$  = nilai kritis hasil uji statistik untuk umur pakai ban vulkanisir 2,500 jam

Dengan demikian, nilai pernyataan bahwa umur pakai rata-rata ban vulkanisir adalah 2,500 jam dapat digunakan sebagai kendala dalam permodelan goal programming untuk mendapatkan biaya perawatan ban ukuran 27.00 R49 yang optimum. Gambar D.2 menunjukkan bell shaped curve untuk area penolakan dan penerimaan hipotesis nol umur pakai ban vulkanisir. Untuk kurva bell shaped hipotesis nol umur pakai ban baru terdapat pada bagian pembahasan di bab 4 dalam penulisan studi ini.



Gambar D.2. Kurva *bell shape* uji hipotesa ban vulkanisir

## LAMPIRAN E

### PERHITUNGAN NILAI KOEFISIEN DAN NILAI RHS

Pembentukan sebuah model optimasi goal programming diperlukan koefisien permodelan yang digunakan sebagai parameter perubah dalam fungsi tujuan, serta nilai sisi kanan yang digunakan sebagai sasaran dari pencapaian fungsi tujuan. Nilai koefisien dalam permodelan goal programming yang dilakukan dalam penulisan studi ini terdiri atas berikut :

#### 1. Koefisien dalam pemenuhan *running hours*

Dalam *running hours* yang harus dipenuhi koefisien yang digunakan merupakan faktor dari jumlah populasi unit truk yang menggunakan ban ukuran 27.00 R49 dan jumlah persentase alokasi tipe ban yang direncanakan untuk digunakan truk tersebut. Pembagian alokasi tipe ban yang akan digunakan dalam suatu populasi truck adalah sebagai berikut 80% ban baru, 15 % ban vulkanisir dan 5% ban sewa. Formula yang digunakan dalam menentukan konstanta persamaan fungsi tujuan dan fungsi kendala dalam pemenuhan *running hours* adalah

$$Q_i = 6 \times p_i \times F_t$$

Dimana;

$Q_i$  = Koefisien untuk tipe ban  $i$  dalam pemenuhan *running hours*

$p_i$  = Alokasi persentase penggunaan ban tipe  $i$

$F_t$  = Banyaknya populasi unit, dalam perhitungan ini jumlah unit truck yang dimasukkan ke dalam permodelan adalah 108 unit.

Maka koefisien hasil perhitungan dari masing-masing tipe ban adalah sebagai berikut :

a. Koefisien untuk variable  $X_1$  adalah

$$Q_1 = 6 \times p_1 \times F_t = 6 \times 80\% \times 108 = 522$$

b. Koefisien untuk variabel  $X_2$  adalah

$$Q_2 = 6 \times p_2 \times F_t = 6 \times 15\% \times 108 = 102$$

c. Koefisien untuk variabel  $X_3$  adalah

$$Q_3 = 6 \times p_3 \times F_t = 6 \times 5\% \times 108 = 36$$

## 2. Koefisien dalam pemenuhan anggaran biaya

Koefisien dalam pemenuhan anggaran biaya yang digunakan dalam permodelan optimasi ini adalah merupakan faktor dari target biaya per jam yang akan dicapai dan koefisien dalam pemenuhan *running hours*. Perhitungan dan formula matematis untuk koefisien pemenuhan anggaran biaya adalah sebagai berikut :

$$K_i = CPH \times Q_i$$

Dimana;

$K_i$  = Koefisien untuk ban tipe  $i$  dalam pemenuhan anggaran biaya

$CPH$  = Biaya per jam yang menjadi target pencapaian anggaran, yaitu \$ 1,58.

$Q_i$  = Koefisien untuk tipe ban  $i$  dalam pemenuhan running hours

Maka koefisien pemenuhan anggaran biaya hasil perhitungan dari masing-masing tipe ban adalah sebagai berikut :

a. Koefisien untuk variable  $X_1$  adalah

$$K_1 = 1,58 \times Q_1 = 1,58 \times 522 = 824$$

b. Koefisien untuk variabel  $X_2$  adalah

$$K_2 = 1,58 \times Q_2 = 1,58 \times 102 = 161$$

c. Koefisien untuk variabel  $X_3$  adalah

$$K_3 = 1,58 \times Q_3 = 6 \times 5\% \times 108 = 36$$

## 3. Koefisien dalam membatasi *down time* karena kerusakan ban

Kontribusi *down time* dalam kerusakan ban terdiri atas lama pekerjaan penggantian ban dan persentase alokasi *down time* untuk masing-masing tipe ban. Apabila dijabarkan lebih dalam, dalam 2% *down time* yang diijinkan dari total target operating hours, terdiri atas 20% *down time* karena ban baru, 50% karena ban vulkanisir dan 30% karena ban sewa. Lama waktu pengerjaan penggantian ban, baik untuk ban baru, ban

vulkanisir dan ban sewa adalah sama yaitu 6 jam. Formula matematis untuk menentukan koefisien dalam membatasi *down time* adalah sebagai berikut:

$$U_i = 6 \times G_i \times \rho_i$$

Dimana;

$U_i$  = Koefisien *down time* untuk tipe ban  $i$

$G_i$  = Jumlah ban tipe  $i$  yang diganti dalam setiap kali *down time* yang dihitung

$\rho_i$  = Persentasi alokasi *down time* yang diijinkan untuk tipe ban  $i$

Maka koefisien *down time* hasil perhitungan dari masing-masing tipe ban adalah sebagai berikut :

a. Koefisien untuk variable  $X_1$  adalah

$$U_1 = 6 \times G_1 \times \rho_1 = 6 \times 2 \times 20\% = 2,4$$

b. Koefisien untuk variabel  $X_2$  adalah

$$U_2 = 6 \times G_2 \times \rho_2 = 6 \times 5 \times 50\% = 15$$

c. Koefisien untuk variabel  $X_3$  adalah

$$U_3 = 6 \times G_3 \times \rho_3 = 6 \times 3 \times 30\% = 5,4$$

Perhitungan untuk nilai sisi kanan juga dilakukan untuk menentukan sasaran tujuan dalam setiap fungsi kendala yang ada. Perhitungan nilai sisi kanan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

### 1. Nilai sisi kanan target operating hours

Formula yang digunakan dalam perhitungan nilai sisi kanan operating hours adalah  $TR = R_a \times 6$ .

Dimana;

TR = Target *operating hours*

$R_a$  = Total jam operasi unit truk dalam satu tahun, yaitu 569,813.14

Hasil perhitungan nilai sisi kanan dari formula diatas adalah :

$$TR = R_a \times 6 = 569,813.14 \times 6 = 3,418,878.87 \text{ jam}$$

## 2. Nilai sisi kanan dalam pemenuhan anggaran biaya

Formula yang digunakan dalam perhitungan nilai sisi kanan pemenuhan anggaran biaya adalah  $TB = B \times TR$ .

Dimana;

TB = Target anggaran biaya

B = Konstanta besaran nilai biaya per jam yaitu \$ 1,58 per jam

TR = Target *operating hours*

Hasil perhitungan dari formula matematis untuk anggaran biaya adalah

$$TB = B \times TR = \$1,58 \times 3,418,878.87 = \$ 5,400,000$$

## 3. Nilai sisi kanan dalam pembatasan *down time*

Dalam pembatasan *down time* akibat kerusakan ban, maka formula yang digunakan adalah  $TD = 2\% \times TR$ .

Dimana;

TD = Nilai total *down time* yang diijinkan

Maka hasil perhitungan untuk nilai sisi kanan pembatasan *down time* adalah

$$TD = 2\% \times TR = 2\% \times 3,418,878.87 = 68,377.58 \text{ jam}$$

Hasil perhitungan dari masing-masing koefisien dan nilai sisi kanan yang telah dilakukan baru kemudian dapat digunakan dalam permodelan optimasi goal programming. Rangkuman dari setiap koefisien dan nilai sisi kanan yang akan digunakan dalam permodelan dapat dilihat pada Tabel D.1. berikut :

Tabel D.1. Rangkuman nilai koefisien dan nilai sisi kanan

Deskripsi	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Nilai sisi kanan
Koefisien target operating hours	522	102	36	3,418,878.87 jam
Koefisien anggaran biaya	824	161	57	\$ 5,400,000
Koefisien batasan <i>down time</i>	2,4	15	5,4	68,377.58 jam

## LAMPIRAN F

### KALKULASI MODEL DENGAN LINDO

Dalam melakukan perhitungan optimasi menggunakan goal programming, aplikasi perangkat lunak yang digunakan adalah LINDO. Perhitungan model optimasi menggunakan LINDO dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu :

1. **Tahap 1:** Menjalankan goal programming untuk pencapaian tujuan tercapainya target jam operasi truk sebagai prioritas tujuan pertama. Formulasi fungsi tujuan dan fungsi kendala aplikasi LINDO yang dijalankan adalah berikut :

$$\text{MAX } 522X_1 + 102X_2 + 36X_3$$

SUBJECT TO

1)  $522 X_1 + 102 X_2 + 36 X_3 = 3,418,878.8$

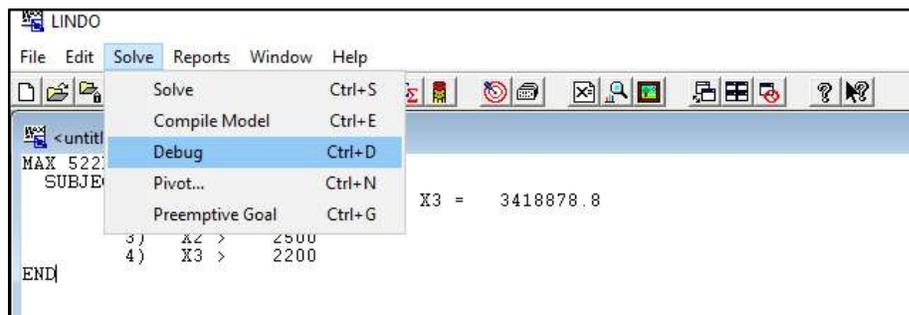
2)  $X_1 > 5,500$

3)  $X_2 > 2,500$

4)  $X_3 > 2,200$

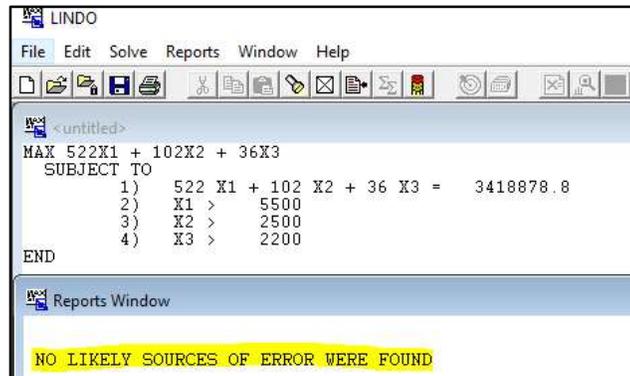
END

Untuk menguji apakah model yang dimasukkan ke dalam LINDO memiliki *feasible solution*, maka dilakukan pengujian error dari persamaan yang dimasukkan dengan memilih menu DEBUG. Menu DEBUG digunakan untuk menemukan model tanpa feasible solution dan membantu identifikasi fungsi kendala yang penting.



Gambar F.1. Menu DEBUG di LINDO

Hasil dari pengujian error terhadap persamaan yang dimasukkan ke dalam model LINDO adalah tidak ada error yang ditemukan, berikut:



Gambar F.2. Tidak ada error pada pengujian goal I.

Nilai yang dihasilkan dari perhitungan goal prioritas I adalah:

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP      3

      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
    1)      3418879.

      VARIABLE            VALUE            REDUCED COST
      X1            5909.346191            0.000000
      X2            2500.000000            0.000000
      X3            2200.000000            0.000000

      ROW    SLACK OR SURPLUS    DUAL PRICES
    1)            0.000000            1.000000
    2)            409.346252            0.000000
    3)            0.000000            0.000000
    4)            0.000000            0.000000

NO. ITERATIONS=          3

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

      VARIABLE            CURRENT            OBJ COEFFICIENT RANGES
      CURRENT            COEF            ALLOWABLE            ALLOWABLE
      COEF            INCREASE            DECREASE
      X1            522.000000            INFINITY            0.000000
      X2            102.000000            0.000000            INFINITY
      X3            36.000000            0.000000            INFINITY

      ROW            CURRENT            RIGHTHAND SIDE RANGES
      CURRENT            RHS            ALLOWABLE            ALLOWABLE
      RHS            INCREASE            DECREASE
    1)  3418878.750000            INFINITY            213678.750000
    2)  5500.000000            409.346252            INFINITY
    3)  2500.000000            2094.889648            2500.000000
    4)  2200.000000            5935.520508            2200.000000
  
```

2. **Tahap 2:** Nilai variabel keputusan  $X_i$  menggunakan nilai hasil perhitungan yang sudah tercapai di tahap pertama. Fungsi tujuan yang ditambahkan dalam running aplikasi LINDO adalah fungsi tujuan kedua. Persamaan fungsi tujuan dan kendala yang dimasukan sebagai berikut :

$$\text{MIN } 824 X_1 + 161 X_2 + 57 X_3$$

SUBJECT TO :

$$1) \quad 824 X_1 + 161 X_2 + 57 X_3 \leq 5,400,000$$

$$2) \quad X_1 > 5,909$$

$$3) \quad X_2 > 2,500$$

$$4) \quad X_3 > 2,200$$

$$5) \quad 522 X_1 + 102 X_2 + 36 X_3 = 3,418,878.8$$

END

Hasil dari perhitungan fungsi tujuan adalah sebagai berikut:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP				1
OBJECTIVE FUNCTION VALUE				
1)	5397202.			
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST		
X1	5909.000000	0.000000		
X2	2501.771973	0.000000		
X3	2200.000000	0.000000		
ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES		
1)	2798.698486	0.000000		
2)	0.000000	-0.058824		
3)	1.772059	0.000000		
4)	0.000000	-0.176471		
5)	0.000000	-1.578431		
NO. ITERATIONS=				1
RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:				
VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES		
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE	
X1	824.000000	INFINITY	0.058824	
X2	161.000000	0.011494	INFINITY	
X3	57.000000	INFINITY	0.176471	
ROW	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE RANGES		
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE	
1	5400000.000000	INFINITY	2798.698486	
2	5909.000000	0.346264	5909.000000	
3	2500.000000	1.772059	INFINITY	
4	2200.000000	5.020833	2200.000000	
5	3418878.750000	1773.088501	180.750000	

3. **Tahap 3:** Hasil akhir dari perhitungan tahap tiga inilah yang digunakan sebagai acuan hasil. Formula matematis yang dimasukkan ke dalam model LINDO adalah sebagai berikut :

$$\text{MIN } 2.4 X1 + 15 X2 + 5.4 X3$$

SUBJECT TO

$$1) \quad 824 X1 + 161 X2 + 57 X3 \leq 5,400,000$$

$$2) \quad X1 > 5,909$$

$$3) \quad X2 > 2,501$$

$$4) \quad X3 > 2,200$$

$$5) \quad 522 X1 + 102 X2 + 36 X3 = 3,418,878.8$$

$$6) \quad 2.4 X1 + 15 X2 + 5.4 X3 \leq 68,377$$

END

Hasil dari perhitungan fungsi tujuan ketiga adalah berikut :

```

NO LIKELY SOURCES OF ERROR WERE FOUND
LP OPTIMUM FOUND AT STEP      3

      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
    1)      63576.96

      VARIABLE            VALUE            REDUCED COST
      X1      5909.150879            0.000000
      X2      2501.000000            0.000000
      X3      2200.000000            0.000000

      ROW  SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
    1)           2798.689697            0.000000
    2)              0.150862            0.000000
    3)              0.000000           -14.531034
    4)              0.000000           -5.234483
    5)              0.000000           -0.004598
    6)      4800.038086            0.000000

NO. ITERATIONS=          3

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

      VARIABLE            CURRENT      OBJ COEFFICIENT RANGES
      X1      2.400000      ALLOWABLE
      X2      15.000000      INCREASE      ALLOWABLE
      X3      5.400000      INFINITY      DECREASE
                                INFINITY      INFINITY
                                INFINITY      14.531034
                                INFINITY      5.234483

      ROW            CURRENT      RIGHTHAND SIDE RANGES
      X1      5400000.000000      ALLOWABLE
      X2      5909.000000      INCREASE      ALLOWABLE
      X3      2501.000000      INFINITY      DECREASE
      X4      2200.000000      0.772059      INFINITY
      X5      3418878.750000      2.187500      2501.000000
      X6      68377.000000      2200.000000      2200.000000
                                1772.956421      78.750000
                                INFINITY      4800.038086

```

## BIOGRAFI PENULIS

---

### **Dwinda Suryo Wibowo**

Perum. Graha Harmoni Blok I No.6, Banyumanik, Kota Semarang 50267

Mobile : +62 812 274 3954 e-mail: dsuryowibowo@gmail.com

Tempat& Tanggal Lahir : Lhokseumawe, 24 Juni 1986

Status : Menikah

Bahasa : Bahasa Indonesia (native)  
English (fluent)

*Research Interest* : Optimization

Big data analytics

*Computer Skill* : Autodesk Inventor

Minitab

LINDO

AUTOCAD

Solid Work

Microsoft Office™ tools (Word™, Excel™,  
PowerPoint™, Project™, Visio™)



### **Pendidikan**

---

Aug. 2018 – Sept. 2020 **Master Degree of Industrial and System Engineering**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya-Indonesia**  
GPA 3.58 of 4.00  
Judul Tesis: Optimasi Biaya Penggantian pada Ban Alat Berat  
Pertambangan dengan Metode *Goal Programming* di PT.  
Vale Indonesia.  
Dosen Pembimbing: **Prof. Dr. Ir. Budi Santosa M.Sc, Ph.D.**

Aug. 2004 – Nov. 2008 **Bachelor Degree of Mechanical Engineering**  
**Gajah Mada University (UGM), Yogyakarta - Indonesia**  
GPA 3.12 of 4.00  
Judul Skripsi: Perancangan Teleskopik Hidrolik Elevator Kapasitas  
20 Orang untuk Gedung 3 Lantai  
Dosen Pembimbing: **Ir. Sunardjo, MT.**

## Pengalaman Kerja

---

- June. 2015 – presents    **Maintenance Engineer**  
**PT. Vale Indonesia, Tbk.**  
Area Kerja: *Mobile Equipment Maintenance*  
Bidang Kerja: *Project Management, Plant Operation and Maintenance Improvement, Contract Management, Reliability Equipment, Maintenance Management, Asset Management*
- April. 2013 – Nov.2014    **Mechanical Engineering Supervisor**  
**PT. Intecs Teknikatama Industri**  
Area Kerja: *Engineering Project Development*  
Bidang Kerja: *Project Management, Engineering Design, Continuous Improvement, Technical Support, Engineering Product Development*
- April. 2010 – April 2013    **Plant Engineer**  
**PT. Thiess Indonesia**  
Area Kerja: *Plant Mobile Equipment*  
Bidang Kerja: *Reliability Equipment, Asset Management, Mobile Equipment Continues Improvement, Maintenance Planning and Scheduling*
- Nov. 2008 – April 2010    **Production Staff**  
**PT. Asian Pulp and Paper**  
Area Kerja: *Paper Production Plant*  
Bidang Kerja: *Development Program, Paper Machine Operation Strategy, Operating Cost Optimization, Continuous Improvement*

## Konferensi

---

- July 2020                    “Maintenance Cost Optimization on Heavy Equipment Tires by Goal Programming Method at Nickel Mine Operation”.  
**International Conference on Industrial and System Engineering (IConISE) 2020, Surabaya.**

## Referensi

---

**Prof. Dr. Ir. Budi Santosa M.Sc, Ph.D.**

Teknik Sistem dan Industri, Department Sistem dan Teknologi Industri - ITS

Bsantosa@gmail.com