



TESIS - TI142307

**PENGEMBANGAN MODEL PERSEDIAAN *SPARE PART*
TERINTEGRASI PADA RANTAI PASOK DI SEBUAH
INDUSTRI PERTAMBANGAN**

MOHAMMAD CIPTO SUGIONO
02411750033001

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D
Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN LOGISTIK DAN SUPPLY CHAIN
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



THESIS - TI 142307

**DEVELOPMENT OF INTEGRATED SPARE PART
INVENTORY MODEL ON SUPPLY CHAIN IN A MINING
INDUSTRY**

MOHAMMAD CIPTO SUGIONO
02411750033001

SUPERVISOR
Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D
Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D

MAGISTER PROGRAM
LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT CONCENTRATION
DEPARTEMEN OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

**PENGEMBANGAN MODEL PERSEDIAAN SPARE PART
TERINTEGRASI PADA RANTAI PASOK DI SEBUAH INDUSTRI
PERTAMBANGAN**

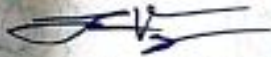
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :


MOHAMMAD CIPTO SUGIONO
NRP. 02411750033001

Tanggal Ujian : 26 November 2018
Periode Wisuda : Maret 2019


Disetujui oleh:


1. **Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D**
NIP: 19710927 199903 1001

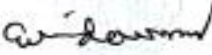
(Pembimbing)


2. **Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D**
NIP: 19840705 200912 2007

(Co-Pembimbing)


3. **Prof. Dr. Ir. Suparno, MSIE**
NIP: 19480710 197603 1003

(Penguji 1)


4. **Erwin Widodo, S.T., M.Eng., Dr.Eng**
NIP: 19740517 199903 1002

(Penguji 2)



Dekan Fakultas Teknologi Industri,


Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, S.T., M.T.
NIP: 19690507 199512 1001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohammad Cipto Sugiono

NRP : 02411750033001

Program Studi : Magister Teknik Industri – ITS

Menyatakan bahwa tesis dengan judul:

**“PENGEMBANGAN MODEL PERSEDIAAN *SPARE PART*
TERINTEGRASI PADA RANTAI PASOK DI SEBUAH
INDUSTRI PERTAMBANGAN”**

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan- bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Seluruh referensi yang dikutip dan dirujuk telah saya tulis secara lengkap di daftar pustaka. Apabila dikemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, Desember 2018
Yang membuat pernyataan,

Mohammad Cipto Sugiono
02411750033001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan rezekiNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tesis yang berjudul “Pengembangan Model Persediaan *Spare Part* Terintegrasi Pada Rantai Pasok Di Sebuah Industri Pertambangan” dengan baik dan tepat waktu. Tak lupa juga shalawat serta salam tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah menyampaikan petunjuk kepada umatnya.

Laporan tesis ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi Strata 2 (S2) di Jurusan Teknik Industri. Selama pelaksanaan dan penyusunan tesis ini, penulis telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, kelancaran dan keyakinan kepada penulis, bahwa penulis mampu menyelesaikan Tesis ini;
2. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak. H. Adimun, S.Pd dan Ibu Hj. Sudiarti, S.Pd kakak penulis yaitu Fepri Adiriyanto, ST, Nurul Setiawati, S.Hum serta adikku Arisqu Nurul Huda , yang senantiasa mendoakan dan memotivasi penulis;
3. Bapak Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D dan Ibu Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing dan Co Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama penulis menyelesaikan Tesis ini;
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Suparno,. MSIE dan Dr.Eng Erwin Widodo, S.T., M.Eng selaku tim dosen penguji yang telah memberikan masukan-masukan untuk perbaikan tesis ini.
5. Teman – teman Pasca Sarjana Teknik Industri Periode Genap 2017/2018 yang telah memberikan bantuan dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan Tesis ini.

6. Teman – teman residensi program magister, doktoral Teknik Industri ITS, program sarjana Teknik Industri ITS yang memberikan masukan dan memotivasi.
7. Oktaviani Hendrikawati, S.Pd, terimakasih atas dukungan, motivasi, serta doa yang diberikan.
8. Sahabat dan teman seperjuangan Della Hassiba Dayanara, Ari Pranata Purba, Nuskha Ilma A, Kadex Widhy W K dan Niken Trinsnawati

Dalam penulisan Tesis ini, penulis merasa masih banyak kekurangan pada teknis penulisan dan materi laporan. Untuk itu, kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan demi penyempurnaan pembuatan Tesis ini. Penulis berharap semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi objek amatan dan rekan – rekan di Teknik Industri ITS pada khususnya.

Surabaya, Desember 2018

Penulis

PENGEMBANGAN MODEL PERSEDIAAN SPARE PART TERINTEGRASI PADA RANTAI PASOK DI SEBUAH INDUSTRI PERTAMBANGAN

Nama Mahasiswa : Mohammad Cipto Sugiono
NRP : 02411750033001
Pembimbing : Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D.
Co Pembimbing : Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Pengelolaan persediaan pada lini *retail mining* merupakan salah satu aspek yang penting untuk diperhatikan agar perusahaan *retail mining* dapat memenuhi kebutuhan konsumen dengan tetap dapat meminimalkan biaya. Permasalahan yang dihadapi perusahaan *retail mining*, salah satunya pada *retail mining* di Pertambangan adalah penentuan kebutuhan *spare part* dari tiap *retail mining* dan gudang pusat distribusi yang masih dilakukan berdasarkan *expert judgement* sehingga dapat meningkatkan risiko terjadinya *overstock* atau *shortage*. Selain itu, penentuan kebutuhan *spare part* pada tiap *retail mining* masih dikelola secara independen sehingga dapat mengakibatkan terjadinya distorsi permintaan dan berdampak pada tingginya biaya persediaan. Penelitian ini mengajukan pengembangan model *Vendor Managed Inventory (VMI)* dengan kasus *single vendor, single warehouse, multi retail mining, dan multi-product* untuk mendukung pengelolaan persediaan pada perusahaan *retail mining* dengan metode *algoritma genetika*. Tujuan dari penelitian ini adalah meminimasi total biaya persediaan dan variabel keputusan yaitu menentukan *order quantity* masing-masing *retail mining* (q_{ij}), *reorder point* masing-masing *retail mining* (r_{ij}), frekuensi pengiriman ke masing-masing *retail mining* untuk setiap periode (n_{ij}) dan *order quantity* gudang pusat distribusi (Q_i). Pada pengembangan model menghasilkan biaya persediaan sebesar Rp 52.252.161,00. Nilai ini lebih rendah 17,77% dibandingkan dengan biaya persediaan eksisting.

Kata kunci: Manajemen Persediaan, *Spare part Management, Vendor Managed Inventory, Algoritma Genetika*

DEVELOPMENT OF INTEGRATED SPARE PART INVENTORY MODEL ON SUPPLY CHAIN IN A MINING INDUSTRY

Nama Mahasiswa : Mohammad Cipto Sugiono
NRP : 02411750033001
Pembimbing : Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D.
Co Pembimbing : Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

Inventory management at the retail mining line is one of the important aspects to be considered so that retail mining companies can meet consumer needs while still minimizing costs. The problems faced by retail mining companies, one of which is in mining, is the determination of spare part requirements from each retail mining and distribution center warehouse which is still carried out based on expert judgment so that it can increase the risk of overstock or shortage. In addition, the determination of spare part requirements for each retail mining is still managed independently so that it can lead to demand distortions and have an impact on high inventory costs. This study proposes the development of a Vendor Managed Inventory (VMI) model with cases of single vendors, single warehouses, multi retail mining, and multi-products to support inventory management in retail mining companies using the genetic algorithm method. The purpose of this study is to minimize the total inventory costs and decision variables, namely to determine the order quantity of each branch (q_{ij}), reorder points of each branch (r_{ij}), the frequency of delivery to each branch for each period (n_{ij}) and order distribution center warehouse quantity (Q_i). In the development of the model generate inventory costs of Rp 52,252,161.00. This value is lower by 17.77% compared to the existing inventory cost.

Keywords: Inventory Management, Spare Part Management, Vendor Managed Inventory, Genetic Algorithm

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Asumsi dan Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Definisi <i>Supply Chain Management</i>	9
2.1.1 Manajemen Persediaan.....	10
2.2 <i>Spare Part Management</i>	11
2.3 Dasar-dasar kontrol <i>spare part</i>	12
2.4 Karakteristik Permintaan <i>Spare Part</i> dan Klasifikasi	13
2.5 <i>Economy Order Quantity (EOQ)</i>	15
2.6 <i>Reorder Point</i>	16
2.7 <i>Safety Stock</i>	17
2.8 Mekanisme Pengendalian Persediaan Probabilistik.....	17
2.8.1 Sistem Persediaan <i>Continous Review</i>	18
2.8.2 Sistem Persediaan <i>Periodic review</i>	19
2.9 <i>Vendor Managed Inventory</i>	20
2.10 <i>Algoritma Genetika</i>	21
2.10.1 Kromosom.....	21
2.10.2 Fungsi Evaluasi	23

2.10.3 Elitisme	23
2.10.4 Seleksi	23
2.10.5 Pindah Silang.....	24
2.10.6 Mutasi.....	24
2.10.7 <i>Setting</i> Parameter.....	25
2.10 Model Matematis yang Relevan dengan Penelitian ini	26
2.11 Posisi Penelitian	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1 Tahap Identifikasi Masalah	42
3.2 Tahap Studi Literatur dan Studi Lapangan	42
3.3 Tahap Pengembangan Model	42
3.4 Tahap Pengumpulan Data.....	43
3.5 Tahap Pengolahan Data.....	43
3.5.1 Pengklasifikasian <i>Spare Part</i>	43
3.5.2 Pengolahan Data.....	43
3.5.3 Verifikasi dan Validasi	44
3.6 Analisa dan Interpretasi.....	44
3.7 Kesimpulan dan Saran.....	44
BAB IV PENGEMBANGAN MODEL	45
4.1 Parameter Model dan Variabel Keputusan	45
4.2 Pengembangan Model Matematis.....	47
4.2.1 Biaya Pesan	48
4.2.2 Biaya Simpan	49
4.2.3 Biaya Kekurangan Persediaan	51
4.2.4 Biaya Transportasi.....	52
4.2.5 Kendala	52
4.3 Penyelesaian dengan Metode Eksak	55
4.4 <i>Genetic Algorithm</i> (GA).....	55
4.4.1 Kromosom.....	55
4.4.2 Fungsi Evaluasi	56
4.4.3 Elitisme	57
4.4.4 Seleksi	57
4.4.5 Pindah Silang.....	57

4.4.6 Mutasi	57
4.4.7 <i>Setting</i> Parameter.....	58
4.5 Verifikasi dan Validasi.....	58
BAB V PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	59
5.1 Pengumpulan Data	59
5.1.1 Data <i>Preventive Maintenance</i>	59
5.1.2 Data Harga <i>Spare Part</i>	61
5.2 Pengolahan Data	61
5.2.1 Pengelompokan <i>Spare Part</i>	61
5.3 Perhitungan Biaya Persediaan	63
5.3.1 Biaya Persediaan	63
5.3.1.1 Biaya Pesan	63
5.3.1.2 Biaya Simpan	64
5.3.1.3 Biaya Transportasi.....	69
5.3.1.4 Biaya Kekurangan Persediaan	71
5.4 Verifikasi dan Validasi.....	72
BAB VI ANALISA DAN INTERPRETASI.....	72
6.1 Analisa Hasil.....	72
6.1.1 Analisa Hasil Biaya Persediaan	72
6.1.2 Analisa Hasil Persediaan Kondisi Eksisting	73
6.1.3 Analisa Hasil Perbandingan Total Biaya Eksisting dan Pengembangan Model	73
6.1.4 Analisa Total Biaya Persediaan	75
6.1.5 Analisa Perbandingan Biaya Simpan dan Biaya Kekurangan.....	76
6.1.6 Analisa Perbandingan Total Biaya Transportasi.....	76
6.1.7 Analisa Sensitivitas Model Optimasi.....	77
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	79
7.1 Kesimpulan	79
7.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh konsumsi <i>spare part</i> yang <i>intermittent</i>	13
Gambar 2.2 Pola dasar untuk karakteristik permintaan <i>spare part</i>	14
Gambar 2.3 Ilustrasi Representasi Penyelesaian Masalah Dalam Algoritma Genetika	23
Gambar 2.4 Diagram Alir Proses Kawin Silang.....	24
Gambar 2.5 Diagram Alir Proses Mutasi	25
Gambar 2.6 Skema Pengembangan Model.....	29
Gambar 2.7 Model Konseptual Supply Chain.....	30
Gambar 2.8 Pengembangan Model Supply Chain.....	31
Gambar 3.1 <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	42
Gambar 4.1 Pengembangan Model Matematis.....	49
Gambar 4.2 Hasil Pengolahan pada LINGO 11.0 Setelah diinterups	55
Gambar 6.1 Perbandingan Total Biaya Persediaan Eksisting dan Pengembangan Model	75
Gambar 6.2 Perbandingan Biaya Simpan dan Biaya Kekurangan Persediaan.....	76
Gambar 6.3 Perbandingan Total Biaya Transportasi Eksisting.....	77

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Posisi Penelitian.....	35
Tabel 5.1	Data <i>Spare Part</i> yang digunakan <i>Preventive Maitenance</i>	51
Tabel 5.2	Data Harga <i>Spare Part</i>	52
Tabel 5.3	Penilaian Berdasarkan Kriteria Harga <i>Spare part</i>	53
Tabel 5.4	Penilaian Berdasarkan Kriteria Dampak terhadap Produksi.....	53
Tabel 5.5	Penilaian Berdasarkan Kriteria <i>Maintainability</i>	54
Tabel 5.6	Bobot untuk masing-masing Kriteria Penilaian.....	54
Tabel 5.7	Klasifikasi <i>Spare Part</i>	54
Tabel 5.8	Biaya Per Bulan Per m ³ pada <i>Retail Mining 1</i> (Rp).....	65
Tabel 5.9	Biaya Per Bulan Produk Refill Kit	66
Tabel 5.10	Biaya <i>Deterioration</i> Per Bulan Produk Refill Kit	66
Tabel 5.11	Biaya Simpan Per Bulan dan Per Hari Produk Refill Kit.....	67
Tabel 5.12	Biaya Simpan Bulanan Sepuluh Produk (Rp)	68
Tabel 5.13	Informasi Kendaraan Pengiriman Produk ke Setiap <i>Retail Mining</i> .	64
Tabel 5.14	Biaya Perawatan Kendaraan <i>Retail Mining 1</i>	64
Tabel 5.15	Biaya Transportasi Pulang-Pergi (PP)	65
Tabel 5.16	Biaya Transportasi Pulang-Pergi (PP) Per Jenis Produk	65
Tabel 5.17	Biaya Kekurangan Persediaan	66
Tabel 5.18	Nilai Awal Parameter GA.....	66
Tabel 6.1	Hasil Biaya Persediaan Pengembangan Model	72
Tabel 6.2	Hasil Biaya Persediaan Eksisting	69
Tabel 6.3	Perbandingan Total Biaya Eksisting dengan Pengembangan Model	69
Tabel 6.4	Hasil Perhitungan Efek Perubahan Input terhadap Total Biaya Persediaan.....	74
Tabel 6.5	Selisih Perubahan Total Biaya Persediaan	74

DAFTAR NOTASI

$j = 1, 2, 3, \dots, k$	: Retail mining ke- j sampai ke- k
$i = 1, 2, 3, \dots, p$	: Produk ke- i sampai ke- p
q_{ij}	: Order quantity produk i pada retail mining j
n_{ij}	: Frekuensi pengiriman produk i dari gudang pusat distribusi ke retail mining j
r_{ij}	: Reorder point produk i pada retail mining j
Q_i	: Order quantity produk i pada gudang pusat distribusi
$d_{max_{ij}}$	: Permintaan maksimum produk i pada retail mining j
$d_{min_{ij}}$	: Permintaan minimum produk i pada retail mining j
d_{ij}	: Permintaan produk i pada retail mining j $((d_{max_{ij}} + d_{min_{ij}})/2)$
Ar_{ij}	: Biaya pesan produk i pada retail mining j
Av_i	: Biaya pesan produk i pada gudang pusat distribusi
I_{ij}	: Rata-rata persediaan produk i pada retail mining j
Iv_i	: Rata-rata persediaan produk i pada gudang pusat distribusi
SS_{ij}	: Safety stock produk i pada retail mining j
LT_{ij}	: Lead time pengiriman produk i dari gudang pusat distribusi ke retail mining j
h_{ij}	: Biaya simpan produk i pada retail mining j
H_i	: Biaya simpan produk i pada gudang pusat distribusi
$\widehat{\delta}_{ij}$	: Biaya kekurangan persediaan produk i pada retail mining j
At_{ij}	: Biaya transportasi produk i dari gudang pusat distribusi ke retail mining j
SL_{ij}	: Service level produk i pada retail mining j
f_i	: Volume produk i
Fr_j	: Volume retail mining j
F	: Volume gudang pusat distribusi
$TPRM$	: Total biaya pesan retail mining
TPG	: Total biaya pesan gudang pusat distribusi

TSRM : Total biaya simpan *retail mining*
TSG : Total biaya simpan gudang pusat distribusi
TKP : Total biaya kekurangan persediaan
TTR : Total biaya transportasi
TC : Total biaya persediaan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Biaya Pesan Gudang Pusat Distribusi	69
Lampiran 2. Biaya Pesan <i>Retail Mining</i>	74
Lampiran 3. Biaya Simpan Per Bulan Per m ³	78
Lampiran 4. Biaya Perawatan Kendaraan.....	82
Lampiran 5 Hasil Perhitungan <i>Reorder Point Retail Mining</i> (r_{ij}) pada Pengembangan Model	85
Lampiran 6. Hasil Perhitungan Frekuensi Pengiriman ke Setiap <i>Retail Mining</i> (n_{ij}) pada Pengembangan Model	86
Lampiran 8. Running Lingo dan GA dengan Matlab	100

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian yang mencakup batasan dan asumsi penelitian, serta manfaat penelitian.

1.1 Latar Belakang

Manajemen *supply chain* adalah seperangkat kegiatan yang ditujukan untuk mengintegrasikan seluruh pihak yang terlibat dalam proses penyediaan produk atau jasa yang tepat dalam jumlah yang tepat, dan pada waktu yang tepat kepada konsumen, dalam rangka meminimalkan biaya (Misra et al., 2010). Salah satu yang memegang peranan penting dalam terwujudnya keberhasilan manajemen *supply chain* adalah lini *retail mining*, karena bagian tersebut merupakan bagian yang berinteraksi langsung dengan konsumen sehingga menjadi bagian penting yang harus diperhatikan mengingat konsumen merupakan salah satu fokus utama dari suatu sistem *supply chain*. *Retailer* saat ini sudah tidak bersikap pasif dengan hanya menjadi penerima alokasi dari pihak manufaktur atau *supplier*, namun harus ikut aktif melakukan manajemen terhadap *supply* sebagai antisipasi dan reaksi terhadap permintaan konsumen (Sparks, 2010). Namun di sisi lain, *retailer* juga harus berhati-hati dalam melakukan pemesanan mengingat jika terjadi kesalahan maka dapat berdampak pada keseluruhan sistem *supply chain* yang ada (Iannone et al., 2013).

Penerapan *supply chain* pada lini *retail mining* diarea pertambangan, menuntut kolaborasi antar *retailer* dan *supplier*, serta *retailer* dan konsumen. Dalam hal ini *retailer* harus mampu membaca keinginan konsumen dan melakukan manajemen pemesanan yang optimal kepada *supplier* agar dapat menyediakan produk yang diinginkan oleh konsumen pada waktu dan jumlah yang tepat sekaligus meminimalkan biaya.

Dalam sistem *problem supply chain*, *retail mining* menginformasikan kepada *vendor* tetapi *vendor* yang mengontrol level persediaan menentukan jumlah dan waktu *replenishment stock retail mining*. *Vendor managed inventory* memberikan kesempatan bagi *vendor* untuk mensinkronisasi persediaan dan keputusan

transportasi. Pada aplikasi beberapa *problem supply chain*, *vendor* tidak hanya mengelola persediaan *retail* tetapi *vendor* juga memiliki *retail* tersebut, misalnya: Protecer & Gamble dan Wal-Mart (Qinglong et al, 2008).

Supply chain pada *chain store* dipertambahan saat ini merupakan *supply chain* tradisional di mana penentuan kuantitas *order* dilakukan oleh masing-masing *retailer* dengan mengirim *purchase order* (PO) ke gudang pusat dan gudang pusat juga akan mengirim *purchase order* ke *vendor* untuk menentukan kuantitas *order*. *Purchase order* (PO) berisi kuantitas dan *part number spare part* yang dibutuhkan oleh *retail* maupun gudang. *Purchase order* disusun berdasarkan jumlah barang yang dibutuhkan dengan pertimbangan faktor persediaan dan *safety stock* tiap-tiap *spare part*. Pada praktiknya, sering terjadi beberapa permasalahan dalam pemesanan barang dari *retailer* ke gudang pusat yakni dalam penentuan *purchase order* dengan pertimbangan *safety stock* hanya dilakukan secara *expert judgment* saja, hal tersebut dapat menyebabkan kemungkinan terjadinya *overstock* ataupun *stock out* dalam persediaan *spare part*. Pendistribusian produk dari gudang ke masing-masing *retailer* juga sering tidak merata dan tidak sesuai dengan *purchase order* yang diminta. Hal tersebut dikarenakan manajemen pengalokasian *spare part* oleh gudang kurang baik sehingga *retail mining* sering mengalami kekurangan persediaan karena pengiriman yang diminta tidak sesuai dengan yang dikirim oleh gudang. Jadi, setiap *retail mining* maupun gudang pusat saat ini hanya bertanggung jawab atas pengendalian *inventory* dan distribusi masing-masing.

Selain itu, penentuan kebutuhan yang dilakukan secara independen oleh masing-masing *retail mining* dapat mengakibatkan adanya ketidakmaksimalan dalam proses manajemen *supply chain*. Kamalapur et al. (2013) menyebutkan bahwa dalam sistem *supply chain* tradisional dimana proses pengelolaan persediaan dilakukan secara independen, *retailer* biasanya menentukan kebutuhan produk dengan level *safety stock* yang cukup tinggi untuk mengatasi fluktuasi permintaan. Sementara itu untuk menghadapi permintaan yang tinggi dari *retailer*, *supplier* akan menentukan level persediaan yang lebih tinggi lagi, dan semakin ke arah *upstream level supply chain* penentuan tersebut akan semakin jauh dari permintaan yang sebenarnya. Hal inilah yang biasanya disebut dengan distorsi

permintaan atau *bullwhip effect* yang terjadi karena ketidakmampuan dalam melihat permintaan yang sebenarnya. Distorsi permintaan dapat berdampak pada banyak hal seperti ketidakakuratan dalam peramalan dan peningkatan total biaya pengelolaan persediaan (Kamalapur *et al.*, 2013). Sehingga perlu adanya perbaikan terhadap pengelolaan persediaan tersebut agar proses pengelolaan persediaan menjadi lebih optimal.

Vendor Managed Inventory (VMI) merupakan salah satu konsep dalam pengelolaan persediaan yang dapat mendukung proses pengambilan keputusan terkait proses *replenishment* pada *retail mining*, dimana keputusan tersebut ditentukan langsung oleh *supplier* atau *vendor* berdasarkan informasi data penjualan dan level persediaan dari *retail mining*. VMI merupakan strategi dimana *vendor* bertanggung jawab terhadap penentuan waktu dan jumlah kebutuhan *replenishment* pada *retail mining*, sedangkan *retail mining* bertanggung jawab untuk memberikan informasi kepada *vendor* penjualan dan persediaan (Sadeghi *et al.*, 2013). Lebih jauh Sadeghi *et al.* (2013) menyebutkan bahwa dengan VMI dapat memberikan dampak terhadap pengurangan risiko terjadinya *bullwhip effect* serta dapat meminimasi biaya. Sedangkan *consignment* adalah metode pengelolaan persediaan dan mekanisme koordinasi tempat *vendor* menyimpan barang digudang *retail* tanpa menerima pembayaran sampai barang tersebut terjual dan status kepemilikan barang masih milik *vendor* sampai produk-produk tersebut terjual oleh pelanggan. sehingga pada penelitian ini yang akan digunakan konsep VMI tanpa menggunakan *consignment* sehingga untuk kepemilikan barangnya milik *retail mining* dan *vendor* untuk mengontrol posisi persediaan *retail mining* untuk melakukan *replenishment* stocknya.

Sementara itu, Kamalapur *et al.* (2013) menyatakan bahwa untuk menjamin keberhasilan dalam penerapan VMI, dibutuhkan adanya sharing informasi antara pihak yang terlibat dalam VMI yaitu *supplier* dan *retail mining*, atau dalam kasus adalah gudang pusat distribusi kesetiap *retail mining*. *Sharing informasi* merupakan aspek penting dalam VMI untuk melihat kondisi persediaan dan permintaan yang sebenarnya dari konsumen sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya distorsi permintaan. Agar memungkinkan hal tersebut terjadi maka dibutuhkan adanya suatu sistem informasi untuk mengelola aliran informasi untuk

kebutuhan penerapan VMI. Lebih lanjut disebutkan bahwa teknologi informasi merupakan hal yang dibutuhkan dalam penerapan VMI untuk mendukung koordinasi antara *retail mining* dan *vendor* (Sadeghi et al., 2013).

Pada penelitian ini, mengembangkan model multi eselon *spare part* pada persediaan yang terintegrasi dengan konsep *vendor managed inventory* di industri pertambangan untuk melakukan pengambilan keputusan terkait dengan pengelolaan persediaan dengan model acuan penelitian Talezaideh (2013) dengan Poorbagheri dan Niaki (2015) untuk mengurangi total biaya dalam rantai pasok.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah mengembangkan model matematis berdasarkan kasus *single vendor, single warehouse, multi retail mining, dan multi product*.

Pada kasus ini dengan mempertimbangkan *demand probabilistik, stockout* dan *lead time*, yang digunakan untuk membantu menentukan kebijakan *order quantity* untuk *spare part* dari tiap *retail mining* ke gudang pusat distribusi dan penentuan *order quantity* dari gudang pusat distribusi ke *vendor* yang masih dilakukan berdasarkan *expert judgement* sehingga dapat meningkatkan risiko ketidakakuratan dalam pengambilan keputusan dan memungkinkan terjadinya *overstock* maupun *shortage*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulis untuk melakukan penelitian ini dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengembangan model matematis berdasarkan kasus *single vendor, single warehouse, multi retail mining* dan *multi-product* dengan tujuan untuk meminimalkan total biaya persediaan.

Pada model ini dengan variabel keputusan adalah menentukan jumlah *order quantity* masing-masing *retail mining*, jumlah *order quantity* gudang pusat distribusi, *reorder point* pada masing-masing *retail mining*, dan frekuensi pengiriman dari gudang pusat distribusi ke masing-masing *retail mining*.

2. Membandingkan perfomansi model yang dikembangkan dengan kondisi eksisting dari studi kasus yang di angkat yaitu melalui perbandingan total biaya persediaan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan bagi objek amatan serta menjadi kontribusi dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam model ini mengembangkan model *single vendor, single warehouse multi retail mining* dan *multi product* dengan memperhatikan *stockout* dan *lead time*
2. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan referensi bagi perusahaan dalam melakukan pengambilan keputusan yang terkait dengan pengelolaan persediaan dan penentuan *order quantity* pada *retail mining* dan gudang pusat distribusi.

1.5 Asumsi dan Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan menjadi lebih terfokus, maka sejumlah asumsi dan batasan masalah dibuat sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan pada gudang pusat distribusi dan lima *retail mining* diarea Pertambangan Batu Bara di Indonesia
2. Produk *spare part* yang diteliti merupakan 10 produk *spare part* yang dipasok oleh gudang pusat distribusi ke setiap *retail mining*.
3. Data permintaan diasumsikan berdasarkan dari data penjualan
4. Biaya kekurangan persediaan yang dipertimbangkan merupakan biaya *lost sale* yang bernilai sebesar *profit* dari setiap produk dan tidak mempertimbangkan perilaku konsumen terhadap kondisi *lost sale* yang terjadi.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan thesis ini terdiri dari beberapa tahapan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I : Pendahuluan

Pada bab ini berisi tentang latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan dan asumsi penelitian, sistematika penulisan.

Bab II : Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisi tentang teori yang digunakan sebagai dasar penelitian adalah *supply chain management*, *spare part management* dan model acuan yang relevan serta posisi penelitian.

Bab III : Metodologi Penelitian

Pada bab ini berisi langkah-langkah penelitian serta *flowchart* penelitian yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian sehingga penelitian dapat berjalan secara sistematis, sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

Bab IV : Pengembangan Model

Pada bab ini akan dilakukan perhitungan numerik pada model acuan dan model yang telah dikembangkan dengan parameter yang telah dikemukakan didalam jurnal pada penelitian – penelitian sebelumnya.

Bab V : Pengumpulan dan Pengolahan Data

Bab ini terdiri dari pengumpulan data, baik data primer maupun data sekunder yang diperoleh dari perusahaan yang kemudian disusun secara sistematis. Selain itu menjelaskan mengenai pengolahan data yang dilakukan dengan metode-metode yang telah ditetapkan sebelumnya dan kemudian menyajikan hasil pengolahan data tersebut.

Bab VI : Analisa dan Interpretasi Hasil

Pada bab ini berisi tentang analisa dari hasil pengolahan data yang didapatkan.

Bab VII: Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari keseluruhan hasil yang telah didapatkan dengan menjawab tujuan penelitian dan juga saran yang dapat dilakukan untuk penelitian berikutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai tinjauan pustaka yang dijadikan acuan dalam penelitian tesis untuk memperkuat pemahaman penulis serta sebagai landasan dalam menentukan metodologi penelitian yang sesuai. Adapun tinjauan pustaka pada penelitian ini meliputi *supply chain management*, *spare part management*.

2.1 Definisi *Supply Chain Management*

Simchi-Levi *et al.* (2000) mendefinisikan *supply chain management* sebagai rangkaian pendekatan yang secara efisien mengintegrasikan pemasok, produsen, gudang, dan toko, sehingga produk dapat diproduksi dan didistribusikan dalam jumlah yang tepat, ke lokasi yang tepat, dan pada waktu yang tepat dalam rangka meminimalkan biaya dan pada saat yang sama dapat memberi kepuasan kepada konsumen.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa *Supply Chain Management* (SCM) adalah suatu konsep yang menyangkut pola pendistribusian produk yang mampu menggantikan pola-pola pendistribusian produk secara tradisional. Pola baru ini menyangkut aktivitas pendistribusian, jadwal produksi, dan logistik.

Dari 2 definisi tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa fokus utama dari SCM adalah sinkronisasi proses untuk kepuasan pelanggan. Semua *supply chain* pada hakekatnya memperebutkan pelanggan dari produk atau jasa yang ditawarkan. Semua pihak yang berada dalam satu rantai *supply chain* harus bekerja sama satu dengan lainnya semaksimal mungkin untuk meningkatkan pelayanan dengan harga murah, berkualitas, dan tepat pengirimannya.

SCM diperlukan oleh perusahaan yang sudah mengarah pada pengelolaan dengan sistem *just in time*, karena konsep *just in time* sangat menekankan ketepatan waktu kedatangan material dari pemasok sampai ke tangan konsumen sesuai dengan yang ditetapkan. Artinya, kedisiplinan dan komitmen seluruh mata rantai harus benar-benar dilaksanakan, sehingga apabila terjadi penyimpangan

pada salah satu mata rantai saja, maka akan mengganggu pasokan material secara keseluruhan dan menghambat kelancaran tugas dari mata rantai yang lain, karena tidak adanya persediaan.

2.1.1 Manajemen Persediaan

Persediaan merupakan material atau sumber daya yang ditempatkan di sepanjang jaringan proses produksi dan jalur distribusi (Heizer *and* Render, 2008). Persediaan ditujukan untuk meminimalkan dampak yang terjadi akibat adanya ketidakpastian dalam permintaan dan suplai.

Pengelolaan terhadap persediaan perlu dilakukan mengingat bahwa adanya persediaan membuat perusahaan harus mengeluarkan biaya. Sehingga biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk persediaan dapat diminimalkan.

2.1.1.1 Biaya Persediaan

Tersine (1994) menyebutkan bahwa biaya persediaan merupakan biaya-biaya yang dikeluarkan dalam mengoperasikan suatu sistem persediaan. Biaya-biaya tersebut lebih lanjut dikategorikan menjadi biaya pembelian (*purchase cost*), biaya pesan/setup (*order/setup cost*), biaya simpan (*holding cost*), dan biaya ketidaktersediaan (*stockout cost*).

1. Biaya Pembelian (*Purchase Cost*)

Merupakan harga pembelian satu produk, jika produk tersebut dibeli dari pihak eksternal, atau merupakan biaya produksi satu produk jika produk tersebut diproduksi secara internal.

2. Biaya Pesan/Setup (*Order/ Setup Cost*)

Merupakan biaya yang ditimbulkan karena pembuatan dan pengiriman *purchase order* kepada *supplier* atau kepada pihak produksi internal perusahaan.

3. Biaya Simpan (*Holding Cost*)

Merupakan biaya yang diasosiasikan dengan investasi pada persediaan atau pemeliharaan investasi fisik gudang karena menyimpan barang selama periode tertentu. Biaya yang termasuk ke dalam *holding cost* misalnya biaya

asuransi, pajak, listrik, *cost of deterioration*, keusangan, kehilangan, dan biaya simpan terkait *material handling*, keamanan, dan ruang.

4. Biaya Kekurangan Persediaan (*Shortage Cost*)

Merupakan biaya yang diakibatkan oleh jumlah persediaan yang tidak mencukupi untuk memenuhi permintaan. Terdapat dua jenis *shortage cost*. Kondisi pertama adalah kondisi *backorder* dimana dalam kondisi ini, konsumen akan menunggu barang yang tidak tersedia hingga barang tersebut tersedia kembali. Dalam kondisi ini biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan dalam kondisi biasanya dalam berupa biaya tambahan untuk layanan khusus untuk mempercepat barang dapat tersedia kembali. Keadaan kedua yaitu keadaan dimana jika barang tidak tersedia, maka konsumen tidak bersedia untuk menunggu. Dalam kasus ini, perusahaan kehilangan *profit*.

2.2 *Spare Part Management*

Spare part adalah bagian dari suatu sistem yang memiliki fungsi dan karakteristik tertentu yang mempengaruhi suatu peformansi dari sistem yang ditempati, jika disimpulkan *spare part* merupakan komponen pendukung dari suatu mesin. Menurut bisa tidaknya diperbaiki, *spare part* dibedakan menjadi 3, antara lain :

1. *Non repairable item*

Adalah suatu item yang tidak dapat diperbaiki setelah mengalami satu kali kerusakan item/*part*.

2. *Partially repairable item*

Dalam suatu item terdapat *part* yang diperbaiki atau harus diganti apabila terjadi kerusakan untuk mengembalikan ke peformansi semula.

3. *Fully repairable item*

Ketika suatu item mengalami kerusakan maka item tersebut dapat diperbaiki sampai kriteria tertentu.

Pengendalian persediaan *spare part* merupakan tugas manajemen logistik dalam suatu perusahaan untuk memberi dukungan dalam hal pengadaan barang bagi seluruh keperluan pemeliharaan peralatan yang digunakan dalam proses

produksi. Pengendalian *spare part* sangat penting dalam hal-hal seperti penentuan keputusan suatu barang diperlukan, termasuk perlu atau tidaknya melakukan penyimpanan, kepada siapa pembelian dilakukan, kapan dilakukan pemesanan, apa dan berapa yang dipesan, tingkat dan jaminan mutu *spare part* yang diperlukan, anggaran *spare part*, dan sebagainya.

Spare part atau material merupakan bagian pokok yang perlu diperhitungkan dalam pengaruhnya terhadap biaya perawatan (Daryus, 2009). Biaya material dan *spare part* untuk perawatan biasanya berkisar antara 40 sampai 50 persen dari total investasi, termasuk adanya kerugian-kerugian karena kerusakan. Dengan demikian, rata-rata perusahaan mengeluarkan sekitar 15 sampai dengan 25 persen dari total biaya perawatan untuk *spare part* dan material. Oleh karena itu, pemakaian material atau *spare part* direalisasikan sehemat mungkin dan perlu pengontrolan dalam pengelolaannya.

Spare part mengacu kepada kebutuhan akan komponen untuk menjaga peralatan dalam kondisi optimal dengan mempertemukan perbaikan dan kebutuhan penggantian komponen yang dipaksa oleh adanya *breakdown*, *preventive*, dan *predictive maintenance*. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan *spare part* adalah tidak terlalu lebih dan tidak terlalu kurang dari kebutuhan. Perusahaan harus mengetahui kebutuhan maksimum dan minimum persediaan *spare part* dan harus ditentukan secermat mungkin. Batas maksimum dan minimum dapat ditentukan berdasarkan pengalaman dan kebutuhan.

2.3 Dasar-dasar kontrol *spare part*

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan *spare part* adalah bahwa penyimpanan stok tidak terlalu kurang dari kebutuhan. Jumlah maksimum dan jumlah minimum penyimpanan *spare part* harus ditentukan secermat mungkin agar biaya yang dikeluarkan tidak terlalu banyak. Batas-batas tersebut dapat dilihat berdasarkan pengalaman dan kebutuhan nyata.

Faktor-faktor penting yang mendasari pengontrolan *spare part*, yaitu :

1. Persediaan/stok maksimum.

Menunjukkan batas tertinggi penyimpanan *spare part* dengan jumlah yang menguntungkan secara ekonomi.

2. Persediaan/stok minimum.

Menunjukkan batas terendah penyimpanan *spare part* dengan batas yang aman untuk mengatasi kebutuhan *spare part* diatas batas normal.

3. Standar pemesanan.

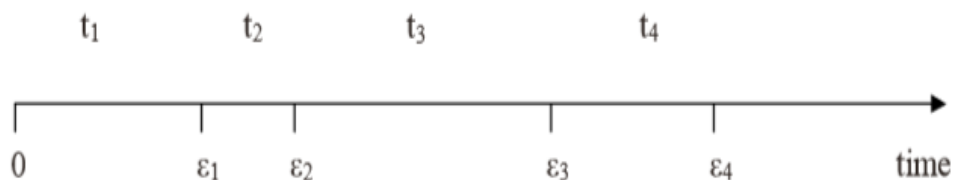
Menunjukkan jumlah barang atau *spare part* yang dibeli pada tiap pemesanan.

4. Batas pemesanan kembali.

Menunjukkan jumlah barang yang dapat dipakai selama waktu pengadaannya kembali (sampai batas stok minimum).

2.4 Karakteristik Permintaan Spare Part dan Klasifikasi

Tipe-tipe permintaan *spare part* sangatlah khusus jika dibandingkan dengan tipe permintaan pada jenis persediaan yang lainnya. Dalam kasus-kasus yang sering terjadi dalam kurun waktu yang tidak teratur dan cenderung menurun dan dari semua itu jumlah permintaan menjadi sangat bervariasi.



Gambar 2.1 Contoh konsumsi *spare part* yang intermittent
(Callegaro, 2010)

Keterangan

ϵ_i = konsumsi *spare part* (unit)

t_i = interval antara dua permintaan yang berurutan

Dari karakteristik permintaan *spare part*, terdapat dua parameter yang dapat diketahui, yaitu:

1. ADI (*Average Inter-Demand Interval*)

Merupakan interval rata-rata antara dua permintaan *spare part*. Hal ini biasanya ditampilkan dalam periode, dimana periode tersebut adalah interval waktu referensi yang digunakan oleh perusahaan untuk membeli *spare part*.

$$ADI = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} \quad (2.1)$$

2. CV (Coefficient of Variation)

Berfungsi untuk mengukur standar deviasi dari permintaan *non-zero* sebagai proporsi dari periode rata-rata permintaan *non-zero*.

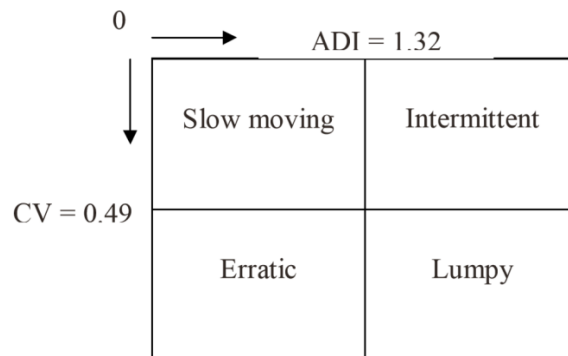
$$CV = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\varepsilon_i - \varepsilon)^2}{N}}}{\varepsilon} \quad (2.2)$$

Dimana,

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^N \varepsilon_i}{N} \quad (2.3)$$

Untuk ADI, N merupakan jumlah periode permintaan *non-zero*, sedangkan untuk CV, N merupakan jumlah periode.

(Ghobbar et al., 2003) di dalam (Callegaro, 2010), menyarankan suatu “*cut values*” yang menjelaskan lebih detail mengenai karakteristik standar permintaan *spare part* yang *intermittent*. Gambar di bawah ini menampilkan empat kategori pola permintaan *spare part*.



Gambar 2.2 Pola dasar untuk karakteristik permintaan *spare part* (Callegaro, 2010)

Sedangkan definisi untuk setiap pola permintaan *spare part* diatas adalah sebagai berikut:

1. *Slow moving/Smooth*

Spare Part jenis ini memiliki perilaku dengan notasi penggunaan yang rendah dalam sistem produksi.

2. *Intermittent*

Spare Part jenis ini dikarakteristikan dengan permintaan yang sangat jarang (oleh karena banyak periode tanpa permintaan) dengan tidak menekankan pada variabilitas dalam kuantitas permintaan tunggal.

3. *Erratic*

Karakteristik dasar dari *spare part* jenis ini adalah adanya kuantitas permintaan yang sangat besar, tetapi permintaan mendekati konstan sebagai distribusi waktu.

4. *Lumpy*

Karakteristik dasar dari *spare part* jenis ini adalah *spare part* pada kategori ini sulit dikontrol, karena dikarakteristikan dengan banyaknya interval waktu dengan *zero-demand* dan kuantitas yang memiliki variabilitas sangat tinggi.

2.5 *Economy Order Quantity (EOQ)*

EOQ merupakan salah satu jenis model pengelolaan persediaan yang digunakan untuk mengidentifikasi ukuran pesanan yang ekonomis yang akan meminimalkan total biaya, dimana total biaya yang dipertimbangkan dalam penentuan ukuran lot tersebut adalah biaya material tahunan, Biaya Pesan tahunan, dan Biaya Simpan tahunan (Chopra and Meindl, 2007).

Oleh karena perhitungan lot size dilakukan untuk permintaan produk yang bersifat *independent*, maka dalam hal ini perhitungan biaya material tahunan merupakan hasil perkalian dari harga produk (C) dengan permintaan tahunan produk (D) sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Biaya Material Tahunan} = CD \quad (2.4)$$

Sementara itu, jumlah pemesanan yang dilakukan harus dapat memenuhi kebutuhan permintaan tahunan. Jika diasumsikan ukuran lot sebagai Q maka didapatkan persamaan berikut.

$$\text{Jumlah Pemesanan Tahunan} = \frac{D}{Q} \quad (2.5)$$

Karena Biaya Pesan (S) dibebankan kepada perusahaan setiap kali perusahaan melakukan pemesanan, maka didapatkan persamaan untuk Biaya Pesan tahunan sebagai berikut.

$$\text{Biaya Pemesanan Tahunan} = \left(\frac{D}{Q}\right) S \quad (2.6)$$

Selanjutnya, perhitungan Biaya Simpan tahunan dilakukan dengan menghitung rata-rata persediaan yang tersimpan ($Q/2$) dengan Biaya Simpan tahunan (H), sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Biaya Penyimpanan Tahunan} = \left(\frac{Q}{2}\right) H \quad (2.7)$$

Berdasarkan Persamaan 2.4 hingga Persamaan 2.7 di atas, maka didapatkan total biaya (TC) sebagai berikut.

$$TC = CD + \left(\frac{D}{Q}\right) S + \left(\frac{Q}{2}\right) H \quad (2.8)$$

Sehingga nilai optimum ukuran lot didapatkan dengan mengambil turunan pertama sama dengan 0 dari Persamaan 2.10 sehingga didapatkan nilai ukuran lot optimum atau *economic order quantity* (EOQ) dengan simbol Q^* sebagai berikut.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (2.9)$$

Sementara itu, nilai frekuensi pemesanan optimal (n^*) dan interval review optimal (T) adalah sebagai berikut.

$$n^* = \frac{D}{Q^*} = \sqrt{\frac{DH}{2S}} \quad (2.10)$$

$$T = \frac{Q^*}{D} \quad (2.11)$$

2.6 Reorder Point

Reorder point (ROP) adalah titik dimana dilakukan suatu pemesanan material kembali. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi kekosongan stok material di gudang. Dalam mencari ROP sangat dipengaruhi oleh unsur ketidakpastian dari *lead time*. *Lead time* sendiri adalah waktu kedatangan material dari dipesan sampai diterima. Berikut ini adalah rumus perhitungannya :

$$ROP = \bar{d} \times LT + z \sqrt{LT} \sigma_d \quad (2.12)$$

Keterangan:

- \bar{d} : rata-rata permintaan perhari atau perminggu
- LT : *lead time*
- z : nilai distribusi normal *confidence level* perusahaan dapat memenuhi kebutuhan
- σ_d : standard deviasi permintaan per hari atau minggu

2.7 Safety Stock

Model EOQ selanjutnya dikembangkan dengan mempertimbangkan variasi permintaan dan *lead time*, sehingga dibutuhkan adanya persediaan pengaman (*safety stock*) Matz dan Usry (2003:34)

Safety stock adalah persediaan pengaman yang dibutuhkan bagi perusahaan untuk menghindarkan perusahaan dari kondisi *stockout* yang biasanya diakibatkan oleh permintaan dan *lead time* yang bervariasi menurut Matz dan Usry (2003:34). Perhitungan *safety stock* digambarkan dalam fungsi berikut.

$$SS = \bar{d} \times LT \quad (2.13)$$

dengan:

SS : *safety stock*

\bar{d} : rata-rata permintaan perhari atau perminggu

LT : *lead time*

2.8 Mekanisme Pengendalian Persediaan Probabilistik

Model persediaan probabilistik adalah model yang menganggap bahwasanya parameter-parameter yang dimiliki menunjukkan adanya ketidakpastian dan merupakan variabel *random*. Dalam sistem persediaan, ketidakpastian ini terutama yang berhubungan dengan jumlah permintaan (*demand quantity*) dan waktu penerimaan (*lead time*). Ketidakpastian permintaan dan waktu pengiriman dapat mengakibatkan kekurangan persediaan (*stocks out*). Hal ini akan berdampak tidak terpenuhinya kepuasan pelanggan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, dibuat kebijakan untuk mengadakan *safety stocks*. (Silver,1998)

Dalam mengukur tingkat ketersediaan bahan baku didasarkan dari tingkat *customer service level*. Menurut (Tersine,1994), *customer service level* adalah kemampuan untuk memenuhi permintaan konsumen dari persediaan yang ada. Nilai *customer service level* ini akan berpengaruh pada *safety stock* yang diharapkan, sehingga dapat meminimalisasi kekurangan persediaan. Kekurangan persediaan terjadi apabila permintaan selama *lead time* melebihi *reorder point*.

2.8.1 Sistem Persediaan *Continuous Review*

Dalam sistem persediaan *continuous review* selalu dilakukan monitoring dan pemantauan tingkat *inventory* secara terus menerus. Ketika suatu persediaan mencapai titik *reorder level* atau dibawahnya maka akan dilakukan *order*. Tujuan dari sistem ini adalah menentukan nilai optimum kuantitas pemesanan (Q) dan kuantitas ROP. Kelebihan dari sistem ini yaitu kecil kemungkinan adanya kekurangan stok maupun kelebihan stok karena posisi stok selalu ditinjau setiap saat. Namun, peninjauan terus-menerus dapat menyebabkan beban kerja karyawan lebih besar dan beban kerja kurang dapat diprediksi. Selain itu, kelemahan lain dari sistem ini yaitu besarnya biaya peninjauan dan *review error*. Berikut merupakan jenis perencanaan persediaan dari *continuous review system*.

2.8.1.1 Order Point, Order Quantity (s, Q) System

Kuantitas tetap sebanyak Q dipesan ketika posisi persediaan mencapai *reorder point* s atau dibawahnya. Sistem (s, Q) sering disebut sebagai *two-bin system*, salah satu penerapan bentuk fisiknya yaitu dengan dua tempat penyimpanan barang. Selama unit persediaan masih tersisa di *bin* pertama maka permintaan akan dipenuhi dari *bin* tersebut. Jumlah persediaan yang terdapat pada *bin* kedua sesuai dengan *reoder point*. Ketika *bin* kedua terbuka maka harus dilakukan *replenishment*.

Dengan cara melakukan pemesanan. Saat *replenishment* datang maka *bin* kedua akan terpenuhi kembali dan sisanya akan disimpan pada *bin* pertama. Perlu diingat bahwa *two bin system* akan beroperasi dengan baik jika pemesanan untuk *replenishment* tidak lebih dari satu pada setiap titik waktu. Sehingga, perlu menambahkan Q yang lebih besar dari rata-rata permintaan selama *leadtime*.

Kelebihan dari sistem (s, Q) adalah sederhana, terutama dalam bentuk *two bin* sehingga petugas gudang mudah untuk memahami. Selain itu, kelebihan dari sistem ini yaitu jarang terjadi kesalahan dan kebutuhan produksi untuk *supplier* mudah diprediksi. Namun, kelemahan dari sistem ini yaitu bentuknya tidak dapat dimodifikasi sehingga penanganan kurang efektif ketika terdapat transaksi individu dalam jumlah besar. Jika transaksi yang memicu *replenishment* dalam jumlah besar maka *replenishment* sebesar Q tidak dapat menaikkan posisi persediaan di atas *reoder point*.

2.8.1.2 Order Point, Order-Up-to-Level (s,S) System

Waktu *replenishment* sistem (s,S) sama seperti sistem (S,Q) yaitu dilakukan ketika posisi persediaan mencapai *reorder point* s atau di bawahnya. Namun dari segi kuantitas, *replenishment* sistem (s,S) berbeda dengan sistem (s,Q) dimana kuantitas dari *replenishment* bervariasi sehingga pemesanan cukup untuk menaikkan posisi persediaan hingga mencapai level S. jika permintaan adalah sebanyak *unit-sized* maka permintaan pemesanan dilakukan ketika posisi persediaan tepat berada pada titik s dengan $S=s+Q$. Namun jika transaksi lebih besar dari *unit sized* maka jumlah *replenishment* bervariasi. Sistem (s,S) sering juga disebut sebagai *min-max system* karena posisi persediaan selalu di antara nilai minimum s dan maksimum S.

Sistem (s,S) terbaik memiliki total biaya *replenishment*, biaya simpan, dan kekurangan yang lebih kecil daripada sistem (s,Q) terbaik. Sehingga membutuhkan usaha perhitungan yang lebih untuk menemukan pasangan (s,S) terbaik. Salah satu kelemahan dari sistem ini yaitu kuantitas pemesanan bervariasi. *Supplier* sering kali membuat kesalahan lebih memilih untuk mengirim dalam kuantitas yang tetap karena mudah diprediksi.

2.8.2 Sistem Persediaan Periodic review

Dalam sistem persediaan *periodic review* dilakukan pantauan terhadap tingkat interval pada *inventory* pada interval waktu (T) yang sama. Biaya dari peninjauan lebih murah karena dilakukan secara periodik. Namun, jika terjadi kekurangan stok saat tidak terjadi peninjauan maka tidak dapat dilakukan tindakan apapun sehingga akan terjadi *shortage*. Oleh karena itu, untuk menghindari adanya *stockout* harus disediakan stok pengaman dalam jumlah besar. Namun, *safety stock* dalam jumlah besar akan berpengaruh terhadap *Holding Cost* yang dikeluarkan. Berikut ini merupakan jenis kebijakan perencanaan persediaan dari *periodic review system*.

2.8.2.1 Periodic-Review, Order-Up-to-Level (R,S) System

Sistem ini diketahui juga sebagai *replenishment cycle system* yang umum digunakan terutama di perusahaan yang tidak menggunakan pengendalian komputer. Sistem ini sering digunakan ketika item dipesan dari pemasok yang

sama atau memerlukan pembagian sumber daya. Prosedur pengendalian dilakukan setiap R unit waktu. Pada saat melakukan *review*, pemesanan dilakukan agar posisi persediaan naik hingga mencapai level S . Sistem ini dapat memberikan penghematan terhadap *reorder cost* karena koordinasi pengisian yang dilakukan. Sistem ini juga memberikan kesempatan untuk mengatur *order-up-to level* S yang diinginkan jika pola permintaan berubah seiring dengan waktu. Namun, kelemahan dari sistem ini yaitu *holding cost* yang lebih besar dibandingkan dengan sistem *continuous review*.

2.8.2.2 (R,s,S) System

Sistem ini merupakan kombinasi dari sistem (s,S) dan (R,S) . Pokok utama dari sistem ini yaitu pemeriksaan posisi persediaan dilakukan setiap R unit waktu. Jika posisi stok tepat berada atau di bawah *reorder point* maka dilakukan pemesanan agar posisi persediaan naik hingga level S . Namun, jika posisi stok di atas *reorder point* maka tidak dilakukan pemesanan hingga *review* selanjutnya. Berdasarkan asumsi mengenai pola permintaan dan biaya yang berhubungan maka sistem (R,s,S) yang terbaik akan menghasilkan jumlah *replenishment*, *carrying cost*, dan *shortage cost* yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem lainnya. Namun, sistem ini memerlukan perhitungan yang lebih dalam dan sering untuk memperoleh nilai terbaik dari ketiga parameter.

2.9 Vendor Managed Inventory

Vendor Managed Inventory (VMI) merupakan salah satu konsep dalam pengelolaan persediaan yang dapat mendukung proses pengambilan keputusan terkait proses *replenishment* pada *retail*, dimana keputusan tersebut ditentukan langsung oleh *supplier* atau *vendor* berdasarkan informasi data penjualan dan level persediaan dari *retail*. Dalam kebijakan VMI, *vendor* bertanggung jawab untuk melakukan pengelolaan tingkat persediaan *supply chain* dan memutuskan kapan dan berapa banyak *replenishment* harus dilakukan kepada *retailer*.

Dalam kebijakan ini, *retailer* bertanggung jawab dalam memberikan informasi data penjualan dan persediaan kepada *vendor*, dimana *vendor* selanjutnya menggunakan data tersebut untuk menjadwalkan pengiriman dan mengelola jumlah pesanan dan tingkat persediaan di *retailer* (Yao *et al.*, 2007).

Pelaksanaan VMI membutuhkan sistem *sharing* informasi dan dan integrasi proses yang baik antara *retailer* dan *vendor*. Secara umum, *retailer* membagikan data penjualan dan persediaan kepada *vendor* (*sharing* informasi) sehingga *vendor* dapat mengambil alih kontrol persediaan dan fungsi pembelian dari *retailer* (integrasi proses) (Yao *et al.*, 2007).

2.10 *Algoritma Genetika*

Algoritma Genetika (GA) adalah metode optimasi dan pencarian yang dikembangkan berdasarkan prinsip genetika dan seleksi alam berdasarkan Teori Evolusi Darwin (Holland, 1975). Dalam GA, populasi awal dari individu, masing-masing mempunyai kemungkinan untuk menjadi solusi dari permasalahan. Masing-masing individu berevolusi dengan operator genetik yaitu seleksi, kawin silang dan mutasi (Fernandez-Lozano *et al.*, 2016). Individu dapat dikatakan sama dengan kromosom yang merupakan kumpulan gen. Kromosom merupakan bagian penting dalam GA. Satu kromosom atau individu mewakili satu vektor solusi (Santosa & Willy, 2011).

2.10.1 Kromosom

Kromosom dalam GA berisi satu vektor solusi yang pada kasus ini terdiri dari variabel q_{ij} dan r_{ij} . Total jumlah variabel solusi yang direpresentasikan di dalam setiap kromosom dihitung berdasarkan dengan Persamaan 2.14 berikut.

$$\text{Jumlah variabel solusi} = p \times k \times 2 \quad (2.14)$$

Dimana:

p : jumlah produk

k : jumlah *retail mining*

Sementara itu, setiap variabel solusi direpresentasikan oleh sejumlah *Nbit* bilangan biner, sehingga setiap kromosom akan terdiri dari sejumlah gen yang merupakan hasil kali jumlah variabel solusi dengan jumlah bit bilangan biner untuk setiap solusi seperti pada Persamaan 2.15 berikut..

$$\text{Jumlah gen per kromosom} = \text{Jumlah variabel solusi} \times \text{Nbit} \quad (2.15)$$

Setiap kromosom dibangkitkan secara *random* dan dilakukan proses *decoding* untuk mendapatkan nilai kontinyus dari setiap variabel solusi dengan Persamaan 2.16 berikut (Suyanto, 2004).

$$x = Rb + (Ra - Rb) \times y \quad (2.16)$$

Dimana:

x : nilai kontinyus dari variabel solusi

Ra : batas atas nilai kontinyus dari variabel solusi

Rb : batas bawah nilai kontinyus dari variabel solusi

y : hasil perubahan bilangan biner ke dalam desimal

Sementara nilai y didapatkan berdasarkan Persamaan 2.17 berikut (Suyanto, 2004).

$$y = \sum_{k=1}^{Nbit} b_k \times 2^{(-k)} \quad (2.17)$$

Dimana:

k : 1, 2, 3, ..., Nbit

b_k : bilangan biner ke-k

Gambar 2.3 menunjukkan hubungan antara Allele, Gen, Kromosom, Individu dan populasi sebagai berikut:



Gambar 2.3 Ilustrasi Representasi Penyelesaian Masalah Dalam Algoritma Genetika

2.10.2 Fungsi Evaluasi

Setiap solusi kromosom yang layak akan dievaluasi dengan memasukkan nilai variabel solusi kedalam fungsi tujuan untuk mendapatkan nilai total biaya persediaan. Selanjutnya karena fungsi tujuan merupakan fungsi minimasi, maka nilai *fitness* dihitung dengan persamaan $1 / \text{total biaya persediaan}$.

2.10.3 Elitisme

Elitisme dilakukan untuk menyalin individu terbaik yang didapatkan pada setiap generasi. Jika jumlah populasi genap maka kromosom disalin sebanyak bilangan genap, sedangkan jika jumlah populasi ganjil maka kromosom disalin sebanyak bilangan ganjil.

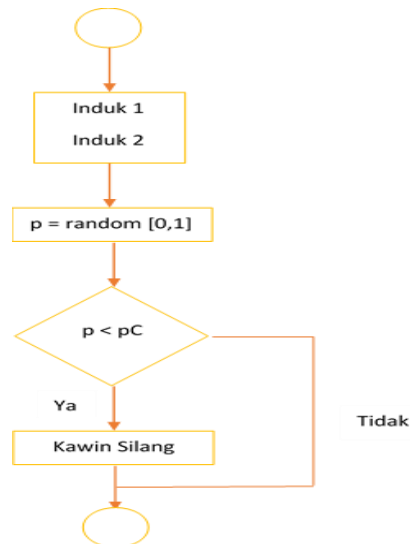
2.10.4 Seleksi

Proses seleksi dilakukan untuk memilih kromosom terbaik untuk mengalami proses pindah silang. Metode *roulette wheel* dan *linear rank selection* digunakan untuk melakukan proses seleksi.

Setelah proses seleksi selesai dilakukan maka langkah selanjutnya adalah kawin silang yang merupakan operator dalam Algoritma genetika yang

melibatkan dua induk dengan tujuan untuk melahirkan kromosom baru (Zukhri, 2014). Proses kawin silang akan menghasilkan dua kromosom anak yang merupakan kombinasi gen dari dua kromosom induk. Nilai peluang *Crossover* (p_c) akan menentukan frekuensi dari penyilangan.

Gambar 2.4 menunjukkan alur kawin silang pada algoritma genetika sebagai berikut:



Gambar 2.4 Diagram Alir Proses Kawin Silang

2.10.5 Pindah Silang

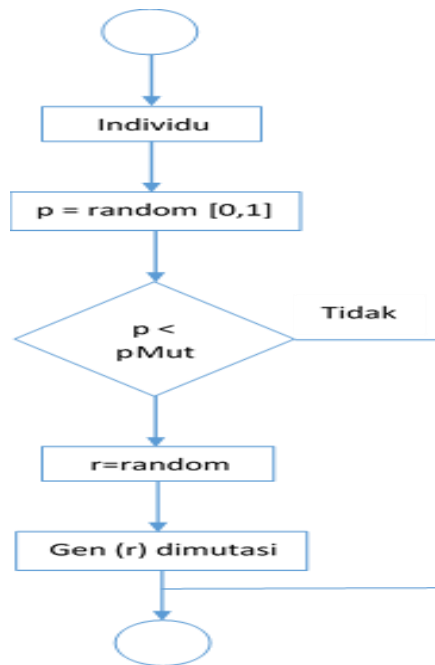
Proses pindah silang merupakan proses untuk menghasilkan individu-individu baru (anak) berdasarkan dua kromosom induk yang terpilih pada proses seleksi. Dalam proses pindah silang, dilakukan pembangkitan bilangan *random* antara 0 sampai 1. Jika bilangan *random* yang dibangkitkan bernilai lebih kecil dibandingkan dengan probabilitas pindah silang, maka proses pindah silang akan dilakukan. Namun, jika bilangan *random* lebih besar maka proses pindah silang tidak dilakukan. Dalam kasus ini, pindah silang dilakukan dengan metode *one-point crossover*.

2.10.6 Mutasi

Mutasi memungkinkan munculnya solusi baru yang bukan berasal dari hasil pindah silang agar mencegah solusi terjebak pada kondisi *local optimum* (Santosa and Willy, 2011). Proses mutasi juga dilakukan melalui pembangkitan bilangan *random* 0 hingga 1. Bilangan *random* dibangkitkan sebanyak jumlah gen. Jika bilangan *random* lebih kecil dibandingkan dengan probabilitas mutasi

maka mutasi akan berlangsung, dan sebaliknya. Karena dalam kasus ini gen pada setiap kromosom direpresentasikan dalam bentuk biner maka jika proses mutasi terjadi pada gen yang bernilai 1, maka gen tersebut akan berubah nilai menjadi 0. Sebaliknya jika nilai awal gen sebelum mutasi adalah 0, maka jika proses mutasi dilakukan, maka gen akan berubah nilai menjadi 1.

Mutasi bertujuan untuk memunculkan individu baru yang berbeda sama sekali dengan individu yang sudah ada (Santosa & Willy, 2011). Dalam mutasi terdapat peluang mutasi (pm). Probabilitas ini akan menentukan kromosom mana yang akan mengalami perubahan gen. Jika pm terlalu kecil, banyak gen yang mungkin berguna tidak pernah dievaluasi namun jika pm terlalu besar, maka terlalu banyak gangguan acak, sehingga anak kehilangan kemiripan dari induknya. Alur proses mutasi dapat dilihat pada Gambar 2.5 sebagai berikut:



Gambar 2.5 Diagram Alir Proses Mutasi

2.10.7 Setting Parameter

Parameter GA yang dipertimbangkan terdiri dari ukuran populasi, jumlah maksimum generasi, probabilitas pindah silang, dan probabilitas mutasi. Studi parameter dilakukan dengan cara 2^k factorial design. Kombinasi nilai parameter dievaluasi dengan rumus 2^k , dimana k merupakan jumlah faktor yang akan

dievaluasi. Oleh karena parameter yang akan dievaluasi berjumlah 4, sehingga terdapat $2^4 = 16$ kombinasi parameter yang dievaluasi.

2.10 Model Matematis yang Relevan dengan Penelitian ini

Model dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah model matematis yang dikembangkan oleh Taleizadeh et al. (2010) mengembangkan model *problem supply chain* untuk kasus *single vendor multi buyer multi product* dan model matematis tentang VMI oleh Poorbagheri (2017) untuk *single vendor multi retail single warehouse multi product supply chain under stocastic demand* sehingga lebih dijelaskan untuk pengembangan model Taleizadeh et al. (2010) dan Poorbagheri (2017) dibawah ini sebagai berikut:

1. Model Taleizadeh et al.

Model Taleizadeh et al. (2010) mengembangkan model dengan kasus *single vendor multi buyer multi product* yang dibatasi oleh kapasitas gudang pusat dimana jumlah pesanan terbatas, ruang penyimpanan terbatas yang tersedia untuk *vendor* dan anggaran. Dalam penelitian ini variabel keputusannya untuk menentukan jumlah pesanan dan titik *reorder point* sehingga total biaya persediaan rantai pasok bisa diminimalkan. Sehingga dalam model matematis yang digunakan pada penelitian Taleizadeh et al. (2010) sebagai berikut.

Fungsi Tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Min } TC = & \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^p \left(\frac{(A_i + A_i p) D_{ij}}{n_{ij} Q_{ij}} + \frac{h_{ij} d_{ij} q_{i1}}{2 d_{i1}} \right) + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^p h_{ij} \left(\frac{Q_{ij}}{2} + r_{ij} - \right. \\ & D_{ij} \left(\frac{Q_{ij}}{P_i} + \gamma_{ij} \right) + \frac{(1 - \beta_{ij} (D_{max_{ij}} - r_{ij})^2)}{2(D_{max_{ij}} - D_{min_{ij}})} \left. \right) + \\ & \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^p \frac{(\pi_{ij} \gamma_{ij} + \pi_{ij} (1 - \beta_{ij}) D_{ij} (D_{max_{ij}} - r_{ij}))}{2 n_{ij} Q_{ij} (D_{max_{ij}} - D_{min_{ij}})} + \\ & \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^p \frac{D_{ij}}{Q_{ij}} A_{ij} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^p h_i v \frac{Q_{ij}}{2} \left(n_{ij} \left(1 - \frac{D_{ij}}{P_i} \right) - 1 + \frac{2D_{ij}}{P_i} \right) \end{aligned} \quad (2.18)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^p C_i Q_{ij} \leq T B_j \quad (2.19)$$

$$Q_{ij} = n M_{ij} \quad (2.20)$$

$$r_{ij} \geq \left(\frac{Q_{ij}}{P_i} + \gamma_{ij} \right) [(D_{max_{ij}} - D_{min_{ij}}) S L_{ij} + (D_{min_{ij}})] \quad (2.21)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^p f_i \frac{Q_{ij}}{2} \left(n_{ij} \left(1 - \frac{D_{ij}}{P_i} \right) - 1 + \frac{2D_{ij}}{P_i} \right) \leq F \quad (2.22)$$

2. Model Poorbagheri (2017)

Model Poorbagheri (2017) mengembangkan model *vendor managed inventory* untuk *single vendor multi retail single warehouse* (SV-MR-SW) masalah dalam rantai pasok berdasarkan *economy order quantity* dimana permintaan yang bersifat probabilistik dan mengikuti distribusi probabilitas seragam. Dalam penelitian ini tujuannya untuk mengurangi biaya penyimpanan dan untuk membantu menyeimbangkan biaya persediaan di tangan antara *buyer* dan *retail*, diasumsikan bahwa semua persediaan diadakan di sebuah gudang pusat dengan biaya terendah di antara para pihak. Kapasitas gudang pusat terbatas. Variabel keputusannya untuk menentukan *warehouse replenishment frequency*, *vendor replenishment frequency*, dan jumlah pesanan dari *retail* sehingga biaya persediaan total rantai pasok bisa diminimalkan.

Fungsi Tujuan :

$$\begin{aligned} \text{Min } TC = & (K + \sum_{i=1}^n mk_i) \frac{1}{mT} + H \sum_{i=1}^p H_i \left(\frac{m+1}{2} \right) T \sum_{i=1}^n d_i + \left(\sum_{i=1}^p h_i \left(\frac{Td_i}{2} + R_i - E(x_i) \right) \right) + \\ & \left(\sum_{i=1}^p \left(\frac{z_i p_i}{T} \int_{R_i}^{b_i} (x_i - R_i) f(x_i) dx_i \right) \right) + \frac{k_w}{NmT} + \frac{H_w(N+1)}{2} m \sum_{i=1}^n Td_i \end{aligned} \quad (2.23)$$

Subject to.

$$T^* = \sqrt{\frac{\left(\frac{K}{m} + \sum_{i=1}^n k_i \right) + \sum_{i=1}^n \frac{p_i z_i (b_i - R_i)^2}{2(b_i - a_i)} + \frac{k_w}{Nm}}{\frac{H}{2}(m+1) \sum_{i=1}^n d_i + \sum_{i=1}^n \frac{h_i d_i}{2} + \frac{h_w m(N+1) \sum_{i=1}^n d_i}{2}}} \quad (2.24)$$

$$fNm \sum_{i=1}^p Td_i \leq F \quad (2.25)$$

$$y_i = Td_i \quad (2.26)$$

$$R_i \geq b_i - d_i M \quad (2.27)$$

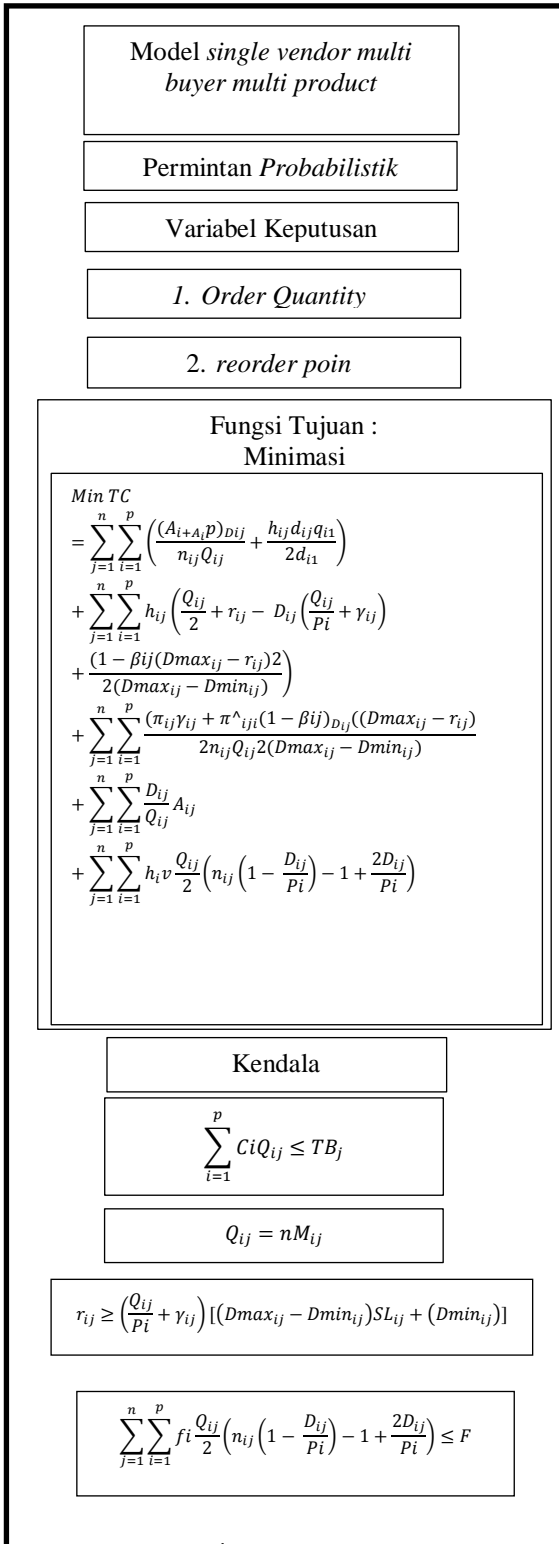
$$R_i \leq b_i + (1 - z_i)M \quad (2.28)$$

$$m < 0 \& \text{ interger} \quad (2.29)$$

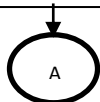
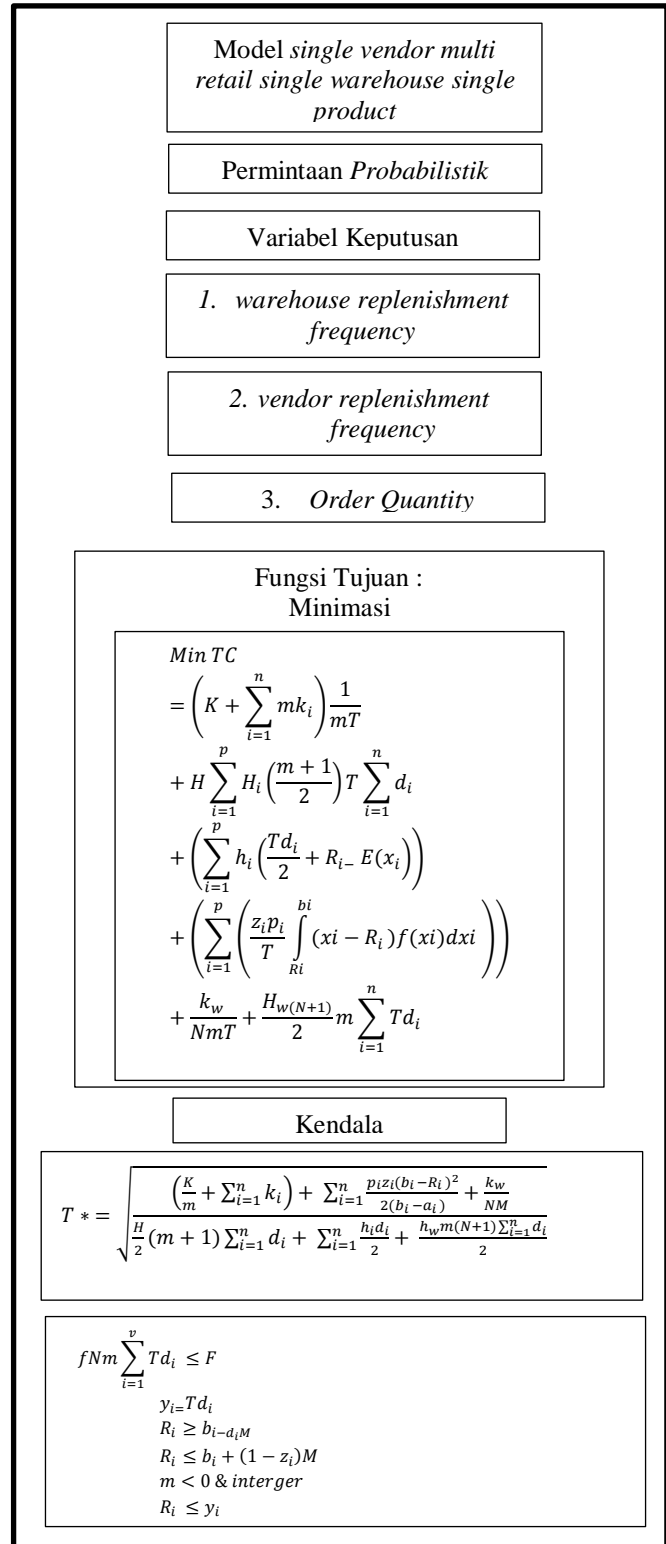
$$R_i \leq y_i \quad (2.30)$$

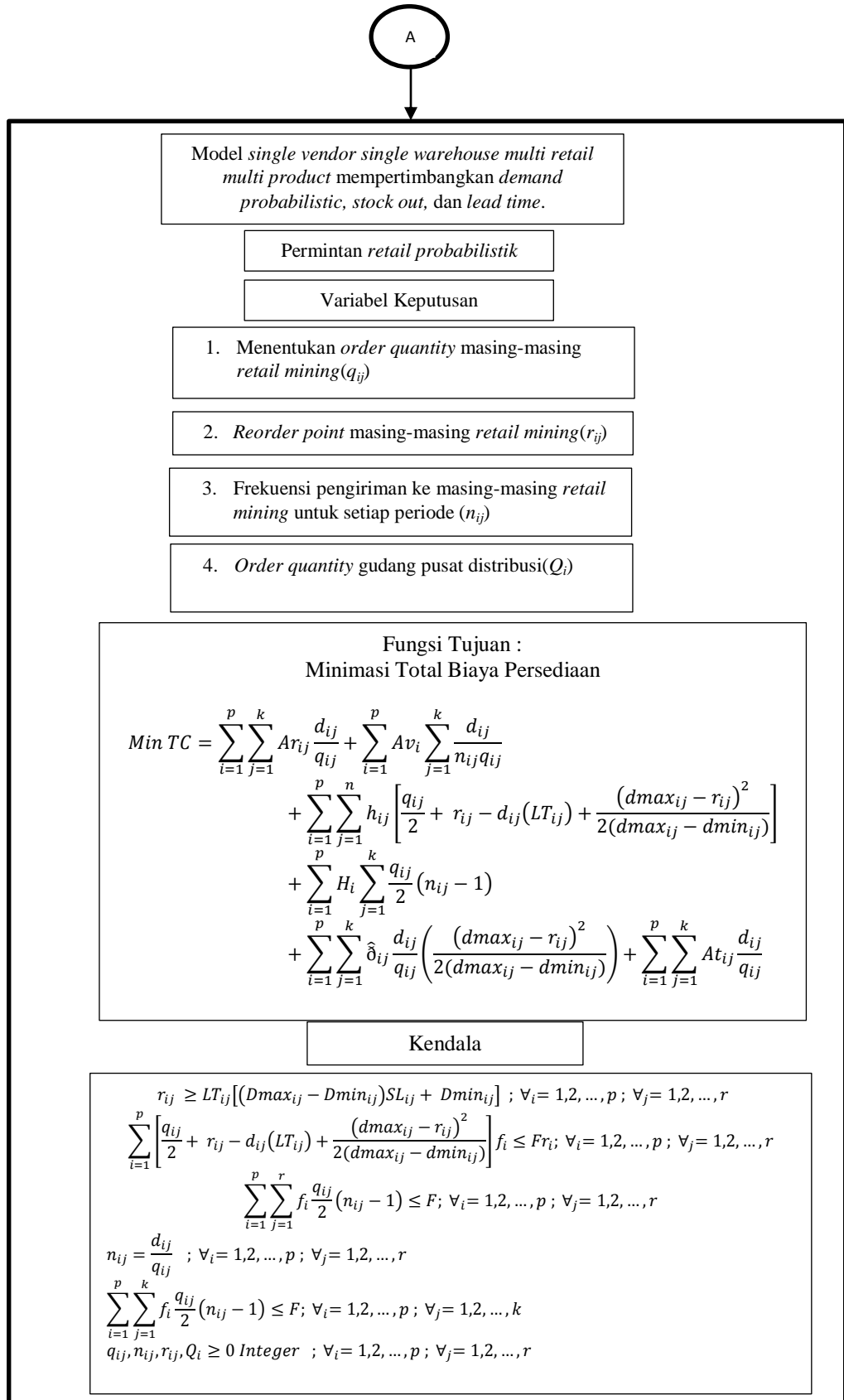
3. Propose Model

Taleizadeh et al. (2012)



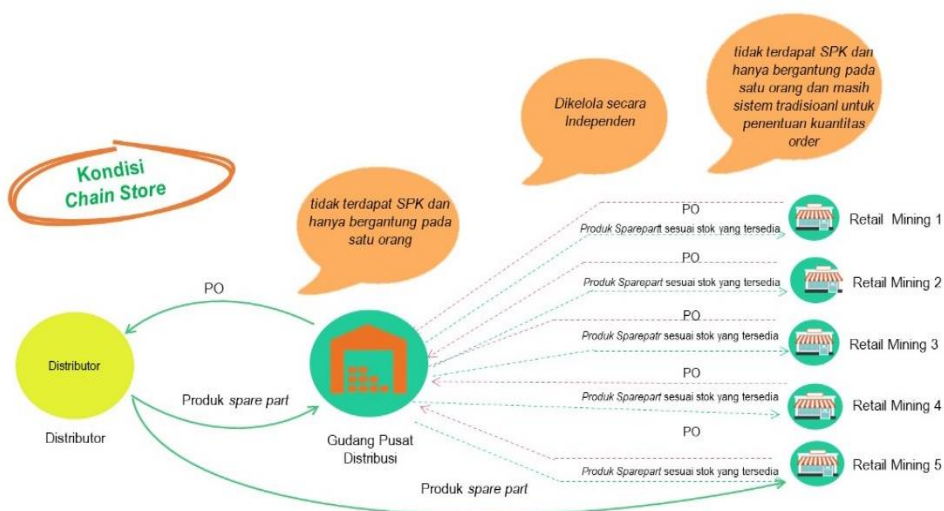
Poorbagheri (2017)





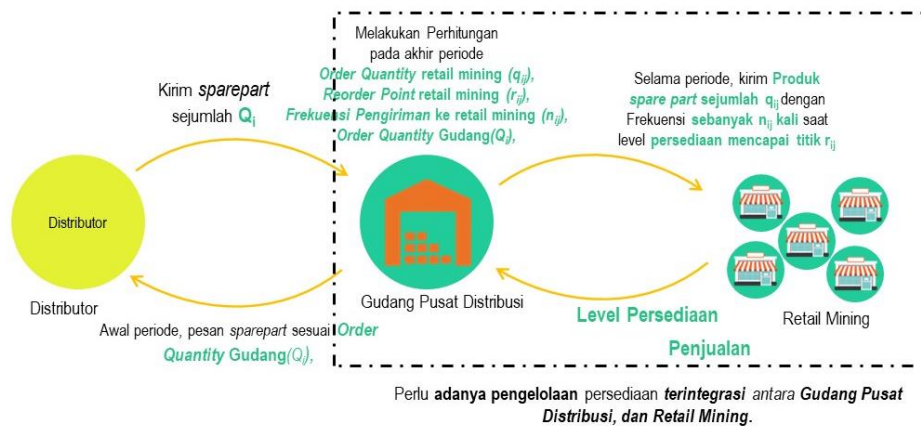
Gambar 2.6 Skema Pengembangan Model

Model ini adalah pengembangan dari model Taleizadeh *et al.* (2012) dengan menambahkan gudang pusat distribusi yang terdiri variabel biaya pesan gudang distribusi berdasarkan (Ben-Daya and Hariga, 2004) dan biaya simpan gudang distribusi berdasarkan Poorbagheri et al. (2013), serta pada kendala dengan menambahkan kapasitas gudang berdasarkan (Sadeghi, et al 2015), frekuensi pengiriman pada *retail mining* berdasarkan (Chopra and Meindl (2007) dan *order quantity* gudang pusat berdasarkan (Pasandideh et al., 2014) pada Poorbagheri ini mempertimbangkan *single product* dan tidak mempertimbangkan *lead time* Sehingga fungsi tujuan pada pengembangan model ini fungsi tujuan dalam penelitian ini meminimasi total persediaan dalam rantai pasok dengan variabel keputusan menentukan *order quantity* masing-masing *retail mining* (q_{ij}), *reorder point* masing-masing *retail mining* (r_{ij}), frekuensi pengiriman ke masing-masing *retail mining* untuk setiap periode (n_{ij}), dan *order quantity* gudang pusat distribusi (Q_i). Terdapat *vendor*, beberapa *retail mining*, dan banyak *spare part* yang harus dikelola, maka pengembangan model dilakukan dengan mempertimbangkan *single vendor multi-retailer single warehouse* dan *multi-product*.



Gambar 2.7 Model Konseptual Supply Chain

Dalam kasus ini perusahaan dipertambahan memiliki 5 *retail mining* dan 1 gudang pusat. Selama ini masalah yg dihadapi perusahaan itu setiap retail mining melakukan pemesanan sendiri-sendiri ke gudang pusat berdasarkan acuan expert judgement. Sehingga Gudang Pusat mengirim barang berdasarkan permintaan retail mining dan di gudang pusat pesen ke distributor berdasarkan acuan expert judgement. Akhirnya sering kali *stok di retail mining stockout* maupun *overstock* disetiap *retail mining*. sehingga gudang pusat tidak bisa memenuhi permintaan *retail mining* karena pesen ke distributornya terlalu sedikit. Pengiriman produk ke setiap retail mining memiliki dua cara, yang pertama yaitu barang dikirim langsung dari *supplier* ke *retail mining*, dan cara yang kedua yaitu barang dikirim dari *supplier* ke gudang pusat kemudian dikirim ke setiap *retail mining*, sehingga untuk model yang diusulkan mengintegrasikan antara gudang pusat distribusi dan *retail mining* sehingga dalam proses kebutuhan *spare part* di retail lebih dikontrol sama gudang pusat distribusi sehingga bisa mengurangi *stockout* maupun *overtstock* disetiap *retail mining* agar bisa memenuhi kebutuhan *customer*.



Gambar 2.8 Pengembangan Model Supply Chain

Sistem yang ingin diajukan adalah di mana gudang pusat berperan sebagai pengatur alokasi untuk setiap *retail mining* perlu adanya pengelolaan persediaan terintegrasi antara gudang pusat distribusi dan *retail mining* sehingga tidak akan ada lagi PO (*Purchase Order*) yang dikirim dari setiap *retail mining*. Gudang pusat akan menentukan kuantitas produk yang dikirim ke setiap retail mining berdasarkan data penjualan historis. Selain alokasi yang tepat untuk setiap retail mining, hal lain yang penting untuk diperhatikan adalah frekuensi pengiriman dan

reorder point, atau titik di mana pengadaan barang perlu dilakukan kembali. Hal ini untuk menjaga persediaan di setiap *retail mining* agar tetap dapat memenuhi kebutuhan *customer* dan meminimalisir kemungkinan *lost sales*.

Adapun notasi model matematika yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

Index :

- j : 1,2,3,..., k : *retail mining* ke- j sampai ke- k
- i : 1,2,3,..., p : produk ke- i sampai ke- p
- k : Jumlah *retail mining*
- p : Jumlah produk *spare part*

Variabel Keputusan :

- q_{ij} : *Order quantity spare part i* pada *retail mining j*
- n_{ij} : Frekuensi pengiriman *spare part i* dari gudang pusat distribusi ke *retail mining j*
- r_{ij} : *Reorder point spare part i* pada *retail mining j*
- Q_i : *Order quantity spare part* pada gudang pusat distribusi

Parameter :

- $dmax_{ij}$: Permintaan maksimum *spare part i* pada *retail mining j*
- $dmin_{ij}$: Permintaan minimum *spare part i* pada *retail mining j*
- d_{ij} : Permintaan *spare part i* pada *retail mining j*
- Ar_{ij} : Biaya pesan *spare part i* pada *retail mining j*
- Av_i : Biaya pesan *spare part i* pada gudang pusat distribusi
- I_{ij} : Rata-rata persediaan *spare part i* pada *retail mining j*
- Iv_i : Rata-rata persediaan *spare part i* pada gudang pusat distribusi
- SS_{ij} : *Safety stock spare part i* pada *retail mining j*
- LT_{ij} : *Lead time* pengiriman *spare part i* dari gudang pusat distribusi ke *retail mining j*
- h_{ij} : Biaya simpan *spare part i* pada *retail mining j*
- H_i : Biaya simpan *spare part i* pada gudang pusat distribusi

$\hat{\delta}_{ij}$	: Biaya kekurangan persediaan <i>spare part i</i> pada <i>retail mining j</i>
At_{ij}	: Biaya transportasi <i>spare part i</i> dari gudang pusat distribusi ke <i>retail mining j</i>
SL_{ij}	: <i>Service level spare part i</i> pada <i>retail mining j</i>
f_i	: Volume produk <i>i</i>
Fr_j	: Volume <i>retail mining j</i>
F	: Volume gudang pusat distribusi
$TPRM$	: Total biaya pesan <i>retail mining</i>
TPG	: Total biaya pesan gudang pusat distribusi
$TSRM$	: Total biaya simpan <i>retail mining</i>
TSG	: Total biaya simpan gudang pusat distribusi
TKP	: Total biaya kekurangan persediaan
TTR	: Total biaya transportasi
TC	: Total biaya persediaan

2.11 Posisi Penelitian

Beberapa penelitian telah dilakukan yang kaitannya dengan pengembangan model. Pasandideh *et al.* (2011) melakukan penelitian terkait dengan penerapan VMI pada kondisi *single-vendor single-retailer, multi-product* dengan fungsi tujuan untuk melakukan minimasi terhadap total biaya pada sistem untuk menentukan nilai *order quantity* dan maksimum level *backorder*.

Nia *et al.* (2014) melakukan penelitian terkait dengan penerapan VMI dalam kondisi *single vendor single-buyer multiple product* dengan pertimbangan terhadap permintaan, kapasitas penyimpanan, dan *order quantity* yang bersifat *fuzzy*.

Pasadindeh *et al.* (2014) melakukan penelitian terkait dengan penerapan VMI pada kondisi *single-vendor multi-retailer, multi-product* dengan dua fungsi tujuan yaitu untuk melakukan maksimasi terhadap *net profit* yang didapatkan oleh pihak manufaktur dalam hal ini dianggap sebagai *vendor* dalam VMI dan maksimasi *net profit* dari seluruh *retailer* dengan menentukan harga *wholesale*

untuk tiap produk yang dijual ke setiap *retailer*, rasio *backlog* dan siklus waktu *replenishment*.

Sadeghi *et al.* (2014) melakukan penelitian terkait dengan *vendor manage inventory* dengan kondisi *single-vendor multi-retailer single-product* yang juga mempertimbangkan permasalahan dalam transportasi dengan pertimbangan permintaan bersifat *fuzzy* dengan tujuan untuk meminimasi total biaya sistem dengan menentukan *order quantity*, frekuensi *replenishment* dan rute pengiriman ke *retailer*.

Poorbagheri *and* Niaki (2015) melakukan pengembangan model matematis untuk *vendor manage inventory* untuk *multi-vendor, multi-retailer dan single-product* dengan pertimbangan permintaan bersifat probabilistik dan waktu siklus *replenishment* yang tidak sama. Penelitian ini ditujukan untuk meminimasi biaya dalam sistem VMI dengan *decision variable order quantity* bagi *vendor*, *order quantity* bagi *retailer*, frekuensi *replenishment* dari *vendor* ke setiap *retailer*, *order point* dari tiap *retailer*, waktu siklus *replenishment*, dan kuantitas *overstock* dari tiap *retailer*.

Selain itu dalam penelitiannya, Mateen *and* Chatterjee (2015) melakukan penelitian dengan membandingkan empat model VMI berbeda dengan kondisi *single-vendor multi-retailer multi product* yang ditujukan untuk meminimasi biaya dari sistem VMI tersebut. Model pertama yang diajukan berupa model VMI dengan sistem konsinyasi dimana produk akan menjadi milik *vendor* hingga produk tersebut terjual dengan pengiriman ke setiap *retailer* dilakukan secara siklus. Selanjutnya model kedua VMI yang mengajukan bahwa pengiriman yang dilakukan ke setiap *retailer* pada waktu yang sama dengan *order quantity* yang seragam setiap kali melakukan pengiriman ke *retailer*. Dalam model ketiga, *vendor* melakukan *replenishment* kepada *retailer* juga dalam *order quantity* yang seragam namun *replenishment* pada saat stok yang ada di *retailer* habis. Selanjutnya dalam model keempat, *vendor managed inventory* diajukan untuk mempertimbangkan adanya perbedaan dalam *order quantity* setiap kali *replenishment*, dimana *order quantity* akan dikirimkan dengan nilai yang meningkat setiap waktunya. Dari penelitian tersebut dapat diidentifikasi bahwa model keempat menghasilkan biaya yang paling minimum.

Pasandideh (2011) model kuantitas pesanan ekonomi (EOQ) pertama kali dikembangkan untuk rantai pasok dua tahap yang terdiri dari multi produk, *single vendor* dan *single retailer*, dimana kekurangannya diberi *backorder*, gudang pemasok memiliki kapasitas terbatas dan ada batas atas jumlah pemesanan.

Sistem ini, *vendor* menggunakan informasi *retailer* dalam pengambilan keputusan mengenai *replenishment* dan memasok pesanan ke *retailer* sesuai dengan kebijakan (R, Q). Karena model masalah ini adalah model *integer non linier programming*, sehingga algoritma genetika kemudian diusulkan untuk menemukan jumlah pesanan dan tingkat *backorder* maksimum sehingga total biaya persediaan rantai pasokan diminimalkan dan untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerjanya dengan pendekatan kebijakan penalti itu diambil untuk mengevaluasi fungsi dari algoritma genetika. Sehingga posisi penelitian terdahulu diringkas. Adapun posisi terdahulu dan GAP penelitian ini ditunjukkan pada tabel 2.1 dan tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Tahun	Penulis	Judul	Tujuan	Kesimpulan	Future Research
2007	Nachiappan and Jawahar	A genetic algorithm for optimal operating parameters of VMI system in a two-echelon supply chain	Menentukan profit dari rantai pasokan, dan harga kontrak antara penjual dan pembeli	GA diusulkan untuk mendapatkan parameter operasi kuantitas penjualan yang optimal dan untuk mendapatkan parameter operasional harga jual yang optimal dan harga kontrak diterima.	mempertimbangkan biaya distribusi terhadap produk dan menggabungkan transportasi tetap untuk menggambarkan biaya riil transportasi dan mengasumsikan lead time, backlog dan stockout
2010	Darwish and Odah	Vendor managed inventory model for single-vendor multi-retailer supply chains	mengembangkan model rantai pasok dengan single vendor dan multi retail pada pendekatan VMI.	mengembangkan sebuah model yang secara eksplisit dimasukkan perjanjian kontrak VMI menjadi rantai pasokan multi retail jenis kontrak, retail dibebaskandari biaya pemesanan.	mempertimbangkan kasus ketika probablistik dimasukkan ke dalam pola permintaan
2011	Pasandideh et al.	A genetic algorithm for vendor managed inventory control system of multi-product multi-constraint model EOQ	Untuk menentukan jumlah pesanan dan tingkat backorder maksimum produk dalam siklus sehingga biaya persediaan total rantai pasok bisa diminimalkan	Model ini dengan mengasumsikan beberapa produk di mana kekurangan backorder dan penyimpanan memiliki kapasitas terbatas	Mempertimbangkan rantai pasokan multi-eselon seperti : multiple-pemasok multiple-retail.
2011	Sadeghi et al.	A parameter-tuned Genetic Algorithm for Vendor Managed Inventory Model for a Case Single-vendor Single-retailer with Multi-product and Multi-constraint.	mengembangkan sebuah model persediaan dalam kondisi multi-produk dan multi-kendala untuk <i>vendor managed inventory</i> (VMI)	Mengembangkan model inventory multi produk dan multi kendala untuk sistem persediaan yang dikelola vendor (VMI) dalam dua pesawat rantai pasok	Mempertimbangkan dengan kasus VMI multi vendor multi retailer dengan mempertimbangkan lead time dengan demand stocastik.

Tahun	Penulis	Judul	Tujuan	Kesimpulan	Future Research
2012	Yang et al.	Optimizing replenishment polices using Genetic Algorithm for single-warehouse multi-retailer system	untuk menentukan kebijakan kapan replenishment dan berapa banyak unit yang diperlukan untuk dikirim dari pemasok ke gudang dan dari gudang ke retail sehingga dapat meminimalkan total transportasi, persediaan dan kekurangan biaya	Multi retailer, multi-produk dan masalah multi-periode dalam system SWMR dengan backlog dan kapasitas transportasi.	Penelitian lebih lanjut juga diperlukan untuk menguji efektivitas algoritma dalam skenario masalah manufaktur lebih dibatasi dan kompleks
2012	Taleizadeh et al.	Multi product multiple-buyer single-vendor supply chain problem with stochastic demand, variable lead-time, and multi-chance constraint	untuk menentukan urutan ulang dan jumlah pesanan setiap produk untuk setiap pembeli sehingga total biaya rantai diminimalkan	Single vendor multi-buyer dengan model matematis yang mencakup biaya transportasi, biaya pesan, dan stockout sehingga PSO dan GA untuk menyelesaikan	multi-vendor dapat dipertimbangkan demand Probabilistik atau fuzzy lead-time dapat digunakan.
2013	Costantino	Multi-echelon, multi-indenture spare parts inventory control subject to system availability and budget constraints	untuk memberikan alokasi suku cadang LRUs dan SRUs untuk kedua LWS dan CD: sebagai kegagalan item pada pesawat terbang dan menentukan tingkat stock untuk setiap jenis spare part di gudang masing-masing daerah dan di depot pusat	model dikembangkan untuk meminimalkan sistem yang luas diharapkan backorder. Sebuah algoritma pemecahan, berdasarkan metode analisis marjinal, menentukan tingkat stocking untuk setiap jenis spare part di gudang masing-masing daerah dan di depot pusat.	Model mempertimbangkan mana daya tahan panjang spare part yang menciptakan risiko yang terkait dengan lead time pasokan suku cadang dari produsen ke depot pusat dan dari depot pusat ke gudang local
2015	Mateen	VMI for Single-Vendor Multi-Retailer Supply Chains under Stochastic Demand	Model pertama yang diajukan berupa model VMI dengan sistem consignment dimana produk akan menjadi milik <i>vendor</i> hingga produk tersebut terjual dengan pengiriman ke setiap <i>retailer</i> dilakukan secara siklus.	Single Vendor beberapa sistem VMI retail berdasarkan kontrak perjanjian penyimpanan di mana vendor harus mematuhi batas atas stok yang ditetapkan sebelumnya untuk persediaan disimpan di retail.	Persentase kesalahan meningkat dengan peningkatan waktu tunggu dan meningkat dengan peningkatan standar deviasi dari permintaan yang dihadapi oleh retail

Tahun	Penulis	Judul	Tujuan	Kesimpulan	Future Research
2015	Poorbagheri and Niaki	Vendor Managed Inventory of a Single-vendor Multiple-retailer Single-warehouse Supply Chain under Stochastic Demands	untuk menemukan frekuensi pengisian kembali gudang, frekuensi pengisian kembali vendor, titik pesanan, dan jumlah pesanan retail agar total biaya persediaan rantai pasokan diminimalkan	Dalam model ini, retail menghadapi permintaan probabilistik dan ada batasan pada anggaran vendor. Sehingga tujuannya untuk menentukan waktu jumlah persediaan, replenishment, dan reorder point agar totalbiaya bisa diminimalkan	Kalibrasi parameter dari algoritma menggunakan metode statistik lain seperti RSM Memperluas model untuk multi-vendo, multi-retailer, multi-warehouse
2017	Wen.et al	Uncertain optimization model for multi-echelon spare parts supply system	sistem multi-eselon terdiri dari tiga eselon, yaitu, organisasi tingkat, tingkat menengah dan tingkat depot. Setiap eselon memiliki sebuah depot persediaan yang tepat, dalam model ini terkendala ketidakpastian spare partnya datang sehingga minimal model backorder sehingga bisa menentukan cadangan <i>spare part</i> dari gudang.	Sebuah model backorder diharapkan minimal dan model tingkat backorder minimal telah diusulkan dalam makalah ini, yang didasarkan pada sistem pasokan persediaan multi-eselon dan solusi optimal dengan algoritma genetika	lebih upaya diperlukan untuk meningkatkan model untuk beradaptasi dengan lingkungan aplikasi yang kompleks.

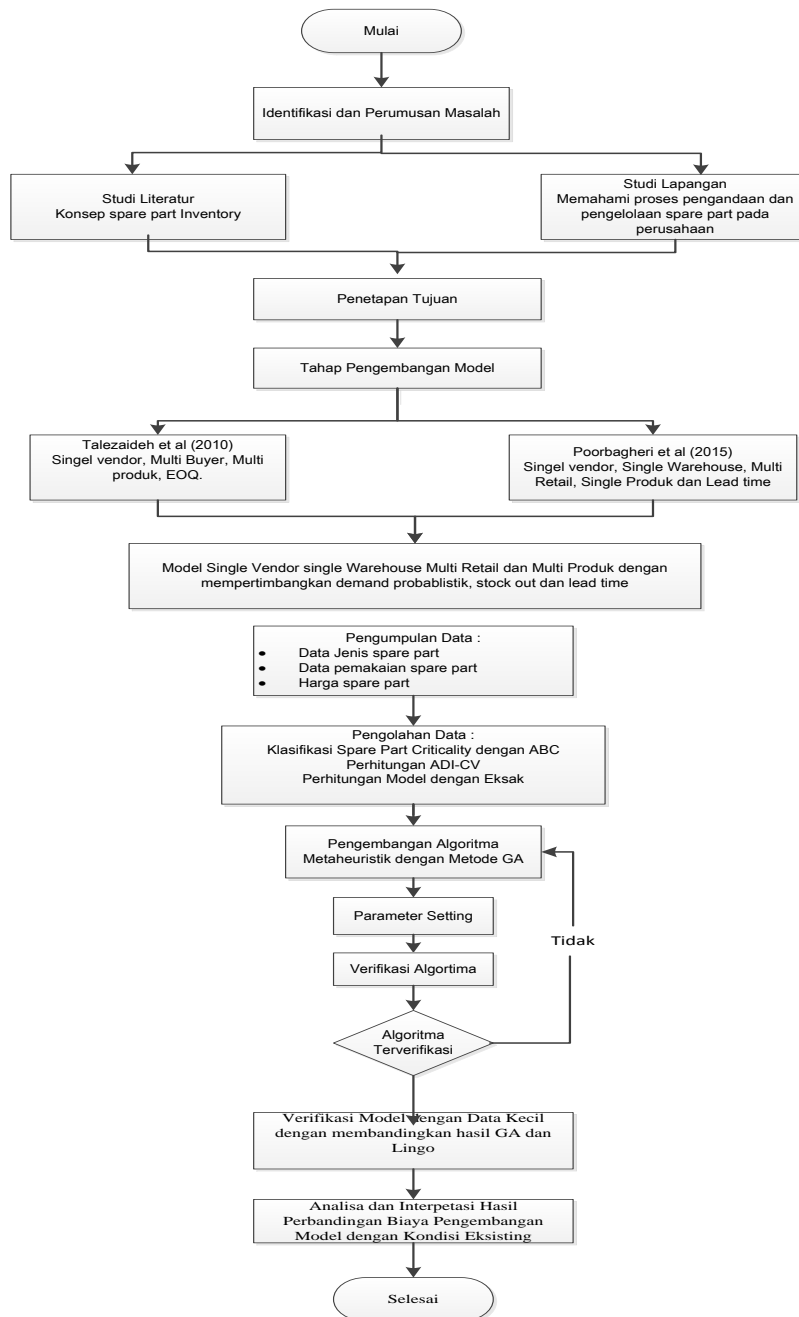
Tabel 2.2 GAP Penelitian

Karakteristik Penelitian	Darwish <i>et al.</i> (2010)	Sadeghi <i>et al.</i> (2011)	Yang <i>et al.</i> (2012)	Taleizadeh <i>et al.</i> (2012)	Sadeghi <i>et al.</i> (2013)	Costantino. <i>et al</i> (2013)	Pasandideh <i>et al.</i> (2014)	Mateen <i>et al</i> (2015)	Poorbaghi <i>et al.</i> (2015)	Penelitian ini (2018)
<u>Ruang Lingkup</u>	√	√	√	√	-	-	√	√	√	√
<i>Single Vendor</i>										
<i>Single Retail</i>	-	√	-	-	-	√	-	-	-	-
<i>Multi Vendor</i>	-	-	-	-	√	√	-	-	-	-
<i>Multi Retail</i>	√	-	√	√	√	-	√	√	√	√
<i>Single Warehouse</i>	-	-	√	-	√	-	-	-	√	√
<u>Product</u>										
<i>Single Product</i>	√	-	√	-	√	√	-	-	√	-
<i>Multi Product</i>	-	√	-	√	-	-	√	√	-	√
<u>Kebijakan Sistem</u>										
<i>Persediaan Consignment</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VMI	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
<u>Metode</u>										
Heuristik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GA	√	-	√	-	-	√	√	-	√	√
GA, PSO	-	-	-	√	√	-	-	-	-	-
Simulation	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-
<u>Tipe Permintaan</u>										
<i>Deterministik</i>	√	√	√	-	√	√	√	-	-	-
<i>Probabilistik</i>	-	-	-	√	-	-	-	√	√	√
<i>Lead Time</i>	-	-	-	√	-	-	-	-	-	√

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tahapan-tahapan dalam proses penelitian yang menjadi acuan agar penelitian berjalan secara sistematis dan terstruktur. Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 *Flow Chart* Penelitian

3.1 Tahap Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah-masalah yang terjadi dalam perusahaan. Pengidentifikasian dilakukan dengan pengamatan dan wawancara dengan pihak internal perusahaan.

3.2 Tahap Studi Literatur dan Studi Lapangan

Pada tahap ini akan dilakukan studi literatur serta studi lapangan. Studi literatur ini digunakan sebagai dasar atau pedoman dalam menyelesaikan masalah dan mencapai tujuan penelitian. Untuk studi literatur dilakukan pencarian literatur yang terkait dengan penelitian baik melalui buku, jurnal, maupun Tesis yang telah dikerjakan sebelumnya terutama mengenai *spare part inventory*. Sedangkan untuk studi lapangan dilakukan pengamatan secara langsung pada perusahaan. Pengamatan yang dilakukan adalah mengamati dan memahami proses pengadaan dan pengelolaan *spare part* di perusahaan.

3.3 Tahap Pengembangan Model

Pada tahap ini, dilakukan pengembangan model untuk kasus *single vendor single warehouse, multi retail mining multi product* dengan mempertimbangkan *demand probablistik, stok out* dan *lead time*. Model acuan yang digunakan dalam pengembangan model pada penelitian ini adalah penelitian Taleizadeh et al.(2010) dan Poorbagheri, et al. (2015), Penelitian ini merupakan pembuatan model matematis dari kombinasi penelitian antara penelitian Taleizadeh et al. (2010) tentang *single vendor multi buyer multi product* dan pada penelitian Poorbagheri, et al. (2015) tentang *single vendor single warehouse multi retail* dengan mempertimbangkan *demand probabilistik, stockout* dan *lead time*.

Untuk memastikan model matematis ini dibutuhkan perhitungan dengan memperhatikan seluruh konstrain. Beberapa konstrain pada penelitian ini adalah *service level*, kapasitas gudang, kapasitas *retail mining*, frekuensi pengiriman *retail mining* dan *order quantity* gudang pusat distribusi. Fungsi tujuan pada penelitian ini adalah untuk meminimalkan total biaya persediaan dengan variabel keputusan yaitu menentukan *order quantity* masing-masing *retail mining* (q_{ij}),

reorder point masing-masing *retail mining* (r_{ij}), frekuensi pengiriman ke masing-masing *retail mining* untuk setiap periode (n_{ij}), dan *order quantity* gudang pusat distribusi (Q_i).

3.4 Tahap Pengumpulan Data

Setelah masalah dalam perusahaan teridentifikasi, selanjutnya dilakukan pengumpulan data-data yang nantinya digunakan dalam penelitian. Pengumpulan data dilakukan dengan cara proses wawancara dengan pihak internal perusahaan dan data historis perusahaan. Adapun data yang dibutuhkan meliputi:

1. Data *maintenance spare part*
2. Data pemakaian *spare part*.
3. Data harga dan biaya pemesanan *spare part*
4. Data pemesanan atau penjualan *spare part*

3.5 Tahap Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengumpulan data, maka langkah selanjutnya dilakukan pengolahan data dilakukan untuk menggunakan data yang telah dikumpulkan agar dapat diketahui informasi yang berguna untuk penentuan strategi manajemen persediaan. Berikut ini merupakan tahap-tahap dalam melakukan pengolahan data.

3.5.1 Pengklasifikasian Spare Part

Dalam tahap awal pengolahan data akan dilakukan pemetaan karakteristik *spare part* berdasarkan data pemakaian dengan tingkat *critically spare part*. Dalam metode klasifikasi ini akan ditentukan tingkat kepentingan *spare part* menjadi tinggi, sedang dan rendah.

3.5.2 Pengolahan Data

Setelah data dari penelitian sudah dikumpulkan, maka data akan diolah agar bisa menjadi *input* pada model. Langkah-langkah pengolahan data dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengklasifikasian *spare part* berdasarkan data pemakaian dan *criticality*.
2. Perhitungan biaya persediaan

3.5.3 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi dan validasi dilakukan pada model matematis yang dibuat untuk memastikan apakah model tersebut sesuai antara logika pembangun model dan kondisi riil. Verifikasi adalah pengecekan model matematis yang dibangun apakah sesuai secara logis dan matematis. Sedangkan validasi adalah tahap penentuan apakah model yang dibangun sesuai dengan kondisi permasalahan yang ada. Validasi dilakukan dengan membandingkan total biaya yang dihasilkan dari model perhitungan dengan kondisi riil perusahaan. Validasi model dilakukan dengan menggunakan data sederhana. Apabila model telah terverifikasi dan tervalidasi maka dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya.

3.6 Analisa dan Interpretasi

Setelah dilakukan verifikasi dan tahap selanjutnya hasil dilakukan analisa mengenai hasil yang telah diperoleh dari hasil pengolahan data. Analisis yang akan dilakukan meliputi perbandingan total biaya dari hasil pengembangan model dan kondisi eksisting, dan uji sensitivitas.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan secara umum dari hasil yang telah diperoleh maupun proses pemecahan masalah itu sendiri, disertai pula dengan saran-saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya dan perusahaan objek penelitian.

BAB IV

PENGEMBANGAN MODEL

Pada Bab ini merupakan penjelasan dari pengembangan model matematis dengan kasus *single vendor*, *single warehouse*, *multi retail mining* dan *multi product spare part* dan biaya-biaya yang akan digunakan dalam penelitian ini.

4.1 Parameter Model dan Variabel Keputusan

Index :

- j : 1,2,3,..., k : *retail mining* ke- j sampai ke- k
 i : 1,2,3,..., p : produk ke- i sampai ke- p
 k : Jumlah *retail mining*
 p : Jumlah produk *spare part*

Variabel Keputusan :

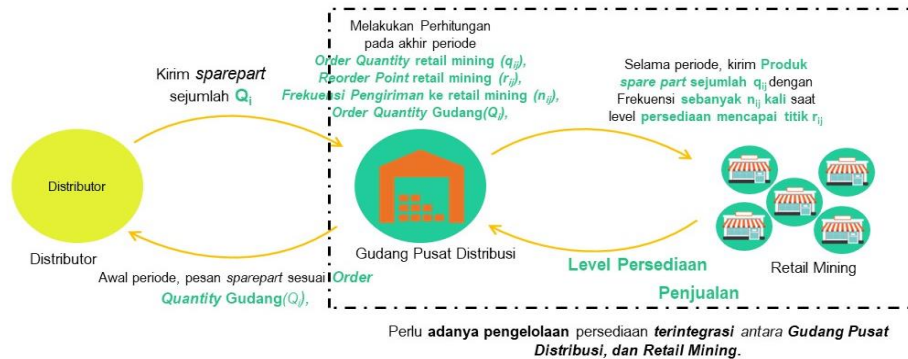
- q_{ij} : *Order quantity spare part* i pada *retail mining* j
 n_{ij} : Frekuensi pengiriman *spare part* i dari gudang pusat distribusi ke *retail mining* j
 r_{ij} : *Reorder point spare part* i pada *retail mining* j
 Q_i : *Order quantity spare part* pada gudang pusat distribusi

Parameter :

- $dmax_{ij}$: Permintaan maksimum *spare part* i pada *retail mining* j
 $dmin_{ij}$: Permintaan minimum *spare part* i pada *retail mining* j
 d_{ij} : Permintaan *spare part* i pada *retail mining* j
 Ar_{ij} : Biaya pesan *spare part* i pada *retail mining* j
 Av_i : Biaya pesan *spare part* i pada gudang pusat distribusi
 I_{ij} : Rata-rata persediaan *spare part* i pada *retail mining* j
 Iv_i : Rata-rata persediaan *spare part* i pada gudang pusat distribusi
 SS_{ij} : *Safety stock spare part* i pada *retail mining* j
 LT_{ij} : *Lead time* pengiriman *spare part* i dari gudang pusat distribusi ke *retail mining* j perbulan

h_{ij}	: Biaya simpan <i>spare part i</i> pada <i>retail mining j</i>
H_i	: Biaya simpan <i>spare part i</i> pada gudang pusat distribusi
$\hat{\delta}_{ij}$	: Biaya kekurangan persediaan <i>spare part i</i> pada <i>retail mining j</i>
At_{ij}	: Biaya transportasi <i>spare part i</i> dari gudang pusat distribusi ke <i>retail mining j</i>
SL_{ij}	: <i>Service level spare part i</i> pada <i>retail mining j</i>
f_i	: Volume produk <i>i</i>
Fr_j	: Volume <i>retail mining j</i>
F	: Volume gudang pusat distribusi
$TPRM$	: Total biaya pesan <i>retail mining</i>
TPG	: Total biaya pesan gudang pusat distribusi
$TSRM$	: Total biaya simpan <i>retail mining</i>
TSG	: Total biaya simpan gudang pusat distribusi
TKP	: Total biaya kekurangan persediaan
TTR	: Total biaya transportasi
TC	: Total biaya persediaan

4.2 Pengembangan Model Matematis



Gambar 4.1 Pengembangan Model Matematis

Sistem yang ingin diajukan adalah di mana gudang pusat berperan sebagai pengatur alokasi untuk setiap *retail mining* perlu adanya pengelolaan persediaan terintegrasi antara gudang pusat distribusi dan *retail mining* sehingga tidak akan ada lagi PO yang dikirim dari setiap retail mining. Gudang pusat akan menentukan kuantitas produk yang dikirim ke setiap retail mining berdasarkan data penjualan historis. Selain alokasi yang tepat untuk setiap retail mining, hal lain yang penting untuk diperhatikan adalah frekuensi pengiriman dan reorder point, atau titik di mana pengadaan barang perlu dilakukan kembali. Hal ini untuk menjaga persediaan di setiap *retail mining* agar tetap dapat memenuhi kebutuhan customer dan meminimalisir kemungkinan *lost sales*.

Dalam kasus pada perusahaan ini, *retail mining*, $j = 1, 2, \dots, k$ melakukan pemesanan terhadap produk, $i = 1, 2, 3, \dots, p$ dengan *lot size* sebesar q_{ij} kepada gudang pusat distribusi untuk memenuhi permintaan, dalam pengembangan model ini diasumsikan data permintaan mengikuti distribusi *continuous uniform*. Masing-masing *retail mining* akan menerima pengiriman produk sebanyak n_{ij} kali pengiriman, sehingga gudang pusat distribusi akan melakukan pemesanan kepada distributor dengan *order quantity* sebesar $Q_i = \sum_{j=1}^k n_{ij} q_{ij}$. *Retail mining* j^{th} akan melakukan pemesanan ketika tingkat persediaan mencapai *reorder point* r_{ij} . Selanjutnya, terdapat batasan untuk nilai minimum *service level* dari masing-masing *spare part* untuk setiap *retail mining*. Selain itu, baik *retail mining* maupun gudang pusat distribusi memiliki area penyimpanan produk *spare part*

yang terbatas. Fungsi tujuan meminimasi total biaya persediaan yang terdiri persediaan, adapun biaya persediaan yang dipertimbangkan terdiri dari biaya pesan, biaya simpan, biaya kekurangan persediaan, dan biaya transportasi, dan variabel keputusan dalam penelitian ini yaitu menentukan *order quantity* masing-masing *retail mining* (q_{ij}), *reorder point* masing-masing *retail mining* (r_{ij}), frekuensi pengiriman ke masing-masing *retail mining* untuk setiap periode (n_{ij}), dan *order quantity* gudang pusat distribusi (Q_i). Terdapat *single vendor*, *single warehouse*, *multi retail mining*, dan *multi product spare part* yang harus dikelola, maka pengembangan model matematis dilakukan dengan mempertimbangkan *single vendor*, *single warehouse*, *multi retail mining* dan *multi product*.

4.2.1 Biaya Pesan

Dalam kasus ini, biaya pesan yang diperhitungkan terdiri dari dua jenis yaitu biaya pesan pada masing-masing *retail mining* dan biaya pesan pada gudang pusat distribusi.

1. Biaya Pesan *Retail Mining*

Berdasarkan Pasandideh *et al.*, (2014), biaya pesan *retail mining* merupakan hasil kali jumlah pemesanan per periode $\frac{d_{ij}}{q_{ij}}$ dengan biaya per pemesanan Ar_{ij} , sehingga total biaya pesan *retail mining* (TPRM) dihitung dengan persamaan berikut (Pasandideh *et al.*, 2014).

$$TPRM = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^k Ar_{ij} \frac{d_{ij}}{q_{ij}} \quad (4.40)$$

2. Biaya Pesan Gudang Pusat Distribusi

Pada paper Taleizadeh *et al.* (2012) tidak mempertimbangkan biaya pesan gudang pusat distribusi sehingga pada pengembangan model ini dilakukan penambahan *variabel* tersebut, dimana berdasarkan (Ben-Daya and Hariga, 2004).

Gudang pusat distribusi melakukan pengiriman sebanyak n_{ij} kali untuk setiap *spare part* i kepada masing-masing *retail mining* j

dengan jumlah kuantitas sebesar q_{ij} . Sehingga *order quantity* gudang pusat distribusi Q_i untuk masing-masing *spare part* merupakan hasil kali frekuensi pengiriman dengan *order quantity spare part* untuk seluruh *retail mining* seperti berikut (Ben-Daya and Hariga, 2004).

$$Q_i = \sum_{j=1}^k n_{ij}q_{ij} \quad (4.41)$$

Dengan asumsi bahwa permintaan gudang pusat distribusi untuk masing-masing *spare part* sama dengan total permintaan *spare part* dari seluruh *retail mining*, maka total biaya pesan gudang pusat distribusi (TPG) dihitung sebagai berikut.

$$TPG = \sum_{i=1}^p Av_i \frac{\sum_{j=1}^k d_{ij}}{Q_i} \quad (4.42)$$

$$TPG = \sum_{i=1}^p Av_i \frac{\sum_{j=1}^k d_{ij}}{\sum_{j=1}^r n_{ij}q_{ij}} \quad (4.43)$$

$$TPG = \sum_{i=1}^p Av_i \sum_{j=1}^k \frac{d_{ij}}{n_{ij}q_{ij}} \quad (4.44)$$

Dimana Av_i merupakan biaya per pemesanan *spare part* untuk gudang pusat distribusi.

4.2.2 Biaya Simpan

Seperti halnya biaya pesan, biaya simpan yang diperhitungkan juga terdiri dari dua jenis yaitu biaya simpan pada masing-masing *retail mining* dan biaya simpan pada gudang pusat distribusi.

1. Biaya Simpan *Retail Mining*

Perkiraan jumlah persediaan *spare part* di masing-masing *retail mining* per unit waktu didefinisikan sebagai berikut (Taleizadeh *et al.*, 2012).

$$I_{ij} = \frac{q_{ij}}{2} + SS_{ij} \quad (4.45)$$

Dimana SS merupakan *safety stock* dari *spare part* pada setiap *retail mining*. Oleh karena dalam kasus ini, kekurangan persediaan

dianggap sebagai *lost sales* maka fungsi *safety stock* dinyatakan sebagai berikut (Taleizadeh *et al.*, 2012).

$$SS_{ij} = r_{ij} - d_{ij}(LT_{ij}) + \bar{b}_{ij}(r_{ij}, q_{ij}) \quad (4.46)$$

Dimana LT_{ij} merupakan *lead time* pengiriman untuk masing-masing *spare part* dari gudang pusat distribusi ke setiap *retail mining.*, maka nilai *expected shortage per cycle* $\bar{b}_{ij}(r_{ij}, q_{ij})$ didefinisikan melalui persamaan berikut.

$$\bar{b}_{ij}(r_{ij}, q_{ij}) = \int_{r_{ij}}^{dmax_{ij}} (X_{ij} - r_{ij}) \frac{1}{dmax_{ij} - dmin_{ij}} dx \quad (4.47)$$

$$\bar{b}_{ij}(r_{ij}, q_{ij}) = \frac{(X_{ij} - r_{ij})^2}{2(dmax_{ij} - dmin_{ij})} \Big|_{r_{ij}}^{dmax_{ij}} \quad (4.48)$$

$$\bar{b}_{ij}(r_{ij}, q_{ij}) = \frac{(dmax_{ij} - r_{ij})^2}{2(dmax_{ij} - dmin_{ij})} \quad (4.49)$$

Jika biaya simpan setiap *spare part* di masing-masing *retail mining* adalah h_{ij} dan dengan melakukan substitusi Persamaan 4.49 ke dalam Persamaan 4.46 serta substitusi Persamaan 4.46 ke dalam Persamaan 4.45, maka total biaya simpan pada seluruh *retail mining* (TSRM) adalah sebagai berikut.

$$TSRM = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n h_{ij} \left[\frac{q_{ij}}{2} + r_{ij} - d_{ij}(LT_{ij}) + \frac{(dmax_{ij} - r_{ij})^2}{2(dmax_{ij} - dmin_{ij})} \right] \quad (4.50)$$

2. Biaya Simpan Gudang Pusat Distribusi

Pada Taleizadeh *et al.* (2012) tidak mempertimbangkan biaya simpan gudang distribusi sehingga pada pengembangan model ini dilakukan penambahan variabel biaya simpan gudang distribusi pada gudang pusat distribusi, dimana berdasarkan Poorbagheri *et al.* (2013), rata-rata jumlah persediaan pada gudang pusat distribusi untuk setiap *spare part* didefinisikan melalui persamaan berikut.

$$v = ((Q - q) + (Q - 2q) + (Q - 3q) + \dots + (Q - (n - 1)q) + 0)/n \quad (4.51)$$

Selanjutnya persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi persamaan berikut.

$$Iv = \frac{(n-1)Q}{n} - \frac{q}{n}(1 + 2 + 3 + \dots + (n - 1)) \quad (4.52)$$

$$Iv = \frac{(n-1)nq}{n} - \frac{q(n-1)n}{n \cdot 2} \quad (4.53)$$

$$Iv = (n-1)q - \frac{(n-1)}{2}q \quad (4.54)$$

$$Iv = \frac{(n-1)}{2}q \quad (4.55)$$

$$Iv = \frac{q}{2}(n-1) \quad (4.56)$$

Sehingga jika H_i merupakan biaya simpan tiap produk pada gudang pusat distribusi, maka total biaya simpan gudang pusat distribusi (TSG) adalah sebagai berikut.

$$TPG = \sum_{i=1}^p H_i \sum_{j=1}^k \frac{q_{ij}}{2} (n_{ij} - 1) \quad (4.57)$$

$$Iv_i = \frac{(n_i+1)}{2} q_i \quad (4.58)$$

Sehingga jika H_i merupakan biaya simpan tiap *spare part* pada gudang pusat distribusi, maka total biaya simpan gudang pusat distribusi (TSG) adalah sebagai berikut.

$$TPG = \sum_{i=1}^p H_i \sum_{j=1}^k \frac{q_{ij}}{2} (n_{ij} - 1) \quad (4.59)$$

4.2.3 Biaya Kekurangan Persediaan

Selanjutnya, untuk menghitung biaya kekurangan persediaan maka, harus dilakukan perhitungan terhadap perkiraan jumlah *spare part* yang mengalami *lost sale*. Berdasarkan Taleizadeh *et al.* (2012) maka perkiraan jumlah *lost sale* didefinisikan melalui persamaan berikut.

$$L_{ij} = \frac{d_{ij}}{q_{ij}} \bar{b}_{ij}(r_{ij}, q_{ij}) \quad (4.60)$$

Dengan melakukan substitusi Persamaan 4.49 ke dalam Persamaan 4.59 maka didapatkan persamaan *lost sale* sebagai berikut.

$$L_{ij} = \frac{d_{ij}}{q_{ij}} \left(\frac{(d_{max_{ij}} - r_{ij})^2}{2(d_{max_{ij}} - d_{min_{ij}})} \right) \quad (4.61)$$

Jika biaya *lost sale* per produk *spare part* pada masing-masing *retail mining* adalah $\hat{\delta}_{ij}$, maka total biaya kekurangan persediaan (TKP) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$TKP = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^k \hat{\delta}_{ij} \frac{d_{ij}}{q_{ij}} \left(\frac{(dmax_{ij} - r_{ij})^2}{2(dmax_{ij} - dmin_{ij})} \right) \quad (4.62)$$

4.2.4 Biaya Transportasi

Perhitungan total biaya transportasi hampir sama dengan perhitungan biaya pesan pada masing-masing *retail mining*. Jika At_{ij} merupakan biaya transportasi per *spare part* ke masing-masing *retail mining*, maka total biaya transportasi (TTR) dihitung melalui persamaan sebagai berikut (Taleizadeh *et al.*, 2012).

$$TTR = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^k At_{ij} \frac{d_{ij}}{q_{ij}} \quad (4.63)$$

4.2.5 Kendala

Selanjutnya di dalam pengembangan model ini juga didefinisikan beberapa kendala sebagai berikut.

1. *Servicel Level*

Kendala pertama merupakan batasan minimum *service level* untuk masing-masing *spare part* pada masing-masing *retail mining*. Penentuan batas minimum *service level (SL)* selanjutnya mempengaruhi nilai minimum *reorder point* dari setiap *spare part* pada masing-masing *retail mining*. Menurut Taleizadeh *et al.* (2012) fungsi kendala untuk batasan minimum *service level* didefinisikan sebagai berikut.

$$r_{ij} \geq LT_{ij}[(dmax_{ij} - dmin_{ij})SL_{ij} + dmin_{ij}] \quad (4.64)$$

2. *Kapasitas Retail Mining*

Batasan kedua yaitu batasan ruangan yang tersedia pada masing-masing *retail mining*. Dengan perkiraan jumlah persediaan pada *retail mining* mengikuti Persamaan 4.45, sementara itu volume masing-masing *spare part* f_i dan total area yang tersedia pada masing-masing *retail mining* Fr_j maka batasan dari area pada masing-masing *retail mining* mengikuti persamaan berikut. Menurut Taleizadeh *et al.* (2012)

$$\sum_{i=1}^p \left[\frac{q_{ij}}{2} + r_{ij} - d_{ij}(LT_{ij}) + \frac{(dmax_{ij}-r_{ij})^2}{2(dmax_{ij}-dmin_{ij})} \right] f_i \leq Fr_j \quad (4.65)$$

3. Kapasitas Gudang

Seperti halnya batasan area pada *retail mining*, maka pada terdapat pula batasan untuk area gudang pusat distribusi. Jika perkiraan jumlah persediaan pada gudang pusat distribusi mengikuti Persamaan 4.55, sementara itu volume masing-masing *spare part* adalah f_i dan total area yang tersedia pada gudang pusat distribusi adalah F maka batasan dari area pada gudang pusat distribusi mengikuti persamaan berikut Berdasarkan Sadeghi *et al.* (2015),.

$$\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^k f_i \frac{q_{ij}}{2} (n_{ij} - 1) \leq F \quad (4.66)$$

4. Frekuensi Pengiriman *Retail Mining*

Pada Taleizadeh *et al.* (2012) tidak mempertimbangkan frekuensi pengiriman *retail mining* sehingga pada pengembangan model ini dilakukan penambahan variabel frekuensi pengiriman pada *retail mining*, menurut Chopra and Meindl (2007).

Selanjutnya merupakan persamaan untuk menentukan frekuensi pengiriman dari gudang pusat distribusikan setiap *retail mining*, dimana berdasarkan Chopra and Meindl (2007) merupakan hasil bagi permintaan produk *spare part* pada masing-masing *retail mining* dengan *order quantity retail mining* seperti pada persamaan berikut.

$$n_{ij} = \frac{d_{ij}}{q_{ij}} \quad (4.67)$$

5. Order Quantity Gudang Pusat Distribusi

Persamaan berikut ditunjukkan untuk menentukan kuantitas pemesanan gudang pusat distribusi untuk setiap *spare part*, dimana merupakan hasil kali dari frekuensi pengiriman *spare part* dengan *order quantity* masing-masing *retail mining* menurut (Pasandideh *et al.*, 2014).

$$Q_i = \sum_{j=1}^k n_{ij} q_{ij} \quad (4.68)$$

Model ini adalah pengembangan dari model Taleizadeh *et al.* (2012) dengan menambahkan gudang pusat distribusi yang terdiri dari variabel biaya pesan gudang distribusi berdasarkan (Ben-Daya *and* Hariga, 2004) dan biaya simpan gudang distribusi berdasarkan Poorbagheri *et al.* (2013), serta pada kendala dengan menambahkan Kapasitas Gudang berdasarkan (Sadeghi, *et al.* 2015), frekuensi pengiriman pada *retail mining* berdasarkan (Chopra *and* Meindl (2007) dan *order quantity* gudang pusat berdasarkan (Pasandideh *et al.*, 2014). Sehingga fungsi tujuan pada pengembangan model ini adalah minimasi total biaya, Selanjutnya, dengan menggabungkan Persamaan 4.40 hingga Persamaan 4.68 maka akan terbentuk pengembangan model *single vendor, single warehouse, multi retail mining* dan *multi product spare part* yang akan digunakan untuk kasus tersebut sebagai berikut.

$$\text{Min } TC = TPRM + TPG + TSRM + TSG + TKP + TTR$$

$$\begin{aligned} \text{Min } TC = & \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^k Ar_{ij} \frac{d_{ij}}{q_{ij}} + \sum_{i=1}^p Av_i \sum_{j=1}^k \frac{d_{ij}}{n_{ij}q_{ij}} + \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n h_{ij} \left[\frac{q_{ij}}{2} + r_{ij} - \right. \\ & \left. d_{ij}(LT_{ij}) + \frac{(d_{max_{ij}} - r_{ij})^2}{2(d_{max_{ij}} - d_{min_{ij}})} \right] + \sum_{i=1}^p H_i \sum_{j=1}^k \frac{q_{ij}}{2} (n_{ij} - 1) + \\ & \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^k \hat{\delta}_{ij} \frac{d_{ij}}{q_{ij}} \left(\frac{(d_{max_{ij}} - r_{ij})^2}{2(d_{max_{ij}} - d_{min_{ij}})} \right) + \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^k At_{ij} \frac{d_{ij}}{q_{ij}} \end{aligned} \quad (4.69)$$

s.t.:

$$r_{ij} \geq LT_{ij} [(D_{max_{ij}} - D_{min_{ij}})SL_{ij} + D_{min_{ij}}] ; \forall_i = 1, 2, \dots, p ; \forall_j = 1, 2, \dots, k \quad (4.70)$$

$$\sum_{i=1}^p \left[\frac{q_{ij}}{2} + r_{ij} - d_{ij}(LT_{ij}) + \frac{(d_{max_{ij}} - r_{ij})^2}{2(d_{max_{ij}} - d_{min_{ij}})} \right] f_i \leq Fr_i ; \forall_i = 1, 2, \dots, p ; \forall_j = 1, 2, \dots, k \quad (4.71)$$

$$\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^k f_i \frac{q_{ij}}{2} (n_{ij} - 1) \leq F ; \forall_i = 1, 2, \dots, p ; \forall_j = 1, 2, \dots, k \quad (4.72)$$

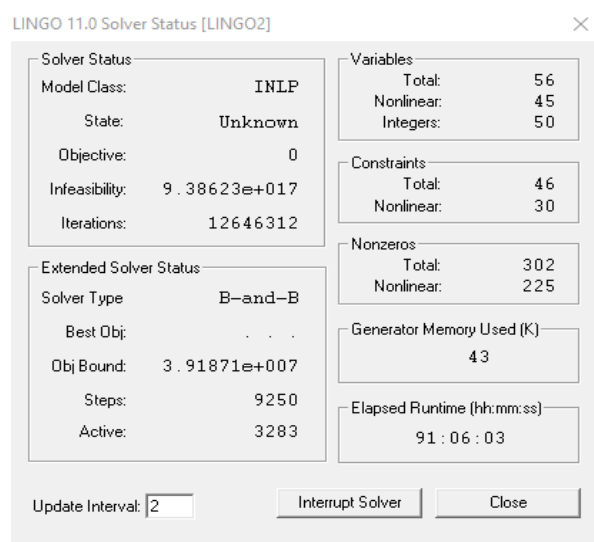
$$n_{ij} = \frac{d_{ij}}{q_{ij}} ; \forall_i = 1, 2, \dots, p ; \forall_j = 1, 2, \dots, k \quad (4.73)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^k n_{ij} q_{ij} ; \forall_i = 1, 2, \dots, p ; \forall_j = 1, 2, \dots, k \quad (4.74)$$

$$q_{ij}, n_{ij}, r_{ij}, Q_i \geq 0 \text{ Integer} ; \forall_i = 1, 2, \dots, p ; \forall_j = 1, 2, \dots, k \quad (4.75)$$

4.3 Penyelesaian dengan Metode Eksak

Pertama-tama, model di atas digunakan untuk menyelesaikan kasus 10 produk *spare part* dan 5 *retail mining* dengan metode eksak dengan menggunakan *solver* LINGO 11.0. Namun hasil pengolahan menunjukkan bahwa model masih proses running seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.11 yang berarti bahwa model tidak dapat diselesaikan dengan metode eksak dikarenakan membutuhkan waktu *running* yang cukup lama 91 jam sehingga diinterups hal ini menunjukkan pendekatan *linier programming* tidak sesuai, sehingga dibutuhkan pendekatan metaheuristik untuk menyelesaikannya. Adapun yang digunakan pendekatan metaheuristik *genetic algorithm* (GA) karena pada penelitian Sadeghi et al. (2013) yang sudah membandingkan hasil metode GA dan PSO hasilnya lebih bagus GA.



Gambar 4.2 Hasil Pengolahan pada LINGO 11.0 Setelah diinterups

4.4 Genetic Algorithm (GA)

4.4.1 Kromosom

Kromosom dalam GA berisi satu vektor solusi yang pada kasus ini terdiri dari variabel q_{ij} dan r_{ij} . Total jumlah variabel solusi yang direpresentasikan di dalam setiap kromosom dihitung berdasarkan dengan Persamaan 4.76 berikut.

$$\text{Jumlah variabel solusi} = p \times k \times 2 \quad (4.76)$$

Dimana:

p : jumlah produk *spare part*

k : jumlah *retail mining*

Dalam penelitian ini digunakan kasus dengan 10 jumlah produk *spare part* dan 5 *retail mining*, sehingga didapatkan sejumlah 100 variabel solusi. Sementara itu, setiap variabel solusi direpresentasikan oleh sejumlah *Nbit* bilangan biner, sehingga setiap kromosom akan terdiri dari sejumlah gen yang merupakan hasil kali jumlah variabel solusi dengan jumlah bit bilangan biner untuk setiap solusi seperti pada Persamaan 4.76 berikut. Penelitian ini menggunakan 10 bit bilangan biner untuk merepresentasikan setiap variabel solusi.

$$\text{Jumlah gen per kromosom} = \text{Jumlah variabel solusi} \times \text{Nbit} \quad (4.77)$$

Setiap kromosom dibangkitkan secara *random* dan dilakukan proses *decoding* untuk mendapatkan nilai kontinyus dari setiap variabel solusi dengan Persamaan 4.78 berikut (Suyanto, 2004).

$$x = Rb + (Ra - Rb) \times y \quad (4.78)$$

Dimana:

x : nilai kontinyus dari variabel solusi

Ra : batas atas nilai kontinyus dari variabel solusi

Rb : batas bawah nilai kontinyus dari variabel solusi

y : hasil perubahan bilangan biner ke dalam desimal

Sementara nilai y didapatkan berdasarkan Persamaan 4.79 berikut (Suyanto, 2004).

$$y = \sum_{k=1}^{Nbit} b_k \times 2^{(-k)} \quad (4.79)$$

Dimana:

k : 1, 2, 3, ..., Nbit

b_k : bilangan biner ke-k

4.4.2 Fungsi Evaluasi

Setiap solusi kromosom yang layak akan dievaluasi dengan memasukkan nilai variabel solusi kedalam fungsi pada Persamaan 4.76 untuk mendapatkan nilai total biaya persediaan. Selanjutnya karena fungsi tujuan merupakan fungsi minimasi, maka nilai *fitness* dihitung dengan persamaan $1 / \text{total biaya persediaan}$.

4.4.3 Elitisme

Elitisme dilakukan untuk menyalin individu terbaik yang didapatkan pada setiap generasi. Jika jumlah populasi genap maka kromosom disalin sebanyak bilangan genap, sedangkan jika jumlah populasi ganjil maka kromosom disalin sebanyak bilangan ganjil.

4.4.4 Seleksi

Proses seleksi dilakukan untuk memilih kromosom terbaik untuk mengalami proses pindah silang. Metode *roulette wheel* dan *linear rank selection* digunakan untuk melakukan proses seleksi.

4.4.5 Pindah Silang

Proses pindah silang merupakan proses untuk menghasilkan individu-individu baru (anak) berdasarkan dua kromosom induk yang terpilih pada proses seleksi. Dalam proses pindah silang, dilakukan pembangkitan bilangan *random* antara 0 sampai 1. Jika bilangan *random* yang dibangkitkan bernilai lebih kecil dibandingkan dengan probabilitas pindah silang, maka proses pindah silang akan dilakukan. Namun, jika bilangan *random* lebih besar maka proses pindah silang tidak dilakukan. Dalam kasus ini, pindah silang dilakukan dengan metode *one-point crossover*.

4.4.6 Mutasi

Mutasi memungkinkan munculnya solusi baru yang bukan berasal dari hasil pindah silang agar mencegah solusi terjebak pada kondisi *local optimum* (Santosa and Willy, 2011). Proses mutasi juga dilakukan melalui pembangkitan bilangan *random* 0 hingga 1. Bilangan *random* dibangkitkan sebanyak jumlah gen. Jika bilangan *random* lebih kecil dibandingkan dengan probabilitas mutasi maka mutasi akan berlangsung, dan sebaliknya. Karena dalam kasus ini gen pada setiap kromosom direpresentasikan dalam bentuk biner maka jika proses mutasi terjadi pada gen yang bernilai 1, maka gen tersebut akan berubah nilai menjadi 0. Sebaliknya jika nilai awal gen sebelum mutasi adalah 0, maka jika proses mutasi dilakukan, maka gen akan berubah nilai menjadi 1.

4.4.7 Setting Parameter

Parameter GA yang dipertimbangkan terdiri dari ukuran populasi, jumlah maksimum generasi, probabilitas pindah silang, dan probabilitas mutasi. Studi parameter dilakukan dengan cara 2^k factorial design. Kombinasi nilai parameter dievaluasi dengan rumus 2^k , dimana k merupakan jumlah faktor yang akan dievaluasi. Oleh karena parameter yang akan dievaluasi berjumlah 4, sehingga terdapat $2^4 = 16$ kombinasi parameter yang dievaluasi.

Untuk melakukan *pilot experiment* ini terlebih dahulu ditetapkan nilai awal untuk masing-masing parameter seperti pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Nilai Awal Parameter GA

Parameter	Nilai Awal
Ukuran Populasi	200
Maksimum Generasi	200
Probabilitas Pindah Silang	0.6
Probabilitas Mutasi	0.01

4.5 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi dan validasi dilakukan pada model matematis yang dibuat untuk memastikan apakah model tersebut sesuai antara logika pembangun model dan kondisi riil. Verifikasi adalah pengecekan model matematis yang dibangun apakah sesuai secara logis dan matematis. Sedangkan validasi adalah tahap penentuan apakah model yang dibangun sesuai dengan kondisi permasalahan yang ada. Verifikasi dan validasi dilakukan dengan membandingkan biaya/total cost yang dihasilkan dari model perhitungan dengan kondisi riil perusahaan.

Validasi model dilakukan dengan menggunakan data sederhana. validasi dilakukan dengan membandingkan total biaya yang dihasilkan dari model perhitungan pengembangan model dengan kasus kecil yang dilakukan dengan membandingkan hasil total biaya persediaan pada *software* lingo dan *software* matlab dengan metode algoritma genetika dengan kasus kecil. Apabila model

telah terverifikasi dan tervalidasi dengan selisih 1%-2% maka dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya.

BAB V

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

5.1 Pengumpulan Data

Pada sub bab 5.1 berisikan data-data yang diperlukan terkait penelitian ini. Data tersebut antara lain data *preventive maintenance spare part*, harga *spare part*, *lead time spare part* pada unit yang ada di area pertambangan sebagai berikut:

5.1.1 Data Preventive Maintenance

Berikut ini adalah data *preventive maintenance* yang dilakukan oleh perusahaan *retail mining* baik *preventive* maupun *corrective maintenance* selama 24 bulan terhitung pada bulan Januari 2017 hingga Maret 2018. Berikut ini data *preventive maintenance* bisa di lihat dibawah ini sebagai berikut:

Tabel 5.1. Data *Spare Part* yang digunakan *Preventive Maintenance*

Part Number	Dec	Bulan												Total
		1	2	3	4	5	6	7	..	21	22	23	24	
<i>Preventive Maintenance</i>														
2G-7184	Refill Kit	15	0	15	15	15	12	24	..	14	12	12	44	433
106-3969	Element As	47	43	23	24	24	0	0	.	25	26	26	27	548
106-3973	Element As	35	14	35	38	33	10	24	.	24	22	21	40	524
...
....
...
....

126-1813	Element- Filt	30	56	0	0	45	35	33	.	22	12	23	14	426
132-8875	Trans Filtr	6	8	13	14	14	17	15	..	23	22	18	15	429

5.1.2 Data Harga Spare Part

Tabel 5.2 dibawah ini menunjukkan ringkasan harga per satu unit *spare part* beserta dengan *lead time* nya.

Tabel 5.2 Data Harga Spare Part

Part Number	Dec	Harga Spare Part	Lead Time (bulan)
2G-7184	Refill Kit	Rp 2.028.460	1
106-3969	Element As	Rp 1.256.320	1
106-3973	Element As	Rp 1.086.650	1
126-1813	Element-Filt	Rp 1.086.650	
...
...
...
380-8941	Filter As	Rp 506.820	1
149-1912	Filter- Air	Rp 605.319	1
132-8875	Trans Filtr	Rp 775.885	1

(Sumber: Perusahaan *Retail Mining*, 2018)

Berdasarkan Tabel 5.2, dapat dilihat bahwa masing-masing *spare part* memiliki harga per unit *spare part* untuk tiap produk *spare part* yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

5.2 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini akan digunakan sebagai input ke dalam model matematis. Data yang diolah merupakan data rill perusahaan. Pengolahan data pada penelitian ini meliputi pengelompokan produk *spare part* serta perhitungan biaya persediaan.

5.2.1 Pengelompokan Spare Part

Pengelompokan *spare part* pada penelitian ini berdasarkan pada pola permintaan *spare part* serta *criticality* untuk setiap *spare part*

5.2.1.1 Pola Permintaan Spare Part

Pola permintaan *spare part* terdiri dari empat kategori, yaitu *slow moving*, *intermittent*, *errati* dan *lumpy*. Untuk menentukan pola *spare part* pada penelitian ini dilakukan perhitungan ADI dan CV. Rumus dari perhitungan *spare part* sendiri telah dijabarkan pada bab 2. Berikut merupakan hasil pengelompokkan *spare part* pada perusahaan *retail mining*

5.2.1.2 Criticality Spare Part

Penentuan *critical spare part* pada penelitian ini mempunyai beberapa pertimbangan berdasarkan atas wawancara yang telah dilakukan. Wawancara dilakukan dengan *staff* bagian *maintenance* pada perusahaan *retail mining*. Kriteria yang dipertimbangkan ada 3, yaitu harga *spare part*, dampak terhadap produksi, dan *maintainability*. Berikut ini merupakan kategori penilaian berdasarkan pada masing-masing kriteria.

Tabel 5.3 Penilaian berdasarkan kriteria harga *spare part*

Nilai	Harga	
1	Murah	Rp 0,00-Rp 5.000.000,00
2	Sedang	Rp 5.000.000,00-Rp 20.000.000,00
3	Mahal	\geq Rp 20.000.000,00

Tabel 5.4 Penilaian berdasarkan kriteria dampak terhadap produksi

Nilai	Dampak Terhadap Produksi	
1	Tidak berpengaruh	Kerusakan mesin 0-25%
2	Cukup berpengaruh	Kerusakan mesin 26-50%
3	Sangat berpengaruh	Kerusakan mesin 51-100%

Tabel 5.5 Penilaian berdasarkan kriteria *maintainability*

Nilai	<i>Maintainability</i>	
1	Cepat	Tingkat kecepatan tinggi (0-5 jam/ <i>maintenance</i>)
2	Sedang	Tingkat kecepatan sedang (5,1-10 jam/ <i>maintenance</i>)
3	Lambat	Tingkat kecepatan rendah (diatas 10 jam/ <i>maintenance</i>)

Selanjutnya untuk masing-masing kriteria memiliki bobot masing-masing terhadap tingkat kritikal *spare part*. Bobot penilaian ini diperoleh melalui hasil diskusi dengan pihak perusahaan. Berikut ini merupakan bobot dari setiap kriteria.

Tabel 5.6 Bobot untuk masing-masing kriteria penilaian

Kriteria	Bobot
Harga <i>spare part</i>	15%
Dampak terhadap produksi	50%
<i>Maintainability</i>	35%

Setelah semua tingkat penilaian beserta bobot kritikal sudah diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah memberikan nilai pada masing-masing *spare part* untuk setiap kriteria. Berikut ini merupakan hasil penilaian *criticality spare part*

Tabel 5.7 Klasifikasi *Spare Part*

Part Number	Dec	Klasifikasi	ADI	CV	Total	Tingkat Kritikal
2G-7183	Refill Kit	Lumpy	2.00	0.70	2.70	A
6I-2507	Element As	Lumpy	1.71	0.84	2.55	A
380-8941	Filter As	Lumpy	1.58	0.87	2.46	A
6I-2508	Element As	Lumpy	1.82	1.22	3.04	A
139-1537	Element-Filt	Lumpy	1.94	1.54	3.49	A
132-8875	Trans Filtr	Lumpy	1.79	0.84	2.63	A
149-1912	Filter- Air	Lumpy	1.92	1.00	2.92	A
6V-3835	Seal O Ring	Lumpy	1.67	0.83	2.50	A
2G-7184	Valve Kit	Lumpy	2.00	0.57	2.57	A
2720760	Washer	Lumpy	2.00	1.19	3.19	A

5.3 Perhitungan Biaya Persediaan

Proses perhitungan persediaan ditunjukkan untuk melakukan perhitungan terhadap beberapa pengelolaan persediaan yang telah direncanakan pada Perusahaan dalam proses pengelolaan persediaan.

5.3.1 Biaya Persediaan

Identifikasi biaya-biaya persediaan pada perusahaan ditujukan sebagai salah satu parameter untuk menentukan pengelolaan persediaan terbaik. Biaya tersebut terdiri dari biaya pesan, biaya simpan, biaya transportasi, dan biaya kekurangan persediaan.

5.3.1.1 Biaya Pesan

Tersine (1994) menyebutkan bahwa biaya pesan terdiri dari beberapa komponen pembentuk biaya pesan seperti pembuatan *requisition*, analisis

terhadap *vendor*, penulisan *purchase order*, penerimaan pesanan, inspeksi, proses *follow up* terhadap pemesanan yang dilakukan, dan beberapa hal penting lainnya dalam rangka pelaksanaan pemesanan produk *spare part*. Komponen pembentuk tersebut selanjutnya dijadikan acuan dalam melakukan identifikasi terhadap biaya pesan pada Perusahaan.

Biaya pesan pada Perusahaan didapatkan dengan mendetailkan komponen pembentuk biaya pesan yang disebutkan dalam Tersine (1994) ke dalam bentuk aktivitas-aktivitas yang biasanya dilakukan pada Perusahaan untuk memesan produk *spare part* kepada *vendor*. Selanjutnya dilakukan identifikasi lama waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan setiap aktivitas tersebut beserta dengan kebutuhan sumber daya seperti karyawan dan kebutuhan perlengkapan seperti alat tulis dan perlengkapan lainnya. Berdasarkan hasil identifikasi aktivitas dan kebutuhan sumber daya tersebut, maka selanjutnya dapat diidentifikasi biaya yang terbentuk setiap kali proses pemesanan produk *spare part* dilakukan. Perhitungan biaya pesan pada Perusahaan ditunjukkan pada Lampiran 1 dan Lampiran 2.

Lebih jauh, pada Perusahaan, biaya pesan diasumsikan sama untuk seluruh produk *spare part* di setiap *retail mining* dan gudang pusat distribusi. Selain itu, sesuai yang disebutkan oleh Tersine (1994), besaran biaya pesan tidak terpengaruh oleh jumlah unit per produk *spare part* yang dipesan setiap kali pemesanan melainkan dipengaruhi oleh frekuensi pemesanan yang dilakukan.

5.3.1.2 Biaya Simpan

Tersine (1994) menyebutkan bahwa biaya simpan terdiri dari komponen pembentuk seperti biaya modal, pajak, asuransi, *handling*, penyimpanan, penyusutan akibat adanya kehilangan atau pencurian (*shrinkage*), penyusutan akibat perubahan model atau tren (*obsolescence*), dan penyusutan akibat habisnya umur produk *spare part*.

Oleh karena jumlah pasti *shrinkage*, *obsolescence*, dan *deterioration* produk *spare part* pada perusahaan *retail mining* belum dapat teridentifikasi, maka diasumsikan besarnya biaya penyusutan setiap bulan untuk masing-masing produk *spare part* adalah 0,3% dari harga jual produk *spare part*, sementara besaran

harga penyusutan tiap produk *spare part* adalah senilai dengan harga beli produk *spare part* tersebut. Biaya modal yang diperhitungkan adalah berupa depresiasi bangunan, sementara pajak yang diperhitungkan dalam perhitungan biaya simpan ini adalah Pajak Bumi dan Bangunan (PBB). Selanjutnya hal-hal yang berkaitan dengan *handling* dan penyimpanan diantaranya berupa biaya listrik serta biaya karyawan.

Perhitungan biaya simpan awalnya dilakukan dengan menghitung biaya bulanan per m³ pada masing-masing *retail mining* atau gudang pusat distribusi. Sebagai contoh, Tabel 5.8 berikut menunjukkan perhitungan biaya per bulan per m³ pada *retail mining* 1. Besaran biaya tiap komponen pembentuk dalam perhitungan Perusahaan. Agar mendapatkan besaran biaya per bulan per m³ pada Perusahaan *retail mining*, maka nilai biaya per bulan dibagi dengan volume dari Perusahaan *retail mining*.

Tabel 5.8 Biaya Per Bulan Per m³ pada Perusahaan *Retail Mining* (Rp)

Komponen	Deskripsi	Jumlah	Biaya (Rp)	Biaya Per Tahun (Rp)	Biaya Per Bulan (Rp)
Pajak	PBB	-	-	2.465.500	1.563.413
Biaya Modal	Depresiasi Bangunan	-	-	-	-
Penanganan dan Penyimpanan	Rata-Rata Biaya Listrik Per Bulan	-	-	-	923.981
	Jumlah Karyawan Gudang	12	2.543.331	-	30.519.972
	Jumlah Cleaning Service	1	2.543.331	-	2.543.331
Biaya Per Bulan					34.823.267
Volume <i>Retail Mining</i> 1 (m ³)					820
Biaya Per Bulan Per m³ pada <i>Retail Mining</i> 1(Rp)					42.467,40

Selanjutnya dengan mengalikan biaya per bulan per m³ pada *retail mining* 1 dengan volume masing-masing produk *spare part* maka akan didapatkan

nilai biaya per bulan per produk *spare part* pada *retail mining* 1. Tabel 5.9 berikut menunjukkan contoh perhitungan biaya per bulan per produk *spare part* pada *retail mining* 1 untuk produk *spare part* Refill Kit.

Tabel 5.9 Biaya Per Bulan Produk *Spare Part* Refill Kit pada *Retail Mining* 1 (Rp)

Biaya Per Bulan Per m³ Pada <i>Retail Mining</i> 1 (Rp)	42.467,40
Volume Produk <i>Spare Part</i> Refill Kit (m ³)	0,000322
Biaya Per Bulan Per Produk <i>Spare Part</i> Refill Kit pada <i>Retail Mining</i> 1 (Rp)	13,68

Sementara itu, untuk mendapatkan nilai biaya simpan per bulan untuk setiap produk *spare part* maka perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu terhadap biaya per bulan untuk *deterioration/shrinkage/obsolence* yang terjadi untuk setiap produk *spare part* pada masing-masing *retail mining* atau gudang pusat distribusi. Tabel 5.10 berikut menunjukkan contoh perhitungan biaya per bulan untuk produk *spare part* Refill Kit yang mengalami penyusutan/kerusakan pada *retail mining* 1.

Tabel 5.10 Biaya *Deterioration* Per Bulan Produk *Spare Part* Refill Kit *Retail Mining* 1

Komponen	Deskripsi	Harga Produk <i>Spare Part</i> (Rp)	Biaya Per Bulan (Rp)
<i>Deterioration / Obsolence / Shrinkage</i>	Biaya untuk produk <i>spare part</i> yang mengalami penyusutan/kerusakan	2.028.460	54.175,8

Biaya simpan per bulan dari produk *spare part* Refill Kit pada *retail mining* adalah hasil penambahan dari biaya *deterioration* dengan biaya per bulan produk *spare part* Refill Kit pada *retail mining* 1. Hasil perhitungan biaya simpan bulanan produk *spare part* pada *retail mining* 1 ditunjukkan pada Tabel 5.11 berikut. Biaya inilah yang selanjutnya digunakan dalam analisis pengelolaan persediaan pada perusahaan *retail mining*. Perhitungan biaya simpan per bulan per m³ untuk produk *spare part* lainnya dan pada *retail mining* yang lainnya dicantumkan pada Lampiran 3. Sementara itu, hasil perhitungan biaya simpan

bulanan untuk setiap produk *spare part* pada masing-masing *retail mining* ditampilkan pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Biaya Simpan Per Bulan dan Per Hari Produk *Spare Part* Refill Kit pada *Retail Mining* 1 (Rp)

Total Biaya Simpan Produk <i>Spare Part</i> Per Bulan (Rp)	54.289,5
Total Biaya Simpan Produk <i>Spare Part</i> Per Hari (Rp)	1806,32

Tabel 5.12 Biaya Simpan Per Hari Sepuluh Produk *Spare Part* (Rp)

Part Number	Produk <i>Spare part</i>	<i>Retail Mining 1</i>	<i>Retail Mining 2</i>	<i>Retail Mining 3</i>	<i>Retail Mining 4</i>	<i>Retail Mining 5</i>	Gudang Pusat
2G-7183	Refill Kit	2033	2050	2067	2005	2093	2030
6I-2507	Element As	1810	1745	1780	1848	1823	1808
380-8941	Filter As	513	513	517	507	503	509
6I-2508	Element As	1258	1258	1258	1258	1258	1258
139-1537	Element-Filt	1087	1050	1110	1133	1070	1089
132-8875	Trans Filtr	807	773	740	767	80	778
149-1912	Filter- Air	637	597	617	607	625	607
6V-3835	Seal O Ring	375	437	395	427	387	397
2G-7184	Valve Kit	358	358	405	371	358	360
272-0760	Washer	143	137	146	140	138	148

5.3.1.3 Biaya Transportasi

Dalam penelitiannya, Kristiana (2014) menyebutkan bahwa biaya transportasi terbentuk dari biaya perawatan kendaraan dan biaya konsumsi bahan bakar. Pengiriman produk *spare part* dari gudang pusat distribusi ke masing-masing *retail mining* dilakukan dengan menggunakan kendaraan yang berbeda, sehingga biaya perawatan yang harus dikeluarkan berbeda untuk masing-masing kendaraan. Tabel 5.13 menunjukkan jenis kendaraan yang digunakan untuk pengiriman produk *spare part* ke masing-masing *retail mining*, sementara Tabel 5.14 menunjukkan hasil perhitungan biaya perawatan kendaraan pada *retail mining* 1.

Tabel 5.13 Informasi Kendaraan Pengiriman Produk *Spare Part* ke Setiap *Retail Mining*

<i>Retail Mining</i>	Jarak dari Gudang Pusat Distribusi (km)	Jenis Kendaraan
<i>Retail Mining</i> 1	13	Mitsubishi Colt Diesel 100PS
<i>Retail Mining</i> 2	25	Mitsubishi Colt Diesel 100PS
<i>Retail Mining</i> 3	30	Mitsubishi Colt Diesel 100PS
<i>Retail Mining</i> 4	35	Mitsubishi L300
<i>Retail Mining</i> 5	80	Mitsubishi L300

Tabel 5.14 Biaya Perawatan Kendaraan *Retail Mining*

Komponen	Kuantitas (Unit)	Biaya Per Unit (Rp)	Biaya total	Batas Jarak (km)	Rasio Jarak	Total (Rp)
Oli Mesin	5	50.000	250.000	5.000	0,0026	650
Oli Gardan	4	31.000	124.000	20.000	0,0006	80.6
Oli Transmisi	4	37.500	150.000	40.000	0,00032	48.75
Filter Oli	1	99.000	99.000	10.000	0,0013	128.7
Filter Udara	1	75.000	75.000	20.000	0,00065	48.75
Air Radiator	2	32.900	65.800	40.000	0,00032	21.38
Kampas Rem	1	120.000	120.000	40.000	0,00032	39
Biaya Perawatan untuk Satu Kali Perjalanan (Non PP)						1017.18

Biaya perawatan yang ditunjukkan pada Tabel 5.14 merupakan hasil kali dari rasio jarak dengan biaya-biaya dari tiap komponen perawatan, sedangkan

rasio jarak merupakan perbandingan antara jarak gudang pusat distribusi ke setiap *retail mining* dengan batas jarak penggantian komponen. Jika seluruh biaya perawatan masing-masing komponen dijumlahkan maka didapatkan nilai biaya perawatan untuk satu kali perjalanan. Sementara itu, perhitungan biaya perawatan kendaraan lainnya ditunjukkan pada Lampiran 4.

Selanjutnya, biaya bahan bakar dihitung dengan mengalikan biaya bahan bakar per kilometer dengan jarak tempuh dari gudang pusat distribusi ke masing-masing *retail mining* di pertambangan. Sementara biaya bahan bakar per kilometer merupakan hasil bagi dari biaya bahan bakar per liter terhadap tingkat konsumsi bahan bakar dari masing-masing kendaraan. Biaya bahan bakar per liter adalah senilai Rp 5.150,00.

Setelah dilakukan perhitungan terhadap biaya perawatan dan biaya bahan bakar kendaraan, maka biaya transportasi untuk satu kali perjalanan dapat dihitung dengan menambahkan biaya perawatan dan biaya bahan bakar kendaraan serta dikali dua karena biaya yang diperhitungkan adalah biaya perjalanan pulang-pergi. Tabel 5.15 berikut menunjukkan hasil perhitungan biaya transportasi untuk perjalanan pulang-pergi (PP).

Tabel 5.15 Biaya Transportasi Pulang-Pergi (PP)

Retail Mining	Konsumsi Bahan Bakar (km/liter)	Biaya Bahan Bakar (Rp/km)	Biaya Bahan Bakar (Rp)	Biaya Perawatan (Rp)	Biaya Transportasi Non-PP (Rp)	Biaya Transportasi PP (Rp)
1	8	643,75	8368,75	1.017,18	9.385,93	18.771,87
2	10	515	12.875	2.667,37	15.542,37	31.084,75
3	10	515	15.450	3.247,35	18.697,35	37.394,7
4	9	572,22	20.027,7	3.821,38	23.849,17	47.698,33
5	9	572,22	45.777,8	10.259,6	56.037,38	112074,75

Biaya transportasi yang telah diperhitungkan tersebut ditanggung oleh produk *spare part* yang dibawa setiap kali perjalanan dari gudang pusat distribusi ke masing-masing *retail mining* dilakukan. Sementara, menurut Taleizadeh *et al.*(2012), biaya transportasi bersifat tetap dan tidak terpengaruh terhadap kuantitas barang yang dibawa. Sehingga, perhitungan biaya transportasi selanjutnya tidak dibebankan terhadap jumlah kuantitas produk *spare part* yang dibawa melainkan dibebankan kepada jenis produk *spare part* yang dibawa.

Sehingga, untuk mendapatkan nilai biaya transportasi yang ditanggung oleh setiap produk *spare part* untuk setiap perjalanan PP, maka nilai biaya transportasi PP dibagi dengan rata-rata jenis barang yang dibawa untuk setiap kali perjalanan dari gudang pusat distribusi ke masing-masing *retail mining*. Diasumsikan bahwa rata-rata jenis produk *spare part* yang dibawa ke masing-masing *retail mining* memiliki nilai yang sama. Hasil perhitungan biaya transportasi per jenis produk *spare part* ditampilkan pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Biaya Transportasi Pulang-Pergi (PP) Per Jenis Produk *Spare Part*

<i>Retail Mining</i>	Biaya Transportasi PP (Rp)	Rata-Rata Jenis Produk <i>Spare Part</i> yang Dibawa Per Perjalanan	Biaya Transportasi PP Per Jenis Produk <i>Spare Part</i> yang Dibawa (Rp)
1	18.771,87	12	1.564,32
2	31.084,75	13	2.391,13
3	37.394,7	17	2.199,69
4	47.698,33	12	3.974,86
5	112.074,75	16	7.004,67

5.3.1.4 Biaya Kekurangan Persediaan

Berdasarkan Tersine (1994), besarnya biaya kekurangan persediaan ditentukan oleh faktor apakah kekurangan persediaan tersebut merupakan kasus *backordered* atau kasus *lost sale*. Kekurangan persediaan dalam kasus *backorder* tidak mengakibatkan kehilangan penjualan melainkan penundaan penjualan atau substitusi melalui penjualan produk *spare part* sejenis. Sementara dalam kasus *lost sale*, kekurangan persediaan mengakibatkan adanya kehilangan penjualan. Lebih jauh, Tersine (1994) menyebutkan bahwa biaya kekurangan persediaan akibat *lost sales* dapat berupa biaya akibat kehilangan keuntungan (*profit*) dari produk *spare part*. Dalam kasus perusahaan kekurangan persediaan termasuk ke dalam kasus *lost sale* sehingga besaran biaya *lost sale* produk *spare part* merupakan biaya kehilangan *profit* seperti yang ditampilkan pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Biaya Kekurangan Persediaan

<i>Part Number</i>	Nama Produk <i>Spare Part</i>	Biaya Kekurangan Persediaan (Rp)
2G-7183	Refill Kit	419.395
6I-2507	Element As	717.490

Tabel 5.17 Biaya Kekurangan Persediaan

<i>Part Number</i>	<i>Nama Produk Spare Part</i>	Biaya Kekurangan Persediaan (Rp)
380-8941	Filter As	73.470
6I-2508	Element As	315.100
139-1537	Element-Filt	224,675
132-8875	Trans Filtr	179.051
149-1912	Filter- Air	139.689
6V-3835	Seal O Ring	81.640
2G-7184	Valve Kit	73.995
2720760	Washer	33.645

5.4 Verifikasi dan Validasi

Setelah dilakukan pembuatan model matematis, maka langkah selanjutnya adalah melakukan verifikasi dan validasi terlebih dahulu. Verifikasi dan validasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil total biaya persediaan pada perhitungan *software* optimasi Lingo dan Algoritma Genetika pada matlab dengan percobaan masing-masing *retail mining* dan jumlah produk yang sama. Berikut ini adalah perbandingan hasil pada *software* optimasi Lingo dan Algoritma Genetika dengan Matlab sebagai berikut:

Tabel 5.18 Perbandingan Hasil Perhitungan Lingo dan Algoritma Genetika

Produk	Retail Mining	Lingo	GA	Selisih	Prosentase Lingo	Prosentase GA
2	2	Rp. 10.624.000	Rp. 10.404.063,48	Rp. 219.936,52	0,02	0,02
3	2	Rp. 10.869.760	Rp. 10.746.335,03	Rp. 123.424,97	0,01	0,01
4	2	Rp. 10.616.660	Rp. 10.542.433,54	Rp. 40.611,46	0,01	0,01
3	3	Rp. 13.598.310	Rp. 13.268.539,52	Rp. 329.770,48	0,02	0,02

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ANALISA DAN INTERPRETASI

Pada bab ini akan dilakukan analisa dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Analisa tersebut meliputi analisa model optimasi *spare part inventory* yang digunakan, analisa hasil biaya persediaan pengembangan model, dan kondisi eksisting, perbandingan hasil total biaya persediaan pengembangan model dan kondisi eksisting, analisa perbandingan biaya simpan dan biaya kekurangan, perbandingan total biaya transportasi serta hasil analisa sensitivitas.

6.1 Analisa Hasil

Hasil pada bab sebelumnya menunjukkan bahwa model sudah valid serta model matematis dapat menghasilkan hasil yang lebih minimum dibandingkan dengan kondisi Eksisting. Maka, langkah selanjutnya adalah melakukan analisa berdasarkan jenis biaya yang ada. Seberapa besar efisiensi dari biaya yang dihasilkan dari pengembangan dibandingkan dengan kondisi eksisting. Berikut ini hasil analisisnya

6.1.1 Analisa Hasil Biaya Persediaan

Berdasarkan hasil perhitungan pengembangan model yang telah diajukan juga digunakan untuk mencari nilai *order quantity retail mining*, *order quantity* gudang pusat distribusi, *reorder point retail mining*, dan frekuensi pengiriman dari gudang pusat distribusi ke masing-masing *retail mining* untuk kasus 10 produk dan 5 *retail mining* untuk bulan Januari hingga Maret 2018. Hasil perhitungan dengan pengembangan model ditampilkan pada Lampiran 5 hingga Lampiran 8. Selanjutnya perhitungan biaya persediaan untuk hasil perhitungan dengan pengembangan model seperti yang ditampilkan pada Tabel 6.1 sebagai berikut.

Tabel 6.1 Hasil Biaya Persediaan Pengembangan Model

Total Biaya Pesan (Rp)	Total Biaya Simpan (Rp)	Total Biaya Kekurangan Persediaan (Rp)	Total Biaya Transportasi (Rp)	Total Biaya Persediaan(Rp)
191.053,00	49.205.008,00	2.014.100,00	842.000,00	52.252.161,00

6.1.2 Analisa Hasil Persediaan Kondisi Eksisting

Perhitungan biaya persediaan untuk pengembangan model seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.1 dibandingkan dengan biaya persediaan eksisting pada perusahaan *retail mining*. Perhitungan biaya eksisting *retail mining* ditunjukkan pada Tabel 6.20 berikut.

Tabel 6.2 Biaya Persediaan Eksisting

Total Biaya Pesan (Rp)	Total Biaya Simpan (Rp)	Total Biaya Kekurangan Persediaan (Rp)	Total Biaya Transportasi (Rp)	Total Biaya Persediaan(Rp)
250.056,72	52.824.558,67	8.806.333,50	1.661.989,99	63.542.938,88

Berdasarkan perbandingan total biaya selama bulan Januari hingga Maret 2018 seperti yang ditampilkan pada Gambar 6.2, pengembangan model yang diajukan menghasilkan biaya yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan biaya eksisting pada perusahaan *retail mining*. Melalui pengembangan model, dapat dilakukan minimasi biaya persediaan sebesar 17,77% dibandingkan dengan biaya eksisting pada perusahaan *retail mining*.

6.1.3 Analisa Hasil Perbandingan Total Biaya Eksisting dan Pengembangan Model

Berikut ini hasil perbandingan perhitungan biaya eksisting dan pengembangan model sebagai berikut :

Tabel 6.3 Perbandingan Total Biaya Eksisting dengan Pengembangan Model

Biaya	Kondisi Eksisting (Rp)	Pengembangan Model (Rp)	Selisih (Rp)	Cost Saving
Total Biaya Pesan	250.056,72	191.053,00	59.003,72	24%
Total Biaya Simpan	52.824.558,67	49.205.008,00	3.619.550,67	7%
Total Biaya Kekurangan Persediaan (Rp)	8.806.333,50	2.014.100,00	6.792.233,50	77%
Total Biaya Transportasi (Rp)	1.661.989,99	842.000,00	819.989,99	49%
Total Biaya Persediaan (Rp)	63.542.938,88	52.252.161,00	11.290.777,88	18%

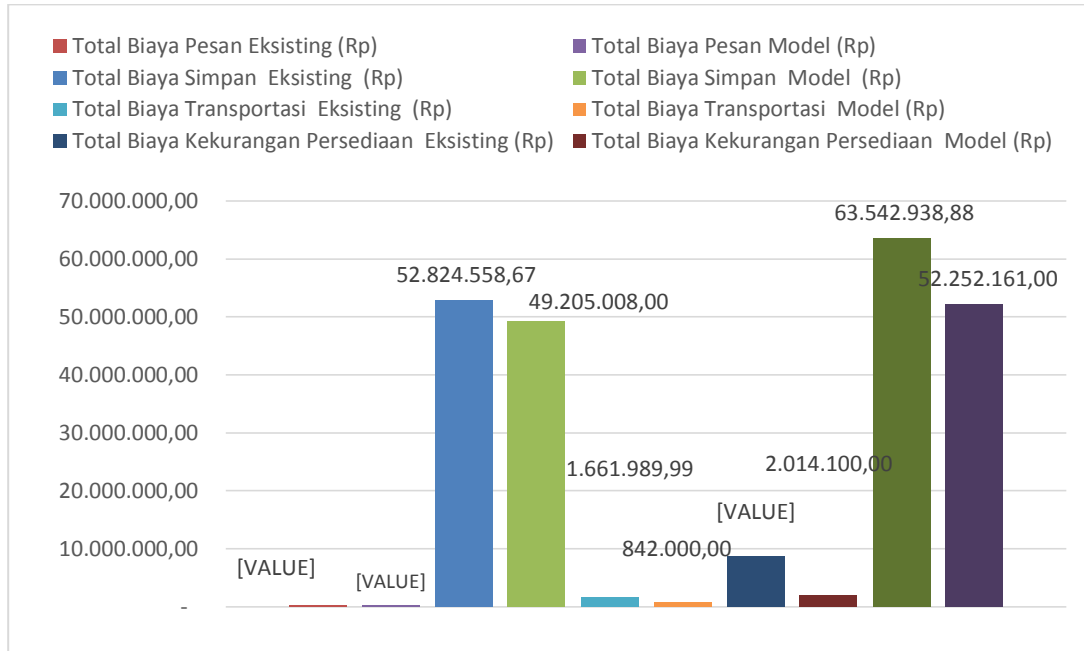
Selanjutnya untuk mengidentifikasi perbandingan antara kondisi eksisting dengan pengembangan model. Gambar 6.1 menunjukkan perbandingan total biaya persediaan dan dapat diidentifikasi bahwa pengembangan model matematis

menghasilkan biaya persediaan yang paling rendah dibandingkan dengan kondisi eksisting.

Gambar 6.1 Hasil Perbandingan Biaya Persediaan Eksisting dan Pengembangan Model (Rp)

Sementara itu, melalui penerapan pengembangan model total biaya pesan, dan total biaya transportasi dapat diminimasi karena nilai frekuensi pengiriman dari gudang pusat distribusi ke setiap *retail mining* serta jumlah pemesanan dari gudang pusat distribusi kepada *vendor* yang diajukan pada pengembangan model dapat dicari nilai optimalnya. Selain itu, total biaya simpan pada pengembangan model pun dapat diminimalkan dengan meminimalkan jumlah persediaan. Oleh karena itu, jika ditinjau dari total biaya persediaan, pengembangan model menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan dengan kondisi eksisting perusahaan karena dapat meminimasi total biaya persediaan sebesar 17,77%.

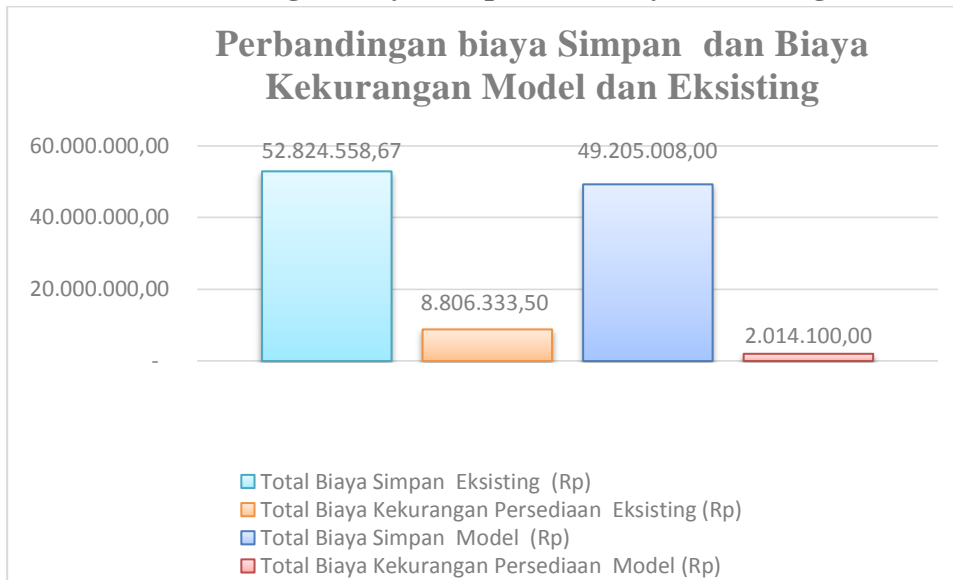
6.1.4 Analisa Total Biaya Persediaan



Gambar 6.2 Perbandingan Total Biaya Persediaan Eksisting dan Pengembangan Model

Total biaya persediaan pada kondisi eksisting lebih tinggi dibandingkan dengan pengembangan model pada komponen total biaya pesan, total biaya simpan, total biaya transportasi dan total biaya kekurangan persediaan. Pada pengembangan model ini *lost sales*nya menurun jika *retail mining* bisa memenuhi kebutuhan *customer* karena customer adalah sasaran utama dalam proses supply chain karena spare part yang di masukan dalam pengolahan spare yang mengalami *criticaly* yang besar dan bisa berpengaruh pada proses produksi di area pertambanagn, Secara umum, pemesanan yang dilakukan oleh perusahaan *retail mining* pada kondisi eksisting, baik pemesanan dari *retail mining* kepada gudang pusat distribusi maupun dari gudang pusat distribusi kepada *vendor*, lebih sering dibandingkan dengan pengembangan model sehingga meningkatkan nilai total biaya pesan dan total biaya transportasi, serta dengan *order quantity* yang relatif lebih banyak yang menyebabkan peningkatan pada jumlah persediaan dan berdampak pada peningkatan total biaya simpan.

6.1.5 Analisa Perbandingan Biaya Simpan dan Biaya Kekurangan



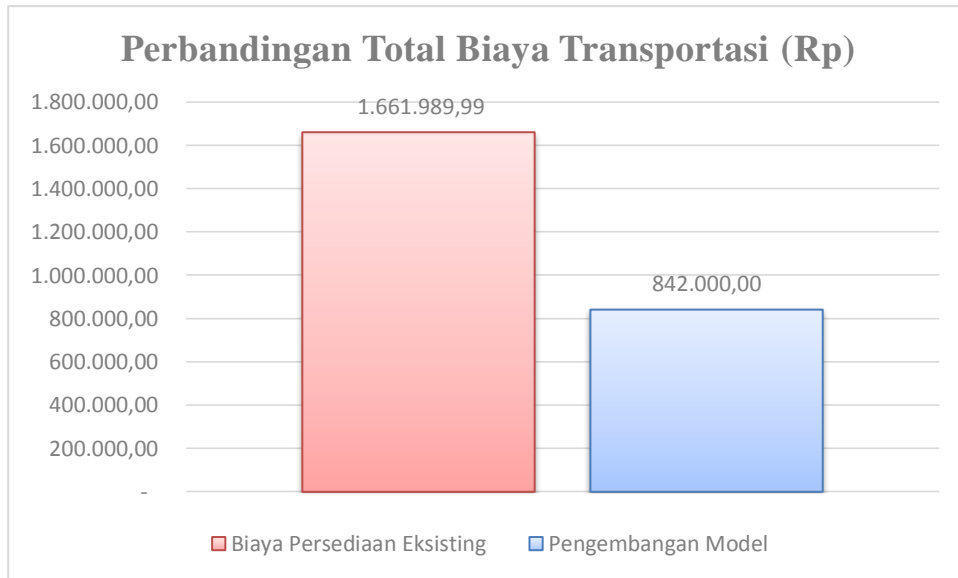
Gambar 6.3 Perbandingan Biaya Simpan dan Biaya Kekurangan Persediaan Kondisi Eksisting (Rp)

Secara umum, pada kondisi eksisting cenderung melakukan penyimpanan produk dalam jumlah banyak tiap periodenya sehingga mengakibatkan terjadinya *overstock* yang berdampak pada biaya simpan yang besar namun biaya kekurangan persediaan bernilai 8.806.333,50. Disisi lain, kondisi eksisting menghasilkan nilai *service level* sebesar 100%. Hal ini selain dikarenakan pada kondisi eksisting yang menyimpan banyak produk sebagai persediaan, juga disebabkan karena terdapat asumsi bahwa data penjualan sama dengan data permintaan, sehingga dapat dikatakan kondisi eksisting dapat memenuhi semua permintaan konsumen sehingga terjadi *lost sales*.

6.1.6 Analisa Perbandingan Total Biaya Transportasi

Total biaya transportasi merupakan biaya yang timbul karena adanya pengiriman produk, dalam penelitian ini biaya transportasi dipengaruhi oleh besarnya biaya transportasi dari jumlah dan jenis truck yang digunakan, tujuan pengiriman, serta banyak produk yang akan dikirim, berdasarkan hasil *running* GA dengan Matlab dapat diketahui besar total biaya transportasi baik untuk kebijakan eksisting maupun hasil pengembangan model yaitu 842.000,00 dan hasil kebijakan eksisting

1.661.989,99 dan bisa dilihat perbandingan total biaya transportasi pada hasil pengembangan model dan pada kondisi eksisting sebagai berikut.



Gambar 6.4 Perbandingan Total Biaya Transportasi Eksisting dan Pengembangan Model (Rp)

Total biaya transportasi pada pengembangan model lebih rendah dibandingkan dengan kebijakan eksisting perusahaan. Hal ini dapat terjadi karena adanya jadwal yang teratur dalam pengiriman produk sehingga memungkinkan penggunaan kendaraan yang optimum. Sedangkan pada kebijakan eksisting jadwal pengiriman tidak pasti.

6.1.7 Analisa Sensitivitas Model Optimasi

Selanjutnya, analisis sensitivitas dilakukan terhadap pengembangan model. Analisis dilakukan dengan melakukan perubahan terhadap nilai *input* biaya pesan, biaya simpan, biaya kekurangan persediaan, dan biaya transportasi untuk melihat perubahan terhadap total biaya persediaan yang dihasilkan. Perubahan dilakukan dengan menaikkan dan menurunkan nilai masing-masing input sebesar 10% dan 20% sementara membiarkan nilai input lainnya tetap untuk setiap kali perubahan. Perhitungan terhadap total biaya persediaan dilakukan untuk bulan Januari hingga Maret 2018 seperti yang ditampilkan pada Tabel 6.4 dan Tabel 6.5 berikut.

Tabel 6.4 Hasil Perhitungan Efek Perubahan Input terhadap Total Biaya Persediaan

	-20%	-10%	Normal	+10%	+20%
Biaya Pesan	51.907.749,94	51.919.457,13	52.252.161	52.575.577,73	52.595.859,58
Biaya Simpan	51.692.399,18	51.704.835,49		52.790.478,14	52.729.659,55
Biaya Kekurangan Persediaan	51.914.479,69	51.866.981,18		52.509.472,4	52.524.674,14
Biaya Transportasi	51.974.455,83	51.897.728,46		52.486.984,33	52.492.690,93

Tabel 6.5 Selisih Perubahan Total Biaya Persediaan

	-20%	-10%	+10%	+20%
Biaya Pesan	-344.411,06	-332.703,87	323.416,73	343.698,58
Biaya Simpan	-559.761,82	-547.325,51	538.317,14	477.498,55
Biaya Kekurangan Persediaan	-337.681,31	-385.179,82	257.311,4	272.513,14
Biaya Transportasi	-277.705,17	-354.432,54	2348.23,33	240.529,93

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, total biaya persediaan sensitif terhadap perubahan biaya simpan produk, biaya kekurangan produk dan diikuti oleh biaya pesan produk. Hal ini dikarenakan dari perhitungan total biaya persediaan pada pengembangan model dapat terlihat bahwa biaya simpan merupakan biaya dengan proporsi terbesar dari total biaya persediaan, dan biaya kekurangan juga dengan proporsi terbesar sehingga melakukan perubahan terhadap biaya simpan akan memberikan dampak cukup signifikan terhadap perubahan total biaya persediaan. Dan jika tidak mengalami pemesanan akan mengalami *stockout* sehingga harus sama-sama seimbangan dalam melakukan pemesanan supaya biaya simpan tidak terlalu mahal. Selanjutnya, biaya satuan yang harus dikeluarkan untuk setiap kali pemesanan setiap jenis produk bernilai cukup besar sehingga perubahan terhadap input biaya pesan juga memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap perubahan total biaya persediaan walaupun perubahan tersebut tidak sebesar pada perubahan nilai biaya simpan. Sementara itu, total biaya persediaan tidak terlalu sensitif terhadap perubahan biaya kekurangan persediaan. Sedangkan perubahan terhadap biaya transportasi tidak terlalu memberikan dampak terhadap perubahan total biaya persediaan hal ini

dikarenakan nilai biaya untuk setiap kali transportasi produk yang dilakukan tidak terlalu besar.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dirumuskan, maka selanjutnya dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Pengembangan model matematis ini menghasilkan total biaya persediaan sebesar Rp 52.252.161,00. Nilai ini lebih rendah 17,77% dibandingkan dengan biaya persediaan eksisting pada perusahaan *retail mining* yang bernilai sebesar Rp 63.542.938,88.
2. *order quantity retail mining* dan *order quantity* gudang pusat distribusi, *reorder point retail mining* dan frekuensi pengiriman dari gudang pusat distribusi ke setiap *retail mining* dengan menggunakan hasil pengembangan model dengan hasil total biaya persediaan lebih rendah dibandingkan dengan hasil eksisting.
3. Hasil perbandingan biaya yang terjadi antara kebijakan adalah sebagai berikut:
 - a. Besar penurunan total biaya simpan yang terjadi adalah 6,85%
 - b. Besar penurunan total biaya transportasi yang terjadi adalah 49,33%
 - c. Besar penurunan total biaya persediaan yang terjadi adalah 17,77%
4. Validasi model ini dilakukan dengan menggunakan software lingo dibandingkan metode algoritma genetika dengan matlab menggunakan kasus kecil ke dalam perhitungan pengembangan model dengan prosentase selisih 1%-2% dari total biaya persediaan pada software lingo dan algoritma genetika dengan matlab, dan hasil validasi

menunjukkan bahwa pengembangan model ini sudah valid sehingga dapat digunakan dasar untuk pengambilan keputusan.

7.2 Saran

Saran yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini dapat dikembangkan pada permasalahan *multi vendor*, *multi retail* dan *multi product*.
2. *Lead time* dalam model ini konstan untuk penelitian selanjutnya faktor *lead time* ini bisa dipertimbangkan probabilistik

DAFTAR PUSTAKA

- Ballou, R.H., 2004, *Business Logistics/Supply Chain Management*, Pearson Education, New Jersey.
- Ben-Daya, M. and Hariga, M., 2004, Integrated Single Vendor Single Buyer Model with Stochastic Demand and Variable Lead Time, *International Journal of Production Economics*, **92**(1), 75-80.
- Chopra, S. and Meindl, P., 2007, *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*, 3rd Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Costantino F. and Gravio Giulio Di. and Tronci Massim., 2013, Multi-Echelon, Multi-Indenture Spare Parts Inventory Control Subject to System Availability and Budget Constraints
- Daryus, A. 2007, *Manajemen Pemeliharaan Mesin*, Universitas Darma Persada, Jakarta.
- Fernandez-Lozano, Francisco, C., Rivero, D., Dorado, J., Andrade Garda, J., Pazos, A., & Gestal, M. 2016. Using Genetic Algorithms to Improve Support Vector Regression in the Analysis of Atomic Spectra of Lubricant Oils. *Engineering Computations*, **33**(4),
- Hanke, J.E. and Wichern, D.W., 2005, *Business Forecasting*, 8th Edition, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Harris, D., 2003, *System Analysis and Design for The Small Enterprises*, 3rd Edition, Thomson Course Technology, Canada.
- Heizer, J. and Render, B., 2008, *Operation Management*, 7th Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Holland, J. H. 1975. *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Intelligence*. MIT Press,
- Huang, W., Zhao, H., Huang, L., and Du, W., 2010, Management Information System Applied in The Logistics, International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, China, pp. 626-628.
- Iannone, R., Ingenito, A., Martino, G., Miranda, S., Pepe, C., and Riemma, S., 2013, Merchandise and Replenishment Planning Optimisation for Fashion Retail, *International Journal of Engineering Business Management*, **5**, 1-14.
- Kamalapur, R., David, L., and Haoushyar, A., 2013, Benefits of CPFR and VMI Collaboration Strategies: A Simulation Study, *Journal of Operations and Supply Chain Management*, **6**(2), 59-73.

- Kristiana, S.P.D., 2014, Optimasi Alokasi Distribusi Produk dan Jumlah Pesanan dengan Pendekatan Logika Kabur pada Gudang Pusat Chain Store Lokal, Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Li, R., Luo, H., and Bao, Z., 2010, Based on The Internet of Things The Supermarket Chain Management Information System Development And Safety Stock Research, International Conference on Education Technology and Computer, China, pp. 368-371.
- Marinagi, C., Trivellas, P., and Sakas, D.P., 2014, The Impact of Information Technology on The Development of Supply Chain Competitive Advantage, *Procedia Social Behavioral Sciences*, 3rd International Conference on Integrated Information, Greece, pp. 586-591.
- Mateen, A. and Chatterjee, A.K., 2015, Vendor Managed Inventory for Single-Vendor Multi-Retailer Supply Chains, *Decision Support Systems*, **70**(3), 31-41.
- Matz, Adolph dan Usry, Milton F. Akuntansi Biaya Perencanaan dan Pengendalian. Jilid I Edisi Kesebelas. Erlangga. Jakarta: 2003
- Misra, V., Khan, M.I., Singh, U.K., 2010, Supply Chain Management Systems: Architecture, Design, and Vision, *Journal of Strategic Innovation and Sustainability*, **6**(4), 102-108.
- Nia, A.R., Far, M.H., and Niaki, S.T.A., 2014, A Fuzzy Vendor Managed Inventory of Multi-Item Economic Order Quantity Model Under Shortage: An Ant Colony Optimization Algorithm, *International Journal of Production Economics*, **155**(26), 259-271.
- O'Brien, J.A., 2005, *Introduction to Information System*, 12th Edition, McGraw-Hill, New York.
- Opeyemi, A., Fatoba, B., and Blessing, A., 2013, Design of A Computerized Inventory Management System for Supermarkets, *International Journal of Science and Research*, **3**(9), 340-344.
- Pasandideh, S.H.R., Niaki, S.T.A., Far, M.H., 2014, Optimization of Vendor Managed Inventory of Multiproduct EPQ Model with Multiple Constraints Using Genetic Algorithm, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **71**(1), 365–378.
- Pasandideh, S.H.R., Niaki, S.T.A., Niknamfar, A.H., 2014, Lexicographic Max-Min Approach for An Integrated Vendor-Managed Inventory Problem, *Knowledge-Based Systems*, **59**(6), 58-65.
- Pasandideh, S.H.R., Niaki, S.T.A., Nia, A.R., 2011, A Genetic Algorithm for Vendor Managed Inventory Control System of Multi-Product Multi-Constraint Economic Order Quantity Model, *Expert System With Applications*, **38**(3), 2708–2716.

- Poorbagheri, T. and Niaki, S.T.A., 2015, Vendor Managed Inventory of a Multiple-Vendor Multiple-Retailer Supply Chain with Stochastic Demand and Unequal Replenishment Cycle Times, 11th International Industrial Engineering Conference, Iran.
- Poorbagheri, T and Niaki, S.T.A., 2017, Vendor Managed Inventory of a Single-vendor Multiple-retailer Single-warehouse Supply Chain under Stochastic Demand, International Industrial Engineering Conference, Iran.
- Pressman, R., S., 2010, *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 7th Edition, Mc Graw-Hill, New York.
- Sadeghi, J., Taghizadeh, M., Sadeghi, A., Jahangard, R., and Tavakkoli-Moghaddam, R., 2015, Optimizing a Vendor Managed Inventory (VMI) Model Considering Delivering Cost in a Three-Echelon Supply Chain Using Two Tuned-Parameter Meta-Heuristics, *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, **6**(4), 500-510.
- Sadeghi, J., Sadeghi, S., and Niaki, S.T.A., 2014, Optimizing A Hybrid Vendor-Managed Inventory And Transportation Problem with Fuzzy Demand: An Improved Particle Swarm Optimization Algorithm, *Information Sciences*, **272**(9), 126-144.
- Sadeghi, J., Mousavi, A.M., Niaki, S.T.A., and Sadeghi, S., 2013, Optimizing A Multi-Vendor Multi-Retailer Vendor Managed Inventory Problem: Two Tuned Meta-Heuristic Algorithm, *Knowledge-Based Systems*, **50**(12), 159-170.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., and Simchi-Levi, E., 2000, *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*, Irwin McGraw-Hill, United States.
- Santosa, B., and Willy, P., 2011, *Metoda Metaheuristik Konsep dan Implementasi*, 1st Edition, Guna Wijaya, Surabaya.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling* (Vol. 3, p. 30). New York: Wiley.
- Sparks, L., 2010, Supply Chain Management and Retailing, *Supply Chain Forum: An International Journal*, **11**(4), 4-12.
- Stevenson, J. W., 2004, *Operations Management*, McGraw-Hill Irwin, New York.
- Suyanto, 2005, *Algoritma Genetika dalam MATLAB*, 1st Edition, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Taleizadeh, A. A., Niaki, S.T.A., Makui, A., 2012, Multiproduct Multiple-Buyer Single-Vendor Supply Chain Problem with Stochastic Demand, Variable Lead-time, and Multi-Chance Constraint, *Expert System with Application*, **39**(5), 5338–5348.
- Tersine, R.J., 1994, *Principles of Inventory and Materials Management*, 4th Edition, Prentice Hall, New Jersey.

- Water, donald, 2013, *Inventory Control and Management*, 2th Edition ,US
- Wen, Meilin, 2015, Uncertain Optimization Model for Multi-echelon Spare Parts Supply System, *Applied Soft Computing Journal*.
- Yao, Y., Evers, P.T., and Dresner, M.E., 2007, Supply Chain Integration in Vendor-Managed Inventory, *Decision Support System*, (43), 663-674.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Biaya Pesan Gudang Pusat Distribusi

Informasi Umum PO	Rata-Rata Jumlah PO Per Bulan		PO	
	Rata-Rata Pemakaian Kertas untuk 1 PO	2	Lembar	
	Rata-Rata Jenis Produk yang Dipesan dalam 1 PO	5	Produk Per PO	<i>e.g.</i> dalam 1 PO, produk <i>spare part</i> yang di pesan terdiri dari Refill Kit dan Element AS, sehingga jenis produk <i>spare part</i> adalah 2 Produk Per PO
	Rata-Rata Kuantitas Produk yang Dipesan per Produk	100	Unit	<i>e.g.</i> dalam 1 PO, Jumlah Produk yang dipesan untuk Refill Kit adalah 45 unit dan Element AS adalah 45 unit, sehingga total kuantitas produk yang dipesan adalah 90 unit

Basic Salary	2.543.331	Per Bulan
	84.777,7	Per Hari
	3532,40	Per Jam
	58,87	Per Menit

Komputer	Beban Rata-Rata	250	Watt
		0,25	Kwh
	Rata- Rata Lama Pemakaian Harian	8	Jam Pemakaian
	Beban Per Hari	2	Per Hari

	Biaya Per kWh	1.527,75	Rp / kWh
	Biaya Per Hari	3.055,49	Rp / Hari
	Biaya Per Menit	6,37	Rp / Menit

Telepon	Rata-Rata Biaya Per Menit	125	Rp/Menit
----------------	---------------------------	-----	----------

Internet	Biaya Per Bulan	1.000.000	Rp/Bulan
	Biaya Per Hari	33.333,33	Rp/Hari
	Biaya Per Jam	4.166,67	Rp/Jam
	Biaya Per Menit	69,44	Rp/Menit

Printer	Beban Rata-Rata	38	Watt
		0,038	Kwh
	Lama Pemakaian Harian	8	Jam Pemakaian
	Rata-Rata Beban Per Hari	0,304	Per Hari
	Rata-Rata Biaya Per kWh	1.527,75	Rp / kWh
	Rata-Rata Biaya Per Hari	464,43	Rp / Menit
	Rata-Rata Biaya Per Menit	0,97	Rp / Menit

Tinta Printer	Rata-Rata Harga Tinta Hitam	30.000	Per Botol
	Rata-Rata Jumlah Kertas yang Mampu Di Print dalam Sekali Isi Tinta Hitam	750	Lembar
	Rata-Rata Biaya Print Per Lembar (Tinta Hitam)	40	Rp / Lembar
	Rata-Rata Harga Tinta Warna	40.000	Per Botol
	Rata-Rata Jumlah Kertas yang Mampu Di Print dalam Sekali Isi Tinta Warna	1.000	Lembar
	Rata-Rata Biaya Print Per Lembar (Tinta Warna)	40	Rp / Lembar
	Total Rata-Rata Biaya Per Lembar	80	Rp / Lembar

Kertas	Rata-Rata Harga Kertas	33.000	Per Rim
		132	Per Lembar

Deskripsi		Harga Satuan (Rp)	Rata-Rata Lama Pemakaian (Bulan)	Rata-Rata Biaya Pemakaian Per Menit (Rp/Menit)
ATK	Rata-Rata Harga Ballpoint	2.000	2	1,13
	Rata-Rata Harga Buku Besar	8.000	3	1,48
	Rata-Rata Harga Stempel	25.000	12	1,16
	Rata-Rata Harga Bindex	50.000	12	2,31
	Rata-Rata Harga Nota	50.000	2	13,89
	Rata-Rata Harga Staples	10.000	12	0,46
	TOTAL				19,86

Biaya Pesan Gudang Pusat Distribusi							
Komponen Biaya Pesan	Detail Aktivitas	PIC	Lama Waktu (Menit)	Kebutuhan Orang (Orang)	Biaya Pegawai (Rp)	Kebutuhan Sumber Daya Lainnya	Biaya Sumber Daya Lainnya (Rp)
Pembuatan <i>Requisition</i> dan Penulisan <i>Purchase Order</i>	Cek Stok	Distributor / Supplier	3	1	176,61	Komputer	19,10
	Verifikasi Stok	Checker	10	1	588,7	ATK	198,61
	Konfirmasi Jumlah Pemesanan kepada PIC Pemesanan	PIC Pemesanan	10	1	588,7	ATK	198,61
	Pembuatan dan Print PO	Admin Perusahaan	10	1	588,7	Komputer	63,66
						Printer	169,68
						Kertas	264,00
						ATK	198,61
					Internet Provider	173,61	
Inspeksi	Verifikasi Pengiriman Barang dan PO	PIC Penerimaan Barang Perusahaan	10	1	588,7	ATK	19,86
Penerimaan Pesanan	Unloading Barang	PIC Penerimaan	20	5	1.177,4		

Biaya Pesan Gudang Pusat Distribusi							
Komponen Biaya Pesan	Detail Aktivitas	PIC	Lama Waktu (Menit)	Kebutuhan Orang (Orang)	Biaya Pegawai (Rp)	Kebutuhan Sumber Daya Lainnya	Biaya Sumber Daya Lainnya (Rp)
		Barang Perusahaan					
	Penukaran Nota dengan Tanda Terima	Admin Perusahaan	10	1	588,7	Komputer	63,66
						ATK	19,86
	Pembayaran	Bagian Penagihan	10	1	588,7	Komputer	63,66
						ATK	19,86
<i>Follow Up Pesanan</i>	Konfirmasi terkait Pemesanan	Admin Perusahaan / PIC Pemesanan Perusahaan	10	1	588,7	Telepon	1250,00
						Komputer	63,66
						Internet Provider	173,61
						ATK	19,86
TOTAL BIAYA PEMESANAN					5.474,91	2.979,90	8.454,81

Biaya Pegawai = Lama Waktu (dalam menit) × Kebutuhan Orang × Basic Salary Per Menit

Biaya Sumber Daya Lainnya = Lama Waktu (dalam menit) × Biaya Per Menit (untuk masing – masing sumber daya)

Berdasarkan Perhitungan di atas didapatkan bahwa:

Biaya untuk Sekali Pemesanan = Rp 8.454,80

Rata-Rata Jumlah Jenis Produk yang Dipesan setiap Kali Pemesanan = 10 Jenis Produk

Sehingga Biaya Pesan Per Jenis Produk Pada Gudang Pusat Distribusi adalah = $\frac{8.454,81}{10} = \text{Rp } 845,48$

Lampiran 2. Biaya Pesan *Retail Mining*

Biaya Pesan							
Komponen Biaya Pesan	Detail Aktivitas	PIC	Lama Waktu (Menit)	Kebutuhan Orang (Orang)	Biaya Pegawai (Rp)	Kebutuhan Sumber Daya Lainnya	Biaya Sumber Daya Lainnya (Rp)
Pembuatan <i>Requisition</i> dan Penulisan <i>Purchase Order</i>	Cek Stok	Distributor / Supplier	3	1	176,61	Komputer	19,10
	Verifikasi Stok	Checker	10	1	588,7	ATK	198,61
	Konfirmasi Jumlah Pemesanan kepada PIC Pemesanan	PIC Pemesanan Perusahaan	10	1	588,7	ATK	198,61
	Pembuatan dan Print PO	Admin Perusahaan	10	1	588,7	Komputer	63,66
						Printer	169,68
						Kertas	264,00
						ATK	198,61
Internet Provider	173,61						
Inspeksi	Verifikasi Pengiriman Barang dan PO	PIC Penerimaan Barang	10	1	588,7	ATK	19,86

Biaya Pesan							
Komponen Biaya Pesan	Detail Aktivitas	PIC	Lama Waktu (Menit)	Kebutuhan Orang (Orang)	Biaya Pegawai (Rp)	Kebutuhan Sumber Daya Lainnya	Biaya Sumber Daya Lainnya (Rp)
		Perusahaan					
Penerimaan Pesanan	Penukaran Nota dengan Tanda Terima	Admin Perusahaan	10	1	588,7	Komputer	63,66
						ATK	19,86
Follow Up Pesanan	Konfirmasi terkait Pemesanan	Admin Perusahaan / PIC Pemesanan Perusahaan	10	1	588,7	Telepon	1250,00
						Komputer	63,66
						Internet Provider	173,61
						ATK	19,86
TOTAL BIAYA PEMESANAN					3.708,81	2.979,90	6.688,71

Biaya untuk Sekali Pemesanan (Pembuatan *Purchase Order*) pada *Retail Mining* = Rp 6.688,71

Biaya ini dibagi dengan Rata-Rata Jumlah Jenis Produk *Spare Part* yang Dipesan setiap Kali Pemesanan sehingga didapatkan beban biaya pesan per pembuatan *purchase order* sebagai berikut.

Retail Mining	Biaya Per Pemesanan (Rp)	Jumlah Jenis Produk yang Dipesan Per Pemesanan	Beban Biaya Pesan Per Pembuatan <i>Purchase Order</i> (Rp)
1	6.688,71	13	514,52
2	6.688,71	13	514,52
3	6.688,71	11	608,06
4	6.688,71	13	514,52
5	6.688,71	10	668,8

Aktivitas lain yang harus dipertimbangkan adalah aktivitas *unloading* barang. Perhitungan untuk sekali aktivitas *unloading* barang pada masing-masing retail mining adalah sebagai berikut.

Retail Mining	Aktivitas	PIC	Lama Waktu (Menit)	Kebutuhan Pegawai (Orang)	Biaya Pegawai (Rp)	Jumlah Jenis Produk yang Dipesan Per Perjalanan	Beban Biaya Pesan terhadap Proses Unloading (Rp)
1	<i>Unloading Barang</i>	PIC Penerimaan Barang	60	5	17.661	25	706,44
2	<i>Unloading Barang</i>	PIC Penerimaan Barang	20	5	5.887	13	452,84
3	<i>Unloading Barang</i>	PIC Penerimaan Barang	40	5	11.774	28	420,50
4	<i>Unloading Barang</i>	PIC Penerimaan Barang	20	5	5.887	13	452,84
5	<i>Unloading Barang</i>	PIC Penerimaan Barang	45	5	13.245,75	25	529,83

Biaya untuk proses unloading barang selanjutnya dibagi dengan rata-rata jumlah jenis produk yang dibawa per perjalanan dari gudang pusat distribusi ke masing-masing *retail mining*. Sehingga didapatkan hasil perhitungan beban biaya pesan terhadap proses *unloading* barang seperti tabel di atas.

Selanjutnya untuk mendapatkan nilai akhir biaya pesan untuk setiap jenis produk adalah dengan menjumlahkan beban biaya pesan terhadap pembuata *purchase order* dan beban biaya pesan terhadap proses *unloading*, sehingga dihasilkan biaya pesan sebagai berikut.

<i>Retail Mining</i>	Beban Biaya Pesan Per Pembuatan <i>Purchase Order</i> (Rp)	Beban Biaya Pesan terhadap Proses <i>Unloading</i> (Rp)	Biaya Per Pemesanan (Rp)
1	514,52	706,44	1393.20
2	514,52	452,84	1139.60
3	608,06	420,50	1232.13
4	514,52	452,84	1139.60
5	668,8	529,83	1422.62

Lampiran 3. Biaya Simpan Per Bulan Per m³

Biaya Per Bulan Per m³ pada *Retail Mining 1*

Komponen	Deskripsi	Jumlah	Biaya (Rp)	Biaya Per Tahun (Rp)	Biaya Per Bulan (Rp)
Pajak	PBB	-	-	2.465.500	205.458
Biaya Modal	Depresiasi Bangunan				
Penanganan dan Penyimpanan	Rata-Rata Biaya Listrik Per Bulan	-	-	-	1.759.964
	Jumlah Karyawan Gudang	12	2.543.331	-	30.519.972
	Jumlah Cleaning Service	1	2.543.331	-	2.543.331
Biaya Per Bulan					34.823.267
Volume Gudang Pusat Distribusi (m ³)					820
Biaya Per Bulan Per m³ Pada <i>Retail Mining 1</i>					42.467,40

Biaya Per Bulan Per m³ pada *Retail Mining 2*

Komponen	Deskripsi	Jumlah	Biaya (Rp)	Biaya Per Tahun (Rp)	Biaya Per Bulan (Rp)
Pajak	PBB	-	-	5.926.600	493.883
Biaya Modal	Depresiasi Investasi Bangunan			84.253.333	7.021.111
Penanganan dan Penyimpanan	Rata-Rata Biaya Listrik Per Bulan	-	-	-	1.931.560
	Jumlah Karyawan Gudang	25	2.543.331	-	63.583.275
	Jumlah Cleaning Service	3	2.543.331	-	3.519.900
Biaya Per Bulan					72.411.193,56
Volume Gudang Pusat Distribusi (m ³)					1.780
Biaya Per Bulan Per m³ Retail Mining 2					40.680,45

Biaya Per Bulan Per m³ pada *Retail Mining 3*

Komponen	Deskripsi	Jumlah	Biaya (Rp)	Biaya Per Tahun (Rp)	Biaya Per Bulan (Rp)
Pajak	PBB	-	-	2.981.000	248.417
Biaya Modal	Depresiasi Investasi Bangunan			66.858.333	5.571.528
Penanganan dan Penyimpanan	Rata-Rata Biaya Listrik Per Bulan	-	-	-	1.086.778
	Jumlah Karyawan Gudang	22	2.543.331	-	55.953.282
	Jumlah Cleaning Service	1	2.543.331	-	2.543.331
Biaya Per Bulan					65.403.336
Volume Gudang Pusat Distribusi (m ³)					1.413
Biaya Per Bulan Per m³ Pada Retail Mining 3					23.994,78

Biaya Per Bulan Per m³ pada *Retail Mining 4*

Komponen	Deskripsi	Jumlah	Biaya (Rp)	Biaya Per Tahun (Rp)	Biaya Per Bulan (Rp)
Pajak	PBB	-	-	20.668.000	1.722.333
Biaya Modal	Depresiasi Investasi Bangunan			189.333.333	15.777.778
Penanganan dan Penyimpanan	Rata-Rata Biaya Listrik Per Bulan	-	-	-	2.155.956
	Jumlah Karyawan Gudang	21	2.543.331	-	32.852.400
	Jumlah Cleaning Service	1	1.173.300	-	1.173.300
Biaya Per Bulan					53.681.766
Volume Gudang Pusat Distribusi (m ³)					1.840
Biaya Per Bulan Per m³ Pada <i>Retail Mining 4</i>					30.805,31

Biaya Per Bulan Per m³ pada *Retail Mining 5*

Komponen	Deskripsi	Jumlah	Biaya (Rp)	Biaya Per Tahun (Rp)	Biaya Per Bulan (Rp)
Pajak	PBB	-	-	4.263.000	355.250
Biaya Modal	Depresiasi Investasi Bangunan			59.166.667	4.930.556
Penanganan dan Penyimpanan	Rata-Rata Biaya Listrik Per Bulan	-	-	-	1.528.143
	Jumlah Karyawan Gudang	20	2.543.331	-	50.866.620
	Jumlah Cleaning Service	1	2.543.331	-	2.543.331
Biaya Per Bulan					60.223.900
Volume Gudang Pusat Distribusi (m ³)					1.050
Biaya Per Bulan Per m³ Pada <i>Retail Mining 5</i>					57.356,10

Biaya Per Bulan Per m³ pada Gudang Pusat Distribusi

Komponen	Deskripsi	Jumlah	Biaya (Rp)	Biaya Per Tahun (Rp)	Biaya Per Bulan (Rp)
Pajak	PBB	-	-	31.041.000	2.586.750
Biaya Modal	Depresiasi Investasi Bangunan				
Penanganan dan Penyimpanan	Rata-Rata Biaya Listrik Per Bulan	-	-	-	353.188
	Jumlah Karyawan Gudang	18	2.543.331	-	45.779.958
	Jumlah Cleaning Service	1	2.543.331	-	2.543.331
Biaya Per Bulan					51.263.227
Volume Gudang Pusat Distribusi (m ³)					3.775
Biaya Per Bulan Per m³ Pada Gudang Pusat Distribusi					13.579,66

Lampiran 4. Biaya Perawatan Kendaraan

Biaya Perawatan Kendaraan *Retail Mining 1*

Komponen	Kuantitas (Unit)	Biaya / Unit (Rp)	Biaya total (Rp)	Batas Jarak (km)	Rasio Jarak	Total (Rp)
Oli Mesin	10	50.000,00	500.000,00	5.000	0,000048	24
Oli Gardan	4	31.000,00	124.000,00	20.000	0,000012	1,488
Oli Transmisi	4	37.500,00	150.000,00	40.000	0,000006	0,9
Filter Oli	1	27.000,00	27.000,00	10.000	0,000024	0,65
Filter Udara	1	409.500,00	409.500,00	20.000	0,000012	4,91
Air Radiator	2	32.900,00	65.800,00	40.000	0,000006	0,395
Kampas Rem	1	510.000,00	510.000,00	40.000	0,000006	3,06
Biaya Perjalanan untuk Satu Kali Perjalanan (Non PP)						35,41

Biaya Perawatan Kendaraan *Retail Mining 2*

Komponen	Kuantitas (Unit)	Biaya / Unit (Rp)	Biaya total (Rp)	Batas Jarak (km)	Rasio Jarak	Total (Rp)
Oli Mesin	4	50.000,00	200.000,00	5.000,00	0,00030	15
Oli Gardan	3	31.000,00	93.000,00	20.000,00	0,000075	1,5
Oli Transmisi	3	37.500,00	112.500,00	40.000,00	0,000037	14,8
Filter Oli	1	29.000,00	29.000,00	10.000,00	0,00015	1,5
Filter Udara	1	45.000,00	45.000,00	20.000,00	0,000150	3
Air Radiator	2	32.900,00	65.800,00	40.000,00	0,000037	14,8
Kampas Rem	1	160.000,00	160.000,00	40.000,00	0,000037	14,8
Biaya Perjalanan untuk Satu Kali Perjalanan (Non PP)						174,77

Biaya Perawatan Kendaraan *Retail Mining 3*

Komponen	Kuantitas (Unit)	Biaya / Unit (Rp)	Biaya total (Rp)	Batas Jarak (km)	Rasio Jarak	Total (Rp)
Oli Mesin	8	50.000,00	400.000,00	5.000,00	0,000800	320
Oli Gardan	4	31.000,00	124.000,00	20.000,00	0,000200	24,8
Oli Transmisi	4	37.500,00	150.000,00	40.000,00	0,000100	15
Filter Oli	1	99.000,00	99.000,00	10.000,00	0,000400	39,6
Filter Udara	1	75.000,00	75.000,00	20.000,00	0,000200	15
Air Radiator	2	32.900,00	65.800,00	40.000,00	0,000100	6,58
Kampas Rem	1	80.000,00	80.000,00	40.000,00	0,000100	8
Biaya Perjalanan untuk Satu Kali Perjalanan (Non PP)						428,98

Biaya Perawatan Kendaraan *Retail Mining 4*

Komponen	Kuantitas (Unit)	Biaya / Unit (Rp)	Biaya total (Rp)	Batas Jarak (km)	Rasio Jarak	Total (Rp)
Oli Mesin	8	50.000,00	400.000,00	5.000,00	0,001620	648
Oli Gardan	4	31.000,00	124.000,00	20.000,00	0,000405	50,22
Oli Transmisi	4	37.500,00	150.000,00	40.000,00	0,000203	30,38
Filter Oli	1	99.000,00	99.000,00	10.000,00	0,000810	80,19
Filter Udara	1	75.000,00	75.000,00	20.000,00	0,000405	30,38
Air Radiator	2	32.900,00	65.800,00	40.000,00	0,000203	13,32
Kampas Rem	1	80.000,00	80.000,00	40.000,00	0,000203	16,2
Biaya Perjalanan untuk Satu Kali Perjalanan (Non PP)						868,68

Biaya Perawatan Kendaraan *Retail Mining 5*

Komponen	Kuantitas (Unit)	Biaya / Unit (Rp)	Biaya total (Rp)	Batas Jarak (km)	Rasio Jarak	Total (Rp)
Oli Mesin	8	50.000,00	400.000,00	5.000,00	0,002360	944
Oli Gardan	4	31.000,00	124.000,00	20.000,00	0,000590	73,16
Oli Transmisi	4	37.500,00	150.000,00	40.000,00	0,000295	44,25
Filter Oli	1	99.000,00	99.000,00	10.000,00	0,001180	116,82
Filter Udara	1	75.000,00	75.000,00	20.000,00	0,000590	44,25
Air Radiator	2	32.900,00	65.800,00	40.000,00	0,000295	19,41
Kampas Rem	1	80.000,00	80.000,00	40.000,00	0,000295	23,6
Biaya Perjalanan untuk Satu Kali Perjalanan (Non PP)						1.265,491

Lampiran 5. Hasil Perhitungan *Order Quantity Retail Mining* (q_{ij}) pada Pengembangan Model

Order Quantity Retail Mining (q_{ij}) (Unit)

Produk Spare part	Retail Mining 1	Retail Mining 2	Retail Mining 3	Retail Mining 4	Retail Mining 5
Refill Kit	44	7	17	22	11
Element As	21	34	14	26	27
Filter As	22	12	22	16	15
Element As	15	13	11	15	15
Element-Filt	14	8	15	8	22
Trans Filtr	12	10	25	52	19
Filter- Air	16	14	3	6	11
Seal O Ring	8	11	7	8	7
Valve Kit	5	3	5	2	7
Washer	2	4	9	5	4

Lampiran 6. Hasil Perhitungan *Reorder Point Retail Mining*(r_{ij}) pada Pengembangan Model

Reorder Point Retail Mining (r_{ij}) (Unit)

Produk Spare part	Retail Mining 1	Retail Mining 2	Retail Mining 3	Retail Mining 4	Retail Mining 5
Refill Kit	5	5	3	5	3
Element As	5	5	5	8	4
Filter As	22	9	11	7	11
Element As	15	4	15	6	4
Element-Filt	9	5	6	4	59

Produk Spare part	Retail Mining 1	Retail Mining 2	Retail Mining 3	Retail Mining 4	Retail Mining 5
Trans Filtr	7	34	6	5	5
Filter- Air	4	4	3	4	6
Seal O Ring	5	2	4	3	3
Valve Kit	6	7	6	10	7
Washer	6	6	13	11	4

Lampiran 6. Hasil Perhitungan Frekuensi Pengiriman ke Setiap Retail Mining (n_{ij}) pada Pengembangan Model

Frekuensi Pengiriman *Retail Mining* (n_{ij}) (Kali)

Produk Spare part	Retail Mining 1	Retail Mining 2	Retail Mining 3	Retail Mining 4	Retail Mining 5
Refill Kit	2	2	2	1	1
Element As	3	3	4	3	3
Filter As	2	8	3	4	3
Element As	4	4	3	3	3
Element-Filt	3	5	2	2	3
Trans Filtr	7	3	4	1	2
Filter- Air	3	3	19	5	10
Seal O Ring	6	5	8	7	11
Valve Kit	13	4	7	4	6
Washer	21	7	4	5	3

Lampiran 7. Hasil Perhitungan *Order Quantity* Gudang (Q_j) Pengembangan Model

Part Number	Produk <i>Spare part</i>	<i>Order Quantity</i> Gudang (Q_j) (Unit)
2G-7183	Refill Kit	175
6I-2507	Element As	279
380-8941	Filter As	255
6I-2508	Element As	231
139-1537	Element-Filt	210
132-8875	Trans Filtr	259
149-1912	Filter- Air	209
6V-3835	Seal O Ring	300
2G-7184	Valve Kit	221
272-0760	Washer	153

Lampiran 8 Running Lingo dan GA dengan Matlab

Running Lingo 2 Produk 2 Retail Mining

Local optimal solution found.

Objective value: 0.1006245E+08
 Objective bound: 0.1006245E+08
 Infeasibilities: 0.3339682E-01
 Extended solver steps: 262
 Total solver iterations: 40035

Variable	Value	Reduced Cost
TPRM	6205.200	0.000000
TPG	3381.920	0.000000

TSRM	9088120.	0.000000
TSG	840611.5	0.000000
TKP	113830.1	0.000000
TTR	10302.03	0.000000
F(1)	3775.000	0.000000
CF(1)	820.0000	0.000000
CF(2)	1780.000	0.000000
FR(1)	820.0000	0.000000
FR(2)	1780.000	0.000000
PQ(1)	47.00000	0.000000
PQ(2)	109.0000	0.000000
PH(1)	60911.00	0.000000
PH(2)	54233.00	0.000000
PF(1)	0.3220000E-03	0.000000
PF(2)	0.3859000E-02	0.000000
AV(1)	845.4800	0.000000
AV(2)	845.4800	0.000000
DMAX(1, 1)	36.00000	0.000000
DMAX(1, 2)	44.00000	0.000000
DMAX(2, 1)	99.00000	0.000000
DMAX(2, 2)	82.00000	0.000000
DMIN(1, 1)	2.000000	0.000000
DMIN(1, 2)	12.00000	0.000000
DMIN(2, 1)	24.00000	0.000000
DMIN(2, 2)	12.00000	0.000000
D(1, 1)	19.00000	0.000000
D(1, 2)	28.00000	0.000000
D(2, 1)	62.00000	0.000000
D(2, 2)	47.00000	0.000000
AR(1, 1)	1393.200	0.000000
AR(1, 2)	1393.200	0.000000
AR(2, 1)	1139.600	0.000000
AR(2, 2)	1139.600	0.000000
LT(1, 1)	1.000000	0.000000
LT(1, 2)	1.000000	0.000000

LT(2, 1)	1.000000	0.000000
LT(2, 2)	1.000000	0.000000
H(1, 1)	61000.00	0.000000
H(1, 2)	54300.00	0.000000
H(2, 1)	61500.00	0.000000
H(2, 2)	52340.00	0.000000
S(1, 1)	419395.0	0.000000
S(1, 2)	717490.0	0.000000
S(2, 1)	419395.0	0.000000
S(2, 2)	717490.0	0.000000
AT(1, 1)	1564.320	0.000000
AT(1, 2)	1564.320	0.000000
AT(2, 1)	2391.130	0.000000
AT(2, 2)	2391.130	0.000000
SL(1, 1)	0.9500000	0.000000
SL(1, 2)	0.9500000	0.000000
SL(2, 1)	0.9500000	0.000000
SL(2, 2)	0.9500000	0.000000
Q(1, 1)	19.00000	-435.7687
Q(1, 2)	28.00000	-3811.512
Q(2, 1)	31.00000	1782.245
Q(2, 2)	47.00000	-2002.992
N(1, 1)	1.000000	0.000000
N(1, 2)	1.000000	0.000000
N(2, 1)	2.000000	0.000000
N(2, 2)	1.000000	0.000000
R(1, 1)	35.00000	46870.72
R(1, 2)	43.00000	30181.54
R(2, 1)	96.00000	25488.39
R(2, 2)	79.00000	19347.27

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	-0.3094254E-04	-1.000000
2	-0.2295656E-04	-1.000000
3	-0.3339682E-01	-1.000000

4	0.000000	-1.000000
5	-0.1252373E-02	-1.000000
6	-0.6492422E-04	-1.000000
7	0.1006245E+08	-1.000000
8	0.7000000	0.000000
9	0.6000000	0.000000
10	0.7500000	0.000000
11	0.5000000	0.000000
12	819.8005	0.000000
13	1779.776	0.000000
14	3774.940	0.000000
15	0.000000	-577809.1
16	0.000000	-851908.5
17	0.000000	-840188.7
18	0.000000	-1273630.
19	0.000000	0.000000
20	0.000000	0.000000

Running Lingo 2 Produk 3 Retail Mining

Local optimal solution found.

Objective value:	0.1086976E+08
Objective bound:	0.1086976E+08
Infeasibilities:	0.1214175E-08
Extended solver steps:	218
Total solver iterations:	73875

Variable	Value	Reduced Cost
TPRM	61159.60	0.000000
TPG	5072.880	0.000000
TSRM	9172868.	0.000000
TSG	1191638.	0.000000
TKP	314769.9	0.000000
TTR	124249.5	0.000000
F(1)	3775.000	0.000000

CF(1)	820.0000	0.000000
CF(2)	1780.000	0.000000
FR(1)	820.0000	0.000000
FR(2)	1780.000	0.000000
PQ(1)	47.00000	0.000000
PQ(2)	77.00000	0.000000
PQ(3)	100.0000	0.000000
PH(1)	60911.00	0.000000
PH(2)	54233.00	0.000000
PH(3)	15262.00	0.000000
PF(1)	0.3220000E-03	0.000000
PF(2)	0.3859000E-02	0.000000
PF(3)	0.4240000E-02	0.000000
AV(1)	845.4800	0.000000
AV(2)	845.4800	0.000000
AV(3)	845.4800	0.000000
DMAX(1, 1)	36.00000	0.000000
DMAX(1, 2)	44.00000	0.000000
DMAX(2, 1)	27.00000	0.000000
DMAX(2, 2)	99.00000	0.000000
DMAX(3, 1)	82.00000	0.000000
DMAX(3, 2)	88.00000	0.000000
DMIN(1, 1)	2.000000	0.000000
DMIN(1, 2)	12.00000	0.000000
DMIN(2, 1)	2.000000	0.000000
DMIN(2, 2)	24.00000	0.000000
DMIN(3, 1)	12.00000	0.000000
DMIN(3, 2)	18.00000	0.000000
D(1, 1)	19.00000	0.000000
D(1, 2)	28.00000	0.000000
D(2, 1)	15.00000	0.000000
D(2, 2)	62.00000	0.000000
D(3, 1)	47.00000	0.000000
D(3, 2)	53.00000	0.000000
AR(1, 1)	1393.200	0.000000

AR(1, 2)	1393.200	0.000000
AR(2, 1)	1393.200	0.000000
AR(2, 2)	1139.600	0.000000
AR(3, 1)	1139.600	0.000000
AR(3, 2)	1139.600	0.000000
LT(1, 1)	1.000000	0.000000
LT(1, 2)	1.000000	0.000000
LT(2, 1)	1.000000	0.000000
LT(2, 2)	1.000000	0.000000
LT(3, 1)	1.000000	0.000000
LT(3, 2)	1.000000	0.000000
H(1, 1)	61000.00	0.000000
H(1, 2)	54300.00	0.000000
H(2, 1)	15385.00	0.000000
H(2, 2)	61500.00	0.000000
H(3, 1)	52340.00	0.000000
H(3, 2)	15401.00	0.000000
S(1, 1)	419395.0	0.000000
S(1, 2)	717490.0	0.000000
S(2, 1)	73470.00	0.000000
S(2, 2)	419395.0	0.000000
S(3, 1)	717490.0	0.000000
S(3, 2)	73470.00	0.000000
AT(1, 1)	1564.320	0.000000
AT(1, 2)	1564.320	0.000000
AT(2, 1)	1564.320	0.000000
AT(2, 2)	2391.130	0.000000
AT(3, 1)	2391.130	0.000000
AT(3, 2)	2391.130	0.000000
SL(1, 1)	0.9500000	0.000000
SL(1, 2)	0.9500000	0.000000
SL(2, 1)	0.9500000	0.000000
SL(2, 2)	0.9500000	0.000000
SL(3, 1)	0.9500000	0.000000
SL(3, 2)	0.9500000	0.000000

Q(1, 1)	19.00000	-435.7687
Q(1, 2)	28.00000	-3811.512
Q(2, 1)	15.00000	-19719.13
Q(2, 2)	31.00000	1782.245
Q(3, 1)	1.00000	0.00000
Q(3, 2)	53.00000	-86.23217
N(1, 1)	1.00000	0.00000
N(1, 2)	1.00000	0.00000
N(2, 1)	1.00000	0.00000
N(2, 2)	2.00000	0.00000
N(3, 1)	47.00000	8261.222
N(3, 2)	1.00000	0.00000
R(1, 1)	35.00000	46870.72
R(1, 2)	43.00000	30181.54
R(2, 1)	26.00000	11830.80
R(2, 2)	96.00000	25488.39
R(3, 1)	81.00000	-430151.5
R(3, 2)	85.00000	11592.24

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.00000	-1.00000
2	-0.1214175E-08	-1.00000
3	0.00000	-1.00000
4	0.00000	-1.00000
5	0.00000	-1.00000
6	0.00000	-1.00000
7	0.1086976E+08	-1.00000
8	0.700000	0.00000
9	0.600000	0.00000
10	0.250000	0.00000
11	0.750000	0.00000
12	2.50000	0.00000
13	0.500000	0.00000
14	819.7740	0.00000
15	1779.551	0.00000

16	3774.843	0.000000
17	0.000000	-577809.1
18	0.000000	-851908.5
19	0.000000	-405902.0
20	0.000000	-840188.7
21	0.000000	648.2108
22	0.000000	-403597.5
23	0.000000	0.000000
24	0.000000	0.000000
25	0.000000	0.000000

Running Lingo 2 produk 4 Retail Mining

Local optimal solution found.

Objective value: 0.1061666E+08
 Objective bound: 0.1061666E+08
 Infeasibilities: 0.000000
 Extended solver steps: 1298
 Total solver iterations: 2194047

Variable	Value	Reduced Cost
TPRM	96740.80	0.000000
TPG	6763.840	0.000000
TSRM	9396479.	0.000000
TSG	808886.0	0.000000
TKP	110245.8	0.000000
TTR	197547.7	0.000000
F(1)	3775.000	0.000000
CF(1)	820.0000	0.000000
CF(2)	1780.000	0.000000
FR(1)	820.0000	0.000000
FR(2)	1780.000	0.000000
PQ(1)	47.00000	0.000000
PQ(2)	42.00000	0.000000
PQ(3)	109.0000	0.000000
PQ(4)	66.00000	0.000000

PH (1)	60911.00	0.000000
PH (2)	54233.00	0.000000
PH (3)	15262.00	0.000000
PH (4)	37747.00	0.000000
PF (1)	0.3220000E-03	0.000000
PF (2)	0.3859000E-02	0.000000
PF (3)	0.4240000E-02	0.000000
PF (4)	0.1348000E-02	0.000000
AV (1)	845.4800	0.000000
AV (2)	845.4800	0.000000
AV (3)	845.4800	0.000000
AV (4)	845.4800	0.000000
DMAX (1, 1)	36.00000	0.000000
DMAX (1, 2)	44.00000	0.000000
DMAX (2, 1)	27.00000	0.000000
DMAX (2, 2)	27.00000	0.000000
DMAX (3, 1)	99.00000	0.000000
DMAX (3, 2)	82.00000	0.000000
DMAX (4, 1)	88.00000	0.000000
DMAX (4, 2)	18.00000	0.000000
DMIN (1, 1)	2.000000	0.000000
DMIN (1, 2)	12.00000	0.000000
DMIN (2, 1)	2.000000	0.000000
DMIN (2, 2)	26.00000	0.000000
DMIN (3, 1)	24.00000	0.000000
DMIN (3, 2)	12.00000	0.000000
DMIN (4, 1)	18.00000	0.000000
DMIN (4, 2)	8.000000	0.000000
D (1, 1)	19.00000	0.000000
D (1, 2)	28.00000	0.000000
D (2, 1)	15.00000	0.000000
D (2, 2)	27.00000	0.000000
D (3, 1)	62.00000	0.000000
D (3, 2)	47.00000	0.000000
D (4, 1)	53.00000	0.000000

D(4, 2)	13.00000	0.000000
AR(1, 1)	1393.200	0.000000
AR(1, 2)	1393.200	0.000000
AR(2, 1)	1393.200	0.000000
AR(2, 2)	1393.200	0.000000
AR(3, 1)	1139.600	0.000000
AR(3, 2)	1139.600	0.000000
AR(4, 1)	1139.600	0.000000
AR(4, 2)	1139.600	0.000000
LT(1, 1)	1.000000	0.000000
LT(1, 2)	1.000000	0.000000
LT(2, 1)	1.000000	0.000000
LT(2, 2)	1.000000	0.000000
LT(3, 1)	1.000000	0.000000
LT(3, 2)	1.000000	0.000000
LT(4, 1)	1.000000	0.000000
LT(4, 2)	1.000000	0.000000
H(1, 1)	61000.00	0.000000
H(1, 2)	54300.00	0.000000
H(2, 1)	15385.00	0.000000
H(2, 2)	37747.00	0.000000
H(3, 1)	61500.00	0.000000
H(3, 2)	52340.00	0.000000
H(4, 1)	15401.00	0.000000
H(4, 2)	37747.00	0.000000
S(1, 1)	419395.0	0.000000
S(1, 2)	717490.0	0.000000
S(2, 1)	73470.00	0.000000
S(2, 2)	315100.0	0.000000
S(3, 1)	419395.0	0.000000
S(3, 2)	717490.0	0.000000
S(4, 1)	73470.00	0.000000
S(4, 2)	315100.0	0.000000
AT(1, 1)	1564.320	0.000000
AT(1, 2)	1564.320	0.000000

AT(2, 1)	1564.320	0.000000
AT(2, 2)	1564.320	0.000000
AT(3, 1)	2391.130	0.000000
AT(3, 2)	2391.130	0.000000
AT(4, 1)	2391.130	0.000000
AT(4, 2)	2391.130	0.000000
SL(1, 1)	0.9500000	0.000000
SL(1, 2)	0.9500000	0.000000
SL(2, 1)	0.9500000	0.000000
SL(2, 2)	0.9500000	0.000000
SL(3, 1)	0.9500000	0.000000
SL(3, 2)	0.9500000	0.000000
SL(4, 1)	0.9500000	0.000000
SL(4, 2)	0.9500000	0.000000
Q(1, 1)	19.00000	-435.7687
Q(1, 2)	28.00000	-3811.512
Q(2, 1)	15.00000	-19719.13
Q(2, 2)	27.00000	-8352.538
Q(3, 1)	2.000000	0.000000
Q(3, 2)	1.000000	0.000000
Q(4, 1)	53.00000	-11328.73
Q(4, 2)	13.00000	-271.5946
N(1, 1)	1.000000	0.000000
N(1, 2)	1.000000	0.000000
N(2, 1)	1.000000	0.000000
N(2, 2)	1.000000	0.000000
N(3, 1)	31.00000	4835.154
N(3, 2)	47.00000	3136.283
N(4, 1)	1.000000	0.000000
N(4, 2)	1.000000	0.000000
R(1, 1)	35.00000	46870.72
R(1, 2)	43.00000	30181.54
R(2, 1)	26.00000	11830.80
R(2, 2)	27.00000	37746.65
R(3, 1)	98.00000	-112670.1

R(3, 2)	82.00000	52339.52
R(4, 1)	85.00000	11592.24
R(4, 2)	18.00000	37746.96

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.000000	-1.000000
2	0.000000	-1.000000
3	0.000000	-1.000000
4	0.000000	-1.000000
5	0.000000	-1.000000
6	0.000000	-1.000000
7	0.1061666E+08	-1.000000
8	0.7000000	0.000000
9	0.6000000	0.000000
10	0.2500000	0.000000
11	0.5000000E-01	0.000000
12	2.750000	0.000000
13	3.500000	0.000000
14	0.5000000	0.000000
15	0.5000000	0.000000
16	819.6845	0.000000
17	1779.773	0.000000
18	3774.775	0.000000
19	0.000000	-577809.1
20	0.000000	-851908.5
21	0.000000	-405902.0
22	0.000000	-731300.0
23	0.000000	-10399.57
24	0.000000	-4476.728
25	0.000000	-999450.0
26	0.000000	-244510.0
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	0.000000
29	0.000000	0.000000
30	0.000000	0.000000

Running Lingo 3 Produk 3 Retail Mining

Feasible solution found.

Objective value:	0.1359831E+08
Objective bound:	0.1003876E+08
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	1830
Total solver iterations:	3647376

Variable	Value	Reduced Cost
TPRM	118243.1	0.000000
TPG	7609.320	0.000000
TSRM	9678606.	0.000000
TSG	3546988.	0.000000
TKP	55378.08	0.000000
TTR	191485.8	0.000000
F(1)	3775.000	0.000000
CF(1)	820.0000	0.000000
CF(2)	1780.000	0.000000
CF(3)	1413.000	0.000000
FR(1)	820.0000	0.000000
FR(2)	1780.000	0.000000
FR(3)	1413.000	0.000000
PQ(1)	62.00000	0.000000
PQ(2)	162.0000	25454.71
PQ(3)	101.0000	0.000000
PH(1)	60911.00	0.000000
PH(2)	54233.00	0.000000
PH(3)	15262.00	0.000000
PF(1)	0.3220000E-03	0.000000
PF(2)	0.3859000E-02	0.000000
PF(3)	0.4240000E-02	0.000000
AV(1)	845.4800	0.000000
AV(2)	845.4800	0.000000

AV (3)	845.4800	0.000000
DMAX (1, 1)	36.00000	0.000000
DMAX (1, 2)	44.00000	0.000000
DMAX (1, 3)	27.00000	0.000000
DMAX (2, 1)	99.00000	0.000000
DMAX (2, 2)	82.00000	0.000000
DMAX (2, 3)	88.00000	0.000000
DMAX (3, 1)	57.00000	0.000000
DMAX (3, 2)	22.00000	0.000000
DMAX (3, 3)	46.00000	0.000000
DMIN (1, 1)	2.000000	0.000000
DMIN (1, 2)	12.00000	0.000000
DMIN (1, 3)	2.000000	0.000000
DMIN (2, 1)	24.00000	0.000000
DMIN (2, 2)	12.00000	0.000000
DMIN (2, 3)	18.00000	0.000000
DMIN (3, 1)	40.00000	0.000000
DMIN (3, 2)	13.00000	0.000000
DMIN (3, 3)	22.00000	0.000000
D (1, 1)	19.00000	0.000000
D (1, 2)	28.00000	0.000000
D (1, 3)	15.00000	0.000000
D (2, 1)	62.00000	0.000000
D (2, 2)	47.00000	0.000000
D (2, 3)	53.00000	0.000000
D (3, 1)	49.00000	0.000000
D (3, 2)	18.00000	0.000000
D (3, 3)	34.00000	0.000000
AR (1, 1)	1393.200	0.000000
AR (1, 2)	1393.200	0.000000
AR (1, 3)	1393.200	0.000000
AR (2, 1)	1139.600	0.000000
AR (2, 2)	1139.600	0.000000
AR (2, 3)	1139.600	0.000000
AR (3, 1)	1232.130	0.000000

AR(3, 2)	1232.130	0.000000
AR(3, 3)	1232.130	0.000000
LT(1, 1)	1.000000	0.000000
LT(1, 2)	1.000000	0.000000
LT(1, 3)	1.000000	0.000000
LT(2, 1)	1.000000	0.000000
LT(2, 2)	1.000000	0.000000
LT(2, 3)	1.000000	0.000000
LT(3, 1)	1.000000	0.000000
LT(3, 2)	1.000000	0.000000
LT(3, 3)	1.000000	0.000000
H(1, 1)	61000.00	0.000000
H(1, 2)	54300.00	0.000000
H(1, 3)	15385.00	0.000000
H(2, 1)	61500.00	0.000000
H(2, 2)	52340.00	0.000000
H(2, 3)	15401.00	0.000000
H(3, 1)	62000.00	0.000000
H(3, 2)	53400.00	0.000000
H(3, 3)	15501.00	0.000000
S(1, 1)	419395.0	0.000000
S(1, 2)	717490.0	0.000000
S(1, 3)	73470.00	0.000000
S(2, 1)	419395.0	0.000000
S(2, 2)	717490.0	0.000000
S(2, 3)	73470.00	0.000000
S(3, 1)	419395.0	0.000000
S(3, 2)	717490.0	0.000000
S(3, 3)	73470.00	0.000000
AT(1, 1)	1564.320	0.000000
AT(1, 2)	1564.320	0.000000
AT(1, 3)	1564.320	0.000000
AT(2, 1)	2391.130	0.000000
AT(2, 2)	2391.130	0.000000
AT(2, 3)	2391.130	0.000000

AT(3, 1)	2199.690	0.000000
AT(3, 2)	2199.690	0.000000
AT(3, 3)	2199.690	0.000000
SL(1, 1)	0.9500000	0.000000
SL(1, 2)	0.9500000	0.000000
SL(1, 3)	0.9500000	0.000000
SL(2, 1)	0.9500000	0.000000
SL(2, 2)	0.9500000	0.000000
SL(2, 3)	0.9500000	0.000000
SL(3, 1)	0.9500000	0.000000
SL(3, 2)	0.9500000	0.000000
SL(3, 3)	0.9500000	0.000000
Q(1, 1)	1.000000	0.000000
Q(1, 2)	2.000000	0.000000
Q(1, 3)	15.00000	-23058.13
Q(2, 1)	2.000000	0.000000
Q(2, 2)	47.00000	-2002.992
Q(2, 3)	53.00000	-19571.73
Q(3, 1)	7.000000	0.000000
Q(3, 2)	1.000000	0.000000
Q(3, 3)	17.00000	-464.3174
N(1, 1)	19.00000	2955.178
N(1, 2)	14.00000	3429.734
N(1, 3)	1.000000	0.000000
N(2, 1)	31.00000	3296.311
N(2, 2)	1.000000	0.000000
N(2, 3)	1.000000	0.000000
N(3, 1)	7.000000	-19937.17
N(3, 2)	18.00000	2372.431
N(3, 3)	2.000000	0.000000
R(1, 1)	36.00000	60999.76
R(1, 2)	44.00000	54299.68
R(1, 3)	26.00000	11830.80
R(2, 1)	99.00000	61499.83
R(2, 2)	79.00000	19347.27

R(2, 3)	85.00000	11592.24
R(3, 1)	57.00000	61999.82
R(3, 2)	22.00000	53398.56
R(3, 3)	45.00000	8732.619

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.000000	-1.000000
2	0.000000	-1.000000
3	0.000000	-1.000000
4	0.000000	-1.000000
5	0.000000	-1.000000
6	0.000000	-1.000000
7	0.1359831E+08	-1.000000
8	1.700000	0.000000
9	1.600000	0.000000
10	0.2500000	0.000000
11	3.750000	0.000000
12	0.5000000	0.000000
13	0.5000000	0.000000
14	0.8500000	0.000000
15	0.4500000	0.000000
16	0.2000000	0.000000
17	819.7990	0.000000
18	1779.761	0.000000
19	1412.685	0.000000
20	3774.716	0.000000
21	0.000000	-27455.82
22	0.000000	-57420.88
23	0.000000	-455987.1
24	0.000000	0.000000
25	0.000000	-77258.75
26	0.000000	-87229.50
27	0.000000	-73233.38
28	0.000000	-5211.598
29	0.000000	-129304.3

30	0.000000	0.000000
31	0.000000	-25454.71
32	0.000000	0.000000

Running Algoritma Genetika dengan Matlab 2 Produk 2 Retail Mining

BestFrequency =

1	1
1	1

BestReorder_point =

1	2
2	3

BestQuantity =

44	64
14	68

BestGudang =

44	64
14	68

total biaya pesan=

94056,45

total biaya simpan=

10024554,9

total biaya shortage=

255850,1

total biaya transportasi =

29602,03

tot_cost =

10404063,48

Hasil running Algoritma Genetika dengan matlab 3 produk 2 Retail Mining

BestFrequency =

1	1	1
1	1	1

BestReorder_point =

1	3	3
2	3	2

BestQuantity =

44	21	22
----	----	----

7	34	12
---	----	----

BestGudang =

44	63	44
----	----	----

14	68	36
----	----	----

total biaya pesan=

120.343,43

total biaya simpan=

10.230.000

total biaya shortage=

100245.8

total biaya transportasi =

295745,8

tot_cost =

10746335,03

Hasil running Algoritma Genetika dengan matlab 4 produk 2 Retail Mining

```
BestFrequency =  
    1     3     2     3  
    2     2     3     4  
BestReorder_point =  
    3     4     9     6  
    5     7     6    14  
BestQuantity =  
    44    21    22    15  
    7    34    12    13  
BestGudang =  
    44    63    44    45  
    14    68    36    52  
total biaya pesan=  
93360,44  
total biaya simpan=  
10190654  
total biaya shortage=  
148461,9  
total biaya transportasi =  
143572,2  
tot_cost =  
10542433,54
```

Hasil running Algoritma Genetika dengan matlab 3 produk 3 Retail Mining

BestFrequency =

1	3	2
2	2	3
3	3	3

BestReorder_point =

3	4	9
5	7	6
4	9	27

BestGudang =

44	63	44
14	68	36
51	42	66

BestQuantity =

44	21	22
7	34	12
17	14	22

total biaya pesan=

124.674,88

total biaya simpan=

12900000,76

total biaya shortage=

54378.08

total biaya transportasi =

189485,8

tot_cost =

13268539,52

BIODATA PENELITI



Peneliti bernama lengkap Mohammad Cipto Sugiono dilahirkan di Brebes pada tanggal 5 Mei 1993, dan berdomisili di Jakarta. Pendidikan formal peneliti terakhir di Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional “ Veteran” Jakarta (Angkatan 2012). Selama perkuliahan aktif sebagai asisten dosen maupun asisten laboratorium di Universitas Pembangunan Nasional “ Veteran” Jakarta, saat ini peneliti aktif juga membantu salah profesor di Teknik Industri diberbagai proyek di Pemerintah Kota Surabaya dan CSR PT. Pertamina TBBM Tuban maupun peneliti sekarang aktif juga mengajar di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta. Penulis dapat dihubungi via email moh_cipto425@yahoo.co.id