TUGAS AKHIR – TI 184833

PENENTUAN DURASI PENGIRIMAN YANG DIJANJIKAN UNTUK PRODUK OKSIGEN CAIR: STUDI KASUS PADA PT X

AKBAR FAKTORIAL SAIN
NRP. 02411640000170

DOSEN PEMBIMBING:
Dody Hartanto, S.T., M.T.
NIP. 197912292008121003

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

TUGAS AKHIR – TI 184833

PENENTUAN DURASI PENGIRIMAN YANG DIJANJIKAN UNTUK PRODUK OKSIGEN CAIR: STUDI KASUS PADA PT X

AKBAR FAKTORIAL SAIN
NRP. 02411640000170

DOSEN PEMBIMBING:
Dody Hartanto, S.T., M.T.
NIP. 197912292008121003

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

FINAL PROJECT – TI 184833

DETERMINATION OF PROMISED DELIVERY DURATION FOR LIQUID OXYGEN PRODUCT: CASE STUDY IN PT X

AKBAR FAKTORIAL SAIN
NRP. 02411640000170

SUPERVISOR:
Dody Hartanto, S.T., M.T.
NIP. 197912292008121003

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL AND SYSTEM ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology and System Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

LEMBAR PENGESAHAN

PENENTUAN DURASI PENGIRIMAN YANG DIJANJIKAN UNTUK PRODUK OKSIGEN CAIR: STUDI KASUS PADA PT X

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:
AKBAR FAKTORIAL SAIN
NRP. 02411640000170

Disetujui Oleh:
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Dody Hartanto, S.T., M.T.
NIP. 197912292008121003

SURABAYA, 2020

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PENENTUAN DURASI PENGIRIMAN YANG DIJANJIKAN UNTUK PRODUK OKSIGEN CAIR: STUDI KASUS PADA PT X

Nama Mahasiswa	: Akbar Faktorial Sain
NRP	: 02411640000170
Pembimbing	: Dody Hartanto, S.T., M.T.

ABSTRAK

Gas industri merupakan gas yang dihasilkan melalui proses pemisahan kandungan udara pada *Air Separation Plant* (ASP) yang diambil dari udara bebas. PT X adalah perusahaan gas industri yang menjual produk dalam bentuk tabung gas, gas, dan likuifaksi gas (cair). Produk paling laris dijual adalah Oksigen (O2) cair dengan menggunakan truk kecil dalam pengirimannya. Truk kecil memiliki kapasitas maksimal sebesar 11.000 kg. PT X menerapkan sistem pengiriman dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah satu hari setelah pemesanan. Hal ini menyebabkan ketidakefisienan dari jarak, waktu, dan biaya. Penghematan dapat dilakukan dengan strategi konsolidasi pengiriman berdasarkan kelompok konsumen (klaster) yang terdiri dari klaster A, B, C, D, dan E. Penelitian ini bertujuan menentukan durasi pengiriman yang dijanjikan Oksigen (O2) cair dengan strategi konsolidasi pengiriman menggunakan truk kecil. Metode yang digunakan adalah simulasi monte carlo yang bertujuan untuk memaksimalkan utilitas truk, total trip, rute, total jarak, total waktu, dan total biaya dari setiap klaster. Berdasarkan hasil uji skenario dari setiap klaster, didapatkan hasil bahwa penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan untuk klaster A adalah 4 hari dengan utilitas truk 97%, B adalah 1 hari dengan utilitas truk 97%, C adalah 1 hari dengan utilitas truk 93%, D adalah 4 hari dengan utilitas truk 99%, dan E adalah 0 hari dengan utilitas truk 55%.

Kata Kunci: Durasi Pengiriman yang Dijanjikan, Gas Industri, Konsolidasi, Likuifaksi Gas, Simulasi Monte Carlo, Utilitas Truk.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DETERMINATION OF PROMISED DELIVERY DURATION FOR LIQUID OXYGEN PRODUCTS: CASE STUDY IN PT X

Name	: Akbar Faktorial Sain
NRP	: 02411640000170
Supervisor	: Dody Hartanto, S.T., M.T.

ABSTRACT

Industrial gas is gas produced through the process of separating the air content in the Air Separation Plant (ASP) taken from free air. PT X is an industrial gas company that sells products in the form of gas cylinders, gas, and liquid gas. The best-selling product sold is liquid Oxygen (O_2) using a small truck in its delivery. Small trucks have a maximum capacity of 11,000 kg. PT X applies a delivery system with the promised delivery duration is one day after ordering. This results in inefficiencies in distance, time, and cost. Savings can be done by shipping consolidation strategies based on consumer groups (clusters) consisting of clusters A, B, C, D, and E. This study aims to determine the promised delivery duration liquid Oxygen (O_2) with a shipping consolidation strategy using small trucks. The method used is the monte carlo simulation which aims to maximize truck utility, total trip, route, total distance, total time, and total cost of each cluster. Based on the test results of scenarios from each cluster, the results show that the determination of promised delivery duration for cluster A is 4 days with 97% utility trucks, B is 1 day with 97% utility trucks, C is 1 day with 93% utility trucks, D is 4 day with 99% utility trucks, and E is 0 day with 55% utility trucks.

Key Word: Consolidation, Industrial Gas, Liquid Gas, Monte Carlo Simulation, Promised Delivery Duration, Utility Truck.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dengan judul "Penentuan Durasi Pengiriman yang Dijanjikan untuk Produk Oksigen Cair: Studi Kasus Pada PT X". Tujuan penyelesaian penelitian Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat menyelesaikan program studi Strata-1 (S1) di Departemen Teknik Sistem dan Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini mengalami beberapa kendala. Namun dengan adanya bantuan, bimbingan, dan kerjasama dengan berbagai pihak, akhirnya kendala tersebut dapat teratasi. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan didalam penyelesaian penelitian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Dody Hartanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penelitian Tugas Akhir.
2. Bapak Ali, Bapak Galuh, dan Ibu Yayuk selaku pembimbing eksternal dari perusahaan yang telah memberikan izin dan bantuan dalam menyediakan data untuk menyelesaikan penelitian Tugas Akhir.
3. Bapak Prof. I Nyoman Pujawan, M.Eng.,Ph.D, Bapak Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T., dan Bapak Dr. Adithya Sudiarno, S.T., M.T. selaku dosen penguji Seminar Proposal Tugas Akhir yang telah memberikan masukan dan saran dalam pengerjaan penelitian Tugas Akhir.
4. Bapak Prof. I Nyoman Pujawan dan Ibu Diesta Iva Maftuhah, S.T., M.T. selaku dosen penguji Sidang Tugas Akhir yang telah memberikan masukan dan saran dalam pengerjaan penelitian Tugas Akhir.
5. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya serta seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS yang telah membantu dan memberikan ilmu kepada

penulis selama menempuh pendidikan di Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS.

6. Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
7. Teman-teman Adhigana TI-32 (Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS angkatan 2016) yang selalu memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis.
8. Semua pihak terlibat yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis meminta maaf atas segala kesalahan dan kekurangan tersebut. Penulis sangat terbuka atas kritik dan saran dari pembaca yang dapat membangun dan memperbaiki penulisan selanjutnya. Penulis juga berharap penelitian Tugas Akhir ini bermanfaat untuk kedepannya.

Surabaya, Agustus 2020

Akbar Faktorial Sain

DAFTAR ISI

ABSTRAK iii
ABSTRACT v
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xvii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 10
1.3 Tujuan Penelitian 11
1.4 Manfaat Penelitian 11
1.5 Ruang Lingkup Penelitian 11
1.5.1 Batasan Penelitian 11
1.5.2 Asumsi Penelitian 12
1.6 Sistematika Penulisan 12
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 15
2.1 Gas Industri 15
2.2 Truk Pengiriman Gas Industri 17
2.3 Manajemen Transportasi dan Distribusi 19
2.4 Manajemen Persediaan 22
2.5 Konsolidasi 25
2.6 Penjadwalan dan Penentuan Rute 26
2.7 Simulasi Monte Carlo 31
2.6.1 Fitting Distribusi 33
2.6.2 Replikasi 34
2.6.3 Validasi 36
2.8 Penelitian Terdahulu 37
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 39
3.1 Tahap Pendahuluan 40
3.1.1 Studi Lapangan 41

3.1.2 Studi Literatur 41
3.2 Tahap Pengumpulan Data 41
3.2.1 Daerah Cakupan (Coverage Area) Perusahaan 41
3.2.2 Permintaan Oksigen (O2) Cair 41
3.2.3 Truk Pengiriman 42
3.2.4 Prosedur Pengiriman Gas Industri 42
3.2.5 Rantai Pasok Produk 42
3.2.6 Relevant Cost Pengiriman 43
3.2.7 Waktu Operasi 43
3.3 Tahap Pengolahan Data 43
3.3.1 Pengambilan Data Permintaan Oksigen Cair 43
3.3.2 Pemilahan Data (Data Screening) 44
3.3.3 Penentuan Kelompok Konsumen (Klaster) 44
3.3.4 Membuat Matriks Jarak 44
3.3.5 Menghitung Waktu Perjalanan Truk 45
3.3.6 Sistem Pengiriman Kondisi Awal 45
3.3.7 Sistem Pengiriman Kondisi Perbaikan 45
3.3.8 Identifikasi Elemen Ketidakpastian 46
3.3.9 Fitting Distribusi Data Permintaan 46
3.3.10 Pembuatan Model Simulasi Monte Carlo Kondisi Awal 47
3.3.11 Pembuatan Model Simulasi Monte Carlo Kondisi Perbaikan 48
3.3.12 Perbandingan Skenario 48
3.3.13 Uji Sensitivitas 49
3.4 Tahap Analisis dan Pembahasan 49
3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran 49
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 51
4.1 Pengumpulan Data 51
4.1.1 Daerah Cakupan (Coverage Area) Perusahaan 51
4.1.2 Konsumen 53
4.1.3 Permintaan Oksigen (O2) Cair 54
4.1.4 Truk Pengiriman 55
4.1.5 Rantai Pasok Produk 56

4.1.6 Relevant Cost 57
4.1.7 Waktu Operasi 57
4.2 Pengolahan Data 59
4.2.1 Penentuan Kelompok Konsumen (Klaster) 59
4.2.2 Membuat Matriks Jarak dan Menghitung Waktu Perjalanan 61
4.2.3 Membuat Matriks Jarak dan Menghitung Waktu Perjalanan Setiap Klaster 64
4.2.4 Penentuan Rute Setiap Klaster 67
4.2.5 Perbandingan Sistem Pengiriman Kondisi Awal dan Kondisi Perbaikan 76
4.2.6 Dampak Konsolidasi Pengiriman 79
4.2.7 Fitting Distribusi Data Permintaan 82
4.2.8 Pembuatan Model Simulasi Monte Carlo Kondisi Awal 87
4.2.9 Pembuatan Model Simulasi Monte Carlo Kondisi Perbaikan 137
4.2.10 Perbandingan Skenario 179
4.2.11 Uji Sensitivitas 184
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN 191
5.1 Analisis Penentuan Kelompok Konsumen (Klaster) 191
5.1.1 Analisis Model Transportasi 192
5.1.2 Analisis Model CVRP 192
5.1.3 Analisis Pendekatan Manual 193
5.2 Analisis Persediaan Konsumen 194
5.3 Analisis Simulasi Monte Carlo Kondisi Awal 195
5.4 Analisis Simulasi Monte Carlo Kondisi Perbaikan 196
5.5 Analisis Perbandingan Skenario 197
5.5.1 Analisis Perbandingan Skenario Simulasi Monte Carlo Klaster A 197
5.5.2 Analisis Perbandingan Skenario Simulasi Monte Carlo Klaster B 201
5.5.3 Analisis Perbandingan Skenario Simulasi Monte Carlo Klaster C 206
5.5.4 Analisis Perbandingan Skenario Simulasi Monte Carlo Klaster D 210
5.5.5 Analisis Perbandingan Skenario Simulasi Monte Carlo Klaster E 214
5.6 Analisis Uji Sensitivitas 218
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 221

6.1 Kesimpulan 221
6.2 Saran 221
DAFTAR PUSTAKA 223
LAMPIRAN 225
BIOGRAFI PENULIS 233

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Penjadwalan Pengiriman Awal Oksigen (O2) Cair di Klaster Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto 7
Tabel 1. 2 Penjadwalan Pengiriman Perbaikan Oksigen (O2) Cair di Klaster Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto 8
Tabel 2. 1 Produk Gas Industri 16
Tabel 2. 2 Evaluasi Umum Mode Transportasi 20
Tabel 2. 3 Perbandingan Penelitian Terdahulu 37
Tabel 4.1 Jumlah dan Persentase Trip Perusahaan 51
Tabel 4.2 Jumlah dan Persentase Trip Kategori Konsumen 53
Tabel 4.3 Konsumen Produk Oksigen (O2) Cair 53
Tabel 4.4 Data Permintaan Oksigen (O2) Cair 54
Tabel 4.5 Truk Pengiriman Oksigen (O2) Cair 55
Tabel 4.6 Perhitungan Durasi Pengiriman yang Dijanjikan Truk Besar 55
Tabel 4.7 *Relevant Cost* 57
Tabel 4.8 Waktu *Unloading* 58
Tabel 4.9 Waktu Operasi 59
Tabel 4.10 Klaster Oksigen (O2) Cair 60
Tabel 4.11 Matriks Jarak 63
Tabel 4.12 Waktu Perjalanan 64
Tabel 4.13 Matriks Jarak Klaster A 64
Tabel 4.14 Matriks Jarak Klaster B 65
Tabel 4.15 Matriks Jarak Klaster C 65
Tabel 4.16 Matriks Jarak Klaster D 65
Tabel 4.17 Matriks Jarak Klaster E 65
Tabel 4.18 Waktu Perjalanan Klaster A 66
Tabel 4.19 Waktu Perjalanan Klaster B 66
Tabel 4.20 Waktu Perjalanan Klaster C 66
Tabel 4.21 Waktu Perjalanan Klaster D 66
Tabel 4.22 Waktu Perjalanan Klaster E 67
Tabel 4.23 Rekapitulasi Penentuan Rute 75

Tabel 4.24 Sistem Pengiriman Produk Kondisi Awal 77
Tabel 4.25 Sistem Pengiriman Produk Kondisi Perbaikan 77
Tabel 4.26 Penghematan Dari Sistem Pengiriman Produk Kondisi Awal dan Perbaikan 78
Tabel 4.27 Jumlah Pemesanan Produk Oksigen (O2) Cair 80
Tabel 4.28 *Fitting* Distribusi Empiris Konsumen E3 84
Tabel 4.29 Hasil *Fitting* Distribusi Permintaan 85
Tabel 4.30 Replikasi 90
Tabel 4.31 Rekapitulasi *Half Width* 90
Tabel 4.32 Rekapitulasi Replikasi Baru 91
Tabel 4.33 Perbandingan Sistem Aktual dengan Simulasi 92
Tabel 4.34 Perbandingan Sistem Aktual dengan Sistem Simulasi 93
Tabel 4.35 Simulasi Awal Klaster A 0 Hari 94
Tabel 4.36 Simulasi Awal Klaster A 1 Hari 97
Tabel 4.37 Simulasi Awal Klaster B 0 Hari 100
Tabel 4.38 Simulasi Awal Klaster B 1 Hari 104
Tabel 4.39 Simulasi Awal Klaster C 0 Hari 109
Tabel 4.40 Simulasi Awal Klaster C 1 Hari 113
Tabel 4.41 Simulasi Awal Klaster D 0 Hari 118
Tabel 4.42 Simulasi Awal Klaster D 1 Hari 122
Tabel 4.43 Simulasi Awal Klaster E 0 Hari 127
Tabel 4.44 Simulasi Awal Klaster E 1 Hari 132
Tabel 4.45 Simulasi Perbaikan Klaster A 2 Hari 141
Tabel 4.46 Simulasi Perbaikan Klaster A 3 Hari 144
Tabel 4.47 Simulasi Perbaikan Klaster A 4 Hari 148
Tabel 4.48 Simulasi Perbaikan Klaster B 2 Hari 151
Tabel 4.49 Simulasi Perbaikan Klaster C 2 Hari 157
Tabel 4.50 Simulasi Perbaikan Klaster D 2 Hari 162
Tabel 4.51 Simulasi Perbaikan Klaster D 3 Hari 168
Tabel 4.52 Simulasi Perbaikan Klaster D 4 Hari 173
Tabel 4.53 Rekapitulasi Simulasi Klaster A 179
Tabel 4.54 Jumlah Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster A 180

Tabel 4.55 Rekapitulasi Simulasi Klaster B 180
Tabel 4.56 Jumlah Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster B 181
Tabel 4.57 Rekapitulasi Simulasi Klaster C 181
Tabel 4.58 Jumlah Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster C 182
Tabel 4.59 Rekapitulasi Simulasi Klaster D 183
Tabel 4.60 Persentase Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster D. 183
Tabel 4.61 Rekapitulasi Simulasi Klaster E..... 184
Tabel 4.62 Uji Sensitivitas Klaster A..... 185
Tabel 4.63 Uji Sensitivitas Klaster B..... 186
Tabel 4.64 Uji Sensitivitas Klaster C..... 187
Tabel 4.65 Uji Sensitivitas Klaster D..... 188
Tabel 4. 66 Uji Sensitivitas Klaster E 189
Tabel 6. 1 Kesimpulan 221

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Rantai Pasok Produk 2
Gambar 1. 2 Sistem Pengiriman Kondisi Awal 4
Gambar 1. 3 Sistem Pengiriman Kondisi Perbaikan 5
Gambar 1. 4 Ilustrasi *Reorder Point* dan Rata-Rata Persediaan 6
Gambar 1. 5 Utilitas Truk Kondisi Awal Oksigen (O2) Cair di Klaster Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto 8
Gambar 1. 6 Utilitas Truk Kondisi Perbaikan Oksigen (O2) Cair di Klaster Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto 9
Gambar 2. 1 Proses Produksi Gas Industri dari Gas menjadi Cair 15
Gambar 2. 2 Bentuk Pengiriman Gas Industri Berupa Gas dan Cair 17
Gambar 2. 3 Mode Pengirman Gas Industri 18
Gambar 2. 4 Model *Economic Order Quantity* (EOQ) 23
Gambar 2. 5 Pengiriman Dilakukan Sebelum dan Setelah Konsolidasi 25
Gambar 2. 6 Klaster Dengan Mempertimbangkan Kapasitas Kendaraan 29
Gambar 2. 7 Klaster Dengan Mempertimbangkan Waktu Pengiriman Dalam Satu Minggu 30
Gambar 2. 8 *Teardrop Pattern* 31
Gambar 2. 9 *Flowchart* Simulasi Monte Carlo 32
Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian 39
Gambar 4. 1 *Pie Chart* Persentasi Jumlah Trip 52
Gambar 4. 2 *Flowchart* Rantai Pasok Produk 56
Gambar 4. 3 Peta Klaster Oksigen (O2) Cair 61
Gambar 4. 4 Tampilan Aplikasi Google Maps 63
Gambar 4. 5 *Solver Status* Model Optimasi Klaster A 70
Gambar 4. 6 *Coding* Model Penentuan Rute Klaster A 71
Gambar 4. 7 *Coding* Model Penentuan Rute Klaster B 71
Gambar 4. 8 *Coding* Model Penentuan Rute Klaster C 72
Gambar 4. 9 *Coding* Model Penentuan Rute Klaster D 72
Gambar 4. 10 *Coding* Model Penentuan Rute Klaster E 73
Gambar 4. 11 *Running* Model Penentuan Rute Klaster A 73

Gambar 4. 12 *Running* Model Penentuan Rute Klaster B 74
Gambar 4. 13 *Running* Model Penentuan Rute Klaster C 74
Gambar 4. 14 *Running* Model Penentuan Rute Klaster D 74
Gambar 4. 15 *Running* Model Penentuan Rute Klaster E 75
Gambar 4. 16 Diagram Batang Persentase Penghematan 79
Gambar 4. 17 Ilustrasi *Reorder Point* dan Rata-Rata Persediaan 81
Gambar 4. 18 *Fitting* Distribusi Teoritis Konsumen A3 83
Gambar 4. 19 Model Konseptual Kondisi Awal 88
Gambar 4. 20 Model Konseptual Kondisi Perbaikan 137
Gambar 4. 21 Grafik Uji Sensitivitas Klaster A 185
Gambar 4. 22 Grafik Uji Sensitivitas Klaster B 186
Gambar 4. 23 Grafik Uji Sensitivitas Klaster C 187
Gambar 4. 24 Grafik Uji Sensitivitas Klaster D 189
Gambar 4. 25 Grafik Uji Sensitivitas Klaster E 190
Gambar 5. 1 Ilustrasi Penentuan Kelompok Konsumen (Klaster) 191
Gambar 5. 2 Grafik Rata-Rata Permintaan Klaster A 197
Gambar 5. 3 Grafik Rata-Rata Utilitas Truk Klaster A 198
Gambar 5. 4 Grafik Total Trip Klaster A 198
Gambar 5. 5 Grafik Total Jarak Klaster A 199
Gambar 5. 6 Grafik Total Waktu Klaster A 199
Gambar 5. 7 Grafik Total Biaya Klaster A 200
Gambar 5. 8 Grafik Persentase Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster A 201
Gambar 5. 9 Grafik Rata-Rata Permintaan Klaster B 202
Gambar 5. 10 Grafik Rata-Rata Utilitas Truk Klaster B 202
Gambar 5. 11 Grafik Total Trip Klaster B 203
Gambar 5. 12 Grafik Total Jarak Klaster B 203
Gambar 5. 13 Grafik Total Waktu Klaster B 204
Gambar 5. 14 Grafik Total Biaya Klaster B 204
Gambar 5. 15 Grafik Persentase Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster B 205
Gambar 5. 16 Grafik Rata-Rata Permintaan Klaster C 206

Gambar 5. 17 Grafik Rata-Rata Utilitas Truk Klaster C..... 207
Gambar 5. 18 Grafik Total Trip Klaster C..... 207
Gambar 5. 19 Grafik Total Jarak Klaster C 208
Gambar 5. 20 Grafik Total Waktu Klaster C 208
Gambar 5. 21 Grafik Total Biaya Klaster C 209
Gambar 5. 22 Grafik Persentase Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster C..... 210
Gambar 5. 23 Grafik Rata-Rata Permintaan Klaster D..... 211
Gambar 5. 24 Grafik Rata-Rata Utilitas Truk Klaster D 211
Gambar 5. 25 Grafik Total Trip Klaster D..... 212
Gambar 5. 27 Grafik Total Jarak Klaster D 212
Gambar 5. 27 Grafik Total Waktu Klaster D..... 213
Gambar 5. 28 Grafik Total Biaya Klaster D 213
Gambar 5. 29 Grafik Persentase Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster D 214
Gambar 5. 30 Grafik Rata-Rata Permintaan Klaster E 215
Gambar 5. 31 Grafik Rata-Rata Utilitas Truk Klaster E..... 215
Gambar 5. 32 Grafik Total Trip Klaster E 216
Gambar 5. 33 Grafik Total Jarak Klaster E..... 216
Gambar 5. 34 Grafik Total Waktu Klaster E 217
Gambar 5. 35 Grafik Total Biaya Klaster E..... 217

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB 1
PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan penelitian dan asumsi penelitian, dan sistematika penelitian.

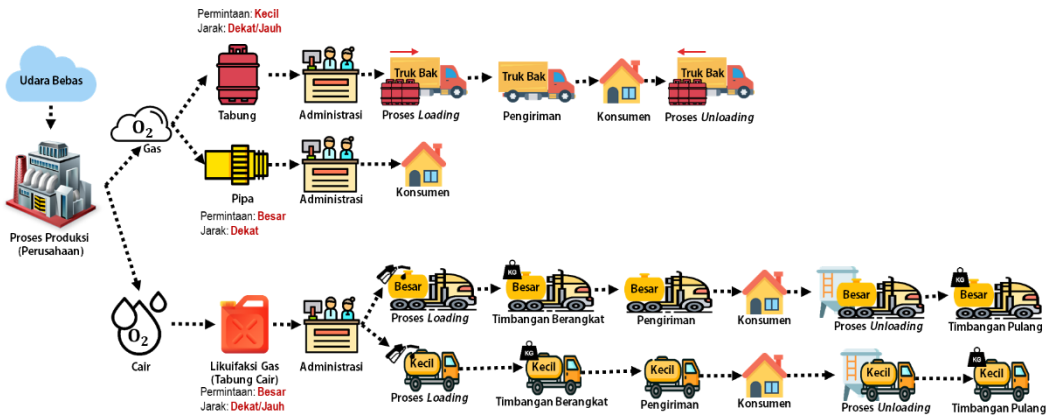
1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara berkembang yang memiliki beraneka ragam sektor industri antara lain adalah industri baja, makanan dan minuman, kimia, kosmetik, dan otomotif. Saat ini, kondisi persaingan industri dalam masa pertumbuhan dan perkembangan relatif pesat. Pertumbuhan dan perkembangan industri mengakibatkan persaingan yang kompetitif antar industri untuk memenuhi kebutuhan dari konsumen perusahaan. Dalam pemenuhan permintaan, perusahaan membutuhkan adanya bahan baku utama dalam proses produksinya. Salah satu bahan baku yang digunakan oleh beberapa sektor di Indonesia adalah gas industri.

Gas industri merupakan gas yang dihasilkan melalui suatu proses pemisahan kandungan udara yang diambil dari udara bebas. Gas industri yang diperoleh dari hasil proses pemisahan merupakan produksi dari *Air Separation Plant* (ASP) antara lain adalah Nitrogen (N_2) sebesar 78,08%, Oksigen (O_2) sebesar 20,95%, Argon (Ar) sebesar 0,93%, Neon (Ne) sebesar 0,0018%, Helium (He) sebesar 0,0005%, Krypton (Kr) sebesar 0,00011%, dan Xenon (Xe) sebesar 0,000009% (Linde, 2007). Kandungan gas industri yang diperoleh dari hasil proses pemisahan tersebut bisa berbeda untuk setiap lokasi pengambilannya.

PT X adalah perusahaan yang memproduksi dan menjual gas industri dalam bentuk gas dan cair. PT X telah berdiri berkisar 1970 – 1990 dan telah memiliki 44 *Air Separation Plant* (ASP) dan 104 *filling station*. ASP merupakan pabrik yang memisahkan komposisi udara berdasarkan temperatur didih yang berbentuk gas ataupun cair. Sedangkan *filling station* merupakan tempat untuk pengisian gas industri dalam tabung yang berwujud gas. Pemisahan komponen gas industri dalam wujud gas dan cair bertujuan untuk memisahkan komponen gas

industri yang dibutuhkan perusahaan dengan suhu dan tekanan tertentu (Linde, 2007). Rantai pasok produk PT X adalah sebagai berikut.



Gambar 1. 1 Rantai Pasok Produk

Gambar 1.1 menunjukkan bahwa udara bebas disekitar perusahaan diambil dan dilakukan proses produksi berupa pemisahan komposisi udara yang diperlukan dalam bentuk gas dan cair. Kemudian dilakukan pemisahan menjadi tiga bentuk produk yaitu tabung gas, pipa gas, dan tabung cair. Pemilihan bentuk produk tergantung dari permintaan dan jarak dari perusahaan ke konsumen. Produk tabung gas untuk permintaan sedikit dan jarak dari perusahaan ke konsumen dekat hingga jauh. Produk pipa gas untuk permintaan kontinu dan banyak dengan jarak dari perusahaan ke konsumen sangat dekat untuk mempermudah dilakukan pengiriman. Produk likuifaksi gas untuk permintaan banyak dan jarak dari perusahaan ke konsumen dekat hingga jauh.

Produk tabung gas terdiri dari proses *loading* dan proses *unloading*. Proses *loading* tabung gas adalah proses pemindahan tabung gas dari perusahaan ke truk, sedangkan proses *unloading* tabung gas adalah proses pemindahan tabung gas dari truk ke konsumen. Untuk produk pipa hanya melalui administrasi karena pipa terhubung dari perusahaan ke konsumen dengan syarat tertentu sehingga tidak perlu menggunakan truk dalam pengiriman gas industri. Sedangkan untuk produk likuifaksi gas (tabung cair) terdapat proses *loading*, timbangan berangkat, proses *unloading*, dan timbangan pulang. Proses *loading* likuifaksi gas adalah proses pemindahan likuifaksi gas dari tangki perusahaan ke truk. Timbangan berangkat

adalah proses penimbangan untuk mengetahui berat dari gas industri yang dibawa. Proses *unloading* likuifaksi gas adalah proses pemindahan dari truk ke tangki konsumen. Timbangan pulang adalah proses penimbangan untuk mengetahui berat dari gas industri ketika pulang (kembali ke perusahaan). Timbangan pulang digunakan untuk mengetahui berapa produk yang dikeluarkan baik dari yang dipesan oleh konsumen maupun adanya *loss* atau *gain* selama perjalanan.

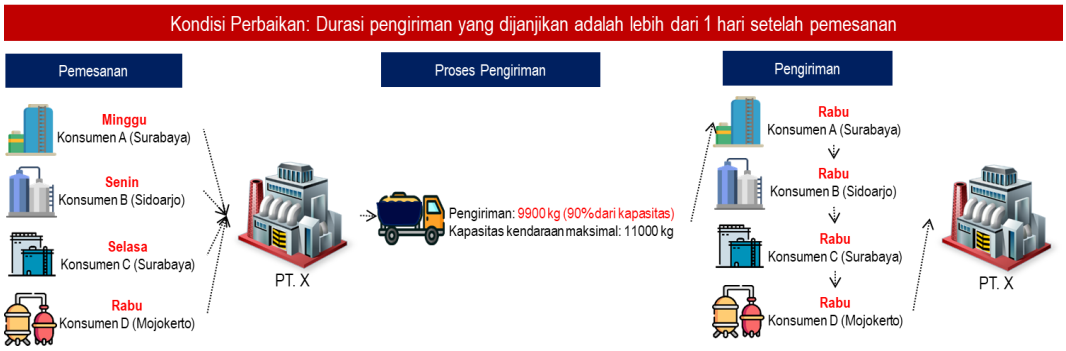
Salah satu ASP dari PT X memiliki daerah cakupan yang terdiri dari 13 kota untuk provinsi Jawa Timur dengan produk yang laris adalah produk Oksigen (O_2) cair atau *Liquid Oxygen* (LOX). Pengiriman produk Oksigen (O_2) cair oleh PT X menggunakan dua jenis truk yaitu truk besar dan truk kecil. Truk besar adalah truk dengan kapasitas 25 ton dan truk kecil adalah truk dengan kapasitas 11 ton. Dalam pengirimannya, gas industri lebih baik dalam bentuk gas yang dicairkan (likuifaksi gas). Keuntungan dari produk likuifaksi gas adalah densitas atau kerapatan likuifaksi gas lebih tinggi sebesar enam kali daripada gas yang dimampatkan dalam tabung (Haring, 2008). Total biaya yang terdiri dari biaya pencairan gas dan biaya pengiriman akan lebih murah apabila berupa cair daripada tabung gas (Ullmann's, 2003). Truk likuifaksi gas (truk besar dan truk kecil) tidak bisa digunakan secara bergantian, karena likuifaksi gas memiliki sifat, suhu, dan tekanan tertentu. Selain itu, beberapa konsumen hanya dapat dilakukan pengiriman dengan truk kecil karena konsumen memiliki ukuran pabrik dan lokasi yang kecil. Penelitian Tugas Akhir ini hanya fokus untuk pengiriman produk Oksigen (O_2) cair dengan menggunakan truk kecil. Kategori konsumen dari perusahaan ini antara lain adalah *end customer*, *filling station*, dan ASP.

Dalam memenuhi permintaan likuifaksi gas, PT X menerapkan sistem pengiriman dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen. Contohnya apabila pemesanan dilakukan pada hari Senin, maka pengiriman harus dilakukan maksimal pada hari Selasa. Hal tersebut akan menyebabkan ketidakefisienan bagi perusahaan karena pengiriman produk ke konsumen tidak mencapai kapasitas maksimal dari truk likuifaksi gas (utilitas truk rendah). Dengan utilitas truk rendah, akan menyebabkan biaya pengiriman relatif tinggi. Berikut merupakan contoh pengiriman gas Oksigen (O_2) cair.

Gambar 1. 2 Sistem Pengiriman Kondisi Awal

Gambar 1.2 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan untuk produk Oksigen (O_2) cair adalah satu hari setelah pemesanan dan tidak mencapai kapasitas maksimal dari truk (11.000 kg) yang menyebabkan utilitas truk rendah dan biaya pengiriman tinggi. Pengiriman produk Oksigen (O2) cair dilakukan pada hari yang berbeda meskipun di kota yang berdekatan (Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto). Kota yang berdekatan ini adalah kota yang memiliki jarak yang berdekatan dan akses jalur kendaraan yang sama sehingga dapat dibuat kelompok konsumen (klaster) dalam pengiriman. Sistem pengiriman awal akan menyebabkan ketidakefisienan bagi perusahaan dari biaya, jarak, dan waktu. Salah satu cara untuk melakukan penghematan adalah dengan strategi konsolidasi.

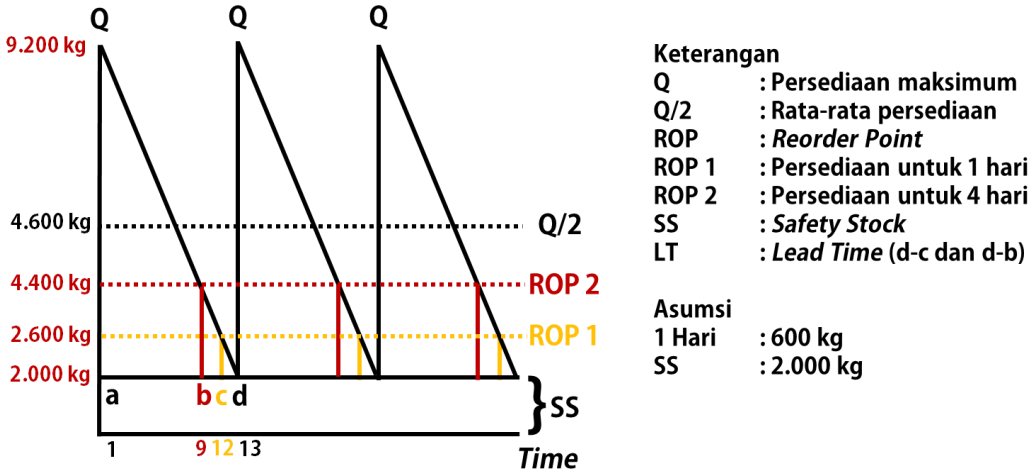
Konsolidasi dapat dilakukan melalui informasi dan pengiriman. Contoh dari konsolidasi informasi adalah konsolidasi data permintaan untuk pembuatan jadwal pengiriman, sedangkan contoh konsolidasi pengiriman adalah menggabungkan permintaan beberapa konsumen dalam sebuah truk (Pujawan & Er, 2017). Strategi konsolidasi pengiriman (*shipping consolidation*) dilakukan dengan menggabungkan beberapa pesanan dalam suatu pengiriman dengan menggunakan kendaraan yang sama dibeberapa tujuan (Attansio, et al., 2007). Tujuan dari konsolidasi adalah untuk memaksimalkan kapasitas truk (utilitas truk tinggi). Dengan utilitas truk tinggi, akan menyebabkan biaya pengiriman relatif rendah. Berikut merupakan sistem pengiriman kondisi perbaikan dengan menggunakan konsolidasi pengiriman.



Gambar 1. 3 Sistem Pengiriman Kondisi Perbaikan

Gambar 1.3 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan untuk produk Oksigen (O2) cair adalah lebih dari satu hari setelah pemesanan (pengiriman dilakukan setelah pemesanan sampai maksimal hari Rabu) dengan menggunakan strategi konsolidasi pengiriman. Konsolidasi pengiriman dilakukan dengan memaksimalkan kapasitas truk yaitu sebesar 9.000 kg (9 ton) dari 11.000 kg (11 ton) guna meningkatkan utilitas truk dari kondisi awal. Konsolidasi pengiriman akan menyebabkan biaya pengiriman rendah (efisiensi pengiriman bagi perusahaan). PT X tetap bisa mengirimkan produk Oksigen (O2) cair kepada konsumen sebelum batas durasi pengiriman yang dijanjikan apabila kapasitas truk sudah penuh dan pesanan yang telah mencapai kelipatan durasi dapat dilakukan pengiriman pada hari itu juga tepatnya pada sore hari pada saat tutup perusahaan.

Konsolidasi pengiriman tidak menyebabkan biaya tambahan bagi konsumen khususnya dalam penyimpanan produk Oksigen (O2) cair. Hal ini disebabkan karena konsumen tidak melakukan pemesanan produk setiap hari. Berdasarkan data permintaan pada bulan Juli 2019 sampai dengan Desember 2019, rata-rata konsumen melakukan pemesanan produk Oksigen (O2) cair adalah 25 hari dari 184 hari (6 bulan) artinya bahwa rata-rata konsumen membeli produk untuk kebutuhan 8 hari. Ilustrasi dari konsolidasi pengiriman tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 1. 4 Ilustrasi *Reorder Point* dan Rata-Rata Persediaan

Gambar 1.4 menunjukkan bahwa bahwa pergeseran ROP yaitu awalnya ROP 1 menjadi ROP 2 (bergeser 3 hari) belum tentu menaikkan rata-rata persediaan. Konsolidasi pengiriman hanya menyebabkan waktu pemesanan produk (*Reorder Point*) bergeser saat melakukan pesanan, tetapi jumlah produk yang dipesan bisa jadi sama sebesar Q. Sehingga rata-rata persediaan bernilai sama untuk jumlah permintaan produk yang konstan. Konsekuensi dari konsolidasi pengiriman adalah konsumen hanya boleh melakukan pemesanan sesuai waktu yang telah ditentukan perusahaan dan perusahaan diperbolehkan mengakses level persediaan konsumen. Konsolidasi akan menyebabkan *service level* dari perusahaan ke konsumen akan menurun. *Service level* turun karena konsumen menunggu pengiriman sampai batas waktu yang ditetapkan perusahaan. Akan tetapi, dengan adanya konsolidasi pengiriman akan meningkatkan penghematan bagi perusahaan (biaya yang dikeluarkan perusahaan berkurang) dan akan memberikan bonus atau diskon untuk konsumen yang dapat diambil dari penghematan adanya konsolidasi pengiriman.

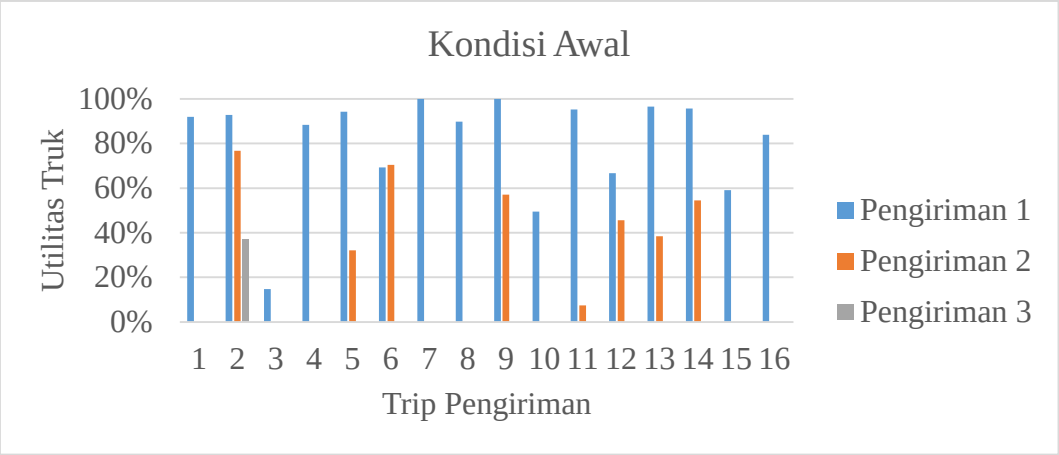
Sistem pengiriman pada Gambar 1.3 menunjukkan bahwa pemesanan produk Oksigen (O2) cair pada hari Minggu, Senin, Selasa, dan Rabu, akan dilakukan pengiriman maksimal pada hari Rabu untuk satu klaster Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto. Apabila sebelum hari Rabu kapasitas truk sudah penuh, maka dapat dilakukan pengiriman terlebih dahulu. Penjadwalan pengiriman kondisi awal berdasarkan data permintaan untuk produk Oksigen (O2) cair pada bulan Juli

2019 untuk klaster (Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto) dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 1. 1 Penjadwalan Pengiriman Awal Oksigen (O2) Cair di Klaster Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto

Penjadwalan Pengiriman Awal							
Konsumen	Hari						
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
1				1	1		
2	1	1				1	
3		1	1		1	1	
4					1		
5		1	1	1	1	1	
6		1		1	1	1	1
7		1		1			
8					1		
9					1	1	
TOTAL	**1**	**5**	**2**	**4**	**7**	**5**	**1**

Tabel 1.1 menunjukkan bahwa penjadwalan pengiriman awal untuk Oksigen (O2) cair pada bulan Juli 2019 berlangsung setiap hari dengan jumlah trip pada hari senin sebanyak 1, selasa sebanyak 5, rabu sebanyak 2, kamis sebanyak 4, jumat sebanyak 7, sabtu sebanyak 5, dan minggu sebanyak 1 dengan sistem pengiriman yaitu durasi pengiriman yang dijanjikan adalah satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen. Grafik utilitas truk pada kondisi awal untuk Oksigen (O2) cair di klaster Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto dapat dilihat sebagai berikut.



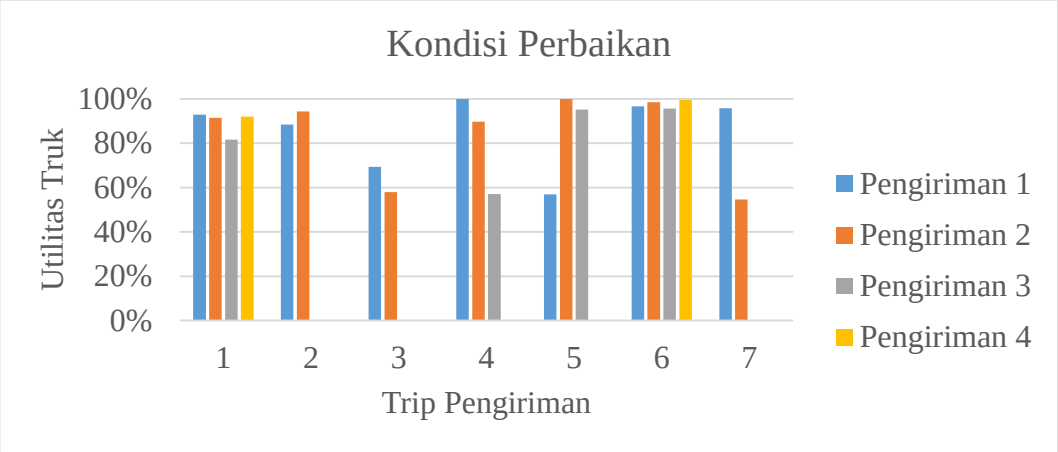
Gambar 1. 5 Utilitas Truk Kondisi Awal Oksigen (O2) Cair di Klaster Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto

Gambar 1.5 menunjukkan bahwa utilitas truk kondisi awal dominan tidak maksimal (100%) atau penggunaan truk tidak memaksimalkan kapasitas yang tersedia. Pengiriman yang dilakukan sebanyak 3 kali dari 4 kali pengiriman dengan jumlah trip pengiriman sebanyak 16 hari. Penjadwalan pengiriman kondisi perbaikan berdasarkan data permintaan untuk produk Oksigen (O2) cair pada bulan Juli 2019 untuk klaster (Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto) dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 1. 2 Penjadwalan Pengiriman Perbaikan Oksigen (O2) Cair di Klaster Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto

Penjadwalan Pengiriman Perbaikan							
Konsumen	Hari						
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
1				1			
2				1			1
3				1			1
4				1			
5				1			1
6				1			1
7				1			
8				1			
9				1			
TOTAL	0	0	0	9	0	0	4

Tabel 1.2 menunjukkan bahwa penjadwalan pengiriman perbaikan dengan strategi konsolidasi untuk produk Oksigen (O2) cair berlangsung pada hari kamis sebanyak 9 dan minggu sebanyak 4 dengan sistem pengiriman yaitu durasi pengiriman yang dijanjikan adalah setelah adanya pemesanan dari konsumen sampai hari Kamis atau Minggu. Grafik utilitas truk pada kondisi perbaikan untuk Oksigen (O2) cair di klaster Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 1. 6 Utilitas Truk Kondisi Perbaikan Oksigen (O2) Cair di Klaster Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto

Gambar 1.6 menunjukkan bahwa utilitas truk kondisi perbaikan dominan mendekati maksimal (100%) atau dapat dikatakan bahwa penggunaan truk lebih memaksimalkan kapasitas yang tersedia daripada penggunaan truk pada kondisi awal. Pengiriman yang tidak mencapai maksimal dikarenakan tidak dapat dilakukan konsolidasi pengiriman dengan permintaan konsumen lainnya. Pengiriman dilakukan maksimal empat kali dalam satu hari dengan total trip pengiriman dalam kondisi perbaikan sebanyak tujuh hari. Pengiriman kondisi perbaikan (konsolidasi) akan menyebabkan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah setelah adanya pemesanan dari konsumen sampai hari Kamis atau Minggu. Berdasarkan data tersebut, didapatkan penghematan untuk jumlah trip pengiriman sebesar 9 hari yang semula 16 hari menjadi 7 hari.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian Tugas Akhir ini bertujuan untuk penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan (*promised delivery duration*)

untuk produk Oksigen (O2) cair di PT X dengan strategi konsolidasi pengiriman menggunakan truk kecil yang dapat diselesaikan dengan metode simulasi monte carlo sehingga meningkatkan efisiensi pengiriman. Simulasi monte carlo sering digunakan untuk memprediksi besarnya sebuah permintaan produk dengan menggunakan data historis untuk mengestimasi jumlah permintaan di masa mendatang dan tidak berfokus pada penyelesaian masalah antrian (Siswanto, et al., 2017). Simulasi ini merupakan simulasi statis dimana perubahan variabel pada sistem tidak dipengaruhi oleh waktu. (Kelton, et al., 2009).

Pada penelitian Tugas Akhir ini, sistem antrian telah diperhitungkan pada waktu proses rantai pasok produk (proses administrasi, proses *loading*, proses penimbangan, proses pengiriman, dan proses *unloading*). Karena, dalam proses tersebut, sangat kecil terjadi antrian. Metode simulasi monte carlo bertujuan untuk memaksimalkan utilitas truk, total trip, total jarak, total waktu, dan total biaya dari setiap kelompok konsumen (klaster). Penentuan klaster dilakukan dengan memerhatikan jarak yang berdekatan, akses jalur kendaraan yang sama, *trial and error* dari permintaan produk, dan data historis klaster pengiriman. Sistem pengiriman dilakukan dengan menerapkan sistem "*Cluster First, Routing Second*". Sistem ini bertujuan untuk melakukan penentuan kelompok konsumen (klaster) terlebih dahulu, kemudian merancang rute pengiriman yang dilakukan perusahaan dengan menggunakan metode *Nearest Neighbor*. Data permintaan produk Oksigen (O2) cair dilakukan dengan membangkitkan (*mengenerate*) nilai yang memiliki sebuah distribusi probabilitas tertentu berdasarkan data permintaan pada bulan Juli 2019 sampai dengan Desember 2019.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan (*promised delivery duration*) Oksigen (O2) cair di PT X untuk jenis truk kecil yang dapat meningkatkan efisiensi pengiriman berdasarkan kelompok konsumen (klaster) menggunakan simulasi monte carlo.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian Tugas Akhir ini adalah penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan (*promised delivery duration*) Oksigen (O2) cair sehingga dapat meningkatkan efisiensi pengiriman untuk setiap kelompok konsumen (klaster).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan penghematan bagi perusahaan dengan strategi konsolidasi pengiriman yaitu menggabungkan beberapa permintaan dari beberapa daerah yang dimungkinkan jika durasi pengiriman yang dijanjikan (*promised delivery duration*) lebih panjang dari sebelumnya (satu hari menjadi lebih dari satu hari).
2. Dapat menentukan durasi pengiriman yang dijanjikan (*promised delivery duration*) guna meningkatkan efisiensi pengiriman Oksigen (O2) cair di PT X.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian pada Tugas Akhir ini terdiri dari batasan penelitian dan asumsi penelitian adalah sebagai berikut.

1.5.1 Batasan Penelitian

Batasan yang digunakan dalan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Produk yang diamati adalah Oksigen (O2) cair.
2. Kendaraan yang diamati adalah truk kecil.
3. Daerah yang diamati terdiri dari 13 kota di provinsi Jawa Timur.
4. Konsumen yang diamati terdiri dari 35 konsumen di provinsi Jawa Timur.
5. Sistem pengiriman yang digunakan adalah "*Cluster First, Routing Second*".

6. Penentuan klaster dilakukan dengan memerhatikan jarak yang berdekatan, akses jalur kendaraan yang sama, *trial and error* dari permintaan produk, dan data historis klaster pengiriman.

1.5.2 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Pemesanan produk dari konsumen ke perusahaan bersifat kontinu.
2. Tidak ada *loss* dan *gain* dari produk Oksigen (O2) cair.
3. Sopir dan kernet dapat bekerja kapan saja ketika ada pengiriman produk.
4. Terdapat truk pengganti ketika terjadi kerusakan pada truk lainnya secara tiba-tiba.
5. Pengiriman dapat dilakukan kapan saja (konsumen tidak memiliki *time window*).
6. Kecepatan truk adalah ½ dari kecepatan kendaraan pribadi dengan aplikasi Google Maps.
7. Perhitungan jarak dan waktu pengiriman dengan aplikasi Google Maps memiliki nilai yang sama untuk berangkat dan pulang.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini dapat diuraikan menjadi beberapa bab sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini dipaparkan mengenai latar belakang permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini, penentuan rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan penelitian dan asumsi penelitan, dan sistematika penulisan penelitian Tugas Akhir.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dipaparkan mengenai literatur dan teori yang relevan dengan permasalahan yang diteliti dalam penelitian Tugas Akhir ini. Tinjauan pustaka yang

dibahas dalam penelitian ini antara lain adalah gas industri, truk pengiriman gas industri, manajemen transportasi dan distribusi, manajemen persediaan, konsolidasi, penjadwalan dan penentuan rute, dan simulasi monte carlo. Selain itu, akan dibahas mengenai hasil penelitian terdahulu.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dipaparkan mengenai langkah-langkah secara rinci dalam pengerjaan penelitian Tugas Akhir hingga mendapatkan kesimpulan yang selaras dengan tujuan penelitian. Metodologi penelitian terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap pendahuluan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan, tahap analisis dan pembahasan, dan tahap kesimpulan dan saran.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini dipaparkan mengenai langkah-langkah dalam proses pengumpulan dan pengolahan data dari perusahaan amatan untuk mencapai tujuan yang diharapkan.

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dipaparkan mengenai analisis dan pembahasan dari hasil pengumpulan data dan pengolahan data yang telah dilakukan. Berdasarkan data analisis tersebut, dapat diberikan rekomendasi perbaikan dengan menggunakan metode dan strategi yang tepat.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dipaparkan mengenai kesimpulan dari penelitian Tugas Akhir yang dilakukan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Pada bab ini juga dipaparkan mengenai saran-saran yang diberikan untuk perbaikan penelitian berikutnya.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

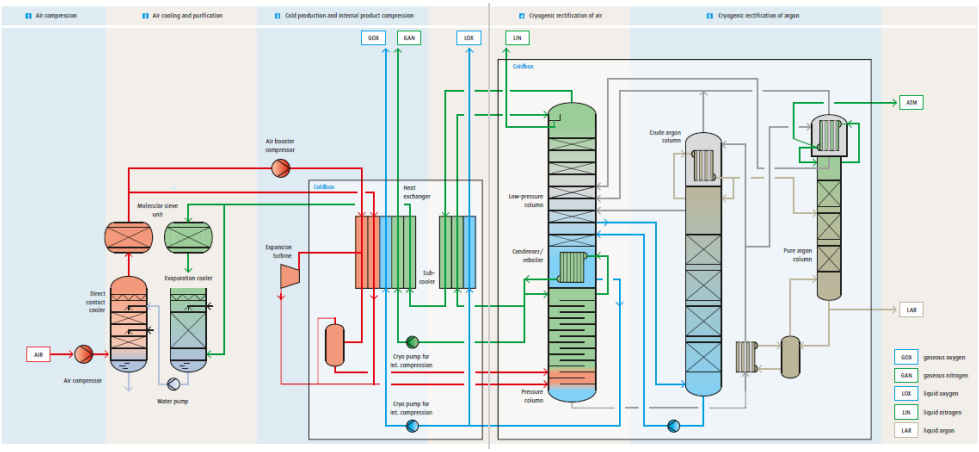
BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai tinjauan pustaka dalam penelitian Tugas Akhir yang terdiri dari gas industri, truk pengiriman gas industri, manajemen transportasi dan distribusi, manajemen persediaan, konsolidasi, simulasi monte carlo, dan penelitian terdahulu.

2.1 Gas Industri

Gas industri merupakan gas yang dihasilkan melalui suatu proses pemisahan kandungan udara yang diambil dari udara bebas. Gas industri yang diperoleh dari hasil proses pemisahan yang merupakan produksi *Air Separation Plant* (ASP) antara lain adalah Nitrogen (N_2) sebesar 78,08%, Oksigen (O_2) sebesar 20,95%, Argon (Ar) sebesar 0,93%, Neon (Ne) sebesar 0,0018%, Helium (He) sebesar 0,0005%, Krypton (Kr) sebesar 0,00011%, dan Xenon (Xe) sebesar 0,000009% (Linde, 2007).

Dalam pengiriman gas industri dilakukan dalam bentuk gas maupun cair. Perubahan wujud dari gas menjadi cair bertujuan untuk melakukan pemisahan komponen gas industri yang dibutuhkan perusahaan dengan suhu dan tekanan tertentu (Linde, 2007). Proses produksi dari wujud gas menjadi wujud cair dapat dilihat dalam gambar sebagai berikut.



Gambar 2. 1 Proses Produksi Gas Industri dari Gas menjadi Cair

Sumber: (Linde, 2007)

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa proses perubahan wujud tersebut terdiri dari lima tahap yaitu sebagai berikut.

1. Kompresi udara (*air compression*).
2. Pendingin udara dan pemurnian (*air cooling and purification*).
3. Pendinginan dan kompresi produk internal (*cold production and internal product compression*).
4. Perbaikan udara kriogenik (*cryogenic rectification of air*).
5. Perbaikan argon kriogenik (*cryogenic retification of argon*).

Berdasarkan hasil proses produksi gas industri tersebut dapat menghasilkan beberapa produk gas industri beserta contoh penggunaannya sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Produk Gas Industri

No	Produk Gas Industri	Contoh Penggunaan
1	Oksigen	Jasa medis, fabrikasi logam, manufaktur baja, konstruksi, penerbangan dan luar angkasa, pertambangan, kimia dan petrokimia, listrik dan elektronik, agrikultur, makanan dan minuman, bubur kertas, dan kertas
2	Nitrogen	Industri makanan dan minuman, kemasan, alat-alat elektronik, industri baja, metal, konstruksi, pertambangan, kimia dan petrokimia, tekstil, penerbangan, medis, laboratorium, penyulingan minyak dan manufaktur kaca
3	Argon	Lampu atau penerangan, gas pelindung inert untuk *arc welding* dan *cutting*, semikonduktor atau elektronik, metal, fabrikasi logam, manufaktur baja, konstruksi, kimia dan petrokimia dan laboratorium
4	Asetilen	Galangan kapal, pengelasan, manufaktur mobil dan sepeda motor dan kimia
5	Karbon Dioksida	Makanan dan minuman, baja, otomotif, fumigasi, metal, medis, fabrikasi logam, kertas, dan hiburan
6	Hidrogen	Hidrogenasi fat dan minyak, produksi ammonia, industri petrokimia (*hydro cracking*), bahan bakar alternatif dan *fuel cells*
7	Nitro Oksida	Jasa medis, industri elektronik atau semikonduktor, laboratorium, *propellant*, makanan dan minuman, dan bahan bakar otomotif
8	Etilena Oksida	Jasa medis
9	Karbon Monoksida	Prekursor senyawa karbon

Tabel 2.1 menunjukkan bahwa produk gas industri dapat menghasilkan beberapa produk seperi Oksigen (O_2), Nitrogen (N_2), dan Argon (Ar) dan beberapa penggunaannya untuk berbagai sektor industri.

2.2 Truk Pengiriman Gas Industri

Pengiriman gas industri ditentukan oleh kuantitas yang dikirim atau diperlukan konsumen dan jarak transportasinya (Haring, 2008). Pengiriman gas industri dapat dilakukan dengan menggunakan tiga cara yaitu dengan menggunakan tabung gas, gas yang dicairkan (likuifaksi gas), ataupun dengan pipa gas. Berikut merupakan bentuk pengiriman gas industri yang berupa gas dan cair.

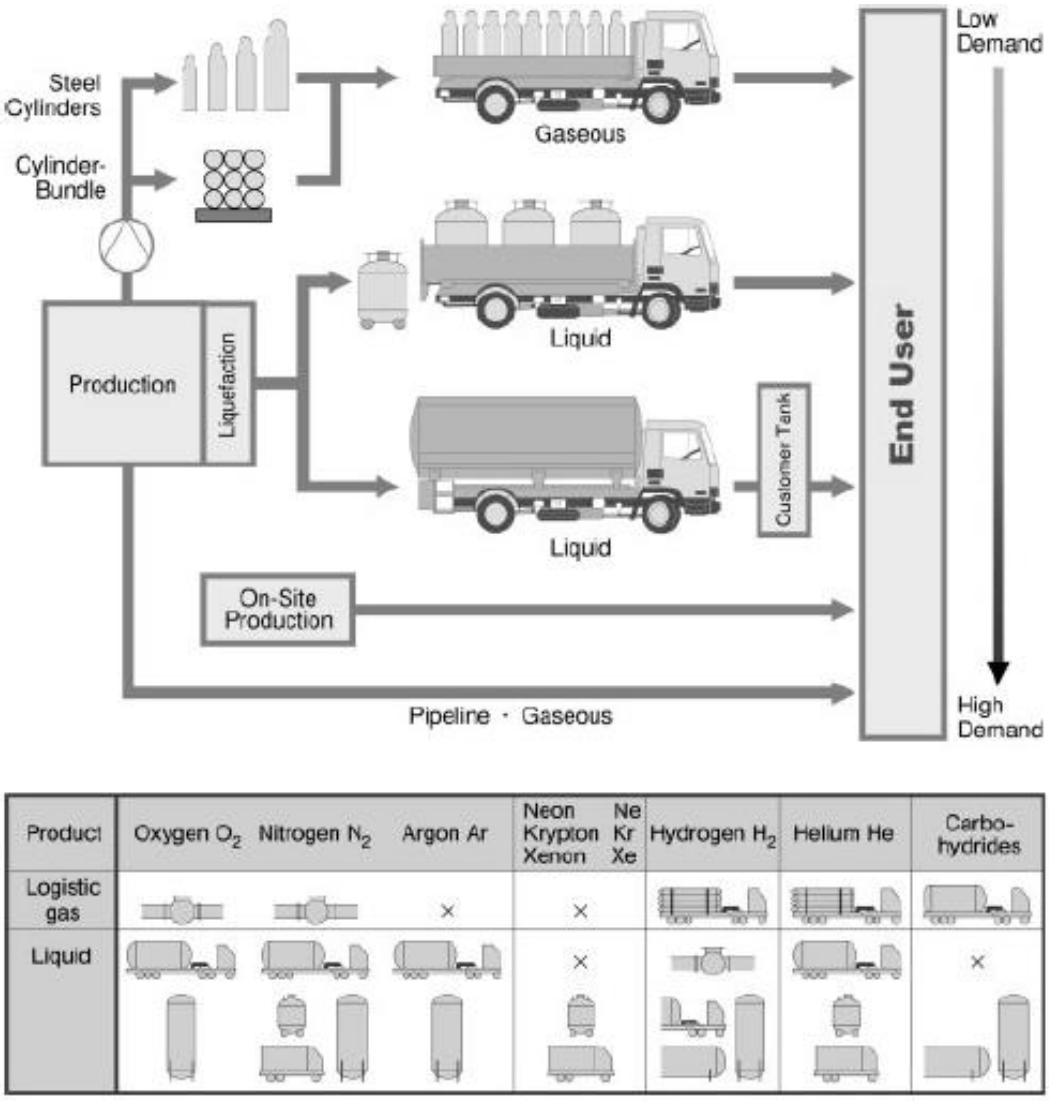
Form of supply		N_2	O_2	Ar	H_2	CO	CO_2	He	Ne	Kr	Xe
Gaseous	Compressed gas cans	×	×	×	×	×	×[1)]	×	×	×	×
	Compressed gas cylinders	×	×	×	×	×	×[1)]	×	×	×	×
	Cylinder bundles	×	×	×	×	×	×[1)]	×			
	Compressed gas trailers				×	×		×			
	Pipeline system	×[2)]	×[2)]		×[2)]		×[2)]				
Liquid	Cryogenic jugs	×	×	×	×			×			
	Tank truck	×	×	×	×		×	×			
	Railroad tank car	×	×	×			×				

[1)] Liquefied under pressure.
[2)] Locally limited networks.

Gambar 2. 2 Bentuk Pengiriman Gas Industri Berupa Gas dan Cair

Sumber: (Haring, 2008)

Gambar 2.2 menunjukkan bahwa pengiriman gas industri dapat dilakukan dengan menggunakan gas dan cair dengan proses yang berbeda karena setiap gas industri memiliki karakteristik, suhu, dan tekanan tertentu. Berikut merupakan mode transportasi untuk beberapa jenis pengiriman.



Gambar 2. 3 Mode Pengirman Gas Industri

Sumber: (Haring, 2008)

Gambar 2.3 menunjukkan bahwa pengiriman dapat dilakukan dengan tiga mode yaitu tabung gas, likuifaksi gas, dan pipa gas. Tabung dipilih karena permintaan yang kecil dan jarak dari perusahaan ke konsumen dekat hingga jauh. Likuifaksi gas dipilih karena permintaan yang besar dan jarak dari perusahaan ke konsumen dekat hingga jauh. Pipa gas dipilih karena permintaan yang kontinu serta besar dan jarak dari perusahaan ke konsumen sangat dekat untuk mempermudah dilakukan pengiriman (Linde, 2007).

Dalam pemilihan mode pengiriman gas industri, perusahaan lebih baik melakukan pengiriman dalam bentuk gas yang dicairkan (likuifaksi gas).

Keuntungan dari produk likuifaksi gas adalah densitas yang signifikan lebih tinggi bisa mencapai enam kali lipat daripada gas yang dimampatkan dalam bentuk tabung (Haring, 2008). Meskipun biaya dalam pencairan gas lebih tinggi daripada tabung, tetapi biaya pengiriman berupa cair akan lebih murah ketika pengiriman dilakukan dengan jarak yang jauh dengan kapasitas yang baik (Ullmann's, 2003).

2.3 Manajemen Transportasi dan Distribusi

Manajemen transportasi dan distribusi merupakan pengelolaan kegiatan memindahkan produk dari tempat produk tersebut diproduksi ke tempat konsumen yang memiliki suatu jarak tempuh tertentu yang membentuk sebuah jaringan distribusi (Pujawan & Er, 2017). Jaringan distribusi merupakan bagian dari kegiatan *supply chain* yang memiliki peran strategis untuk titik penyalur produk, informasi, dan wahana menciptakan nilai tambah. Dalam sebuah jaringan distribsui, setiap perusahaan harus memiliki kemampuan untuk mengirimkan produk kepada konsumen secara tepat waktu, jumlah yang sesuai, dan dalam kondisi yang baik sehingga dapat memiliki keunggulan kompetitif di pasar.

Manajemen transportasi dan distribusi memiliki fungsi dasar sebagai berikut (Pujawan & Er, 2017).

1. Melakukan segmentasi dan menentukan target *service level*.

Segmentasi konsumen dilakukan untuk mengetahui kontribusi konsumen dalam meningkatnya pendapatan perusahaan. Untuk mengetahui segmentasi tersebut, dilakukan dengan menerapkan konsep pareto 20/80. Pareto 20/80 adalah sekitar 20% pelanggan atau area penjualan menyumbang sebesar 80% dari pendapatan yang diperoleh. Dengan memahami konsep ini, diharapkan perusahaan dapat mengoptimalkan alokasi persediaan dan kecepatan pelayanan bagi konsumen.

2. Menentukan mode transportasi yang digunakan.

Mode transportasi memiliki karakteristik, keunggulan, dan kelemahan yang berbeda-beda. Hal yang penting dalam mengelola kegiatan pengiriman adalah *tradeoff* antara biaya dengan kecepatan respon. Untuk jarak angkut yang jauh, barang yang berat, dan bernilai rendah lebih baik diangkut dengan menggunakan mode transportasi yang murah dan mampu mengangkut volume besar. Berikut

merupakan evaluasi umum dari berbagai mode transportasi yang ditinjau dari beberapa kriteria *supply chain*.

Tabel 2. 2 Evaluasi Umum Mode Transportasi

Mode Transportasi	Truk	Kereta	Kapal	Pesawat
Volume yang dikirim	Sedang	Sangat Besar	Sangat Besar	Besar
Fleksibilitas waktu kirim	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah
Fleksibilitas rute pengiriman	Tinggi	Sangat Rendah	Sangat Rendah	Sangat Rendah
Kecepatan	Sedang	Sedang	Sedang	Sangat Tinggi
Biaya pengiriman	Sedang	Rendah	Rendah	Tinggi
Inventory (*In transit*)	Rendah	Tinggi	Sangat Tinggi	Rendah

Sumber: (Pujawan & Er, 2017)

Tabel 2.2 menunjukkan bahwa setiap mode transportasi (truk, kereta, kapal, dan pesawat) memiliki karakteristik yang berbeda dalam sebuah kriteria *supply chain* yang terdiri dari volume yang dikirim, fleksibilitas waktu kirim, fleksibilitas rute pengiriman, kecepatan, biaya pengiriman, dan *inventory*.

3. Melakukan konsolidasi infromasi dan pengiriman.

Melakukan konsolidasi informasi dan pengiriman diharapkan dapat melakukan pengiriman cepat dengan biaya yang relatif murah. Konsolidasi dapat dilakukan melalui informasi dan pengiriman. Contoh dari konsolidasi informasi adalah konsolidasi data permintaan untuk pembuatan jadwal pengiriman dan contoh konsolidasi pengiriman adalah menggabungkan permintaan beberapa konsumen dalam sebuah truk.

4. Melakukan penjadwalan dan penentuan rute pengiriman.

Penjadwalan merupakan fungsi pengambilan keputusan dalam membuat sebuah jadwal. Batasan dalam penjadwalan suatu produk adalah sebagai berikut (Bire, 2016).

a. Sebuah truk hanya dapat digunakan untuk satu pengiriman pada waktu tertentu.
b. Seorang sopir hanya dapat menyetir satu truk pada waktu tertentu.
c. Sebuah tipe truk hanya dapat digunakan untuk karakteristik rute tertentu.

d. Barang tidak dapat dialokasikan pada truk yang melebihi kapasitas maksimal (*overload*).
e. Pada waktu tertentu, truk dan sopir yang sedang dalam pengiriman tidak dapat diberdayakan.

Penjadwalan yang tepat memerlukan penentuan rute yang tepat juga dalam sebuah pengiriman. Penentuan rute bertujuan untuk melakukan penghematan dalam sebuah pengiriman produk hingga sampe ke konsumen. Salah satu cara yang digunakan dalam penentuan rute adalah dengan menggunakan *Vehicle Routing Problem* (VRP). VRP digunakan untuk menentukan rute distribusi barang terpendek dari satu lokasi ke lokasi lainnya (Dantzig & Ramser, 1959). Salah satu kegiatan operasional yang dilakukan adalah dengan menentukan waktu sebuah truk untuk berangkat dan rute yang harus dilewati untuk memenuhi permintaan dari sejumlah konsumen.

5. Memberikan pelayanan nilai tambah.

Pelayanan nilai tambah yang dilakukan perusahaan kepada konsumen antara lain adalah pengepakan (*packaging*), pelabelan harga, dan pemberian *barcode*. Hal ini bertujuan untuk memberikan layanan yang terbaik bagi konsumen.

6. Menyimpan persediaan.

Dalam sebuah jaringan distribusi, tentunya memiliki gudang untuk melakukan penyimpanan produk baik di gudang pusat ataupun di toko tempat produk dijual. Hal ini bertujuan sebagai penyimpan persediaan ketika digunakan dalam waktu tertentu.

7. Menangani pengembalian (*return*).

Manajemen distribusi memiliki tanggung jawab untuk melakukan kegiatan pengembalian produk dari hilir ke hulu. Pengembalian ini diakibatkan karena produk rusak dan melebihi batas waktu penjualan.

Sedangkan untuk strategi dalam manajemen transportasi dan distribusi adalah sebagai berikut (Pujawan & Er, 2017).

1. Pengiriman langsung (*direct shipment*).

Strategi ini dilakukan dengan melakukan pengiriman dari pabrik atau perusahaan kepada konsumen. Strategi ini sangat cocok digunakan untuk produk yang memiliki umur pendek dan produk yang mudah rusak ketika proses bongkar

dan muat. Kelebihan dari strategi ini adalah kebutuhan akan gudang dan fasilitas penyangga akan hilang. Akan tetapi, model ini akan menghasilkan biaya transportasi yang tinggi, ketidakpastian permintaan, dan ketidakpastian pasokan.

2. Pengiriman melalui gudang.

Strategi ini dilakukan dengan melakukan pengiriman dari pabrik ke satu atau lebih gudang dan lalu dikirimkan ke konsumen. Strategi ini sangat cocok digunakan untuk produk yang memiliki daya tahan lama dan ketidakpastian yang tinggi baik dari permintaan atau pemasokan. Kelebihan dari strategi ini adalah melakukan penjadwalan dan penentuan rute pengiriman yang optimal karena mempertimbangkan biaya, waktu, dan kapasitas dari produk yang diangkut dengan melibatkan gudang. Fungsi gudang tidak hanya sebagai penyimpanan barang, tetapi juga sebagai proses pelabelan, penggabuangan produk, dan pengepakan ulang. Akan tetapi, model ini memiliki risiko kerusakan barang yang tinggi dikarenakan proses bongkr, muat, dan *handling* yang sering dilakukan.

3. *Cross-docking*.

Strategi ini dilakukan dengan melakukan pengiriman melalui fasilitas *cross-dock* yang berada diantara perusahaan dengan konsumen. Proses yang dilakukan adalah bertemunya kendaraan penjemput dan kendaraan pengirim untuk proses transfer beban. Aktivitas selama *cross-docking* adalah penerimaan, melakukan sortir barang, dan pemuatan. Kelebihan dari strategi ini adalah pengiriman akan menjadi relatif lebih cepat karena proses transfer barang langsung dilakukan antar dua kendaraan. Akan tetapi, model ini harus memiliki biaya investasi sistem yang tinggi untuk menciptakan visibilitas informasi dan koordinasi antara perusahaan dengan konsumen.

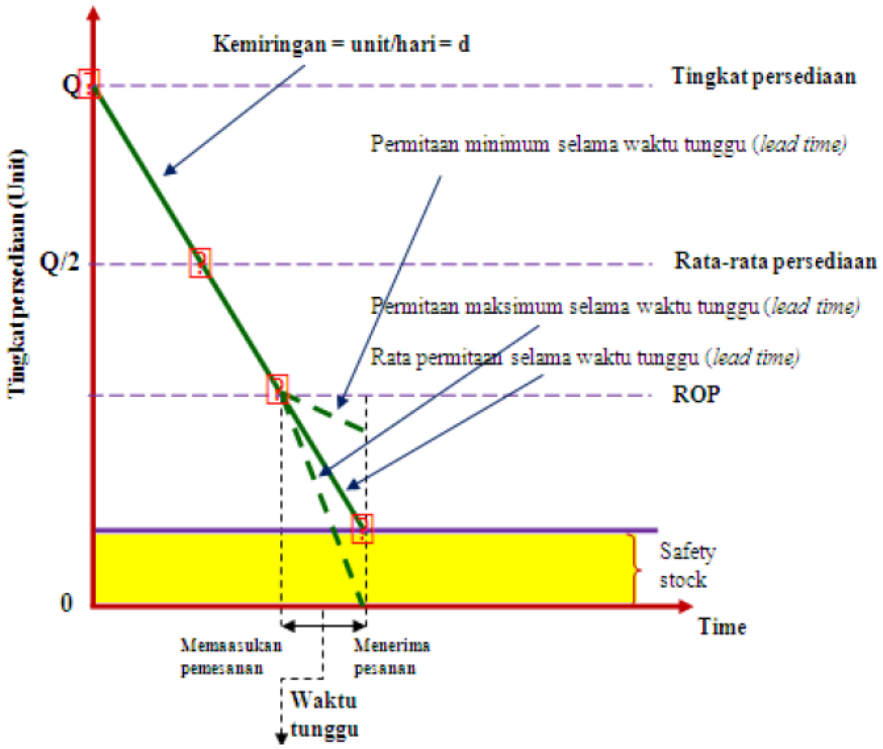
2.4 Manajemen Persediaan

Persediaan adalah menyimpan material yang berupa barang mentah (*raw materials*), barang setengah jadi (*Work In Process*), dan barang jadi (*finished product*) yang disimpan untuk mengantisipasi adanya ketidakpastian aliran rantai pasok (Pujawan & Er, 2017). Perlu adanya pengendalian persediaan sehingga persediaan tersebut dapat diolah dengan tepat. Pengendalian persediaan adalah serangkaian kegiatan untuk memonitor tingkat persediaan yang harus dijaga, waktu

pengisian persediaan, dan jumlah pesanan yang harus dilakukan untuk menambah persediaan (Irwadi, 2018). Metode yang digunakan untuk pengendalian persediaan adalah sebagai berikut.

1. *Economic Order Quantity* (EOQ)

Economic Order Quantity (EOQ) adalah model yang digunakan untuk menentukan ukuran pemesanan yang mempertimbangkan biaya simpan dan biaya pesan. Model EOQ menggunakan asumsi bahwa permintaan produk bersifat kontinu dengan tingkat yang seragam. Artinya adalah sebuah produk dibutuhkan dengan jumlah yang sama dari waktu ke waktu dan memiliki variasi permintaan yang kecil (Pujawan & Er, 2017). Berikut merupakan ilustrasi dari model EOQ.



Gambar 2. 4 Model *Economic Order Quantity* (EOQ)

Sumber: (Sarjono & Kuncoro, 2014)

Gambar 2.4 menunjukkan model EOQ yang terdiri dari persediaan maksimal (Q), rata-rata persediaan (Q/2), *Reorder Point* (ROP), *Safety Stock* (SS), dan waktu. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung EOQ.

$$Q^* = EOQ = \sqrt{\frac{2\ x\ D\ x\ RC}{HC}} \quad (2.1)$$

Keterangan:

Q^* : *Economic Order Quantity* (jumlah pemesanan optimal)

D : *Demand* (permintaan)

RC : *Reorder Cost* (biaya pemesanan)

HC : *Holding Cost* (biaya simpan)

2. *Safety Stock* (Persediaan Pengaman)

Safety Stock (SS) atau persediaan pengaman adalah persediaan tambahan yang diadakan untuk melindungi atau menjaga kemungkinan terjadinya kekurangan bahan (*stock out*). *Safety Stock* (SS) berguna untuk melindungi kesalahan dalam memprediksi permintaan produk selama *lead time*. Jumlah *Safety Stock* (SS) dari setiap produk tergantung dari ketidakpastian permintaan dan *lead time* (Pujawan & Er, 2017). Apabila data permintaan selama *lead time* berdistribusi normal, maka rumus yang tepat digunakan adalah sebagai berikut.

$$SS = Z\ x\ s_{dl} \quad (2.2)$$

Keterangan:

SS : *Safety Stock* (persediaan pengaman)

Z : Probabilitas tertentu

s_{dl} : Standar deviasi permintaan selama *lead time*

3. *Reorder Point* (ROP)

Reorder Point (ROP) adalah titik sebuah produk yang ada di gudang harus ditambah persediaannya sebelum kehabisan. ROP dapat diartikan banyaknya barang tersisa ketika harus melakukan pemesanan kembali (Pujawan & Er, 2017). ROP bertujuan untuk menentukan waktu pemesanan kembali sehingga tidak terlalu cepat dan tidak terlalu lambat dengan mempertimbangkan ketidakpastian dari permintaan dan *lead time*. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung ROP.

$$ROP = D\ x\ LT + SS \quad (2.3)$$

Keterangan:

ROP : *Reorder Point* (batas pemesanan kembali)

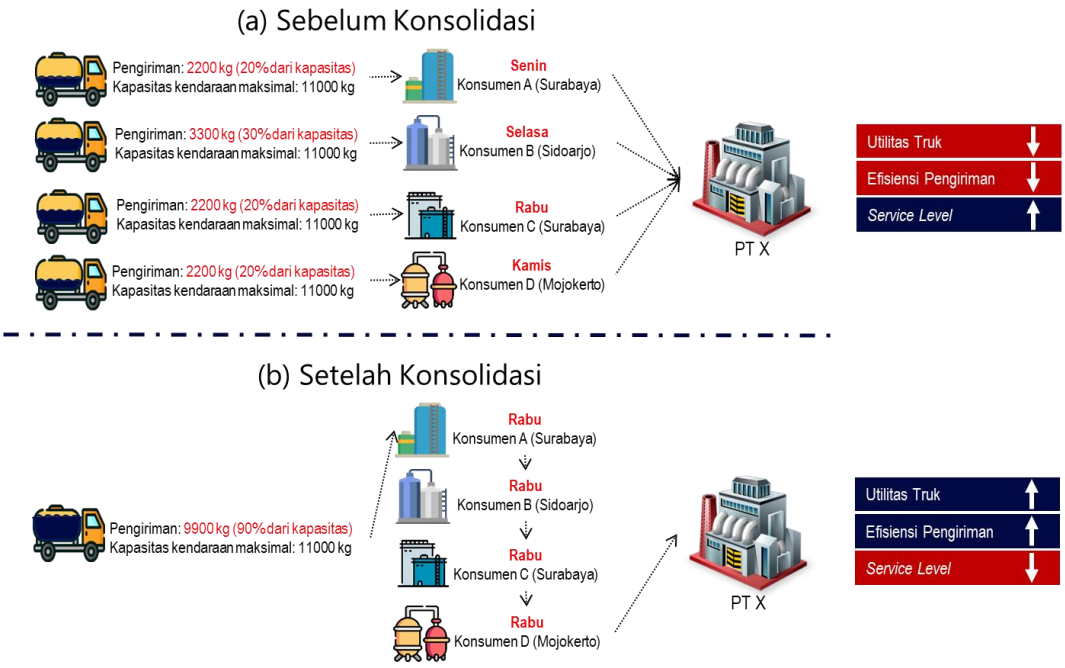
D : *Average demand* (permintaan rata-rata per hari)

LT : *Average Lead Time* (rata-rata *lead time*)

SS : *Safety Stock* (persediaan pengaman)

2.5 Konsolidasi

Konsolidasi adalah proses penggabungan barang yang berbeda, diproduksi dan digunakan di lokasi yang berbeda dan waktu yang berbeda, mejadi satu muatan kendaraan (Hall, 1987). Konsolidasi dapat dilakukan melalui konsolidasi informasi dan konsolidasi pengiriman. Contoh dari konsolidasi informasi adalah konsolidasi data permintaan untuk pembuatan jadwal pengiriman dan contoh konsolidasi pengiriman adalah menggabungkan permintaan beberapa konsumen dalam sebuah truk (Pujawan & Er, 2017). Konsolidasi dapat diklasifikasikan menjadi tiga klasifikasi yaitu konsolidasi gudang, konsolidasi kendaraan, dan konsolidasi tempat (Brenan, 1981). Berikut merupakan ilustrasi dari sebuah pengiriman yang dilakukan sebelum konsolidasi dan setelah konsolidasi.



Gambar 2. 5 Pengiriman Dilakukan Sebelum dan Setelah Konsolidasi

Gambar 2.5 menunjukkan bahwa terjadi penghematan antara sebelum konsolidasi dan setelah konsolidasi. Penghematan yang dilakukan adalah dari

waktu pengiriman, intensitas penggunaan kendaraan, utilitas kendaraan dengan memaksimalkan kapasitas truk, dan biaya yang dikeluarkan selama perjalanan. Tetapi dengan adanya konsolidasi akan merubah jadwal pengiriman dari konsumen untuk berganti menjadi hari Rabu.

Strategi konsolidasi pengiriman (*shipping consolidation*) dilakukan dengan menggabungkan beberapa pesanan dalam suatu pengiriman dengan menggunakan kendaraan yang sama dibeberapa tujuan tertentu (Attansio, et al., 2007). Tujuan dari konsolidasi pengiriman adalah untuk memaksimalkan kapasitas truk dan meningkatkan efisiensi penggunaan truk sehingga biaya yang dikeluarkan perusahaan dan konsumen menjadi lebih sedikit dari sebelumnya (Nurwidiana & Rusdiansyah, 2008).

Hal yang perlu dipertimbangkan dalam konsolidasi adalah sebagai berikut (Nurwidiana & Rusdiansyah, 2008).

1. Spesifikasi kendaraan.

   Spesifikasi kendaraan terdiri dari kapasitas maksimal yang dapat diangkut oleh kendaraan dan biaya yang dikeluarkan setiap kilometer.

2. Spesifikasi pesanan.

   Spesifikasi pesanan terdiri dari berat, jarak pembeli dengan penjual, dan jarak antar pembeli.

Sedangkan untuk langkah-langkah yang dilakukan dalam konsolidasi adalah sebagai berikut (Nurwidiana & Rusdiansyah, 2008).

1. Memilih pesanan yang akan dilakukan konsolidasi pengiriman.
2. Menentukan jenis kendaraan yang digunakan.
3. Menentukan urutan pengiriman yang optimal.

2.6 Penjadwalan dan Penentuan Rute

Penjadwalan adalah alat ukur bagi perencanaan agregat. Hal ini terjadi karena pesanan dilakukan dengan sumber daya tertentu dan dilakukan pengurutan kerja pada tiap pusat pemrosesan untuk mencapai optimasi utilisasi kapasitas yang ada (Lesmana, 2016). Penjadwalan juga dapat diartikan sebagai pengalokasian sumber daya dari waktu ke waktu untuk menunjang pelaksanaan dan penyelesaian suatu aktivitas pengerjaan spesifik (Haming & Nurnajamuddin, 2007). Oleh karena

itu, penjadwalan dalam suatu pengiriman dapat diartikan sebagai proses dalam merancang sebuah rencana dalam sebuah pengiriman sehingga memiliki jadwal yang teratur antara satu pengiriman dengan pengiriman lainnya. Sedangkan batasan dalam penjadwalan suatu produk adalah sebagai berikut (Bire, 2016).

1. Sebuah truk hanya dapat digunakan untuk satu pengiriman pada waktu tertentu.
2. Seorang sopir hanya dapat menyetir satu truk pada waktu tertentu.
3. Sebuah tipe truk hanya dapat digunakan untuk karakteristik rute tertentu.
4. Barang tidak dapat dialokasikan pada truk yang melebihi kapasitas maksimal (*overload*).
5. Pada waktu tertentu, truk dan sopir yang sedang dalam pengiriman tidak dapat diberdayakan.

Dengan adanya penjadwalan yang tepat, perlu dilakukanlah penentuan rute yang sesuai dalam sebuah pengiriman. Penentuan rute bertujuan untuk melakukan penghematan dalam sebuah pengiriman produk hingga sampe ke kansumen (Ballou, 2004). Salah satu cara yang digunakan dalam penentuan rute adalah dengan menggunakan *Vehicle Routing Problem* (VRP). VRP digunakan untuk menentukan rute distribusi barang terpendek dari satu lokasi ke lokasi lainnya (Dantzig & Ramser, 1959). VRP berfokus dalam pendistribusian barang dari perusahaan ke konsumen dengan waktu tertentu, jumlah pelanggan tertentu, dan dengan kendaraan tertentu untuk mengantarkan seluruh permintaan konsumen yang berawal dan berakhir di depot (Amri, et al., 2017).

VRP memiliki karakteristik yang terdiri dari komponen dan tipe (Tooth & Vigo, 2002). Komponen dari VRP antara lain adalah sebagai berikut.

1. Pelanggan atau konsumen.
2. Depot atau gudang.
3. Pengemudi atau sopir.
4. Rute kendaraan.

Sedangkan untuk karakteristik dari VRP antara lain adalah sebagai berikut (Tooth & Vigo, 2002).

1. CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*).

CVRP merupakan model VRP yang mempertimbangkan kapasitas angkut kendaraan. Permintaan konsumen diketahui di awal dan dilakukan pengiriman dengan rute yang sama.

2. VRPTW (*Vehicle Routing Problem Time Windows*).

VRPTW merupakan model VRP yang mempertimbangkan jeda waktu untuk dilayani (*time windows*). Waktu yang dipertimbangkan adalah waktu meninggalkan depot, waktu pelayanan, dan waktu menuju lokasi konsumen. Karena dalam pengiriman ini dibatasi oleh waktu yang telah ditetapkan. Ketika telah melebihi waktu tersebut, perusahaan harus melakukan pengiriman di hari selanjutnya dan dikenakan biaya sebagai ganti ruginya (penalti).

3. VRPB (*Vehicle Routing Problem Backhaul*).

VRPB merupakan model VRP yang memiliki dua kondisi yaitu konsumen yang meminta untuk dikirimkan pesanannya dan konsumen yang meminta untuk diambil barangnya. Rute terbaik adalah melakukan pengantaran barang terlebih dahulu sebelum adanya pemasukan barang untuk menghhindari adalah proses bongkar muat yang berulang.

4. VRPPD (*Vehicle Routing Problem Pick-up and Delivery*).

VRPPD merupakan model VRP yang memiliki dua jenis permintaan sekaligus. Permintaan untuk dikirimkan barang ke lokasinya dan permintaan untuk diambilkan barang dari lokasinya. Kegiatan mengantar permintaan dilakukan terlebih dahulu daripada kegiatan mengambil permintaan dengan setiap pelanggan memiliki satu kali kesempatan untuk dikunjungi.

Teknik yang digunakan dalam menggunakan VRP adalah TSP (*Travelling Salesman Problem*). TSP merupakan cara untuk mencari rute terpendek yang bisa dilalui *salesman* yang mengunjung beberapa kota tanpa harus mendatangi kota yang sama lebih dari satu kali (Ballou, 2004). TSP yang digunakan antara lain adalah sebagai berikut (Tooth & Vigo, 2002).

1. Nearest Neightbor.

2. Nearest Insertion.

3. Farthest Insertion.

4. Cheapest Insertion.

5. Priciest Insertion.

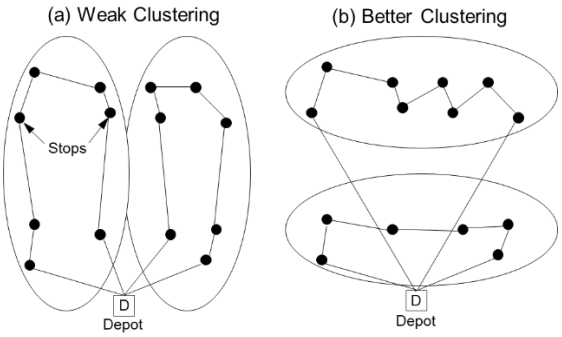
6. *Random Insertion.*

Nearest Neighbor merupakan metode TSP terbaik dalam menentukan rute transportasi (Sarjono, 2014). *Nearest Neighbor* memiliki jarak terpendek dengan biaya terkecil dari beberapa metode lainnya. Berikut merupakan langkah-langkah dalam menggunakan metode *Nearest Neighbor* (Pop, 2011).

1. Dari keluarnya barang di perusahaan, kemudian mencari lokasi konsumen yang belum dikunjungi dengan jarak terpendek dari keluarnya barang.
2. Lanjut ke lokasi lain yang memiliki jarak terdekat dari lokasi yang terpilih sebelumnya dan jumlah pengiriman tidak melebihi kapasitas kendaraan.
   a. Apabila terapat lokasi yang terpilih sebagai lokasi berikutnya dan masih terdapat sisa kapasitas, maka kembali ke langkah (2).
   b. Apabila kendaraan tidak memiliki sisa kapasitas, maka kembali ke langkah (1).
3. Apabila semua pelanggan telah dikunjungi satu kali, maka metode ini akan berakhir

Selain menggunakan beberapa teknik tersebut, dalam melakukan penjadwalan dan pembuatan rute dapat dilakukan dengan menggunakan metode *sweep* (*The Sweep Method*) dan metode *saving* (*The Saving Method*). Perlu adanya pedoman dalam melakukan penjadwalan dan penentuan rute sebagai berikut (Ballou, 2004).

1. Gabungkan beberapa rute (melakukan klaster) yang terdekat dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraann.



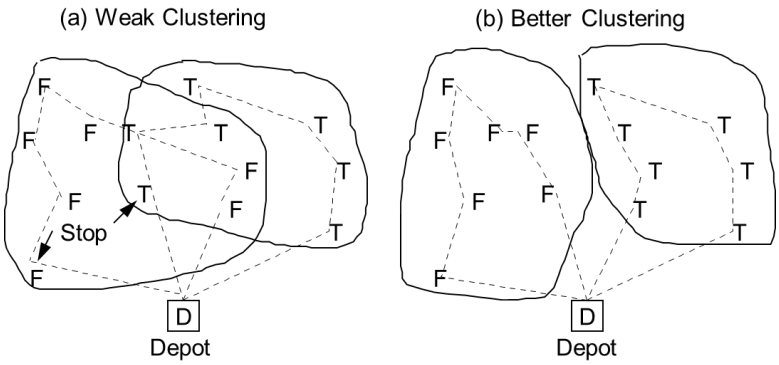
Gambar 2. 6 Klaster Dengan Mempertimbangkan Kapasitas Kendaraan

Sumber: (Ballou, 2004)

Gambar 2.6 menunjukkan bahwa pemilihan rute juga mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan dengan memilih berdasarkan rute terdekat yang dimulai dari rute terjauh dari depot.

2. Pengiriman untuk daerah yang berdekatan dilakukan dalam hari yang sama dalam satu minggu.

Dengan adanya pengiriman seperti ini, bertujuan untuk meminimasi waktu perjalanan truk dan jarak yang ditempuh dalam satu minggu.



Gambar 2. 7 Klaster Dengan Mempertimbangkan Waktu Pengiriman Dalam Satu Minggu

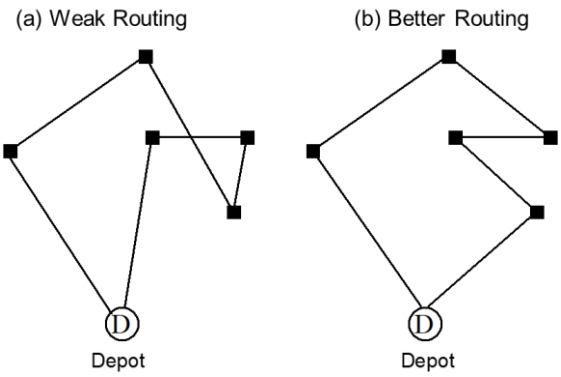
Sumber: (Ballou, 2004)

Gambar 2.7 menunjukkan bahwa pemilihan rute juga mempertimbangkan waktu pengiriman dalam satu minggu sehingga didapatkan biaya semurah mungkin.

3. Pembuatan rute dilakukan dari titik terjauh dari depot.

Pembuatan rute yang efisien dilakukan dengan memilih tempat terjauh dari depot dan kemudian mencari lokasi terdekat hingga menuju ke depot kembali.

4. Urutan berhenti pada rute harus membentuk pola titik air mata (*teardrop pattern*) dan tidak ada persilangan (*crossing*).



Gambar 2. 8 *Teardrop Pattern*

Sumber: (Ballou, 2004)

Gambar 2.8 menunjukkan bahwa pemilihan rute harus memperhatikan pola yaitu berbentuk *teardrop pattern*. Hal ini dilakukan sehingga tidak ada perpotongan antar lokasi untuk meminimasi biaya.

5. Gunakan kapasitas kendaraan yang terbesar terlebih dahulu.

   Penggunaan kendaraan dengan kapasitas terbesar bertujuan untuk mengurangi total jarak, waktu, dan waktu pelayanan.

6. Pengiriman barang juga mempertimbangkan adanya pengambilan barang.
7. Lokasi pengiriman yang sangat jauh sebaiknya dilakukan pengiriman dengan menggunakan kendaraan lain dengan mempertimbangkan kapasitas total kendaraan.
8. Konsumen yang memiliki *time window* harus dipertimbangkan.

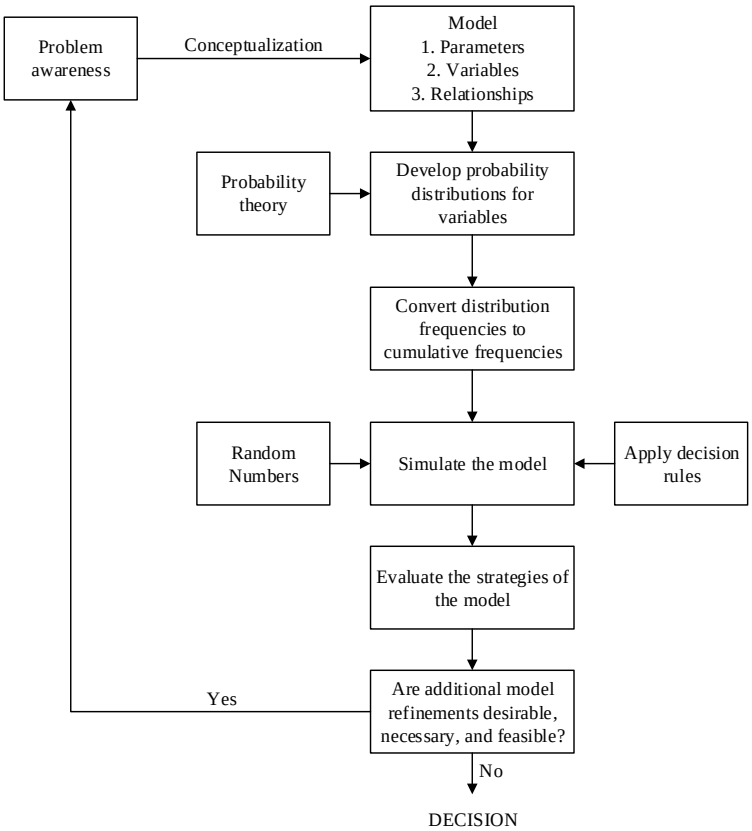
2.7 Simulasi Monte Carlo

Simulasi monte carlo merupakan salah satu jenis simulasi probabilistik berupa pendekatan solusi dalam menyelesaikan sebuah permasalahan dengan melakukan pengambilan sampel secara acak (Tersine, 1994). Simulasi monte carlo merupakan simulasi statis yang berarti bahwa variabel didalam sistem tidak dipengaruhi oleh waktu (Kelton, et al., 2009). Simulasi monte carlo menyediakan alat pemodelan untuk pengambilan keputusan (Clemen & Reilly, 2013).

Simulasi monte carlo menggunakan distribusi probabilitas dari variabel yang diteliti dengan dilakukan pengambilan sampel secara acak dari distribusi untuk mendapatkan data yang diperlukan. Pengambilan sampel secara acak dapat

didekati dengan bilangan acak (*random number*). Bilangan acak digunakan untuk membangkitkan (*generate*) nilai dengan distribusi probabilitas untuk mendapatkan data yang diinginkan.

Simulasi ini digunakan untuk menirukan ketidakpastian sebuah kejadian dengan menggunakan prinsip frekuensi, probabilitas, dan bilangan random. Selain itu, simulasi monte carlo sering digunakan untuk memprediksi besarnya sebuah permintaan sebuah produk dengan menggunakan data historis untuk mengestimasi jumlah permintaan di masa mendatang (Siswanto, et al., 2017). Beberapa penerapan yang dapat digunakan untuk simulasi monte carlo adalah masalah penggantian peralatan, masalah persediaan yang menentukan titik pemesanan ulang (ROP), masalah penentuan jumlah pesanan, memprediksi jumlah permintaan di masa mendatang, dan masalah-masalah lain yang memiliki distribusi probabilitas tertentu. Berikut merupakan *flowchart* simulasi monte carlo.



Gambar 2. 9 *Flowchart* Simulasi Monte Carlo

Sumber: (Tersine, 1994)

Gambar 2.9 menunjukkan bahwa urutan dalam pembuatan simulasi monte carlo antara lain adalah membuat model, distribusi probabilitas, frekuensi kumulatif, simulasi monte carlo, evaluasi model, penyempurnaan model, dan menentukan keputusan dari hasil *running* simulasi monte carlo. Berikut merupakan langkah-langkah utama dalam simulasi monte carlo.

1. Mendefinisikan distribusi probabilitas yang telah diketahui dari variabel utama.

Dalam melakukan pendefinisian distribusi probabilitas, dapat dilakukan dengan melakukan pengumpulan data historis (masa lalu). Selain itu, dapat dilakukan berdasarkan distribusi teoritis seperti distribusi poisson, distribusi normal, dan distribusi eksponensial tergantung dari permasalahan yang diamati.

2. Mengkonversikan distribusi frekuensi (probabilitas) menjadi frekuensi (probabilitas) kumulatif dari setuap variabel.
3. Mengambil sampel data acak dari distribusi probabilitas kumulatif untuk menentukan variabel yang digunakan dalam melakukan *running* simulasi.

Bilangan acak dikategorikan sesuai dengan rentang distribusi probabilitas kumulatif dari variabel yang digunakan dalam simulasi. Faktor yang memiliki ketidakpastian, dapat menggunakan bilangan acak dalam menggambarkan kondisi sesungguhnya.

4. Melakukan *running* simulasi dan analisis terkait simulasi tersebut sehingga dapat menentukan sebuah keputusan yang tepat.

Masukan yang digunakan dalam membangun model simulasi monte carlo adalah data yang telah dilakukan *fitting* distribusi dengan sistem adalah *Random Input Random Output* (RIRO). Artinya adalah masukan dari simulasi bersifat acak yang menyebabkan keluaran dari simulasi juga bersifat acak. Beberapa hal penting yang harus dilakukan dalam simulasi untuk mengatasi sistem RIRO adalah dengan menentukan replikasi dan melakukan validasi. Berikut merupakan penjelasan dari *fitting* distribusi, replikasi dan validasi dalam simulasi monte carlo.

2.6.1 Fitting Distribusi

Fttiing distribusi bertujuan untuk membangkitkan (*generate*) masukan yang bersifat data berdasarkan data historis. *Fitting* distribusi dapat dilakukan

dengan beberapa *software* seperti ARENA dan @Risk. *Fitting* distribusi dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu dengan pendekatan distribusi teoritis dan distribusi empiris. Pendekatan distribusi teoritis dilakukan dengan melakukan *fitting* distribusi menggunakan *software* dan pendekatan distribusi empiris dilakukan dengan mengelompokkan data yang memiliki rata-rata dan standar deviasi yang berbeda setiap kelompok data tersebut.

Langkah-langkah dalam melakukan *fitting* distribusi untuk pendekatan distribusi teoritis dengan menggunakan *software* ARENA adalah pilih menu *Tools* → *Input Analyzer* → *New* → *File* → *Data File* → *Use Existing* → Pilih *file* yang telah dimasukan kedalam format .txt (Notepad) → *Fit All* → *Fit All Summary*. Langkah-langkah dalam melakukan *fitting* distribusi untuk pendekatan distribusi empiris adalah melakukan pengelompokan data berdasarkan urutan dari data terkecil hingga data terbesar → Hitung rata-rata dan standar deviasi dari setiap pengelompokan data → Hitung jumlah data dan probabilitasnya dari setiap kelompok data terhadap jumlah keseluruhan data awal → Lakukan pengujian dengan membangkitkan bilangan acak (*generate random number*).

Pendekatan distribusi teoritis digunakan ketika nilai eror $\leq$ 20% (0,2). Nilai eror $>$ 20% (0,2), menandakan bahwa hasil pengolahan data yang akan diperolah kurang akurat (tidak ada distribusi teoritis yang sesuai) (Lewis, 1982). Sehingga, perlu dilakukan *fitting* distribusi dengan menggunakan distribusi empiris.

2.6.2 Replikasi

Replikasi adalah mekanisme simulasi yang perlu dijalankan beberapa kali untuk mengatasi hasil *random* yang dapat mewakili hasil dari *real system* (Harrel, et al., 2000). Replikasi dilakukan karena keluaran dari simulasi bersifat acak yang menyebabkan variabilitas data (*running* simulasi ke-1 bisa berbeda dengan *running* simulasi ke-2). Untuk mengatasi hal tersebut, maka dilakukan *running* simulasi beberapa kali sehingga model simulasi mampu mewakili hasil dari *real system*. Dari beberapa *running* simulasi tersebut, dilakukan perhitungan rata-rata untuk menentukan nilai *half width* (*hw*) dan dapat memberikan keputusan apakah replikasi awal sudah cukup atau perlu ditambah.

Dalam menentukan jumlah replikasi, terdapat dua eror yang digunakan yaitu *absolute error* (β) dan *relative error* (γ). *Absolute error* (β) merupakan eror yang berupa angka eksak sedangkan *relative error* (γ) merupakan eror yang berupa persentase dari *true parameter value*. Dalam penerapannya, hanya menggunakan salah satu eror tersebut dalam menentukan jumlah replikasi yaitu *absolute error* (β) atau *relative error* (γ). Berikut merupakan langkah-langkah dalam menentukan replikasi dalam simulasi dengan *absolute error* (β)

1. Lakukan simulasi sebanyak n replikasi sebagai jumlah replikasi awal.
2. Hitung standar deviasi (s).
3. Tentukan nilai *absolute error* (β).
4. Tentukan nilai hw dengan rumus sebagai berikut.

$$hw = \frac{(t_{n-1,\alpha/2})\, s}{\sqrt{n}} \tag{2.4}$$

5. Langkah selanjutnya adalah dengan membandingkan antara hw dengan *absolute error* (β) sebagai berikut.
   a. $hw < \beta$, jumlah replikasi (n) sudah cukup.
   b. $hw > \beta$, jumlah replikasi (n) tidak cukup, maka hitung replikasi baru (n') dengan nilai standar deviasi (s) yang diperoleh dari replikasi sebelumnya dengan rumus sebagai berikut.

$$n' = \left[\frac{(z_{\alpha/2})s}{\beta}\right]^2 \tag{2.5}$$

6. Jika nilai n' sudah didapatkan, maka lakukan simulasi sebanyak n'

Berikut merupakan langkah-langkah dalam menentukan replikasi dalam simulasi dengan *relative error* (γ).

1. Lakukan simulasi sebanyak n replikasi sebagai jumlah replikasi awal.
2. Hitung standar deviasi (s) dan rata-rata sampel ($\bar{x}$).
3. Tentukan nilai *relative error* (γ).
4. Tentukan nilai hw dengan rumus sebagai berikut.

$$hw = \frac{t_{n-1,1-\alpha/2}\sqrt{\frac{s^2}{n}}}{\bar{x}} \tag{2.6}$$

5. Langkah selanjutnya adalah dengan membandingkan antara hw dengan *relative error* (γ) sebagai berikut.
   a. $hw < \gamma$, jumlah replikasi (n) sudah cukup.

b. $hw > \gamma$, jumlah replikasi (n) tidak cukup, maka hitung replikasi baru (n') dengan nilai standar deviasi (s) yang diperoleh dari replikasi sebelumnya dengan rumus sebagai berikut.

$$n' = \left[\frac{(z_{\alpha/2})s}{(\frac{\gamma}{1+\gamma})\bar{x}}\right]^2 \tag{2.7}$$

6. Jika nilai n' sudah didapatkan, maka lakukan simulasi sebanyak n'

2.6.3 Validasi

Validasi adalah langkah untuk memastikan apakah model yang dibangun sudah mampu merepresentasikan *real system* nya (Harrel, et al., 2000). Dalam istilah lain adalah "*Building The Right Model*" artinya membangun model yang tepat sesuai dengan model konseptual. Salah satu cara yang digunakan untuk validasi model simulasi adalah dengan menggunakan uji statistik *Student's-t*. Berikut merupakan langkah-langkah dalam melakukan uji statistik *Student's-t*.

1. Tentukan hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_A) mengenai rata-rata keluaran sistem aktual (μ_1) dan rata-rata keluaran model simulasi (μ_2) yang ditulis sebagai berikut.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \tag{2.8}$$

$$H_A : \mu_1 \neq \mu_2 \tag{2.9}$$

Jika hasil yang didapatkan adalah tidak tolak hipotesis nol (H_0), maka tidak ada perbedaan antara model simulasi dengan *real system* (model valid). Apabila tolak hipotesis nol (H_0), maka ada perbedaan antara model simulasi dengan *real system* (model tidak valid).

2. Hitung rata-rata dan standar deviasi setiap populasi. Kemudian hitung *pooled standard deviation* (s_p) sebagai berikut.

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1-1){s_1}^2+(n_2-1){s_2}^2}{n_1+n_2-2}} \tag{2.10}$$

3. Tentukan *level of significance* (α) untuk mencari nilai *t critical* di tabel uji statistik *Student's-t* dengan mencocokan nilai $\alpha/2$ dan *degree of freedom* (df) sebesar $n_1 + n_2 - 2$.
4. Hitung nilai *t test* dengan rumus sebagai berikut.

$$t = \frac{(\overline{x_1}-\overline{x_2})-(\mu_1-\mu_2)}{s_p+\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}} \quad (2.11)$$

5. Ambilah kesimpulan dengan membandingkan nilai *t test* dengan *t critical* sebagai berikut.

   a. $-t_{crit} \leq t_{test} \leq t_{crit}$, maka tidak tolak H_0

   b. $t_{test} \leq -t_{crit}$ atau $t_{test} \geq t_{crit}$, maka tolak H_0

Dalam melakukan validasi, dapat menggunakan *software* Microsoft Excel. Tahapan yang dilakukan adalah pilih menu Data → Data Analysis → t-test: Two-Sample Assuming Equal Variances. Kemudian dilakukan perbandingan antara *t test* dengan *t critical* untuk menentukan apakah model simulasi valid atau tidak.

2.8 Penelitian Terdahulu

Dalam pengerjaan penelitian Tugas Akhir, tentunya didukung dari beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik yang dibahas dalam penelitian Tugas Akhir yaitu mengenai pengiriman pesanan dengan mempertimbangkan penjadwalan dan penentuan rute. Melakukan kajian mengenai penelitian terdahulu bertujuan untuk menambah wawasan dan mengetahui perbedaan dari penelitian lainnya. Berikut merupakan tabel perbandingan penelitian terdahulu.

Tabel 2. 3 Perbandingan Penelitian Terdahulu

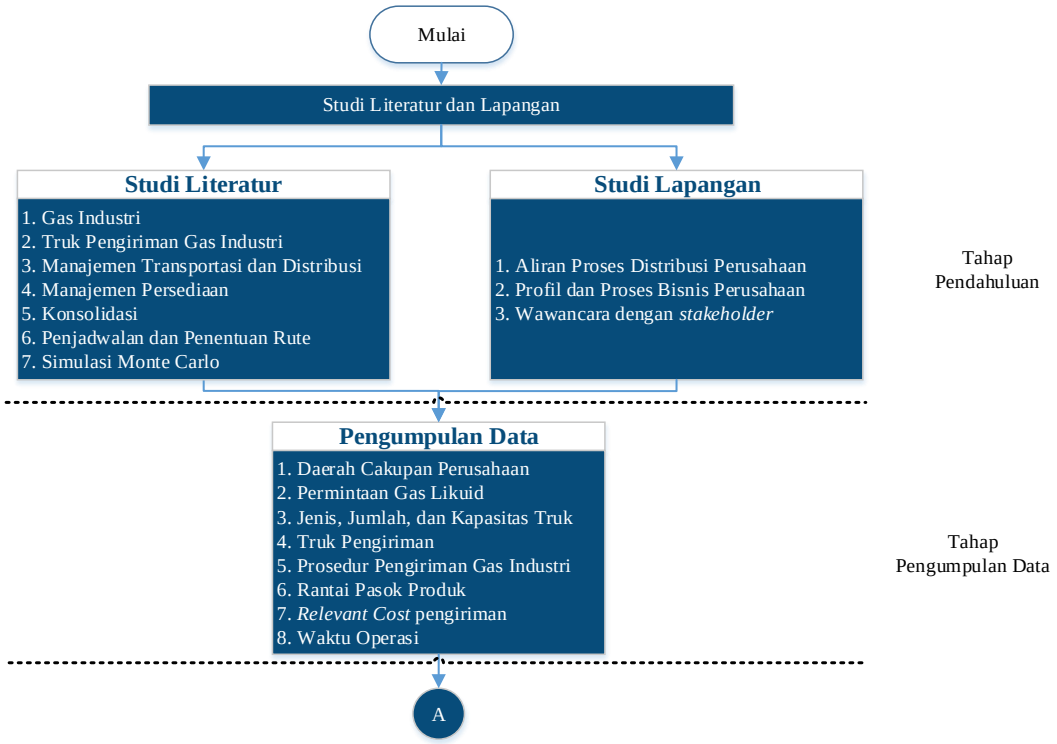
Keterangan	Penelitian Terdahulu		
No	1	2	3
Penulis	Namira Nurmalatya	Amalia Mahmudah	Meilina Puspita Sari
Tahun	2017	2019	2019
Judul	Optimasi Penentuan Jumlah Truk dan Penjadwalan Pengiriman Beras Raskin Dengan Data Penunjang Dari Sistem informasi Geografis (SIG) Pada Perum BULOG Sub Divre Surabaya Utara	Optimasi Pemilihan Moda Transportasi Kendaraan Untuk Jalur Darat dan laut Menggunakan Integer Linear Programming (Studi Kasus: Perusahaan 3PL)	Evaluasi *Setting Parameter* Persediaan Untuk Meningkatkan *Service Level* Pada *Service Part Export* PT TMMIN Dengan Simulasi Monte Carlo
Objek Amatan	BULOG Sub Divre Surabaya Utara	Perusahaan 3PL	PT TMMIN

Keterangan	Penelitian Terdahulu		
Metode	*Integer Programming*	*Integer Linear Programming*	Simulasi Monte Carlo
Hasil	1. Penggunan truk yang semula 15 truk menjadi 11 truk	1. Pada skenario penambahan car terminal Semarang, penghematan untuk total biaya transportasi sebesar Rp 1.179.933.000	1. Kondisi awal menghasilkan nilai persediaan yang lebih rendah dibandingkan dengan metode *continuous review* (s,S). Pada kondisi awal hanya memerhatikan data permintaan selama 6 bulan terakhir tanpa mempertimbangkan pola permintaan pada bulan lainnya.
	2. Mereduksi biaya investasi sebesar Rp 1.024.800.000		2. Metode *continuous review* (s,S) mempertimbangkan *Safety Stock* yang mengakibatkan kenaikan kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan.
	3. Terjadinya perubahan dalam waktu pengiriman untuk beberapa daerah	2. Dengan subsidi BBM untuk transportasi laut sebesar 40%, akan menghasilkan penghematan transportasi darat sebesar Rp 500.332.000	3. Terdapat 9 *part* yang tetap optimal menggunakan metode *continuous review* (s,S) karena memiliki total biaya yang rendah
			4. Metode *continuous review* (s,S) dapat menawarkan *service level* antara 66%-100% dengan rata-rata 97%.

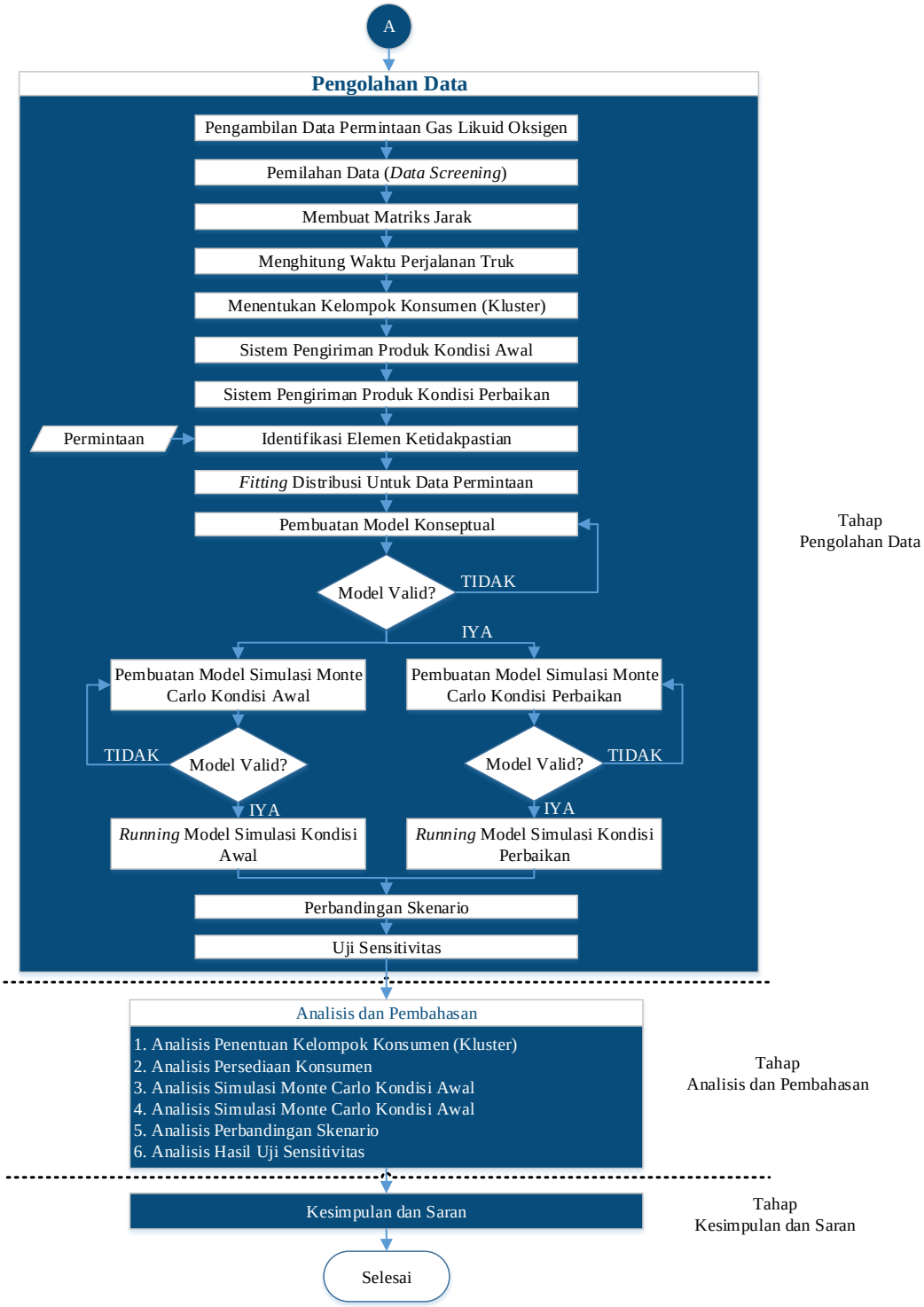
Berdasarkan Tabel 2.3, dapat diketahui bahwa dalam melakukan penentuan jumlah kendaraan dan melakukan penjadwalan pengiriman dilakukan dengan metode *integer programming* dan *integer linear programming*. Selain itu, dalam mengelola persediaan untuk meningkatkan *service level* dapat digunakan dengan metode simulasi monte carlo. Keluaran yang diharapkan dalam penelitian terdahulu adalah didapatkan hasil optimal berdasarkan skenario yang diberikan.

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai metodologi penelitian yang terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap pendahuluan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, tahap analisis dan pembahasan, dan tahap kesimpulan dan saran.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian (Lanjutan)

3.1 Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan terdiri dari studi literatur dan studi lapangan. Tahap pendahuluan merupakan tahapan persiapan atas pengerjaan penelitian Tugas Akhir.

3.1.1 Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan dengan melakukan obervasi secara langsung di PT X. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi awal dari objek amatan khususnya dalam proses distribusi, profil perusahaan, dan proses bisnis perusahaan. Dalam studi lapangan juga dilakukan wawancara dengan *stakeholder* yang bersangkutan dalam penelitian Tugas Akhir ini.

3.1.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk menambah wawasan yang digunakan terkait dengan penelitian Tugas Akhir. Pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui dan mengidentifikasi permasalahan yang dibahas dalam penelitian Tugas Akhir. Dengan hal tersebut, diharapkan dapat membantu dalam membangun kerangka berpikir yang tepat untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi. Studi literatur yang digunakan antara lain adalah dari gas industri, truk pengiriman gas industri, manajemen transportasi dan distribusi, manajemen persediaan, konsolidasi, penjadwalan dan penentuan rute, simulasi monte carlo, dan penelitian terdahulu.

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan berdasarkan pengamatan langsung dan wawancara dengan *stakeholder* perusahaan. Data sekunder merupakan data historis perusahaan. Berikut data yang dikumpulkan sebagai perhitungan dalam penelitian Tugas Akhir.

3.2.1 Daerah Cakupan (Coverage Area) Perusahaan

Daerah cakupan (*coverage area*) perusahaan untuk pengiriman Oksigen (O2) cair meliputi 13 kota di provinsi Jawa Timur. Kota yang menjadi daerah cakupan antara lain adalah Surabaya, Sidoarjo, dan Mojokerto.

3.2.2 Permintaan Oksigen (O2) Cair

Data permintaan Oksigen (O2) cair untuk bulan Juli 2019 sampai dengan Desember 2019. Data yang digunakan antara lain adalah sebagai berikut.

1. Jenis truk.
2. Tanggal pengiriman.
3. Nama Konsumen.
4. Kategori konsumen.
5. Kota tujuan.
6. Kapasitas total truk.
7. Kapasitas truk yang terpakai.

3.2.3 Truk Pengiriman

Dalam pengiriman produk Oksigen (O2) cair menggunakan truk kecil. Truk kecil adalah truk pengiriman gas industri berupa likuifaksi gas yang memiliki kapasitas 11 ton.

3.2.4 Prosedur Pengiriman Gas Industri

Prosedur pengiriman gas industri di PT X adalah perusahaan dapat melakukan pengiriman produk ke konsumen menggunakan sistem pengiriman dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen. Contohnya apabila pemesanan dilakukan pada hari Senin, maka pengiriman harus dilakukan maksimal pada hari Selasa begitu juga seterusnya.

3.2.5 Rantai Pasok Produk

Rantai pasok produk merupakan serangkain aktivitas atau proses yang dilakukan perusahaan yang dimulai dari bahan baku hingga produk tersebut sampai ke tangan konsumen. Proses rantai pasok produk adalah sebagai berikut.

1. Pengambilan udara bebas.
2. Proses produksi (pemilahan gas industri).
3. Proses *loading.*
4. Administrasi (timbangan dan surat jalan).
5. Proses pengiriman (perjalanan).
6. Proses *unloading*

3.2.6 Relevant Cost Pengiriman

Relevant cost (biaya relevan) merupakan biaya yang melekat pada sebuah produk. Klasifikasi biaya relevan dilakukan untuk menentukan berapa biaya yang dibutuhkan pada sebuah produk. Komponen biaya diambil dari biaya aktivitas yang berhubungan langsung atau berdampak langsung dengan produk yang dijual. *Relevant cost* dalam penelitian Tugas Akhir ini antara lain sebagai berikut.

1. Biaya solar.
2. Biaya makan sopir.
3. Biaya transportasi.
4. Biaya perawatan truk.

3.2.7 Waktu Operasi

Waktu operasi merupakan waktu yang diperlukan selama proses pengiriman dari perusahaan ke konsumen hingga kembali ke perusahaan. Waktu operasi yang dihitung antara lain sebagai berikut.

1. Proses *loading.*
2. Administrasi (timbangan dan surat jalan).
3. Proses *unloading.*

3.3 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan pengolahan data yang diambil dari pengumpulan data yang telah dikumpulkan. Tahap dari pengolahan data antara lain adalah sebagai berikut.

3.3.1 Pengambilan Data Permintaan Oksigen Cair

Permintaan dari PT X terdiri dari produk tabung gas, pipa gas, dan cair. Dalam penelitian Tugas Akhir ini hanya berfokus untuk produk Oksigen (O2) cair. Oksigen (O2) cair dipilih karena dalam proses pengiriman gas industri akan lebih murah dengan mengirimkan dalam bentuk likuifaksi gas dengan jarak yang jauh dan kapasitas yang banyak. Penggunaan truk untuk produk likuifaksi gas tidak bisa digunakan secara bergantian, karena likuifaksi gas memiliki sifat, suhu, dan tekanan tertentu. Oleh karena itu perlu dilakukan pemilihan satu jenis produk likuifaksi gas.

Produk likuifaksi gas yang dipilih adalah Oksigen (O_2), karena memiliki jumlah pemesanan yang lebih banyak daripada jenis likuifaksi gas lainnya yang diproduksi dan dijual oleh PT X.

3.3.2 Pemilahan Data (Data Screening)

Pemilahan data (*data screening*) merupakan proses pemilahan data untuk menentukan data apa saja yang digunakan dalam pengolahan data untuk Oksigen (O2) cair. Data yang tidak sesuai dan tidak diperlukan, tidak akan dilakukan proses perekapan. Sedangkan untuk data yang sudah dipilih, akan diproses ke tahap selanjutnya. Dalam proses pemilahan data ini terdiri dari perbaikan data *outlier*, kesalahan dalam memasukkan data, dan data yang tidak lengkap.

3.3.3 Penentuan Kelompok Konsumen (Klaster)

Pengolahan sistem pengiriman dilakukan dengan menerapkan sistem "*Cluster First, Routing Second*". Sistem ini bertujuan untuk melakukan penentuan kelompok konsumen (klaster) terlebih dahulu, kemudian merancang rute pengiriman yang dilakukan perusahaan. Penentuan kelompok konsumen (klaster) dapat dilakukan dengan pendekatan manual. Syarat dalam penentuan kelompok konsumen (klaster) adalah sebagai berikut.

1. Memerhatikan jarak yang berdekatan.
2. Akses jalur kendaraan yang sama.
3. *Trial and error* dari permintaan produk.
4. Data historis klaster pengiriman.

Setelah klaster terbentuk, dilakukan penentuan rute dengan metode *Nearest Neighbor* menggunakan *software* optimasi yaitu LINGO. *Nearest Neighbor* merupakan metode TSP terbaik dalam menentukan rute transportasi (Sarjono, 2014). *Nearest Neighbor* memiliki jarak terpendek dengan biaya terkecil dari beberapa metode lainnya.

3.3.4 Membuat Matriks Jarak

Dalam pembuatan matriks jarak perlu dilakukan pengukuran jarak dari kedua titik yang terhubung untuk beberapa titik lokasi. Dua titik tersebut adalah

titik perusahaan dan konsumen perusahaan. Penentuan jarak dapat dihitung dengan menggunakan aplikasi Google Maps. Aplikasi Google Maps adalah aplikasi untuk menentukan rute antar dua titik dengan memilih beberapa pilihan rute yang memperhatikan tingkat kemacetan lalu lintas dan arah pergerakan dari kendaraan yang dimulai dari satu titik ke titik lainnya. Oleh karena itu, aplikasi Google Maps merepresentasikan kondisi aktual dari sebuah pengukuran jarak dari kedua titik yang akan dihubungkan.

3.3.5 Menghitung Waktu Perjalanan Truk

Perhitungan waktu perjalanan truk dilakukan dengan menggunakan aplikasi Google Maps. A`plikasi Google Maps dapat digunakan untuk mengetahui waktu selama perjalanan dari dua titik yang terhubung. Waktu perjalanan pada aplikasi Google Maps dihitung apabila menggunakan mobil, sepeda motor, angkutan umum, jalan kaki, dan jasa angkutan *online*. Perhitungan untuk truk kecil adalah dengan asumsi ½ dari waktu perjalanan untuk kendaraan pribadi pada aplikasi Google Maps.

3.3.6 Sistem Pengiriman Kondisi Awal

Sistem pengiriman produk kondisi awal adalah dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen (durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 hari). Apabila pemesanan dilakukan pada hari Senin, maka pengiriman harus dilakukan maksimal pada hari Selasa begitu juga seterusnya. Oleh karena itu, perusahaan bisa jadi akan melakukan pengiriman kepada konsumen meskipun kapasitas truk likuifaksi gas belum mencapai kapasitas maksimal (tidak penuh) yang mengakibatkan utilitas truk rendah.

3.3.7 Sistem Pengiriman Kondisi Perbaikan

Sistem pengiriman produk kondisi perbaikan adalah kondisi pengiriman yang dilakukan setelah dilakukannya konsolidasi pengiriman yaitu dengan merubah sistem pengiriman dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen menjadi durasi pengiriman yang dijanjikan adalah lebih dari satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen.

Konsolidasi pengiriman dilakukan dengan menggabungkan beberapa pesanan atau permintaan produk dalam suatu pengiriman yang menggunakan kendaraan yang sama dengan beberapa tujuan dalam sekali pengiriman. Tujuan dari konsolidasi pengiriman adalah untuk memaksimalkan kapasitas truk (meningkatkan utilitas kapasitas truk) dan meningkatkan efisiensi penggunaan truk sehingga biaya yang dikeluarkan relatif sedikit. Dalam melakukan analisis terkait penjadwalan pengiriman, perlu dilakukanlah statistik deskriptif sehingga dapat mengetahui jumlah trip yang dilakukan setiap harinya dan utilitas truk yang digunakan.

3.3.8 Identifikasi Elemen Ketidakpastian

Elemen ketidakpastian dalam penelitian ini adalah permintaan Oksigen (O2) cair. Karena waktu pemesanan dan jumlah permintaan merupakan sesuatu yang tidak dapat diprediksi oleh perusahaan. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut mengenai elemen ketidakpastian sehingga menjadi masukan untuk simulasi.

3.3.9 Fitting Distribusi Data Permintaan

Dalam mengolah elemen ketidakpastian, perlu diketahui distribusi peluang yang nantinya digunakan untuk membangkitkan bilangan acak (*generate random number*) sebagai masukan dari model simulasi. Distribusi peluang bertujuan untuk merepresentasikan kondisi dari perusahaan sesuai dengan keadaan sebenarnya. *Fitting* distribusi dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu dengan pendekatan distribusi teoritis dan distribusi empiris. Pendekatan distribusi teoritis dilakukan dengan melakukan *fitting* distribusi menggunakan *software* dan pendekatan distribusi empiris dilakukan dengan mengelompokkan data yang terdiri dari probabilitas, probabilitas kumulatif, interval, dan jumlah data.

Langkah-langkah dalam melakukan *fitting* distribusi untuk pendekatan distribusi teoritis dengan menggunakan *software* ARENA adalah pilih menu *Tools* → *Input Analyzer* → *New* → *File* → *Data File* → *Use Existing* → Pilih *file* yang telah dimasukan kedalam format .txt (Notepad) → *Fit All* → *Fit All Summary*. Langkah-langkah dalam melakukan *fitting* distribusi untuk pendekatan distribusi empiris adalah melakukan pengelompokan data berdasarkan urutan dari data

terkecil hingga data terbesar → Buatlah interval dari data → Hitung jumlah data, probabilitas, dan probabilitas kumulatif dari setiap kelompok data → Lakukan pengujian dengan membangkitkan bilangan acak (*generate random number*).

Pendekatan distribusi teoritis digunakan ketika nilai eror ≤ 5% (0,05). Nilai eror > 5% (0,05), menandakan bahwa hasil pengolahan data yang akan diperolah kurang akurat (tidak ada distribusi teoritis yang sesuai) (Lewis, 1982). Sehingga, perlu dilakukan *fitting* distribusi dengan menggunakan distribusi empiris.

3.3.10 Pembuatan Model Simulasi Monte Carlo Kondisi Awal

Pembuatan model simulasi monte carlo untuk kondisi awal bertujuan untuk meniru dan merepresentasikan kondisi awal dari PT X. Masukan yang digunakan dalam membangun model simulasi ini adalah permintaan yang telah dilakukan *fitting* distribusi. Sistem pengiriman dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen. Keluaran yang diharapkan adalah menentukan durasi waktu yang dijanjikan dan melakukan penentuan jumlah truk. Dalam membangun model simulasi monte carlo, perlu dilakukan adanya pembuatan model konseptual, replikasi, dan validasi.

3.3.10.1 Model Konseptual Kondisi Awal

Model konseptual yang dilakukan adalah dengan membuat diagram alir (*flowchart*) proses di PT X yang dimulai dari proses pemesanan sampai produk dikirim ke konsumen dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen. Proses tersebut adalah sebagai berikut.

1. Administrasi.
2. Proses *loading*.
3. Timbangan berangkat.
4. Proses pengiriman.
5. Proses *unloading*.
6. Timbangan pulang.

3.3.10.2 Replikasi

Replikasi adalah mekanisme simulasi yang perlu dijalankan beberapa kali untuk mengatasi hasil *random* yang dapat mewakili hasil dari *real system*. Hal ini

dilakukan karena simulasi memiliki sifat *Random Input – Random Output* (RIRO) yang berarti memiliki sifat acak yang menyebabkan keluaran simulasi juga acak. Jumlah replikasi awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah $n = 10$. Setelah itu mencari nilai n' yang memenuhi tingkat *relative error* (ɣ) sebesar 5%.

3.3.10.3 Validasi

Validasi bertujuan untuk memastikan model simulasi tersebut dapat merepresentasikan keadaan sebenarnya. Validasi yang dilakukan untuk simulasi ini adalah dengan melakukan uji statistik *Student's-t* menggunakan tingkat kepercayaan 95%. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan antata model simulasi dengan *real world*. Validasi dapat dilakukan dengan menggunakan *software* Microsoft Excel. Tahapan yang dilakukan dengan menggunakan *software* Microsoft Excel adalah pilih menu *Data* → *Data Analysis* → *t-test: Two-Sample Assuming Equal Variances*. Kemudian dilakukan perbandingan antara *t test* dengan *t critical* untuk menentukan apakah model simulasi valid atau tidak.

3.3.11 Pembuatan Model Simulasi Monte Carlo Kondisi Perbaikan

Pembuatan model simulasi monte carlo untuk kondisi awal bertujuan untuk mengevaluasi perusahaan dan mencapai tujuan yang diharapkan dalam penelitan Tugas Akhir ini. Sistem pengiriman yang dilakukan adalah memaksimalkan utilitas dari truk dengan strategi konsolidasi pengiriman. Sistem pengiriman tersebut adalah durasi pengiriman yang dijanjikan adalah lebih dari satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen. Keluaran yang diharapkan adalah menentukan durasi waktu yang dijanjikan untuk setiap klaster yang telah dibentuk.

3.3.12 Perbandingan Skenario

Perbandingan skenario dilakukan dengan membandingkan antara skenario (simulasi monte carlo kondisi perbaikan) yang telah dibuat. Perbandingan yang dilakukan adalah penentuan durasi pengiriman yang dilakukan untuk setiap klaster.

3.3.13 Uji Sensitivitas

Uji sensitivitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh keluaran berdasarkan masukan yang diubah. Masukan yang diubah adalah permintaan Oksigen (O2) cair, sedangkan keluarannya adalah durasi pengiriman yang dijanjikan. Masukan yang diubah adalah dengan faktor pengali untuk permintaan Oksigen (O2) cair sampai mencapai kapasitas truk kecil (11.000 kg).

3.4 Tahap Analisis dan Pembahasan

Tahap analisis dan pembahasan merupakan tahapan untuk melakukan penjabaran secara detail mengenai permasalahan yang diangkat dalam penelitian Tugas Akhir. Tahap analisis dan pembahasan juga dilakukan untuk mengetahui keluaran dari simulasi monte carlo untuk mendapatkan hasil optimal sebagai rekomendasi bagi perusahaan. Pada tahap ini juga, akan dilakukan perbandingan antara kondisi awal dengan kondisi perbaikan yang dilakukan. Analisis dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian Tugas Akhir ini antara lain adalah sebagai berikut.

1. Analisis penentuan kelompok konsumen (klaster).
2. Analisis persediaan konsumen.
3. Analisis simulasi monte carlo kondisi awal.
4. Analisis simulasi monte carlo kondisi perbaikan.
5. Analisis perbandingan skenario.
6. Analisis uji sensitivitas.

3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran merupakan tahapan terakhir dari pengerjaan penelitian Tugas Akhir. Kesimpulan merupakan penjelasan dan menjawab dari tujuan yang telah dibuat. Serta memberikan saran-saran yang diberikan untuk perbaikan penelitian berikutnya.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB 4
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai pengumpulan data dan pengolahan data dari objek amatan. Data yang telah terkumpul akan dilakukan pengolahan data sebagai masukan dari simulasi monte carlo untuk mencapai tujuan dari penelitian Tugas Akhir.

4.1 Pengumpulan Data

Pada subbab ini akan dipaparkan mengenai pengumpulan data yang terdiri dari daerah cakupan (*coverage area*) perusahaan, permintaan Oksigen (O2) cair, truk pengiriman, rantai pasok produk, *relevant cost*, dan waktu operasi.

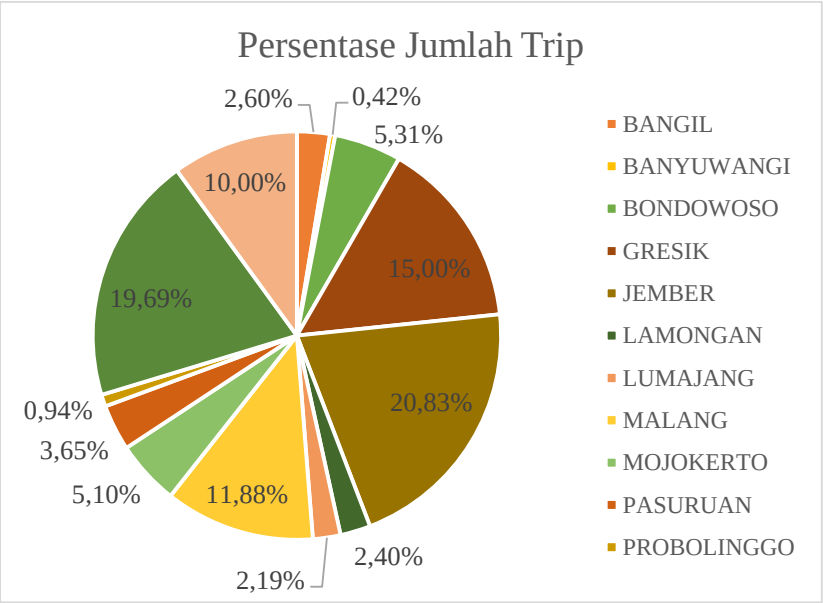
4.1.1 Daerah Cakupan (Coverage Area) Perusahaan

Daerah cakupan (*coverage area*) dari PT X untuk pengiriman Oksigen (O2) cair meliputi 13 kota di Jawa Timur yang memiliki total trip (perjalanan) sebanyak 953 berdasarkan data pada bulan bulan Juli 2019 sampai dengan Desember 2019. Jumlah trip dari setiap kota adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 Jumlah dan Persentase Trip Perusahaan

Kota	Jumlah Trip	Persentase Trip
Bangil	25	2,60%
Banyuwangi	4	0,42%
Bondowoso	51	5,31%
Gresik	144	15,00%
Jember	200	20,83%
Lamongan	23	2,40%
Lumajang	21	2,19%
Malang	114	11,88%
Mojokerto	49	5,10%
Pasuruan	35	3,65%
Probolinggo	9	0,94%
Sidoarjo	189	19,69%
Surabaya	96	10%
Total	960	100%

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa jumlah trip berdasarkan daerah cakupan dari PT X adalah 953 trip dengan 13 kota di Jawa Timur. Berikut merupakan *pie chart* dari persentasi jumlah trip perusahaan.



Gambar 4. 1 *Pie Chart* Persentasi Jumlah Trip

Gambar 4.1 menunjukkan persentase jumlah trip berdasarkan daerah cakupan dari PT X dengan 13 kota di Jawa Timur. Persentase terbesar adalah dari kota Jember dengan persentase sebesar 20,83%. Sedangkan untuk persentase terkecil adalah dari kota Banyuwangi dengan persentase sebesar 0,42%. Kategori konsumen dari PT X terdiri dari *end customer*, *filling station*, dan ASP. *End customer* merupakan konsumen akhir dari perusahaan yang berupa individu atau perusahaan yang membeli produk PT X. ASP merupakan konsumen yang berupa seluruh pabrik yang memisahkan komposisi udara berdasarkan temperatur didih yang berbentuk gas ataupun cair dari PT X yang ada di Indonesia. Sedangkan *filling station* merupakan konsumen yang berupa tempat untuk pengisian gas industri dalam tabung yang berwujud gas. Jumlah dan persentase kategori konsumen dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.2 Jumlah dan Persentase Trip Kategori Konsumen

Kategori Konsumen	Jumlah Trip	Persentase Trip
End Customer	645	67%
ASP	208	22%
Filling Station	107	11%
Total	960	100%

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa jumlah dan persentase kategori konsumen paling paling banyak adalah *end customer* dengan jumlah 645 trip dan paling sedikit adalah *filling station* dengan jumlah 107 trip dari 960 total trip pada bulan bulan Juli 2019 sampai dengan Desember 2019 untuk semua kategori konsumen.

4.1.2 Konsumen

Konsumen dari produk Oksigen (O2) cair terdiri dari 35 konsumen dengan 13 kota di Jawa Timur. Konsumen dari produk produk Oksigen (O2) cair dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.3 Konsumen Produk Oksigen (O2) Cair

No	Kode Konsumen	Kategori Konsumen	Kota
1	A1	*End Customer*	Bangil
2	A2	*End Customer*	Probolinggo
3	A3	*Filling Station*	Pasuruan
4	A4	*End Customer*	Pasuruan
5	B1	*End Customer*	Banyuwangi
6	B2	*End Customer*	Bondowoso
7	B3	*End Customer*	Jember
8	B4	*End Customer*	Jember
9	B5	*End Customer*	Jember
10	B6	*End Customer*	Jember
11	B7	*Filling Station*	Jember
12	C1	*End Customer*	Gresik
13	C2	*End Customer*	Gresik
14	C3	*End Customer*	Gresik
15	C4	*End Customer*	Gresik
16	C5	*End Customer*	Gresik
17	C6	ASP	Gresik
18	C7	*End Customer*	Gresik
19	C8	*End Customer*	Lamongan
20	D1	*End Customer*	Lumajang
21	D2	*End Customer*	Malang
22	D3	*End Customer*	Malang
23	D4	*End Customer*	Malang
24	D5	*End Customer*	Malang

No	Kode Konsumen	Kategori Konsumen	Kota
25	D6	*End Customer*	Malang
26	D7	*End Customer*	Malang
27	E1	*End Customer*	Mojokerto
28	E2	*End Customer*	Mojokerto
29	E3	ASP	Sidoarjo
30	E4	*End Customer*	Surabaya
31	E5	*End Customer*	Surabaya
32	E6	*End Customer*	Surabaya
33	E7	*End Customer*	Surabaya
34	E8	*End Customer*	Surabaya
35	E9	*End Customer*	Surabaya

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa konsumen dari produk Oksigen (O2) cair terdiri dari 35 konsumen dengan 13 kota di Jawa Timur. Kategori konsumen tersebut adalah *end customer,* ASP, dan *filling station*.

4.1.3 Permintaan Oksigen (O2) Cair

Permintaan permintaan Oksigen (O2) cair terdiri dari tiga kategori konsumen yaitu *end customer,* ASP, dan *filling station*. Data permintaan Oksigen (O2) cair untuk bulan Juli 2019 sampai dengan Desember 2019 dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.4 Data Permintaan Oksigen (O2) Cair

No	Jenis Truk	Tanggal	Kode Konsumen	Kategori Konsumen	Kota	Kapasitas Total Truk (kg)	Kapasitas Truk Terpakai (kg)
1	Kecil	01/07/19	C5	*End Customer*	Gresik	11000	8770
2	Kecil	01/07/19	C4	*End Customer*	Gresik	11000	2940,38
3	Kecil	01/07/19	C6	ASP	Gresik	11000	2550,33
4	Kecil	01/07/19	C8	*End Customer*	Lamongan	11000	3440
5	Kecil	01/07/19	A3	*Filling Station*	Pasuruan	11000	8951,16
6	Besar	01/07/19	E3	ASP	Sidoarjo	25000	20112,61
7	Besar	01/07/19	E8	*End Customer*	Surabaya	25000	16602,16
8	Kecil	02/07/19	C1	*End Customer*	Gresik	11000	10842,04
9	Kecil	02/07/19	B6	*End Customer*	Jember	11000	2092,19
10	Kecil	02/07/19	B3	*End Customer*	Jember	11000	4811,39
…	...	…	…	...	…	…	…
960	Kecil	31/12/2019	D6	*End Customer*	Surabaya	11000	1520,2

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa data permintaan Oksigen (O2) cair terdiri dari jenis truk, tanggal, kode konsumen, kategori konsumen, kota, kapasitas total truk (kg), dan kapasitas truk terpakai (kg).

4.1.4 Truk Pengiriman

Truk pengiriman untuk produk Oksigen (O2) cair yang digunakan oleh PT X terdiri dari truk kecil dan truk besar. Berikut merupakan penjabaran dari truk pengiriman Oksigen (O2) cair.

Tabel 4.5 Truk Pengiriman Oksigen (O2) Cair

Jenis Truk	Kapasitas (kg)	Jumlah Trip	Persentase Trip	Jumlah Pengiriman (kg)	Persentase Pengiriman
Truk Kecil	11000	876	91%	4461552,742	74%
Truk Besar	25000	84	9%	1574765,964	26%
Total	36000	960	100%	6036318,706	100%

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa truk pengiriman untuk produk Oksigen (O2) cair terdiri dari truk kecil dan truk besar. Truk kecil memiliki kapasitas 11.000 kg dengan 876 trip dan jumlah pengiriman 4.461.552,742 kg. Sedangkan truk besar memiliki kapasitas 36.000 kg dengan 84 trip dan jumlah pengiriman 1.574.765,964 kg. Dalam penelitian Tugas Akhir ini, hanya dilakukan perhitungan menggunakan truk kecil karena untuk mencapai kapasitas maksimal dari truk besar membutuhkan durasi pengiriman adalah lebih dari 10 hari. Perhitungan durasi pengiriman yang dijanjikan untuk truk besar adalah sebagai berikut.

Tabel 4.6 Perhitungan Durasi Pengiriman yang Dijanjikan Truk Besar

Durasi pengiriman yang dijanjikan	Rata-Rata Permintaan (kg)	Rata-Rata Utilitas Truk (%)	Total Trip
0 Hari	1395	6%	66
1 Hari	2790	11%	64
2 Hari	4184	17%	65
3 Hari	5579	22%	62
4 Hari	6974	28%	61
5 Hari	8369	33%	58
6 Hari	9731	39%	60
7 Hari	12235	49%	61
8 Hari	14208	57%	62

Durasi pengiriman yang dijanjikan	Rata-Rata Permintaan (kg)	Rata-Rata Utilitas Truk (%)	Total Trip
9 Hari	13498	54%	55
10 Hari	14682	59%	55

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa perhitungan durasi pengiriman yang dijanjikan untuk 10 hari hanya mencapai 14.682 kg dari 25.000 kg (59%) saja. Hal ini tidak dapat diaplikasikan perusahaan untuk konsumen karena konsumen akan menunggu terlalu lama untuk pengiriman produknya.

4.1.5 Rantai Pasok Produk

Rantai pasok produk merupakan serangkain aktivitas atau proses yang dilakukan perusahaan yang dimulai dari bahan baku hingga produk tersebut sampai ke tangan konsumen. Rantai pasok produk dapat dilihat pada *flowchart* sebagai berikut.

Gambar 4. 2 *Flowchart* Rantai Pasok Produk

Gambar 4.2 menunjukkan langkah-langkah dari rantai pasok produk Oksigen (O2) cair. Langkah-langkah dari rantai pasok produk tersebut adalah sebagai berikut.

1. Pengambilan udara bebas.
2. Proses produksi (pemilahan gas industri).
3. Proses *loading.*
4. Administrasi (timbangan dan surat jalan).
5. Proses pengiriman (perjalanan).
6. Proses *unloading.*

4.1.6 Relevant Cost

Relevant cost (biaya relevan) merupakan biaya yang berasal dari biaya aktivitas yang berhubungan langsung atau berdampak langsung dengan produk yang dijual. *Relevant cost* untuk pengiriman produk Oksigen (O2) cair antara lain adalah biaya solar, biaya makan sopir, biaya transportasi, dan biaya perawatan truk. Rincian *relevant cost* dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.7 *Relevant Cost*

Relevant Cost	Perhitungan Perusahaan	Komponen Biaya		Satuan Biaya
Biaya Solar Truk Kecil	1 Liter = 2,8 km	Rp	3.357	per km
Biaya Makan		Rp	12.000	per hari
Biaya Transportasi		Rp	100.000	per hari
Biaya Perawatan		Rp	2.000.000	per 20.000 km

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa *relevant cost* terdiri dari biaya solar truk kecil, biaya makan sopir, biaya transportasi, dan biaya perawatan truk. Perhitungan biaya transportasi dipertimbangkan untuk pengiriman diluar jalan tol (jalan umum).

4.1.7 Waktu Operasi

Waktu operasi merupakan waktu yang diperlukan selama proses pengiriman dari perusahaan ke konsumen hingga kembali ke perusahaan. Waktu operasi terdiri dari waktu *loading*, waktu administrasi, dan waktu *unloading*. Proses *loading* adalah proses pemindahan likuifaksi gas dari tangki perusahaan ke truk. Proses administrasi adalah proses menimbang berat truk dan pembuatan surat jalan.

Proses *unloading* adalah proses pemindahan likuifaksi gas dari truk ke tangki konsumen. Perhitungan proses *loading* dan proses *uloading* memiliki waktu yang berbeda tergantung dari berat produk, kapasitas tangki, suhu, dan tekanan. Dalam perhitungan ini hanya mempertimbangkan berat produk dan kapasitas tangki. Waktu unloading dari produk Oksigen (O2) cair adalah sebagai berikut.

Tabel 4.8 Waktu *Unloading*

No	Kode Konsumen	Kapasitas Tanki				
		m3	ft3	kg	ft3/jam	Waktu *Unloading* (menit/kg)
1	A1	8141	287486	10456	80	0,0077
2	A2	8870	313250	11393	87	0,0084
3	A3	20144	711393	25874	198	0,0191
4	A4	8870	313250	11393	87	0,0084
5	B1	5036	177848	6468	49	0,0048
6	B2	5036	177848	6468	49	0,0048
7	B3	5036	177848	6468	49	0,0048
8	B4	3022	106709	3881	30	0,0029
9	B5	5036	177848	6468	49	0,0048
10	B6	5036	177848	6468	49	0,0048
11	B7	20144	711393	25874	198	0,0191
12	C1	17741	626500	22786	174	0,0168
13	C2	3022	106709	3881	30	0,0029
14	C3	5036	177848	6468	49	0,0048
15	C4	10072	355697	12937	99	0,0096
16	C5	10072	355697	12937	99	0,0096
17	C6	15538	548721	19957	152	0,0147
18	C7	5036	177848	6468	49	0,0048
19	C8	17741	626500	22786	174	0,0168
20	D1	10072	355697	12937	99	0,0096
21	D2	5036	177848	6468	49	0,0048
22	D3	5036	177848	6468	49	0,0048
23	D4	5036	177848	6468	49	0,0048
24	D5	1679	59283	2156	16	0,0016
25	D6	5036	177848	6468	49	0,0048
26	D7	5036	177848	6468	49	0,0048
27	E1	10072	355697	12937	99	0,0096
28	E2	20144	711393	25874	198	0,0191
29	E3	15538	548721	19957	152	0,0147
30	E4	5036	177848	6468	49	0,0048
31	E5	5036	177848	6468	49	0,0048
32	E6	1774	62650	2279	17	0,0017
33	E7	3022	106709	3881	30	0,0029
34	E8	25181	889242	32342	247	0,0239
35	E9	1679	59283	2156	16	0,0016

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa waktu proses *unloading* berbeda-beda untuk setiap konsumen. Hal ini terjadi karena kapasitas tangki Oksigen (O2) cair berbeda-beda setiap konsumen. Kapasitas tangki konsumen yang berukuran besar akan memiliki waktu yang lebih lama daripada kapasitas tangki konsumen yang berukuran kecil. Rincian waktu operasi dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.9 Waktu Operasi

Waktu Operasi	Keterangan	Komponen Waktu	Satuan Waktu
Proses *Loading*	1 kg	0,0025	menit
Administrasi (Timbang dan Surat Jalan)	Istirahat setiap 4 jam	15	menit

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa waktu operasi terdiri dari proses *loading* dan administrasi (timbangan dan surat jalan).

4.2 Pengolahan Data

Pada subbab ini akan dipaparkan mengenai pengolahan data berdasarkan pengumpulan data yang telah dilakukan. Berikut akan dipaparkan mengenai pengolahan data dalam penelitian Tugas Akhir ini.

4.2.1 Penentuan Kelompok Konsumen (Klaster)

Pengolahan sistem pengiriman dilakukan dengan menerapkan sistem "*Cluster First, Routing Second*". Sistem ini bertujuan untuk melakukan penentuan kelompok konsumen (klaster) terlebih dahulu, kemudian merancang rute pengiriman yang dilakukan perusahaan. Penentuan kelompok konsumen (klaster) dapat dilakukan dengan pendekatan manual. Syarat dalam penentuan kelompok konsumen (klaster) adalah sebagai berikut.

1. Memerhatikan jarak yang berdekatan.
2. Akses jalur kendaraan yang sama.
3. *Trial and error* dari permintaan produk.
4. Data historis klaster pengiriman.

Penentuan kelompok konsumen (klaster) dilakukan secara manual berdasarkan kondisi awal dari PT X. Kemudian dilakukan validasi kepada PT X khususnya untuk data historis klaster pengiriman. Data historis klaster pengiriman

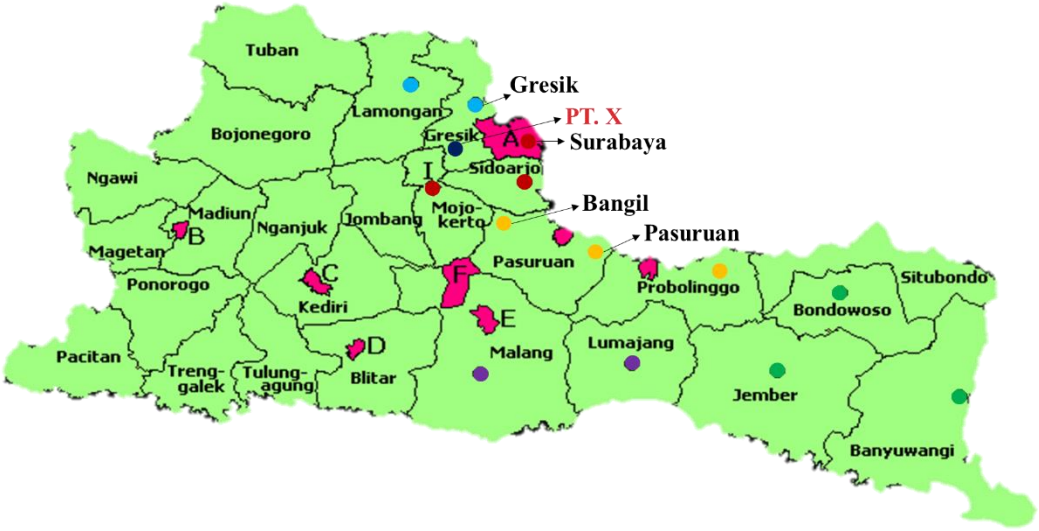
adalah bahwa pengiriman yang pernah dilakukan oleh PT X dalam satu truk, akan dipertimbangkan menjadi satu klaster pengiriman. Hal ini dilakukan supaya klaster yang dibuat sesuai dengan keadaan awal dari PT X. Penentuan kelompok konsumen (klaster) produk Oksigen (O2) cair adalah sebagai berikut.

Tabel 4.10 Klaster Oksigen (O2) Cair

Kode Konsumen	Kategori Konsumen	Kota	Klaster
A1	*End Customer*	BANGIL	A
A2	*End Customer*	PROBOLINGGO	A
A3	*Filling Station*	PASURUAN	A
A4	*End Customer*	PASURUAN	A
B1	*End Customer*	BANYUWANGI	B
B2	*End Customer*	BONDOWOSO	B
B3	*End Customer*	JEMBER	B
B4	*End Customer*	JEMBER	B
B5	*End Customer*	JEMBER	B
B6	*End Customer*	JEMBER	B
B7	*Filling Station*	JEMBER	B
C1	*End Customer*	GRESIK	C
C2	*End Customer*	GRESIK	C
C3	*End Customer*	GRESIK	C
C4	*End Customer*	GRESIK	C
C5	*End Customer*	GRESIK	C
C6	ASP	GRESIK	C
C7	*End Customer*	GRESIK	C
C8	*End Customer*	LAMONGAN	C
D1	*End Customer*	LUMAJANG	D
D2	*End Customer*	MALANG	D
D3	*End Customer*	MALANG	D
D4	*End Customer*	MALANG	D
D5	*End Customer*	MALANG	D
D6	*End Customer*	MALANG	D
D7	*End Customer*	MALANG	D
E1	*End Customer*	MOJOKERTO	E
E2	*End Customer*	MOJOKERTO	E
E3	ASP	SIDOARJO	E
E4	*End Customer*	SURABAYA	E
E5	*End Customer*	SURABAYA	E
E6	*End Customer*	SURABAYA	E
E7	*End Customer*	SURABAYA	E
E8	*End Customer*	SURABAYA	E
E9	*End Customer*	SURABAYA	E

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa terdapat 35 konsumen yang dikirimkan dengan menggunakan truk kecil. Konsumen tersebut dibagi menjadi 5 klaster

dengan klaster A sebanyak 4 konsumen, klaster B sebanyak 7 konsumen, klaster C sebanyak 8 konsumen, klaster D sebanyak 7 konsumen, dan klaster E sebanyak 9 konsumen. Peta klaster truk Oksigen (O2) cair dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 4. 3 Peta Klaster Oksigen (O2) Cair

Gambar 4.3 menunjukkan klaster Oksigen (O2) cair terdiri dari lima klaster dengan klaster A disimbolkan berwarna kuning, klaster B disimbolkan berwarna hijau, klaster C disimbolkan berwarna biru, klaster D disimbolkan berwarna ungu, dan klaster E disimbolkan berwarna merah.

4.2.2 Membuat Matriks Jarak dan Menghitung Waktu Perjalanan

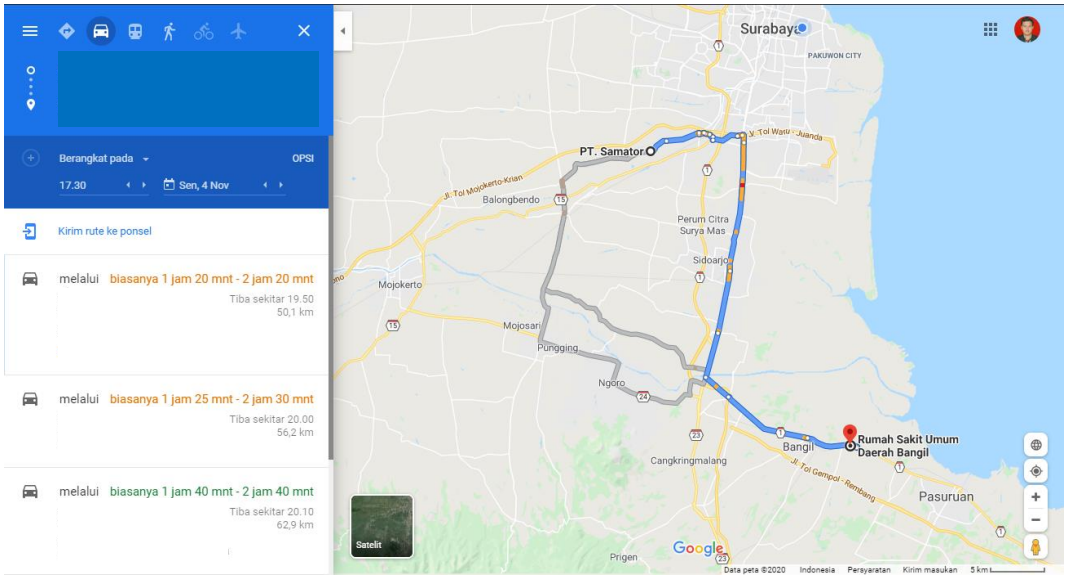
Jarak didapatkan dengan menggabungkan dua titik yang terhubung. Dalam pembuatan matriks jarak perlu dilakukan pengukuran jarak dari kedua titik yang terhubung untuk beberapa titik lokasi. Dua titik tersebut adalah titik perusahaan dan konsumen perusahaan. Penentuan jarak dapat dihitung dengan menggunakan aplikasi Google Maps. Aplikasi Google Maps adalah aplikasi untuk menentukan rute antar dua titik dengan memilih beberapa pilihan rute yang memperhatikan tingkat kemacetan lalu lintas dan arah pergerakan dari kendaraan yang dimulai dari satu titik ke titik lainnya. Oleh karena itu, aplikasi Google Maps merepresentasikan kondisi aktual dari sebuah pengukuran jarak dari kedua titik yang akan dihubungkan.

Selain itu, dengan menggunakan aplikasi Google Maps dapat menghitung waktu selama perjalanan dari dua titik yang terhubung. Waktu perjalanan pada aplikasi Google Maps dihitung apabila menggunakan mobil, sepeda motor, angkutan umum, jalan kaki, dan jasa angkutan *online*. Perhitungan untuk truk kecil adalah dengan asumsi ½ dari waktu perjalanan untuk kendaraan pribadi pada aplikasi Google Maps. Perhitungan jarak dan waktu perjalanan dilakukan pada hari Senin, 4 November 2019 pukul 17.30 WIB. Hari dan tanggal ditentukan berdasarkan antara bulan Juli sampai Desember 2019.

Pemilihan hari dan tanggal diambil berdasarkan waktu paling ramai di hari tersebut sehingga perhitungan waktu dalam simulasi merupakan waktu paling lama dalam sebuah pengiriman yang terjadi. Perhitungan jarak dan waktu perjalanan digunakan sebagai masukan dalam simulasi untuk menghitung setiap jarak dan waktu dari setiap pengiriman yang dilakukan oleh PT X. Berikut merupakan langkah-langkah dalam membuat matriks jarak dan menghitung waktu perjalanan dengan menggunakan aplikasi Google Maps.

1. Membuka aplikasi Google Maps.
2. Masukkan lokasi awal dan lokasi tujuan.
3. Masukkan hari, tanggal, dan waktu.
4. Pilih rute yang memiliki waktu paling cepat.
5. Catat jarak dan waktu berdasarkan 2 titik yang terhubung.
6. Lakukan poin 1-5 untuk setiap titik yang akan dihubungkan hingga semua titik sudah terhubung (35 konsumen dan 1 perusahaan dengan menggunakan truk kecil).

Berikut merupakan gambar dari aplikasi Google Maps untuk membuat matriks jarak dan menghitung waktu perjalanan.



Gambar 4. 4 Tampilan Aplikasi Google Maps

Gambar 4.4 menunjukkan tampilan aplikasi Google Maps dari depo (PT X) menuju salah satu konsumen yang diambil pada hari Senin, 4 November 2019 pada pukul 17.30 WIB. Menghitung jarak dan waktu perjalanan dilakukan untuk semua titik sudah terhubung. Titik tersebut adalah dari perusahaan ke konsumen dan dari konsumen ke konsumen lainnya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui jarak dari setiap titik yang membentuk sebuah matrik jarak. Matrik jarak bertujuan untuk mengetahui jarak terpendek dari sebuah pengiriman yang nantinya akan dibuat rute perjalanan saat melakukan pengiriman produk dari perusahaan ke konsumen. Penentuan jarak dilakukan untuk akses diluar jalan tol (jalan umum). Berikut merupakan matriks jarak yang telah dibuat menggunakan aplikasi Google Maps.

Tabel 4.11 Matriks Jarak

Jarak	0	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	…	E9
0	0	50,1	125	51,8	60,8	264	190	195	190	…	19,3
A1	50,1	0	77,1	4,3	13,3	217	143	148	143	…	61,3
A2	125	77,1	0	78,4	65,8	155	66,6	97,2	103	…	138
A3	51,8	4,3	78,4	0	14,2	218	144	149	144	…	64,5
A4	60,8	13,3	65,8	14,2	0	206	132	137	133	…	73,5
B1	264	217	155	218	206	0	88,8	72,3	72,4	…	275
B2	190	143	66,6	144	132	88,8	0	30,9	36,2	…	203
B3	195	148	97,2	149	137	72,3	30,9	0	5,9	…	208
B4	190	143	103	144	133	72,4	36,2	5,9	0	…	188
	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
E9	19,3	61,3	138	64,5	73,5	275	203	208	188	…	0

Tabel 4.11 menunjukkan matriks jarak untuk 35 konsumen dan 1 depot dalam satuan km. Perhitungan jarak adalah dari perusahaan ke konsumen dan dari konsumen ke konsumen lainnya. Depo/perusahaan adalah 0 dan konsumen adalah A1 sampai E9. Berikut merupakan perhitungan waktu perjalanan yang telah dibuat menggunakan aplikasi Google Maps.

Tabel 4.12 Waktu Perjalanan

Waktu	0	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	…	E9
0	0	80	180	80	90	370	260	280	270	…	50
A1	80	0	100	9	28	300	240	200	200	…	100
A2	180	100	0	100	85	210	85	160	130	…	200
A3	80	9	100	0	35	300	190	210	200	…	100
A4	90	28	85	35	0	290	180	190	190	…	120
B1	370	300	210	300	290	0	120	110	110	…	390
B2	260	240	85	190	180	120	0	40	50	…	280
B3	280	200	160	210	190	110	40	0	12	…	300
B4	270	200	130	200	190	110	50	12	0	…	270
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
E9	50	100	200	100	120	390	280	300	270	…	0

Tabel 4.12 menunjukkan waktu perjalanan dari 35 konsumen dan 1 depot dalam satuan menit. Perhitungan waktu perjalanan adalah dari perusahaan ke konsumen dan dari konsumen ke konsumen lainnya. Depo/perusahaan adalah 0 dan konsumen adalah A1 sampai E9.

4.2.3 Membuat Matriks Jarak dan Menghitung Waktu Perjalanan Setiap Klaster

Kelompok konsumen (klaster) yang telah terbentuk terdiri dari 5 klaster yaitu A, B, C, D, dan E. Klaster tersebut kemudian dibuatlah matriks jarak untuk setiap klaster yang bertujuan untuk mempermudah perusahaan dalam melakukan pengiriman dan dalam pembuatan rute pengiriman. Matriks jarak dari setiap klaster dapat dilihat pda tabel sebagai berikut.

Tabel 4.13 Matriks Jarak Klaster A

Jarak	0	A1	A2	A3	A4
0	0	50,1	125	51,8	60,8
A1	50,1	0	77,1	4,3	13,3
A2	125	77,1	0	78,4	65,8
A3	51,8	4,3	78,4	0	14,2

Jarak	0	A1	A2	A3	A4
A4	60,8	13,3	65,8	14,2	0

Tabel 4.14 Matriks Jarak Klaster B

Jarak	0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
0	0	264	190	195	190	193	194	183
B1	264	0	88,8	72,3	72,4	71,5	71,9	79,4
B2	190	88,8	0	30,9	36,2	32,5	32	43,2
B3	195	72,3	30,9	0	5,9	2,2	1,7	12,9
B4	190	72,4	36,2	5,9	0	3,8	4,8	7,7
B5	193	71,5	32,5	2,2	3,8	0	1,2	10,8
B6	194	71,9	32	1,7	4,8	1,2	0	12
B7	183	79,4	43,2	12,9	7,7	10,8	12	0

Tabel 4.15 Matriks Jarak Klaster C

Jarak	0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
0	0	12	9	13,3	30	10,7	31,3	36,9	78,1
C1	12	0	3	2,2	32,2	30,5	33,4	31,7	74
C2	9	3	0	4,3	29,9	28,3	31,2	29,5	71,7
C3	13,3	2,2	4,3	0	33,4	31,8	34,7	33	75,2
C4	30	32,2	29,9	33,4	0	22	4,1	7,1	49,8
C5	10,7	30,5	28,3	31,8	22	0	26,8	19,7	55,1
C6	31,3	33,4	31,2	34,7	4,1	26,8	0	10,1	51
C7	36,9	31,7	29,5	33	7,1	19,7	10,1	0	48,1
C8	78,1	74	71,7	75,2	49,8	55,1	51	48,1	0

Tabel 4.16 Matriks Jarak Klaster D

Jarak	0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
0	0	141	89,4	89,5	86,3	89,3	106	69,8
D1	141	0	115	108	131	134	108	115
D2	89,4	115	0	45	3,5	1,6	16,1	20,3
D3	89,5	108	45	0	41,8	44,9	61,1	25,3
D4	86,3	131	3,5	41,8	0	4,1	19,6	17,1
D5	89,3	134	1,6	44,9	4,1	0	16,1	20,1
D6	106	108	16,1	61,1	19,6	16,1	0	35,8
D7	69,8	115	20,3	25,3	17,1	20,1	35,8	0

Tabel 4.17 Matriks Jarak Klaster E

Jarak	0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
0	0	22,6	37,6	14,5	20,7	24,9	19,7	3,2	21	19,3
E1	22,6	0	23	37,6	38,4	50,1	45	25,7	38	40,4
E2	37,6	23	0	54,2	58,2	66,7	61,5	40,8	57,7	56,9
E3	14,5	37,6	54,2	0	20	19,8	14,6	14	18,2	9,4
E4	20,7	38,4	58,2	20	0	12,6	13,9	16,2	2,1	12,7
E5	24,9	50,1	66,7	19,8	12,6	0	7,8	24,6	12,1	14,1
E6	19,7	45	61,5	14,6	13,9	7,8	0	19,1	12,7	6,5

Jarak	0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
E7	3,2	25,7	40,8	14	16,2	24,6	19,1	0	19,6	15,1
E8	21	38	57,7	18,2	2,1	12,1	12,7	19,6	0	12,3
E9	19,3	40,4	56,9	9,4	12,7	14,1	6,5	15,1	12,3	0

Tabel 4.18 Waktu Perjalanan Klaster A

Jarak	0	A1	A2	A3	A4
0	0	80	180	80	90
A1	80	0	100	9	28
A2	180	100	0	100	85
A3	80	9	100	0	35
A4	90	28	85	35	0

Tabel 4.19 Waktu Perjalanan Klaster B

Jarak	0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
0	0	370	260	280	270	270	130	260
B1	370	0	120	110	110	110	110	120
B2	260	120	0	40	50	40	40	60
B3	280	110	40	0	12	5	5	22
B4	270	110	50	12	0	7	9	12
B5	270	110	40	5	7	0	6	18
B6	130	110	40	5	9	6	0	20
B7	260	120	60	22	12	18	20	0

Tabel 4.20 Waktu Perjalanan Klaster C

Jarak	0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
0	0	18	12	18	55	14	60	60	120
C1	18	0	5	5	55	50	60	55	120
C2	12	5	0	8	50	45	55	50	110
C3	18	5	8	0	55	50	60	55	120
C4	55	55	50	55	0	40	12	12	75
C5	14	50	45	50	40	0	45	28	75
C6	60	60	55	60	12	45	0	20	75
C7	60	55	50	55	12	28	20	0	65
C8	120	120	110	120	75	75	75	65	0

Tabel 4.21 Waktu Perjalanan Klaster D

Jarak	0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
0	0	210	130	130	120	130	150	100
D1	210	0	200	150	180	190	200	160
D2	130	200	0	65	8	4	24	140
D3	130	150	65	0	55	60	85	30
D4	120	180	8	55	0	9	30	26
D5	130	190	4	60	9	0	26	30
D6	150	200	24	85	30	26	0	55
D7	100	160	140	30	26	30	55	0

Tabel 4.22 Waktu Perjalanan Klaster E

Jarak	0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
0	0	50	70	28	60	45	35	8	40	50
E1	50	0	35	50	65	65	60	35	60	55
E2	70	35	0	70	90	90	80	60	85	75
E3	28	50	70	0	45	40	30	30	35	20
E4	60	65	90	45	0	24	28	45	6	30
E5	45	65	90	40	24	0	16	50	22	30
E6	35	60	80	30	28	16	0	40	24	16
E7	8	35	60	30	45	50	40	0	35	30
E8	40	60	85	35	6	22	24	35	0	28
E9	50	55	75	20	30	30	16	30	28	0

Tabel 4.13 sampai Tabel 4.17 menunjukkan matriks jarak untuk klaster A dengan 4 konsumen, B dengan 7 konsumen, C dengan 8 konsumen, D dengan 7 konsumen, dan E dengan 9 konsumen. Tabel 4.18 sampai Tabel 4.22 menunjukkan waktu perjalanan untuk klaster A, B, C, D, dan E.

4.2.4 Penentuan Rute Setiap Klaster

Penentuan rute bertujuan untuk mempermudah perusahaan dalam melakukan pengiriman ke beberapa konsumen yang menjadi tujuan pengiriman produk. Penentuan rute dilakukan setelah klaster terbentuk (klaster A, B, C, D, dan E). Penentuan rute ini digunakan untuk mendapatkan rute perjalanan terpendek dalam sebuah pengiriman di setiap klaster yang dimulai dari PT X menuju ke beberapa konsumen dan kembali ke PT X. Teknik yang digunakan dalam penentuan rute adalah TSP (*Travelling Salesman Problem*). TSP merupakan cara untuk mencari rute terpendek yang bisa dilalui *salesman* yang mengunjung beberapa kota tanpa harus mendatangi kota yang sama lebih dari satu kali (Ballou, 2004). Salah satu metode dalam TSP adalah *Nearest Neighbor*.

Nearest Neighbor merupakan metode TSP terbaik dalam menentukan rute transportasi (Sarjono, 2014). *Nearest Neighbor* memiliki jarak terpendek dengan biaya terkecil dari beberapa metode lainnya. Berikut merupakan langkah-langkah dalam menggunakan metode *Nearest Neighbor* (Pop, 2011).

1. Dari keluarnya barang di perusahaan, kemudian mencari lokasi konsumen yang belum dikunjungi dengan jarak terpendek dari keluarnya barang.

2. Lanjut ke lokasi lain yang memiliki jarak terdekat dari lokasi yang terpilih sebelumnya dan jumlah pengiriman tidak melebihi kapasitas kendaraan.
   a. Apabila terdapat lokasi yang terpilih sebagai lokasi berikutnya dan masih terdapat sisa kapasitas, maka kembali ke langkah (2).
   b. Apabila kendaraan tidak memiliki sisa kapasitas, maka kembali ke langkah (1).
3. Apabila semua pelanggan telah dikunjungi satu kali, maka metode ini akan berakhir.

Penentuan rute dilakukan dengan menggunakan model optimasi. Model optimasi dilakukan dengan membuat model matematis, verifikasi model optimasi, dan validasi model optimasi. Pembuatan model matematis dan validasi model optimasi akan dipaparkan sebagai berikut.

4.2.4.1 Pembuatan Model Matematis

Model matematis adalah model untuk menunjukkan suatu permasalahan dalam sebuah sistem dengan bentuk yang lebih sederhana. Model matematis menggambarkan hubungan antar elemen dalam sebuah sistem tertentu. Komponen dalam membuat model matematis yaitu terdiri dari indeks, parameter, variabel keputusan, fungsi tujuan, dan batasan. Model matematis digunakan sebagai dasar pembuatan model optimasi pada *software* LINGO.

Model matematis dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah untuk menentukan rute pengiriman dari setiap klaster yang telah dibuat. Klaster terdiri dari lima klaster yaitu klaster A, B, C, D, dan E. Model matematis yang dibuat digunakan untuk semua klaster. Karena tidak ada perubahan untuk model matematisnya dan yang berbeda hanyalah jarak antar titik dari setiap klaster. Model matematis ini dibuat berdasarkan permasalahan penentuan rute menggunakan metode *Nearest Neighbor*. Model matematis yang dibuat adalah sebagai berikut.

Indeks:

i : Titik asal $i = \{1,2,\dots,n\}$

j : Titik tujuan $j = \{1,2,\dots,n\}$

Parameter:

d_{ij} : Jarak tempuh titik i ke titik j

n : Jumlah titik

Variabel Keputusan:

$X_{ij} = 1$: Jika ij masuk dalam rute

$X_{ij} = 0$: Jika ij tidak masuk dalam rute

Fungsi Tujuan:

$$min\ z = \sum_i \sum_j d_{ij}\ x\ X_{ij} \tag{4.1}$$

Batasan:

$$\sum_j X_{ij} = 1\ ;\ \forall i \tag{4.2}$$

$$\sum_i X_{ij} = 1\ ;\ \forall j \tag{4.3}$$

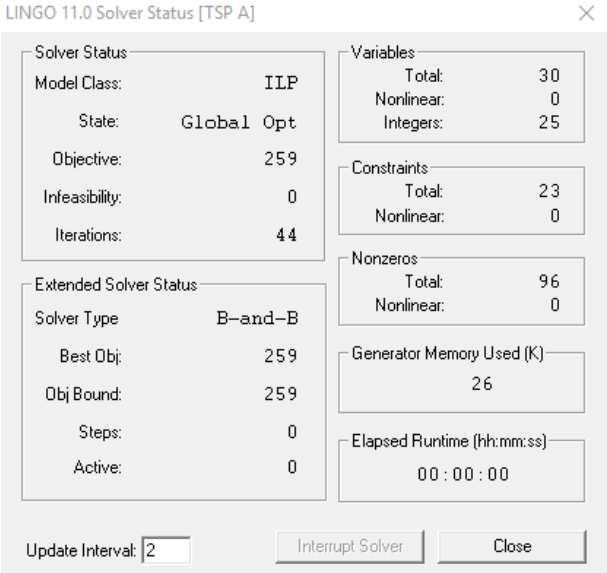
$$k_i - k_j + n\ X_{ij}\ \leq n - 1 \tag{4.4}$$

$$X_{ij}\ biner\ dan\ k\ \geq 0\ integer \tag{4.5}$$

Fungi tujuan yang disajikan pada persamaan (4.1) memiliki tujuan yaitu meminimumkan total jarak tempuh. Batasan (4.2) dan (4.3) merupakan batasan untuk mendatangi dan meninggalkan setiap titik (kota) tepat satu kali. Batasan (4.4) merupakan batasan untuk memastikan bahwa tidak ada sub rute, dengan $i \neq j, i > 1, j > 1$. Batasan (4.5) merupakan batasan untuk menjamin nilai x_{ij} dan k bernilai bilangan bulat (*integer*).

4.2.4.2 Verifikasi dan Validasi Model Optimasi

Verifikasi adalah proses penyesuaian antara model matematis dengan model optimasi menggunakan *software* optimasi. Apabila model matematis yang telah sesuai dengan model optimasi, maka dapat dikatakan bahwa model sudah terverifikasi. Proses verifikasi dilakukan dengan mengecek eror dalam model optimasi yang telah dibuat dalam *software* optimasi yaitu LINGO. Pengecekan eror pada *software* LINGO dapat dilakukan dengan klik *solve* pada *Menu Bar* LINGO. Apabila tidak ada eror, maka akan muncul tampilan *Solver Status*. *Solver Status* melakukan klarifikasi status dari solusi yang dihasilkan. Contoh *Solver Status* untuk model optimasi pada klaster A adalah sebagai berikut.



Gambar 4. 5 *Solver Status* Model Optimasi Klaster A

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa model optimasi klaster A truk kecil merupakan *Integer Linear Programming* (ILP) yang memiliki solusi yaitu *global optimum*. Setelah dilakukan verifikasi model optimasi, maka selanjutnya adalah melakukan validasi model optimasi. Validasi adalah proses pengecekan terhadap keakuratan model optimasi yang dibuat. Validasi digunakan untuk mengetahui apakah model yang telah dibuat dapat merepresentasikan kedaan sesungguhnya. Proses validasi dilakukan dengan melakukan pengecakan untuk titik-titik ekstrim yang hasilnya dapat diprediksi. Jika hasil model optimasi berbeda dengan keadaan sesungguhnya (tidak valid), maka harus dilakukan peninjauan kembali untuk model tersebut hingga model tervalidasi.

Model optimasi yang dibuat memiliki tujuan untuk menentukan rute perjalanan dalam satu klaster dengan menggunakan metode *Nearest Neighbor*. Metode ini dilakukan dengan mencari jarak terdekat antar dua titik hingga semua titik selesai dikunjungi. Keluaran yang diharapkan adalah menentukan rute yang dimulai dari depot, mengunjungi seluruh titik, dan kembali ke depot. Validasi dari model optimasi ini dapat dilakukan dengan melihat matriks jarak berdasarkan jarak terdekat (terpendek) dari depot ke konsumen terdekat, dari konsumen pertama ke konsumen kedua yang memiliki jarak terdekat hingga semua konsumen selesai dikunjungi dan kembali ke depot.

Model optimasi yang telah terverifikasi dan tervalidasi, selanjutnya akan dilakukan *running* model optimasi yang telah dibuat. *Running* model optimasi digunakan untuk mencari solusi terbaik dari fungsi tujuan yang didapatkan sesuai model matematis yang telah dibuat. *Coding* model penentuan rute untuk klaster A, B, C, D, dan E dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.

LINGO Model - TSP A

```
SETS:
kota/1..5/:k;
rute(kota,kota):jarak,x;
ENDSETS

DATA:
jarak =
```

0	50.1	125	51.8	60.8
50.1	0	77.1	4.3	13.3
125	77.1	0	78.4	65.8
51.8	4.3	78.4	0	14.2
60.8	13.3	65.8	14.2	0

```
;
ENDDATA

n = @SIZE(kota);
MIN = @SUM(rute(i,j):x(i,j)*jarak(i,j));
!Meninggalkan node tepat 1 kali;
@FOR(kota(i):@SUM(kota(j)|i#ne#j:x(i,j))=1);
!Mengunjungi node tepat 1 kali;
@FOR(kota(j):@SUM(kota(i)|i#ne#j:x(i,j))=1);
!Eliminasi sub tour. Tidak berlaku untuk 1, karena 1=depot;
@FOR(rute(i,j)|i#ne#j #and# i#gt#1 #and# j#gt#1: n*x(i,j)+k(i)-k(j)<=(n-1));
!Constraint biner;
@FOR(rute(i,j):@BIN(x(i,j)));
```

Gambar 4. 6 *Coding* Model Penentuan Rute Klaster A

LINGO Model - TSP B

```
SETS:
kota/1..8/:k;
rute(kota,kota):jarak,x;
ENDSETS

DATA:
jarak =
```

0	264	190	195	190	193	194	183
264	0	88.8	72.3	72.4	72	71.9	79.4
190	88.8	0	30.9	36.2	33	32	43.2
195	72.3	30.9	0	5.9	2.2	1.7	12.9
190	72.4	36.2	5.9	0	3.8	4.8	7.7
193	71.5	32.5	2.2	3.8	0	1.2	10.8
194	71.9	32	1.7	4.8	1.2	0	12
183	79.4	43.2	12.9	7.7	11	12	0

```
;
ENDDATA

n = @SIZE(kota);
MIN = @SUM(rute(i,j):x(i,j)*jarak(i,j));
!Meninggalkan node tepat 1 kali;
@FOR(kota(i):@SUM(kota(j)|i#ne#j:x(i,j))=1);
!Mengunjungi node tepat 1 kali;
@FOR(kota(j):@SUM(kota(i)|i#ne#j:x(i,j))=1);
!Eliminasi sub tour. Tidak berlaku untuk 1, karena 1=depot;
@FOR(rute(i,j)|i#ne#j #and# i#gt#1 #and# j#gt#1: n*x(i,j)+k(i)-k(j)<=(n-1));
!Constraint biner;
@FOR(rute(i,j):@BIN(x(i,j)));
```

Gambar 4. 7 *Coding* Model Penentuan Rute Klaster B

LINGO Model - TSP C

```
SETS:
kota/1..9/:k;
rute(kota,kota):jarak,x;
ENDSETS

DATA:
jarak =
```

0	12	9	13.3	30	11	31.3	36.9	78.1
12	0	3	2.2	32.2	31	33.4	31.7	74
9	3	0	4.3	29.9	28	31.2	29.5	71.7
13.3	2.2	4.3	0	33.4	32	34.7	33	75.2
30	32.2	29.9	33.4	0	22	4.1	7.1	49.8
10.7	30.5	28.3	31.8	22	0	26.8	19.7	55.1
31.3	33.4	31.2	34.7	4.1	27	0	10.1	51
36.9	31.7	29.5	33	7.1	20	10.1	0	48.1
78.1	74	71.7	75.2	49.8	55	51	48.1	0

```
;
ENDDATA

n = @SIZE(kota);
MIN = @SUM(rute(i,j):x(i,j)*jarak(i,j));
!Meninggalkan node tepat 1 kali;
@FOR(kota(i):@SUM(kota(j)|i#ne#j:x(i,j))=1);
!Mengunjungi node tepat 1 kali;
@FOR(kota(j):@SUM(kota(i)|i#ne#j:x(i,j))=1);
!Eliminasi sub tour. Tidak berlaku untuk 1, karena 1=depot;
@FOR(rute(i,j)|i#ne#j #and# i#gt#1 #and# j#gt#1: n*x(i,j)+k(i)-k(j)<=(n-1));
!Constraint biner;
@FOR(rute(i,j):@BIN(x(i,j)));
```

Gambar 4. 8 *Coding* Model Penentuan Rute Klaster C

LINGO Model - TSP D

```
SETS:
kota/1..8/:k;
rute(kota,kota):jarak,x;
ENDSETS

DATA:
jarak =
```

0	141	89.4	89.5	86.3	89.3	106	69.8
141	0	115	108	131	134	108	115
89.4	115	0	45	3.5	1.6	16.1	20.3
89.5	108	45	0	41.8	44.9	61.1	25.3
86.3	131	3.5	41.8	0	4.1	19.6	17.1
89.3	134	1.6	44.9	4.1	0	16.1	20.1
106	108	16.1	61.1	19.6	16.1	0	35.8
69.8	115	20.3	25.3	17.1	20.1	35.8	0

```
;
ENDDATA

n = @SIZE(kota);
MIN = @SUM(rute(i,j):x(i,j)*jarak(i,j));
!Meninggalkan node tepat 1 kali;
@FOR(kota(i):@SUM(kota(j)|i#ne#j:x(i,j))=1);
!Mengunjungi node tepat 1 kali;
@FOR(kota(j):@SUM(kota(i)|i#ne#j:x(i,j))=1);
!Eliminasi sub tour. Tidak berlaku untuk 1, karena 1=depot;
@FOR(rute(i,j)|i#ne#j #and# i#gt#1 #and# j#gt#1: n*x(i,j)+k(i)-k(j)<=(n-1));
!Constraint biner;
@FOR(rute(i,j):@BIN(x(i,j)));
```

Gambar 4. 9 *Coding* Model Penentuan Rute Klaster D

LINGO Model - TSP E

```
SETS:
kota/1..10/:k;
rute(kota,kota):jarak,x;
ENDSETS

DATA:
jarak =
```

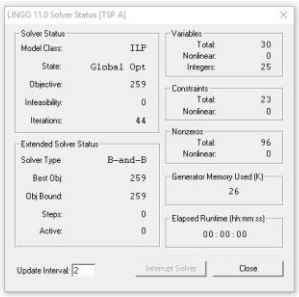
0	22.6	37.6	14.5	20.7	24.9	19.7	3.2	21	19.3
22.6	0	23	37.6	38.4	50.1	45	25.7	38	40.4
37.6	23	0	54.2	58.2	66.7	615	40.8	57.7	56.9
14.5	37.6	54.2	0	20	19.8	14.6	14	18.2	9.4
20.7	38.4	58.2	20	0	12.6	13.9	16.2	2.1	12.7
24.9	50.1	66.7	19.8	12.6	0	7.8	24.6	12.1	14.1
19.7	45	61.5	14.6	13.9	7.8	0	19.1	12.7	6.5
3.2	25.7	40.8	14	16.2	24.6	19.1	0	19.6	15.1
21	38	57.7	18.2	2.1	12.1	12.7	19.6	0	12.3
19.3	40.4	56.9	9.4	12.7	14.1	6.5	15.1	12.3	0

```
;
ENDDATA

n = @SIZE(kota);
MIN = @SUM(rute(i,j):x(i,j)*jarak(i,j));
!Meninggalkan node tepat 1 kali;
@FOR(kota(i):@SUM(kota(j)|i#ne#j:x(i,j))=1);
!Mengunjungi node tepat 1 kali;
@FOR(kota(j):@SUM(kota(i)|i#ne#j:x(i,j))=1);
!Eliminasi sub tour. Tidak berlaku untuk 1, karena 1=depot;
@FOR(rute(i,j)|i#ne#j #and# i#gt#1 #and# j#gt#1: n*x(i,j)+k(i)-k(j)<=(n-1));
!Constraint biner;
@FOR(rute(i,j):@BIN(x(i,j)));
```

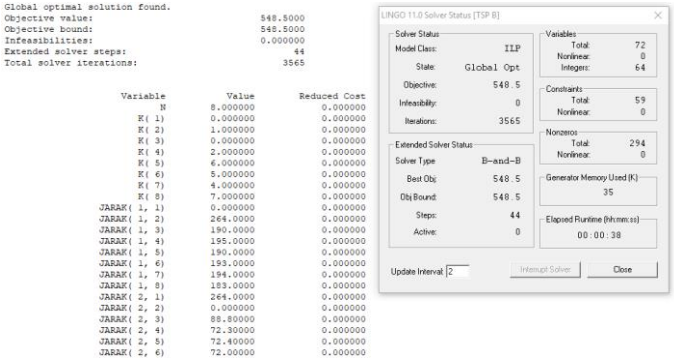
Gambar 4. 10 *Coding* Model Penentuan Rute Klaster E

Gambar 4.6 merupakan *coding* model penentuan rute klaster A truk kecil dengan 1 depo dan 4 konsumen. Gambar 4.7 merupakan *coding* model penentuan rute klaster B dengan 1 depo dan 7 konsumen. Gambar 4.8 merupakan *coding* model penentuan rute klaster C dengan 1 depo dan 8 konsumen. Gambar 4.9 merupakan *coding* model penentuan rute klaster D dengan 1 depo dan 7 konsumen. Gambar 4.10 merupakan *coding* model penentuan rute klaster E dengan 1 depo dan 9 konsumen. Hasil *running* model penentuan rute untuk klaster A, B, C, D, dan E dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.

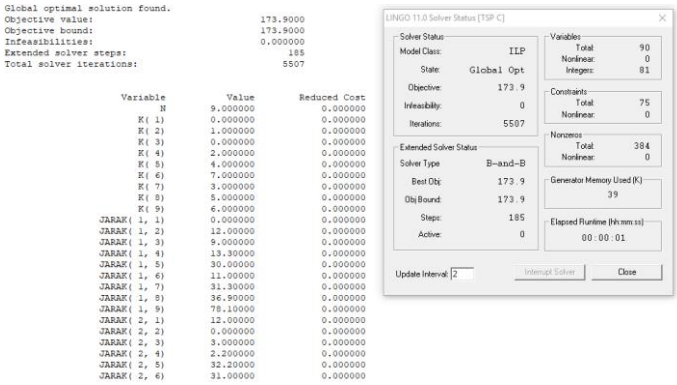
```
Global optimal solution found.
Objective value:                              259.0000
Objective bound:                              259.0000
Infeasibilities:                              0.000000
Extended solver steps:                               0
Total solver iterations:                            44

                     Variable           Value        Reduced Cost
                            N        5.000000            0.000000
                         K( 1)       0.000000            0.000000
                         K( 2)       3.000000            0.000000
                         K( 3)       2.000000            0.000000
                         K( 4)       0.000000            0.000000
                         K( 5)       1.000000            0.000000
                   JARAK( 1, 1)      0.000000            0.000000
                   JARAK( 1, 2)      50.10000            0.000000
                   JARAK( 1, 3)      125.0000            0.000000
                   JARAK( 1, 4)      51.80000            0.000000
                   JARAK( 1, 5)      60.80000            0.000000
                   JARAK( 2, 1)      50.10000            0.000000
                   JARAK( 2, 2)      0.000000            0.000000
                   JARAK( 2, 3)      77.10000            0.000000
                   JARAK( 2, 4)      4.300000            0.000000
                   JARAK( 2, 5)      13.30000            0.000000
                   JARAK( 3, 1)      125.0000            0.000000
                   JARAK( 3, 2)      77.10000            0.000000
                   JARAK( 3, 3)      0.000000            0.000000
                   JARAK( 3, 4)      78.40000            0.000000
                   JARAK( 3, 5)      65.80000            0.000000
                   JARAK( 4, 1)      51.80000            0.000000
```



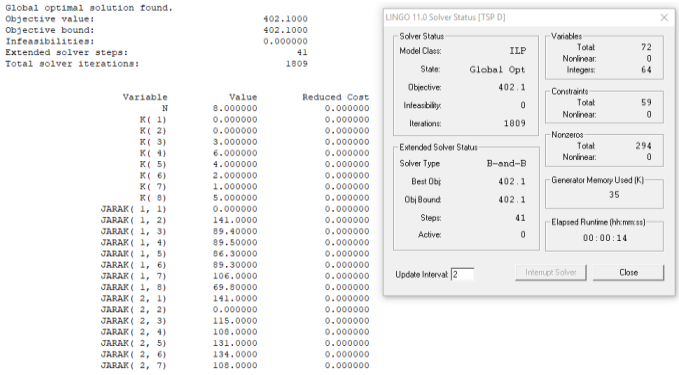
Gambar 4. 11 *Running* Model Penentuan Rute Klaster A



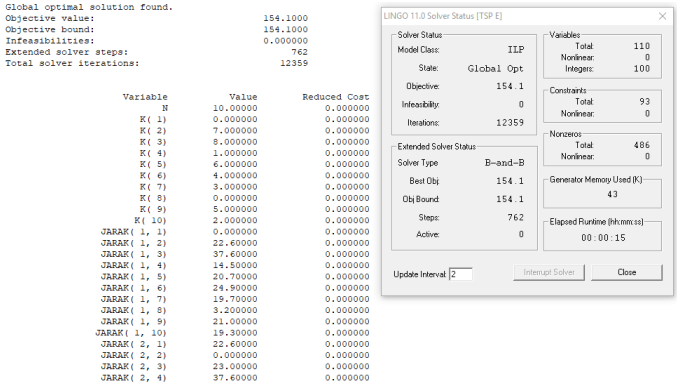
Gambar 4. 12 *Running* Model Penentuan Rute Klaster B



Gambar 4. 13 *Running* Model Penentuan Rute Klaster C



Gambar 4. 14 *Running* Model Penentuan Rute Klaster D



Gambar 4. 15 *Running* Model Penentuan Rute Klaster E

Gambar 4.11 merupakan *running* model penentuan rute klaster A truk kecil. Gambar 4.12 merupakan *running* model penentuan rute klaster B. Gambar 4.13 merupakan *running* model penentuan rute klaster C. Gambar 4.14 merupakan *running* model penentuan rute klaster D. Gambar 4.15 merupakan *running* model penentuan rute klaster E. Dalam menentukan hasil penentuan rute setiap klaster, memperhatikan titik i dan j pada $X(i,j)$. Hasil rekapitulasi dari hasil *running* model penentuan rute tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 4.23 Rekapitulasi Penentuan Rute

Penentuan Rute Truk											
A	0	A3	A4	A2	A1	0					
B	0	B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7	0		
C	0	C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5	0	
D	0	D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	0		
E	0	E7	E7	E3	E9	E6	E8	E4	E1	E2	0

Tabel 4.23 menunjukkan dari setiap klaster yang terdiri dari klaster A, B, C, D, dan E. Contohnya yaitu dalam pengiriman untuk klaster A dilakukanlah pengiriman yang dimulai dari depot/PT X (0), kunjungan pertama (A3), kunjungan kedua (A4), kunjungan ketiga (A2), kunjungan keempat (A1), dan kembali ke depot/PT X (0). Misalkan A3 tidak terdapat pemesanan, maka pengiriman yang dilakukan dimulai dari depot/PT X (0), kunjungan pertama (A4), kunjungan kedua (A2), kunjungan ketiga (A1), dan kembali ke depot/PT X (0). Sehingga, kunjungan yang dilakukan adalah ketika terdapat pesanan di setiap konsumen.

4.2.5 Perbandingan Sistem Pengiriman Kondisi Awal dan Kondisi Perbaikan

Sistem pengiriman kondisi awal adalah dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen (durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 hari). Perusahaan bisa jadi melakukan pengiriman kepada konsumen meskipun kapasitas truk likuifaksi gas belum mencapai kapasitas maksimal (tidak penuh) yang mengakibatkan utilitas truk rendah. Sistem pengiriman kondisi perbaikan adalah kondisi pengiriman yang dilakukan setelah dilakukannya konsolidasi pengiriman yaitu dengan merubah sistem pengiriman dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen menjadi durasi pengiriman yang dijanjikan adalah lebih dari satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen.

Konsolidasi pengiriman dilakukan dengan menggabungkan beberapa pesanan atau permintaan produk dalam suatu pengiriman yang menggunakan kendaraan yang sama dengan beberapa tujuan dalam sekali pengiriman. Tujuan dari konsolidasi pengiriman adalah untuk memaksimalkan kapasitas truk (meningkatkan utilitas kapasitas truk) dan meningkatkan efisiensi penggunaan truk sehingga biaya yang dikeluarkan relatif sedikit. Perhitungan dari sistem pengiriman kondisi awal dan kondisi perbaikan sebagai upaya peningkatan efisiensi pengiriman berdasarkan data bulan Juli 2019 untuk klaster E dengan memaksimalkan kapasitas truk adalah sebagai berikut.

Tabel 4.24 Sistem Pengiriman Produk Kondisi Awal

Kondisi Awal															
From	*To*	Hari		Kota	Jarak (km)		Waktu Total (Menit)					Kapasitas Tangki Terpakai	Biaya (Rp)		
		Pesan	Kirim		Berangkat	Pulang	Administrasi	*Loading*	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir		Solar (Rp/km)	Uang Transport per Hari	Uang Makan
Depo	A	Minggu	Senin	Surabaya	24	24	15	5,5	528	26,4	30	2200	Rp 41.018	Rp 100.000	Rp 12.000
Depo	B	Senin	Selasa	Sidoarjo	22	22	15	8,25	484	39,6	30	3300	Rp 37.600	Rp 100.000	Rp 12.000
Depo	C	Selasa	Rabu	Surabaya	23	23	15	5,5	506	26,4	30	2200	Rp 39.309	Rp 100.000	Rp 12.000
Depo	D	Rabu	Kamis	Mojokerto	45	45	15	5,5	990	26,4	30	2200	Rp 76.909	Rp 100.000	Rp 12.000
Total					114	114	60	24,75	2508	118,8	120	9900	Rp 194.836	Rp 400.000	Rp 48.000
Grand Total					228		2831,55					9900	Rp 642.836		

Tabel 4.25 Sistem Pengiriman Produk Kondisi Perbaikan

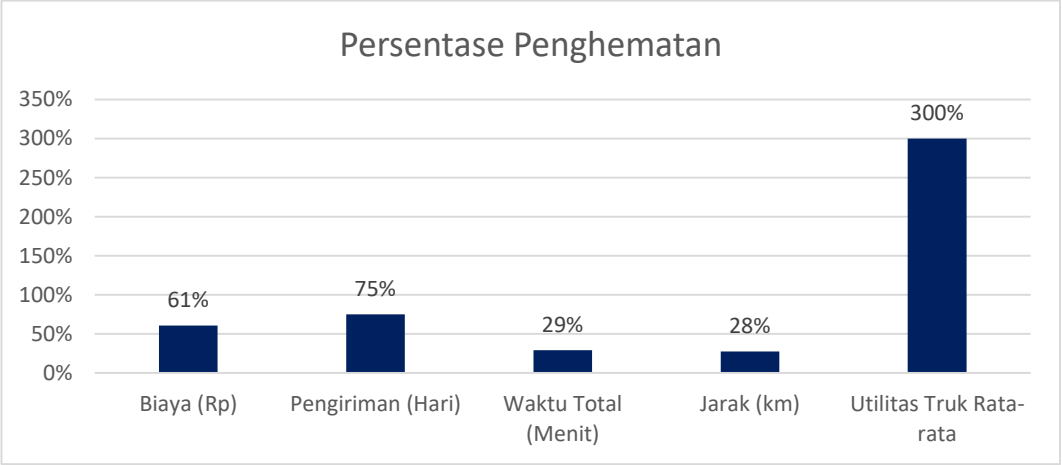
Kondisi Perbaikan															
From	*To*	Hari		Kota	Jarak (km)		Waktu Total (Menit)					Kapasitas Tangki Terpakai	Biaya (Rp)		
		Pesan	Kirim		Berangkat	Pulang	Administrasi	*Loading*	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir		Solar (Rp/km)	Uang Transport per Hari	Uang Makan
Depo	C	Minggu	Rabu	Surabaya	23	0	15	5,5	253	26,4	0	2200	Rp 19.655	Rp 100.000	Rp 12.000
C	A	Senin		Surabaya	11	0		8,25	121	39,6	0	3300	Rp 9.400		
A	B	Selasa		Sidoarjo	16	0		5,5	176	26,4	0	2200	Rp 13.673		

Kondisi Perbaikan																
From	*To*	Hari		Kota	Jarak (km)		Waktu Total (Menit)					Kapasitas Tangki Terpakai	Biaya (Rp)		
		Pesan	Kirim		Berangkat	Pulang	Administrasi	*Loading*	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir		Solar (Rp/km)	Uang Transport per Hari	Uang Makan
B	D	Rabu		Mojokerto	70	0		5,5	770	26,4	0	2200	Rp 59.818		
D	Depo			-	0	45		0	495	0	0	0	Rp 38.455		
Total					120	45	15	24,75	1815	118,8	30	9900	Rp 141.000	Rp 100.000	Rp 12.000
Grand Total					165		2003,55					9900	Rp 253.000		

Tabel 4.26 Penghematan Dari Sistem Pengiriman Produk Kondisi Awal dan Perbaikan

Penghematan				
Variabel Potensi *Saving*	Awal	Perbaikan	Penghematan	Persentase Penghematan
Biaya (Rp)	Rp 642.836	Rp 253.000	Rp 389.836	61%
Pengiriman (Hari)	4	1	3	75%
Waktu Total (Menit)	2831,55	2003,55	828	29%
Jarak (km)	228	165	63	28%
Utilitas Truk Rata-rata	23%	90%	68%	300%

Tabel 4.24 menunjukkan sistem pengiriman produk kondisi awal menempuh total jarak sebesar 228 km, total waktu sebesar 2831,55 menit, waktu pengiriman sebanayak 4 kali, dan total biaya sebesar Rp 642.836. Tabel 4.25 menunjukkan sistem pengiriman produk kondisi perbaikan menempuh total jarak sebesar 165 km, total waktu sebesar 2003,55 menit, pengiriman sebanayak 1 kali, dan total biaya sebesar Rp 253.000. Tabel 4.26 menunjukkan penghematan yang didapatkan dengan kondisi perbaikan (konsolidasi) adalah penghematan biaya sebesar Rp 389.836, penghematan hari sebesar 3 hari, penghematan waktu sebesar 45 menit, penghematan jarak sebesar 63 km, dan penghematan utilitas truk sebesar 68% yang semula 23% menjadi 90%. Berikut merupakan diagram batang dari persentase penghematan dari kondisi perbaikan.



Gambar 4. 16 Diagram Batang Persentase Penghematan

Gambar 4.16 menunjukkan bahwa semakin panjang durasi pengiriman, maka penghematan bagi perusahaan semakin besar. Penghematan yang didapatkan terdiri dari biaya (Rp), jumlah hari, waktu, jarak, dan utilitas truk rata-rata. Dengan adanya konsolidasi pengiriman ini, dapat menyebabkan utilitas truk rata-rata mengalami peningkatkan yang sangat signifikan hingga mencapai 300%.

4.2.6 Dampak Konsolidasi Pengiriman

Konsolidasi pengiriman tidak menyebabkan biaya tambahan bagi konsumen khususnya dalam penyimpanan produk Oksigen (O2) cair. Hal ini

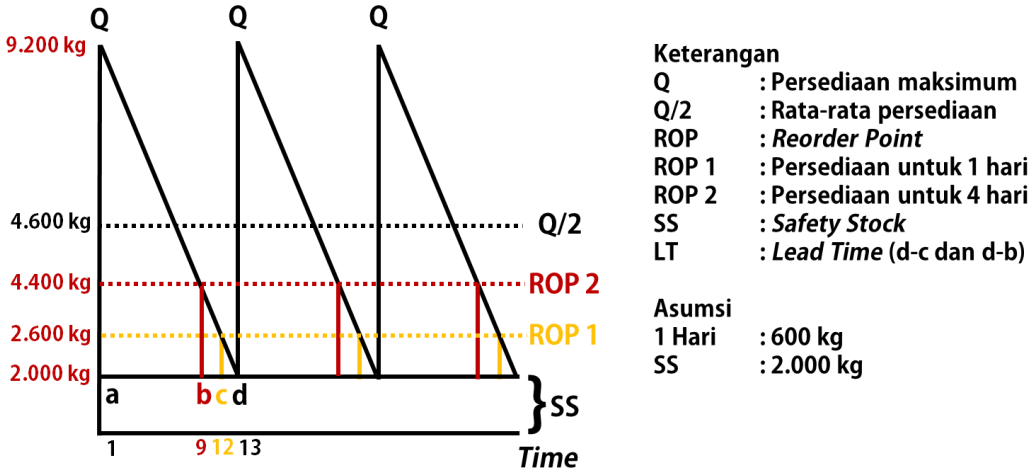
disebabkan karena konsumen tidak melakukan pemesanan produk setiap hari. Jumlah pemesanan produk Oksigen (O2) cair adalah sebagai berikut.

Tabel 4.27 Jumlah Pemesanan Produk Oksigen (O2) Cair

Kode Konsumen	Kota	Konsumen Pesan (x/184 hari)	
		Jumlah Pesan	Persentase Pesan
A1	Bangil	25	0,136
A2	Probolinggo	9	0,049
A3	Pasuruan	21	0,114
A4	Pasuruan	14	0,076
B1	Banyuwangi	4	0,022
B2	Bondowoso	51	0,277
B3	Jember	49	0,266
B4	Jember	32	0,174
B5	Jember	16	0,087
B6	Jember	17	0,092
B7	Jember	86	0,467
C1	Gresik	41	0,223
C2	Gresik	5	0,027
C3	Gresik	29	0,158
C4	Gresik	7	0,038
C5	Gresik	15	0,082
C6	Gresik	19	0,103
C7	Gresik	19	0,103
C8	Lamongan	23	0,125
D1	Lumajang	21	0,114
D2	Malang	16	0,087
D3	Malang	12	0,065
D4	Malang	11	0,060
D5	Malang	39	0,212
D6	Malang	27	0,147
D7	Malang	9	0,049
E1	Mojokerto	11	0,060
E2	Mojokerto	38	0,207
E3	Sidoarjo	123	0,668
E4	Surabaya	18	0,098
E5	Surabaya	9	0,049
E6	Surabaya	29	0,158
E7	Surabaya	7	0,038
E8	Surabaya	4	0,022
E9	Surabaya	16	0,087

Tabel 4.27 menunjukkan bahwa jumlah pemesanan produk Oksigen (O2) cair adalah kurang dari 184 hari (6 bulan). Contohnya adalah pada konsumen E8 hanya melakukan pemesanan 4 kali dalam 6 bulan artinya bahwa konsumen membeli produk untuk kebutuhan 46 hari. Ketika waktu pemesanan produk

(*Reorder Point*) digeser lebih lama, maka tidak masalah karena rata-rata persediaan masih sama. Tabel 4.20 juga menunjukan bahwa rata-rata konsumen melakukan pemesanan produk Oksigen (O2) cair adalah 25 hari dari 184 hari (6 bulan) artinya bahwa rata-rata konsumen membeli produk untuk kebutuhan 8 hari. Ilustrasi dari konsolidasi pengiriman tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 4. 17 Ilustrasi *Reorder Point* dan Rata-Rata Persediaan

Gambar 4.17 menunjukkan ilustrasi konsolidasi pengiriman sebagai rekomendasi dari pengiriman kondisi perbaikan. Persediaan maksimal sebesar 9.200 kg, rata-rata persediaan sebesar 4.600 kg, *Reorder Point* 2 (ROP 2) pada 4.400 kg, *Reorder Point* 1 (ROP 1) pada 2.600 kg, dan *Safety Stock* (SS) sebesar 2.000 kg. *Lead time* yang digunakan pada ilustrasi tersebut adalah waktu di titik d dikurangi waktu di titik c dan waktu di titik d dikurangi waktu di titik b. Contoh perhitungan dari ilustrasi tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut.

a : 1 Juli → Pesanan datang.

b : 9 Juli → Sisa kapasitas 4.400 kg (ROP 2) = Persediaan untuk 4 hari kedepan.

c : 12 Juli → Sisa kapasitas 2.600 kg (ROP 1) = Persediaan untuk 1 hari kedepan.

d : 13 Juli → Pesananan datang.

d – c : *LT* 1 hari → Kondisi awal: Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah maksimal 1 hari.

d – b : *LT* 4 hari → Kondisi perbaikan: Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah lebih dari 1 hari (maksimal 4 hari). Pengiriman produk dapat dilakukan antara 1 hari sampai dengan 4 hari ketika kapasitas truk sudah terpenuhi (utilitas truk tinggi) atau sudah pada batas kelipatan durasi pengiriman yang dijanjikan.

Berdasarkan contoh perhitungan tersebut, diketahui bahwa pergeseran ROP yaitu awalnya ROP 1 menjadi ROP 2 (bergeser 3 hari) belum tentu menaikkan rata-rata persediaan. Karena konsumen membeli produk untuk jangka panjang dan kapasitas gudang tidak langsung habis setiap hari. Sehingga konsolidasi pengiriman hanya menyebabkan waktu pemesanan produk (*Reorder Point*) bergeser saat melakukan pesanan, tetapi jumlah produk yang dipesan bisa jadi sama sebesar Q. Sehingga rata-rata persediaan bernilai sama untuk jumlah permintaan produk yang konstan.

Konsekuensi konsolidasi pengiriman bagi konsumen adalah konsumen hanya boleh melakukan pemesanan sesuai waktu yang telah ditentukan perusahaan dan perusahaan diperbolehkan mengakses level persediaan konsumen. Dengan mengakses level persediaan konsumen, maka perusahaan dapat mengirimkan produk sesuai dengan kapasitas tangki (kapasitas gudang) dari konsumen. Konsolidasi akan menyebabkan *service level* dari perusahaan ke konsumen akan menurun. Akan tetapi, dengan adanya konsolidasi pengiriman akan meningkatkan penghematan bagi perusahaan (biaya yang dikeluarkan perusahaan berkurang) dan akan memberikan bonus atau diskon untuk konsumen yang dapat diambil dari penghematan adanya konsolidasi pengiriman.

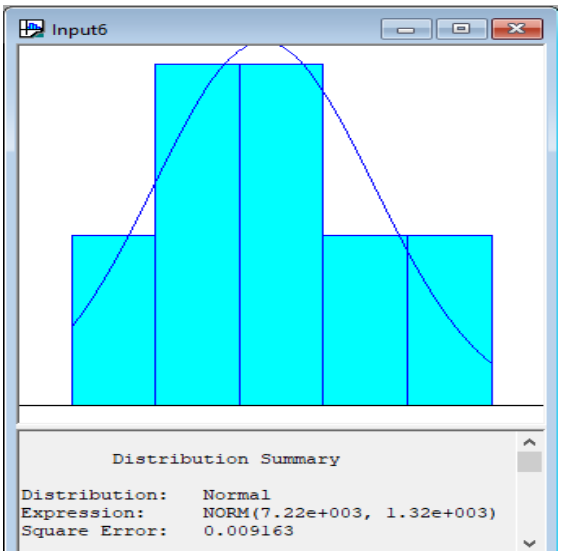
4.2.7 Fitting Distribusi Data Permintaan

Elemen ketidakpastian dari penelitian Tugas Akhir ini adalah permintaan Oksigen (O2) cair. Karena waktu pemesanan dan jumlah permintaan merupakan sesuatu yang tidak dapat diprediksi oleh perusahaan. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi dan pengolahan lebih lanjut mengenai elemen ketidakpastian sehingga menjadi masukan untuk simulasi. Data permintaan yang digunakan adalah bulan Juli 2019 sampai Desember 2019.

Dalam mengolah elemen ketidakpastian, perlu diketahui distribusi peluang yang nantinya digunakan untuk membangkitkan bilangan acak (*generate random*

number) sebagai masukan dari model simulasi. Distribusi peluang bertujuan untuk merepresentasikan kondisi dari perusahaan sesuai dengan keadaan sebenarnya. *Fitting* distribusi dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu dengan pendekatan distribusi teoritis dan distribusi empiris. Pendekatan distribusi teoritis dilakukan dengan melakukan *fitting* distribusi menggunakan *software* ARENA, sedangkan pendekatan distribusi empiris dilakukan dengan mengelompokkan data yang terdiri dari probabilitas, probabilitas kumulatif, interval, dan jumlah data. *Fitting* distribusi dilakukan untuk setiap konsumen yang berjumlah 35 konsumen yang menggunakan truk *kecil*.

Langkah-langkah dalam melakukan *fitting* distribusi untuk pendekatan distribusi teoritis dengan menggunakan *software* ARENA adalah pilih menu *Tools* → *Input Analyzer* → *New* → *File* → *Data File* → *Use Existing* → Pilih *file* yang telah dimasukan kedalam format .txt (Notepad) → *Fit All* → *Fit All Summary*. Contoh hasil dari *fitting* distribusi menggunakan *software* ARENA untuk konsumen A3 adalah sebagai berikut.



Gambar 4. 18 *Fitting* Distribusi Teoritis Konsumen A3

Gambar 4.18 menunjukkan hasil *fitting* distribusi dengan pendekatan distribusi teoritis menggunakan *software* ARENA untuk konsumen A3 memiliki nilai eror sebesar 0,009163. *Fitting* distribusi menggunakan *software* ARENA yaitu dengan pendekatan distribusi teoritis. Pendekatan distribusi teoritis digunakan

ketika nilai eror ≤ 5% (0,05). Hasil *fitting* distribusi konsumen A3 memiliki nilai eror sebesar 0,009163 ≤ 5% (0,05). Artinya, *fitting* distribusi konsumen A3 menggunakan pendekatan distribusi teoritis. Apabila hasil *fitting* distribusi memiliki nilai eror > 5% (0,05), menandakan bahwa hasil pengolahan data yang akan diperolah kurang akurat (Lewis, 1982). Artinya bahwa tidak ada distribusi teoritis yang sesuai. Oleh karena itu, perlu dilakukan *fitting* distribusi dengan menggunakan distribusi empiris.

Langkah-langkah dalam melakukan proses *fitting* distribusi dengan pendekatan empiris adalah sebagai berikut.

1. Mengelompokkan data permintaan menjadi beberapa interval dengan memiliki batas nilai bawah dan batas nilai akhir.
2. Menghitung jumlah data dari setiap interval.
3. Menghitung probabilitas dari setiap interval.
4. Menghitung probabilitas kumulatif dari setiap interval.
5. Melakukan pengujian dengan membangkitkan bilangan acak (*generate random number*).

Contoh hasil dari *fitting* distribusi menggunakan distribusi empiris untuk konsumen E3 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.28 *Fitting* Distribusi Empiris Konsumen E3

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	61	0,332
0,332	1000	4000	16	0,087
0,418	4001	7000	20	0,109
0,527	7001	10000	16	0,087
0,614	10001	10800	22	0,120
0,734	10801	11000	49	0,266
1				

Tabel 4.28 menunjukkan *fitting* distribusi dengan pendekatan distribusi empiri untuk konsumen A3 yang memiliki 6 interval. Hasil dari *fitting* distribusi untuk seluruh permintaan produk Oksigen (O2) cair adalah sebagai berikut.

Tabel 4.29 Hasil *Fitting* Distribusi Permintaan

Kode Konsumen	Pengolahan Data			*Fitting* Distribusi
	Rata-Rata	Minimum	Maksimal	
A1	3044,835	1362,175	5310,938	IF(RAND()<0,864;0;IF(RAND()<0,902;RANDBETWEEN(1300;2100);IF(RAND()<0,94;RANDBETWEEN(2101;3100);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(3101;5500)))))
A2	6747,544	5760,751	8161,063	IF(RAND()<0,918;0;IF(RAND()<0,967;RANDBETWEEN(5000;6500);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(6501;8200))))
A3	7219,987	4920,645	9951,294	IF(RAND()<0,114;1;0)*NORM(7220; 1320)
A4	6212,552	4031,549	8153,081	IF(RAND()<0,88;0;IF(RAND()<0,924;RANDBETWEEN(4000;6000);IF(RAND()<0,962;RANDBETWEEN(6001;8000);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(8001;10000)))))
B1	3592,125	3380,975	3849,625	IF(RAND()<0,978;0;IF(RAND()<0,989;RANDBETWEEN(3300;3500);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(3501;3900))))
B2	3133,422	1944,125	5183,475	IF(RAND()<0,277;1;0)*NORM(3130 ; 582)
B3	3675,524	1924,813	5223,388	IF(RAND()<0,266;1;0)*NORM(3680 ; 763)
B4	1335,499	441,613	1924,813	IF(RAND()<0,174;1;0)*NORM(1340 ; 361)
B5	2894	2003,35	4562,9	IF(RAND()<0,087;1;0)*NORM(2890 ; 755)
B6	3160,434	2092,188	3849,625	IF(RAND()<0,908;0;IF(RAND()<0,935;RANDBETWEEN(2000;3000);IF(RAND()<0,967;RANDBETWEEN(3001;3500);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(3501;3900)))))
B7	4349,339	1597,015	8669,51	IF(RAND()<0,467;1;0)*NORM(4350 ; 1270)
C1	9928,657	5740,963	11000	IF(RAND()<0,777;0;IF(RAND()<0,815;RANDBETWEEN(5700;9000);IF(RAND()<0,87;RANDBETWEEN(9001;10000);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(10001;11000)))))
C2	3262,427	2610,342	3630,467	IF(RAND()<0,908;0;IF(RAND()<0,946;RANDBETWEEN(2600;3500);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(3501;3700))))
C3	3788,276	2650	4480	IF(RAND()<0,158;1;0)*NORM(3790 ; 386)
C4	4017,664	2940,38	5400,702	IF(RAND()<0,038;1;0)*NORM(4020 ; 743)
C5	7745,334	4440	9120	IF(RAND()<0,082;1;0)*NORM(7750 ; 1060)
C6	2999,337	940,12	8511,109	IF(RAND()<0,897;0;IF(RAND()<0,946;RANDBETWEEN(900;2000);IF(RAND()<0,978;RANDBETWEEN(2001;4000);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(4001;9000)))))
C7	6823,519	5120,671	8711,135	IF(RAND()<0,897;0;IF(RAND()<0,935;RANDBETWEEN(5100;6100);IF(RAND()<0,962;RANDBETWEEN(6101;7100);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(7101;8800)))))

Kode Konsumen	Pengolahan Data			*Fitting* Distribusi
	Rata-Rata	Minimum	Maksimal	
C8	6532,174	1280	10750	IF(RAND()<0,125;1;0)*NORM (6530 ; 2120)
D1	5842,74	3602,592	9037,812	IF(RAND()<0,114;1;0)*NORM(5840 ; 1270)
D2	4433,104	3456,938	5377,888	IF(RAND()<0,087;1;0)*NORM (4400 ; 610)
D3	3070,795	1833,4	4121,288	IF(RAND()<0,935;0;IF(RAND()<0,957;RANDBETWEEN(1800;2800);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(2801;4200))))
D4	2559,174	1692,766	3045,401	IF(RAND()<0,94;0;IF(RAND()<0,962;RANDBETWEEN(1600;2600);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(2601;3100))))
D5	1540,243	825,159	2175,875	IF(RAND()<0,212;1;0)*NORM (1540 ; 281)
D6	3141,119	2168,15	4038,888	IF(RAND()<0,147;1;0)*NORM (3140 ; 419)
D7	3186,849	2730,788	4439,3	IF(RAND()<0,951;0;IF(RAND()<0,984;RANDBETWEEN(2700;3000);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(3001;4500))))
E1	7046,364	6260	7620	IF(RAND()<0,94;0;IF(RAND()<0,967;RANDBETWEEN(6200;7200);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(7201;7700))))
E2	10040,402	6720,879	11000	IF(RAND()<0,793;0;IF(RAND()<0,826;RANDBETWEEN(6000;8000);IF(RAND()<0,859;RANDBETWEEN(8001;10000);IF(RAND()<0,908;RANDBETWEEN(10001;10900);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(10901;11000))))))
E3	8684,195	1090,193	11000	IF(RAND()<0,332;0;IF(RAND()<0,418;RANDBETWEEN(1000;4000);IF(RAND()<0,527;RANDBETWEEN(4001;7000);IF(RAND()<0,614;RANDBETWEEN(7001;10000);IF(RAND()<0,734;RANDBETWEEN(10001;10800);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(10801;11000)))))))
E4	3381,504	1560,205	4840,627	IF(RAND()<0,902;0;IF(RAND()<0,94;RANDBETWEEN(1500;3000);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(3001;4900))))
E5	5122,222	4660	5630	IF(RAND()<0,049;1;0)*NORM (5120 ; 335)
E6	1335,346	820,112	1620,216	IF(RAND()<0,158;1;0)*NORM (1340 ; 157)
E7	3450,316	2659,975	3660,363	IF(RAND()<0,962;0;IF(RAND()<0,989;RANDBETWEEN(2000;3600);IF(RAND()<1;RANDBETWEEN(3600;3700))))
E8	7820,658	4080,525	11000	IF(RAND()<0,978;0;IF(RAND()<0,989;RANDBETWEEN(4000;6000);IF(RAND()<1;10000;11000)))
E9	1552,077	1220,164	2040,263	IF(RAND()<0,913;0;IF(RAND()<0,962;RANDBETWEEN(1200;1500);IF(RAND()<1;1501;2100)))

Tabel 4.29 menunjukkan hasil *fitting* distribusi permintaan produk Oksigen (O2) cair menggunakan truk. *Fitting* distribusi tersebut dilakukan dengan menggunakan pendekatan teoritis untuk kolom yang berwarna putih dan

pendekatan empiris untuk kolom yang berwarna merah. Hasil *fitting* distribusi tersebut digunakan untuk membangkitkan bilangan acak (*generate random number*) yang akan menjadi masukan dari simulasi yang dibuat.

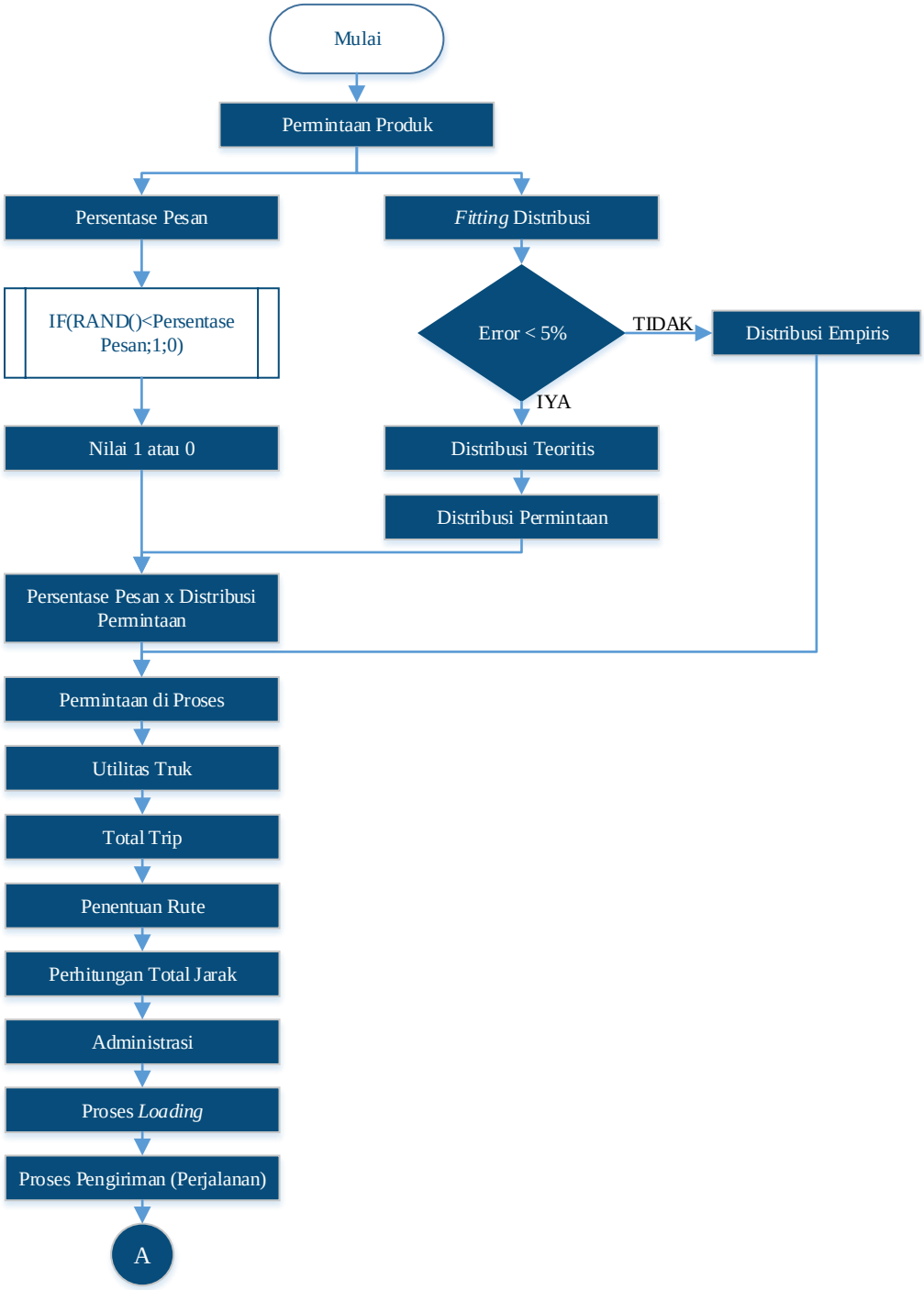
Hasil *fitting* distribusi dengan pendekatan teoritis menggunakan *software* ARENA dikalikan dengan persentase pesan. Persentase pesan adalah persentase banyaknya pesan yang dilakukan oleh konsumen selama 6 bulan yang terhitung dari bulan Juli 2019 sampai dengan Desember 2019. Hasil *fitting* distribusi untuk konsumen A3 yaitu $\mathrm{IF}(\mathrm{RAND}() < 0{,}114; 1; 0) * \mathrm{NORM}(7220;\ 1320)$. Artinya bahwa *fitting* distribusi tersebut menampilkan distribusi normal dengan rata-rata 7220 dan standar deviasi 1320 dengan nilai minimum 4920,645 dan nilai maksimal 9951,063. Hasil *fitting* distribusi tersebut akan dikalian dengan persentase pesan dengan nilai 1 yang berarti ada permintaan dan 0 yang berarti tidak ada permintaan. Pada konsumen A3 besar persentase sebesar 0,114, sehingga ketika nilai *random number* kurang dari 0,114 maka terdapat permintaan, begitu juga sebaliknya.

4.2.8 Pembuatan Model Simulasi Monte Carlo Kondisi Awal

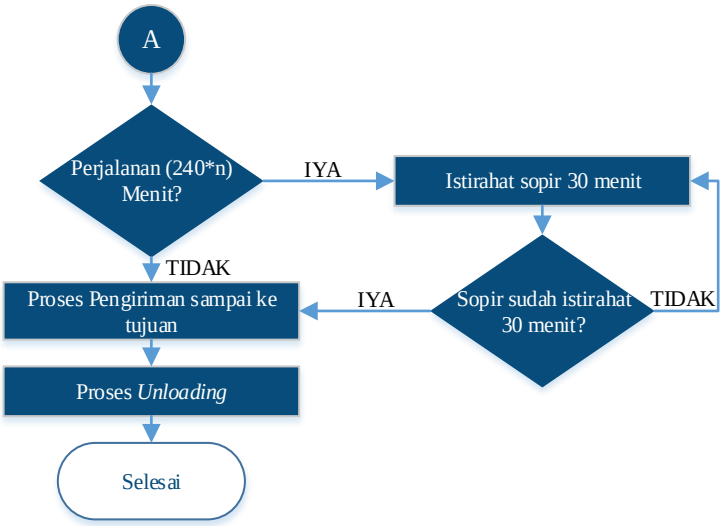
Simulasi monte carlo kondisi awal adalah sistem pengiriman dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen dengan menggunakan satu truk kecil. Model simulasi monte carlo kondisi awal terdiri dari model konseptual, replikasi, validasi, dan *running* simulasi.

4.2.8.1 Model Konseptual Kondisi Awal

Model konseptual yang dilakukan adalah dengan membuat diagram alir (*flowchart*) proses di PT X yang dimulai dari proses pemesanan sampai produk dikirim ke konsumen dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen. Model konseptual kondisi awal adalah sebagai berikut.



Gambar 4. 19 Model Konseptual Kondisi Awal



Gambar 4. 19 Model Konseptual Kondisi Awal (Lanjutan)

Gambar 4.19 menunjukkan model konseptual kondisi awal yang terdiri dari masukan, proses, dan keluaran.

1. Masukan

   Masukan yang digunakan adalah data permintaan untuk produk Oksigen (O2) cair pada bulan Juli 2019 sampai dengan Desember 2019 untuk 35 konsumen menggunakan truk kecil.

2. Proses

   Proses dalam simulasi monte carlo ini adalah sebagai berikut.

   a. Persentase pesan.
   b. *Fitting* distribusi.

3. Keluaran

   Keluaran dalam simulasi monte carlo ini adalah sebagai berikut.

   a. Rata-rata permintaan.
   b. Rata-rata utilitas truk.
   c. Jumlah truk.
   d. Total jarak.
   e. Total waktu.
   f. Total biaya.

4.2.8.2 Replikasi

Replikasi adalah mekanisme simulasi yang perlu dijalankan beberapa kali untuk mengatasi hasil *random* yang dapat mewakili hasil dari *real system*. Hal ini dilakukan karena simulasi memiliki sifat *Random Input – Random Output* (RIRO) yang berarti memiliki sifat acak yang menyebabkan keluaran simulasi juga acak. Hasil replikasi dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.30 Replikasi

No	Replikasi	Keterangan	Nilai
1	79%	Rata-rata (X)	65%
2	57%	Standar Deviasi (s)	11%
3	51%	t(n-1,a/2)	2,26
4	80%	n	10
5	71%	df	9
6	72%	Alpha	5%
7	47%	*Relative Error* (Gamma)	5%
8	63%	*Half Width* (hw)	12%
9	63%	n'	50,01
10	71%	Pembulatan n'	51

Tabel 4.30 menunjukkan bahwa replikasi awal yang dilakukan adalah $n = 10$ dengan parameter yang digunakan adalah utilitas truk. Dengan menggunakan *relative error* (ɣ) sebesar 5%, didapatkan nilai *hw* sebesar 12%. Karena nilai $hw > \gamma = 12\% > 5\%$, maka jumlah replikasi awal (n) tidak cukup, sehingga perlu dilakukan perhitungan replikasi baru (n'). Didapatkan hasil bahwa nilai replikasi baru adalah $n' = 51$ yang berarti bahwa simulasi dilakukan 51 replikasi. Perhitungan replikasi dilakukan pada semua konsumen yaitu sebanyak 35 konsumen. Hasil rekapitulasi *half width* (hw) dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.31 Rekapitulasi *Half Width*

No	Kode	hw	No	Kode	hw
1	A1	13%	19	C8	39%
2	A2	12%	20	D1	23%
3	A3	12%	21	D2	9%
4	A4	9%	22	D3	9%
5	B1	1%	23	D4	13%

No	Kode	hw	No	Kode	hw
6	B2	16%	24	D5	17%
7	B3	20%	25	D6	13%
8	B4	21%	26	D7	2%
9	B5	18%	27	E1	4%
10	B6	9%	28	E2	13%
11	B7	34%	29	E3	29%
12	C1	15%	30	E4	13%
13	C2	5%	31	E5	4%
14	C3	12%	32	E6	15%
15	C4	11%	33	E7	12%
16	C5	13%	34	E8	7%
17	C6	12%	35	E9	4%
18	C7	4%			

Tabel 4.31 menunjukkan hasil rekapitulasi *half width* (*hw*) untuk truk kecil. Didapatkan hasil bahwa nilai hw terbesar adalah 39%. Hasil rekapitulasi replikasi baru (n') dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.32 Rekapitulasi Replikasi Baru

No	Kode	n'	No	Kode	n'
1	A1	59	19	C8	514
2	A2	49	20	D1	175
3	A3	51	21	D2	27
4	A4	25	22	D3	27
5	B1	1	23	D4	59
6	B2	82	24	D5	93
7	B3	135	25	D6	53
8	B4	143	26	D7	2
9	B5	108	27	E1	6
10	B6	26	28	E2	55
11	B7	376	29	E3	278
12	C1	80	30	E4	58
13	C2	8	31	E5	5
14	C3	48	32	E6	77
15	C4	38	33	E7	52
16	C5	59	34	E8	16
17	C6	47	35	E9	7
18	C7	5			

Tabel 4.32 menunjukkan hasil rekapitulasi replikasi baru (n') untuk truk kecil. Didapatkan hasil bahwa nilai n' terbesar adalah 514. Oleh karena itu, replikasi yang dilakukan untuk seluruh konsumen adalah minimal 514 replikasi.

Karena, semakin banyak jumlah replikasi, maka semakin baik rentang estimasi yang dihasilkan (Siswanto, et al., 2017).

4.2.8.3 Validasi

Validasi bertujuan untuk memastikan model simulasi tersebut dapat merepresentasikan keadaan sebenarnya. Validasi yang dilakukan untuk simulasi ini adalah dengan melakukan uji statistik *Student's-t* menggunakan tingkat kepercayaan 95%. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan antara sistem aktual dan simulasi. Masukan dari validasi adalah data permintaan dari setiap konsumen. Perbandingan sistem aktual dengan simulasi dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.33 Perbandingan Sistem Aktual dengan Simulasi

Data	Aktual A3	Simulasi A3
1	4920,645	7357
2	5260,686	8051
3	5520,723	6497
4	6110,797	6751
5	6160,803	6938
6	6550,852	9521
7	6640,861	8161
8	6740,874	6085
9	6740,899	5612
10	6950,904	7223
11	7000,91	9572
12	7180,928	8876
13	7190,932	9064
14	7340,952	7808
15	7450,969	9505
16	8291,075	6941
17	8311,083	8669
18	8941,16	5764
19	8951,164	5428
20	9411,226	9858
21	9951,294	9289

Tabel 4.33 menunjukkan perbandingan sistem aktual dengan simulasi. Validasi dilakukan untuk seluruh konsumen untuk memastikan data tersebut valid. Validasi dilakukan dengan melakukan uji statistik *Student's-t* menggunakan tingkat kepercayaan 95%. Tabel validasi dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.34 Perbandingan Sistem Aktual dengan Sistem Simulasi

	Aktual	*Simulasi*
Mean	7219,987476	6809,619048
Variance	1817858,026	2362860,248
Observations	21	21
Pooled Variance	2090359,137	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	40	
t Stat	0,919725308	
P(T<=t) one-tail	0,181614893	
t Critical one-tail	1,683851013	
P(T<=t) two-tail	0,363229785	
t Critical two-tail	2,02107539	

Tabel 4.34 menunjukkan bahwa uji statistik *Student's-t* didapatkan nilai *t stat* sebesar 0,919 dan *t critical two-tail* sebesar 2,021. Sehingga dapat dikatakan bahwa $t\ stat$ terletak diantara $t\ critical\ two\text{-}tail$ ($-\ t\ crital\ two\ tail < t\ stat < t\ crital\ two\ tail = -2{,}021 < 0{,}919 < 2{,}021$). Hal ini menunjukkan bahwa hasil uji statistik *Student's-t* diterima (valid) karena tidak ada perbedaan antara sistem aktual dengan sistem simulasi.

4.2.8.4 Running Simulasi Monte Carlo Kondisi Awal

Running simulasi monte carlo kondisi awal dilakukan berdasarkan lima klaster yaitu A, B, C, D, dan E dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah maksimal satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen. Artinya, bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan adalah pada hari disaat konsumen pesan dan maksimal satu hari setelah konsumen pesan. Penjabaran *running* simulasi monte carlo kondisi awal untuk setiap klaster adalah sebagai berikut.

4.2.8.4.1 Simulasi Monte Carlo Kondisi Awal Klaster A

Running simulasi monte carlo kondisi awal klaster A dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari (*same day delivery*) dan 1 hari yang terdiri dari konsumen kota Bangil, Probolinggo, dan Pasuruan. Hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster A 0 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.35 Simulasi Awal Klaster A 0 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 Hari				Total Pengiriman 0 hari	Utilitas Truk 0 Hari				Total Utilitas Truk 0 hari	Total Trip 0 Hari	Rute Durasi pengiriman yang dijanjikan 0 Hari				
	A3	A4	A2	A1		A3	A4	A2	A1			A3	A4	A2	A1	Rute
1	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0					0 0
2	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0					0 0
3	0	0	0	2030	2030	0%	0%	0%	18%	18%	1				A1	0 A1 0
4	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0					0 0
5	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0					0 0
6	0	4668	0	0	4668	0%	42%	0%	0%	42%	1		A4			0 A4 0
7	0	0	0	1780	1780	0%	0%	0%	16%	16%	1				A1	0 A1 0
8	0	0	6409	0	6409	0%	0%	58%	0%	58%	1			A2		0 A2 0
9	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0					0 0
10	0	0	0	1920	1920	0%	0%	0%	17%	17%	1				A1	0 A1 0
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	0	4647	0	0	4647	0%	42%	0%	0%	42%	1		A4			0 A4 0

Tabel 4.35 Simulasi Awal Klaster A 0 Hari (Lanjutan)

No	*From To*										Total Jarak 0 Hari	Waktu															Total Waktu 0 Hari
	0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3		Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
	A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4				A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4				
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

No	*From To*										Total Jarak 0 Hari	Waktu															Total Waktu 0 Hari
	0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3		Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
	A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4				A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4				
3	50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,2	15	5,075	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	26,296938	0	206,3719376
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	60,8	0	0	0	0	0	0	121,6	15	11,67	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	180	55,496448	30	292,1664476
7	50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,2	15	4,45	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	23,058398	0	202,5083985
8	0	125	0	0	0	0	0	0	0	0	250	15	16,0225	0	180	0	0	0	0	0	0	0	0	360	76,194673	30	497,2171728
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,2	15	4,8	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	24,87198	0	204,6719804
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	0	0	0	60,8	0	0	0	0	0	0	121,6	15	11,6175	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	180	55,246785	30	291,8642849

Tabel 4.35 Simulasi Awal Klaster A 0 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 0 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
1	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3	Rp 336.386	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 448.386
4	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
5	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
6	Rp 408.229	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 520.229
7	Rp 336.386	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 448.386
8	Rp 839.286	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 951.286
9	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
…	…	…	…	…
600	Rp 408.229	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 520.229

Tabel 4.35 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster A dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya. Hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster A dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.36 Simulasi Awal Klaster A 1 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 Hari				Total Pengiriman 1 hari	Utilitas Truk 1 hari				Total Utilitas Truk 1 hari	Total Trip 1 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 1 Hari	Rute Durasi pengiriman yang dijanjikan 1 Hari				
	A3	A4	A2	A1		A3	A4	A2	A1				A3	A4	A2	A1	Rute
1	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0	0					0 0
2																	
3	0	0	0	2030	2030	0%	0%	0%	18%	18%	1	0				A1	0 A1 0
4																	
5	0	4668	0	0	4668	0%	42%	0%	0%	42%	1	1		A4			0 A4 0
6																	
7	0	0	6409	1780	8189	0%	0%	58%	16%	74%	1	1			A2	A1	0 A2 A1 0
8																	
9	0	0	0	1920	1920	0%	0%	0%	17%	17%	1	1				A1	0 A1 0
10																	
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																	
599	0	8811	0	0	8811	0%	80%	0%	0%	80%	1	1		A4			0 A4 0
600																	

Tabel 4.36 Simulasi Awal Klaster A 1 Hari (Lanjutan)

No	*From To*										Total Jarak 1 Hari	Waktu															Total Waktu 1 Hari
	0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3		Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
	A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4				A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4				
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

No	*From To*										Total Jarak 1 Hari	Waktu															Total Waktu 1 Hari
	0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3		Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
	A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4				A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4				
2													0,000														
3 4	50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,2	15	5,075	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	26,296938	0	206,3719376
5 6	0	0	0	60,8	0	0	0	0	0	0	121,6	15	11,670	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	180	55,496448	30	292,1664476
7 8	50,1	125	0	0	0	0	0	0	0	0	350,2	15	20,473	80	180	0	0	100	0	0	0	0	0	360	99,253071	60	554,7255713
9 10	50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,2	15	4,800	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	24,87198	0	204,6719804
… …	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
599 600	0	0	0	60,8	0	0	0	0	0	0	121,6	15	22,028	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	180	104,75133	30	351,7788282

Tabel 4.36 Simulasi Awal Klaster A 1 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 1 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
1 2	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -

No	Biaya			Total Biaya 1 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
3	Rp 336.386	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 448.386
4				
5	Rp 408.229	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 520.229
6				
7	Rp 1.175.671	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.287.671
8				
9	Rp 336.386	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 448.386
10				
…	…	…	…	…
…				
599	Rp 408.229	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 520.229
600				

Tabel 4.36 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster A dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, pengiriman 0 hari, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya.

4.2.8.4.2 Simulasi Monte Carlo Kondisi Awal Klaster B

Running simulasi monte carlo kondisi awal klaster B dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari (*same day delivey*) dan 1 hari yang terdiri dari konsumen kota Banyuwangi, Bondowoso, dan Jember. Hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster B 0 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.37 Simulasi Awal Klaster B 0 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 Hari							Total Pengiriman 0 hari	Utilitas Truk 1 Hari							Total Utilitas Truk 0 hari	Total Trip 0 Hari
	B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7		B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7		
1	0	0	4432	0	0	0	8300	12732	0%	0%	40%	0%	0%	0%	75%	116%	2
2	3256	0	3052	0	0	0	0	6308	30%	0%	28%	0%	0%	0%	0%	57%	1
3	0	0	4435	0	0	0	0	4435	0%	0%	40%	0%	0%	0%	0%	40%	1
4	4513	0	0	0	3437	722	0	8672	41%	0%	0%	0%	31%	7%	0%	79%	1
5	0	0	0	2386	0	0	4449	6835	0%	0%	0%	22%	0%	0%	40%	62%	1
6	0	0	3925	0	0	0	2303	6228	0%	0%	36%	0%	0%	0%	21%	57%	1
7	0	0	2592	0	0	969	0	3561	0%	0%	24%	0%	0%	9%	0%	32%	1
8	0	0	2941	0	0	1177	0	4118	0%	0%	27%	0%	0%	11%	0%	37%	1
9	0	0	0	0	0	1649	6489	8138	0%	0%	0%	0%	0%	15%	59%	74%	1
10	2339	0	0	0	0	0	0	2339	21%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	21%	1
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	4763	0	2807	0	0	0	5050	12620	43%	0%	26%	0%	0%	0%	46%	115%	2

Tabel 4.37 Simulasi Awal Klaster B 0 Hari (Lanjutan)

No	Rute 0 Hari							
	B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7	Rute
1						B4		0 B4 0
2								0 0
3	B2						B7	0 B2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 B7 0

No	Rute 0 Hari							
	B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7	Rute
4					B5			0 B5 0
5	B2						B7	0 B2 B7 0
6	B2		B3				B7	0 B2 B3 B7 0
7		B1	B3					0 B1 B3 0
8								0 0
9								0 0
10							B7	0 B7 0
…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	B2							0 B2 0

Tabel 4.37 Simulasi Awal Klaster B 0 Hari (Lanjutan)

No	*From To*															Total Jarak 0 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	…	B3	B4	B4	B4	B5	B5	B6	
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	…	B7	B5	B6	B7	B6	B7	B7	
1	0	0	195	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	390
2	0	0	195	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	390
3	0	190	195	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	415,9
4	0	0	195	0	0	0	195	…	12,9	0	0	0	0	0	0	402,9
5	0	0	0	0	0	0	195	…	0	0	0	0	0	0	0	390
6	0	0	195	0	0	0	195	…	12,9	0	0	0	0	0	0	402,9
7	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0

No	*From To*															Total Jarak 0 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	…	B3	B4	B4	B4	B5	B5	B6	
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	…	B7	B5	B6	B7	B6	B7	B7	
8	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	195	0	0	0	195	…	12,9	0	0	0	0	0	0	402,9
10	0	0	0	0	0	0	195	…	0	0	0	0	0	0	0	390
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	0	0	0	0	0	0	195	…	0	0	0	0	0	0	0	390

Tabel 4.37 Simulasi Awal Klaster B 0 Hari (Lanjutan)

No	Waktu																				Total Waktu 0 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	B3	B4	B4	B4	B5	B5	B6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	…	B7	B5	B6	B7	B6	B7	B7				
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	6,8425	0	0	0	0	0	0	260	…	0	0	0	0	0	0	0	520	14,328169	60	616,1706691
3	15	18,8125	0	260	0	0	270	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	570	190141,43	60	190805,2464
4	15	9,26	0	0	0	0	270	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	540	176886,66	60	177510,9221
5	15	15,955	0	260	0	0	0	0	260	…	0	0	0	0	0	0	0	580	94,15654	60	765,1115396
6	15	9,2725	0	0	0	0	0	0	260	…	0	0	0	0	0	0	0	520	19,41658	60	623,6890799

No	Waktu																				Total Waktu 0 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	B3	B4	B4	B4	B5	B5	B6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	…	B7	B5	B6	B7	B6	B7	B7				
7	15	15,0075	0	260	0	270	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	580	152,2405	60	82224800 44
8	15	20,9	0	0	0	270	0	0	260	…	0	0	0	12	0	0	0	542	62,305112	60	700,2051122
9	15	16,26	0	260	0	0	0	0	260	…	0	0	0	0	0	0	0	580	91,434344	60	762,6943445
10	15	6,9525	0	0	0	0	0	0	260	…	0	0	0	0	0	0	0	520	14,558509	60	616,5110086
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 4.37 Simulasi Awal Klaster B 0 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 0 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
1	Rp 5.633.286	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 5.745.286
2	Rp 1.312.307	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.424.307
3	Rp 1.275.714	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.387.714
4	Rp 1.352.593	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.464.593
5	Rp 1.437.529	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.549.529
6	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
7	Rp 1.396.236	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.508.236

No	Biaya			Total Biaya 0 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
8	Rp 2.618.571	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 2.730.571
9	Rp 1.309.286	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.421.286
10	Rp 1.352.593	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.464.593
…	…	…	…	…
600	Rp 1.275.714	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.387.714

Tabel 4.37 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster B dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya. Hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster B dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.38 Simulasi Awal Klaster B 1 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 Hari							Total Pengiriman 1 hari	Utilitas Truk 2 Hari							Total Utilitas Truk 1 hari
	B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7		B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7	
1	2108	0	0	2819	3030	0	8168	16125	19%	0%	0%	26%	28%	0%	74%	147%
2																
3	0	0	2354	0	0	0	4885	7239	0%	0%	21%	0%	0%	0%	44%	66%
4																
5	3336	0	0	0	0	1311	2275	6922	30%	0%	0%	0%	0%	12%	21%	63%
6																

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 Hari							Total Pengiriman 1 hari	Utilitas Truk 2 Hari							Total Utilitas Truk 1 hari
	B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7		B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7	
7	0	0	4267	2684	0	659	10634	18244	0%	0%	39%	24%	0%	6%	97%	166%
8																
9	2476	0	3118	0	0	0	3457	9051	23%	0%	28%	0%	0%	0%	31%	82%
10																
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																
599	2045	0	6361	0	0	0	11436	19842	19%	0%	58%	0%	0%	0%	104%	180%
600																

Tabel 4.38 Simulasi Awal Klaster B 1 Hari (Lanjutan)

No	Total Trip 1 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 1 Hari	Rute 1 Hari							
			B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7	Rute
1	2	1	B2			B6	B5		B7	0 B2 0 0 0 0 0 0 B6 0 0 B5 0 0 0 0 B7 0
2										
3	1	1			B3				B7	0 B3 B7 0
4										
5	1	1	B2					B4	B7	0 B2 B4 B7 0
6										
7	2	1			B3	B6		B4	B7	0 0 0 0 0 B3 0 0 B6 0 0 0 0 B4 0 0 B7 0
8										
9	1	1	B2		B3				B7	0 B2 B3 B7 0

No	Total Trip 1 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 1 Hari	Rute 1 Hari							
			B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7	Rute
10										
… …	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
599 600	2	1	B2		B3				B7	0 B2 0 0 0 0 B3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 B7 0

Tabel 4.38 Simulasi Awal Klaster B 1 Hari (Lanjutan)

No	*From To*															Total Jarak 1 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	…	B3	B4	B4	B4	B5	B5	B6	
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	…	B7	B5	B6	B7	B6	B7	B7	
1 2	0	0	0	0	0	0	195	…	0	0	0	0	0	0	0	390
3 4	0	190	0	0	264	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	908
5 6	0	190	0	0	0	0	195	…	0	0	0	0	0	0	0	428,2
7 8	0	190	0	190	0	0	195	…	0	0	0	0	0	0	0	1150
9 10	0	190	0	0	0	0	195	…	0	0	0	0	0	0	0	428,2
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

No	*From To*															Total Jarak 1 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	…	B3	B4	B4	B4	B5	B5	B6	
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	…	B7	B5	B6	B7	B6	B7	B7	
…																
599 600	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 4.38 Simulasi Awal Klaster B 1 Hari (Lanjutan)

No	Waktu																				Total Waktu 1 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	B3	B4	B4	B4	B5	B5	B6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	…	B7	B5	B6	B7	B6	B7	B7				
1 2	15	6,843	0	0	0	0	0	0	260	…	0	0	0	0	0	0	0	520	14,328169	60	616,1706691
3 4	15	28,073	0	260	0	0	270	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	1060	367028,1	60	368191,1685
5 6	15	25,228	0	260	0	0	0	0	260	…	0	0	0	0	0	0	0	580	113,57312	60	793,8006194
7 8	15	35,908	0	260	0	270	0	0	260	…	0	0	0	0	0	0	0	1580	214,54562	60	1905,453117
9 10	15	23,213	0	260	0	0	0	0	260	…	0	0	0	0	0	0	0	580	105,99285	60	784,2053531
11 12	15	39,948	0	260	280	270	270	130	0	…	0	0	0	0	0	0	0	2420	180507,54	60	183042,4921
599	0	0,000	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

No	Waktu																				Total Waktu 1 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	B3	B4	B4	B4	B5	B5	B6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	…	B7	B5	B6	B7	B6	B7	B7				
600																					

Tabel 4.38 Simulasi Awal Klaster B 1 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 1 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
1	Rp 5.633.286	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 5.745.286
2				
3	Rp 1.352.593	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.464.593
4				
5	Rp 2.222.764	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 2.334.764
6				
7	Rp 5.170.000	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 5.282.000
8				
9	Rp 2.239.214	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 2.351.214
10				
…	...	…	…	…
…				
599	Rp 3.894.286	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 4.006.286
600				

Tabel 4.38 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster B dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, pengiriman 0 hari, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya.

4.2.8.4.3 Simulasi Monte Carlo Kondisi Awal Klaster C

Running simulasi monte carlo kondisi awal klaster C dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari (*same day delivery*) dan 1 hari yang terdiri dari konsumen kota Gresik dan Lamongan. Hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster C 0 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.39 Simulasi Awal Klaster C 0 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 Hari								Total Pengiriman 0 hari	Utilitas Truk 0 Hari								Total Utilitas Truk 0 hari	Total Trip 0 Hari
	C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5		C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5		
1	0	0	0	0	3999	5857	0	0	9856	0%	0%	0%	0%	36%	53%	0%	0%	90%	1
2	0	6829	0	0	0	0	0	0	6829	0%	62%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	62%	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
6	0	9364	0	0	0	0	0	0	9364	0%	85%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	85%	1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
8	2804	0	0	1113	0	0	0	0	3917	25%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	36%	1
9	0	9581	0	1806	0	0	0	0	11387	0%	87%	0%	16%	0%	0%	0%	0%	104%	2
10	2897	9033	0	0	0	0	0	0	11930	26%	82%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	108%	2
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 Hari								Total Pengiriman 0 hari	Utilitas Truk 0 Hari								Total Utilitas Truk 0 hari	Total Trip 0 Hari
	C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5		C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5		
600	0	0	4339	0	0	0	0	0	4339	0%	0%	39%	0%	0%	0%	0%	0%	39%	1

Tabel 4.39 Simulasi Awal Klaster C 0 Hari (Lanjutan)

No	Rute 0 Hari								
	C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5	Rute
1					C4	C7			0 C4 C7 0
2		C1							0 C1 0
3									0 0
4									0 0
5									0 0
6		C1							0 C1 0
7									0 0
8	C2			C6					0 C2 C6 0
9		C1		C6					0 0 0 C1 0 0 0 0 0 C6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
10	C2	C1							0 C2 0 0 C1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600			C3						0 C3 0

Tabel 4.39 Simulasi Awal Klaster C 0 Hari (Lanjutan)

No	*From To*																	Total Jarak 0 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	0	…	C4	C4	C5	C5	C5	C6	C6	C7	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	…	C7	C8	C6	C7	C8	C7	C8	C8	
1	0	0	0	30	0	0	36,9	0	…	7,1	0	0	0	0	0	0	0	74
2	12	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	24
3	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	12	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	24
7	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	9	0	0	0	31,3	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	71,5
9	12	0	0	0	0	31,3	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	86,6
10	12	9	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	42
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	0	0	13,3	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	26,6

Tabel 4.39 Simulasi Awal Klaster C 0 Hari (Lanjutan)

No	Waktu																						Total Waktu 0 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	0	…	C4	C4	C5	C5	C5	C6	C6	C7	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	…	C7	C8	C6	C7	C8	C7	C8	C8				
1	15	24,64	0	0	0	55	0	0	60	0	…	12	0	0	0	0	0	0	0	127	164,51481	30	361,1548122
2	15	17,0725	18	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	36	40,593963	0	108,6664632

No	Waktu																						Total Waktu 0 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	0	…	C4	C4	C5	C5	C5	C6	C6	C7	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	…	C7	C8	C6	C7	C8	C7	C8	C8				
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	15	23,41	18	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	36	55,662889	0	130,0728894
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	15	9,7925	0	12	0	0	0	60	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	127	105,41328	30	287,2057834
9	15	28,4675	18	0	0	0	0	60	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	156	69,210021	30	298,677521
10	15	29,825	18	12	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	60	154,80043	30	289,6254267
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	15	10,8475	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	90,858496	0	152,7059955

Tabel 4.39 Simulasi Awal Klaster C 0 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 0 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
1	Rp 248.429	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 360.429
2	Rp 80.571	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 192.571
3	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -

No	Biaya			Total Biaya 0 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
4	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
5	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
6	Rp 80.571	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 192.571
7	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
8	Rp 240.036	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 352.036
9	Rp 290.729	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 402.729
10	Rp 141.000	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 253.000
…	…	…	…	…
600	Rp 89.300	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 201.300

Tabel 4.39 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster C dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya. Hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster C dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.40 Simulasi Awal Klaster C 1 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 Hari								Total Pengiriman 1 hari	Utilitas Truk 1 Hari								Total Utilitas Truk 1 hari
	C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5		C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5	
1	0	6829	0	0	3999	5857	0	0	16685	0%	62%	0%	0%	36%	53%	0%	0%	152%
2																		

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 Hari								Total Pengiriman 1 hari	Utilitas Truk 1 Hari								Total Utilitas Truk 1 hari
	C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5		C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4																		
5	0	9364	0	0	0	0	0	0	9364	0%	85%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	85%
6																		
7	2804	0	0	1113	0	0	0	0	3917	25%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	36%
8																		
9	2897	18614	0	1806	0	0	0	0	23317	26%	169%	0%	16%	0%	0%	0%	0%	212%
10																		
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																		
599	0	0	4339	0	0	0	0	0	4339	0%	0%	39%	0%	0%	0%	0%	0%	39%
600																		

Tabel 4.40 Simulasi Awal Klaster C 1 Hari (Lanjutan)

No	Total Trip 1 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 1 Hari	Rute 1 Hari								
			C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5	Rute
1	2	1		C1			C4	C7			0 0 0 C1 0 0 0 0 0 0 C4 0 0 C7 0 0 0 0
2											
3	0	0									0 0
4											
5	1	1		C1							0 C1 0

No	Total Trip 1 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 1 Hari	Rute 1 Hari								
			C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5	Rute
6											
7	1	1	C2			C6					0 C2 C6 0
8											
9	3	1	C2	C1		C6					0 C2 0 0 C1 0 0 0 0 C6 0 0 0 0 0 0 0 0
10											
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…											
599	1	1			C3						0 C3 0
600											

Tabel 4.40 Simulasi Awal Klaster C 1 Hari (Lanjutan)

No	*From To*																	Total Jarak 1 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	0	…	C4	C4	C5	C5	C5	C6	C6	C7	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	…	C7	C8	C6	C7	C8	C7	C8	C8	
1	12	0	0	30	0	0	36,9	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	157,8
2																		
3	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4																		
5	12	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	24
6																		
7	0	9	0	0	0	31,3	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	71,5
8																		

No	*From To*																	Total Jarak 1 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	0	…	C4	C4	C5	C5	C5	C6	C6	C7	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	…	C7	C8	C6	C7	C8	C7	C8	C8	
9 10	12	9	0	0	0	31,3	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	104,6
… …	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
599 600	0	0	13,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26,6

Tabel 4.40 Simulasi Awal Klaster C 1 Hari (Lanjutan)

No	Waktu																						Total Waktu 1 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	0	…	C4	C4	C5	C5	C5	C6	C6	C7	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	…	C7	C8	C6	C7	C8	C7	C8	C8				
1 2	15	41,7125	18	0	0	55	0	0	60	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	266	205,10878	60	587,8212754
3 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 6	15	23,41	18	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	36	55,662889	0	130,0728894
7 8	15	9,7925	0	12	0	0	0	60	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	127	105,41328	30	287,2057834
9 10	15	58,2925	18	12	0	0	0	60	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	180	224,01045	30	507,3029476
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

No	Waktu																						Total Waktu 1 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	0	…	C4	C4	C5	C5	C5	C6	C6	C7	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	…	C7	C8	C6	C7	C8	C7	C8	C8				
…																							
599 600	15	10,8475	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	90,858496	0	152,7059955

Tabel 4.40 Simulasi Awal Klaster C 1 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 1 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
1 2	Rp 529.757	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 641.757
3 4	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
5 6	Rp 80.571	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 192.571
7 8	Rp 240.036	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 352.036
9 10	Rp 351.157	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 463.157
… …	…	…	…	…
599 600	Rp 89.300	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 201.300

Tabel 4.40 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster C dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, pengiriman 0 hari, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya.

4.2.8.4.4 Simulasi Monte Carlo Kondisi Awal Klaster D

Running simulasi monte carlo kondisi awal klaster D dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari (*same day delivery*) dan 1 hari yang terdiri dari konsumen kota Lumajang dan Malang. Hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster D 0 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.41 Simulasi Awal Klaster D 0 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 Hari							Total Pengiriman 0 hari	Utilitas Truk 0 Hari							Total Utilitas Truk 0 hari
	D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3		D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	
1	0	3241	0	0	0	0	0	3241	0%	29%	0%	0%	0%	0%	0%	29%
2	0	0	0	3731	0	0	0	3731	0%	0%	0%	34%	0%	0%	0%	34%
3	0	3202	0	0	0	0	0	3202	0%	29%	0%	0%	0%	0%	0%	29%
4	8871	0	2166	3919	1922	0	0	16878	81%	0%	20%	36%	17%	0%	0%	153%
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7	0	0	0	0	0	2880	0	2880	0%	0%	0%	0%	0%	26%	0%	26%
8	7528	0	0	0	0	0	0	7528	68%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	68%
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 Hari							Total Pengiriman 0 hari	Utilitas Truk 0 Hari							Total Utilitas Truk 0 hari
	D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3		D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	0	0	1375	0	0	0	0	1375	0%	0%	13%	0%	0%	0%	0%	13%

Tabel 4.41 Simulasi Awal Klaster D 0 Hari (Lanjutan)

No	Total Trip 0 Hari	Rute 0 Hari							
		D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	Rute
1	1							D3	0 D3 0
2	0								0 0
3	1				D2	D4			0 D2 D4 0
4	0								0 0
5	0								0 0
6	0								0 0
7	1		D6						0 D6 0
8	0								0 0
9	0								0 0
10	1					D4			0 D4 0
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	0								0 0

Tabel 4.41 Simulasi Awal Klaster D 0 Hari (Lanjutan)

No	*From To*															Total Jarak 0 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7	
1	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0
2	141	0	0	0	0	106	0	…	0	0	0	0	0	0	0	355
3	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	89,5	0	89,3	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	223,7
5	0	0	0	0	0	0	69,8	…	0	0	0	0	0	0	0	139,6
6	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0
8	141	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	282
9	141	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	282
10	0	0	0	0	0	0	69,8	…	0	0	0	0	0	0	0	139,6
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 4.41 Simulasi Awal Klaster D 0 Hari (Lanjutan)

No	Waktu																				Total Waktu 0 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7				
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	15,6175	210	0	0	0	0	150	0	…	0	0	0	0	0	0	0	560	48,228359	60	698,8458586

No	Waktu																				Total Waktu 0 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7				
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	15	9,4075	0	0	130	0	130	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	320	14,430144	30	388,8376439
5	15	7,4125	0	0	0	0	0	0	100	…	0	0	0	0	0	0	0	200	14,159529	0	236,572029
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	15	20,34	210	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	420	77,707877	60	593,0478771
9	15	10,96	210	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	420	41,872091	60	547,8320911
10	15	7,49	0	0	0	0	0	0	100	…	0	0	0	0	0	0	0	200	14,307571	0	236,7975713
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 4.41 Simulasi Awal Klaster D 0 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 0 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
1	Rp 600.929	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 712.929
2	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3	Rp 601.600	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 713.600

No	Biaya			Total Biaya 0 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
4	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
5	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
6	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
7	Rp 711.714	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 823.714
8	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
9	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
10	Rp 579.443	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 691.443
…	…	…	…	…
600	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -

Tabel 4.41 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster D dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya. Hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster D dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.42 Simulasi Awal Klaster D 1 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 Hari							Total Pengiriman 1 hari	Utilitas Truk 1 Hari							Total Utilitas Truk 1 hari
	D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3		D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	
1	0	0	0	0	0	0	1807	1807	0%	0%	0%	0%	0%	0%	16%	16%
2																

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 Hari							Total Pengiriman 1 hari	Utilitas Truk 1 Hari							Total Utilitas Truk 1 hari
	D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3		D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	
3	0	0	0	4708	2076	0	0	6784	0%	0%	0%	43%	19%	0%	0%	62%
4																
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6																
7	0	3841	0	0	0	0	0	3841	0%	35%	0%	0%	0%	0%	0%	35%
8																
9	0	0	0	0	2556	0	0	2556	0%	0%	0%	0%	23%	0%	0%	23%
10																
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																
599	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
600																

Tabel 4.42 Simulasi Awal Klaster D 1 Hari (Lanjutan)

No	Total Trip 1 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 1 Hari	Rute 1 Hari							
			D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	Rute
1	1	1	D1	D6						0 D1 D6 0
2										
3	1	1			D5				D3	0 D5 D3 0
4										
5	1	0						D7		0 D7 0

No	Total Trip 1 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 1 Hari	Rute 1 Hari							
			D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	Rute
6										
7	1	1	D1							0 D1 0
8										
9	1	1	D1					D7		0 D1 D7 0
10										
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…										
599	0	0								0 0
600										

Tabel 4.42 Simulasi Awal Klaster D 1 Hari (Lanjutan)

No	*From To*															Total Jarak 1 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7	
1	141	0	0	0	0	106	0	…	0	0	0	0	0	0	0	355
2																
3	0	0	89,5	0	89,3	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	223,7
4																
5	0	0	0	0	0	0	69,8	…	0	0	0	0	0	0	0	139,6
6																
7	141	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	282
8																

No	*From To*															Total Jarak 1 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7	
9 10	141	0	0	0	0	0	69,8	…	0	0	0	0	0	0	0	325,8
… …	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
599 600	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 4.42 Simulasi Awal Klaster D 1 Hari (Lanjutan)

No	Waktu																		
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	D4	D4	D4	D5	D5	D6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir
			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D5	D6	D7	D6	D7	D7			
1 2	15	15,618	210	0	0	0	0	150	0	…	0	0	0	0	0	0	560	48,228359	60
3 4	15	9,408	0	0	130	0	130	0	0	…	0	0	0	0	0	0	320	14,430144	30
5 6	15	7,413	0	0	0	0	0	0	100	…	0	0	0	0	0	0	200	14,159529	0
7 8	15	20,340	210	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	420	77,707877	60
9 10	15	18,450	210	0	0	0	0	0	100	…	0	0	0	0	0	0	470	56,179662	60
	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

No	Waktu																		
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	D4	D4	D4	D5	D5	D6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir
			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D5	D6	D7	D6	D7	D7			
599 600	0	0,000	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 4.42 Simulasi Awal Klaster D 1 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 1 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
1 2	Rp 1.191.786	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.303.786
3 4	Rp 750.993	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 862.993
5 6	Rp 468.657	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 580.657
7 8	Rp 946.714	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.058.714
9 10	Rp 1.093.757	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.205.757
… 	…	…	…	…
599 600	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -

Tabel 4.42 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster D dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, pengiriman 0 hari, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya.

4.2.8.4.5 Simulasi Monte Carlo Kondisi Awal Klaster E

Running simulasi monte carlo kondisi awal klaster E dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari (*same day delivery*) dan 1 hari yang terdiri dari konsumen kota Lumajang dan Malang. Hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster E 0 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.43 Simulasi Awal Klaster E 0 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 Hari									Total Pengiriman 0 hari	Utilitas Truk 0 Hari									Total Utilitas Truk 0 hari
	E7	E3	E9	E6	E5	E8	E4	E1	E2		E7	E3	E9	E6	E5	E8	E4	E1	E2	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2	0	4890	0	0	0	0	0	6867	0	11757	0%	44%	0%	0%	0%	0%	0%	62%	0%	107%
3	0	5659	0	0	0	0	0	0	6752	12411	0%	51%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	61%	113%
4	3232	6557	0	0	0	0	0	0	0	9789	29%	60%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	89%
5	0	1114	0	0	0	0	1954	0	0	3068	0%	10%	0%	0%	0%	0%	18%	0%	0%	28%
6	0	6337	0	0	0	0	0	7171	7053	20561	0%	58%	0%	0%	0%	0%	0%	65%	64%	187%
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
8	0	2302	0	0	0	0	0	0	0	2302	0%	21%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	21%
9	0	10687	0	0	0	0	0	0	0	10687	0%	97%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	97%
10	3365	10703	0	1120	0	0	0	0	0	15188	31%	97%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	138%

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 Hari									Total Pengiriman 0 hari	Utilitas Truk 0 Hari									Total Utilitas Truk 0 hari
	E7	E3	E9	E6	E5	E8	E4	E1	E2		E7	E3	E9	E6	E5	E8	E4	E1	E2	
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	0	7698	0	0	0	0	0	0	7190	14888	0%	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	65%	135%

Tabel 4.43 Simulasi Awal Klaster E 0 Hari (Lanjutan)

No	Total Trip 0 Hari	Rute 0 Hari									
		E7	E3	E9	E6	E5	E8	E4	E1	E2	Rute
1	1		E3					E4			0 E3 E4 0
2	1		E3	E9							0 E3 E9 0
3	0										0 0
4	1								E1		0 E1 0
5	2		E3							E2	0 0 0 E3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 E2
6	1		E3								0 E3 0
7	2		E3							E2	0 0 0 E3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 E2
8	1		E3	E9	E6						0 E3 E9 E6 0
9	1		E3								0 E3 0
10	1									E2	0 E2 0
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	1		E3								0 E3 0

Tabel 4.43 Simulasi Awal Klaster E 0 Hari (Lanjutan)

No	*From To*																Total Jarak 0 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	E6	E6	E6	E7	E7	E8	
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	…	E7	E8	E9	E8	E9	E9	
1	0	0	14,5	20,7	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	55,2
2	0	0	14,5	0	0	0	0	0	19,3	…	0	0	0	0	0	0	43,2
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0
4	22,6	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	45,2
5	0	37,6	14,5	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	104,2
6	0	0	14,5	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	29
7	0	37,6	14,5	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	104,2
8	0	0	14,5	0	0	19,7	0	0	19,3	…	0	0	6,5	0	0	0	84
9	0	0	14,5	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	29
10	0	37,6	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	75,2
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	0	0	14,5	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	29

Tabel 4.43 Simulasi Awal Klaster E 0 Hari (Lanjutan)

No	Waktu																					Total Waktu 0 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	E6	E6	E6	E7	E7	E8	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	…	E7	E8	E9	E8	E9	E9				
1	15	18,9675	0	0	28	60	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	133	85,969259	30	282,9367587

No	Waktu																					Total Waktu 0 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	E6	E6	E6	E7	E7	E8	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	…	E7	E8	E9	E8	E9	E9				
2	15	7,1275	0	0	28	0	0	0	0	0	50	…	0	0	0	0	0	0	98	90,119172	0	210,2466719
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	15	17,155	50	0	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	100	71,84501	0	204,0000099
5	15	30,645	0	70	28	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	196	72,561887	30	344,2068869
6	15	25,175	0	0	28	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	56	68,344453	0	164,5194528
7	15	32,3575	0	70	28	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	196	73,579384	30	346,9368845
8	15	26,4525	0	0	28	0	0	35	0	0	50	…	0	0	16	0	0	0	179	207,28383	30	457,7363252
9	15	7,245	0	0	28	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	56	19,668543	0	97,91354262
10	15	19,525	0	70	0	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	140	40,885276	0	215,410276
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
600	15	4,635	0	0	28	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	56	12,582981	0	88,21798068

Tabel 4.43 Simulasi Awal Klaster E 0 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 0 Hari
	Solar	Uang Makan	Uang Transport	
1	Rp 185.314	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 297.314
2	Rp 145.029	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 257.029
3	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
4	Rp 151.743	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 263.743
5	Rp 349.814	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 461.814
6	Rp 97.357	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 209.357
7	Rp 349.814	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 461.814
8	Rp 282.000	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 394.000
9	Rp 97.357	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 209.357
10	Rp 252.457	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 364.457
…	…	…	…	…
600	Rp 97.357	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 209.357

Tabel 4.43 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster E dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya. Hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster E dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.44 Simulasi Awal Klaster E 1 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 Hari									Total Pengiriman 1 hari	Utilitas Truk 1 Hari									Total Utilitas Truk 1 hari
	E7	E3	E9	E6	E5	E8	E4	E1	E2		E7	E3	E9	E6	E5	E8	E4	E1	E2	
1	0	2653	0	1708	0	0	0	0	6874	11235	0%	24%	0%	16%	0%	0%	0%	0%	62%	102%
2																				
3	0	10041	0	1242	0	0	2617	0	6780	20680	0%	91%	0%	11%	0%	0%	24%	0%	62%	188%
4																				
5	0	3491	0	1435	0	0	1784	0	0	6710	0%	32%	0%	13%	0%	0%	16%	0%	0%	61%
6																				
7	0	7827	0	1401	0	0	0	6447	0	15675	0%	71%	0%	13%	0%	0%	0%	59%	0%	143%
8																				
9	0	10425	0	0	5102	0	2019	0	15960	33506	0%	95%	0%	0%	46%	0%	18%	0%	145%	305%
10																				
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																				
599	0	1429	0	0	0	0	0	0	0	1429	0%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%
600																				

Tabel 4.44 Simulasi Awal Klaster E 1 Hari (Lanjutan)

No	Total Trip 1 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 1 Hari	Rute 1 Hari									
			E7	E3	E9	E6	E5	E8	E4	E1	E2	Rute
1 2	2	1		E3		E6					E2	0 0 0 E3 0 0 0 0 E6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 E2
3 4	2	1		E3		E6			E4		E2	0 0 0 E3 0 0 0 0 E6 0 0 0 0 0 0 E4 0 0 0 0 E2
5 6	1	1		E3		E6			E4			0 E3 E6 E4 0
7 8	2	1		E3		E6				E1		0 0 0 E3 0 0 0 0 E6 0 0 0 0 0 0 0 0 E1 0 0
9 10	4	1		E3			E5		E4		E2	0 0 0 E3 0 0 0 0 0 0 E5 0 0 0 0 E4 0 0 0 0 E2
… …	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
599 600	1	1		E3								0 E3 0

Tabel 4.44 Simulasi Awal Klaster E 1 Hari (Lanjutan)

No	*From To*																Total Jarak 0 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	E6	E6	E6	E7	E7	E8	
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	…	E7	E8	E9	E8	E9	E9	
1 2	0	37,6	14,5	0	0	19,7	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	143,6

No	*From To*																Total Jarak 0 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	E6	E6	E6	E7	E7	E8	
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	…	E7	E8	E9	E8	E9	E9	
3 4	0	37,6	14,5	20,7	0	19,7	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	185
5 6	0	0	14,5	20,7	0	19,7	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	103,4
7 8	22,6	0	14,5	0	0	19,7	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	113,6
9 10	0	37,6	14,5	20,7	24,9	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	195,4
… …	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
599 600	0	0	14,5	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	29

Tabel 4.44 Simulasi Awal Klaster E 1 Hari (Lanjutan)

No	Waktu																					Total Waktu 0 Hari
	Administrasi	Loading	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	E6	E6	E6	E7	E7	E8	Perjalanan	Unloading	Istirahat Sopir	
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	…	E7	E8	E9	E8	E9	E9				
1 2	15	21,765	0	0	14,5	0	0	19,7	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	48,8	182,14545	30	297,7104495
3 4	15	46,7375	0	37,6	14,5	0	0	19,7	0	21	0	…	0	0	0	0	0	0	185,6	180,0957	30	457,4331959
5	15		0	0		0		0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	78,8		30	

No	Waktu																					Total Waktu 0 Hari
	Administrasi	Loading	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…	E6	E6	E6	E7	E7	E8	Perjalanan	Unloading	Istirahat Sopir	
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	…	E7	E8	E9	E8	E9	E9				
6		32,7525			14,5		24,9													165,42691		321,9794131
7 8	15	3,7525	0	0	0	0	0	0	0	0	19,3	…	0	0	0	0	0	0	38,6	94,292649	0	151,6451493
9 10	15	29,36	0	37,6	0	0	0	19,7	0	0	19,3	…	0	0	0	0	0	0	153,2	210,49132	30	438,0513206
	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
599 600	15	36,935	0	0	14,5	0	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	0	29	100,2702	0	181,2052031

Tabel 4.44 Simulasi Awal Klaster E 1 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 1 Hari
	Solar	Uang Makan	Uang Transport	
1 2	Rp 163.829	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 275.829
3 4	Rp 623.086	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 735.086
5 6	Rp 264.543	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 376.543
7	Rp 129.586	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 241.586

No	Biaya			Total Biaya 1 Hari
	Solar	Uang Makan	Uang Transport	
8				
9	Rp 514.314	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 626.314
10				
…	…	…	…	…
…				
599	Rp 97.357	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 209.357
600				

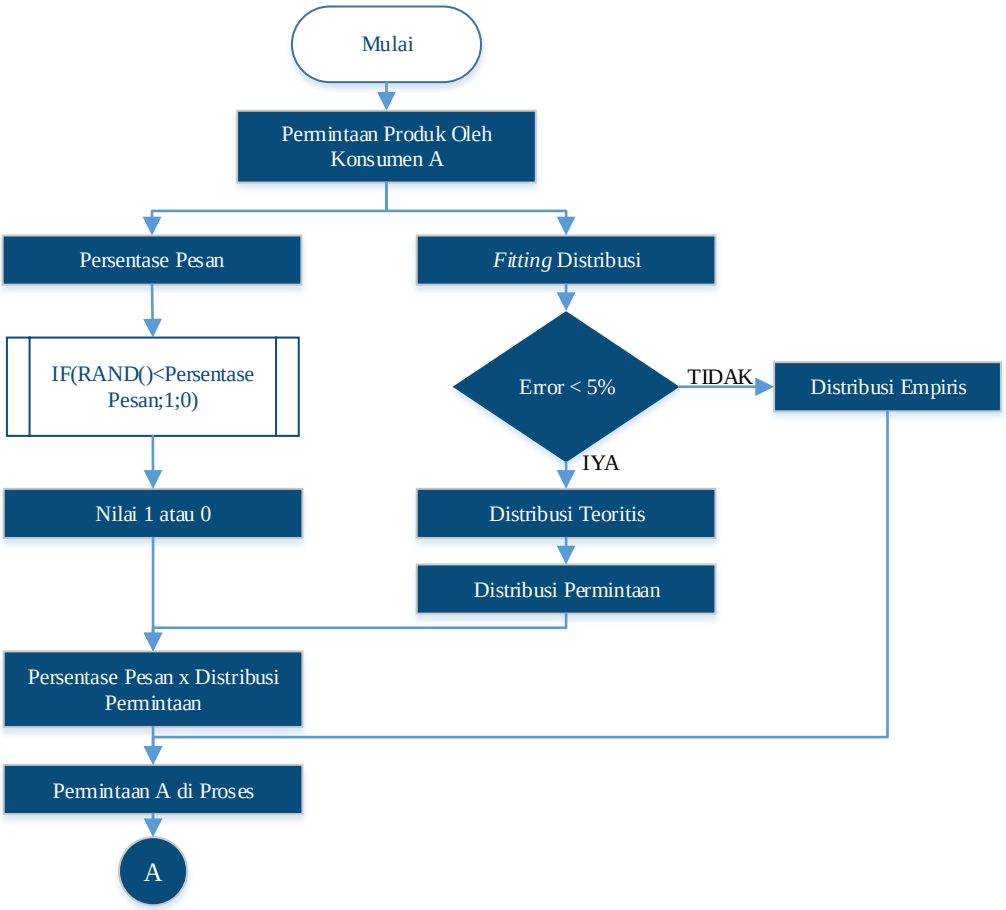
Tabel 4.44 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi awal klaster E dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya.

4.2.9 *Pembuatan Model Simulasi Monte Carlo Kondisi Perbaikan*

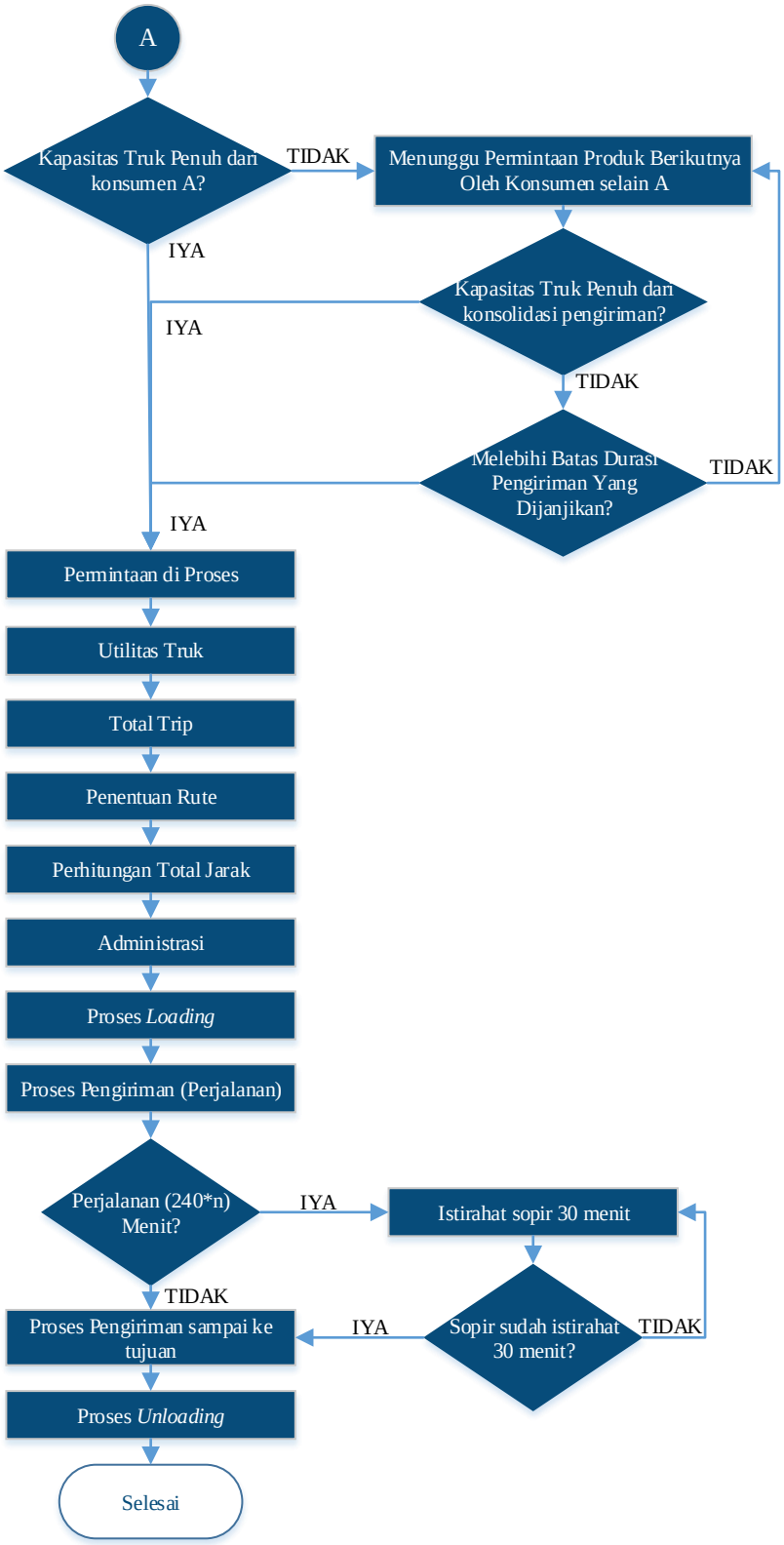
Simulasi monte carlo kondisi perbaikan adalah sistem pengiriman dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah lebih dari satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen dengan menggunakan satu truk kecil. Model simulasi monte carlo kondisi perbaikan terdiri dari model konseptual dan *running* simulasi.

4.2.9.1 Model Konseptual Kondisi Perbaikan

Model konseptual yang dilakukan adalah dengan membuat diagram alir (*flowchart*) proses di PT X yang dimulai dari proses pemesanan sampai produk dikirim ke konsumen dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah lebih dari satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen. Model konseptual kondisi perbaikan adalah sebagai berikut.



Gambar 4. 20 Model Konseptual Kondisi Perbaikan



Gambar 4. 20 Model Konseptual Kondisi Perbaikan (Lanjutan)

Gambar 4.20 menunjukkan model konseptual kondisi perbaikan yang terdiri dari masukan, proses, dan keluaran.

1. Masukan

   Masukan yang digunakan adalah data permintaan untuk produk Oksigen (O2) cair pada bulan Juli 2019 sampai dengan Desember 2019 untuk 35 konsumen menggunakan truk.

2. Proses

   Proses dalam simulasi monte carlo ini adalah sebagai berikut.

   a. Persentase pesan
   b. *Fitting* distribusi
   c. Konsolidasi pengiriman dengan konsumen lain
   d. Batas durasi pengiriman yang dijanjikan

3. Keluaran

   Keluaran dalam simulasi monte carlo ini adalah sebagai berikut.

   a. Rata-rata permintaan
   b. Rata-rata utilitas truk
   c. Jumlah truk
   d. Total jarak
   e. Total waktu
   f. Total biaya

4.2.9.2 Running Simulasi Monte Carlo Kondisi Perbaikan

Running simulasi monte carlo kondisi perbaikan dilakukan berdasarkan lima klaster yaitu A, B, C, D, dan E dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah lebih dari satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen sampai mencapai utilitas maksimal truk. Artinya, bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan adalah pada hari disaat konsumen pesan sampai kapasitas truk penuh (utilitas truk tinggi). Penjabaran *running* simulasi monte carlo kondisi perbaikan untuk setiap klaster adalah sebagai berikut.

4.2.9.2.1 Simulasi Monte Carlo Kondisi Perbaikan Klaster A

Running simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster A dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 2 hari sampai 4 hari yang terdiri dari konsumen kota Bangil, Probolinggo, dan Pasuruan. Hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster A 2 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.45 Simulasi Perbaikan Klaster A 2 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 2 Hari				Total Pengiriman 2 hari	Utilitas Truk 2 Hari				Total Utilitas Truk 2 hari	Total Trip 2 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 2 Hari	Pengiriman 1 Hari pada Durasi 2 Hari	Rute Durasi pengiriman yang dijanjikan 2 Hari				
	A3	A4	A2	A1		A3	A4	A2	A1					A3	A4	A2	A1	Rute
1																		
2	0	0	0	2030	2030	0%	0%	0%	18%	18%	1	1	0				A1	0 A1 0
3																		
4																		
5	0	4668	0	0	4668	0%	42%	0%	0%	42%	1	1	0		A4			0 A4 0
6																		
7																		
8	0	0	6409	1780	8189	0%	0%	58%	16%	74%	1	0	0			A2	A1	0 A2 A1 0
9																		
10																		
11	7402	0	0	3994	11396	67%	0%	0%	36%	104%	2	1	1	A3			A1	0 A3 0 0 A1 0
12																		
…																		
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																		
598																		
599	0	8811	0	0	8811	0%	80%	0%	0%	80%	1	1	0		A4			0 A4 0
600																		

Tabel 4.45 Simulasi Perbaikan Klaster A 2 Hari (Lanjutan)

No	*From To*										Total Jarak 2 Hari	Waktu															Total Waktu 2 Hari
	0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3		Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
	A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4				A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4				
1	50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,2	15	5,075	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	26,296938	0	206,3719376
2																											
3																											
4	0	0	0	60,8	0	0	0	0	0	0	121,6	15	11,670	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	180	55,496448	30	292,1664476
5																											
6																											
7	50,1	125	0	0	77	0	0	0	0	0	252,2	15	20,473	80	180	0	0	100	0	0	0	0	0	360	99,253071	60	554,7255713
8																											
9																											
10	50,1	0	51,8	0	0	0	0	0	0	0	203,8	15	28,490	80	0	80	0	0	0	0	0	0	0	320	90,488301	30	483,9783007
11																											
12																											
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																											
…																											
598	0	0	0	60,8	0	0	0	0	0	0	121,6	15	22,028	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	180	104,75133	30	351,7788282
599																											
600																											

Tabel 4.45 Simulasi Perbaikan Klaster A 2 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 2 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
1	Rp 336.386	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 448.386
2				
3				
4	Rp 408.229	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 520.229
5				
6				
7	Rp 846.671	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 958.671
8				
9				
10	Rp 684.186	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 796.186
11				
12				
…	…	…	…	…
…				
…				
598	Rp 408.229	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 520.229
599				
600				

Tabel 4.45 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster A dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 2 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, pengiriman 0 hari, pengiriman 1 hari, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya. Hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster A dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 3 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.46 Simulasi Perbaikan Klaster A 3 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 3 Hari				Total Pengiriman 3 Hari	Utilitas Truk 3 Hari				Total Utilitas Truk 3 Hari	Total Trip 3 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 3 Hari	Pengiriman 1 Hari pada Durasi 3 Hari	Pengiriman 2 Hari pada Durasi 3 Hari
	A3	A4	A2	A1		A3	A4	A2	A1					
1	0	0	0	2030	2030	0%	0%	0%	18%	18%	1	0	0	0
2														
3														
4														
5	0	4668	6409	1780	12857	0%	42%	58%	16%	117%	2	1	0	1
6														
7														
8														
9	7402	0	0	3994	11396	67%	0%	0%	36%	104%	2	1	0	1
10														
11														
12														
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…														
…														
…														
597	0	8811	5048	1729	15588	0%	80%	46%	16%	142%	2	1	0	0

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 3 Hari				Total Pengiriman 3 Hari	Utilitas Truk 3 Hari				Total Utilitas Truk 3 Hari	Total Trip 3 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 3 Hari	Pengiriman 1 Hari pada Durasi 3 Hari	Pengiriman 2 Hari pada Durasi 3 Hari
	A3	A4	A2	A1		A3	A4	A2	A1					
598														
599														
600														

Tabel 4.46 Simulasi Perbaikan Klaster A 3 Hari (Lanjutan)

No	Rute Durasi pengiriman yang dijanjikan 3 Hari					*From To*										Total Jarak 3 Hari
						0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3	
	A3	A4	A2	A1	Rute	A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4	
1				A1	0 A1 0	50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,2
2																
3																
4																
5		A4	A2	A1	0 A4 A2 0 0 A1 0	50,1	125	0	60,8	0	0	0	0	0	0	471,8
6																
7																
8																
9	A3			A1	0 A3 0 0 A1 0	50,1	0	51,8	0	0	0	0	0	0	0	203,8
10																
11																
12																
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																

No	Rute Durasi pengiriman yang dijanjikan 3 Hari					*From To*										Total Jarak 3 Hari
						0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3	
	A3	A4	A2	A1	Rute	A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4	
…																
…																
597		A4	A2	A1	0 A4 0 0 A2 A1 0	50,1	125	0	60,8	0	0	0	0	0	0	471,8
598																
599																
600																

Tabel 4.46 Simulasi Perbaikan Klaster A 3 Hari (Lanjutan)

No	Waktu															Total Waktu per 3 Hari	Biaya			Total Biaya per 3 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir		Solar	Makan	Transportasi	
			A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4								
1	15	5,075	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	26,296938	0	206,3719376	Rp 336.386	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 448.386
2																				
3																				
4																				
5	15	32,1425	80	180	0	90	0	0	0	0	0	0	700	154,74952	60	961,8920189	Rp 1.583.900	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.695.900
6																				
7																				
8																				
9	15	28,49	80	0	80	0	0	0	0	0	0	0	320	90,488301	30	483,9783007	Rp 684.186	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 796.186
10																				
11																				

No	Waktu															Total Waktu per 3 Hari	Biaya			Total Biaya per 3 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir		Solar	Makan	Transportasi	
			A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4								
12																				
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																				
…																				
…																				
597	15	38,97	80	180	0	90	0	0	0	0	0	0	700	187,16322	60	1001,133218	Rp 1.583.900	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.695.900
598																				
599																				
600																				

Tabel 4.46 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster A dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 3 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, pengiriman 0 hari, pengiriman 1 hari, pengiriman 2 hari, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya. Hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster A dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 4 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.47 Simulasi Perbaikan Klaster A 4 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 4 Hari				Total Permintaan 4 hari	Utilitas Truk 4 Hari				Total Utilitas Truk 4 hari	Total Trip 4 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 4 Hari	Pengiriman 1 Hari pada Durasi 4 Hari	Pengiriman 2 Hari pada Durasi 4 Hari	Pengiriman 3 Hari pada Durasi 4 Hari
	A3	A4	A2	A1		A3	A4	A2	A1						
1															
2															
3	0	0	0	2030	2030	0%	0%	0%	18%	18%	1	0	0	0	0
4															
5															
6															
7															
8	0	4668	6409	3700	14777	0%	42%	58%	34%	134%	2	1	0	1	1
9															
10															
…															
…															
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…															
…															
596															
597															
598	0	8811	5048	1729	15588	0%	80%	46%	16%	142%	2	1	0	0	1
599															
600															

Tabel 4.47 Simulasi Perbaikan Klaster A 4 Hari (Lanjutan)

No	Rute Durasi pengiriman yang dijanjikan 4 Hari					*From To*										Total Jarak 4 Hari
						0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3	
	A3	A4	A2	A1	Rute	A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4	
1																
2																
3				A1	0 A1 0	50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,2
4																
5																
6																
7																
8		A4	A2	A1	0 A4 A2 0 0 A1 0	50,1	125	0	60,8	0	0	0	0	0	0	471,8
9																
10																
…																
…																
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																
…																
596																
597																
598		A4	A2	A1	0 A4 0 0 A2 A1 0	50,1	125	0	60,8	0	0	0	0	0	0	471,8
599																
600																

Tabel 4.47 Simulasi Perbaikan Klaster A 4 Hari (Lanjutan)

No	Waktu															Total Waktu 4 Hari	Biaya			Total Biaya 4 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	A1	A1	A1	A2	A2	A3	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir		Solar	Makan	Transportasi	
			A1	A2	A3	A4	A2	A3	A4	A3	A4	A4								
1	15	5,075	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	129,54156	30	339,6165645	Rp 336.386	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 448.386
2																				
3																				
4																				
5																				
6	15	36,9425	80	180	0	90	0	0	0	0	0	0	700	367,31555	60	1179,258047	Rp 1.583.900	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.695.900
7																				
8																				
9																				
10																				
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																				
…																				
…																				
…																				
596	15	38,97	80	180	0	90	0	0	0	0	0	0	700	367,31555	60	1181,285547	Rp 1.583.900	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.695.900
597																				
598																				
599																				
600																				

Tabel 4.47 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster A dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 4 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, pengiriman 0 hari, pengiriman 1 hari, pengiriman 2 hari, pengiriman 3 hari, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya.

4.2.9.2.2 Simulasi Monte Carlo Kondisi Perbaikan Klaster B

Running simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster B dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 2 hari yang terdiri dari konsumen kota Banyuwangi, Bondowoso, dan Jember. Hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster B 2 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.48 Simulasi Perbaikan Klaster B 2 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 2 Hari							Total Pengiriman 2 hari	Utilitas Truk 2 Hari							Total Utilitas Truk 2 hari	Total Trip 2 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 2 Hari	Pengiriman 1 Hari pada Durasi 2 Hari
	B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7		B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7				
1	3360	0	9411	0	0	806	8764	22341	31%	0%	86%	0%	0%	7%	80%	203%	3	1	1
2																			
3																			
4	4111	0	3132	0	4259	2214	2318	16034	37%	0%	28%	0%	39%	20%	21%	146%	2	1	1
5																			
6																			
7	0	0	0	0	0	0	15398	15398	0%	0%	0%	0%	0%	0%	140%	140%	2	1	1
8																			
9																			

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 2 Hari							Total Pengiriman 2 hari	Utilitas Truk 2 Hari							Total Utilitas Truk 2 hari	Total Trip 2 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 2 Hari	Pengiriman 1 Hari pada Durasi 2 Hari
	B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7		B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7				
10	0	0	6633	0	0	0	6213	12846	0%	0%	60%	0%	0%	0%	56%	117%	2	1	1
11																			
12																			
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																			
…																			
598	0	0	4388	0	0	805	8584	13777	0%	0%	40%	0%	0%	7%	78%	125%	2	1	0
599																			
600																			

Tabel 4.48 Simulasi Perbaikan Klaster B 2 Hari (Lanjutan)

No	Rute 2 Hari							
	B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7	Rute
1	B2		B3			B4	B7	0 B2 0 0 0 0 B3 0 0 0 0 0 0 B4 0 0 B7 0
2								
3								
4	B2		B3		B5	B4	B7	0 B2 0 0 0 0 B3 0 0 0 0 B5 0 0 B4 0 0 B7 0
5								
6								
7							B7	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 B7 0
8								

No	Rute 2 Hari							
	B2	B1	B3	B6	B5	B4	B7	Rute
9								
10								
11			B3				B7	0 0 0 0 0 B3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 B7 0
12								
…								
…	…	…	…	…	…	…	…	…
…								
598								
599			B3			B4	B7	0 0 0 0 0 B3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 B4 0 0 B7 0
600								

Tabel 4.48 Simulasi Perbaikan Klaster B 2 Hari (Lanjutan)

No	*From To*															Total Jarak 2 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	…	B3	B4	B4	B4	B5	B5	B6	
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	…	B7	B5	B6	B7	B6	B7	B7	
1																
2	0	190	195	0	264	0	195	…	0	0	0	0	0	0	0	1688
3																
4																
5	0	0	195	190	0	0	195	…	0	0	0	0	0	0	0	1160
6																
7	0	190	195	190	0	190	0	…	0	0	0	0	0	0	0	1530
8																

No	*From To*															Total Jarak 2 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	…	B3	B4	B4	B4	B5	B5	B6	
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	…	B7	B5	B6	B7	B6	B7	B7	
9																
10																
11	0	190	0	0	264	0	195	…	0	0	0	0	0	0	0	1298
12																
…																
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																
598																
599	264	190	195	0	0	0	195	…	0	0	0	0	0	0	0	1688
600																

Tabel 4.48 Simulasi Perbaikan Klaster B 2 Hari (Lanjutan)

No	Waktu																				Total Waktu 2 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	B3	B4	B4	B4	B5	B5	B6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	…	B7	B5	B6	B7	B6	B7	B7				
1																					
2	15	53,690	0	260	280	0	270	0	260	…	0	0	0	0	0	0	0	2140	201757,18	60	204025,872
3																					
4																					
5	15	49,928	0	0	280	270	0	0	260	…	0	0	0	0	0	0	0	1620	228,77083	60	1973,698331
6																					
7	15	29,800	0				0		0	…	0	0	0	0	0	0	0	1880		60	

No	Waktu																				Total Waktu 2 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	B3	B4	B4	B4	B5	B5	B6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	…	B7	B5	B6	B7	B6	B7	B7				
8				260	280	270		130											274,11806		225891806 4
9																					
10																					
11	15	36,503	0	260	0	0	270	0	260	…	0	0	0	0	0	0	0	1580	189243,32	60	190934,8234
12																					
…																					
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																					
58																					
59	15	56,395	370	260	280	0	0	0	260	…	0	0	0	0	0	0	0	2340	389,14302	60	2860,538021
60																					

Tabel 4.48 Simulasi Perbaikan Klaster B 2 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 2 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
1				
2	Rp 5.170.000	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 5.282.000
3				
4	Rp 6.942.571	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 7.054.571
5				

No	Biaya			Total Biaya 2 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
6				
7	Rp 1.309.286	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.421.286
8				
9				
10	Rp 2.618.571	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 2.730.571
11				
12				
…	…	…	…	…
…				
…				
598	Rp 3.894.286	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 4.006.286
599				
600				

Tabel 4.48 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster B dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 2 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, pengiriman 0 hari, pengiriman 1 hari, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya.

4.2.9.2.3 Simulasi Monte Carlo Kondisi Perbaikan Klaster C

Running simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster C dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 2 hari yang terdiri dari konsumen kota Gresik dan Lamongan. Hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster C 2 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.49 Simulasi Perbaikan Klaster C 2 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 2 Hari								Total Permintaan 2 hari	Utilitas Truk 2 Hari								Total Utilitas Truk 2 hari	Total Trip 2 Hari
	C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5		C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5		
1																			
2	2701	8232	3554	1907	2990	0	0	0	19384	25%	75%	32%	17%	27%	0%	0%	0%	176%	2
3																			
4																			
5	0	9670	0	0	0	5566	0	7593	22829	0%	88%	0%	0%	0%	51%	0%	69%	208%	3
6																			
7																			
8	0	20731	0	0	0	0	4010	0	24741	0%	188%	0%	0%	0%	0%	36%	0%	225%	3
9																			
10																			
11	2747	0	0	0	0	5509	0	0	8256	25%	0%	0%	0%	0%	50%	0%	0%	75%	1
12																			
…																			
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																			
598																			
599	3327	0	2837	0	0	0	5951	0	12115	30%	0%	26%	0%	0%	0%	54%	0%	110%	2
600																			

Tabel 4.49 Simulasi Perbaikan Klaster C 2 Hari (Lanjutan)

No	Total Trip 2 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 2 Hari	Pengiriman 1 Hari pada Durasi 2 Hari	Rute 2 Hari								
				C2	C1	C3	C6	C4	C7	C8	C5	Rute
1	2	1	1	C2	C1	C3	C6	C4				0 C2 0 0 C1 0 0 C3 0 0 C6 0 0 C4 0 0 0 0 0 0
2												
3												
4	3	1	1		C1				C7		C5	0 0 0 C1 0 0 0 0 0 0 0 0 C7 0 0 0 0 C5
5												
6												
7	3	1	1		C1					C8		0 0 0 C1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 C8 0 0
8												
9												
10	1	0	0	C2					C7			0 C2 C7 0
11												
12												
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…												
…												
598	2	1	0	C2		C3				C8		0 C2 0 0 0 0 C3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 C8 0 0
599												
600												

Tabel 4.49 Simulasi Perbaikan Klaster C 2 Hari (Lanjutan)

No	*From To*																	Total Jarak 2 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	0	…	C4	C4	C5	C5	C5	C6	C6	C7	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	…	C7	C8	C6	C7	C8	C7	C8	C8	
1																		
2	12	9	13,3	30	0	31,3	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	191,2
3																		
4																		
5	12	0	0	0	10,7	0	36,9	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	119,2
6																		
7																		
8	12	0	0	0	0	0	0	78,1	…	0	0	0	0	0	0	0	0	180,2
9																		
10																		
11	0	9	0	0	0	0	36,9	0	…	0	0	0	0	0	0	0	0	75,4
12																		
…																		
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																		
598																		
599	0	9	13,3	0	0	0	0	78,1	…	0	0	0	0	0	0	0	0	200,8
600																		

Tabel 4.49 Simulasi Perbaikan Klaster C 2 Hari (Lanjutan)

No	Waktu																				
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	0	…	C4	C5	C5	C5	C6	C6	C7	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	…	C8	C6	C7	C8	C7	C8	C8			
1	15	48,46	18	12	18	55	0	60	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	326	261,86717	60
2																					
3																					
4	15	57,0725	18	0	0	0	14	0	60	0	…	0	0	0	0	0	0	0	184	253,53226	60
5																					
6																					
7	15	61,8525	18	0	0	0	0	0	0	120	…	0	0	0	0	0	0	0	276	147,06915	60
8																					
9																					
10	15	20,64	0	12	0	0	0	0	60	0	…	0	0	0	0	0	0	0	122	211,22838	30
11																					
12																					
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																					
…																					
598	15	30,2875	0	12	18	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	300	210,89359	60
599																					
600																					

Tabel 4.49 Simulasi Perbaikan Klaster C 2 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 2 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
1	Rp 641.886	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 753.886
2				
3				
4	Rp 400.171	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 512.171
5				
6				
7	Rp 604.957	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 716.957
8				
9				
10	Rp 253.129	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 365.129
11				
12				
…	…	…	…	…
…				
…				
58	Rp 674.114	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 786.114
59				
60				

Tabel 4.49 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster C dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 2 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, pengiriman 0 hari, pengiriman 1 hari, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya.

4.2.9.2.4 Simulasi Monte Carlo Kondisi Perbaikan Klaster D

Running simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster D dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 2 hari yang terdiri dari konsumen kota Lumajang dan Malang. Hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster D 2 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.50 Simulasi Perbaikan Klaster D 2 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 2 Hari							Total Permintaan 2 hari	Utilitas Truk 2 Hari							Total Utilitas Truk 2 hari
	D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3		D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	
1	7664	4947	842	0	0	0	2095	15548	70%	45%	8%	0%	0%	0%	19%	141%
2																
3																
4	7018	0	1840	0	0	0	0	8858	64%	0%	17%	0%	0%	0%	0%	81%
5																
6																
7	0	0	866	0	1872	0	0	2738	0%	0%	8%	0%	17%	0%	0%	25%
8																
9																
10	0	5926	0	4108	2037	2828	2302	17201	0%	54%	0%	37%	19%	26%	21%	156%
11																

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 2 Hari							Total Permintaan 2 hari	Utilitas Truk 2 Hari							Total Utilitas Truk 2 hari
	D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3		D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	
12																
…																
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																
598																
599	0	0	3561	8368	0	0	2448	14377	0%	0%	32%	76%	0%	0%	22%	131%
600																

Tabel 4.50 Simulasi Perbaikan Klaster D 2 Hari (Lanjutan)

No	Total Trip 2 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 2 Hari	Pengiriman 1 Hari pada Durasi 2 Hari	Rute 2 Hari							
				D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	Rute
1											
2	2	1	1	D1	D6	D5				D3	0 D1 0 0 D6 0 0 D5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 D3 0
3											
4											
5	1	0	0	D1		D5					0 D1 D5 0
6											
7											
8	1	1	0			D5		D4			0 D5 D4 0
9											
10	2	1	1		D6		D2	D4	D7	D3	

No	Total Trip 2 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 2 Hari	Pengiriman 1 Hari pada Durasi 2 Hari	Rute 2 Hari							
				D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	Rute
11											0 0 0 D6 0 0 0 0 D2 0 0 D4 0 0 D7 0 0 D3 0
12											
…											
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…											
598											
599	2	1	1			D5	D2			D3	0 0 0 0 0 D5 0 0 D2 0 0 0 0 0 0 D3 0
600											

Tabel 4.50 Simulasi Perbaikan Klaster D 2 Hari (Lanjutan)

No	*From To*															Total Jarak 2 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7	
1																
2	141	0	89,5	0	89,3	106	0	…	0	0	0	0	0	0	0	851,6
3																
4																
5	141	0	0	0	89,3	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	364,3
6																
7																
8	0	0	0	86,3	89,3	0	0	…	0	4,1	0	0	0	0	0	179,7
9																

No	*From To*															Total Jarak 2 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7	
10 11 12	0	89,4	89,5	86,3	0	106	69,8	…	0	0	0	0	0	0	0	882
  	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
598 599 600	0	89,4	89,5	0	89,3	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	536,4

Tabel 4.50 Simulasi Perbaikan Klaster D 2 Hari (Lanjutan)

No	Waktu																				Total Waktu 2 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7				
1 2 3	15	38,870	210	0	130	0	130	150	0	…	0	0	0	0	0	0	0	1240	108,16957	60	1462,039569
4 5 6	15	22,145	210	0	0	0	130	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	530	69,958739	60	697,1037385
7 8	15	6,845	0	0	0	120	130	0	0	…	0	9	0	0	0	0	0	259	10,318389	30	321,1633886

No	Waktu																				Total Waktu 2 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7				
9																					
10	15	43,003	0	130	130	120	0	150	100	…	0	0	0	0	0	0	0	1260	82,14437	60	1460,14687
11																					
12																					
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																					
…																					
598	15	35,943	0	130	130	0	130	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	780	57,321021	60	948,2635207
599																					
600																					

Tabel 4.50 Simulasi Perbaikan Klaster D 2 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 2 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
1	Rp 579.443	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 691.443
2				
3				
4	Rp 2.726.671	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 2.838.671
5				
6				
7	Rp 946.714	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.058.714

No	Biaya			Total Biaya 2 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
8				
9				
10	Rp 3.459.200	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 3.571.200
11				
12				
…	…	…	…	…
…				
…				
598	Rp 600.257	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 712.257
599				
600				

Tabel 4.50 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster D dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 2 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, pengiriman 0 hari, pengiriman 1 hari, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya. Hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster D dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 3 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.51 Simulasi Perbaikan Klaster D 3 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 3 Hari							Total Permintaan 3 hari	Utilitas Truk 3 Hari							Total Utilitas 3 hari
	D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3		D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	
1	0	6977	0	0	0	0	5246	12223	0%	63%	0%	0%	0%	0%	48%	111%
2																
3																
4																
5	0	0	2011	4315	0	0	0	6326	0%	0%	18%	39%	0%	0%	0%	58%
6																
7																
8																
9	0	2513	0	0	0	0	0	2513	0%	23%	0%	0%	0%	0%	0%	23%
10																
11																
12																
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																
…																
…																
597	8393	3078	0	4847	0	0	0	16318	76%	28%	0%	44%	0%	0%	0%	148%
598																
599																
600																

Tabel 4.51 Simulasi Perbaikan Klaster D 3 Hari (Lanjutan)

No	Total Trip 3 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 3 Hari	Pengiriman 1 Hari pada Durasi 3 Hari	Pengiriman 2 Hari pada Durasi 3 Hari	Rute 3 Hari							
					D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	Rute
1	2	1	0	0		D6					D3	0 0 0 D6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 D3 0
2												
3												
4												
5	1	0	0	0			D5	D2				0 D5 D2 0
6												
7												
8												
9	1	0	0	0		D6						0 D6 0
10												
11												
12												
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…												
…												
…												
57	2	0	1	1	D1	D6		D2				0 D1 0 0 D6 0 0 0 0 D2 0 0 0 0 0 0 0
598												
599												
600												

Tabel 4.51 Simulasi Perbaikan Klaster D 3 Hari (Lanjutan)

No	*From To*															Total Jarak 3 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7	
1	0	0	89,5	0	0	106	0	…	0	0	0	0	0	0	0	391
2																
3																
4																
5	0	89,4	0	0	89,3	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	180,3
6																
7																
8																
9	0	0	0	0	0	106	0	…	0	0	0	0	0	0	0	212
10																
11																
12																
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																
…																
…																
57	141	89,4	0	0	0	106	0	…	0	0	0	0	0	0	0	672,8
598																
599																
600																

Tabel 4.51 Simulasi Perbaikan Klaster D 3 Hari (Lanjutan)

No	Waktu																			Total Waktu 3 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7				
1	15	30,558	0	0	130	0	0	150	0	…	0	0	0	0	0	0	0	560	58,371643	60	723,9291434
2																					
3																					
4																					
5	15	15,815	0	130	0	0	130	0	0	…	0	0	0	0	0	0	0	264	23,807748	30	348,6227476
6																					
7																					
8																					
9	15	6,283	0	0	0	0	0	150	0	…	0	0	0	0	0	0	0	300	12,000997	30	363,2834768
10																					
11																					
12																					
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																					
…																					
…																					
57	15	40,795	210	130	0	0	0	150	0	…	0	0	0	0	0	0	0	980	118,00881	60	1213,80381
598																					
599																					
600																					

Tabel 4.51 Simulasi Perbaikan Klaster D 3 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 3 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
1	Rp 1.312.643	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.424.643
2				
3				
4				
5	Rp 605.293	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 717.293
6				
7				
8				
9	Rp 711.714	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 823.714
10				
11				
12				
…	…	…	…	…
…				
…				
…				
57	Rp 2.258.686	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 2.370.686
598				
599				
600				

Tabel 4.51 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster D dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 3 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, pengiriman 0 hari, pengiriman 1 hari, pengiriman 2 hari, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya. Hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster D dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 4 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.52 Simulasi Perbaikan Klaster D 4 Hari

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 4 Hari							Total Permintaan 4 hari	Utilitas Truk 4 Hari							Total Utilitas 4 hari	Total Trip 4 Hari
	D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3		D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3		
1	0	6977	1061	0	0	0	5246	13284	0%	63%	10%	0%	0%	0%	48%	121%	2
2																	
3																	
4																	
5																	
6	0	2513	950	4315	0	0	0	7778	0%	23%	9%	39%	0%	0%	0%	71%	1
7																	
8																	
9																	
10																	
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																	
…																	
…																	
…																	

No	Durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 4 Hari							Total Permintaan 4 hari	Utilitas Truk 4 Hari							Total Utilitas 4 hari	Total Trip 4 Hari
	D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3		D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3		
596	8393	3078	0	4847	0	0	0	16318	76%	28%	0%	44%	0%	0%	0%	148%	2
597																	
598																	
599																	
600																	

Tabel 4.52 Simulasi Perbaikan Klaster D 4 Hari (Lanjutan)

No	Total Trip 4 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 4 Hari	Pengiriman 1 Hari pada Durasi 4 Hari	Pengiriman 2 Hari pada Durasi 4 Hari	Pengiriman 3 Hari pada Durasi 4 Hari	Rute 4 Hari							
						D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	Rute
1	2	1	0	0	1		D6	D5				D3	0 0 0 D6 0 0 D5 0 0 0 0 0 0 0 0 D3 0
2													
3													
4													
5													
6	1	0	0	0	0		D6	D5	D2				0 D6 D5 D2 0
7													
8													
9													
10													
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…													

No	Total Trip 4 Hari	Pengiriman 0 Hari pada Durasi 4 Hari	Pengiriman 1 Hari pada Durasi 4 Hari	Pengiriman 2 Hari pada Durasi 4 Hari	Pengiriman 3 Hari pada Durasi 4 Hari	Rute 4 Hari							
						D1	D6	D5	D2	D4	D7	D3	Rute
…													
…													
…													
596	2	0	1	1	1	D1	D6		D2				0 D1 0 0 D6 0 0 0 0 D2 0 0 0 0 0 0 0
597													
598													
599													
600													

Tabel 4.52 Simulasi Perbaikan Klaster D 4 Hari (Lanjutan)

No	*From To*															Total Jarak 4 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7	
1	0	0	89,5	0	89,3	106	0	…	0	0	0	0	0	0	0	569,6
2																
3																
4																
5																
6	0	89,4	0	0	89,3	106	0	…	0	0	0	0	16,1	0	0	318,5
7																
8																
9																

No	*From To*															Total Jarak 4 Hari
	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7	
10																
…																
…																
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																
…																
596																
597																
598	141	89,4	0	0	0	106	0	…	0	0	0	0	0	0	0	672,8
599																
600																

Tabel 4.52 Simulasi Perbaikan Klaster D 4 Hari (Lanjutan)

No	Waktu																				Total Waktu 4 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7				
1																					
2																					
3	15	33,210	0	0	130	0	130	150	0	…	0	0	0	0	0	0	0	820	60,060599	60	988,270599
4																					
5																					
6	15	19,445	0		0	0			0	…	0	0	0	0	26	0	0	464		60	

No	Waktu																				Total Waktu 4 Hari
	Administrasi	*Loading*	0	0	0	0	0	0	0	…	D3	D4	D4	D4	D5	D5	D6	Perjalanan	*Unloading*	Istirahat Sopir	
			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	…	D7	D5	D6	D7	D6	D7	D7				
7																					
8				130			130	150											34,119769		592,5647689
9																					
10																					
…																					
…																					
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…																					
…																					
596																					
597																					
598	15	40,795	210	130	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	980	118,00881	60	1213,80381
599																					
600																					

Tabel 4.52 Simulasi Perbaikan Klaster D 4 Hari (Lanjutan)

No	Biaya			Total Biaya 4 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
1				
2	Rp 1.912.229	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 2.024.229
3				

No	Biaya			Total Biaya 4 Hari
	Solar	Makan	Transportasi	
4				
5				
6	Rp 1.069.250	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 1.181.250
7				
8				
9				
10				
…	…	…	…	…
…				
…				
…				
…				
596	Rp 2.258.686	Rp 12.000	Rp 100.000	Rp 2.370.686
597				
598				
599				
600				

Tabel 4.52 adalah hasil simulasi monte carlo kondisi perbaikan klaster E dengan durasi pengiriman yang dijanjikan 4 hari yang terdiri dari total pengiriman, total utilitas truk, total trip, pengiriman 0 hari, pengiriman 1 hari, pengiriman 2 hari, pengiriman 3 hari, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya.

4.2.10 Perbandingan Skenario

Perbandingan skenario dilakukan dengan membandingkan antara skenario simulasi monte carlo yang telah dibuat. Perbandingan yang dilakukan adalah penentuan durasi pengiriman yang dilakukan untuk setiap klaster yaitu klaster A, B, C, D, dan E.

4.2.10.1.1 Simulasi Monte Carlo Klaster A

Simulasi monte carlo klaster A dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari (*same day delivery*) sampai 4 hari yang terdiri dari konsumen kota Bangil, Probolinggo, dan Pasuruan. Rekapitulasi hasil simulasi monte carlo klaster A adalah sebagai berikut.

Tabel 4.53 Rekapitulasi Simulasi Klaster A

Durasi Pengiriman yang Dijanjikan	Rata-Rata Permintaan (kg)	Rata-Rata Utilitas Truk (%)	Total Trip	Total Jarak (km)	Total Waktu (menit)	Total Biaya (Rp)	
0 Hari	2139	19%	242	32972	77995	Rp	138.339.714
1 Hari	4278	39%	209	29468	71674	Rp	121.647.614
2 Hari	6417	58%	195	28795	69226	Rp	116.699.586
3 Hari	8556	78%	183	26349	65717	Rp	105.354.700
4 Hari	10695	97%	169	26210	64951	Rp	102.312.057

Tabel 4.53 menunjukkan rekapitulasi simulasi monte carlo klaster A dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari sampai 4 hari. Penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 4 hari, karena memaksimalkan kapasitas truk sehingga didapatkan utilitas truk yang maksimal juga. Meskipun durasi pengiriman yang dijanjikan untuk klaster A adalah 4 hari, tetapi pengiriman bisa dilakukan sebelum batas kelipatan durasi pengiriman yang dijanjikan (4 hari). Konsolidasi ini dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas maksimal dari truk dan batas kelipatan durasi pengiriman yang dijanjikan. Ketika kapasitas truk sudah penuh sebelum 4 hari, maka dapat dilakukan pengiriman. Selain itu, ketika terdapat pesanan yang telah mencapai kelipatan durasi pengiriman 4 hari (pesanan ketika hari ke-4), maka dapat dilakukan pada hari itu juga tepatnya ketika sore hari meskipun kapasitas truk tidak maksimal. Jumlah pengiriman sebelum batas kelipatan durasi klaster A adalah sebagai berikut.

Tabel 4.54 Jumlah Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster A

Durasi Pengiriman Yang Dijanjikan	Jumlah Pengiriman Yang Dilakukan Sebelum Batas Kelipatan Durasi			
	0 Hari	1 Hari	2 Hari	3 Hari
1 Hari	126			
2 Hari	79	32		
3 Hari	59	26	40	
4 Hari	57	31	39	49

Tabel 4.54 menunjukkan jumlah pengiriman yang dilakukan sebelum batas kelipatan durasi untuk klaster A. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 4 hari, tidak menutup kemungkinan PT X melakukan pengiriman produk Oksigen (O2) cair ke konsumen pada 0 hari, 1 hari, 2 hari, dan 3 hari.

4.2.10.1.2 Simulasi Monte Carlo Kondisi Klaster B

Simulasi monte carlo klaster B dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari (*same day delivery*) sampai 2 hari yang terdiri dari konsumen kota Banyuwangi, Bondowoso, dan Jember. Rekapitulasi hasil simulasi monte carlo klaster B adalah sebagai berikut.

Tabel 4.55 Rekapitulasi Simulasi Klaster B

Durasi Pengiriman yang Dijanjikan	Rata-Rata Permintaan (kg)	Rata-Rata Utilitas Truk (%)	Total Trip	Total Jarak (km)	Total Waktu (menit)	Total Biaya (Rp)
0 Hari	5308	48%	554	256870	29191973	Rp 941.787.607
1 Hari	10616	97%	440	240616	29151272	Rp 864.599.629
2 Hari	15924	145%	390	221819	29118942	Rp 789.077.736

Tabel 4.55 menunjukkan rekapitulasi simulasi monte carlo klaster B dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari sampai 2 hari. Penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 hari, karena memaksimalkan kapasitas truk sehingga didapatkan utilitas truk yang maksimal juga. Meskipun durasi pengiriman yang dijanjikan untuk klaster B adalah 1 hari, tetapi pengiriman bisa

dilakukan sebelum batas kelipatan durasi pengiriman yang dijanjikan (1 hari). Konsolidasi ini dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas maksimal dari truk dan batas kelipatan durasi pengiriman yang dijanjikan. Ketika kapasitas truk sudah penuh sebelum 1 hari, maka dapat dilakukan pengiriman. Selain itu, ketika terdapat pesanan yang telah mencapai kelipatan durasi pengiriman 1 hari (pesanan ketika hari ke-1), maka dapat dilakukan pada hari itu juga tepatnya ketika sore hari meskipun kapasitas truk tidak maksimal. Jumlah pengiriman sebelum batas kelipatan durasi klaster B adalah sebagai berikut.

Tabel 4.56 Jumlah Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster B

Durasi Pengiriman Yang Dijanjikan	Jumlah Pengiriman Yang Dilakukan Sebelum Batas Kelipatan Durasi	
	0 Hari	1 Hari
1 Hari	244	
2 Hari	165	128

Tabel 4.56 menunjukkan jumlah pengiriman yang dilakukan sebelum batas kelipatan durasi untuk klaster B. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 hari, tidak menutup kemungkinan PT X melakukan pengiriman produk Oksigen (O2) cair ke konsumen pada 0 hari (*same day delivery*).

4.2.10.1.3 Simulasi Monte Carlo Kondisi Klaster C

Simulasi monte carlo klaster C dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari (*same day delivery*) sampai 2 hari yang terdiri dari konsumen kota Gresik dan Lamongan. Rekapitulasi hasil simulasi monte carlo klaster C adalah sebagai berikut.

Tabel 4.57 Rekapitulasi Simulasi Klaster C

Durasi Pengiriman yang Dijanjikan	Rata-Rata Permintaan (kg)	Rata-Rata Utilitas Truk (%)	Total Trip	Total Jarak (km)	Total Waktu (menit)	Total Biaya (Rp)
0 Hari	5100	46%	474	28107	101283	Rp 138.360.557
1 Hari	10200	93%	416	27222	98780	Rp 123.404.143
2 Hari	15300	139%	375	26419	97070	Rp 112.308.357

Tabel 4.57 menunjukkan rekapitulasi simulasi monte carlo klaster C dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari sampai 2 hari. Penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 hari, karena memaksimalkan kapasitas truk sehingga didapatkan utilitas truk yang maksimal juga. Meskipun durasi pengiriman yang dijanjikan untuk klaster C adalah 1 hari, tetapi pengiriman bisa dilakukan sebelum batas kelipatan durasi pengiriman yang dijanjikan (1 hari). Konsolidasi ini dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas maksimal dari truk dan batas kelipatan durasi pengiriman yang dijanjikan. Ketika kapasitas truk sudah penuh sebelum 1 hari, maka dapat dilakukan pengiriman. Selain itu, ketika terdapat pesanan yang telah mencapai kelipatan durasi pengiriman 1 hari (pesanan ketika hari ke-1), maka dapat dilakukan pada hari itu juga tepatnya ketika sore hari meskipun kapasitas truk tidak maksimal. Jumlah pengiriman sebelum batas kelipatan durasi klaster C adalah sebagai berikut.

Tabel 4.58 Jumlah Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster C

Durasi Pengiriman Yang Dijanjikan	Jumlah Pengiriman Yang Dilakukan Sebelum Batas Kelipatan Durasi	
	0 Hari	1 Hari
1 Hari	212	
2 Hari	153	118

Tabel 4.58 menunjukkan jumlah pengiriman yang dilakukan sebelum batas kelipatan durasi untuk klaster C. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 hari, tidak menutup kemungkinan PT X melakukan pengiriman produk Oksigen (O2) cair ke konsumen pada 0 hari (*same day delivery*).

4.2.10.1.4 Simulasi Monte Carlo Kondisi Klaster D

Simulasi monte carlo klaster D dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari (*same day delivery*) sampai 4 hari yang terdiri dari konsumen kota Lumajang dan Malang. Rekapitulasi hasil simulasi monte carlo klaster D adalah sebagai berikut.

Tabel 4.59 Rekapitulasi Simulasi Klaster D

Durasi Pengiriman yang Dijanjikan	Rata-Rata Permintaan (kg)	Rata-Rata Utilitas Truk (%)	Total Trip	Total Jarak (km)	Total Waktu (menit)	Total Biaya (Rp)	
0 Hari	2170	20%	330	71339	130591	Rp	281.783.886
1 Hari	4340	39%	260	62919	114751	Rp	243.773.414
2 Hari	6511	59%	218	61199	110040	Rp	231.612.779
3 Hari	8681	79%	192	58411	104076	Rp	215.884.729
4 Hari	10851	99%	179	58141	102155	Rp	211.955.979

Tabel 4.59 menunjukkan rekapitulasi simulasi monte carlo klaster D dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari sampai 4 hari. Penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 4 hari, karena memaksimalkan kapasitas truk sehingga didapatkan utilitas truk yang maksimal juga. Meskipun durasi pengiriman yang dijanjikan untuk klaster D adalah 4 hari, tetapi pengiriman bisa dilakukan sebelum batas kelipatan durasi pengiriman yang dijanjikan (4 hari). Konsolidasi ini dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas maksimal dari truk dan batas kelipatan durasi pengiriman yang dijanjikan. Ketika kapasitas truk sudah penuh sebelum 4 hari, maka dapat dilakukan pengiriman. Selain itu, ketika terdapat pesanan yang telah mencapai kelipatan durasi pengiriman 4 hari (pesanan ketika hari ke-4), maka dapat dilakukan pada hari itu juga tepatnya ketika sore hari meskipun kapasitas truk tidak maksimal. Jumlah pengiriman sebelum batas kelipatan durasi klaster D adalah sebagai berikut.

Tabel 4.60 Persentase Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster D

Durasi Pengiriman Yang Dijanjikan	Jumlah Pengiriman Yang Dilakukan Sebelum Batas Kelipatan Durasi			
	0 Hari	1 Hari	2 Hari	3 Hari
1 Hari	163			
2 Hari	112	26		
3 Hari	86	21	31	
4 Hari	66	28	36	50

Tabel 4.60 menunjukkan jumlah pengiriman yang dilakukan sebelum batas kelipatan durasi untuk klaster D. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 4 hari, tidak menutup

kemungkinan PT X melakukan pengiriman produk Oksigen (O2) cair ke konsumen pada 0 hari, 1 hari, 2 hari, dan 3 hari.

4.2.10.1.5 Simulasi Monte Carlo Kondisi Klaster E

Simulasi monte carlo klaster E dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari (*same day delivery*) sampai 1 hari yang terdiri dari konsumen kota Mojokerto, Sidoarjo, dan Surabaya. Rekapitulasi hasil simulasi monte carlo klaster E adalah sebagai berikut.

Tabel 4.61 Rekapitulasi Simulasi Klaster E

Durasi Pengiriman yang Dijanjikan	Rata-Rata Permintaan (kg)	Rata-Rata Utilitas Truk (%)	Total Trip	Total Jarak (km)	Total Waktu (menit)	Total Biaya (Rp)
0 Hari	5996	55%	596	30184	133685	Rp 160.674.657
1 Hari	11991	109%	477	25729	96137	Rp 121.303.257

Tabel 4.61 menunjukkan rekapitulasi simulasi monte carlo klaster E dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari sampai 1 hari (sesuai kondisi awal). Penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari karena memaksimalkan utilitas truk. Apabila PT X ingin melakukan pengiriman pada durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 hari, maka perlu dilakukan penambahan jumlah truk.

4.2.11 Uji Sensitivitas

Uji sensitivitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh keluaran berdasarkan masukan yang diubah. Masukan yang diubah adalah permintaan Oksigen (O2) cair, sedangkan keluarannya adalah durasi pengiriman yang dijanjikan. Masukan yang diubah dengan faktor pengali yang dimulai dari -60% sampai mencapai kapasitas maksimal truk (11.000 kg). Uji sensitivitas ini hanya mempertimbangkan kapasitas maksimal truk dan pertimbangan efisiensi pengiriman dari segi jarak, waktu, dan biaya telah dilakukan pada simulasi monte carlo. Ketika rata-rata permintaan lebih dari 11.000 kg, maka berhenti di 11.000 kg yang merupakan kapasitas maksimal dari truk. Uji sensitivitas ini dilakukan untuk mengetahui perubahan permintaan terhadap durasi pengiriman yang dijanjikan. Uji

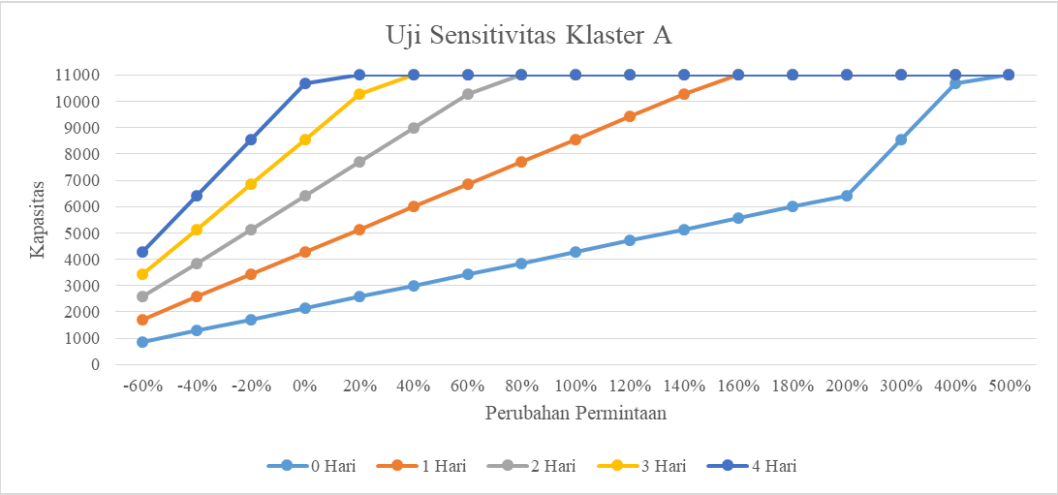
sensitivitas dilakukan untuk setiap klaster yang terdiri dari klaster A, B, C, D, dan E. Uji sensitivitas dari setiap klaster adalah sebagai berikut.

4.2.11.1.1 Uji Sensitivitas Klaster A

Uji sensitivitas klaster A yang terdiri dari konsumen kota Bangil, Probolinggo, dan Pasuruan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.62 Uji Sensitivitas Klaster A

Perubahan Permintaan	Durasi Waktu Pengiriman yang Dijanjikan				
	0 Hari	1 Hari	2 Hari	3 Hari	4 Hari
-60%	856	1711	2567	3422	4278
-40%	1283	2567	3850	5134	6417
-20%	1711	3422	5134	6845	8556
0%	2139	4278	6417	8556	10695
20%	2567	5134	7700	10267	11000
40%	2995	5989	8984	11000	11000
60%	3422	6845	10267	11000	11000
80%	3850	7700	11000	11000	11000
100%	4278	8556	11000	11000	11000
120%	4706	9412	11000	11000	11000
140%	5134	10267	11000	11000	11000
160%	5561	11000	11000	11000	11000
180%	5989	11000	11000	11000	11000
200%	6417	11000	11000	11000	11000
300%	8556	11000	11000	11000	11000
400%	10695	11000	11000	11000	11000
500%	11000	11000	11000	11000	11000



Gambar 4. 21 Grafik Uji Sensitivitas Klaster A

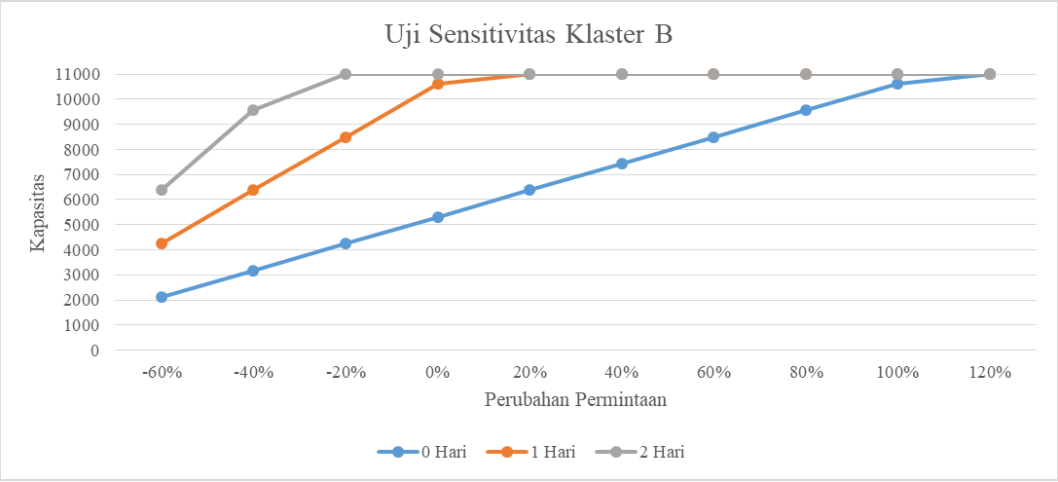
Tabel 4.62 dan Gambar 4.21 menunjukkan bahwa semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin kecil perubahan permintaan. Durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 400%, durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 140%, durasi pengiriman yang dijanjikan 2 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 60%, durasi pengiriman yang dijanjikan 3 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 20%, durasi pengiriman yang dijanjikan 4 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 0% (tetap).

4.2.11.1.2 Uji Sensitivitas Klaster B

Uji sensitivitas klaster B yang terdiri dari konsumen kota Banyuwangi, Bondowoso, dan Jember adalah sebagai berikut.

Tabel 4.63 Uji Sensitivitas Klaster B

Perubahan Permintaan	Durasi Waktu Pengiriman Yang Dijanjikan		
	0 Hari	1 Hari	2 Hari
-60%	2123	4246	6370
-40%	3185	6370	9554
-20%	4246	8493	11000
0%	5308	10616	11000
20%	6370	11000	11000
40%	7431	11000	11000
60%	8493	11000	11000
80%	9554	11000	11000
100%	10616	11000	11000
120%	11000	11000	11000



Gambar 4. 22 Grafik Uji Sensitivitas Klaster B

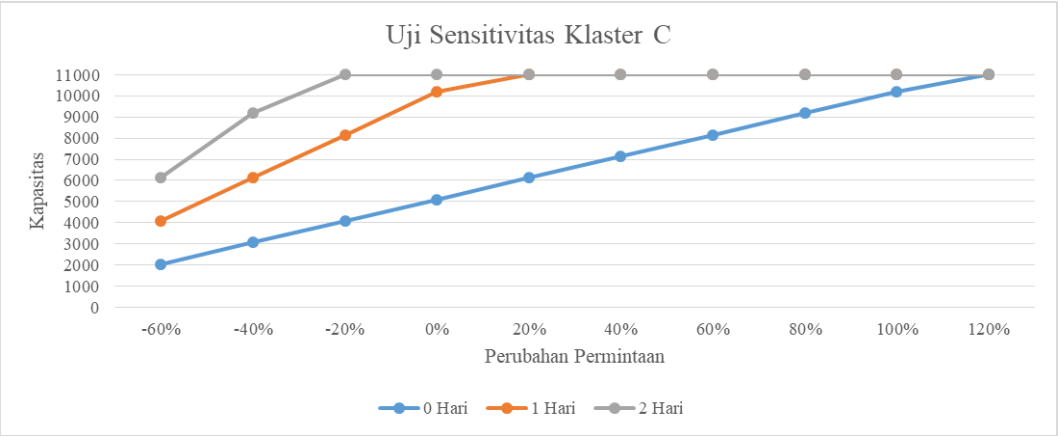
Tabel 4.63 dan Gambar 4.22 menunjukkan bahwa semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin kecil perubahan permintaan. Durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 100%, durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 0% (tetap), dan durasi pengiriman yang dijanjikan 2 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan -40%.

4.2.11.1.3 Uji Sensitivitas Klaster C

Uji sensitivitas klaster C yang terdiri dari konsumen kota Gresik dan Lamongan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.64 Uji Sensitivitas Klaster C

Perubahan Permintaan	Durasi Waktu Pengiriman Yang Dijanjikan		
	0 Hari	1 Hari	2 Hari
-60%	2040	4080	6120
-40%	3060	6120	9180
-20%	4080	8160	11000
0%	5100	10200	11000
20%	6120	11000	11000
40%	7140	11000	11000
60%	8160	11000	11000
80%	9180	11000	11000
100%	10200	11000	11000
120%	11000	11000	11000



Gambar 4. 23 Grafik Uji Sensitivitas Klaster C

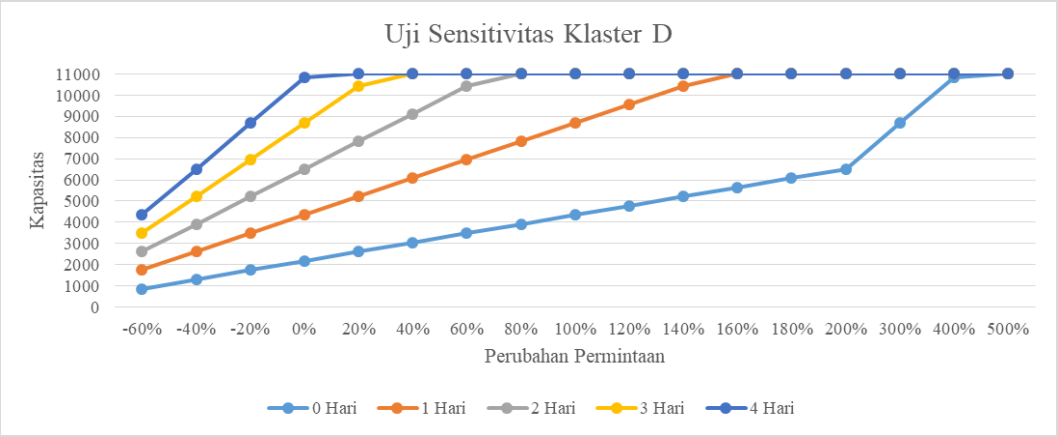
Tabel 4.64 dan Gambar 4.23 menunjukkan bahwa semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin kecil perubahan permintaan. Durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 100%, durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 0% (tetap), dan durasi pengiriman yang dijanjikan 2 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan -40%.

4.2.11.1.4 Uji Sensitivitas Klaster D

Uji sensitivitas klaster D yang terdiri dari konsumen kota Lumajang dan Malang adalah sebagai berikut.

Tabel 4.65 Uji Sensitivitas Klaster D

Perubahan Permintaan	Durasi Waktu Pengiriman Yang Dijanjikan				
	0 Hari	1 Hari	2 Hari	3 Hari	4 Hari
-60%	868	1736	2604	3472	4340
-40%	1302	2604	3907	5209	6511
-20%	1736	3472	5209	6945	8681
0%	2170	4340	6511	8681	10851
20%	2604	5208	7813	10417	11000
40%	3038	6076	9115	11000	11000
60%	3472	6944	10418	11000	11000
80%	3906	7812	11000	11000	11000
100%	4340	8680	11000	11000	11000
120%	4774	9548	11000	11000	11000
140%	5208	10416	11000	11000	11000
160%	5642	11000	11000	11000	11000
180%	6076	11000	11000	11000	11000
200%	6510	11000	11000	11000	11000
300%	8680	11000	11000	11000	11000
400%	10850	11000	11000	11000	11000
500%	11000	11000	11000	11000	11000



Gambar 4. 24 Grafik Uji Sensitivitas Klaster D

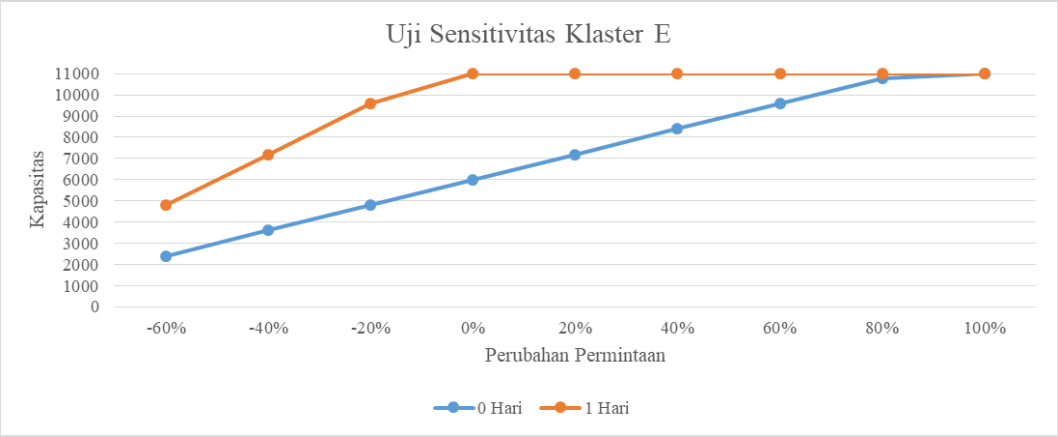
Tabel 4.65 dan Gambar 4.24 menunjukkan bahwa semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin kecil perubahan permintaan. Durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 400%, durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 140%, durasi pengiriman yang dijanjikan 2 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 60%, durasi pengiriman yang dijanjikan 3 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 20%, durasi pengiriman yang dijanjikan 4 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 0% (tetap).

4.2.11.1.5 Uji Sensitivitas Klaster E

Uji sensitivitas klaster E yang terdiri dari konsumen kota Mojokerto, Sidoarjo, dan Surabaya adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 66 Uji Sensitivitas Klaster E

Perubahan Permintaan	Durasi Waktu Pengiriman Yang Dijanjikan	
	0 Days	1 Days
-60%	2398	4796
-40%	3598	7195
-20%	4797	9593
0%	5996	11000
20%	7195	11000
40%	8394	11000
60%	9594	11000
80%	10793	11000
100%	11000	11000



Gambar 4. 25 Grafik Uji Sensitivitas Klaster E

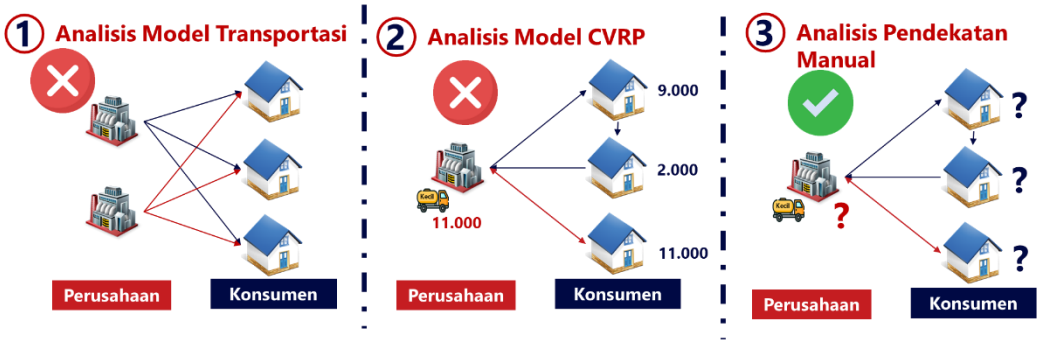
Tabel 4.66 dan Gambar 4.25 menunjukkan bahwa semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin kecil perubahan permintaan. Durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan 80% dan durasi pengiriman yang dijanjikan 1 hari bisa dilakukan sampai perubahan permintaan -20%.

BAB 5
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai analisis dan pembahasan dari hasil penelitian Tugas Akhir yang telah dilakukan yang terdiri dari analisis penentuan kelompok konsumen (klaster), analisis persediaan konsumen, analisis simulasi monte carlo kondisi awal, analisis simulasi monte carlo kondisi perbaikan, analisis perbandingan skenario, dan analisis uji sensitivitas.

5.1 Analisis Penentuan Kelompok Konsumen (Klaster)

Penentuan kelompok konsumen dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan model *transportasion problem* (model transportasi), model VRP (*Vehicle Routing Problem*) khususnya CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*), dan pendekatan manual. Ilustrasi penentuan kelompok konsumen (klaster) adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 1 Ilustrasi Penentuan Kelompok Konsumen (Klaster)

Gambar 5.1 menunjukkan bahwa penentuan kelompok konsumen dapat dilakukan dengan pendekatan optimal karena tergantung dari jumlah sumber (perusahaan), jumlah tujuan (konsumen), jumlah persediaan, dan jumlah permintaan. Berikut penjelasan untuk setiap cara penentuan kelompok konsumen (klaster).

5.1.1 Analisis Model Transportasi

Model *transportation problem* (Model transportasi) adalah sebuah model *linear programming* yang digunakan untuk menentukan jumlah produk yang dikirim yang berasal dari beberapa sumber (*origin*) menuju ke beberapa tujuan dengan batasan kapasitas pasokan dari lokasi sumber dan permintaan dari lokasi tujuan sehingga menghasilkan biaya pengiriman yang murah (Taha, 2007). Model transportasi bertujuan untuk meminumkan biaya dengan variabel keputusan adalah pengiriman dari beberapa sumber ke beberapa tujuan. Model transportasi dikatakan seimbang (*balanced transportation*) ketika jumlah pasokan sama dengan jumlah permintaan.

Dalam pengiriman produk dari perusahaan ke konsumen, model transportasi cocok digunakan ketika terdapat beberapa perusahaan sebagai sumber pengiriman dan beberapa konsumen sebagai tujuan pengiriman. Hasil dari model transportasi ini adalah menentukan kelompok konsumen (klaster) dari setiap perusahaan untuk beberapa konsumen yang merupakan daerah cakupan (*coverage area*) dari perusahaan tersebut dengan memerhatikan pasokan perusahaan dan permintaan konsumen.

Permasalahan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah menentukan kelompok konsumen (klaster) dari satu perusahaan (PT X) untuk 35 konsumen dengan permintaan hanya dilakukan beberapa kali selama 6 bulan terhitung dari bulan Juli 2019 sampai dengan Desember 2019. Sehingga model transportasi tidak cocok digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian Tugas Akhir ini. Perlu dilakukan metode lain untuk penentuan kelompok konsumen (klaster).

5.1.2 Analisis Model CVRP

Model CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*) adalah model VRP yang mempertimbangkan kapasitas angkut kendaraan. Model CVRP dapat dilakukan dengan satu atau lebih sumber (*origin*) menuju ke beberapa tujuan. Penentuan rute akan berhenti ketika kapasitas kendaraan sudah penuh dan tidak bisa menampung permintaan konsumen lagi. Setelah kapasitas kendaraan penuh, maka dilakukan rute perjalanan dari depot (perusahaan) menuju ke beberapa konsumen

dan kembali ke depot. Penentuan rute ini akan selalu terbentuk hingga seluruh permintaan konsumen dipenuhi.

Model CVRP digunakan ketika permintaan dari konsumen telah diketahui di awal dan pemesanan dari permintaan dilakukan cenderung stabil baik dari waktu dan jumlah permintaan. Permasalahan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah konsumen tidak melakukan pemesanan permintaan setiap saat. Permintaan dari konsumen hanya dilakukan beberapa kali selama 6 bulan terhitung dari bulan Juli 2019 sampai dengan Desember 2019. Selain itu, jumlah permintaan dari konsumen cenderung berbeda setiap kali pesan yang akan menyebabkan rata-rata permintaan yang tidak sesuai dan standar deviasi yang tinggi dari permintaan setiap konsumennya.

Permasalahan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah menentukan kelompok konsumen (klaster) dari satu perusahaan (PT X) untuk 35 konsumen dengan permintaan hanya dilakukan beberapa kali selama 6 bulan terhitung dari bulan Juli 2019 sampai dengan Desember 2019. Sehingga model CVRP tidak cocok digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian Tugas Akhir ini meskipun model CVRP dapat dilakukan untuk satu depot. Perlu dilakukan metode lain untuk penentuan kelompok konsumen (klaster).

5.1.3 Analisis Pendekatan Manual

Pendekatan manual dalam penentuan kelompok konsumen (klaster) dilakukan dengan menyesuaikan permasalahan dari objek amatan penelitian Tugas Akhir ini. Pendekatan manual dilakukan karena sudah tidak ada model atau metode yang sesuai untuk menyelesaikan permasalahan dari penelitian Tugas Akhir ini. Permasalahan tersebut adalah menentukan kelompok konsumen (klaster) dari satu perusahaan (PT X) untuk 35 konsumen dengan permintaan hanya dilakukan beberapa kali selama 6 bulan terhitung dari bulan Juli 2019 sampai dengan Desember 2019. Oleh karena itu, penentuan kelompok konsumen (klaster) yang paling tepat adalah dengan pendekatan manual. Adapun syarat dalam penentuan kelompok konsumen (klaster) adalah sebagai berikut.

1. Memerhatikan jarak yang berdekatan.
2. Akses jalur kendaraan yang sama.

3. *Trial and error* dari permintaan produk.
4. Data historis klaster pengiriman.

5.2 Analisis Persediaan Konsumen

Sistem pengiriman produk kondisi awal adalah dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah maksimal satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen. Oleh karena itu, perusahaan bisa jadi akan melakukan pengiriman kepada konsumen meskipun kapasitas truk likuifaksi gas belum mencapai kapasitas maksimal (tidak penuh) yang mengakibatkan utilitas truk rendah. Penelitian Tugas Akhir ini adalah melakukan evaluasi sistem pengiriman tersebut dengan merubah durasi pengiriman yang dijanjikan adalah lebih dari satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen dengan strategi konsolidasi pengiriman. Durasi pengiriman yang dijanjikan ditetapkan dengan melakukan percobaan yang dimulai waktu pengiriman yang dijanjikan sesuai dengan kondisi awal hingga mencapai utilitas tertinggi dari truk pengiriman. Contohnya apabila durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 5 hari, maka pengiriman dapat dilakukan sebelum 5 hari asalkan telah mencapai kapasitas maksimal dari truk pengiriman atau sudah mencapai batas kelipatan maksimal yang telah ditetapkan.

Berdasarkan Data permintaan pada bulan Juni 2019 sampai dengan Desember 2019 menunjukkan bahwa jumlah pemesanan dari konsumen tidak dilakukan setiap hari atau bisa dikatakan kurang dari 184 hari (6 bulan). Berdasarkan data permintaan tersebut, rata-rata konsumen melakukan pemesanan produk Oksigen (O2) cair adalah 25 hari dari 184 hari (6 bulan) artinya bahwa rata-rata konsumen membeli produk untuk kebutuhan 8 hari. Selain itu, terdapat konsumen yang hanya melakukan pemesanan 4 kali dalam 6 bulan artinya bahwa konsumen membeli produk untuk kebutuhan 46 hari. Ketika waktu pemesanan produk (*Reorder Point*) digeser lebih lama bahkan mencapai 4 hari, maka tidak masalah karena rata-rata persediaan masih sama.

Pergeseran ROP yaitu awalnya ROP 1 menjadi ROP 2 (bergeser 3 hari) belum tentu menaikkan rata-rata persediaan. Karena konsumen membeli produk untuk jangka panjang dan kapasitas gudang tidak langsung habis setiap hari. Sehingga konsolidasi pengiriman hanya menyebabkan waktu pemesanan produk

(*Reorder Point*) bergeser saat melakukan pesanan, tetapi jumlah produk yang dipesan bisa jadi sama sebesar Q. Sehingga rata-rata persediaan bernilai sama untuk jumlah permintaan produk yang konstan.

Konsekuensi dari konsolidasi pengiriman ini adalah konsumen hanya boleh melakukan pemesanan sesuai waktu yang telah ditentukan perusahaan dan perusahaan diperbolehkan mengakses level persediaan konsumen. Dengan mengakses level persediaan konsumen, maka perusahaan dapat mengirimkan produk sesuai dengan kapasitas tangki (kapasitas gudang) dari konsumen. Dengan adanya konsolidasi pengiriman akan meningkatkan penghematan bagi perusahaan dan bagi konsumen. Perusahaan akan mengeluarkan biaya yang sedikit dan konsumen akan diberikan bonus atau diskon yang diambil dari penghematan adanya konsolidasi pengiriman.

5.3 Analisis Simulasi Monte Carlo Kondisi Awal

Simulasi monte carlo hanya dilakukan untuk truk kecil karena untuk mencapai kapasitas maksimal dari truk besar membutuhkan durasi pengiriman adalah lebih dari 10 hari. Perhitungan durasi pengiriman yang dijanjikan untuk 10 hari hanya mencapai 14.070 kg dari 25.000 kg (56%) saja. Hal ini tidak dapat diaplikasikan perusahaan kepada konsumen karena konsumen akan menunggu terlalu lama untuk pengiriman produknya. Sehingga strategi konsolidasi pengiriman tidak cocok untuk truk besar.

Dalam memenuhi permintaan likuifaksi gas kondisi awal dengan truk kecil, PT X menerapkan sistem pengiriman produk kondisi awal adalah dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah maksimal satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen (durasi pengiriman maksimal yang dijanjikan adalah 1 hari). Apabila pemesanan dilakukan pada hari Senin, maka pengiriman harus dilakukan maksimal pada hari Selasa begitu juga seterusnya. Oleh karena itu, perusahaan bisa jadi akan melakukan pengiriman kepada konsumen meskipun kapasitas truk likuifaksi gas belum mencapai kapasitas maksimal (tidak penuh). Sistem pengiriman tersebut akan menyebabkan ketidakefisienan bagi perusahaan karena tidak mencapai kapasitas maksimal dari truk likuifaksi gas (utilitas truk

rendah). Ketidakefisienan yang akan dialami PT X adalah dari segi jarak, waktu, dan biaya.

Simulasi monte carlo kondisi awal dilakukan untuk setiap klaster yaitu A, B, C, D, dan E dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari (pada hari itu) dan 1 hari. Keluaran dari simulasi ini adalah total pengiriman dari beberapa konsumen dalam 1 klaster, total utilitas truk, total trip, total pengiriman sebelum batas kelipatan durasi, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya untuk setiap klaster. Simulasi dilakukan dengan mengalikan persentase pesan dengan *fitting* distribusi untuk setiap konsumen dalam satu klaster. Hal ini dilakukan karena konsumen tidak melakukan pemesanan setiap hari, sehingga terdapat probabilitas konsumen melakukan pemesanan atau tidak. Kemudian dilakukan penjumlahan setiap konsumen tersebut sehingga mengetahui permintaan konsumen dan satu klaster tersebut. Simulasi tersebut juga menunjukkan bahwa ketika durasi pengiriman yang dijanjikan mencapai batas maksimal (1 hari), PT X tetap bisa mengirimkan produk Oksigen (O2) cair kepada konsumen sebelum batas durasi pengiriman yang dijanjikan apabila kapasitas truk sudah penuh dan pesanan yang telah mencapai kelipatan durasi dapat dilakukan pengiriman pada hari itu juga tepatnya pada sore hari pada saat tutup perusahaan.

5.4 Analisis Simulasi Monte Carlo Kondisi Perbaikan

Dalam memenuhi permintaan likuifaksi gas kondisi perbaikan, PT X menerapkan sistem pengiriman produk kondisi perbaikan adalah dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah lebih dari satu hari setelah adanya pemesanan dari konsumen. Simulasi monte carlo kondisi perbaikan dilakukan untuk setiap klaster yaitu A, B, C, D, dan E dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 2 hari sampai memaksimalkan utilitas truk dan total biaya. Keluaran dari simulasi ini adalah total pengiriman dari beberapa konsumen dalam 1 klaster, total utilitas truk, total trip, total pengiriman sebelum batas kelipatan durasi, rute pengiriman, total jarak, total waktu, dan total biaya untuk setiap klaster. Simulasi dilakukan dengan mengalikan persentase pesan dengan *fitting* distribusi untuk setiap konsumen dalam satu klaster. Hal ini dilakukan karena konsumen tidak melakukan pemesanan setiap hari, sehingga terdapat probabilitas konsumen melakukan pemesanan atau tidak.

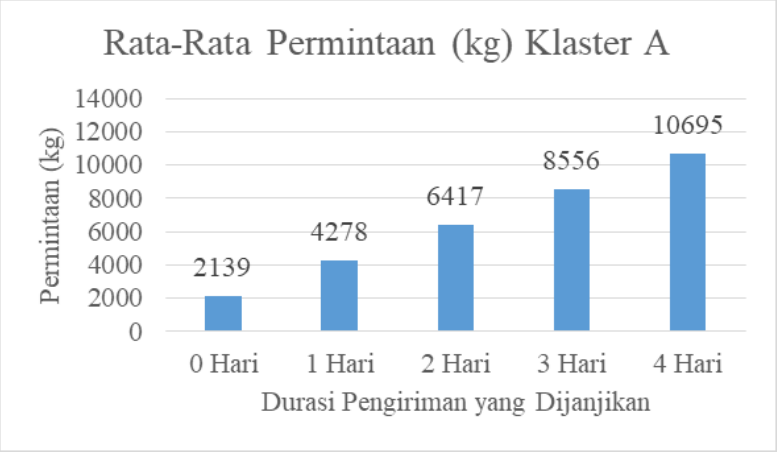
Kemudian dilakukan penjumlahan setiap konsumen tersebut sehingga mengetahui permintaan konsumen dan satu klaster tersebut. Simulasi tersebut juga menunjukkan bahwa ketika durasi pengiriman yang dijanjikan mencapai batas maksimal (2 hari, 3 hari, dst), PT X tetap bisa mengirimkan produk Oksigen (O2) cair kepada konsumen sebelum batas durasi pengiriman yang dijanjikan apabila kapasitas truk sudah penuh dan pesanan yang telah mencapai kelipatan durasi dapat dilakukan pengiriman pada hari itu juga tepatnya pada sore hari pada saat tutup perusahaan.

5.5 Analisis Perbandingan Skenario

Perbandingan skenario dilakukan dengan membandingkan antara skenario simulasi monte carlo yang telah dibuat. Perbandingan yang dilakukan adalah penentuan durasi pengiriman yang dilakukan untuk setiap klaster yaitu klaster A, B, C, D, dan E. Penjelasan perbandingan skenario simulasi monte carlo untuk setiap klaster adalah sebagai berikut.

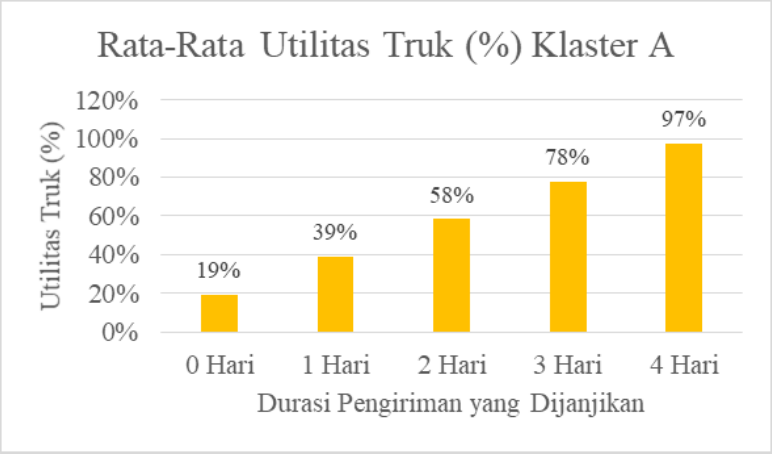
5.5.1 Analisis Perbandingan Skenario Simulasi Monte Carlo Klaster A

Simulasi monte carlo klaster A dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari, 1 hari, 2 hari, 3 hari, dan 4 hari yang terdiri dari konsumen kota Bangil, Probolinggo, dan Pasuruan. Hasil dari simulasi monte carlo terdiri dari rata-rata permintaan, rata-rata utilitas truk, total trip, total jarak, dan total waktu. Grafik rata-rata permintaan untuk klaster A adalah sebagai berikut.



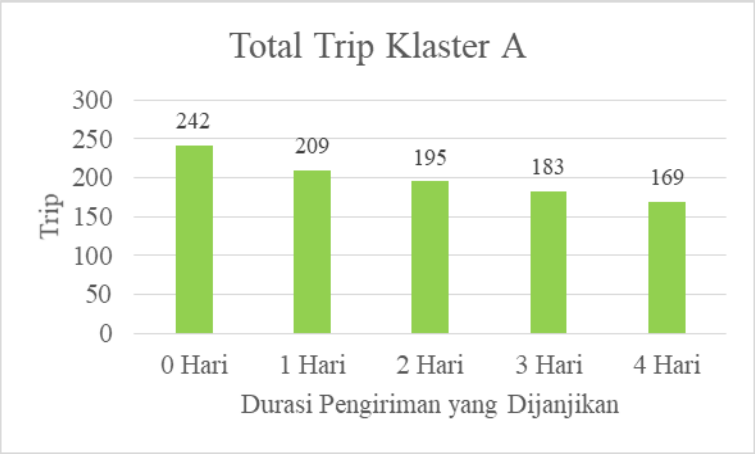
Gambar 5. 2 Grafik Rata-Rata Permintaan Klaster A

Gambar 5.2 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding lurus dengan rata-rata permintaan pada klaster A. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin besar rata-rata permintaan. Grafik rata-rata utilitas truk untuk klaster A adalah sebagai berikut.



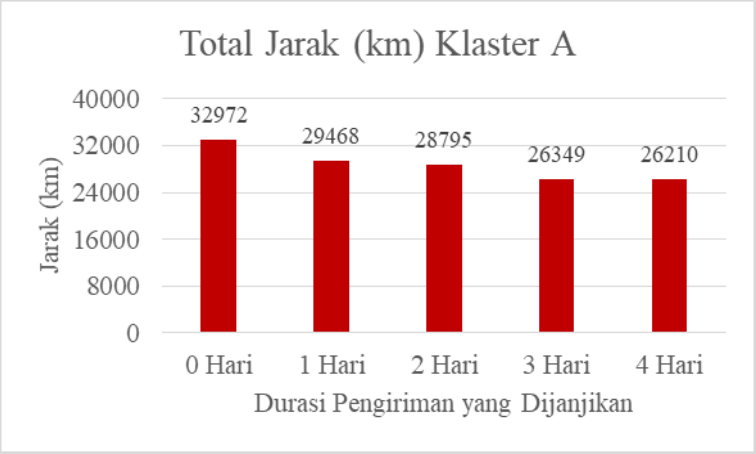
Gambar 5. 3 Grafik Rata-Rata Utilitas Truk Klaster A

Gambar 5.3 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding lurus dengan rata-rata utilitas truk pada klaster A. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin besar rata-rata utilitas truk. Grafik total trip untuk klaster A adalah sebagai berikut.



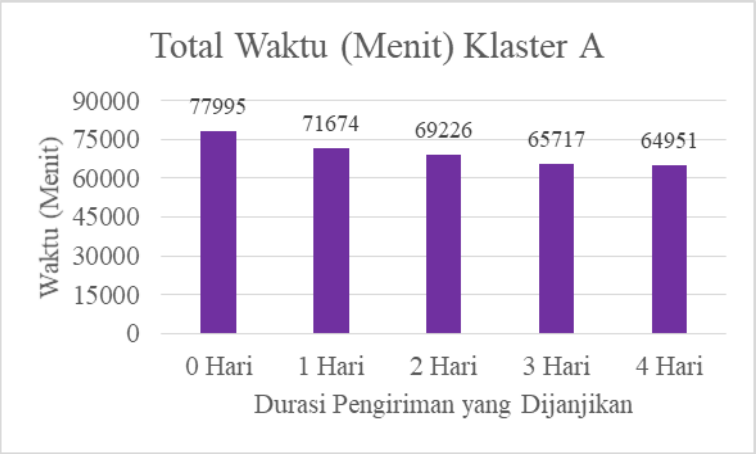
Gambar 5. 4 Grafik Total Trip Klaster A

Gambar 5.4 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total trip pada klaster A. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total trip. Grafik total jarak untuk klaster A adalah sebagai berikut.



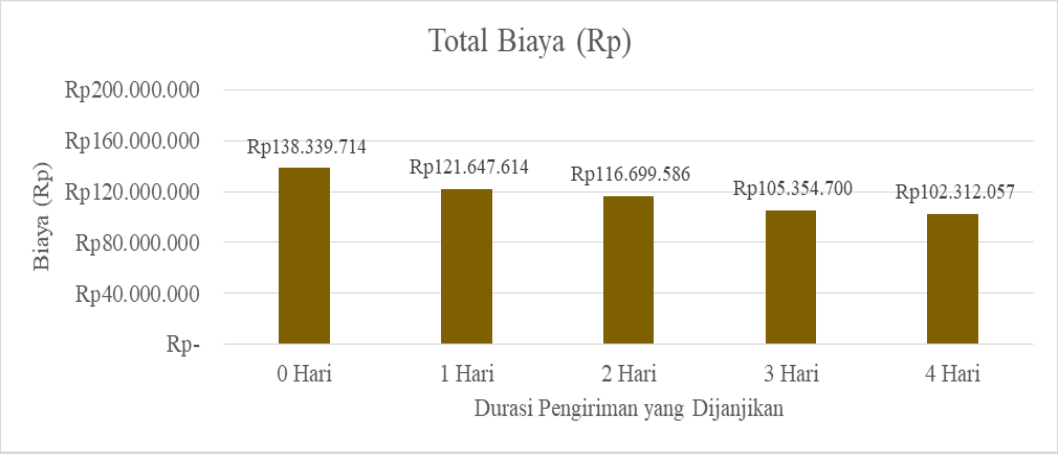
Gambar 5. 5 Grafik Total Jarak Klaster A

Gambar 5.5 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total jarak pada klaster A. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total jarak. Grafik total waktu untuk klaster A adalah sebagai berikut.



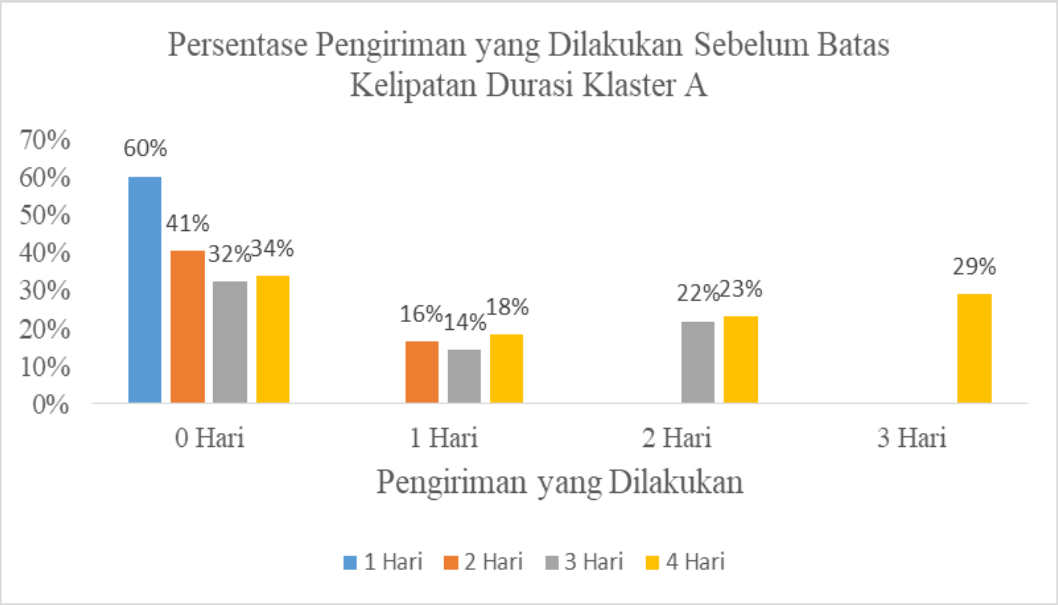
Gambar 5. 6 Grafik Total Waktu Klaster A

Gambar 5.6 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total waktu pada klaster A. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total waktu. Grafik total biaya untuk klaster A adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 7 Grafik Total Biaya Klaster A

Gambar 5.7 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total biaya pada klaster A. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total biaya. Berdasarkan Gambar 5.2 sampai Gambar 5.7, dapat disimpulkan bahwa simulasi monte carlo klaster A terdiri dari durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari, 1 hari, 2 hari, 3 hari, dan 4 hari dengan penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 4 hari karena memaksimalkan utilitas truk dengan rata-rata permintaan sebesar 10.695 kg, rata-rata utilitas sebesar 97%, total trip sebesar 169, totak jarak sebesar 26.210 km, total waktu sebesar 64.951 menit, dan total biaya sebesar Rp 102.312.057 dengan replikasi sebanyak 600. Meskipun penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 4 hari, tetapi PT X dapat melakukan pengiriman sebelum 4 hari (0 hari, 1 hari, 2 hari, dan 3 hari) apabila kapasitas truk sudah maksimal dan telah mencapai batas kelipatan durasi pengiriman yang dijanjikan. Persentase pengiriman yang dilakukan sebelum batas kelipatan durasi adalah sebagai berikut.

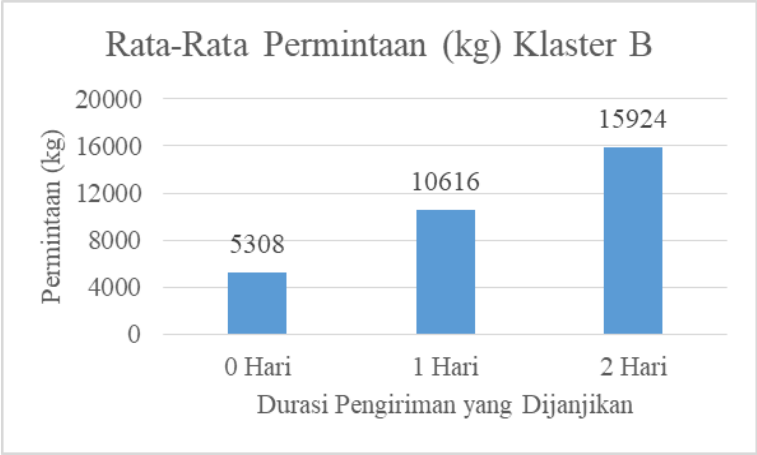


Gambar 5. 8 Grafik Persentase Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster A

Gambar 5.8, menunjukkan bahwa rata-rata persentase pengiriman yang dilakukan 0 hari sebesar 42%, 1 hari sebesar 16%, 2 hari sebesar 23%, dan 3 hari sebesar 29%. Penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan untuk klaster A adalah 4 hari, maka pengiriman dapat dilakukan sebesar 34% pada 0 hari, 18% pada 1 hari, 23% pada 2 hari, dan 29% pada 3 hari.

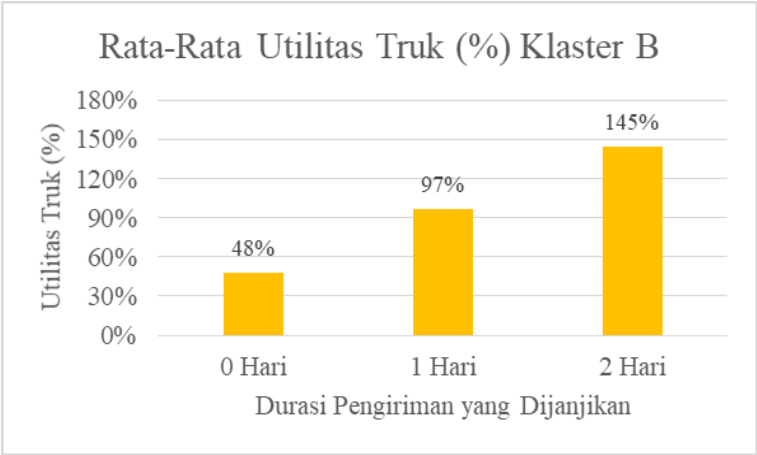
5.5.2 Analisis Perbandingan Skenario Simulasi Monte Carlo Klaster B

Simulasi monte carlo klaster B dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari, 1 hari, dan 2 hari yang terdiri dari konsumen kota Banyuwangi, Bondowoso, dan Jember. Hasil dari simulasi monte carlo terdiri dari rata-rata permintaan, rata-rata utilitas truk, total trip, total jarak, dan total waktu. Grafik rata-rata permintaan untuk klaster B adalah sebagai berikut.



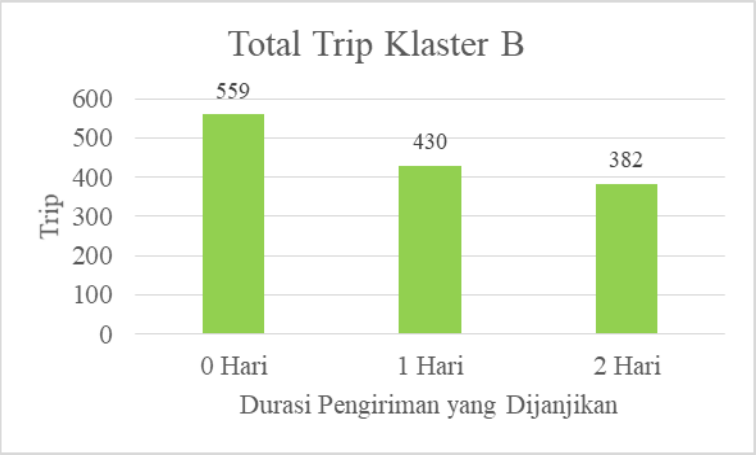
Gambar 5. 9 Grafik Rata-Rata Permintaan Klaster B

Gambar 5.9 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding lurus dengan rata-rata permintaan pada klaster B. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin besar rata-rata permintaan. Grafik rata-rata utilitas truk untuk klaster B adalah sebagai berikut.



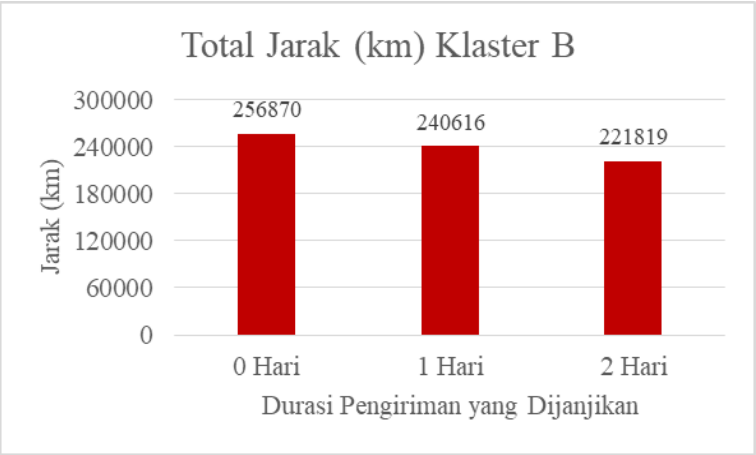
Gambar 5. 10 Grafik Rata-Rata Utilitas Truk Klaster B

Gambar 5.10 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding lurus dengan rata-rata utilitas truk pada klaster B. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin besar rata-rata utilitas truk. Grafik total trip untuk klaster B adalah sebagai berikut.



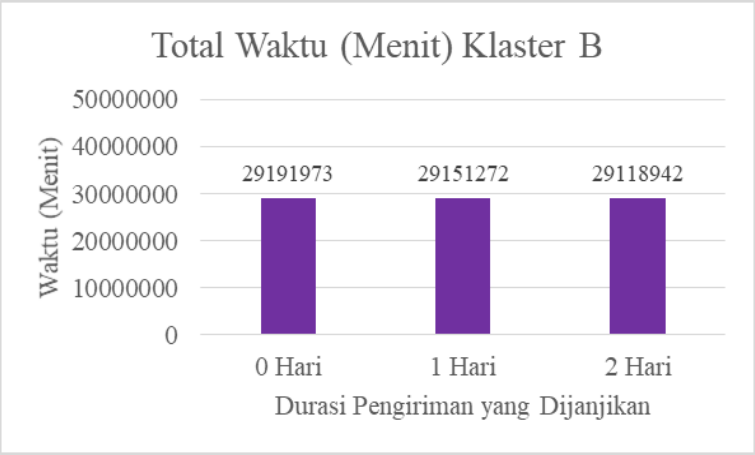
Gambar 5. 11 Grafik Total Trip Klaster B

Gambar 5.11 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total trip pada klaster B. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total trip. Grafik total jarak untuk klaster B adalah sebagai berikut.



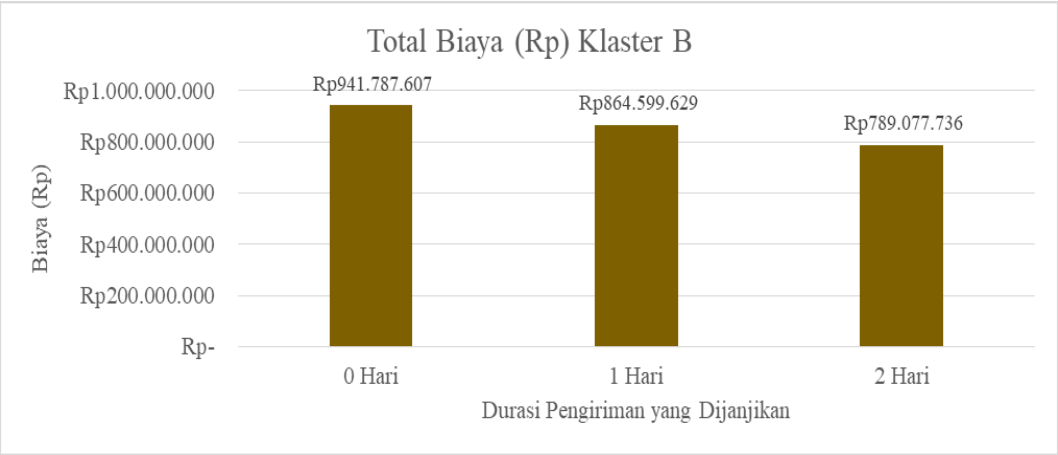
Gambar 5. 12 Grafik Total Jarak Klaster B

Gambar 5.12 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total jarak pada klaster B. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka cenderung semakin sedikit total jarak. Grafik total waktu untuk klaster B adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 13 Grafik Total Waktu Klaster B

Gambar 5.13 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total waktu pada klaster B. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total waktu. Grafik total biaya untuk klaster B adalah sebagai berikut.



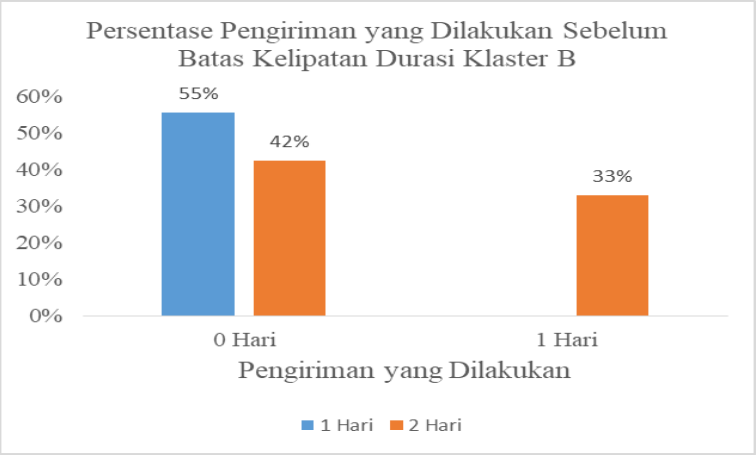
Gambar 5. 14 Grafik Total Biaya Klaster B

Gambar 5.14 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total biaya pada klaster B. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total biaya. Berdasarkan Gambar 5.9 sampai Gambar 5.14, dapat disimpulkan bahwa simulasi monte carlo klaster B terdiri dari durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari, 1 hari, dan 2 hari dengan penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 hari karena

memaksimalkan utilitas truk dengan rata-rata permintaan sebesar 10.616 kg, rata-rata utilitas sebesar 97%, total trip sebesar 440, totak jarak sebesar 240.616 km, total waktu sebesar 29.151.272 menit, dan total biaya sebesar Rp 864.599.629 dengan replikasi sebanyak 600.

Klaster B merupakan klaster dengan jarak konsumen yang cukup jauh dari PT X tetapi penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 hari. Hal ini dilakukan karena permintaan untuk klaster B cenderung banyak sehingga perlu dilakukan pengiriman secepat mungkin (maksimal 1 hari setelah pemesanan). Apabila diperlukan perpanjangan penentuan durasi pengiriman menjadi lebih dari 1 hari, maka PT X harus melakukan investasi untuk penambahan jumlah truk. Penambahan truk dilakukan karena simulasi monte carlo hanya mempertimbangkan satu truk saja dengan kapasitas 11.000 kg. Dengan pertambahan truk, dapat memperpanjang durasi pengiriman yang dijanjikan karena utilitas dari truk awal akan menurun.

Meskipun penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 hari, tetapi PT X dapat melakukan pengiriman sebelum 1 hari (0 hari) apabila kapasitas truk sudah maksimal dan telah mencapai batas kelipatan durasi pengiriman yang dijanjikan. Persentase pengiriman yang dilakukan sebelum batas kelipatan durasi adalah sebagai berikut.

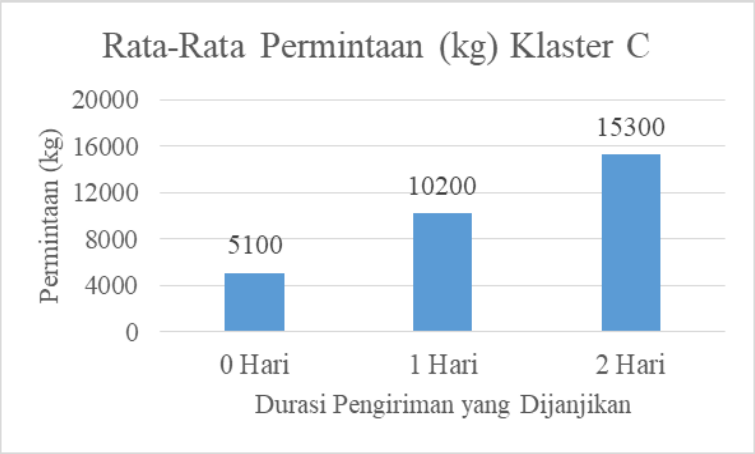


Gambar 5. 15 Grafik Persentase Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster B

Gambar 5.15, menunjukkan bahwa rata-rata persentase pengiriman yang dilakukan 0 hari sebesar 49% dan 1 hari sebesar 33%. Penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan untuk klaster B adalah 1 hari, maka pengiriman dapat dilakukan sebesar 55% pada 0 hari.

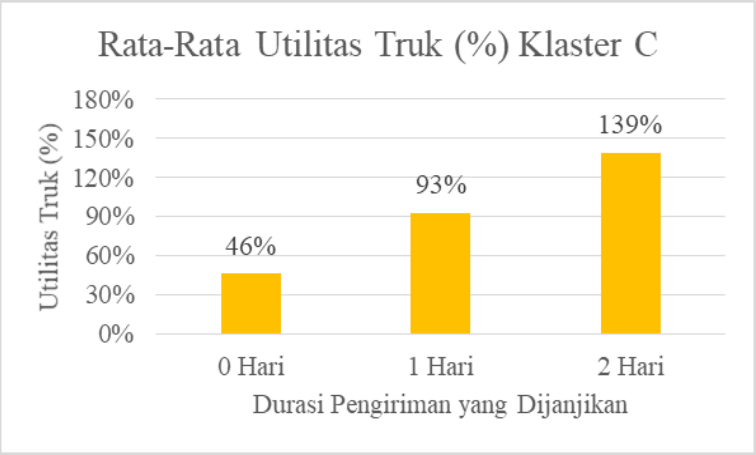
5.5.3 Analisis Perbandingan Skenario Simulasi Monte Carlo Klaster C

Simulasi monte carlo klaster C dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari, 1 hari, dan 2 hari yang terdiri dari konsumen kota Gresik dan Lamongan. Hasil dari simulasi monte carlo terdiri dari rata-rata permintaan, rata-rata utilitas truk, total trip, total jarak, dan total waktu. Grafik rata-rata permintaan untuk klaster C adalah sebagai berikut.



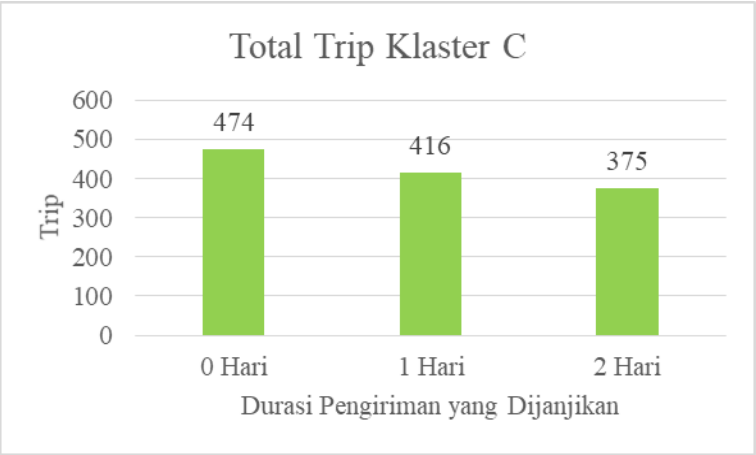
Gambar 5. 16 Grafik Rata-Rata Permintaan Klaster C

Gambar 5.16 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding lurus dengan rata-rata permintaan pada klaster C. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin besar rata-rata permintaan. Grafik rata-rata utilitas truk untuk klaster C adalah sebagai berikut.



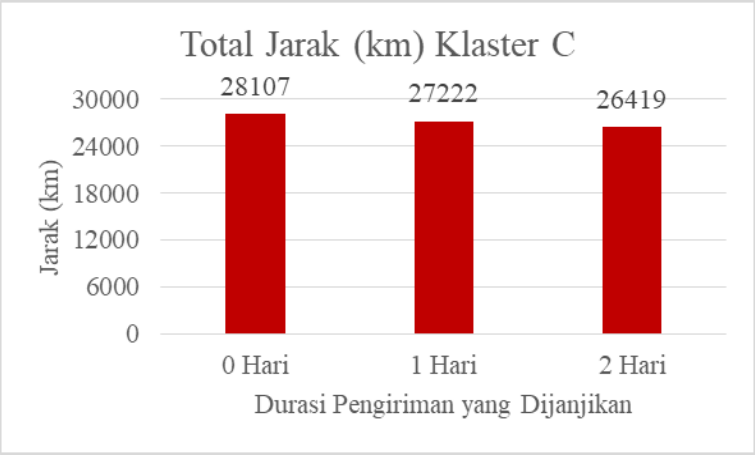
Gambar 5. 17 Grafik Rata-Rata Utilitas Truk Klaster C

Gambar 5.17 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding lurus dengan rata-rata utilitas truk pada klaster C. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin besar rata-rata utilitas truk. Grafik total trip untuk klaster C adalah sebagai berikut.



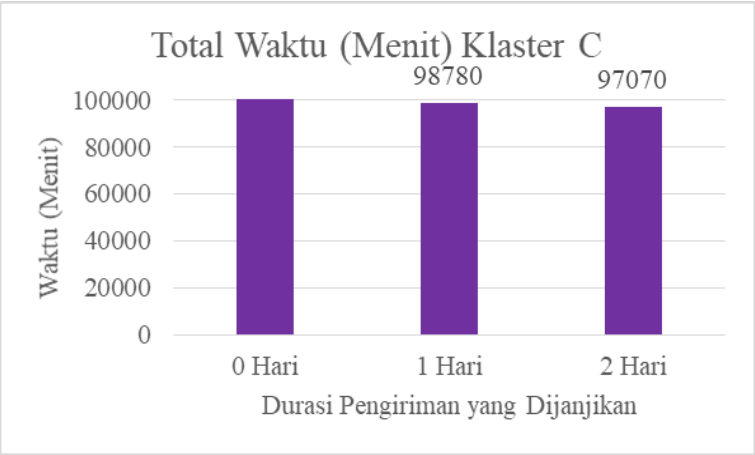
Gambar 5. 18 Grafik Total Trip Klaster C

Gambar 5.18 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total trip pada klaster C. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total trip. Grafik total jarak untuk klaster C adalah sebagai berikut.



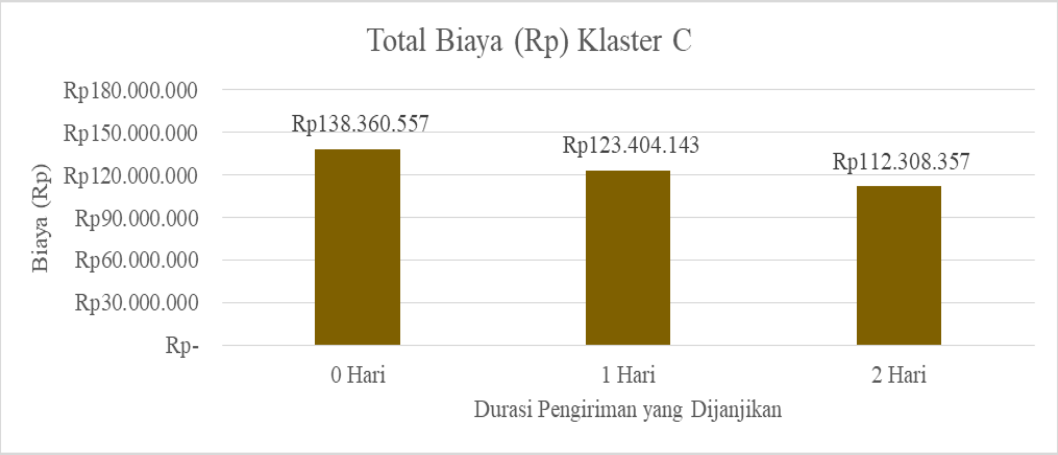
Gambar 5. 19 Grafik Total Jarak Klaster C

Gambar 5.19 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total jarak pada klaster C. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka cenderung semakin sedikit total jarak. Grafik total waktu untuk klaster C adalah sebagai berikut.



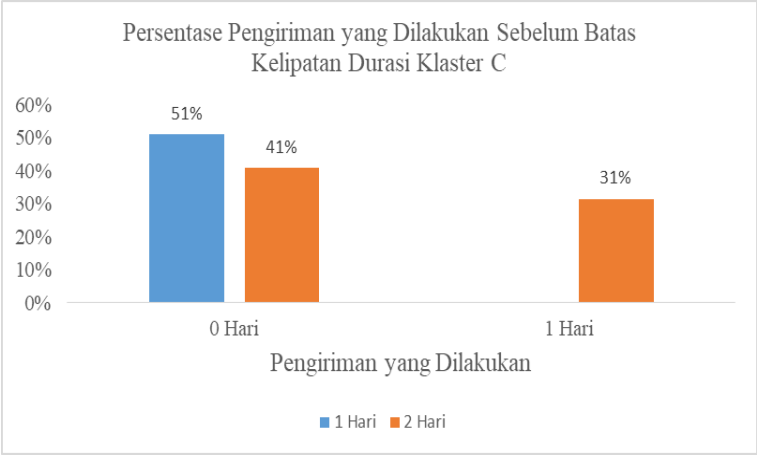
Gambar 5. 20 Grafik Total Waktu Klaster C

Gambar 5.20 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total waktu pada klaster C. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total waktu. Grafik total biaya untuk klaster C adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 21 Grafik Total Biaya Klaster C

Gambar 5.21 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total biaya pada klaster B. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total biaya. Berdasarkan Gambar 5.16 sampai Gambar 5.21, dapat disimpulkan bahwa simulasi monte carlo klaster B terdiri dari durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari, 1 hari, dan 2 hari dengan penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 hari karena memaksimalkan utilitas truk dengan rata-rata permintaan sebesar 10.200 kg, rata-rata utilitas sebesar 93%, total trip sebesar 416, totak jarak sebesar 27.222 km, total waktu sebesar 98.780 menit, dan total biaya sebesar Rp 123.404.143 dengan replikasi sebanyak 600. Meskipun penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 1 hari, tetapi PT X dapat melakukan pengiriman sebelum 1 hari (0 hari) apabila kapasitas truk sudah maksimal dan telah mencapai batas kelipatan durasi pengiriman yang dijanjikan. Persentase pengiriman yang dilakukan sebelum batas kelipatan durasi adalah sebagai berikut.

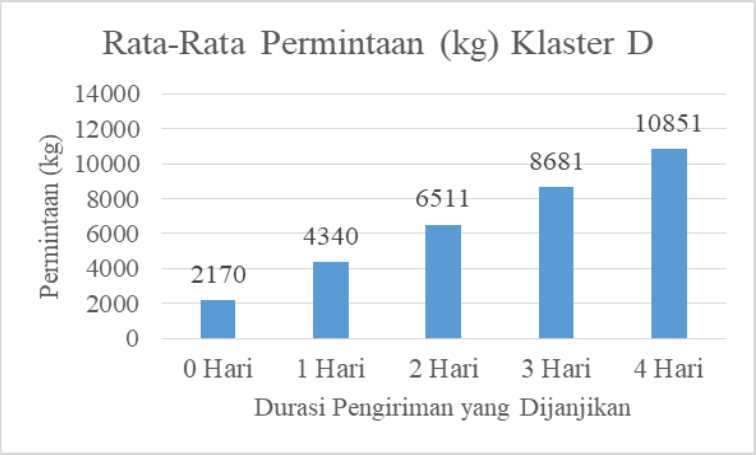


Gambar 5. 22 Grafik Persentase Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster C

Gambar 5.22, menunjukkan bahwa rata-rata persentase pengiriman yang dilakukan 0 hari sebesar 46% dan 1 hari sebesar 31%. Penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan untuk klaster C adalah 1 hari, maka pengiriman dapat dilakukan sebesar 51% pada 0 hari.

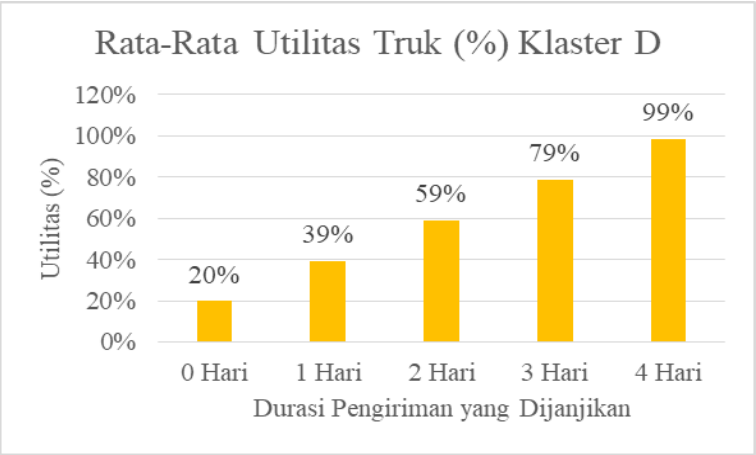
5.5.4 Analisis Perbandingan Skenario Simulasi Monte Carlo Klaster D

Simulasi monte carlo klaster D dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari, 1 hari, 2 hari, 3 hari, dan 4 hari yang terdiri dari konsumen kota Lumajang dan Malang. Hasil dari simulasi monte carlo terdiri dari rata-rata permintaan, rata-rata utilitas truk, total trip, total jarak, dan total waktu. Grafik rata-rata permintaan untuk klaster D adalah sebagai berikut.



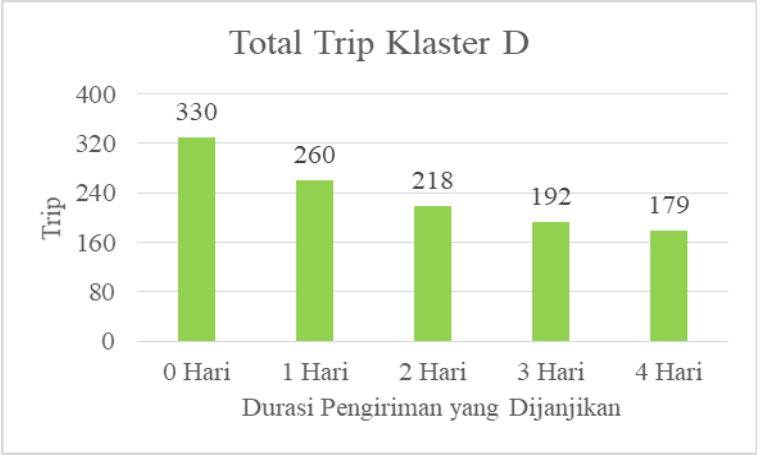
Gambar 5. 23 Grafik Rata-Rata Permintaan Klaster D

Gambar 5.23 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding lurus dengan rata-rata permintaan pada klaster D. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin besar rata-rata permintaan. Grafik rata-rata utilitas truk untuk klaster D adalah sebagai berikut.



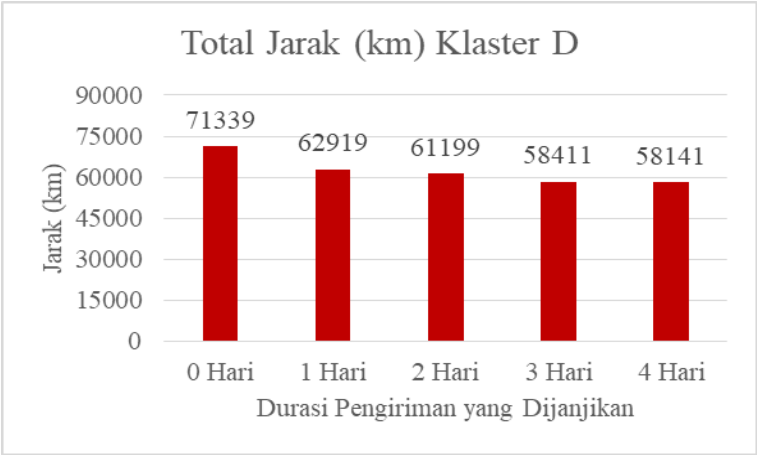
Gambar 5. 24 Grafik Rata-Rata Utilitas Truk Klaster D

Gambar 5.24 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding lurus dengan rata-rata utilitas truk pada klaster D. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin besar rata-rata utilitas truk. Grafik total trip untuk klaster D adalah sebagai berikut.



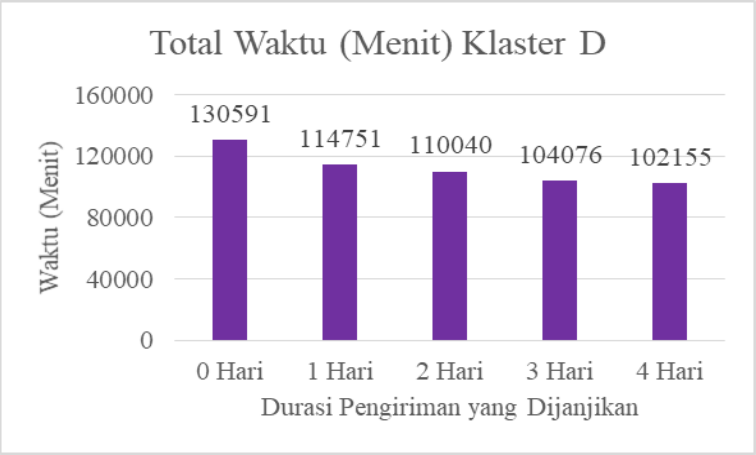
Gambar 5. 25 Grafik Total Trip Klaster D

Gambar 5.25 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total trip pada klaster D. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total trip. Grafik total jarak untuk klaster D adalah sebagai berikut.



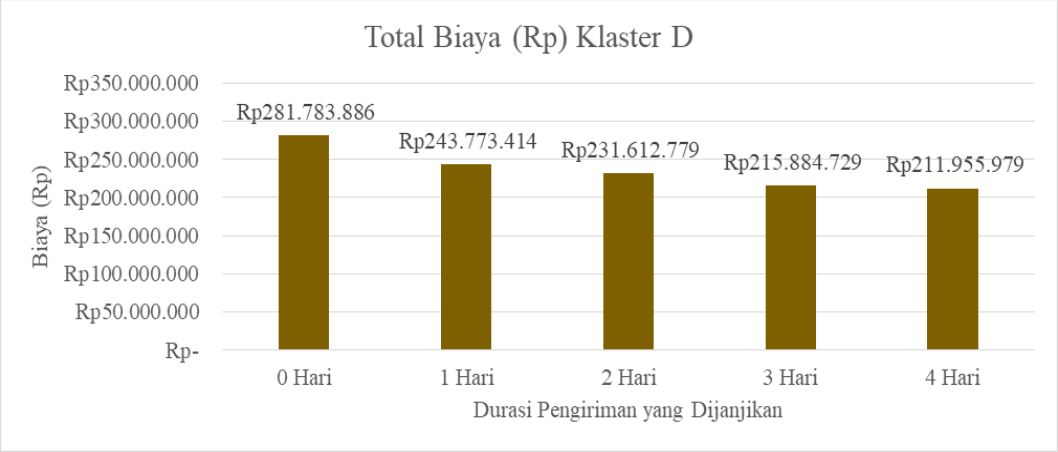
Gambar 5. 26 Grafik Total Jarak Klaster D

Gambar 5.26 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total jarak pada klaster D. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total jarak. Grafik total waktu untuk klaster D adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 27 Grafik Total Waktu Klaster D

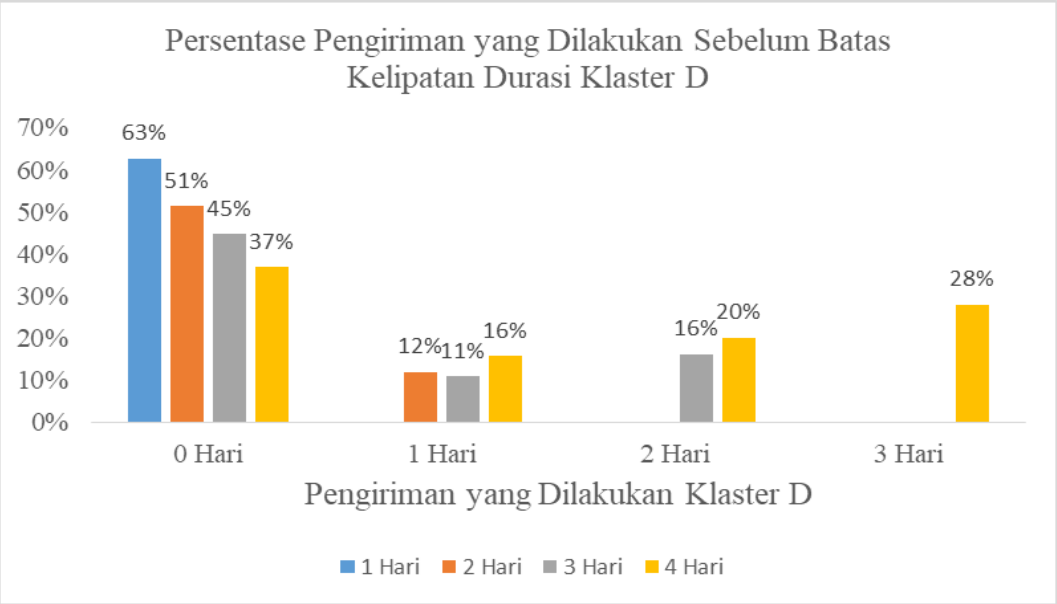
Gambar 5.27 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total waktu pada klaster D. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total waktu. Grafik total biaya untuk klaster D adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 28 Grafik Total Biaya Klaster D

Gambar 5.28 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total biaya pada klaster A. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total biaya. Berdasarkan Gambar 5.23 sampai Gambar 5.28, dapat disimpulkan bahwa simulasi monte carlo klaster A terdiri dari durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari, 1 hari, 2 hari, 3 hari, dan 4 hari dengan penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 4 hari karena

memaksimalkan utilitas truk dengan rata-rata permintaan sebesar 10.851 kg, rata-rata utilitas sebesar 99%, total trip sebesar 179, totak jarak sebesar 58.141 km, total waktu sebesar 102.155 menit, dan total biaya sebesar Rp 211.995.979 dengan replikasi sebanyak 600. Meskipun penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 4 hari, tetapi PT X dapat melakukan pengiriman sebelum 4 hari (0 hari, 1 hari, 2 hari, dan 3 hari) apabila kapasitas truk sudah maksimal dan telah mencapai batas kelipatan durasi pengiriman yang dijanjikan. Persentase pengiriman yang dilakukan sebelum batas kelipatan durasi adalah sebagai berikut.



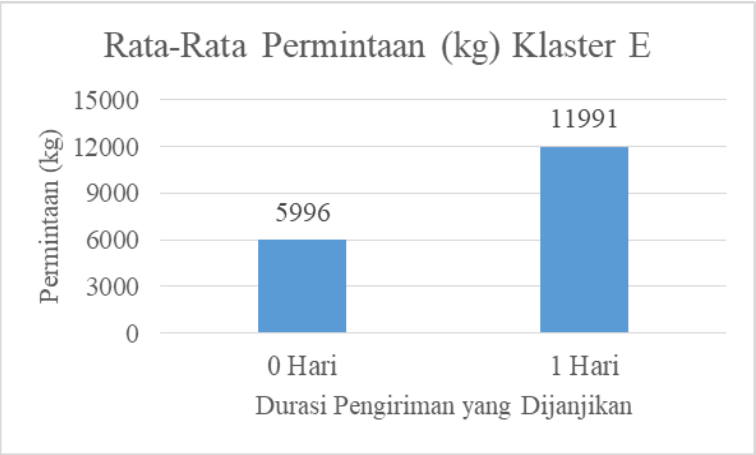
Gambar 5. 29 Grafik Persentase Pengiriman Sebelum Batas Kelipatan Durasi Klaster D

Gambar 5.29, menunjukkan bahwa rata-rata persentase pengiriman yang dilakukan 0 hari sebesar 49%, 1 hari sebesar 13%, 2 hari sebesar 18%, dan 3 hari sebesar 28%. Penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan untuk klaster D adalah 4 hari, maka pengiriman dapat dilakukan sebesar 37% pada 0 hari, 18% pada 1 hari, 23% pada 2 hari, dan 28% pada 3 hari.

5.5.5 Analisis Perbandingan Skenario Simulasi Monte Carlo Klaster E

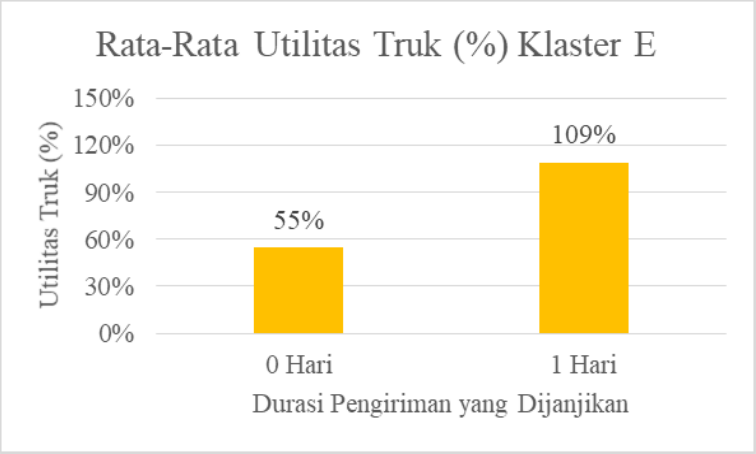
Simulasi monte carlo klaster E dilakukan dengan durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari dan 1 hari yang terdiri dari konsumen kota Mojokerto,

Sidoarjo, dan Surabaya. Hasil dari simulasi monte carlo terdiri dari rata-rata permintaan, rata-rata utilitas truk, total trip, total jarak, dan total waktu. Grafik rata-rata permintaan untuk klaster E adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 30 Grafik Rata-Rata Permintaan Klaster E

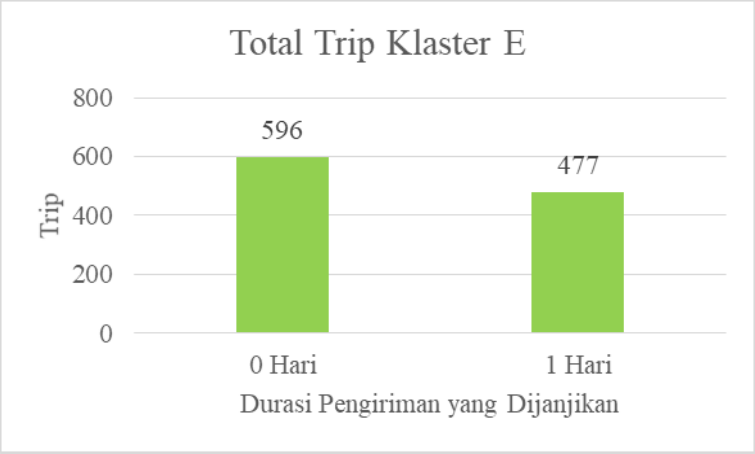
Gambar 5.30 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding lurus dengan rata-rata permintaan pada klaster E. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin besar rata-rata permintaan. Grafik rata-rata utilitas truk untuk klaster E adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 31 Grafik Rata-Rata Utilitas Truk Klaster E

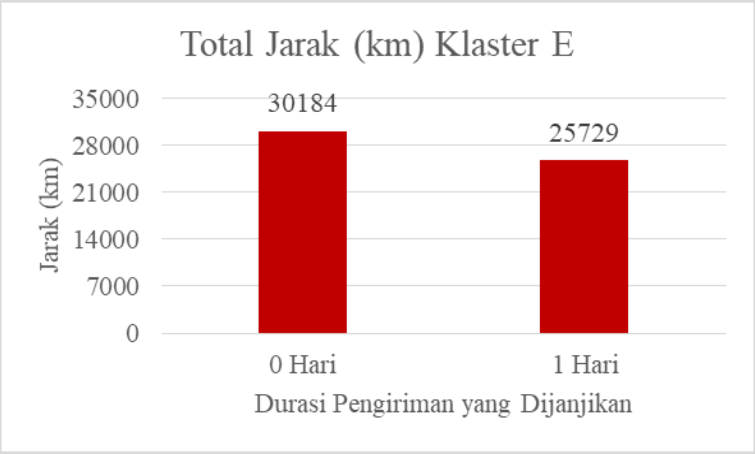
Gambar 5.31 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding lurus dengan rata-rata utilitas truk pada klaster E. Semakin panjang

durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin besar rata-rata utilitas truk. Grafik total trip untuk klaster E adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 32 Grafik Total Trip Klaster E

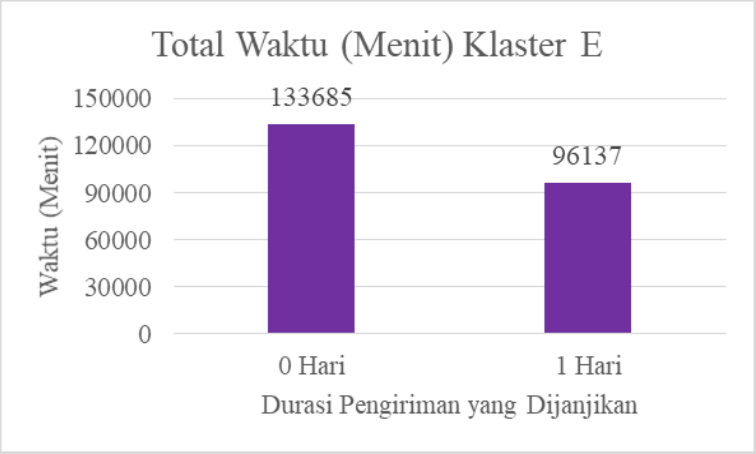
Gambar 5.32 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total trip pada klaster E. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total trip. Grafik total jarak untuk klaster E adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 33 Grafik Total Jarak Klaster E

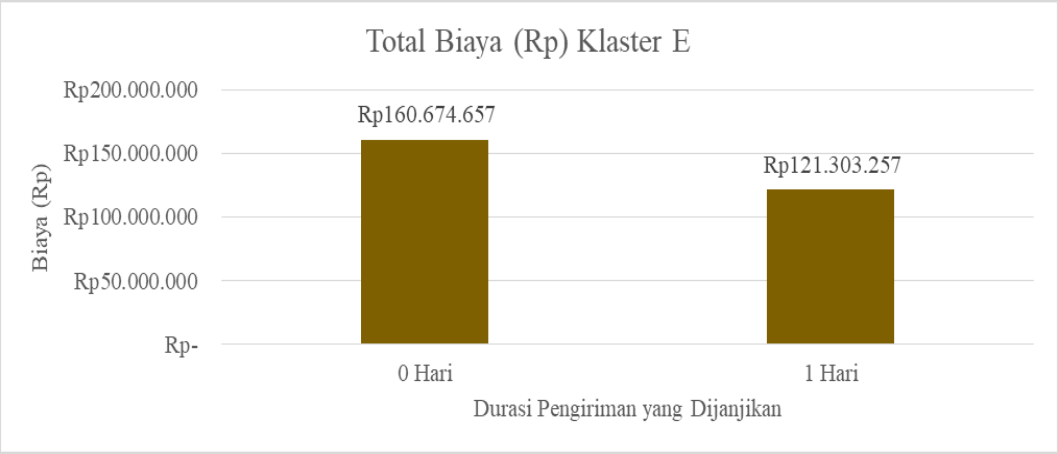
Gambar 5.33 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan cenderung berbanding terbalik dengan total jarak pada klaster E. Semakin panjang

durasi pengiriman yang dijanjikan, maka cenderung semakin sedikit total jarak. Grafik total waktu untuk klaster E adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 34 Grafik Total Waktu Klaster E

Gambar 5.34 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total waktu pada klaster E. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total waktu. Grafik total biaya untuk klaster E adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 35 Grafik Total Biaya Klaster E

Gambar 5.35 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan berbanding terbalik dengan total biaya pada klaster E. Semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin sedikit total biaya. Berdasarkan Gambar

5.30 sampai Gambar 5.35, dapat disimpulkan bahwa simulasi monte carlo klaster E terdiri dari durasi pengiriman yang dijanjikan adalah 0 hari dan 1 hari dengan penentuan durasi pengiriman adalah 0 hari (*same day delivery*) karena memaksimalkan utilitas truk dengan rata-rata permintaan sebesar 5.996 kg, rata-rata utilitas sebesar 55%, total trip sebesar 596, total jarak sebesar 30.184 km, total waktu sebesar 133.685 menit, dan total biaya sebesar Rp 160.674.657 dengan replikasi sebanyak 600.

5.6 Analisis Uji Sensitivitas

Uji sensitivitas dilakukan dengan masukan adalah permintaan Oksigen (O2) cair dan keluarannya adalah durasi pengiriman yang dijanjikan. Masukan yang diubah dengan faktor pengali yang dimulai dari -60% sampai mencapai kapasitas maksimal dari truk kecil (11.000 kg). Uji sensitivitas ini hanya mempertimbangkan kapasitas maksimal truk dan pertimbangan efisiensi pengiriman dari segi jarak, waktu, dan biaya telah dilakukan pada simulasi monte carlo. Ketika rata-rata permintaan lebih dari 11.000 kg, maka permintaan akan berhenti di 11.000 kg yang merupakan kapasitas maksimal dari truk. Uji sensitivitas menunjukkan bahwa semakin panjang durasi pengiriman yang dijanjikan, maka semakin kecil perubahan permintaan. Dengan melonggarkan durasi pengiriman yang dijanjikan, maka permintaan yang dipenuhi oleh PT X semakin banyak. Karena konsumen dapat melakukan pemesanan hingga batas kelipatan durasi pengiriman yang dijanjikan. Meskipun permintaan yang dipenuhi semakin banyak, PT X dapat melakukan pengiriman sebelum batas durasi pengiriman yang dijanjikan apabila kapasitas truk sudah penuh dan pesanan yang telah mencapai kelipatan durasi dapat dilakukan pengiriman pada hari itu juga tepatnya pada sore hari pada saat tutup perusahaan. Uji sensitivitas dilakukan untuk setiap klaster yang terdiri dari klaster A, B, C, D, dan E.

Uji sensitivitas klaster A untuk durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari dapat dilakukan sampai perubahan permintaan 400%, 1 hari sampai 140%, 2 hari sampai 60%, 3 hari sampai 20%, dan 4 hari sampai 0% (tetap). Uji sensitivitas klaster B untuk durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari dapat dilakukan sampai perubahan permintaan 100%, 1 hari sampai 0% (tetap), dan 2 hari sampai -40%. Uji

sensitivitas klaster C untuk durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari dapat dilakukan sampai perubahan permintaan 100%, 1 hari sampai 0% (tetap), dan 2 hari sampai -40%. Uji sensitivitas klaster D untuk durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari dapat dilakukan sampai perubahan permintaan 400%, 1 hari sampai 140%, 2 hari sampai 60%, 3 hari sampai 20%, dan 4 hari sampai 0%. Uji sensitivitas klaster E untuk durasi pengiriman yang dijanjikan 0 hari dapat dilakukan sampai perubahan permintaan 80% dan 1 hari sampai -20%.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB 6
KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai kesimpulan dan saran dari hasil penelitian Tugas Akhir untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian Tugas Akhir adalah sebagai berikut.

Tabel 6. 1 Kesimpulan

Klaster	Durasi Pengiriman Yang Dijanjikan	Rata-Rata Permintaan (kg)	Rata-Rata Utilitas Truk (%)	Total Trip	Total Jarak (km)	Total Waktu (menit)	Total Biaya (Rp)	
A	4 Hari	10695	97%	169	26210	64951	Rp	102.312.057
B	1 Hari	10616	97%	440	240616	29151272	Rp	864.599.629
C	1 Hari	10200	93%	416	27222	98780	Rp	123.404.143
D	4 Hari	10851	99%	179	58141	102155	Rp	211.955.979
E	0 Hari	5996	55%	596	30184	133685	Rp	160.674.657

Tabel 6.1 menunjukkan bahwa durasi pengiriman yang dijanjikan untuk klaster A adalah 4 hari dengan utilitas truk 97%, B adalah 1 hari dengan utilitas truk 97%, C adalah 1 hari dengan utilitas truk 93%, D adalah 4 hari dengan utilitas truk 99%, dan E adalah 0 hari dengan utilitas truk 55%.

6.2 Saran

Saran dari penelitian Tugas Akhir untuk pengembangan penelitan selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Penentuan durasi pengiriman yang dijanjikan sebaiknya juga dilakukan untuk produk selain Oksigen (O2) cair.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut terkait simulasi monte carlo dengan menggunakan kapasitas truk yang berbeda.
3. Dilakukan penelitian lebih lanjut terkait penjadwalan pengiriman rutin dengan menerapkan VMI (*Vendor Manage Inventory*).

4. Dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pengiriman dengan mempertimbangkan sisa kapasitas yang tersedia di setiap tangki konsumen secara *real time*.

DAFTAR PUSTAKA

Amri, M., Rahman, A. & Yuniarti, R., 2017. Penyelesaian Vehicle Routing Problem Dengan Menggunakan Metode Nearest Neighbour (Studi Kasus: MTP Nganjuk Distributor PT. Coca Cola). *Jurnal Teknik Industri.*

Attansio, A., Fuduli, A., Ghiani, G. & Triki, C., 2007. Integrated Shipment Dispatching and Packging Problems: A Case Study. *Journal Math Model Algorithm,* Volume 6, pp. 77-85.

Ballou, R. H., 2004. *Business Logistics/Supply Chain Management.* 5th penyunt. New Jersey: Prentice Hall.

Bire, C. E. B., 2016. Sistem Pendukung Keputusan Untuk Penjadwalan Pengiriman Barang Pada Perusahaan Jasa Angkutan. *FLASH,* II(2), p. 78.

Brenan, J. J., 1981. *Models and Analysis of Temporal Consolidation.* Los Angeles: s.n.

Clemen, R. T. & Reilly, T., 2013. *Making Hard Decision with Decision Tools.* 3rd penyunt. America: South-Western Cengage Learning.

Dantzig, G. B. & Ramser, J. H., 1959. *The Truck Dispatching Problem.* s.l.:INFORMS.

Hall, R. W., 1987. Consolidation Strategy: Inventory, Vehicles, and Terminals. *Journal of Business Logistics,* pp. 57-73.

Haming, M. & Nurnajamuddin, M., 2007. *Manajemen Produksi Modern.* Jakarta: Bumi Aksara.

Haring, H. W., 2008. *Industrial Gases Processing.* Munchen: Wiley-VCH.

Harrel, C., Ghosh, B. & Bowden, R., 2000. *Simulation Using Pro Model.* 3rd penyunt. California: Mc Gwor Hill.

Irwadi, M., 2018. Penerapan Reorder Point Untuk Persediaan Bahan Baku Produksi Alat Pabrik Kelapa Sawit Pada PT. Swakarya Adhi Usaha Kabupaten Bayuasin. *ACSY,* II(1), pp. 2407-2184.

Kelton, W., Sadowski, R. & Swets, N., 2009. *Simulation with Arena.* 5th penyunt. s.l.:Mc Graw-Hill Education.

Lesmana, N. I., 2016. Penjadwalan Produksi Untuk Meminimalkan Waktu Produksi Dengan Menggunakan Metode Branch and Bound. *Jurnal Teknik Industri,* Volume XVII, pp. 42-50.

Lewis, C. D., 1982. *Industrial and Business Forecasting Methods.* London: Butterworths.

Linde, C. V., 2007. *Air Separation Plants "History And Technological Progress In The Course of Time".* Pullach, German: Linde AG.

Nurwidiana & Rusdiansyah, A., 2008. *Pengembangan Model dan Algoritma Common Replenisment Epoch Dengan Mempertimbangan Kelaakan Konsolidasi Pengiriman.* Surabaya, Magister Manajemen Teknik.

Pop, P. C., 2011. Heuristic Algorithms For Solving The Generalized Vehicles Routing Problem. *International Journal of Computers Communication & Control,* I(6), pp. 158-165.

Pujawan, I. N. & Er, M., 2017. *Supply Chain Management.* 3rd penyunt. Yogyakarta: ANDI.

Sarjono, H., 2014. Determine of Best Route to Minimize Transportation Costs Using Nearest Neighbor Procedure. *Applied Mathematical Sciences,* VIII(62), pp. 3063-3074.

Sarjono, H. & Kuncoro, E. A., 2014. Analisis Perbandingan Perhitungan Reorder Point. *Binus Business Review,* V(1), pp. 288-300.

Siswanto, N., Latiffianti, E. & Wiratno, S. E., 2017. *Simulasi Sistem Diskrit.* 1st penyunt. Surabaya: ITS Tekno Sains.

Taha, H. A., 2007. *Operations Research: An Introduction.* Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Tersine, R. J., 1994. *Principles Inventory and Materials Management.* 4th penyunt. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.

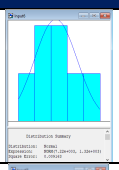
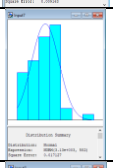
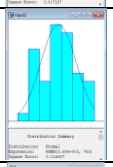
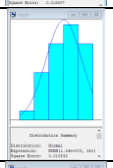
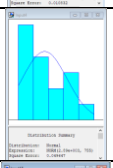
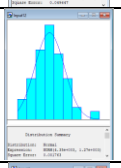
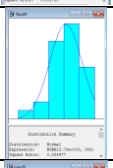
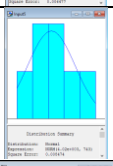
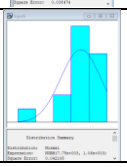
Tooth, P. & Vigo, D., 2002. *The Vehicle Routing Problem.* Philadelphia: SIAM Monogrphs on Discrete Mathematics and Application.

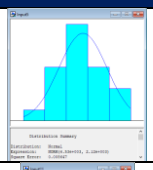
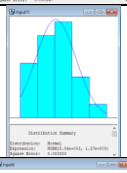
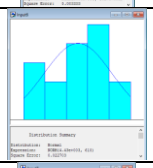
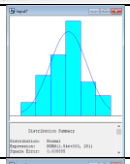
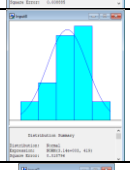
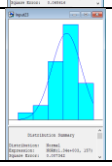
Ullmann's, 2003. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry,* Volume 23, p. 189.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. *FITTING* DISTRIBUSI

Distribusi Teoritis

Kode	Pengolahan Data			Grafik
	Rata-Rata	Miniumum	Maksimal	
A3	7219,987	4920,645	9951,294	
B2	3133,422	1944,125	5183,475	
B3	3675,524	1924,813	5223,388	
B4	1335,499	441,613	1924,813	
B5	2894	2003,35	4562,9	
B7	4349,339	1597,015	8669,51	
C3	3788,276	2650	4480	
C4	4017,664	2940,38	5400,702	
C5	7745,334	4440	9120	

Kode	Pengolahan Data			Grafik
	Rata-Rata	Miniumum	Maksimal	
C8	6532,174	1280	10750	
D1	5842,74	3602,592	9037,812	
D2	4433,104	3456,938	5377,888	
D5	1540,243	825,159	2175,875	
D6	3141,119	2168,15	4038,888	
E5	5122,222	4660	5630	
E6	1335,346	820,112	1620,216	

Distribusi Empiris A1

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	159	0,864
0,864	1300	2100	7	0,038
0,902	2101	3100	7	0,038
0,940	3101	5500	11	0,060
1				

Distribusi Empiris A2

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	169	0,918
0,918	5000	6500	9	0,049
0,967	6501	8200	6	0,033
1				

Distribusi Empiris A4

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	162	0,880
0,880	4000	6000	8	0,043
0,924	6001	8000	7	0,038
0,962	8001	10000	7	0,0380
1				

Distribusi Empiris B1

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	180	0,978
0,978	3300	3500	2	0,011
0,989	3501	3900	2	0,011
1				

Distribusi Empiris B6

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	167	0,908
0,908	2000	3000	5	0,027
0,935	3001	3500	6	0,033
0,967	3501	3900	6	0,033
1				

Distribusi Empiris C1

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	143	0,777
0,777	5700	9000	7	0,038
0,815	9001	10000	10	0,054
0,870	10001	11000	24	0,130
1				

Distribusi Empiris C2

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	167	0,908
0,908	2600	3500	7	0,038
0,946	3501	3700	10	0,054
1				

Distribusi Empiris C6

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	165	0,897
0,897	900	2000	9	0,049
0,946	2001	4000	6	0,033
0,978	4001	9000	4	0,022

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
1				

Distribusi Empiris C7

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	165	0,897
0,897	5100	6100	7	0,038
0,935	6101	7100	5	0,027
0,962	7101	8800	7	0,038
1				

Distribusi Empiris D3

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	172	0,935
0,935	1800	2800	4	0,022
0,957	2801	4200	8	0,043
1				

Distribusi Empiris D4

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	173	0,940
0,940	1600	2600	4	0,022
0,962	2601	3100	7	0,038
1				

Distribusi Empiris D7

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	175	0,951
0,951	2700	3000	6	0,033
0,984	3001	4500	3	0,016
1				

Distribusi Empiris E1

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	173	0,940
0,940	6200	7200	5	0,027
0,967	7201	7700	6	0,033
1				

Distribusi Empiris E2

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	146	0,793
0,793	6000	8000	6	0,033

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0,826	8001	10000	6	0,033
0,859	10001	10900	9	0,049
0,908	10901	11000	17	0,092
1				

Distribusi Empiris E3

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	61	0,332
0,332	1000	4000	16	0,087
0,418	4001	7000	20	0,109
0,527	7001	10000	16	0,087
0,614	10001	10800	22	0,120
0,734	10801	11000	49	0,266
1				

Distribusi Empiris E4

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	166	0,902
0,902	1500	3000	7	0,038
0,940	3001	4900	11	0,060
1				

Distribusi Empiris E7

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	177	0,962
0,962	2000	3600	5	0,027
0,989	3600	3700	2	0,011
1				

Distribusi Empiris E8

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	180	0,978
0,978	4000	6000	2	0,011
0,989	10000	11000	2	0,011
1				

Distribusi Empiris E9

Probabilitas Kumulatif	Interval		Jumlah Data	Probabilitas
0	0	0	168	0,913
0,913	1200	1500	9	0,049
0,962	1501	2100	7	0,038
1				

LAMPIRAN B. REPLIKASI

Replikasi A1 Sampai B4

Replikasi	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
Rata-rata (X)	16%	53%	65%	45%	31%	28%	31%	12%
Standar Deviasi (s)	3%	9%	11%	5%	1%	6%	9%	4%
t(n-1,a/2)	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
n	10	10	10	10	10	10	10	10
df	9	9	9	9	9	9	9	9
Alpha	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Relative Error (Gamma)	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Half Width (hw)	13%	12%	12%	9%	1%	16%	20%	21%
n'	58,19	48,58	50,01	24,24	0,59	81,24	134,73	142,73
Pembulatan n'	59	49	51	25	1	82	135	143

Replikasi B5 Sampai C5

Replikasi	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	C5
Rata-rata (X)	28%	22%	39%	70%	27%	33%	40%	62%
Standar Deviasi (s)	7%	3%	18%	15%	2%	6%	6%	11%
t(n-1,a/2)	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
n	10	10	10	10	10	10	10	10
df	9	9	9	9	9	9	9	9
Alpha	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Relative Error (Gamma)	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Half Width (hw)	18%	9%	34%	15%	5%	12%	11%	13%
n'	107,26	25,30	375,22	79,35	7,85	47,97	37,88	58,57
Pembulatan n'	108	26	376	80	8	48	38	59

Replikasi C6 Sampai D5

Replikasi	C6	C7	C8	D1	D2	D3	D4	D5
Rata-rata (X)	15%	50%	46%	53%	42%	19%	20%	13%
Standar Deviasi (s)	2%	3%	25%	17%	5%	2%	4%	3%
t(n-1,a/2)	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
n	10	10	10	10	10	10	10	10
df	9	9	9	9	9	9	9	9
Alpha	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Relative Error (Gamma)	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Half Width (hw)	12%	4%	39%	23%	9%	9%	13%	17%
n'	46,36	4,53	513,8	174,98	26,48	26,48	58,19	92,63
Pembulatan n'	47	5	514	175	27	27	59	93

Replikasi D6 Sampai E6

Replikasi	D6	D7	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Rata-rata (X)	29%	25%	63%	70%	53%	22%	47%	11%

Replikasi	D6	D7	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Standar Deviasi (s)	5%	1%	4%	13%	22%	4%	3%	2%
t(n-1,a/2)	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
n	10	10	10	10	10	10	10	10
df	9	9	9	9	9	9	9	9
Alpha	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Relative Error (Gamma)	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Half Width (hw)	13%	2%	4%	13%	29%	13%	4%	15%
n'	52,42	1,36	5,72	54,73	277,27	57,55	4,96	76,98
Pembulatan n'	53	2	6	55	278	58	5	77

Replikasi E7 Sampai E9

Replikasi	E7	E8	E9
Rata-rata (X)	24%	43%	12%
Standar Deviasi (s)	4%	4%	1%
t(n-1,a/2)	2,26	2,26	2,26
n	10	10	10
df	9	9	9
Alpha	5%	5%	5%
Relative Error (Gamma)	5%	5%	5%
Half Width (hw)	12%	7%	4%
n'	51,16	15,36	6,19
Pembulatan n'	52	16	7

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS

Akbar Faktorial Sain lahir di Surabaya pada tanggal 4 Juli 1998. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Drs. Suhariono, MM dan Ibu Heny Ridnaningsih. Penulis menempuh pendidikan di SDN Ketabang Kawasan Surabaya (2004 – 2010), SMPN 6 Surabaya (2010 – 2013), SMAN 5 Surabaya (2013 – 2016), hingga ke jenjang sarjana di Departemen Teknik Sistem dan Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di berbagai organisasi, panitia, lomba, dan magang. Organisasi yang diikuti penulis adalah President Young On Top Surabaya (Juni 2019 – Juli 2020), Vice Director Program Young On Top Surabaya (Juni 2018 – Juni 2019), Koordinator kelas asisten dosen DTSI ITS untuk mata kuliah PTSI (Juli 2019 – Desember 2019), dan Manager Badminton HMTI ITS (Agustus 2017 – September 2018). Penulis juga aktif di beberapa kepanitiaan dalam lingkup Departemen seperti *Liaison Officer* INCHALL (2019) dan Sie Logistik IE Games (2018), kepanitiaan dalam lingkup ITS seperti Pemandu Integralistik GERIGI ITS (2018) dan Staff Ahli Sie Logistik ILITS ITS (2018), dan kepanitiaan dalam lingkup nasional seperti OC Connext Conference YOT Surabaya (2019) dan PIC Kntong Berjalan (KOBER) YOT Surabaya (2019). Penulis aktif di beberapa ajang perlombaan dan mendapatkan Juara 1 lomba keilmuan Teknik Industri "Industrial Creative Season (INCREASE)" 2020 oleh Telkom University Bandung, Finalis Lomba Karya Tulis Ilmiah "PHECTOR" 2019 oleh Universitas Jenderal Soedirman, dan Finalis lomba *Business Case* "M-BION" 2019 oleh Universitas Internasional Semen Indonesia. Penulis aktif magang di beberapa perusahaan seperti PT Ternaknesia Farm Innovation di Divisi Ternakmart (November 2019 – Januari 2020), PT Steel Pipe Industry of Indonesia di Departement Product Good Warehouse (Juli 2019 – Agustus 2019), dan PT Garuda Maintenance Facility AeroAsia di Unit Engine Services (Juni 2019 – Juli 2019). Penulis dapat dihubungi melalui *email* di akbar.faktorial@gmail.com.