



TUGAS AKHIR - TI184833

**PEMODELAN LOGISTIK PERKOTAAN KOTA SURABAYA
UNTUK KOMODITAS BAHAN PANGAN POKOK DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN *DISTRIBUTION CENTER***

DIAJENG ANJARSARI RAHMADANI

NRP. 0241154000081

DOSEN PEMBIMBING

Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 198407062009122007

KO-PEMBIMBING :

Ketut Dewi Martha Erli H., S.T., M. T.

NIP. 198410082009122005

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019



FINAL PROJECT - TI184833

**URBAN CITY LOGISTIC MODELING OF SURABAYA CITY
FOR FOODSTUFF COMMODITIES CONSIDERING
DISTRIBUTION CENTER**

DIAJENG ANJARSARI RAHMADANI

NRP 02411540000081

SUPERVISOR:

Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 198407062009122007

CO-SUPERVISOR:

Ketut Dewi Martha Erli H., S.T., M. T.

NIP. 198410082009122005

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMODELAN LOGISTIK PERKOTAAN KOTA SURABAYA
UNTUK KOMODITAS BAHAN PANGAN POKOK DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN *DISTRIBUTION CENTER***

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

DIAJENG ANJARSARI RAHMADANI

NRP 02411540000081

Disetujui oleh,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 198407062009122007

Dosen Ko-Pembimbing Tugas Akhir

Ketut Dewi Martha Erli H., S.T., M.T.

NIP. 198410082009122005



PEMODELAN LOGISTIK PERKOTAAN KOTA SURABAYA UNTUK KOMODITAS BAHAN PANGAN POKOK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN DISTRIBUTION CENTER

Nama mahasiswa : Diajeng Anjarsari Rahmadani
NRP : 0241154000081
Dosen Pembimbing : Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.
Ko-Pembimbing : Ketut Dewi Martha Erli H., S.T., M. T.

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk dan meningkatnya urbanisasi menyebabkan peningkatan kepadatan di kawasan kota. Peningkatan ini berdampak pada meningkatnya kebutuhan bahan pangan pokok. Sebagai kota metropolitan, pasokan bahan pangan pokok berasal dari luar kota dan terjadi setiap harinya, terutama pada pasar-pasar tradisional. Adanya *distribution center* (DC) dapat memberikan pengelolaan yang baik terhadap logistik perkotaan dan dikelola oleh Pemerintah Kota Surabaya. Aktivitas logistik yang terjadi dapat diukur sehingga diketahui dampaknya terhadap kota. Pengukuran kinerja atau performansi aktivitas logistik dapat diukur berdasarkan model logistik. Penelitian ini dilakukan untuk membuat model logistik pada komoditas bahan pangan pokok dengan kondisi nyata (tanpa DC) dan dengan adanya DS sehingga dapat dilakukan pengukuran terhadap performansinya. Pemilihan rute pada kondisi nyata dilakukan dengan algoritma Dijkstra sehingga diperoleh rute tertentu. Rute ini juga merupakan rute yang dapat dilalui pada jaringan jalan dalam kota. Sedangkan untuk rute pengiriman dari DC menuju pasar dikategorikan ke dalam masalah *split delivery vehicle routing problem with time windows* sehingga dapat dilakukan pengelolaan pengiriman yang terkendali oleh satu kebijakan yang ditetapkan oleh pemerintah. Selain pengukuran, penelitian ini juga memberikan beberapa pilihan skenario terkait pendirian DC. Model, pengukuran, dan alternatif pemilihan lokasi DC diakomodasi dengan pendekatan perancangan aplikasi menggunakan Visual Basic for Application pada Microsoft Excel.

Kata kunci : *city logistic* (logistik perkotaan), *distribution center* (pusat distribusi), *split delivery vehicle routing problem with time windows*, vba

URBAN CITY LOGISTIC MODELING OF SURABAYA CITY FOR FOODSTUFF COMMODITIES CONSIDERING DISTRIBUTION CENTER

Name : **Diajeng Anjarsari Rahmadani**
NRP : **0241154000081**
Supervisor : **Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.**
Co-Supervisor : **Ketut Dewi Martha Erli H., S.T., M. T.**

ABSTRACT

Population growth and increasing urbanization have caused increased density in the city area. This increase has an impact on the increase in basic food needs. As a metropolitan city, the supply of basic ingredients comes from outside the city and occurs every day, especially in traditional markets. The distribution center (DC) can provide good management of urban logistics and is managed by the Surabaya City Government. Logistical activities that occur can be measured so that the impact on the city is known. The measurement of logistics activity performance can be measured based on the logistic model. This research was conducted to make a logistic model on staple food commodities with real conditions (without DC) and with the presence of DS so that measurements can be made on their performance. Route selection in real conditions is done by Dijkstra's algorithm so that certain routes are obtained. This route is also a route that can be traversed on the road network in the city. Whereas the shipping route from DC to the market is categorized as a problem with split delivery vehicle routing problems with time windows so that management of controlled delivery can be carried out by a policy determined by the government. In addition to measurement, this study also provides several choices of scenarios related to the establishment of DC. Models, measurements, and alternatives for selecting DC locations are accommodated by an application approach using Visual Basic for Application in Microsoft Excel.

Key words : city logistic, distribution center, split delivery vehicle routing problem with time windows, vba

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan nikmat kepada penulis sehingga penelitian tugas akhir dengan judul “Pemodelan Logistik Perkotaan Kota Surabaya Untuk Komoditas Bahan Pangan Pokok dengan Mempertimbangkan *Distribution Center*” ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan tugas akhir ini merupakan diselesaikan sebagai syarat kelulusan pada Program Studi Sarjana di Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Tersusun dan terselesaikannya laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak yang telah membantu dengan peran yang berbeda-beda. Oleh karena itu, ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya diberikan kepada :

1. Ibu Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, ilmu, dan kesempatan untuk mendukung dan membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya.
2. Ibu Ketut Dewi Martha Erli H., S.T., M. T. selaku ko-pembimbing yang telah memberikan ilmu, waktu, dan informasi yang dapat mendukung penyelesaian tugas akhir ini serta memberikan pertimbangan penting pada proses penyelesaian tugas akhir ini .
3. Instansi pemerintah meliputi Bakesbangpol, Dinas Perdagangan Kota Surabaya, Dinas Perhubungan Kota Surabaya, dan Dinas Ketahanan Pangan Kota Surabaya yang telah memberikan iziin penelitian serta memberikan data yang diperlukan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Prof. Ir. Suparno, MSIE, Ph.D. dan Bapak Dodi Hartanto, S.T., M.T. selaku dosen penguji seminar yang telah memberikan banyak masukan dan pertimbangan dalam melaksanakan penelitian ini.
5. Bapak Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M. Eng., Ph.D., CSCP., dan Bapak Dodi Hartanto, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan

masukan dan pertanyaan yang dapat memperbaiki konten laporan ini menjadi lebih baik.

6. Bapak Nurhadi Siswanto, ST., MSIE., Ph.D., selaku Kepala Departemen Teknik Industri ITS dan bapak Yudha Andrian Saputra, S.T., MBA selaku Sekretaris Jurusan Teknik Industri ITS.
7. Bapak Choirul Anam, Ibu Hastati, dan Saudari Chairani Asyuni yang telah memberikan dukungan penuh dalam berbagai bentuk dukungan sehingga tugas akhir ini dapat selesai tepat pada waktunya dengan hasil yang baik.
8. Saudari Kasmawarni, Nazeila Ivana Amarallis, Amalia Mahmudah, dan Devia Anjarsari yang telah memberikan dukungan, semangat, dan waktunya untuk senantiasa mendukung penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Saudari Azimatul Khusniah dan Meilia Dwi Suryani yang telah menemani dan memberikan sedikit waktu untuk menemani penulis survey di lapangan (pasar tradisional).
10. Teman-teman Maygen, Icarus, Swayanaka, IBC, dan MSI Ulul Ilmi yang telah memberikan pengalaman dan pelajaran selama proses pembelajaran di bangku sekolah serta perkuliahan.
11. Teman-teman TA #119 yang telah berhasil berjuang bersama, terutama Rizki Kurniawati Munawaroh dan Achmad Nafila Rozie yang telah bersemangat menyelesaikan tugas akhir periode ini.

Selain daripada ucapan terima kasih, penulis menyadari masih banyak kekurangan pada tugas akhir ini. Kritik dan saran akan menjadi hal berharga bagi penulis terhadap model dan pengerjaan penelitian terkait. Besar harapan penulis agar penelitian ini dapat memberikan kontribusi di dunia akademik dan kebermanfaatan bagi yang memerlukan.

Surabaya, 14 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1_PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	7
1.5.1 Batasan.....	7
1.5.2 Asumsi.....	8
1.6 Sistematika Penulisan.....	9
BAB 2_TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 City Logistics.....	11
2.2 Simulasi untuk <i>City Logistics</i>	14
2.2.1 Instance Generation Simulation (IGS).....	18
2.3 Infrastruktur Logistik Kota Surabaya.....	19
2.4 Urban Distribution Center (UDC).....	22
2.5 Arus Lalu Lintas dan Kinerja Jalan.....	24
2.6 Split Delivery VRP with Time Windows (SDVRPTW).....	25
2.7 Penelitian Terdahulu.....	27
BAB 3_METODOLOGI PENELITIAN.....	33
3.1 Studi Pendahuluan.....	34
3.2 Pengumpulan Data.....	35
3.3 Penentuan Lokasi Pusat Distribusi.....	35
3.4 Pengolahan Data untuk Pengembangan Model.....	36
3.5 Pengembangan Model dan Perancangan APLIKASI BERBASIS VBA....	36
3.6 Kesimpulan dan Saran.....	37
BAB 4_PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	39

4.1 Pengumpulan Data.....	39
4.1.1 Konfigurasi Rantai Pasok	39
4.1.2 Pelaku Logistik dalam Rantai Pasok Bahan Pangan Pokok	39
4.1.3 Pola Permintaan Komoditas dan Jenis Kendaraan Logistik.....	40
4.1.4 Data Jaringan Jalan dan Panjang Jalan di Kota Surabaya	41
4.1.5 Data Kecepatan, Volume Kendaraan, dan Kapasitas di Ruas Jalan Kota Surabaya	42
4.1.6 Volume Ketersediaan Bahan Pangan Pokok Terkait.....	42
4.2 Pengolahan Data	43
4.2.1 Koordinat Titik Jalan Kota Surabaya	44
4.2.2 Matriks Kecepatan, Volume, dan Kapasitas.....	47
4.2.3 Pemetaan Node Lokasi Retailer dan Supplier	47
4.2.4 Penentuan Input Permintaan Bahan Pangan Pokok.....	48
4.2.5 Alternatif Lokasi Distribution Center (DC).....	50
BAB 5 PEMODELAN DAN PERANCANGAN	53
5.1 <i>Framework</i> Konseptual Logistik Perkotaan	53
5.2 Model Konseptual Logistik Perkotaan	56
5.3 Model Konseptual Logistik Perkotaan dengan <i>Distribution Center (DC)</i> ..	74
5.4 Perancangan Aplikasi	76
BAB 6 ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL	83
6.1 <i>Running</i> Skenario dan Kondisi Eksisting per Komoditas	83
6.2 Analisis Hasil.....	97
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	105
7.1 Kesimpulan.....	105
7.2 Saran	106
DAFTAR PUSTAKA.....	107
LAMPIRAN	
BIOGRAFI PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Persentase Penduduk Daerah Perkotaan di Indonesia (2010-2035).....	1
Tabel 2. 1 Tujuan City Logistics.....	11
Tabel 2. 2 Area atau Topik Penelitian Terkait Urban/City Logistics	15
Tabel 2. 3 Tahun dan Distribusi Karya Tulis Tentang Simulasi untuk Urban Logistik	15
Tabel 2. 4 Dermaga di Pelabuhan Tanjung Perak dan Ukurannya	20
Tabel 4. 1 Volume Ketersediaan Bahan Pangan Pokok.....	42
Tabel 4. 2 Data Node dan Koordinat Jalan dalam Peta (pixel).....	44
Tabel 4. 3 Nilai Input Komoditas.....	49
Tabel 4. 4 Alternatif Lokasi DC.....	51
Tabel 5. 1 Iterasi Algoritma Dijkstra.....	70
Tabel 5. 2 Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)	73
Tabel 5. 3 Fitur Pembeda Model Logistik dengan DC	75
Tabel 5. 4 Daftar Keterangan Pilihan Simulasi Split Delivery VRP with Time Windows	80
Tabel 6. 1 Hasil Performansi Komoditas dengan Kondisi Normal (Rata-rata).....	88
Tabel 6. 2 Hasil Performansi Komoditas dengan Konsumsi Maksimal	92
Tabel 6. 3 Perbandingan Performansi Untuk Seluruh Komoditas Kondisi Rata-rata (26732 kg).....	101
Tabel 6. 4 Perbandingan Performansi Untuk Seluruh Komoditas Kondisi Maksimal (35984 kg).....	101
Tabel 6. 5 Estimasi Luas Area Komoditas Beras Kondisi Normal (Rata-rata) ..	102
Tabel 6. 6 Estimasi Luas Area Komoditas Beras Kondisi Maksimal	103
Tabel 6. 7 Estimasi Area Untuk Telur Ayam, Bawang Merah, Cabai.....	103

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Pertumbuhan Ekonomi Kota Surabaya 2010-2014 (Badan Pusat Statistik, 2016)	2
Gambar 2. 1 Skema Urban Distribution Center (Van Kolck, 2010).....	23
Gambar 2. 2 Ruang Lingkup Potensi Logistik dan Aktivitas Pre-retail di UCC dan Manfaatnya (Browne, et al., 2005).....	24
Gambar 2. 3 Jenis-jenis VRP (Savitri, 2017).....	26
Gambar 3. 1 Flowchart Pengerjaan Penelitian.....	34
Gambar 4. 1 Rencana Jaringan Jalan di Kota Surabaya (Pemerintah Daerah Kota Surabaya, 2014).....	41
Gambar 4. 2 Node dalam Peta Jaringan Jalan.....	46
Gambar 4. 3 Pemetaan Lokasi Titik Asal dan Tujuan	48
Gambar 4. 4 Rancangan Lokasi DC.....	51
Gambar 5. 1 Framework Konseptual Urban Distribution Center.....	54
Gambar 5. 2 Flowchart Gambaran Keseluruhan Model	58
Gambar 5. 3 Sub Model Level 1 Inisialisasi Sistem	59
Gambar 5. 4 Sub Model Level 2 Inisialisasi Jaringan Infrastruktur	59
Gambar 5. 5 Sub Model Level 2 Inisialisasi Titik Pasokan.....	60
Gambar 5. 6 Sub Model Level 2 Inisialisasi Titik Permintaan	61
Gambar 5. 7 Sub Model Level 1 Menentukan Alokasi Supply-Demand	62
Gambar 5. 8 Sub Model Level 1 Penentuan Permintaan	63
Gambar 5. 9 Sub Model Level 2 Konversi Volume Menjadi Jumlah Kendaraan	64
Gambar 5. 10 Sub Model Level 1 Vehicle Assignment.....	65
Gambar 5. 11 Sub Model Level 2 Inisialisasi Kendaraan.....	66
Gambar 5. 12 Sub Model Level 2 Pemilihan Kendaraan.....	67
Gambar 5. 13 Sub Model Level 1 Pemilihan Rute	68
Gambar 5. 14 Contoh Permasalahan Shortest Path.....	69
Gambar 5. 15 Sub Model Level 2 Inisialisasi Kondisi Jaringan Jalan	70
Gambar 5. 16 Sub Model Level 2 Pemilihan Rute	72
Gambar 5. 17 Sub Model Level 1 Pengukuran Performansi	74

Gambar 5. 18 Tampilan Awal Program.....	77
Gambar 5. 19 Tampilan dalam Menu Start	77
Gambar 5. 20 Keterangan Kondisi Eksisting yang Akan Dijalankan	78
Gambar 5. 21 Tampilan Simulasi Pergerakan Antar Dua Titik (Kondisi Eksisting)	78
Gambar 5. 22 Tampilan Keterangan Rancangan Model Dengan Adanya DC	79
Gambar 5. 23 Tampilan Simulasi Model Split Delivery VRP with Time Windows	80
Gambar 5. 24 Tampilan Hasil Running Split Delivery VRP with Time Windows	82
Gambar 6. 1 Gambaran Input Program.....	86
Gambar 6. 2 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Beras dengan Jumlah 764.860,37 kg	89
Gambar 6. 3 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Beras dengan Jumlah 860.934 kg	93
Gambar 6. 4 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Telur Ayam dengan Jumlah 7194 kg.....	90
Gambar 6. 5 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Telur Ayam dengan Jumlah 9354 kg.....	94
Gambar 6. 6 Perbedaan Input Penggunaan Kendaraan pada Bawang Merah	87
Gambar 6. 7 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Bawang Merah dengan Jumlah 14.235 kg.....	91
Gambar 6. 8 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Bawang Merah dengan Jumlah 21.086 kg.....	95
Gambar 6. 9 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Cabai dengan Jumlah 26.732 kg	92
Gambar 6. 10 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Cabai dengan Jumlah 35.984 kg	96
Gambar 6. 11 Perbandingan Skenario untuk Semua Komoditas Kondisi Rata-rata	101
Gambar 6. 12 Perbandingan Skenario untuk Semua Komoditas Kondisi Maksimal	102

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DAFTAR TITIK SUPPLIER, PASAR BESAR, dan PASAR TUUJUAN AKHIR.....	113
LAMPIRAN B KECEPATAN RATA-RATA	115
LAMPIRAN C VOLUME DAN KAPASITAS PERSIMPANGAN.....	121
LAMPIRAN D MATRIKS JARAK (km).....	127
LAMPIRAN E MATRIKS KECEPATAN RATA-RATA (km/h).....	131
LAMPIRAN F MATRIKS WAKTU (menit).....	135
LAMPIRAN G MATRIKS VOLUME.....	139
LAMPIRAN H MATRIKS KAPASITAS.....	143
LAMPIRAN I PEMETAAN LOKASI	147
LAMPIRAN J VALIDASI RUTE	151
LAMPIRAN K_DOKUMENTASI PENELITIAN	155
LAMPIRAN L_VBA CODE.....	157
LAMPIRAN M LEMBAR SURVEY VALIDASI EMPIRIS.....	169

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai bagian awal penelitian ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan batasan .

1.1 Latar belakang

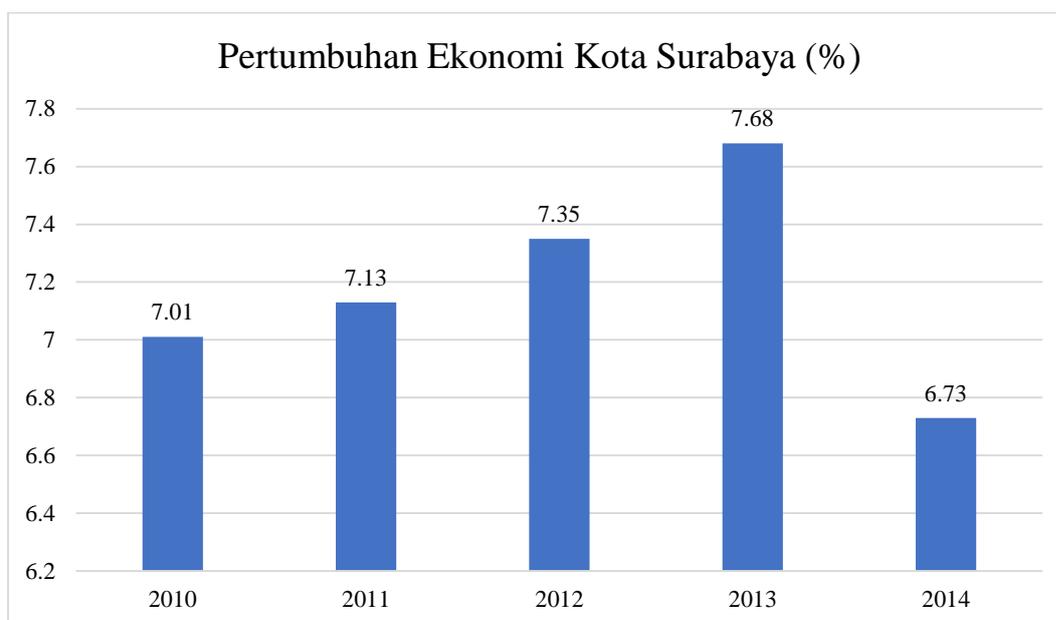
Pertumbuhan penduduk dan meningkatnya urbanisasi menyebabkan kawasan perkotaan yang semakin padat. Berdasarkan riset yang dilakukan oleh World Bank (World Bank, 2018), tren urbanisasi ini akan terus berlanjut hingga 2045, yang diperkirakan meningkat hingga 1,5 kali menjadi 6 milyar, dengan tambahan sekitar 2 milyar masyarakat kota. Hingga pada tahun 2050, 68% populasi di dunia diperkirakan tinggal di daerah perkotaan (World Bank, 2018). Perkotaan merupakan pusat pertumbuhan yang akan mempengaruhi kondisi pertumbuhan dan perkembangan suatu negara melalui berbagai aktivitas, terkait aliran barang, perkembangan manusia, dan juga urusan birokrasi. Selain itu, kawasan perkotaan juga menjadi pusat dan sasaran dalam pengembangan bisnis dan industri. Perkembangan bisnis dan industri ini akan terkait dengan aktivitas jual beli terkait barang dan kebutuhan pokok, transaksi aset bisnis, produksi produk sekunder, dan aktivitas lainnya yang berkaitan dengan pemenuhan kebutuhan hidup. Proporsi masyarakat perkotaan terhadap keseluruhan masyarakat di Indonesia mengalami peningkatan dan diprediksi akan terus meningkat. Pernyataan ini didukung dengan data dari BPS yang menunjukkan bahwa pada 2010, persentase penduduk daerah perkotaan mencapai 49,8%. Sementara itu, persentase tersebut meningkat pada tahun 2015 menjadi 53,3%. Peningkatan diprediksi akan terus meningkat. Berikut adalah prediksi persentase peningkatan penduduk daerah perkotaan di Indonesia.

Tabel 1. 1 Persentase Penduduk Daerah Perkotaan di Indonesia (2010-2035)

Persentase Penduduk Daerah Perkotaan (2010-2035)					
2010	2015	2020	2025	2030	2035
49,8%	53,3%	56,7%	60,0%	63,4%	66,6%

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2014

Peningkatan penduduk perkotaan akan berdampak juga pada meningkatnya perekonomian. Sebagai gambaran peningkatan pertumbuhan ekonomi, dapat dilihat pada grafik di bawah ini. Meskipun terdapat penurunan pada tahun 2014, tapi kecenderungan pada tahun sebelumnya adalah peningkatan. Pertumbuhan ekonomi akan menyebabkan padatnya aktivitas aliran barang yang berpusat pada daerah perkotaan. Selain itu, pertumbuhan ekonomi ini juga akan berpengaruh pada meningkatnya kebutuhan barang rumah tangga, pasokan bahan pangan, produk industri, peralatan teknologi, dan kebutuhan sekunder serta tersier lainnya. Peningkatan kebutuhan ini akan berkaitan dengan meningkatnya aktivitas pengiriman barang dengan tuntutan waktu respon yang cepat. Dampak dari peningkatan aktivitas logistik ini adalah kepadatan jalan perkotaan yang menyebabkan meningkatnya kemacetan di jalan-jalan tertentu di dalam kawasan kota. Kemacetan ini juga berdampak pada terganggunya kenyamanan berkendara bagi penduduk kota dan menghambat kelancaran aktivitas masyarakat. Selain itu, dampak lingkungan juga menjadi isu penting yaitu meningkatnya polusi di udara dan juga suara. Untuk memperbaiki kondisi ini, diperlukan manajemen rantai pasok yang baik pada kawasan kota.



Gambar 1. 1 Pertumbuhan Ekonomi Kota Surabaya 2010-2014 (*Badan Pusat Statistik, 2016*)

Kota Surabaya sebagai kota metropolitan telah berkembang menjadi kota metropolitan terbaik di Indonesia berdasarkan penghargaan Adipura Kencana pada tahun 2017, terbaik untuk kategori kota metropolitan (Zaenal, 2017). Sebagai kota metropolitan, kepadatan penduduk di Surabaya mengalami peningkatan. Pada tahun 2010, jumlah penduduk di Kota Surabaya mencapai 2.771.615 jiwa dan meningkat pada tahun 2014 sebesar 2.833.924 jiwa (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, 2018). Pada tahun 2015, jumlah penduduk meningkat menjadi 2.848.583 jiwa (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, 2018). Peningkatan ini akan mengakibatkan semakin padatnya kawasan perkotaan dan aktivitas yang mempengaruhi padatnya jalanan. Kepadatan yang semakin meningkat ini dipengaruhi oleh semakin meningkatnya kendaraan pribadi dan juga kendaraan angkutan barang. Kendaraan angkutan barang yang melakukan aktivitas logistik untuk memenuhi kebutuhan dalam kota menjadi meningkat dengan berbagai kapasitas dan ukuran. Semakin besar ukuran kendaraan tersebut maka akan semakin memenuhi kapasitas jalan. Selain itu, cepatnya waktu respon yang diinginkan juga menjadi tuntutan tersendiri.

Berkaitan dengan status kota metropolitan dan peningkatan aktivitas logistik, kepadatan penduduk di Kota Surabaya juga berkaitan dengan meningkatnya kebutuhan pangan. Peningkatan ini akan mengarah pada proses ketahanan pangan yang ingin dicapai daerah perkotaan. Untuk mampu mengelola sumber daya pangan yang masuk dan keluar Kota Surabaya, perlu dilakukan upaya. Upaya untuk mengatur ketahanan pangan ini juga terkait dengan aktivitas logistik pangan yang masuk dan keluar daerah Surabaya. Sedikitnya lahan pertanian yang ada di daerah perkotaan, membuat aliran bahan pasok pangan dari luar kota masuk dan mengalami proses selanjutnya. Proses ini dapat berkaitan dengan transaksi jual beli bahan pangan dan distribusi kepada pedagang ataupun Usaha Kecil dan Menengah (UKM). Keterkaitan ketahanan pangan dan manajemen logistik yang baik dapat diawali dengan melakukan penelitian untuk mencapai ketahanan pangan Kota Surabaya yang baik dan aktivitas logistik yang dapat mengurangi kepadatan jalan ataupun waktu respon yang semakin baik. Salah satu solusi untuk mengelola aktivitas logistik ini adalah dengan melakukan penerapan urban logistik atau *city logistics* dengan melakukan pembangunan *distribution centre* di dalam kota.

Beberapa penelitian mengenai kajian urban logistik terkait dengan bahan pangan sudah dilakukan. Salah satunya berjudul *City logistics for perishable products, the case of Parma's Food Hub* (Morganti & Gonzalez-Feliu, 2014), Logistik perkotaan yang diamati adalah Parma di Itali dengan objek produk berupa *fresh food products* yang memiliki umur hidup pendek seperti buah dan sayur, roti, dan lain sebagainya. Aspek yang diamati adalah skema *last food miles*. Untuk menggambarkan situasi yang kompleks mengenai penerapan urban logistik pada penelitian ini, analisis dilakukan terfokus pada aspek logistik, teknologi, dan variabel yang terstruktur untuk mengukur performansi skema pengiriman terkait dengan frekuensi dan karakteristik pengiriman, *unit loads*, tipe kendaraan dan pengangkut, tingkat optimasi, dan titik rantai pasok. Penelitian yang dilakukan merupakan analisis aktivitas logistik yang dilakukan pada proyek *Urban Distribution Centre* (UDC) yang difungsikan sebagai food hub untuk wilayah Parma. UDC yang dibangun merupakan *Warehouse Produce Market* (WPM) yaitu gudang yang mengumpulkan grosir dan produsen yang secara bersama-sama mengumpulkan produk dengan tujuan memudahkan *retailer* membeli dan memilih buah dan sayuran.

WPM melakukan fungsi logistik dan komersial secara bersamaan. Proyek ini dirancang dengan nama *Ecocity* dan berjalan pada tahun 2008 dengan melibatkan pembuatan kebijakan untuk mengontrol aktivitas aliran makanan yang masuk. Para *supplier* dan pelaku bisnis makanan akan mengirimkan barang ke WPM dan kemudian dari gudang dikirim ke tujuan akhir (*last mile delivery*) seperti produsen makanan, hotel, restoran, toko, *catering*, dan lainnya. Pengiriman yang dilakukan dari WPM ke tujuan akhir menggunakan kendaraan yang sesuai dengan kriteria yang ditetapkan untuk mendukung tujuan dari pelaksanaan proyek. Tujuan tersebut adalah mengurangi polusi udara, emisi gas rumah kaca, kebisingan, dan sampah; meningkatkan efisiensi sumber daya dan energi dengan efektivitas biaya pengiriman barang, memasukkan biaya eksternal ke dalam akun perhitungan; dan meningkatkan daya tarik serta kualitas lingkungan perkotaan dengan mengurangi jumlah kecelakaan, minimasi okupansi jalan tanpa mengorbankan mobilitas jalan.

Penelitian lain terkait dengan urban logistik di Kota Surabaya dengan pendirian *distribution centre* juga sudah dilakukan oleh Meirina Rosita dalam tugas

akhir pada tahun 2011. Penelitian yang dilakukan merupakan simulasi untuk logistik barang *retail modern* di Surabaya dengan menambahkan *distribution centre* dan beberapa skenario lainnya (Rosita, 2011). Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian yang dilakukan oleh Sudiana dengan judul Permodelan Sistem Logistik Perkotaan (*City Logistics*) untuk Memenuhi Pasokan Barang ke *Modern Consumer* dengan fokus pada pemodelan sistem logistik modern *retail* di Surabaya (Wirasambada, 2010). Selain kedua penelitian di atas, penelitian lainnya terkait urban logistik juga dilakukan oleh Navitas, *et al.* (2013) dengan menggunakan *transportation demand management*, Orjuela-Castro, *et al.* (2017) tentang pencarian lokasi UDC untuk *perishable fruit* menggunakan model matematis (riset operasional), Huang, *et al.* (2018) tentang desain sistem logistik untuk *home delivery* di *urban area* menggunakan model matematis, Soysal, *et al.* (2014) dengan menggunakan model matematika untuk memodelkan jaringan logistik internasional daging sapi, Karakikes & Nathanail (2017) mengenai pemilihan model simulasi untuk distribusi wilayah perkotaan, Makhlofia, *et al.* (2015) mengenai simulasi diskrit untuk sistem urban logistik, dan lain sebagainya.

Kebanyakan penelitian yang dilakukan tersebut merupakan penelitian yang bersifat analisis kondisi nyata dan memodelkan dalam bentuk model matematis. Selain itu, juga belum banyak diadakan penelitian yang menganalisis dan merancang logistik perkotaan untuk Kota Surabaya, terutama mengenai produk yang memiliki umur hidup pendek dan berkaitan dengan ketahanan pangan. Untuk melengkapi *gap* dari penelitian yang sudah ada, maka perlu dilakukan penelitian mengenai logistik perkotaan untuk Kota Surabaya yang terkait dengan pengaturan logistik bahan pangan.

Penelitian ini akan memodelkan logistik perkotaan Kota Surabaya untuk produk pangan tertentu dengan menggunakan *tools* Visual Basic for Application (VBA) di Microsoft Excel yang mampu mengakomodasi pemodelan statis dan pengukuran performansi sekaligus. Simulasi dengan VBA digunakan untuk mendapatkan fasilitas pusat distribusi yang efisien untuk penataan logistik perkotaan yang berdampak pada kepadatan jalan dan waktu respon di titik permintaan. Kondisi jalan yang dilihat akan dinilai menggunakan VCR (*Vehicle Capacity Ratio*) untuk mengetahui kepadatan jalan yang berdampak pada

kenyamanan masyarakat kota. Sementara itu, fasilitas yang dirancang dimaksudkan untuk mempermudah pengaturan logistik dan mempermudah pengelolaan barang bagi Pemerintah Kota Surabaya. Selain pencarian lokasi pusat distribusi, juga dilakukan evaluasi terhadap rancangan pusat distribusi di kawasan Sier sebagaimana yang sedang menjadi topik perbincangan di Dinas Perdagangan Kota Surabaya. Hal lain yang membedakan daam penelitian ini adalah infrastruktur dan data lapangan yang diperbarui dari beberapa penelitian terkait logistik perkotaan di Kota Surabaya seperti data kecepatan dan volume jalan. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan dan dikembangkan untuk mendukung *city logistics* di Kota Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, rumusan masalah yang akan diselesaikan adalah bagaimana merancang model logistik Kota Surabaya yang dapat mengukur performansi logistik dari sisi pengguna jalan dan juga pelaku logistik. Aktivitas logistik yang dimodelkan merupakan rantai pasok bahan pangan pokok di Surabaya dengan mempertimbangkan adanya fasilitas pusat distribusi.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan model logistik perkotaan di Kota Surabaya dengan perancangan penambahan fasilitas *distribution centre* untuk menampung beberapa produk bahan pangan pokok.
2. Mengetahui performansi logistik Kota Surabaya terkait pasokan bahan pangan pokok di dalam kota.
3. Merancang alternatif kebijakan sistem logistik perkotaan untuk mendukung pengelolaan dan ketahanan pangan Kota Surabaya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Hasil penelitian dapat dijadikan referensi permodelan logistik perkotaan dengan objek *perishable product* dari sisi rantai pasok aliran produk.
2. Dapat mengetahui pengaruh penambahan fasilitas berupa *distribution centre* terhadap sistem logistik di Surabaya.
3. Dapat mengetahui dan mengevaluasi logistik perkotaan Surabaya terhadap performansi rantai pasok bahan pangan pokok.
4. Dapat memberikan rancangan kebijakan jika dibangun *distribution center* untuk komoditas terkait.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian dijelaskan melalui dua bagian yaitu batasan dan asumsi. Berikut adalah batasan dan asumsi yang digunakan.

1.5.1 Batasan

Berikut adalah batasan yang digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

1. Bahan pangan pokok yang dijadikan komoditas adalah beras, telur ayam, cabai, dan bawang merah. Bahan pangan pokok ini terpilih berdasarkan pertimbangan tingkat kepentingan dan sensitivitas terhadap inflasi (Dinas Perdagangan Kota Surabaya, 2018). Selain itu, bahan pangan pokok ini dipilih karena proses material handling yang sama sehingga daging sapi tidak dipertimbangkan dalam model ini.
2. Titik permintaan dibatasi hanya untuk pasar-pasar yang ada di Surabaya. berdasarkan Laporan Akhir Penyusunan Informasi Distribusi Perdagangan di Kota Surabaya (Dinas Perdagangan Kota Surabaya, 2018).
3. Konfigurasi rantai pasok yang digunakan hanya dua eselon yaitu *supplier* ke distributor/pasar besar dan pasar besar ke pasar kecil.
4. Data kapasitas dan volume yang digunakan untuk pengukuran performansi merupakan data volume dan kapasitas persimpangan jalan yang ada di

Surabaya berdasarkan Hasil Survey Kinerja Lalu Lintas tahun 2018 yang mana tidak mencakup seluruh persimpangan di jaringan jalan yang digambarkan.

5. Performansi yang dihitung adalah performansi model logistik yang dilakukan sekali (satu hari).
6. Satu kendaraan hanya melakukan satu perjalanan.

1.5.2 Asumsi

Berikut adalah asumsi yang digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

1. Pola permintaan atau pengiriman bahan pangan pokok bersifat tetap yaitu setiap hari.
2. Rute yang dilewati kendaraan pada sistem adalah rute dengan waktu tercepat dari titik pasok menuju titik permintaan dengan pertimbangan ketersediaan (availabilitas) jalan untuk dipilih.
3. Aktivitas logistik barang di pasar tujuan dilakukan pada waktu sore hingga dini hari.
4. Waktu tempuh dihitung berdasarkan lama waktu tempuh suatu kendaraan dalam rute dengan mempertimbangkan lama kendaraan menunggu pada lampu lalu lintas.
5. Satu kendaraan angkutan digunakan hanya untuk satu komoditas bahan pangan pokok dikarenakan *material handling* yang berbeda. Namun, untuk komoditas cabai besar dan cabai rawit dapat diangkut dengan satu kendaraan yang sama karena penanganan yang dilakukan sama.
6. Kendaraan yang digunakan akan membawa komoditas bahan pangan dengan penuh (sesuai dengan kapasitasnya).
7. Jaringan jalan yang tidak memiliki data kecepatan akan diasumsikan memiliki kecepatan yang serupa dengan jaringan jalan sejenis yang berada di dekatnya.
8. Seluruh permintaan di setiap titik terpenuhi setiap hari sesuai dengan jumlah yang dipasok.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini terdiri dari enam bab. Secara garis besar, berikut adalah garis besar penelitian yang dilakukan.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bagian ini dijelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini, rumusan masalah yang akan diselesaikan, tujuan, manfaat, ruang lingkup yang terdiri dari asumsi dan batasan, dan adanya penjelasan mengenai sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini dijelaskan mengenai berbagai landasan teori yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan. Pembahasan kajian teori yang dilakukan adalah terkait dengan logistik perkotaan, konfigurasi rantai pasok, metode simulasi dalam merencanakan manajemen sistem logistik perkotaan, dan teori lainnya yang mendasari dan mendukung diselesaikannya penelitian ini. Selain itu, pada bab ini juga akan dijelaskan mengenai perbedaan yang membedakan penelitian ini dengan penelitian lainnya yang terkait dengan logistik perkotaan di Kota Surabaya,

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini dijelaskan mengenai tahapan proses pengerjaan penelitian yang terdiri dari *flow chart* proses dan penjelasannya. Selain itu, metodologi dari pengerjaan model simulasi juga akan dijelaskan per proses pengambilan keputusan pada simulasi logistik perkotaan.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bagian ini dijelaskan mengenai data yang dikumpulkan untuk menyelesaikan permasalahan yang sedang diteliti. Selain pengumpulan data, pengolahan juga dilakukan untuk memperoleh solusi yang diharapkan. Data yang diperoleh perlu diolah untuk dijadikan materi dalam model simulasi yang akan

dijalankan. Pencarian lokasi pusat distribusi juga dijelaskan pada bagian ini. Setelah itu, dilakukan *running* model simulasi dan skenario perbaikan yang diusulkan.

BAB 5 PEMODELAN DAN PERANCANGAN

Pada bagian ini, dijelaskan mengenai pengembangan model yang diterapkan di dalam program yang dirancang. Pengembangan model dilakukan untuk menggambarkan kondisi eksisting dan perancangan model logistik jika adanya *distribution center* (DC). Selain itu, juga dijelaskan mengenai perancangan aplikasi yang mengakomodasi model yang telah dikembangkan.

BAB 6 ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Pada bagian ini dijelaskan mengenai interpretasi hasil dari pemodelan dan analisis. Analisis yang dilakukan akan terkait dengan solusi yang ditawarkan atas permasalahan yang terjadi dan kebijakan yang dapat diterapkan. Analisis dilakukan untuk setiap model yang diujikan pada simulasi logistik perkotaan Kota Surabaya.

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian ini dijelaskan kesimpulan dari penelitian dan saran yang diberikan terkait penelitian yang telah diselesaikan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai literatur dan kajian pustaka terkait ilmu untuk pelaksanaan penelitian ini.

2.1 City Logistics

City logistics dapat diartikan sebagai proses mengoptimalkan seluruh aktivitas logistik dan transportasi oleh perusahaan swasta terkait di wilayah perkotaan dengan melibatkan pertimbangan kondisi lalu lintas, kepadatan lalu lintas, dan konsumsi energi dalam kerangka ekonomi pasar (Taniguchi, et al., 1999). Istilah lain untuk logistik kota adalah urban (*freight*) *distribution*, *last mile logistics*, *urban logistics*, atau *city distribution*. Secara keseluruhan, tujuan dari logistik perkotaan adalah mengurangi total biaya sosial akibat dari pergerakan barang di wilayah perkotaan (Ogden, 1992). Ogden kemudian menjabarkan tujuan secara keseluruhan ini menjadi enam tujuan yang spesifik.

Tabel 2. 1 Tujuan *City Logistics*

Tujuan	Deskripsi
Ekonomi	Pengembangan dan perbaikan sistem pengangkutan menuju perbaikan ekonomi pada tingkat lokal, regional maupun nasional. Memfokuskan sektor perdagangan yang berkaitan langsung dengan ekonomi perkotaan. Memfokuskan perhatian pada pelabuhan dan fasilitas intermodal
Efisiensi	Minimisasi atau penurunan biaya operasional transportasi yang terkait dengan <i>endroute travel</i> , <i>end-point activity</i> dan energi. Memfokuskan pada masalah kemacetan, peran/fungsi dari kargo/pengangkutan, dan biaya pengangkutan barang Mengatasi terjadinya kekurangan jaringan jalan termasuk desain jalan dan geometri, pemeliharaan, papan jalan,

Tujuan	Deskripsi
	<p>pengelolaan lalu lintas daerah dan kapasitas yang berhubungan dengan jalan utama</p> <p>Meminimasi biaya di titik akhir (<i>end point cost</i>), berkaitan dengan parkir, bongkar muat, kegiatan-kegiatan di terminal, jam operasi serta jalan masuk dan keluar ke lokasi tujuan akhir</p> <p>Minimasi biaya energi berkaitan dengan kecepatan kendaraan, karakter dan tipe pengiriman</p>
Keselamatan di jalan	<p>Mengurangi atau meminimasi kerusakan properti, kecelakaan dan kematian terkait kecelakaan.</p> <p>Memberikan perhatian pada kebijakan yang berkaitan dengan desain kendaraan, pelatihan pengemudi, penggunaan lahan, desain jalan, dan manajemen lalu lintas.</p>
Lingkungan	<p>Memfokuskan perhatian pada mitigasi polusi kebisingan, udara, dan getaran</p> <p>Menurunkan ancaman akibat kendaraan besar dan aktivitas mengganggu di daerah pemukiman</p>
Infrastruktur dan manajemen	<p>Melakukan penyelidikan terhadap dampak peran pemerintah melalui peraturan, pengendalian harga, perpajakan dan investasi</p> <p>Melakukan pembangunan dan pemeliharaan jalan yang berhubungan dengan sektor pengiriman barang</p>
Struktur Perkotaan	<p>Memberikan perhatian khusus pada interaksi antara fasilitas pengangkutan dan struktur perkotaan termasuk ukuran kota dan pengaruhnya terhadap ongkos angkut, interaksi antar kargo dan struktur perkotaan, dan kargo sebagai pengguna lahan perkotaan</p>

Sumber : Ogden, 1992

Dalam tulisannya yang berjudul *Sustainable Urban Logistics: Concepts, Methods And Information Systems*, Gonzalez-Feliu, *et al.*(2014), menyatakan bahwa mendefinisikan logistik perkotaan sebagai bidang multidisiplin ilmu yang bertujuan untuk memahami, mempelajari dan menganalisis berbagai organisasi, skema logistik, pemangku kepentingan dan tindakan perencanaan terkait dengan peningkatan sistem transportasi barang yang berbeda di zona perkotaan dan menghubungkannya dengan cara yang sinergis untuk mengurangi gangguan utama yang terkait dengannya. Lebih lanjut lagi, penulis menjelaskan saat ini, ada banyak tindakan spesifik dalam logistik perkotaan, kebanyakan dihasilkan dari program penelitian, tetapi tidak semuanya masih beroperasi. Hal ini disebabkan oleh keterlibatan para pemangku kepentingan yang berbeda dalam logistik perkotaan, serta berbagai macam tujuan dan taruhan serta kesulitan untuk melakukan tindakan kolaboratif.

Pemangku kepentingan publik (politisi, perencana kota, manajer transportasi umum, layanan teknis regional atau nasional) berada pada visi kesejahteraan kolektif dan bertujuan untuk mengurangi gangguan utama yang dikaitkan dengan transportasi barang, yaitu kemacetan, polusi, pemanasan global dan kebisingan tanpa menghakimi kondisi daerah perkotaan dan juga menciptakan pekerjaan bila memungkinkan. Para pemangku kepentingan swasta (pengirim, operator transportasi dan logistik, pengecer, pedagang besar, pengrajin, pemangku kepentingan negara yang nyata, kegiatan tersier, dll.) berada pada visi efisiensi ekonomi dan bertujuan untuk mengurangi biaya dan/atau meningkatkan kualitas layanan, tentu saja dengan mengawasi lingkungan tetapi tidak sebagai kriteria primordial. Kepentingan yang pihak-pihak tersebut berikan kepada masing-masing komponennya (ekonomi, lingkungan dan sosial) tidak sama, dan seringkali sulit untuk memberikan visi atau tujuan terpadu. Isu-isu tersebut diperkuat karena lingkungan transportasi perkotaan yang sangat terbatas dan interaksi yang terjadi dengan transportasi pribadi (meskipun angkutan barang sering diindikasikan sebagai sumber gangguan, terbukti bahwa inefisiensinya merupakan konsekuensi dari gangguan transportasi pribadi yang ada pada transportasi barang akibat adanya interaksi). Dari adanya interaksi dan keterbatasan tersebut, penataan logistik

perkotaan perlu dilakukan untuk mencapai tujuan bersama yang menguntungkan berbagai pemangku kepentingan, baik itu swasta ataupun pemerintah.

2.2 Simulasi untuk *City Logistics*

Simulasi bertujuan untuk mereplikasi sebuah sistem untuk memberikan pengertian yang lebih baik terhadap sistem tersebut. Ada perbedaan yang mendasar antara memodelkan dan simulasi. Model merupakan representasi dari sistem dan dapat dideskripsikan secara kualitatif menggunakan *influence diagram* atau secara kuantitatif menggunakan formula matematis. Sementara itu, simulasi merupakan operasi dari model yaitu proses menggunakan sebuah model untuk mengerti bagaimana sistem bekerja sepanjang waktu dan mengestimasi serta mengevaluasi performansinya. Secara sederhana, simulasi terdiri dari pertanyaan “bagaimana jika” mengenai sistem yang sebenarnya dan mengobservasi dampak dari perubahan variabel sepanjang waktu. Simulasi bermakna memodelkan, tapi memodelkan tidak secara harfiah bermakna sebagai simulasi. (Sarra, et al., 2017)

Sarra, *et al.* (2017) memberikan langkah-langkah untuk memungkinkan pemilihan kueri dan artikel dalam mengidentifikasi model dan alat simulasi yang berbeda dalam penerapannya pada logistik perkotaan. Pertama, mengidentifikasi kata kunci penting terkait dengan bidang logistik perkotaan. Kata kunci ini dihasilkan oleh menggabungkan "kunci awal" (A) dan "kunci spesifik" (B) yang ditunjukkan pada Tabel 1. Berkaitan dengan kriteria ini, digunakan pengumpulan informasi di beberapa basis data (pakar Google, Elsevier, Science Direct, Emerald, IEEE, Scopus, AMC, dan Web of Science). Sumber tersebut menyediakan sebagian besar studi termasuk dalam meta-analisis awal. Kedua, untuk mengekstrak studi dan artikel yang berhubungan dengan simulasi, terapkan filter pencarian menggunakan fungsi boolean "AND" dengan kata kunci "simulasi". Berikut adalah area penelitian dan hasil dari beberapa teknik simulasi.

Tabel 2. 2 Area atau Topik Penelitian Terkait *Urban/City Logistics*

Kunci Awal (A)	Kunci Spesifik (B)		
<i>Urban</i>	a. Logistik	h. Permintaan barang	l. Permintaan
<i>City</i>	b. Distribusi	i. <i>Routing</i>	m. Lalu lintas
<i>Last mile</i>	c. Pengiriman	Transportasi	n. Parkir
	d. Perencanaan	j. Ruang pengiriman /	o. Gerakan komersial
	e. Distribusi barang	area / teluk	p. Pendukung
	f. Pergerakan barang	k. Memuat /	keputusan
	g. Angkutan barang	membongkar teluk	

Sumber : Sarra, *et al.*, 2017

Langkah pencarian artikel dan jurnal ini menghasilkan koleksi 40 publikasi yang diklasifikasikan berdasarkan tahun publikasi, kriteria *output* (diukur atau dievaluasi oleh simulasi), tipe *stakeholder* dan teknik simulasi, seperti yang ditunjukkan pada tabel di atas. Berikut adalah distribusi dari *paper* yang diulas.

Tabel 2. 3 Tahun dan Distribusi Karya Tulis Tentang Simulasi untuk Urban Logistik

Tahun		<i>Output</i>	<i>Stakeholder</i>	Teknik
2016 : 12.5%	2010 : 7.5%	Ekonomi	Otoritas lokal:	<i>Discrete event</i> :
2015 : 15.0%	2009 : 7.5%	92.5%	75,0%	35.0%
2014 : 15.0%	2008 : 2.5%	Lingkungan	Operator :	<i>Agent-based</i> :
2013 : 10.0%	2007 : 10.0%	52.5%	50,0%	40.0%
2012 : 10.0%	2005 : 7.5%	Sosial 17.5 %	Pengirim /	<i>Monte Carlo</i> :
2011 : 2.5%			Penerima:	20.0%
			35,0%	<i>Instance</i>
			Penduduk :	<i>generation</i> :
			10,0%	22.5%
				Sistem dinamik
				: 7.5%

Sumber : Sarra, *et al.*, 2017

Berdasarkan tinjauan pustaka yang dilakukan oleh Sarra, *et al.* (2017) menunjukkan bahwa sebagian besar simulasi memiliki sudut pandang atau orientasi untuk otoritas lokal (75%), beberapa melibatkan pihak swasta, seperti operator (50%) dan pengirim / penerima (35%) dan sedikit dari penelitian melibatkan tujuan ke penduduk (10%). Dari kumpulan tinjauan literatur tersebut, ada lima teknik simulasi utama yang digunakan untuk mengatasi masalah logistik perkotaan yaitu sebagai berikut.

- a. *Instance generation* (IGS): terdiri dari pengujian pada konfigurasi masalah (mungkin tidak lengkap) untuk menilai kinerja suatu sistem, melekat pada algoritma dan / atau dampak dari parameter tertentu.
- b. *Monte Carlo Simulation* (MCS): menggunakan sampling acak dan analisis statistik untuk hasil komputasi. MCS menghasilkan sejumlah besar konfigurasi acak dari suatu *sampling* sistem berdasarkan distribusi probabilitas terhadap peristiwa yang dapat terjadi (Vose, 1996), dan selanjutnya melakukan analisis statistik untuk memperoleh signifikan kesimpulan.
- c. *Discrete Event Simulation* (DES): dicirikan oleh model kejadian distrit (sebagai lawan dari continuous-state models) di mana sistem berevolusi dalam ruang diskrit dalam waktu yang dipicu oleh adanya kejadian.
- d. *Agent Based Simulation* (ABS): memungkinkan untuk merepresentasikan tindakan dan interaksi entitas yang mengikuti aturan dan kepentingan mereka sendiri (Dieussaert *et al.*, 2009). ABS juga digunakan untuk mensimulasikan sistem yang kompleks di mana beberapa agen terlibat dan menetapkan aturan untuk interaksi yang sulit untuk digambarkan. Manajemen waktu dalam hal ini juga tergolong diskrit : *time-driven* atau *event-driven*.
- e. *System dynamics* (SD): berfokus pada alur di sekitar jaringan daripada perilaku individu tiap entitas (Maidstone, 2012). Di SD, proses nyata diwakili dalam tiga objek utama yaitu stok, aliran, dan penundaan (Borshchev *et al.*, 2004).

ABS merupakan teknik simulasi yang sering digunakan untuk kasus transportasi, jaringan, dan infrastruktur (*transportation, network, and*

infrastructure problems/TNIP). Permasalahan yang diselesaikan meliputi perencanaan pergerakan angkutan barang dan operasi di lingkungan perkotaan, manajemen lalu lintas dan parkir dan lokasi fasilitas. Salah satu contoh model yang disimulasikan dengan ABS dirancang oleh Schroeder *et al.* (2012) dengan mendefinisikan adanya 4 agen yang terlibat yaitu *shipper*, penyedia jasa layanan pengiriman, *carrier* dan supir yang bertindak secara independent sebagai pembuat keputusan atau berlaku sebagai entitas tunggal. ABS dapat memfokuskan pada perilaku agen sebagaimana ide tersebut diimplementasikan terhadap koordinasi pasar, pembelajaran kapabilitas, dan pembatasan persepsi. Selain itu, Ossowski *et al.* (2005) menjelaskan mengenai metode desain untuk membangun Decision Support System (DSS) berdasarkan agen untuk permasalahan manajemen lalu lintas dalam kondisi nyata. Mereka menjelaskan secara detail mengenai teknik multi - agen dalam desain dan implementasi alat untuk permasalahan manajemen lalu lintas jalan.

Salah satu contoh penggunaan teknik *Monte Carlo Simulation* (MCS) ditemukan dalam sebuah publikasi oleh Pinto *et al.* (2016). Mereka menggunakan MCS untuk permasalahan lokasi dan ukuran tempat parkir berdasarkan area. Dalam pendekatan MCS, pendekatan yang digunakan adalah untuk membuat sample interval kedatangan dan waktu pelayanan truk menggunakan *lay-by areas*.

Instance Generation Simulation (IGS) digunakan untuk mensimulasikan beberapa model. Amaral *et al.* (2015) mempertimbangkan sistem dua tingkat dan mengusulkan optimisasi dua lapis untuk angkutan barang perkotaan, dengan pertimbangan adanya batasan waktu (*time windows*) pengiriman. *Instance generator* (IG) telah dikembangkan untuk menghasilkan dan memanipulasi berbagai contoh masalah. Pilihan IG didukung oleh kesederhanaan teknik ketika berhadapan dengan sejumlah parameter. Dalam kasus yang diselesaikan oleh Amaral *et al.* (2015), waktu dan biaya perjalanan bergantung pada waktu dan kendaraan sehingga satu contoh masalah akan memiliki 1920 parameter independent.

Discrete Event Simulation (DES) juga dapat diimplementasikan dalam konteks logistik perkotaan. Salah satu publikasi yang dilakukan oleh Barcelo *et al.* (2007) membahas tentang penggunaan DES dalam kasus logistik kota. Mereka

mengusulkan sebuah algoritma keputusan untuk VRP di dalam logistik perkotaan dan aplikasinya terhadap pengiriman barang di dua kota di Italia. Tingkat detail DES memungkinkan pendekatan terhadap permasalahan spesifik seperti *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) dan sebuah *Pickup and Delivery Problem with Time Windows* (PDPTW).

System Dynamics (DS) diimplementasikan dalam berbagai model, salah satunya adalah untuk simulasi dinamika permintaan logistik di Kota Beijing (Qiu, et al., 2013). Mereka mengajukan model SD menggunakan Vensim untuk mengintegrasikan faktor makro ekonomi (tingkat pengangguran, GDP, ukuran populasi, produktivitas, dll) dan faktor operasional (produksi *order*, *backlog order*, volume kendaraan, dll). Selaint itu, sistem logistik juga dimodelkan dengan SD oleh Gui *et al.* (2005). Simulasi dilakukan menggunakan Vensim. Mereka menyebutkan SD lebih intuitif dan dapat dipahami daripada teknik lain karena bergantung pada grafik konsekuensi yang menjelaskan pengaruh dan mekanisme umpan balik antar variabel.

2.2.1 Instance Generation Simulation (IGS)

Berdasarkan pengertian yang telah disampaikan di atas, IGS terdiri dari pengujian pada konfigurasi masalah (mungkin tidak lengkap) untuk menilai kinerja suatu sistem, melekat pada algoritma dan / atau dampak dari parameter tertentu. Berdasarkan ulasan yang dibuat oleh Sarra *et al.* (2017), IGS telah digunakan dalam beberapa penelitian yang berkaitan dengan *transportation, network, and infrastructure* (TNIP), *vehicle routing problem* (VRP), *urban consolidation and mutualization*, dan *electromobility*.

Secara khusus, IGS digunakan dalam penelitian yang dilakukan oleh Amaral *et al.* (2015), Roca-Riu *et al.* (2015), dan Gonzalez-Feliu *et al.* (2012). Roca-Riu *et al.* (2015) menyajikan permasalahan penempatan slot parkir (*parking slot assignment problem / PAP*) yang terdiri dari menemukan penugasan operator ke tempat parkir yang memenuhi permintaan sesuai *time windows* mereka. Penulis mengevaluasi dan membandingkan secara model eksperimental yang diusulkan

dengan memecahkan satu set contoh uji menggunakan CPLEX. Dari percobaan ini, dihasilkan 60 contoh dalam studi di Kota Barcelona.

Sementara itu, Gonzalez-Feliu *et al.* (2012) mengusulkan kerangka kerja untuk mensimulasikan dampak yang dimiliki aliran *e-commerce* terhadap tingkat penggunaan/okupansi jalanan kota. Penulis menginisiasi sebuah kumpulan skenario yang mempertimbangkan populasi dengan kepadatan berbeda dan strategi pasokan rumah tangga.

Selain dua permasalahan di atas, permasalahan VRP juga disimulasikan dengan IGS. Beberapa penelitian menggunakan kombinasi penggunaan teknik IGS dan MCS. Tadei *et al.* (2014) membahas mengenai *multi-path* TSP dengan biaya aperlalana yang stokastik untuk mengevaluasi fungsi objektif dari masalah mereka dengan implementasi menggunakan C++. Namun Maggioni *et al.* (2014) memenuhi kesenjangan yang ada pada penelitian Tadei *et al.* (2014) dengan membuat hal baru berdasarkan sensor lalu lintas pada jaringan nyata. Sementara itu, Munoz-Villamizar dan Angel (2013) membahas permasalahan penempatan pusat distribusi di daerah perkotaan dan rute kendaraan menggunakan angkutan yang sesuai. Algoritma MCS digunakan ketika berhadapan dengan penentuan lokasi depot dan penugasan masing-masing ke pelanggan depot yang sesuai. IGS diterapkan untuk menyelesaikan berbagai kasus VRP. Untuk penggunaan teknik IGS secara eksklusif terhadap kasus VRP, dilakukan oleh Qureshi *et al.* (2010) yaitu mengembangkan pembangkitan kolom berdasarkan algoritma optimasi untuk *Vehicle Routing and Scheduling Problem (VRSP)* dengan *semi soft time windows*. Algoritma diimplementasikan menggunakan MATLAB. Eksperimen komputasi dilakukan menggunakan delapan uji kejadian berdasarkan Solomon's R101 *benchmark*.

2.3 Infrastruktur Logistik Kota Surabaya

Infrastruktur logistik merupakan seluruh Fasilitas yang secara fisik mendukung terjadinya aktivitas logistik. Ada beberapa infrastruktur logistik yang ada di Surabaya.

1. Pelabuhan Tanjung Perak

Pelabuhan Tanjung Perak merupakan pintu gerbang barang yang masuk dari arah timur. Pelabuhan ini memiliki ukuran 1574,3 ha dengan luas lahan 545 ha. Pelabuhan ini dikelola oleh PT Persero Pelabuhan Indonesia (Pelindo) III. Berikut adalah dermaga yang ada di Pelabuhan Tanjung Perak.

Tabel 2. 4 Dermaga di Pelabuhan Tanjung Perak dan Ukurannya

Dermaga		Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman Kolam
				(M LWS)
A	Dermaga Jamrud Utara	1.2	15	9
B	Dermaga Jamrud Barat	217	15	6
C	Dermaga Jamrud Selatan	800	15	7
D	Dermaga Kalimas	2.27	15	2,5
E	Dermaga Mirah	640	15	6
F	Dermaga Berlian Timur	780	15	9,7
G	Dermaga Berlian Utara	140	15	7
H	Dermaga Berlian Barat	700	15	8,2
I	Dermaga Nilam Timur	920	15	8
J	Dermaga Domestik TPS	450	45	7,5
K	Dermaga Internasional TPS	1	50	10,5
L	Dermaga Internasional TTL	500	50	10,5
M	Dermaga Domestik TTL	450	30	9

(Sumber : PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo) III, 2018)

Fasilitas yang disediakan di Pelabuhan Tanjung Perak meliputi beberapa terminal yang digunakan untuk bongkat muat angkutan barang.

- Terminal Jamrud : 6 unit *harbour mobile crane* kapasitas 100 ton, gudang seluas 9.744 m², lapangan penumpukan 43,1 ha, terminal penumpang 13.000 m².
- Terminal Mirah : 2 unit *rubber tyred gantry* kapasitas 40 ton, gudang seluas 13.440 m².

- c. Terminal Nilam : 3 unit *ship to shore crane* kapasitas 35 ton, 5 unit *rubber tyred gantry* kapasitas 40 ton, 17 unit truk, lapangan penumpukan 3,4 ha.
- d. Terminal Kalimas : gudang seluas 6.060 m², lapangan penumpukan 3.520 m².
- e. Terminal Berlian : 16 unit *harbour mobile crane* kapasitas 100 ton, 7 unit *rubber tyred gantry* kapasitas 40 ton, 4 unit *reach stacker* kapasitas 40 ton, lapangan penumpukan 7,5 ha, 12 unit truk.
- f. Terminal Petikemas Surabaya : 11 unit *ship to shore crane* kapasitas 35 ton, 1 unit *harbour mobile crane* kapasitas 100 ton, 33 unit *rubber tyred gantry* kapasitas 35 ton, 6 unit *reach stacker* kapasitas 35 ton, lapangan penumpukan 45 ha, *container freight station* 1 ha, 75 unit truk.
- g. Terminal teluk lamong : 5 unit *ship to shore crane* kapasitas 40 ton, 10 unit *automated stacking crane* kapasitas 40 ton, 50 unit *automatic terminal trailer*, 5 unit *straddle carrier*, lapangan penumpukan petikemas 15,86 ha, lapangan penumpukan curah kering 10 ha.

2. Infrastruktur Terkait Pengiriman Melalui Kereta Api

Stasiun kereta api merupakan salah satu infrastruktur pengiriman barang melalui darat berupa kargo, kontainer, kurir, dan pergudangan. Untuk aktivitas ini, dikelola oleh PT Kereta Api Logistik. Kawasan pergudangan yang dikelola melalui pengiriman kereta api berada di Kawasan Pasar Turi. Fasilitas bongkar muat barang juga dilakukan di sekitar kawasan Pasar Turi.

3. Terminal Peti Kemas (TPS)

Terminal peti kemas terletak di bagian barat Pelabuhan Tanjung Perak dengan, di bagian ujung alur pelayaran di antara pulau Jawa dan pulau Madura sepanjang 25 mil. Pelayanan yang dilakukan di infrastruktur ini meliputi bongkar, pemuatan, penerimaan, dan pengeluaran petikemas serta *container freight station*. Fasilitas yang tersedia meliputi peralatan bongkar muat, *terminal operations system*, dermaga, dan lapangan (Terminal Petikemas Surabaya, 2018).

4. Depo Kontainer

Depo kontainer merupakan area penyimpanan sementara untuk kontainer melibatkan aktivitas penerimaan, pengeluaran, perawatan, dan perbaikan terhadap kontainer kosong. Area depo kontainer terletak di sekitar Pelabuhan Tanjung Perak dan terdiri dari beberapa perusahaan swasta.

5. Bandara Juanda

Bandara Juanda sebagai salah satu akses pengiriman dan penerimaan barang melalui udara. Untuk aktivitas logistik, dilakukan di Terminal Kargo Bandara Juanda yang dikelola oleh PT Angkasa Pura 1 (Persero) (Tempo.co, 2016). Terminal kargo ini digunakan untuk penyimpanan dan bongkat muatan. Area terminal kargo meliputi luas 16.900 m².

6. Kawasan Pergudangan

Kawasan pergudangan di Kota Surabaya tersebar di beberapa titik, diantaranya Margomulyo, Rungkut, Benowo, Tandes, Kalianak, Tambaksari, Asemrowo, dan kawasan lainnya yang masih berdekatan. Gudang-gudang ini dimiliki oleh perusahaan swasta ataupun operator logistik (3PL).

7. Infrastruktur Jalan

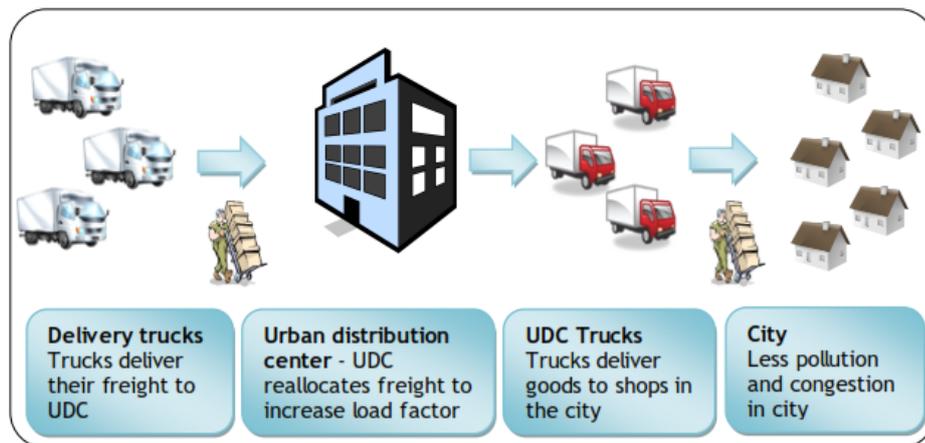
Infrastruktur jalan yang dimaksud meliputi jalan dalam kota dan jalan tol. Jaringan jalan dalam kota terdiri dari beberapa jenis yaitu jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, dan jalan lingkungan. Selain itu, jalan tol dalam Kota Surabaya juga termasuk akses infrastruktur yang disusum untuk mempercepat waktu tempuh dan mengatasi kemacetan sementara. Keberadaan jalan lingkar juga sudah mulai dibangun di Surabaya. Jalan lingkar tersebut adalah Jalur Lingkar Luar Barat (JLLB) dan Jalur Lingkar Luar Timur (JLLT), sedangkan Middle East Ring Road (MERR) saat ini sudah mulai dilewati dan mengalami kepadatan pada waktu-waktu tertentu (Budi, 2018).

2.4 Urban Distribution Center (UDC)

UDC digunakan untuk mengkonsolidasikan proses distribusi pengiriman secara efisien dengan meningkatkan utilisasi kendaraan transportasi, sehingga meminimalkan jumlah kendaraan transportasi yang digunakan. Tujuan dari fasilitas

distribusi di daerah perkotaan adalah untuk mengurangi kepadatan lalu lintas barang, mengubah jenis kendaraan transportasi dalam proses pengiriman, mengurangi dampak lingkungan yang timbul sehubungan dengan kegiatan transportasi barang, meningkatkan efisiensi pengangkutan barang, dan meminimalkan kebutuhan untuk penyimpanan barang dan kegiatan logistik di daerah perkotaan. (Sopha, et al., 2016)

Berikut adalah skema dari penerapan *urban distribution center* menurut (Van Kolck, 2010).



Gambar 2. 1 Skema *Urban Distribution Center* (Van Kolck, 2010)

Menurut Antal van Kolck (2010), saran untuk meningkatkan *load factor*, mengurangi kemacetan dan polusi serta meningkatkan kehidupan sosial di dalam kota adalah pusat distribusi perkotaan. Idennya adalah truk (besar) mengirimkan barang mereka ke pusat distribusi perkotaan, yang secara strategis terletak lebih baik di pinggiran kota dekat dengan jalan tinggi atau jalan besar. Truk mengantarkan barang ke UDC dan tidak perlu memasuki kota. UDC memiliki armada truk UDC sendiri, yang mengantarkan bingkisan ke toko-toko di dalam kota. Truk UDC dapat berupa kendaraan emisi nol atau memiliki karakteristik khusus lainnya seperti ukuran atau tenaga manusia. Barang dapat dikirimkan lebih efektif untuk lokasi / area tertentu, dengan demikian truk tidak sering beroperasi (lebih sedikit kilometer) di dalam kota dengan faktor muatan yang tinggi. Ini mengurangi emisi dan kemacetan lalu lintas karena perjalanan truk yang lebih

kecepatan. Sedangkan kinerja jalan merupakan ukuran kuantitatif yang menggambarkan kondisi jalan. Beberapa bentuk penilaian kuantitatif adalah kapasitas, derajat kepenuhan, dan kecepatan.

a. Volume

Volume merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu area. Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan (MKJI) Indonesia tahun 1997, terdapat empat tipe kendaraan untuk jalan perkotaan yaitu kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV), sepeda motor (MC), dan kendaraan tak bermototr (UM). Volume kendaraan ini akan dikonversikan ke dalam satuan yang sama yaitu ekivalensi mobil penumpang (emp).

b. Kapasitas

Kapasitas diartikan sebagai tingkat arus maksimal yang melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan pada kondisi tertentu. Jalan dengan dua arah lajur akan memiliki kapasitas kombinasi dua arah, sementara untuk banyak lajur akan dipisahkan per lajur dan per arah. Dalam perhitungan kapasitas jalan yang sesungguhnya, ada beberapa komponen pengali yaitu kapasitas dasar (ideal), penyesuaian lebar jalan, faktor penyesuaian pemisah arah, faktor penyesuaian hambatan samping dan badan jalan, serta penyesuaian ukuran kota.

c. Derajat Kejenuhan (*Degree of Saturation*)

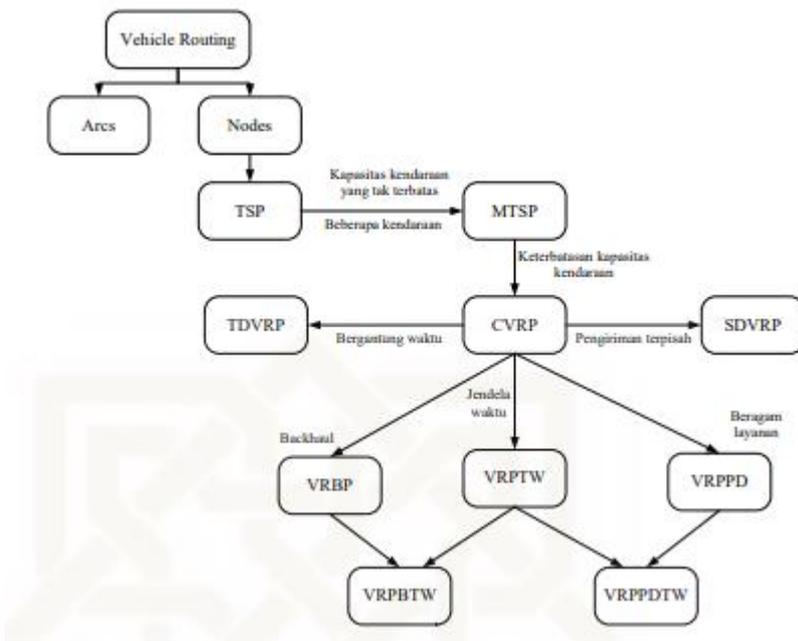
Derajat kejenuhan diartikan sebagai rasio arus lalu lintas volume (smp/jam) terhadap kapasitas (smp/jam) atau yang lebih umum dikenal sebagai VCR (*volume capacity ratio*). Jika derajat kejenuhan melebihi 0,8 berarti jalan tersebut sudah terlewat titik jenuh dan dapat mengakibatkan antrian panjang pada kondisi puncak. Nilai VCR secara langsung akan mempengaruhi kecepatan rata-rata kendaraan di suatu titik, sehingga jika VCR semakin besar, maka kecepatan rata-rata kendaraan di ruas jalan tersebut juga akan semakin rendah.

2.6 Split Delivery VRP with Time Windows (SDVRPTW)

Vehicle routing problem (VRP) adalah permasalahan perancangan rute pengiriman yang optimal atau kumpulan rute dari satu atau beberapa depot menuju beberapa *customer* yang tersebar. Setiap *customer* hanya dikunjungi sekali oleh satu

kendaraan dan semua rute kendaraan dimulai dan berakhir di depot, dengan adanya beberapa kendala yang harus dipenuhi. VRP klasik didefinisikan sebagai penentuan rute optimal dari beberapa kendaraan yang terletak di depot. Permasalahan utama merujuk pada permasalahan truk pengiriman yang umumnya dijumpai pada organisasi sistem operasi yang kompleks. VRP tergolong dalam permasalahan NP-Hard dan digunakan dalam manajemen rantai pasok dalam pengiriman fisik dari barang ataupun jasa.

Terdapat berbagai jenis permasalahan VRP. Berikut adalah variasi dari VRP.



Gambar 2. 3 Jenis-jenis VRP (Savitri, 2017)

Dalam tugas akhir ini, permasalahan VRP yang akan diselesaikan adalah *Split Delivery VRPTW (Vehicle Routing Problem with Time Windows)* yang merupakan perluasan dari *capacitated vehicle routing problem* (terdapat batasan kapasitas kendaraan). Permasalahan VRPTW dirumuskan pada penentuan rute dan kendaraan pengiriman komoditas bahan pangan pokok yang berasal dari rancangan fasilitas *distribution center*. Permasalahan ini memiliki tambahan batasan berupa *time windows* yang menghubungkan antar customer pada interval waktu. Tujuan

permasalahan ini adalah meminimalkan banyaknya keseluruhan kendaraan yang digunakan untuk melayani *customer* dan meminimalkan jarak tempuh kendaraan. Batasan dalam permasalahan ini adalah setiap *customer* hanya dilayani tepat satu kali, ada batasan *time windows* yang harus dipenuhi, total permintaan setiap rute tidak boleh melampaui batasan kapasitas kendaraan, dan setiap kendaraan harus memulai dan berakhir di depot. Namun batasan waktu dan kendaraan serta titik demand yang hanya dikunjungi sekali kurang efisien jika demand yang harus dipenuhi bernilai besar. Permasalahan ini kemudian dikembangkan dengan satu lokasi demand dapat dipenuhi oleh beberapa kendaraan angkutan. Dengan demikian, kapasitas kendaraan dapat digunakan secara maksimal.

Metode penyelesaian yang dapat digunakan dalam menyelesaikan beragam diantaranya algoritma eksak, heuristik, dan metaheuristik. Namun, algoritma eksak memiliki keterbatasan yaitu hanya dapat merespon 50 hingga 1000 titik customer berdasarkan variasi VRP dan waktu yang diperlukan untuk penyelesaian (Kumar *et al.*, 2012).

Metode heuristik memberikan waktu komputasi yang lebih cepat daripada metode eksak seperti *branch and bound*, *branch and cut*, *cut and solve technique*. Dalam perbandingan metode heuristik yang dilakukan oleh Nur Insani (2015), antara metode *sequential insertion* dan *nearest neighbor algorithm*, diperoleh waktu komputasi yang lebih sebentar dan hasil yang lebih baik untuk penggunaan metode *nearest neighbor*. Namun, hasil yang diberikan untuk metode heuristik ini bukan merupakan global optimal, tapi mendekati (*local optimal*). Penerapan *nearest neighbor* dalam dunia nyata juga sering dilakukan dalam pengiriman barang karena konsepnya yang *instance based learning*. Algoritma ini akan digunakan untuk menyelesaikan kasus SDVRPTW dalam tugas akhir ini.

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai urban atau *city logistics* dan pusat distribusi untuk logistik perkotaan sudah banyak dilakukan. Berbagai macam jenis penelitian dilakukan dengan sifat yang berbeda-beda, yaitu deskriptif, permodelan, ataupun analisis kuantitatif. Pembahasan secara deskriptif mengenai adanya fasilitas

distribution center telah dilakukan oleh Browne, Sweet *et al.* (2005) dalam laporan *Urban Freight Consolidation Centres*. Di dalam laporan tersebut, diidentifikasi mengenai definisi, isu, fundamental adanya pusat distribusi, penilaian kinerja, *framework* evaluasi, dan rekomendasi.

Pada penelitian yang terkait permodelan untuk *city logistics* dengan objek *perishable products*, telah dilakukan dan diimplementasikan. Salah satunya adalah *City logistics for perishable products: The case of the Parma's Food Hub* oleh Morana & Gonzalez-Feliu (2014). Penelitian yang dilakukan terkait dengan pola pengiriman barang dan kebijakan yang ditetapkan. Analisis yang dilakukan bersifat deskriptif terkait desain dan kebijakan yang dilakukan untuk operasional pengiriman. *Food hub* yang ada di Parma didedikasikan untuk pusat distribusi *fresh food*. Analisis ini dilakukan untuk mengevaluasi proyek pembangunan *Food Hub* ini.

Penelitian lainnya juga dilakukan terhadap *perishable product* yaitu *Modelling Food Logistics Networks With Emission Considerations: The Case Of An International Beef Supply Chain* oleh Soysal, *et al.*, (2014). Penelitian yang dilakukan merupakan pemodelan jaringan logistik daging sapi ke dalam model matematika yaitu *multi-objective linear programming* (MOLP). Tujuan dari model yang dibuat adalah minimasi total biaya logistik dan minimasi jumlah emisi gas kaca yang dikeluarkan oleh operasional transportasi. Lokasi yang dijadikan objek adalah Nova Andradina, Mato Grosso do Sul, Brazil dan diekspor ke daerah Eropa. Analisis sensitivitas pada parameter tertentu dilakukan di MOLP dan diperoleh hasil ternyata kapasitas pelabuhan memberikan tekanan pada sistem logistik, menurunkan efisiensi bahan bakar karena infrastruktur yang buruk menyebabkan efek negatif pada pembiayaan dan emisi, dan penerapan insentif pajak lingkungan dapat memberikan perbaikan pada lingkungan dan ekonomi. Selain memodelkan kondisi eksisting dari jaringan daging sapi, dilakukan juga re-desain terhadap jaringan logistiknya sehingga diperoleh perbaikan.

Selain itu, penelitian yang berkaitan dengan pencarian fasilitas pusat distribusi juga dilakukan dengan permodelan matematika yang mempertimbangkan topografi daerah pegunungan sesuai dengan lokasi yang diamati yaitu Bogotá, ibukota Colombia oleh Javier Arturo Orjuela-Castroa, Lizeth Andrea Sanabria-

Coronadob, dan Andrés Mauricio Peralta-Lozano. Penelitiannya berjudul *Coupling Facility Location Models In The Supply Chain Of Perishable Fruits* (Orjuela-Castro, et al., 2017). Model matematika yang digunakan adalah *mixed linear programming* untuk menentukan lokasi *collection center*. Ada dua model yang dikembangkan yaitu *multi-echelon* dan *multi-product*. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi *losses* dari *perishable fruit* yang didistribusikan. Ada 51 zona produksi pertanian dan ada 21 lokasi yang memungkinkan sebagai pusat penyimpanan. Daerah permintaan dan pemrosesan buah segar dibagi menjadi 20 zona yang mencakup Bogotá dan kota-kota utama di Provinsi Cundinamarca. Ada 7 jenis buah yang dianalisis yaitu stroberi, blackberry, uchuva, gulupa, mangga, jeruk dan mandarin dimasukkan. *Output* yang dihasilkan hanya sekedar model matematis yang dapat dipertimbangkan untuk area yang sejenis dengan dengan Bogotá.

Penelitian terkait *city logistics* di Kota Surabaya telah dilakukan oleh Wirasambada (2010) dalam tugas akhir untuk menyelesaikan jenjang pendidikan sarjana. Penelitian yang dilakukan merupakan pemodelan simulasi untuk logistik perkotaan pasokan barang ke *modern consumer goods retail*. Simulasi melibatkan beberapa modern retail yaitu *minimarket* (Alfamart dan Indomaret), *supermarket* (Carrefour Express, Giant Supermarket, Bonnet Supermarket, Sinar Supermarket), dan *hypermarket* (Carrefour, Hypermarket, Giant Hypermarket). Permodelan dilakukan untuk memodelkan kondisi eksisting dan melakukan pengukuran performansi tanpa penambahan fasilitas. Selain itu, dilakukan juga skenario perbaikan terkait kebijakan waktu pengiriman.

Hasil dari permodelan ini, dikembangkan oleh Meirina (2011) dengan melakukan penambahan fasilitas pusat distribusi. Pusat distribusi ini ditambahkan untuk mempermudah pengelolaan aliran barang yang masuk ke Surabaya. Selain itu, pengaturan ini juga dimaksudkan untuk menata logistik pengiriman agar dapat mempercepat waktu respon. *Output* yang dihasilkan juga berbeda dari penelitian Wirasambada (2010) dengan melibatkan tiga skenario yang berbeda yaitu jika dilakukan implementasi adanya pusat distribusi yang digunakan untuk konsolidasi barang, penggunaan jalur tol, dan pertumbuhan retail modern dalam beberapa tahun ke depan.

Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu

Judul	Penulis	Tahun	Metode	Output
<i>Urban Freight Consolidation Centres Final Report</i>	Prof. Michael Browne, Michael Sweet, Dr. Allan Woodburn and Julian Allen	2005	Analisis deskriptif	Deskripsi dan analisis mengenai adanya urban consolidation centers (UCC), dampak terhadap lingkungan, evaluasi, dan rekomendasi kepada pemerintah
Permodelan Sistem Logistik Perkotaan (<i>City Logistics</i>) Untuk Memenuhi Pasokan Barang Ke Modern Consumer Goods Retail	Sudiana Wirasambada	2010	Permodelan Simulasi	Model Simulasi Logistik Perkotaan Kota Surabaya untuk memenuhi pasokan barang ke consumer goods retails
Simulasi Sistem Logistik Perkotaan untuk Memenuhi Pasokan Barang ke Retail Modern di Surabaya dengan Penambahan Pusat Distribusi	Meirina Rosita	2011	Permodelan Simulasi	Skema pengiriman barang ke consumer goods retail dengan adanya distribution center dan mempertimbangkan pertumbuhan consumer goods retail dalam beberapa tahun ke depan
<i>City logistics for perishable products: The case of the Parma's Food Hub</i>	Eleonora Morganti, Jesus Gonzalez-Feliu	2014	Analisis deskriptif	Skema dan kebijakan penerapan Food Hub di Parma

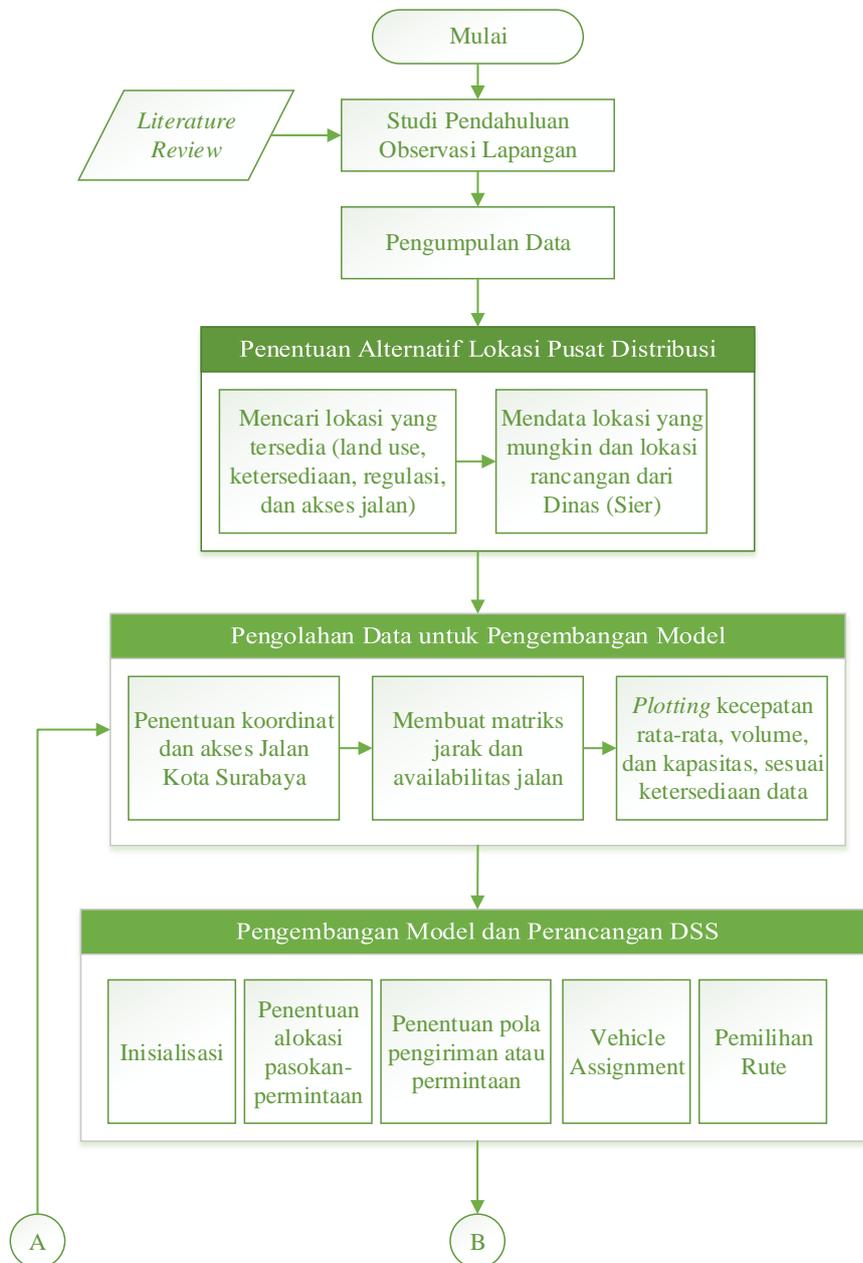
Judul	Penulis	Tahun	Metode	Output
<i>Coupling facility location models in the supply chain of perishable fruits</i>	Javier Arturo Orjuela-Castroa, Lizeth Andrea Sanabria-Coronadob, Andrés Mauricio Peralta-Lozano	2017	Permodelan Matematika : <i>Mixed Linear Programming</i>	Dua model pencarian lokasi dengan menggunakan multi-product dan multi-echelon dengan pertimbangan topografi pegunungan, di mana kemasan dan transportasi yang digunakan tidak melindungi makanan dari perubahan suhu atau kelembaban relatif ketika transit di antara ketinggian yang berbeda untuk 7 jenis buah.

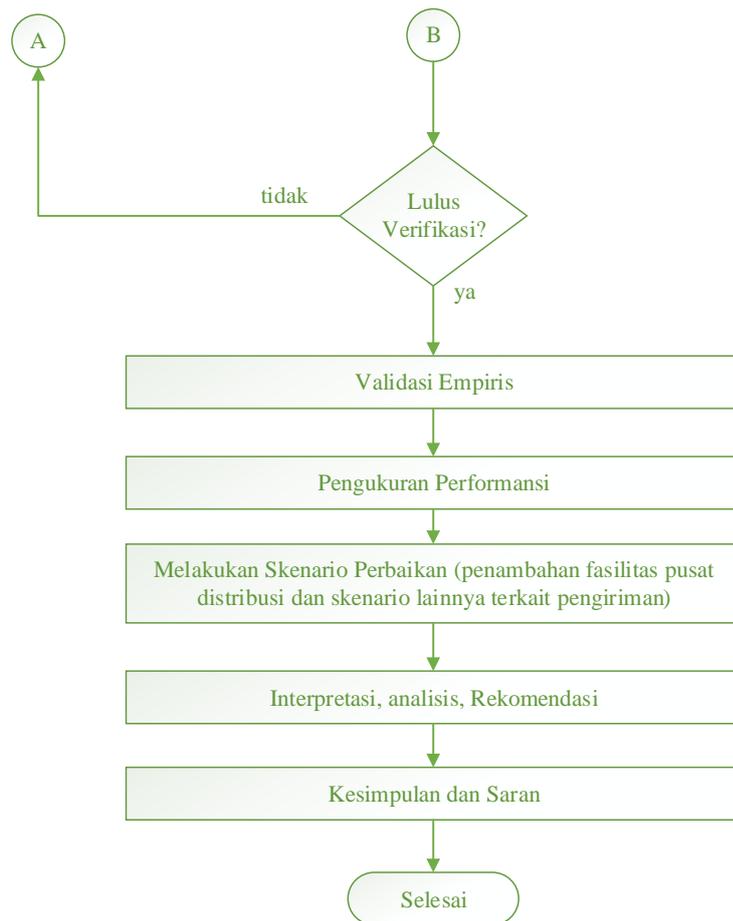
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian. Secara garis besar, metodologi dan tahapan pengerjaan dijelaskan melalui *flowchart* berikut ini.





Gambar 3. 1 *Flowchart* Pengerjaan Penelitian

3.1 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan diawali dengan mengidentifikasi objek yang penting terhadap logistik perkotaan untuk Kota Surabaya. Pemahaman mengenai model dan simulasi logistik dilakukan dengan mempelajari dari penelitian yang dilakukan oleh Wirasambada (2010) dan Rosita (2011). Dasar pemodelan sistem logistik perkotaan Kota Surabaya didasarkan pada kedua penelitian ini, sehingga penelitian yang akan dilakukan ini merupakan pengembangan dari penelitian tersebut. Kemudian melakukan pemilihan komoditas bahan pangan pokok yang utama untuk dijadikan komoditas yang akan dikelola. Untuk melakukan pemilihan komoditas ini, dilakukan studi literatur terkait pemilihan bahan pangan pokok yang penting dan hasil penelitian yang dapat dijadikan referensi. Selain itu, dilakukan juga tinjauan pustaka dan studi literatur terkait topik *city logistics*. Studi lapangan dilakukan

untuk memberikan pemahaman lebih nyata mengenai proses logistik bahan pangan pokok di pasar terkait waktu dan konsolidasi produk yang dilakukan.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan melibatkan sejumlah data dari instansi pemerintahan. Data yang dibutuhkan untuk pengembangan model dan simulasi terkait komoditas bahan pokok adalah sebagai berikut.

1. Titik-titik sumber pasokan, titik-titik permintaan, ruas jalan dalam kota.
2. Data konfigurasi rantai pasok, pelaku, dan pola permintaan komoditas bahan pangan pokok di Surabaya
3. Data jaringan jalan dalam Kota Surabaya meliputi titik-titik ruas jalan dan panjang ruas jalan. Data tersebut dapat diperoleh dari peta Kota Surabaya dan Google Maps.
4. Data kepadatan jalan Kota Surabaya meliputi volume, kapasitas, dan kecepatan kendaraan di ruas jalan dalam kota. Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengunjungi instansi terkait.
5. Data titik *supplier* dan titik *demand* serta lokasi yang akan direpresentasikan dengan node.
6. Peta rencana penggunaan lahan (*Land Use Planning*) Kota Surabaya yang diterbitkan oleh Pemerintah Kota Surabaya.

3.3 Penentuan Lokasi Pusat Distribusi

Untuk menentukan lokasi pusat distribusi, dilakukan dengan menggunakan analisis lokasi. Pertimbangan alternatif lokasi didasari beberapa faktor yaitu *land use map*, ketersediaan lahan (lahan terbangun dan lahan tidak terbangun), regulasi yang mengatur, dan aksesibilitas jalan. Dari pertimbangan tersebut, ditemukan beberapa kandidat lokasi. Untuk dapat menentukan lokasi mana yang terpilih, maka dilakukan pada pemodelan. Selain itu, lokasi di Sier juga dijadikan pertimbangan karena merupakan alternatif yang saat ini dimiliki oleh Dinas Perdagangan Kota Surabaya.

3.4 Pengolahan Data untuk Pengembangan Model

Data yang diperoleh akan diolah. Berikut adalah beberapa bentuk pengolahan data yang akan dilakukan.

1. Penentuan *node* dan jalan dalam kota terdekat dari jalan tol.
2. Pembuatan matriks jarak dan akses jalan. Jarak dapat diperoleh dengan menggunakan Google Maps dan peta Kota Surabaya.
3. Alokasi kecepatan pada setiap ruas jalan.
4. Alokasi nilai volume dan kapasitas jalan sesuai dengan ketersediaan data.
5. Penentuan nilai *input* yang akan digunakan.

3.5 Pengembangan Model dan Perancangan Aplikasi Berbasis VBA

Pengembangan aliran komoditas dilakukan dalam beberapa tahap. Pengembangan model konseptual logistik perkotaan Kota Surabaya yang dilakukan dengan menggunakan referensi utama dari penelitian terkait oleh Wirasambada (2010). Model tersebut akan dikembangkan dan ditransformasikan ke dalam model simulasi dengan menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic untuk melihat pergerakan aliran barang komoditas terpilih. Program tersebut dapat berjalan dengan membaca sumber data yang telah disusun dalam Microsoft Excel. Pada pembuatan model ini, aliran barang akan bergerak dari titik pasokan menuju titik permintaan (*retailer/pasar*). Berikut adalah tahapan pengembangan model yang harus dilah dan dibangun terlebih dahulu.

1. Inisialisasi terkait inisialisasi jaringan infrastruktur (titik permintaan dan titik pasokan yang kemudian menghasilkan pola pasokan dari *supplier* menuju pusat distribusi), jaringan jalan, inisialisasi titik pasokan, dan inisialisasi titik permintaan.
2. Menentukan pola pasokan yang dilakukan *supplier* ke pusat distribusi.
3. Menentukan alokasi pada titik pasokan dan titik permintaan.
4. Penugasan atau pemilihan kendaraan yang digunakan untuk mengirim komoditas ke titik permintaan dan lanjut ke pengembangan sub model pemilihan rute untuk setiap pengiriman. Pengembangan sub model ini terkait dengan inisialisasi kendaraan dan pemilihan kendaraan.

5. Pemilihan rute akan dilakukan setelah memilih kendaraan yang akan digunakan. Pemilihan rute akan dilakukan berdasarkan inisialisasi kondisi jaringan jalan yang tersedia. Setelah rute dipilih, kemudian akan dilakukan pengukuran performansi terkait jumlah kendaraan yang digunakan, total waktu tempuh, jarak, dan *volume capacity ratio* (VCR).

Setelah model konseptual diperoleh dan pengembangan secara konseptual dilakukan, maka dilakukan simulasi. Data-data yang telah diolah akan disusun ke dalam Microsoft Excel untuk dijadikan sumber. Logika-logika dalam model konseptual yang telah dikembangkan akan diterjemahkan ke dalam bahasa pemrograman dan dirancang menjadi aplikasi dengan pendekatan VBA sesuai dengan komponen yang dibutuhkan. Ada perbedaan pengembangan model pada kondisi nyata dan dengan adanya rancangan *disctribution center*. Untuk mengetahui perbandingan performansi antar skenario, perlu dilakukan perhitungan dan simulasi terhadap program yang telah dirancang. Langkah pertama yang dilakukan adalah menjalankan simulasi dengan kondisi nyata yaitu tidak ada pusat distribusi untuk komoditas tersebut. Setelah diperoleh model eksisting (sesuai dengan kondisi nyata), dilakukan simulasi dan verifikasi serta validasi empiris. Jika model sudah lulus verifikasi, maka dilakukan skenario perbaikan berupa penambahan fasilitas pusat distribusi dan beberapa skenario terkait waktu serta fasilitas perbaikan lainnya. Selanjutnya, dilakukan pengukuran performansi untuk mengetahui dampak dari fasilitas yang dirancang dan skenario yang dibuat, Jika hasil simulasi dengan skenario perbaikan memberikan dampak yang baik bagi sistem logistik Kota Surabaya, maka dilakukan interpretasi hasil, analisis, dan membuat rekomendasi. Rekomendasi ini dapat digunakan untuk memberikan masukan bagi pemerintah dalam mengelola sistem logistik bahan pangan pokok di Kota Surabaya. Rekomendasi yang diberikan juga disertai analisis manfaat yang diperoleh dalam penerapannya di masa mendatang.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Setelah beberapa skenario dilakukan, pembuatan kesimpulan dilakukan terkait dengan tujuan yang ingin diraih dari penelitian tugas akhir ini. Kesimpulan

dibuat untuk memperjelas proses dan hasil penelitian yang dilakukan. Saran yang diberikan akan memberikan perbaikan dalam penelitian yang akan dilakukan selanjutnya oleh peneliti lainnya.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai data-data yang dibutuhkan untuk membangun simulasi dan pengolahan yang diperlukan sehingga dapat digunakan untuk membangun model simulasi.

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan untuk penelitian ini meliputi pengambilan data sekunder dari beberapa instansi terkait dan melakukan wawancara untuk memperoleh informasi khusus yang dibutuhkan. Berikut adalah penjelasan mengenai data-data yang dikumpulkan.

4.1.1 Konfigurasi Rantai Pasok

Konfigurasi rantai pasok ke pasar tradisional adalah pola pengiriman secara langsung. Pasokan yang disimulasikan merupakan pasokan yang berasal dari luar kota yang masuk ke pasar-pasar di dalam kota. Komoditas bahan pangan pokok langsung dikirimkan dari supplier luar kota menuju ke pasar-pasar tradisional tujuan. Komoditas beras, telur ayam ras, bawang, dan cabai dikirimkan langsung tanpa ada pusat distribusi untuk mengelola pengiriman.

4.1.2 Pelaku Logistik dalam Rantai Pasok Bahan Pangan Pokok

Dalam penelitian ini, rantai pasok yang diamati adalah dua eselon yaitu antara *supplier-retailer* dan *retailer-customer*. *Retailer* yang dimaksud sebagai distributor adalah pasar-pasar besar yang berlaku sebagai tujuan utama supplier yang berasal dari luar kota. Sementara yang dimaksud dengan *customer* adalah pasar tujuan akhir setelah melalui distributor atau pasar besar. *Supplier* yang masuk ke Kota Surabaya yang dimaksud adalah pintu masuk kendaraan logistik tersebut menuju retailer (pasar besar atau distributor).

Informasi-informasi ini berasal dari Laporan Akhir Penyusunan Informasi Distribusi Perdagangan di Kota Surabaya yang dimiliki dan dikeluarkan oleh Dinas

Perdagangan Kota Surabaya (2018). Informasi yang disajikan dalam laporan ini berasal dari penelitian secara langsung menggunakan kuisisioner dan wawancara secara langsung dengan menggunakan metode *purposive random sampling* dalam penentuan responden. Selain itu, juga dilakukan pengumpulan informasi secara sekunder yang berasal dari literatur, internet, jurnal, dan lainnya. Daftar sumber supplier (*origin*), retailer (*distributor*), dan *customer* (pasar tujuan akhir) beserta komoditas bahan pangan pokok dapat dilihat pada Lampiran A.

4.1.3 Pola Permintaan Komoditas dan Jenis Kendaraan Logistik

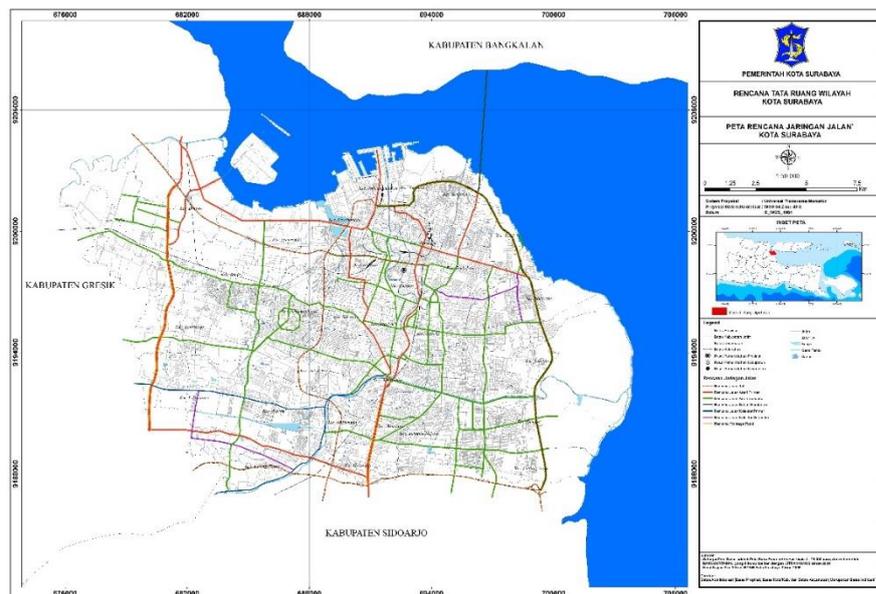
Informasi mengenai pola permintaan untuk masing-masing komoditas bahan pangan pokok diperoleh dari *sampling* terhadap pedagang yang berjualan di pasar dan pengamatan langsung. Secara umum, permintaan dan pengiriman komoditas beras, telur ayam ras, cabai/lombok, dan bawang merah dilakukan setiap hari karena aliran barang dan aktivitas perdagangan yang terjadi setiap hari.

Jenis kendaraan logistik yang digunakan untuk mengangkut komoditas bahan pangan pokok yang masuk ke Surabaya adalah kendaraan dengan truk 2 sumbu (*colt diesel*) dan *pick up*. Untuk pengiriman beras, diasumsikan kendaraan yang digunakan adalah truk 2 sumbu. Untuk pengiriman, telur ayam ras dan cabai diasumsikan menggunakan *pick up*. Pengiriman telur ayam ras yang berasal dari pasar tujuan-1, kendaraan yang digunakan adalah juga *pick up* karena diasumsikan pedagang pengangkut telur ayam, juga mengangkut barang dengan komoditas lainnya selain komoditas pada penelitian ini. Sedangkan untuk pengiriman bawang merah menggunakan dua jenis kendaraan yaitu *colt diesel* dan *pick up*. Alokasi penggunaan kendaraan untuk bawang merah adalah masih belum diketahui secara pasti sehingga dapat diperlakukan sebagai variabel *input* berupa proporsi kendaraan yang digunakan. Dua jenis kendaraan tersebut memiliki kapasitas angkut dan berdasarkan studi lapangan, diasumsikan bahwa setiap kendaraan hanya membawa satu jenis komoditas. Secara umum, daya angkut standar *colt diesel* adalah sekitar 1,3 ton dan daya angkut maksimal dapat mencapai 2 ton. Namun, untuk model yang akan dibangun menggunakan asumsi daya angkut sekitar 1,3 ton. Sedangkan untuk kapasitas *pick up*, mengacu pada jenis mobil *pick up* yang dikeluarkan Suzuki, kapasitas maksimal yang dapat ditampung oleh bak suatu *pick up* dapat mencapai

912 kg atau berdasarkan studi lapangan dapat mencapai 1 ton untuk setiap *pick up*. Dengan demikian, untuk memudahkan konversi dalam model, kapasitas *pick up* yang ditetapkan adalah sekitar 1 ton.

4.1.4 Data Jaringan Jalan dan Panjang Jalan di Kota Surabaya

Data jaringan jalan yang digunakan merupakan data jalan-jalan yang ada di Surabaya yang telah dilengkapi dengan rencana jaringan jalan hingga tahun 2014 yang berasal dari Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya 2014-2034 (Pemerintah Daerah Kota Surabaya, 2014). Peta beserta jaringan jalan yang digunakan untuk visualisasi model simulasi ini adalah peta yang berasal dari dokumen rencana jaringan jalan yang bersumber dari Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya 2014-2034. Untuk mempermudah proses identifikasi lokasi, maka akan dilakukan pemotongan pada dokumen asli sehingga diperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai jaringan jalan di Kota Surabaya. Berikut adalah visualisasi dokumen asli rencana jaringan jalan di Kota Surabaya hingga 2034.



Gambar 4. 1 Rencana Jaringan Jalan di Kota Surabaya (Pemerintah Daerah Kota Surabaya, 2014)

Pada setiap jalan yang saling berhubungan dan memiliki keterkaitan akses, jarak dapat digunakan sebagai salah satu dimensi. Untuk memperoleh jarak antar

jaringan jalan, digunakan bantuan Google Maps. Kemudian, jarak-jarak tersebut akan didata ke dalam matriks jarak yang selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

4.1.5 Data Kecepatan, Volume Kendaraan, dan Kapasitas di Ruas Jalan Kota Surabaya

Setiap ruas jalan yang terdata dan dilewati oleh kendaraan akan memiliki data terkait kecepatan kendaraan yang melintas di jalan tersebut. Data mengenai kecepatan kendaraan di ruas jalan diperoleh dari Laporan Analisa Kecepatan Kendaraan yang disusun oleh Dinas Perhubungan Kota Surabaya pada tahun 2018. Selain itu, untuk setiap ruas jalan juga memiliki volume kendaraan. Data mengenai volume kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan diperoleh dari Hasil Survey Kinerja Lalu Lintas tahun 2018 yang juga disusun oleh Dinas Perhubungan Kota Surabaya. Secara lengkap, data dapat dilihat pada lampiran B.

Untuk data kapasitas dan volume jalan yang akan digunakan dalam performansi V/C ratio, data yang tersedia adalah kapasitas dan volume pada persimpangan berbelok. Karena pengiriman komoditas dilakukan pada sore hingga dini hari, maka data yang diambil adalah pada waktu sore hari. Secara jelas, data dapat dilihat pada lampiran C.

4.1.6 Volume Ketersediaan Bahan Pangan Pokok Terkait

Untuk mengetahui perkembangan bahan pangan pokok yang masuk ke dalam Kota Surabaya, data mengenai ketersediaan bahan pangan pokok dapat digunakan untuk melakukan estimasi. Estimasi dapat dilakukan melalui peramalan yang akan dijadikan *input* dalam model logistik. Berikut adalah data ketersediaan bahan pangan pokok.

Tabel 4. 1 Volume Ketersediaan Bahan Pangan Pokok

Periode	Satuan	Beras	Telur Ayam Ras	Bawang Merah	Cabai Rawit	Cabai Besar
Jan-17	kg	39.921.250	193.600	212.100	217.600	199.400

Periode	Satuan	Beras	Telur Ayam Ras	Bawang Merah	Cabai Rawit	Cabai Besar
Feb-17	kg	38.752.310	150.200	205.920	196.650	213.550
Mar-17	kg	72.568.590	250.170	502.802	481.792	528.380
Apr-17	kg	81.905.890	152.675	406.660	390.110	426.964
May-17	kg	71.345.440	250.620	505.970	531.430	475.845
Jun-17	kg	62.024.410	149.645	310.725	295.390	322.292
Jul-17	kg	41.027.330	189.965	410.562	389.496	427.335
Aug-17	kg	34.942.360	243.709	513.708	483.889	531.279
Sep-17	kg	35.782.150	214.290	466.119	390.590	429.659
Oct-17	kg	37.630.830	223.884	510.919	432.493	391.451
Nov-17	kg	27.899.290	278.405	632.587	538.742	486.820
Dec-17	kg	37.630.830	223.884	510.919	432.493	391.451
Jan-18	kg	31.579.480	269.580	572.795	538.692	466.910
Feb-18	kg	21.490.760	219.479	416.368	493.561	356.622
Mar-18	kg	18.801.740	223.851	422.957	429.822	354.705
Apr-18	kg	37.292.700	221.390	420.143	431.219	357.547
May-18	kg	51.023.080	226.480	416.335	433.649	359.796
Jun-18	kg	88.876.260	169.611	305.136	330.307	274.983
Jul-18	kg	99.657.340	165.290	309.370	327.829	273.154
Aug-18	kg	193.045.500	223.544	418.884	437.368	364.409
Sep-18	kg	22.433.077	280.612	508.089	548.244	455.596
Oct-18	kg	25.613.365	226.994	416.252	439.196	364.274

(Sumber : Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Kota Surabaya, 2018)

4.2 Pengolahan Data

Dari beberapa data yang diolah, dilakukan pengolahan data terhadap data tertentu agar dapat digunakan dalam pengembangan model logistik. Berikut adalah penjelasan mengenai pengolahan data yang dilakukan.

4.2.1 Koordinat Titik Jalan Kota Surabaya

Peta data jaringan jalan yang diperoleh dari rencana jalan Kota Surabaya (RTRW Kota Surabaya) akan dipotong sehingga mendapatkan gambaran yang lebih jelas. Dokumen asli tersebut akan dipotong dengan dimensi yang presisi. Setelah dilakukan proses pemotongan, diperoleh peta jaringan jalan Kota Surabaya dalam ukuran 4500 pixel x 3255 pixel. Ukuran ini akan menjadi acuan *node* dari jalan yang ada di Kota Surabaya. Berikut adalah penentuan node dari jalan-jalan yang ada di Kota Surabaya.

Tabel 4. 2 Data *Node* dan Koordinat Jalan dalam Peta (pixel)

No.	Nama Jalan	X	Y
1	A	535	710
2	B	425	895
3	C	200	1062
4	D	550	1830
5	E	630	2170
6	F	735	2525
7	G	1250	3030
8	H	660	730
9	I	650	760
10	J	660	820
11	K	620	920
12	L	880	805
13	M	880	900
14	N	875	995
15	O	875	1215
16	P	825	1810
17	Q	760	2180
18	R	985	930
19	S	895	1095
20	T	1130	2225
21	U	1070	2535
22	V	1070	2590
23	W	1000	260
24	X	1100	340
25	Y	1140	660
26	Z	1385	1385
No	Nama Jalan	X	Y
71	S2	3000	2020
72	T2	2730	1960
73	U2	2700	1740
74	V2	3570	1020
75	W2	2730	1720
76	X2	2780	1730
77	Y2	2650	1680
78	Z2	2800	1630
79	A3	2800	1590
80	B3	2800	1560
81	C3	2710	1520
82	D3	2640	1490
83	E3	2610	1460
84	F3	2830	1510
85	G3	2460	1000
86	H3	2420	960
87	I3	2490	800
88	J3	2635	800
89	K3	2580	1040
90	L3	2120	1150
91	M3	2290	1180
92	N3	2560	1210
93	O3	2600	1210
94	P3	2840	1105
95	Q3	2790	1230
96	R3	2890	1200

No.	Nama Jalan	X	Y
27	A1	1345	1575
28	B1	1535	1915
29	C1	1480	2280
30	D1	1435	2575
31	E1	1380	2640
32	F1	1355	3000
33	G1	1630	910
34	H1	1590	1410
35	I1	2400	1390
36	J1	1560	1615
37	K1	1855	2835
38	L1	1840	1480
39	M1	1810	1680
40	N1	1670	1810
41	O1	1990	2790
42	P1	2090	2550
43	Q1	2100	2350
44	R1	2470	2030
45	S1	2390	1700
46	T1	2300	965
47	U1	2195	1380
48	V1	2280	1345
49	W1	2405	1365
50	X1	2500	1420
51	Y1	2430	1540
52	Z1	2640	1740
53	A2	2600	1960
54	B2	2550	1960
55	C2	2600	2060
56	D2	2280	2260

No	Nama Jalan	X	Y
97	S3	2940	1440
98	T3	3090	1230
99	U3	3110	1190
100	V3	3250	700
101	W3	3590	1260
102	X3	3560	1320
103	Y3	390	1270
104	Z3	3600	1340
105	A4	3570	1420
106	B4	3350	1450
107	C4	2950	1440
108	D4	2900	1540
109	E4	2970	1540
110	F4	2880	1750
111	G4	2950	1770
112	H4	3320	1790
113	I4	3610	1690
114	J4	3750	1700
115	K4	3320	2220
116	L4	3700	2270
117	M4	3720	2430
118	N4	3320	2520
119	O4	3240	2320
120	P4	3130	2590
121	Q4	3130	2520
122	R4	3230	2520
123	S4	3100	2670
124	T4	3320	2680
125	U4	3760	2680
126	V4	3370	3060

No.	Nama Jalan	X	Y
57	E2	2570	2110
58	F2	2560	2210
59	G2	2515	2415
60	H2	2460	2600
61	I2	2420	2890
62	J2	2530	2600
63	K2	2000	2440
64	L2	2620	2140
65	M2	2980	2240
66	N2	2660	1980
67	O2	2670	1965
68	P2	2700	1950
69	Q2	2710	1990
70	R2	2880	2020

No	Nama Jalan	X	Y
127	W4	3310	2830
128	X4	3100	2800
129	Y4	3300	2890
130	Z4	3060	3010
131	A5	3750	3000
132	B5	2430	3095
133	C5	3890	2420
134	D5	3810	2670
135	E5	3620	1120
136	F5	2500	370
137	G5	1300	580

Node-node tersebut akan direpresentasikan ke dalam peta jaringan jalan. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Data-data node ini kemudian akan digunakan untuk membuat matriks jarak. Matriks jarak akan merepresentasikan *node-node* yang dapat mengakses dan diakses serta ukuran jarak antar *node* tersebut. Matriks jarak selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4. 2 Node dalam Peta Jaringan Jalan

4.2.2 Matriks Kecepatan, Volume, dan Kapasitas

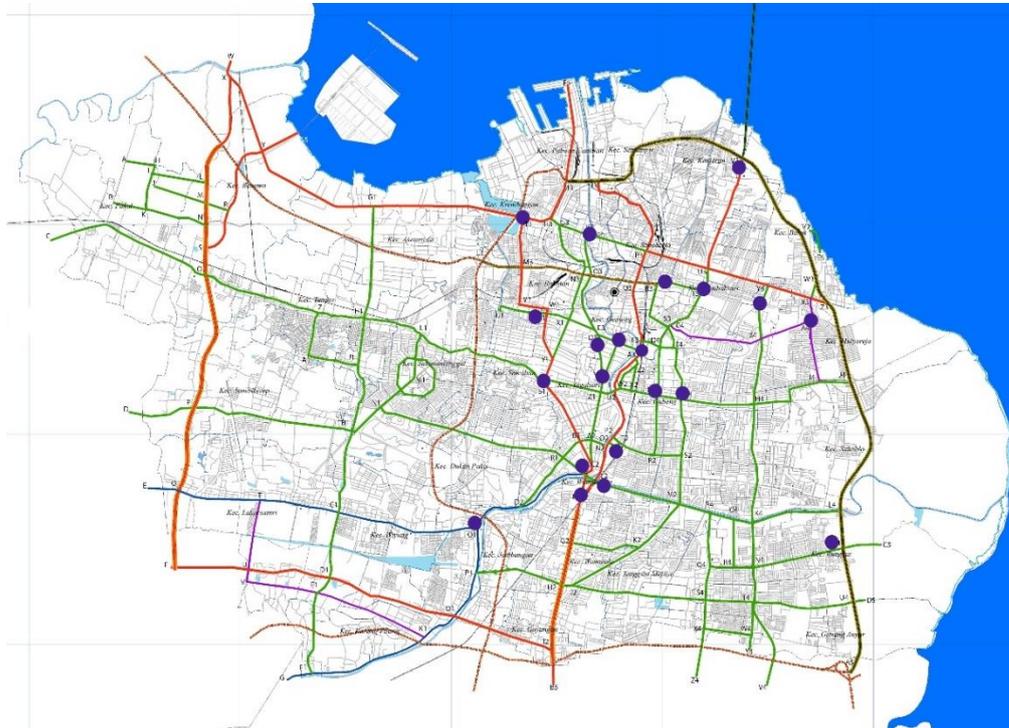
Data-data yang diperoleh dan dikumpulkan pada bagian 4.1 akan diolah menjadi matriks-matriks. Data kecepatan akan di input ke dalam matriks sebagai atribut untuk perhitungan performansi logistik. Beberapa jaringan jalan yang tidak terdapat data kecepatan pada Laporan Analisa Kecepatan Kendaraan diasumsikan memiliki kecepatan yang sama dengan jaringan jalan yang sejenis sama dengan jaringan jalan sekitar jalan tersebut, Selain itu, data volume dan kapasitas juga akan diolah ke dalam bentuk matriks. Data matriks volume dan kapasitas ini akan diinputkan pada matriks. Namun, ada beberapa data volume dan kapasitas yang tidak terdeteksi pada node-node yang tersedia dalam peta jaringan jalan di rencana tata ruang dan wilayah serta adanya keterbatasan pada ketersediaan data. Dengan demikian, hanya jalan-jalan yang terdata yang akan dilakukan perhitungan performansi untuk pengukuran *VC ratio*.

4.2.3 Pemetaan Node Lokasi Retailer dan Supplier

Setelah diperoleh lokasi dari setiap titik jalan, kemudian dilakukan pemetaan lokasi *retailer* dan *supplier*. Lokasi *retailer* yang dimaksud pada model ini adalah titik pintu masuk setelah suatu kendaraan dari kota tertentu keluar dari jalan tol dan memasuki jalan tol dalam kota. Pertimbangan menggunakan titik jalan dari keluar pintu tol adalah tujuan utama untuk mengukur performansi dari sisi kepadatan jalan dalam kota. Hal ini disebabkan kondisi jalan tol yang memiliki kecepatan tinggi dan bebas hambatan sehingga diasumsikan tidak dapat dilakukan pengukuran terhadap performansi jalan dalam kota. Sedangkan jika jalan dalam kota diukur performansinya terhadap pengaruh kendaraan logistik, maka kondisi jalan tersebut representatif dengan kondisi kota (volume dan kapasitasnya meliputi seluruh jenis kendaraan). Sementara itu, *node* lokasi *retailer* yang dimaksud adalah akses titik jalan terdekat menuju lokasi tersebut. Secara lengkap, pemetaan ini dapat dilihat pada Lampiran I.

Setelah didata dan dicari titik jalan terdekat ke lokasi, maka dilakukan plotting pada peta jaringan jalan yang ada. Berikut adalah plotting dan gamaran dari kumpulan data pada tabel di atas. Setelah dilakukan plot, terlihat ada beberapa kekosongan titik pada area barat. Dengan demikian, dapat diasumsikan bahwa

aliran barang komoditas yang berasal dari luar kota akan menuju pada pasar besar yang berdekatan dengan pintu keluar jalan tol. Rute menuju ini juga tentu merupakan jalinan komunikasi dan perdagangan antar pedagang dan *supplier* komoditas tersebut.



Gambar 4. 3 Pemetaan Lokasi Titik Asal dan Tujuan

4.2.4 Penentuan *Input Permintaan Bahan Pangan Pokok*

Volume beras, telur ayam ras, bawang merah, cabai besar, dan cabai rawit akan menjadi data historis untuk menjadi acuan *input* dalam model. Dalam menentukan data uji, terdapat beberapa pertimbangan. Cara pertama adalah mempertimbangkan penggunaan data maksimal yang berada dalam data historis yang merepresentasikan *peak season* konsumsi komoditas tersebut. Cara kedua yang dilakukan adalah mengambil nilai rata-rata dari setiap komoditas yang merepresentasikan kebutuhan konsumsi rata-rata terhadap komoditas tersebut. Berikut adalah dua jenis *input* data yang digunakan untuk setiap komoditas bahan pangan.

Tabel 4. 3 Nilai *Input* Komoditas

(kg)	Beras	Telur Ayam Ras	Bawang Merah	Cabai Rawit	Cabai Besar
Nilai Maksimal per Bulan	193.045.500	280.612	632.587	548.244	531.279
Nilai Maksimal Harian	6.434.850	9.354	21.086	18.275	17.709
Nilai Rata-rata per Bulan	53.238.363	215.813	427.060	417.753	384.201
Nilai Rata-rata per Hari	1.774.612	7.194	14.235	13.925	12.807

Dengan melihat hasil estimasi nilai di atas dan dibandingkan dengan *sampling* kepada pedagang, nilai estimasi harian yang diperoleh pada komoditas bawang merah, telur ayam ras, cabai rawit, dan cabai besar hampir sama dan dapat digunakan sebagai *input* program. Namun, untuk beras, terjadi perbedaan yang sangat besar. Sementara itu, berdasarkan data yang dimuat oleh BPS, konsumsi beras di Surabaya dalam tahun 2018 sebanyak 314.241.000 kg yang berarti konsumsi per hari sekitar 860.934 kg (Badan Pusat Statistik, 2018). Angka antara data nilai maksimal yang diperoleh dengan data dari BPS memiliki perbedaan yang sangat jauh. Jika dilakukan estimasi dengan pendekatan lain untuk kebutuhan beras diperoleh sekitar 764.860,37 kg per hari. Nilai ini diperoleh dengan mengalikan nilai konsumsi per kapita per hari Jawa Timur (dari Sensus pada Tahun 2017) yaitu 91.3 kg per tahun dibagi dengan 365 hari, maka diperoleh nilai 0.25 kg per hari per kapita (Effendi, 2017). Kemudian, dikalikan dengan jumlah penduduk sebanyak 3.057.766 (Effendi, 2017). Berdasarkan pertimbangan ini, nilai *input* volume beras yang digunakan adalah 764.860,37 kg dan 860.934 kg. Nilai ini dianggap sebagai nilai kebutuhan rata-rata (berdasarkan pendekatan konsumsi per kapita dan jumlah penduduk tahun 2018) dan nilai kebutuhan maksimal berdasarkan konsumsi di tahun 2018.

4.2.5 Alternatif Lokasi Distribution Center (DC)

Berdasarkan pengertian, *distribution center* merupakan fasilitas yang biasanya berukuran lebih kecil daripada gudang utama suatu usaha, dan digunakan untuk menerima, menyimpan sementara, dan mendistribusikan lagi suatu barang berdasarkan pesanan konsumen. Keberadaan DC dalam komoditas bahan pangan pokok dan pengelolaan logistik kota menjadi penting. Dengan adanya DC, proses kontrol dan pemantauan pergerakan serta ketersediaan komoditas menjadi lebih baik.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 142 Tahun 2015 Tentang Kawasan Industri, Pasal 1 disebutkan bahwa industri adalah seluruh bentuk kegiatan ekonomi yang mengolah bahan baku dan/atau memanfaatkan sumber daya industri sehingga menghasilkan barang yang mempunyai nilai tambah atau manfaat lebih tinggi, termasuk jasa industri. Kemudian lebih jelas disebutkan dalam Pasal 7, bahwa dalam hal kawasan industri diperuntukkan bagi Industri Kecil dan Industri Menengah dapat dibangun dengan luas lahan paling sedikit 5 (lima) hektar dalam satu hamparan.

Secara regulasi dan persyaratan yang dijelaskan di atas, maka DC dapat dikategorikan sebagai bagian dari kawasan industri untuk industri kecil dan menengah. Dengan demikian, syarat lahan minimal yang dibutuhkan adalah minimal 5 hektar. Selain itu, berdasarkan Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Surabaya, untuk pengembangan sektor ekonomi, terdapat beberapa pedoman. Untuk kawasan industri dan pergudangan, yang terletak di Surabaya Barat dan SIER, dijadikan lokasi sektor industri. Kawasan industri di Surabaya Barat ini terletak di UP Tambak Osowilangon yang termasuk dalam Kecamatan Asem Woro, Kelurahan Balongsari dan Kelurahan Greges dan Kecamatan Benowo, Kelurahan Tambak Oso. Kewenangan daerah-daerah ini adalah Pemerintah Kota Surabaya. Arahana pemanfaatan dari SIER dan Kawasan industri Surabaya Barat adalah sebagai berikut.

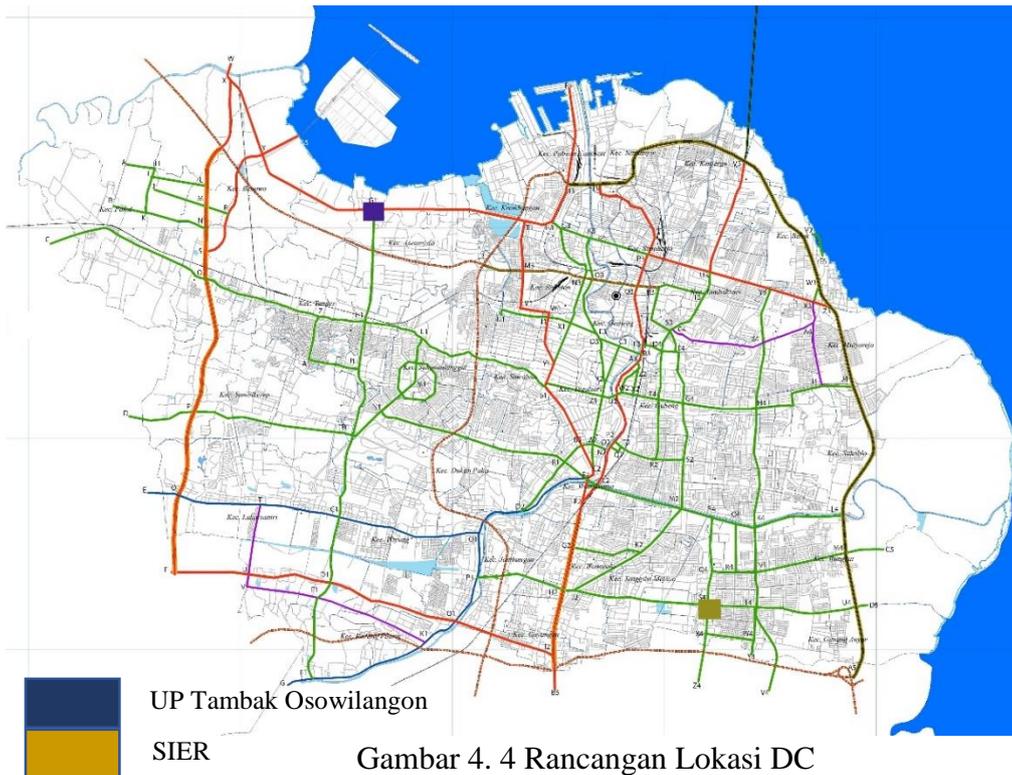
- a. Zona inti SIER diarahkan kepada kegiatan industri dengan konsep *smart and clean* yakni industri minim polutan.
- b. Peningkatan kualitas dan kuantitas fasilitas dan utilitas penunjang kegiatan industri seperti jaringan jalan, drainase, dan IPAL

- c. Penyediaan *buffer zone* berupa RTH untuk menghindari dampak langsung industri/ gudang ke pemukiman sekitar.

Dengan adanya landasan regulasi untuk penentuan kawasan industri, dalam hal ini DC, dan juga arah pemanfaatan ruang Kota Surabaya, maka diperoleh dua alternatif lokasi yang akan digunakan dalam model ini. Pemilihan ini juga sejalan dengan syarat lainnya meliputi jauh dari pemukiman dan adanya akses jalan. Selain itu, berdasarkan pemetaan penggunaan lahan Surabaya, dua kawasan ini memang diperuntukkan untuk kawasan industri dan pergudangan.

Tabel 4. 4 Alternatif Lokasi DC

No.	Nama Lokasi	Lokasi	Node
1	SIER	Jl. Rungkut Industri Raya – Jl. Rungkut Industri III	33
2	Kawasan industri dan pergudangan Surabaya Barat (UP Tambak Osowilangun)	Jl. Tambak Osowilangun, Tambak Osowilangun	123



(Halaman ini sengaja diskosongkan)

BAB 5

PEMODELAN DAN PERANCANGAN

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai konsep pemodelan yang akan digunakan dan disimulasikan. Selain itu, logika dan algoritma yang digunakan akan didefinisikan serta dideskripsikan. Dari konsep yang telah disusun, kemudian dilakukan proses pengolahan melalui VBA Microsoft Excel untuk memperoleh simulasi pengukuran performansi berdasarkan algoritma yang telah ditentukan.

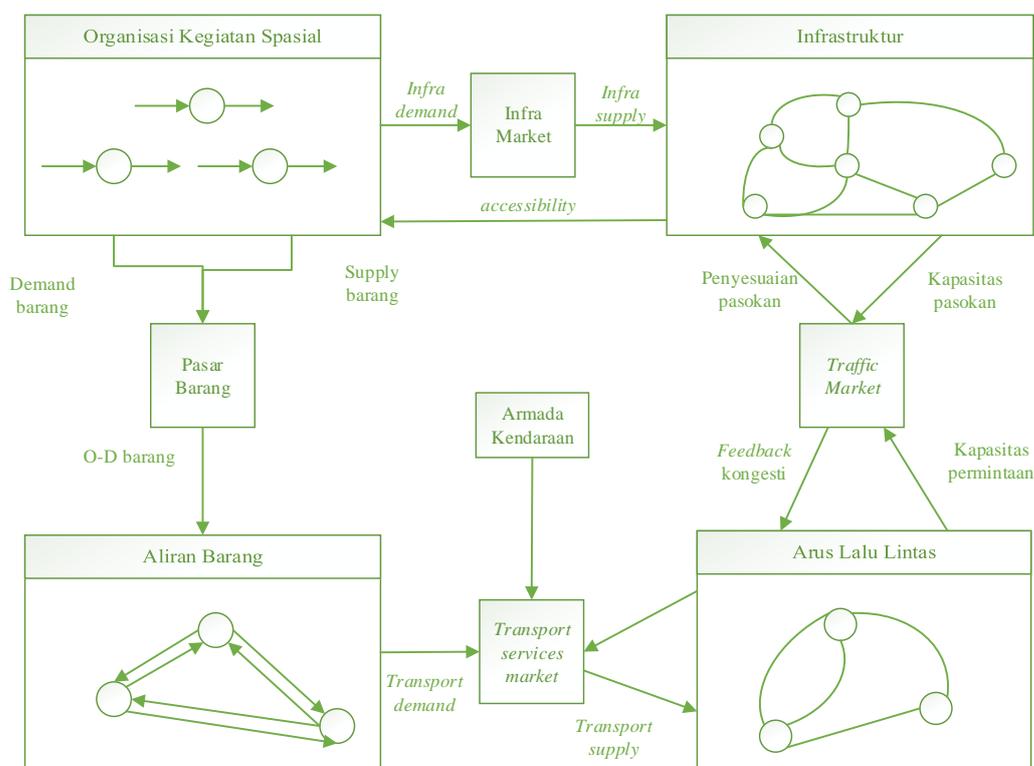
5.1 *Framework* Konseptual Logistik Perkotaan

Berdasarkan *output* yang diberikan oleh model analisis logistik angkutan pada skala perkotaan, model dapat dikategorikan menjadi dua yaitu *commodity-based* dan *truck-based models* (Russo & Comi, 2004). *Commodity-based models* menggunakan data sosio-ekonomi (jumlah pemukiman, jumlah pekerja, dll) sebagai *input* dan membuat *output* berupa aliran kuantitas komoditas yang dapat dikonversi menjadi aliran truk dengan model pemuatan kendaraan. Pemodelan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah *truck-based models* yaitu fokus pada pergerakan truk dan mengestimasi truk tersebut secara langsung. Model ini merupakan model yang memerlukan proses dengan beberapa cara dan penggunaan model ini dilakukan untuk memperoleh aliran-aliran antar jaringan.

Dalam membuat modelnya, *urban freight tools* yang digunakan adalah GoodTrip. Sebenarnya ada beberapa *tools* utama yang dikembangkan untuk mendukung perencanaan angkutan kota yaitu Freturb di Prancis, GoodTrip di Belanda, dan Wiver di Jerman. Pendekatan GoodTrip dipilih karena tujuan utama dari *tools* sesuai dengan tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian ini. GoodTrips dikembangkan untuk memerangi polusi dan kemacetan lalu lintas di pusat-pusat perkotaan dan untuk mendukung penelitian mengenai *urban distribution center*. Ide utama proyek Belanda ini adalah mengurangi kepadatan jalan pada saat yang sama untuk jumlah kendaraan komersial yang berjalan dan jumlah kilometer yang ditempuh, sementara itu juga merasionalisasi dan mengoptimalkan siklus yang ada.

GoodTrip merupakan pendekatan yang dikembangkan pada tahun 1999 oleh Jeroen Boerkamps and Arjan van Binsbergen. Dalam penjelasannya, model dasar yang sudah banyak dikembangkan terdahulu dalam logistik perkotaan adalah pendekatan tradisional. Pendekatan ini akan digunakan untuk menggambarkan kondisi logistik bahan pangan yang ada saat ini berdasarkan informasi yang diperoleh. Pendekatan tradisional terdiri dari empat langkah pendekatan yaitu membangkitkan perjalanan (melalui permintaan), distribusi perjalanan, pemilihan moda, dan pemilihan rute. Pada model ini, kendaraan barang pada jaringan yang berkaitan diestimasi sebagai persentase dari kepadatan jalan lainnya.

Framework konseptual untuk model *urban distribution center* terdiri dari empat komponen fisik yaitu struktur spasial aktivitas, aliran barang, aliran lalu lintas, dan infrastruktur. Komponen-komponen ini saling terkait oleh pasar dengan sisi permintaan dan penawaran.



Gambar 5. 1 Framework Konseptual Urban Distribution Center
(Sumber : Boerkamps & Binsbergen,1999)

a. Organisasi Kegiatan spasial

Organisasi spasial mendeskripsikan di mana orang tinggal dan bekerja, di mana fasilitas ditempatkan, dan di mana barang diproduksi dan dikonsumsi. Organisasi spasial dan pola aktivitas menghasilkan permintaan untuk perpindahan orang dan barang. Dalam logistik komoditas bahan pangan, aktivitas yang menyebabkan terjadinya perpindahan adalah konsumsi masyarakat yang digambarkan dengan adanya jual beli komoditas di pasar-pasar. Konsumsi ini terjadi dan menyebabkan adanya aliran barang dari titik suplai ke titik perbelanjaan di mana masyarakat memperoleh komoditas. Aktivitas konsumsi masyarakat direpresentasikan dengan aktivitas arus barang dari titik asal pasokan ke dalam kota menuju titik pasar. Pendekatan ini dilakukan karena aktivitas konsumsi masyarakat dapat ditangkap secara agregat berdasarkan aliran barang. Dari aktivitas ini akan menghasilkan permintaan dan pasokan. Permintaan dan pasokan ini akan memasuki pasar barang dan menciptakan adanya titik *origin-destination* untuk barang-barang yang dipindahkan.

b. Aliran barang

Dengan adanya permintaan dan pasokan yang masuk ke pasar, terjadi aliran barang. Permintaan dan pasokan yang datang ke pasar untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan berdampak pada arus lalu lintas jalan di dalam perkotaan. Perpindahan barang ini diawali dengan adanya permintaan dan pasokan dengan *supplier* yang terjalin. Perpindahan untuk komoditas bahan pangan akan terkait dengan aktivitas dari luar kota dan masuk ke dalam kota, berkaitan dengan kapasitas dan jumlah kendaraan. Pasar transportasi akan menghubungkan permintaan dan pasokan melalui layanan transportasi yang tersedia. Frekuensi pengiriman, keandalan, dan fleksibilitas merupakan aspek permintaan yang penting. Sementara itu, armada kendaraan, sumber daya manusia, dan infrastruktur merupakan aspek pasokan yang penting. Keputusan yang terjadi di pasar transportasi adalah menghasilkan dampak terhadap arus lalu lintas yang dapat diukur sebagai perjalanan kendaraan dan waktu.

c. Arus Lalu Lintas

Kendaraan yang melintasi jalan dalam kota untuk memenuhi permintaan akan memadati jalan dan berdampak pada kemacetan, terutama di Kota Surabaya. Kepadatan jalan yang meningkat seiring meningkatnya perjalanan kendaraan pengantar komoditas akan mengurangi kenyamanan masyarakat kota dalam berkendara. Selain itu, lebih jauh lagi, kepadatan yang meningkat juga dapat memberikan emisi yang tidak baik terhadap lingkungan. Dari arus lalu lintas ini, pergerakan kendaraan akan memasuki area kemacetan di titik jalan padat dalam kota. Kekurangan kapasitas jalan atau terlalu banyaknya kendaraan yang bergerak akan menyebabkan kongesti. Kongesti dapat menyebabkan perubahan terhadap arus lalu lintas dan dalam jangka panjang dapat menyebabkan pada modifikasi kapasitas infrastruktur.

d. Infrastruktur

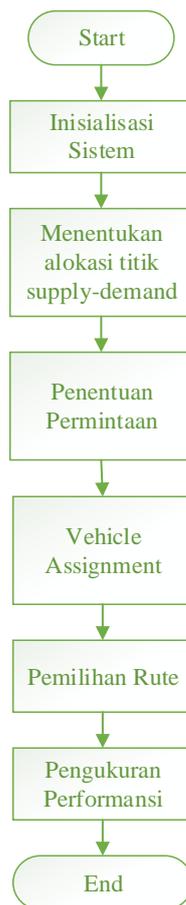
Infrastruktur yang dimaksud adalah berbagai jenis infrastruktur yang menunjang terjadinya logistik perkotaan. Infrastruktur tersebut adalah fasilitas pasar, jaringan jalan dalam kota yang memungkinkan kendaraan untuk memilih rute berdasarkan pertimbangan waktu tercepat, dan adanya rancangan *distribution center* yang mendukung pengelolaan logistik perkotaan. Infrastruktur menjadi penting dalam aktivitas logistik karena inisiasi *distribution center* seharusnya dapat memberikan perbaikan terhadap performansi logistik komoditas bahan pangan dan pengelolaan oleh Pemerintah Kota Surabaya.

5.2 Model Konseptual Logistik Perkotaan

Berdasarkan *framework* konseptual yang digunakan, maka proses pemodelan logistik pada penelitian ini akan dirangkum menjadi beberapa proses. Proses-proses tersebut akan digambarkan melalui *flowchart* di bawah ini. Proses awal merupakan inisialisasi sistem. Inisialisasi sistem merupakan proses mendefinisikan komponen logistik secara fisik yaitu titik lokasi dan jaringan jalan. Pendefinisian jalan perlu dilakukan untuk menentukan titik-titik jalan yang saling bersimpangan dan dapat diakses.

Setelah inisialisasi sistem dilakukan, proses menentukan alokasi titik *supply-demand*. Dalam proses ini, titik *supply* dan *demand* saling dihubungkan sebagai *chain* (rantai). *Chain* ini akan diakses dalam proses pengiriman komoditas bahan pangan pokok selanjutnya. Setelah itu, perlu dilakukan pembangkitan permintaan. Dalam proses pembangkitan permintaan, perlu dilakukan input volume komoditas yang akan disimulasikan. *Input* volume ini akan dianggap sebagai volume. Selain itu, perlu dilakukan input mengenai proporsi penggunaan jenis kendaraan untuk komoditas bawang merah perlu dilakukan. Karena berdasarkan asumsi yang disusun berdasarkan wawancara di pasar, pengiriman bawang merah dilakukan dengan menggunakan dua jenis kendaraan. Kedua input ini kemudian akan diproses dan digunakan untuk menentukan jumlah kendaraan yang akan diberangkatkan menuju tujuan atau titik permintaan.

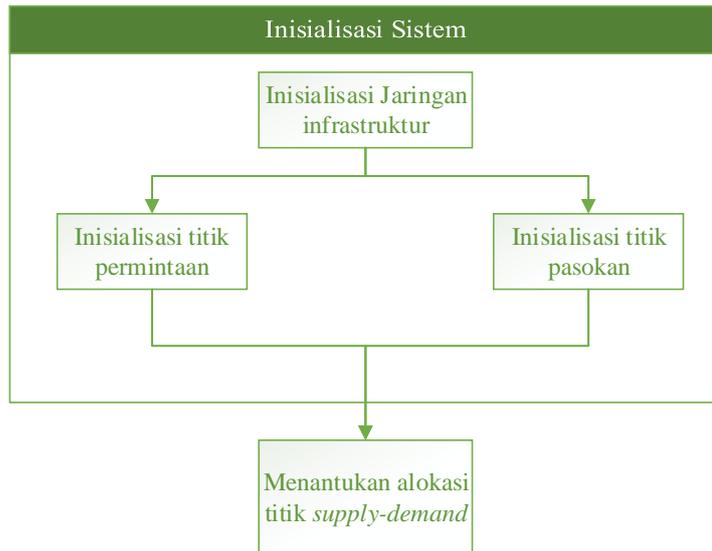
Setelah itu, proses *vehicle assignment* dilakukan untuk melakukan penugasan bagi kendaraan yang akan diberangkatkan ke masing-masing titik permintaan. Kendaraan akan menempuh proses pemilihan rute yang akan dilalui. Dalam proses pemilihan rute, digunakan algoritma Dijkstra agar diperoleh nilai waktu tercepat. Setelah seluruh proses ini dilakukan, maka komoditas dapat diantarkan dan dilakukan perhitungan performansi logistik. Secara rinci, setiap proses akan digambarkan melalui *flowchart-flowchart* pada bagian selanjutnya.



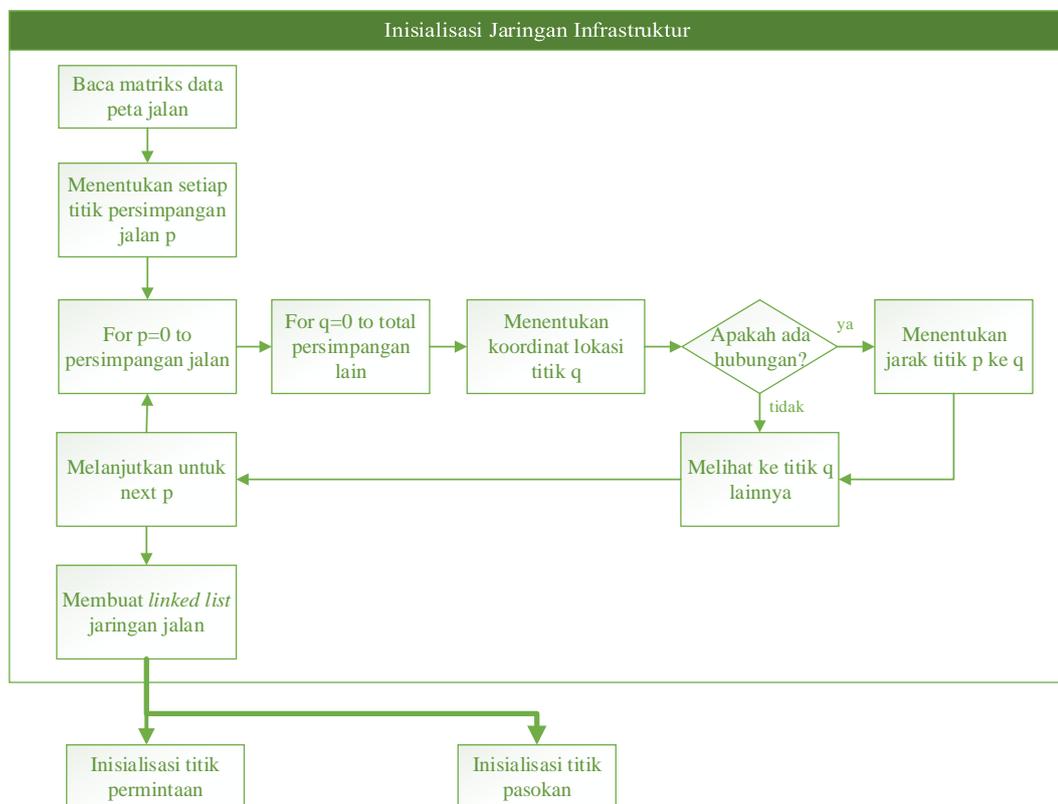
Gambar 5. 2 *Flowchart* Gambaran Keseluruhan Model

1. Inisialisasi Sistem

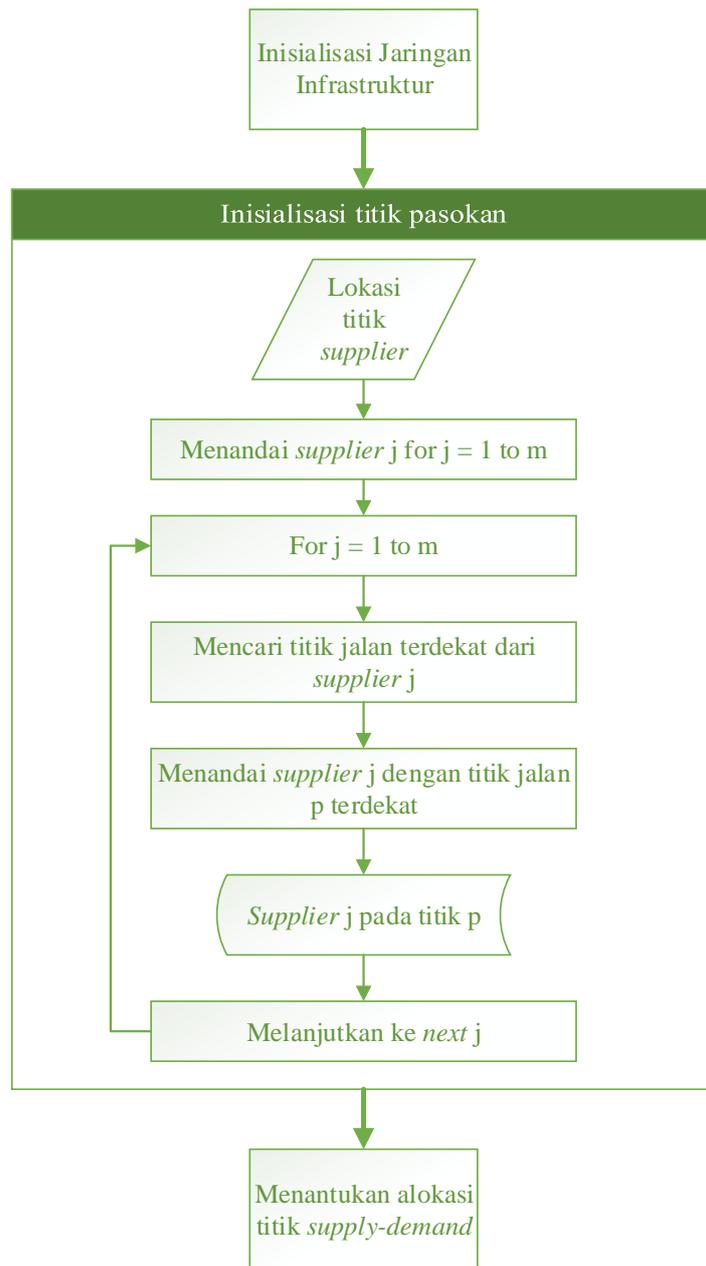
Bagian ini adalah bagian yang mendefinisikan jaringan infrastruktur fisik berupa jaringan jalan, titik permintaan, dan titik pasokan. Setiap sub model akan dijelaskan kembali melalui *flowchart*.



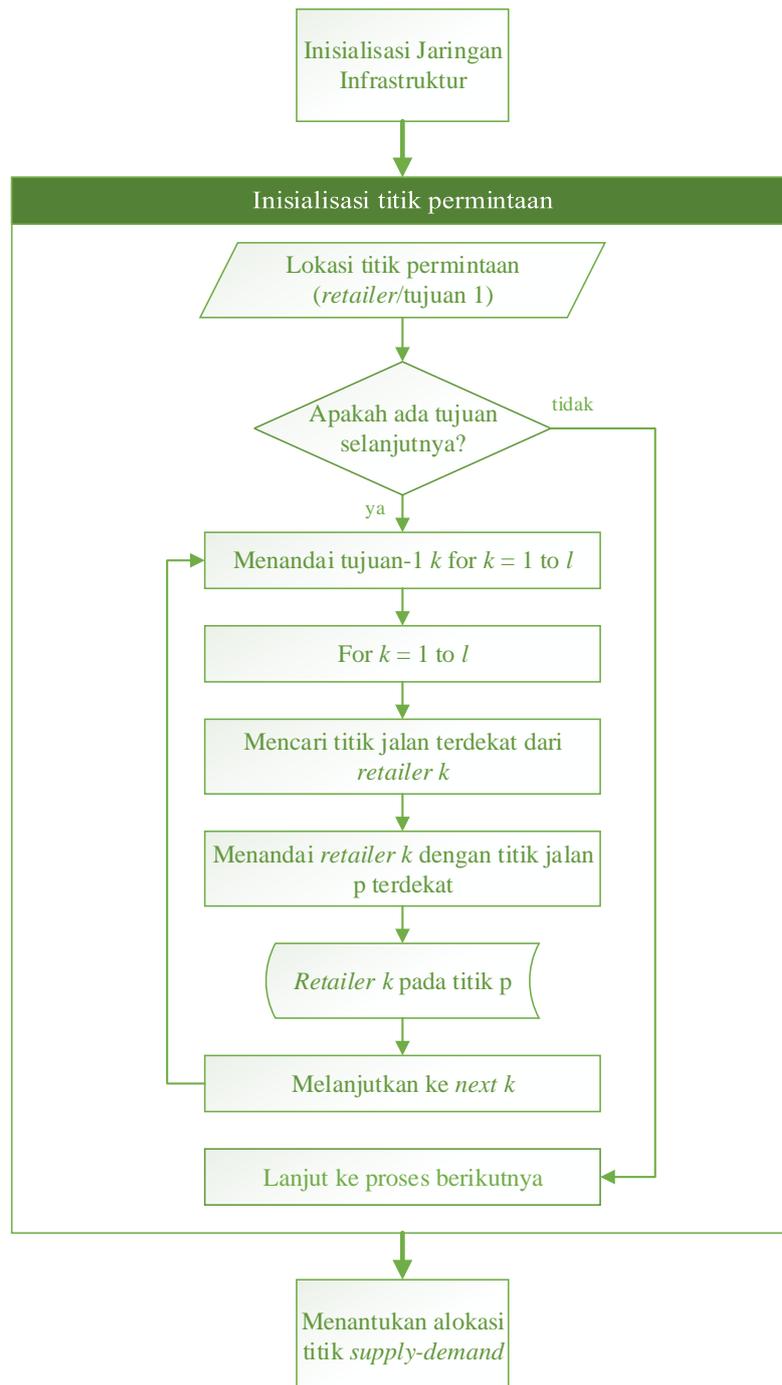
Gambar 5. 3 Sub Model Level 1 Inisialisasi Sistem



Gambar 5. 4 Sub Model Level 2 Inisialisasi Jaringan Infrastruktur



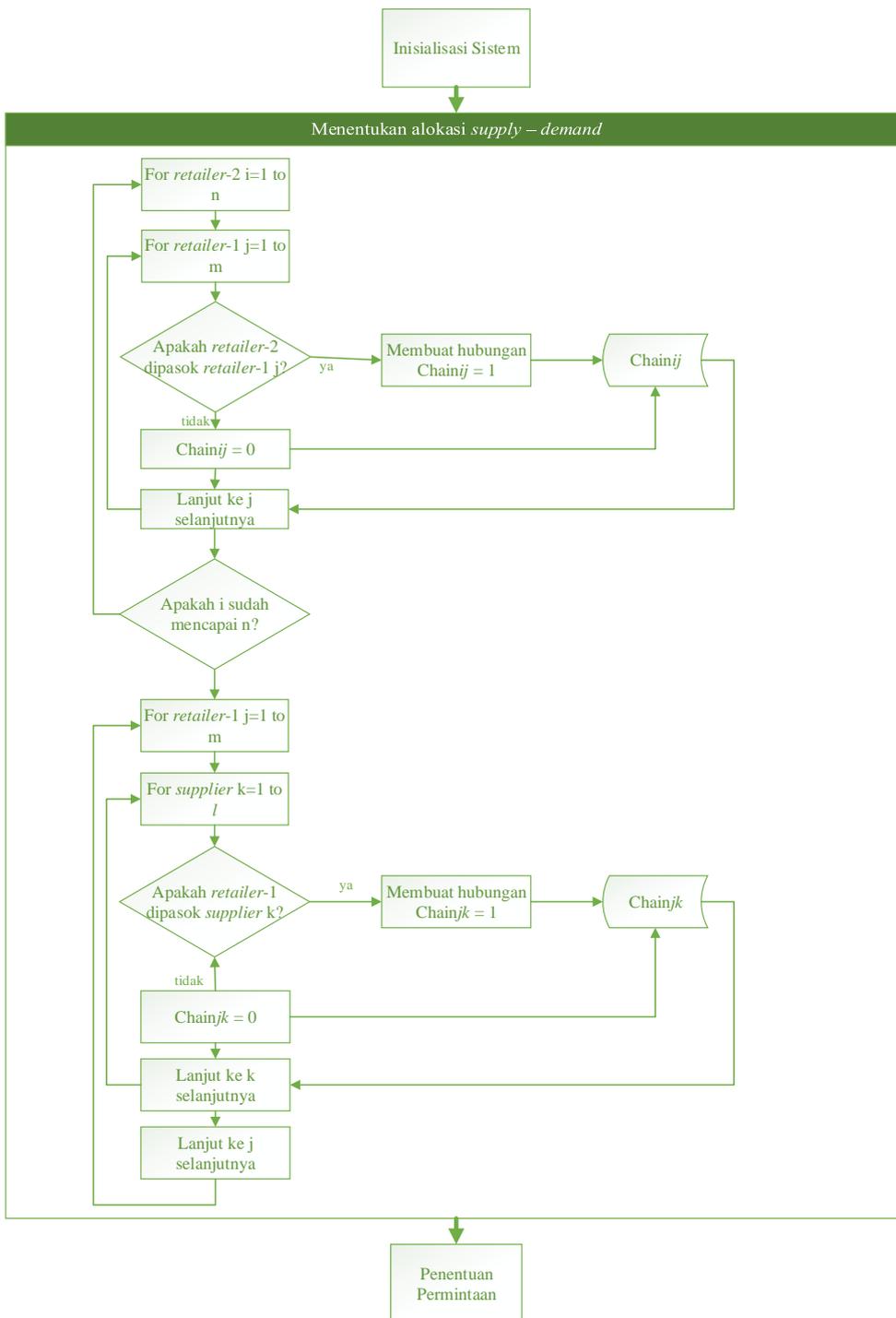
Gambar 5. 5 Sub Model Level 2 Inisialisasi Titik Pasokan



Gambar 5. 6 Sub Model Level 2 Inisialisasi Titik Permintaan

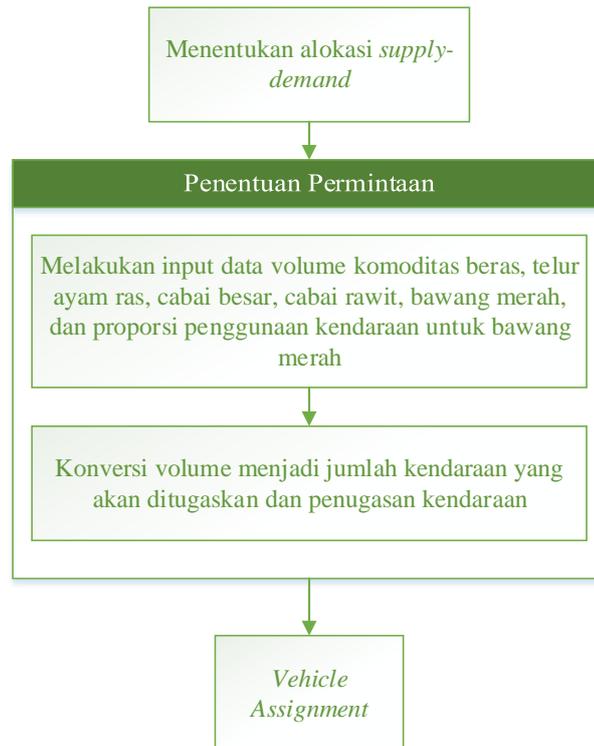
2. Menentukan Alokasi *Supply-Demand*

Sub model alokasi *supply-demand* akan dijelaskan menjadi sub model di bawah ini yang menggambarkan penentuan alokasi untuk dua titik tujuan permintaan yang ada (tujuan 1 dan tujuan 2).

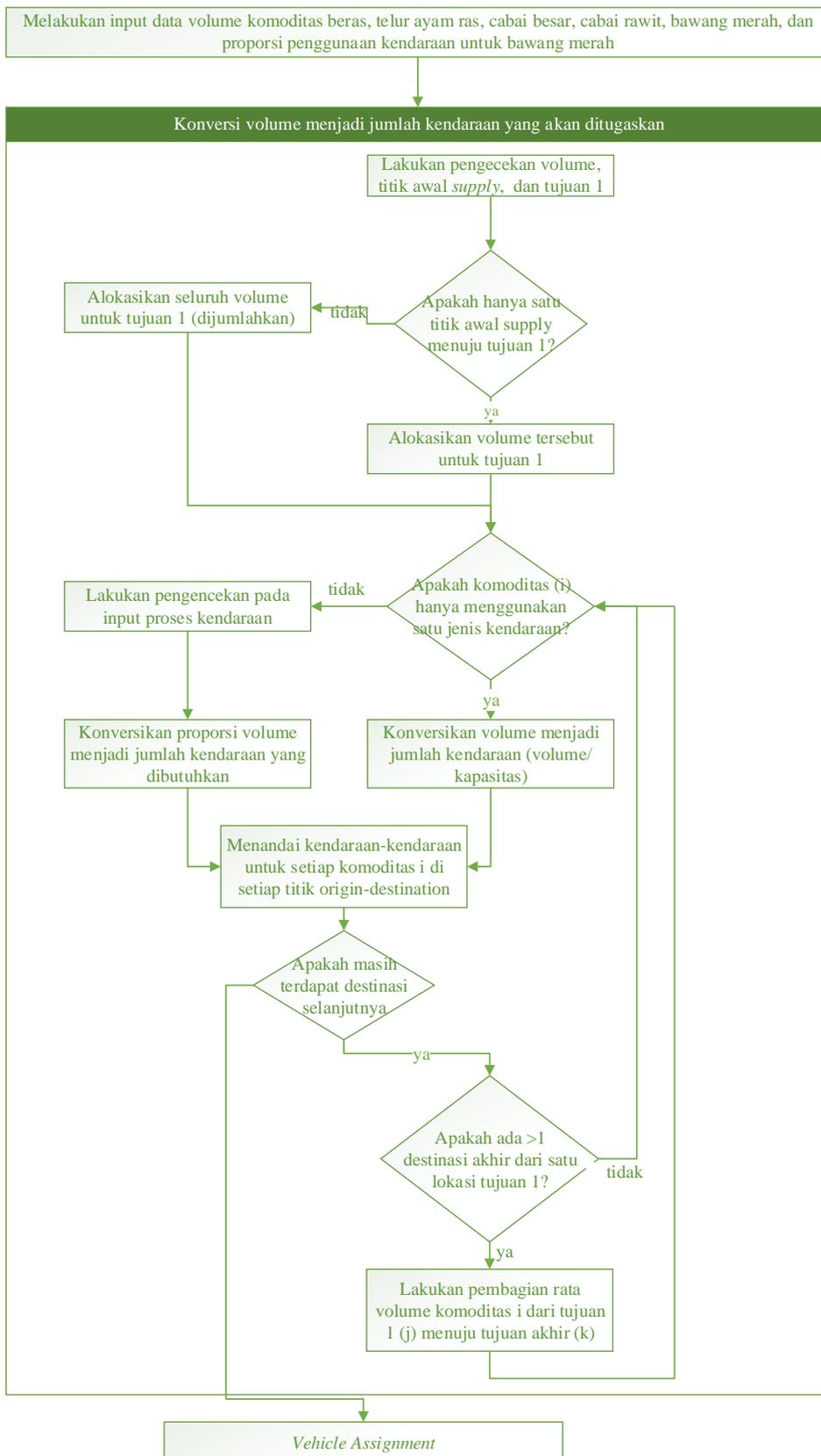


Gambar 5. 7 Sub Model Level 1 Menentukan Alokasi *Supply-Demand*

3. Penentuan Permintaan

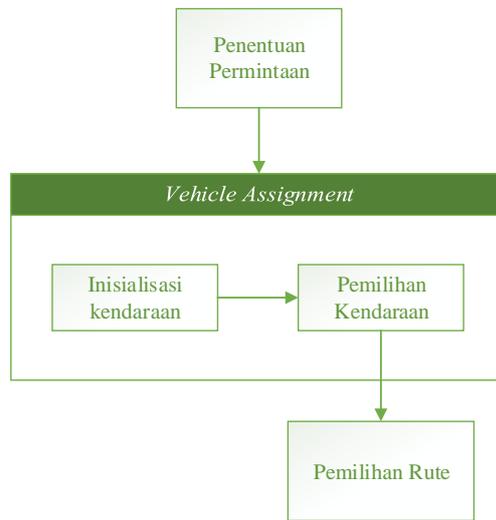


Gambar 5. 8 Sub Model Level 1 Penentuan Permintaan

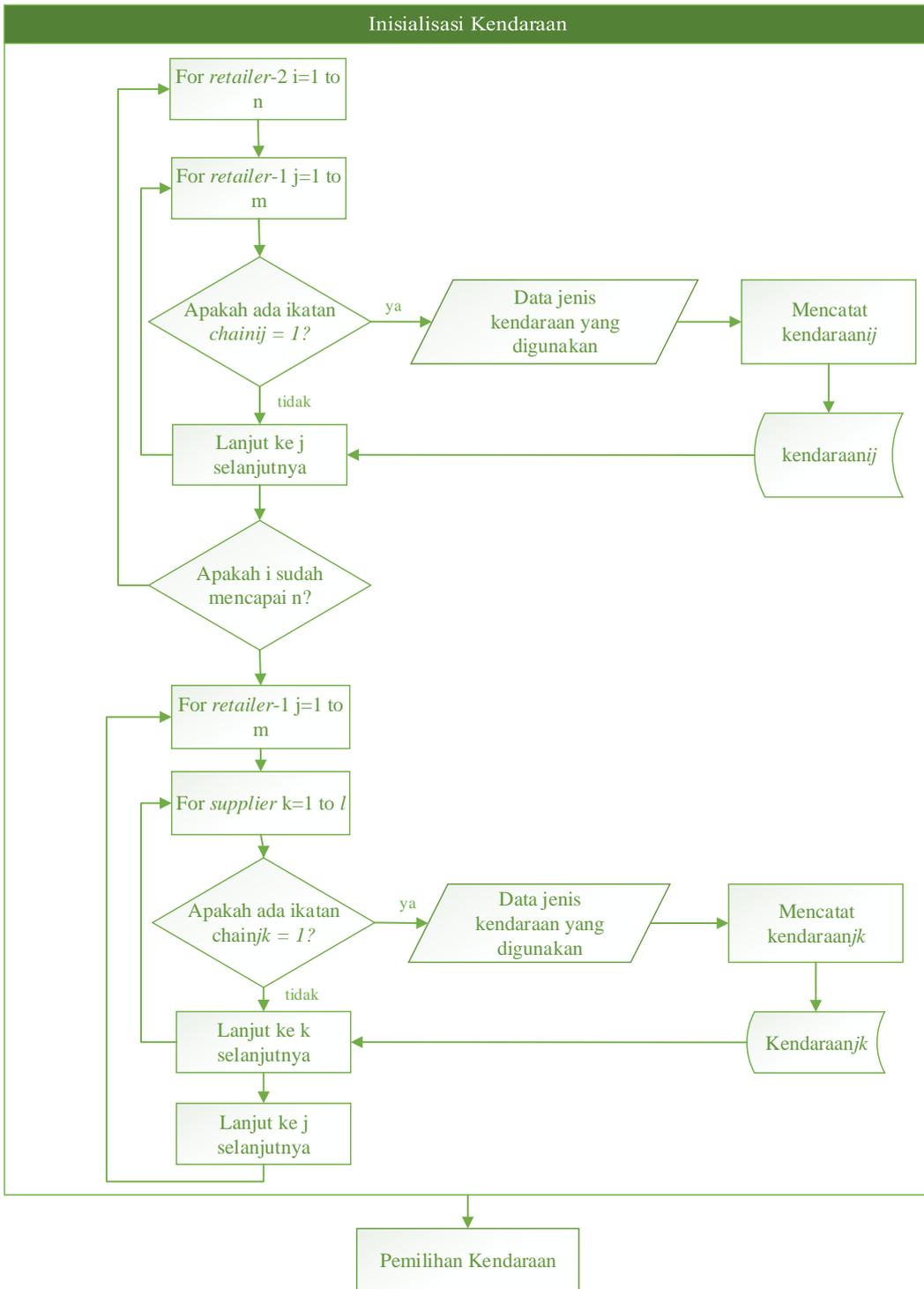


Gambar 5. 9 Sub Model Level 2 Konversi Volume Menjadi Jumlah Kendaraan

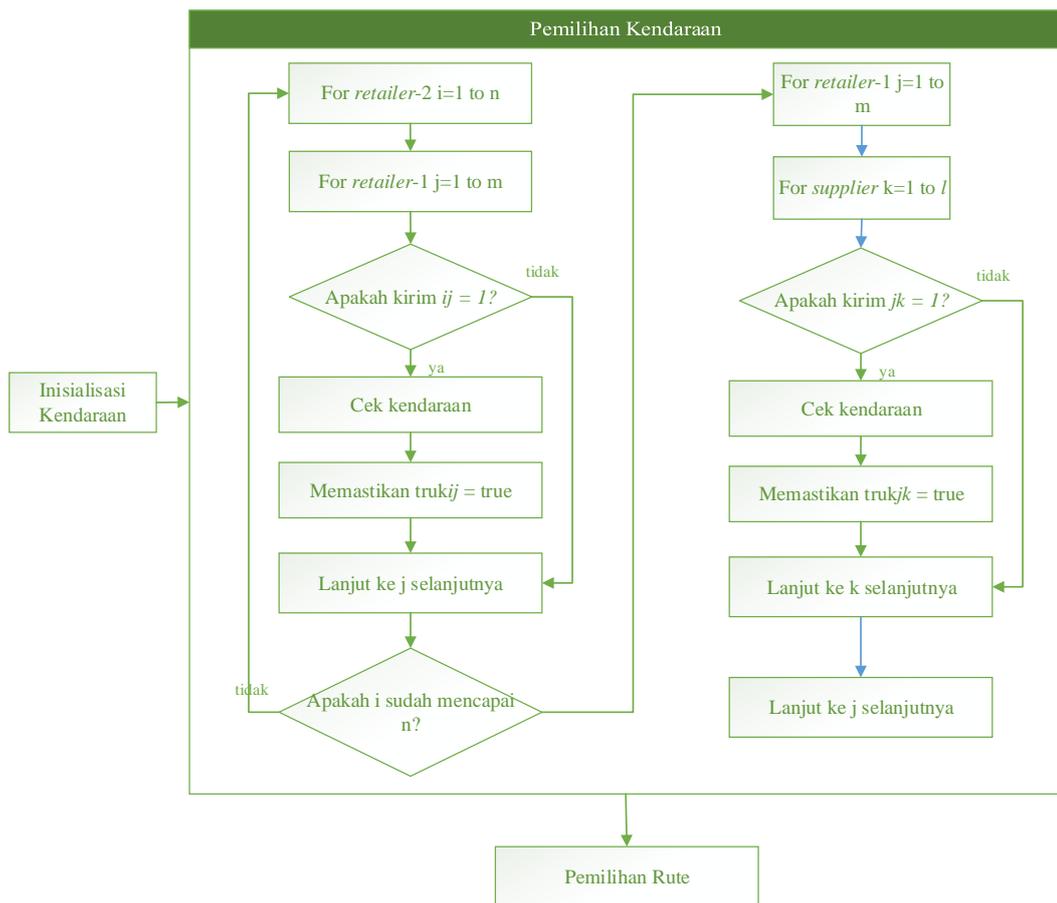
4. *Vehicle Assignment*



Gambar 5. 10 Sub Model Level 1 *Vehicle Assignment*



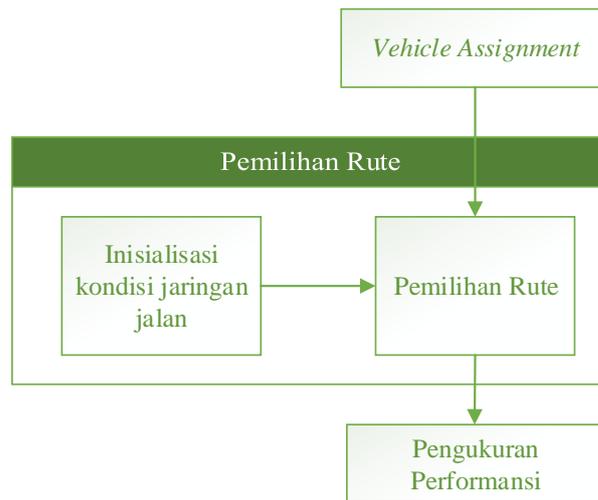
Gambar 5. 11 Sub Model Level 2 Inisialisasi Kendaraan



Gambar 5. 12 Sub Model Level 2 Pemilihan Kendaraan

5. Pemilihan Rute

Pada proses ini, kendaraan dari para supplier akan menentukan rute jalan yang akan dilalui hingga menuju lokasi titik permintaan. Karena ada dua titik permintaan yang diinisialisasikan, maka terdapat dua titik tujuan yang akan dilalui, maka akan ada dua langkah perjalanan yang menggunakan proses pemilihan rute. Secara keseluruhan, komponen sub model akan digambarkan melalui gambar di bawah ini.

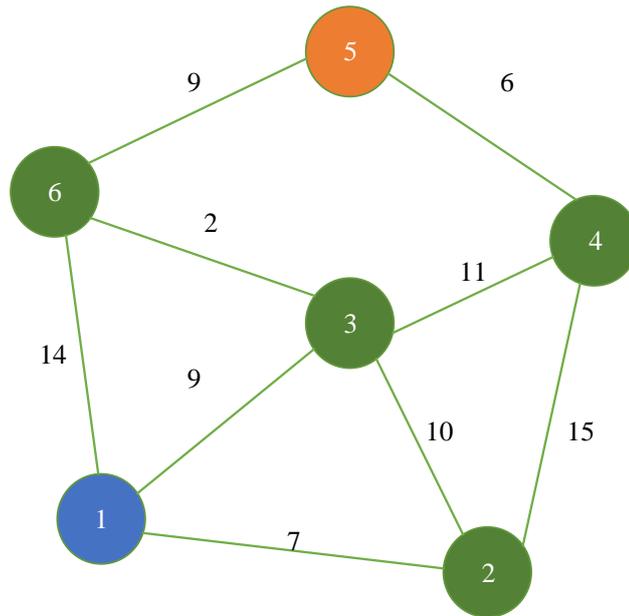


Gambar 5. 13 Sub Model Level 1 Pemilihan Rute

Inisialisasi kondisi jaringan jalan merupakan menentukan karakteristik jalan berupa kecepatan, jarak antar titik, volume, dan kapasitas. Titik-titik p yang terhubung, akan memiliki kecepatan rata-rata berupa v . Sementara itu waktu untuk titik yang terhubung tersebut akan memiliki waktu tempuh t berdasarkan pembagian jarak dengan kecepatan.

Sebelum melakukan pemilihan rute, setiap kendaraan yang berangkat dari titik supplier akan mengecek lokasi titik permintaan yang akan dituju. Setiap supplier dapat memilih rute jalan berdasarkan waktu tempuh tercepat. Setelah itu, supplier yang bergerak dengan kendaraan ji ataupun kendaraan jk dapat memeriksa rute mana saja yang memberikan nilai waktu tempuh terkecil. Setelah menentukan rute terbaik, kendaraan-kendaraan tersebut akan bergerak sesuai rute terbaik.

Pemilihan rute dilakukan dengan menggunakan algoritma Dijkstra. Algoritma ini ditemukan oleh Edsger Dijkstra. Algoritma ini dikembangkan untuk mencari jarak terpendek berdasarkan bobot terkecil dari satu titik ke titik lainnya. Sementara itu, permasalahan jalur terpendek (*shortest path problem*) merupakan permasalahan yang ada pada teori graf. Titik awal disebut dengan *node*. Titik tujuan disebut dengan *edge*. Dijkstra akan melakukan mencari titik satu per satu sesuai dengan bobot yang telah diberikan pada setiap hubungan *node-edge*. Dalam hal ini, yang menjadi bobot adalah waktu tempuh. Ilustrasi dari algoritma akan digambarkan pada gambar di bawah ini. *Node* awal adalah 1 menuju edge 5.



Gambar 5. 14 Contoh Permasalahan *Shortest Path*

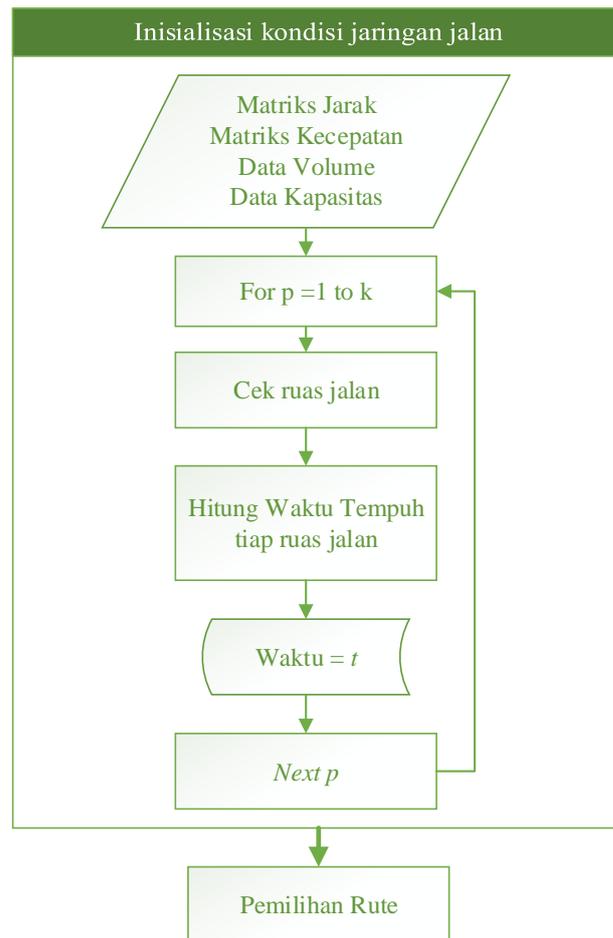
Berdasarkan gambar di atas, dilakukan iterasi untuk memperoleh jarak terpendek. Berikut adalah langkah-langkah dari memperoleh jalur terpendek.

1. *Node* keberangkatan adalah 1. Dijkstra melakukan kalkulasi untuk mencari *node* tetangga yang terhubung langsung dengan 1 (initial). Diperoleh bobot terkecil yaitu 7 pada *node* 2, berarti *node* 2 akan dilalui pada iterasi selanjutnya.
2. Dari *node* 1 dan 2 yang teralui, dicari *node* yang terhubung secara langsung dengan 1 dan 2. Kemudian dilakukan kalkulasi mencari bobot terpendek menuju *node* yang terhubung langsung dengan 1 dan 2. Diperoleh *node* 3 dengan bobot terkecil 9.
3. Dari *node* 1,2, dan 3 yang teralui, dicari kembali *node* yang terhubung langsung dengan 1,2,3 dan dicari kalkulasi jumlah bobot terkecil untuk mencapai *node* tersebut. Diperoleh *node* 6 yaitu 11 (9+2).
4. Dari *node* 1,2,3, dan 6, dicari kembali yang terhubung secara langsung dan ternyata menemui titik tujuan yaitu 5. Dengan demikian, iterasi dilakukan sampai sini. Dari hasil iterasi, diperoleh rute dengan bobot terkecil untuk menuju titik 5 dari *node* 1 adalah 1-3-6-5 dengan total bobot 20.

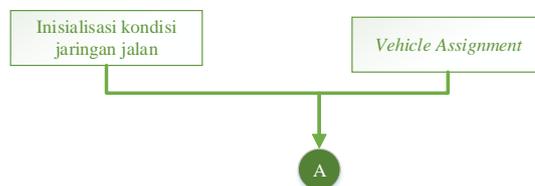
Tabel 5. 1 Iterasi Algoritma Dijkstra

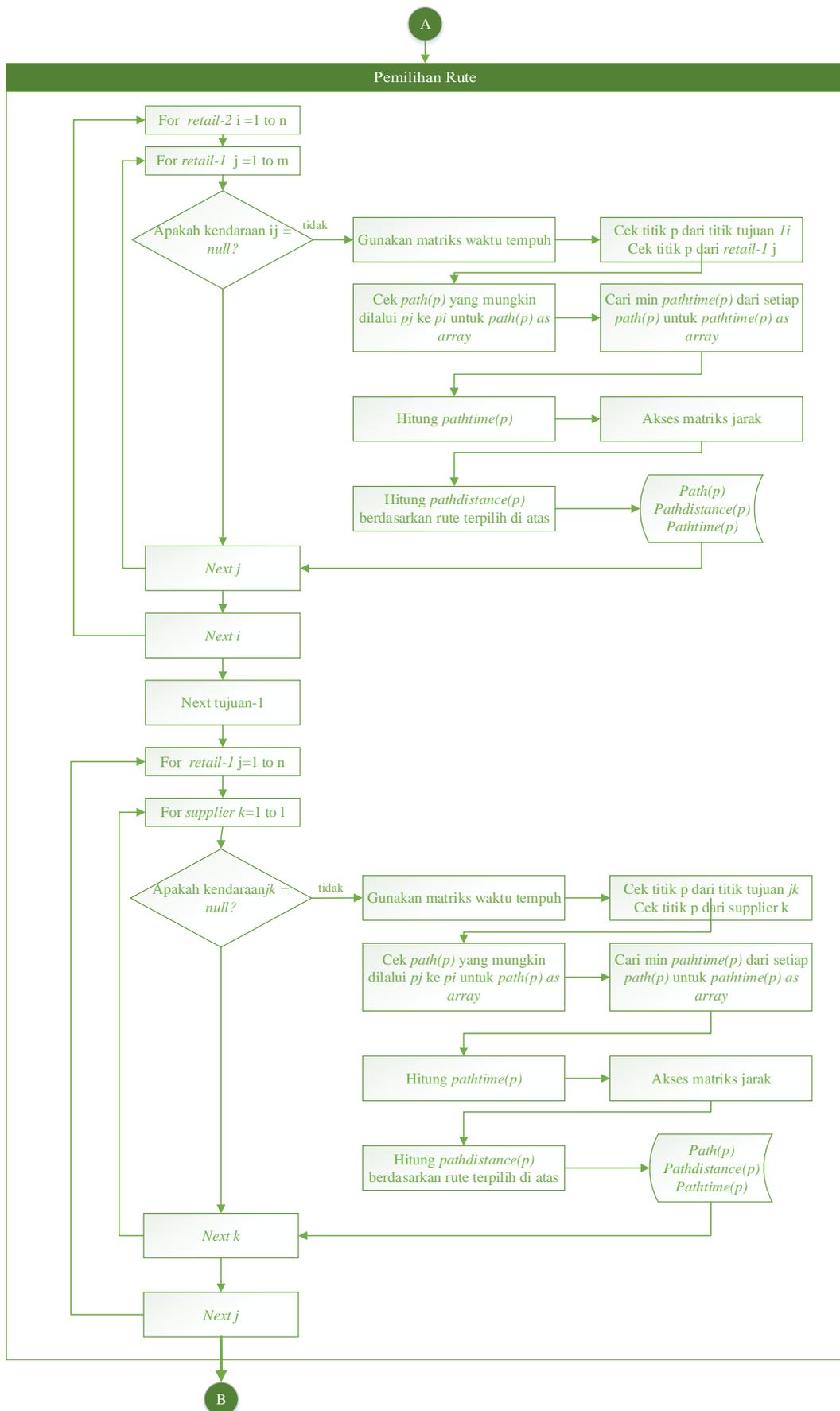
Iterasi	N	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆
Initial	1	7	9	-	-	14
1	1, 2		9	22	-	14
2	1, 2, 3			20	-	11
3	1, 2, 3, 6				20	

Berikut adalah *flowchart* yang akan menjelaskan logika dalam melakukan pengembangan sub model inialisasi kondisi jaringan jalan dan pemilihan rute. Data-data yang telah dikumpulkan terkait jalan akan digunakan dalam sub model ini.



Gambar 5. 15 Sub Model Level 2 Inialisasi Kondisi Jaringan Jalan







Gambar 5. 16 Sub Model Level 2 Pemilihan Rute

5. Pengukuran Performansi

Performansi yang diukur dalam model ini adalah jumlah kendaraan, waktu rata-rata perjalanan kendaraan secara keseluruhan, total jarak tempuh, dan *V/C Ratio*. Jumlah kendaraan yang diperhitungkan merupakan jumlah kendaraan yang digunakan untuk melakukan aktivitas logistik seluruh komoditas yang dihitung selama jangka waktu satu hari. Selain itu, setiap kendaraan yang digunakan ini hanya melakukan satu kali perjalanan. Total jarak tempuh diperoleh dari hasil total jarak yang dilewati seluruh rute terpilih yang dilewati kendaraan. Untuk setiap titik *node* dan *edge* dilakukan pemilihan rute berdasarkan jarak terpendek yang diperoleh dari hasil algoritma Dijkstra. Hasil algoritma Dijkstra ini akan dijadikan *database* untuk dijadikan acuan dan rujukan pengambilan total jarak terpendek yang mungkin ditempuh oleh kendaraan.

Selain menggunakan algoritma Dijkstra untuk memperoleh rute dengan pertimbangan jarak terpendek yang kemudian akan dihitung untuk memperoleh total jarak, algoritma ini juga digunakan untuk memperoleh rute dengan pertimbangan waktu tercepat. Data waktu setiap titik ini merupakan hasil dari pembagian jarak antar ruas jalan dengan kecepatan antar ruas jalan. Dengan pertimbangan waktu tercepat, rute akan diperoleh. Total waktu dari rute dengan pertimbangan waktu tercepat ini akan dijadikan *database* dalam menentukan total waktu yang ditempuh. Dengan demikian, total waktu yang diperhitungkan adalah total waktu tempuh tercepat yang mungkin untuk ditempuh.

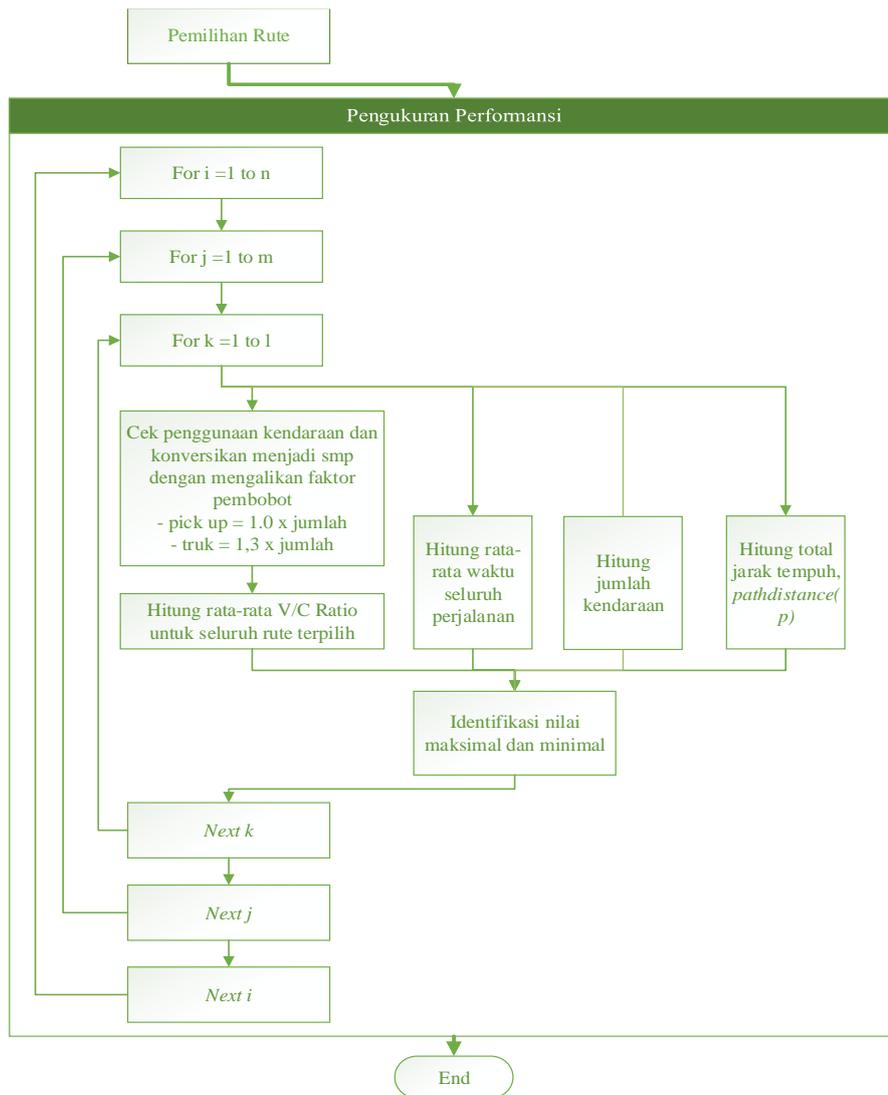
V/C ratio (VCR) merupakan tolak ukur terhadap dampak logistik di bidang lalu lintas kota. Perbandingan ini menunjukkan derajat kejenuhan penggunaan jalan. Untuk melakukan perbandingan ini, satuan yang digunakan harus sama yaitu satuan mobil penumpang (smp). Perbedaan kategori akan memberikan nilai yang berbeda pada penentuan jumlah volume yang dibandingkan karena nilainya harus

diekivalensikan menjadi satuan mobil penumpang (disebut juga ekivalensi mobil penumpang/emp). Dalam penelitian ini, kendaraan yang digunakan ada dua yaitu *pick up* dan truk yang mana *pick up* dikategorikan sebagai kendaraan ringan dan truk sebagai kendaraan berat. Setiap jalan yang dilewati akan ditambahkan volumenya (setelah dilakukan ekivalensi) dan dibandingkan dengan nilai kapasitas. Namun, hanya ruas-ruas jalan tertentu yang diperhitungkan. Hal ini karena data yang tersedia terbatas pada persimpangan tertentu, sehingga nilai yang akan diambil adalah rata-rata. Nilai VCR yang ditampilkan adalah nilai rata-rata VCR di ruas-ruas jalan yang dilewati berdasarkan rute dengan pertimbangan jarak terpendek. Nilai VCR di setiap skenario yang akan dianalisis dan dibandingkan dengan *output* VCR dari skenario lainnya. Berikut adalah nilai pengali (ekivalensi) kendaraan yang akan digunakan untuk memperoleh nilai VCR.

Tabel 5. 2 Ekivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Jenis Kendaraan	EMP untuk tipe pendekat	
	terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1.0	1.0
Kendaraan Berat (HV)	1.3	1.3
Sepeda Motor (MC)	0.2	0.4

Sumber : Direktorat Bina Jalan Kota, 1997



Gambar 5. 17 Sub Model Level 1 Pengukuran Performansi

5.3 Model Konseptual Logistik Perkotaan dengan *Distribution Center* (DC)

Konsep pemodelan logistik perkotaan dengan adanya *distribution center* secara umum sama dengan dengan konsep yang dijelaskan pada sub bab di atas. Yang membedakan dengan pemodelan ini adalah titik tujuan dari titik *supplier*. Jika pada model eksisting, pergerakan komoditas langsung menuju titik pasar besar atau disebut juga distributor. Kemudian dari pasar tujuan-1 tersebut bergerak menuju tujuan/*retailer*-2. Namun, dengan adanya *distribution center*, pola arah pergerakan komoditas mengalami perubahan. Selain itu, pemilihan kendaraan yang digunakan

juga berubah, sehingga pola pengiriman juga berubah. Terdapat beberapa skenario dan alternatif lokasi yang dipertimbangkan sebagai lokasi *distribution center*.

Tabel 5. 3 Fitur Pembeda Model Logistik dengan DC

No.	Fitur	Deskripsi
1	Perubahan Titik Tujuan	Tidak ada titik tujuan-1 oleh <i>retailer-1</i> , melainkan seluruh komoditas akan disimpan/dikumpulkan di DC. Dari DC, komoditas akan dialokasikan secara rata ke seluruh pasar secara rata.
2	Kendaraan	Penggunaan kendaraan untuk mengirimkan akan berbeda. Berikut adalah kendaraan yang digunakan. a. Beras : truk. Kendaraan yang digunakan untuk komoditas ini tidak berubah, Karena mempertimbangkan banyaknya volume yang harus diantarkan ke pasar-pasar, maka truk tetap digunakan. b. Telur ayam, bawang merah, cabe rawit, dan cabe besar : <i>pick up</i> . Kendaraan yang tergolong <i>light vehicle</i> ini digunakan agar dapat mengirimkan ke beberapa pasar. <i>Light vehicle</i> akan memiliki bobot konversi volume ke satuan mobil penumpang lebih kecil daripada truk.
3	Rute perjalanan	Dengan adanya DC, memungkinkan untuk suatu kendaraan mengunjungi beberapa pasar. Dengan demikian, memungkinkan tidak banyak kendaraan yang melakukan pergerakan dan mempengaruhi performansi V/C. Pergerakan dan aliran barang yang didistribusikan digolongkan

No.	Fitur	Deskripsi
		ke dalam permasalahan <i>split delivery vehicle routing problem with time windows</i> (VRPTW), di mana dalam permasalahan ini, terdapat sejumlah volume komoditas yang harus diantarkan dengan suatu kendaraan yang memiliki kapasitas dengan batasan waktu yang ditentukan.

Dalam mengembangkan adanya DC, ada beberapa skenario yang digunakan terhadap alternatif lokasi DC. Pada pengembangan skenario yang pertama, lokasi yang dipilih disimulasikan adalah di SIER. Kemudian, dikembangkan dengan adanya DC di kawasan Surabaya Barat. Pada skenario selanjutnya, diidentifikasi pengaruh jika dilakukan pembangunan DC di kedua lokasi tersebut. Dengan adanya dua lokasi, maka volume penyimpanan diasumsikan akan terbagi secara merata bagi kedua DC yang ada.

5.4 Perancangan Aplikasi

Perancangan model logistik akan dilakukan berdasarkan kerangka model dan logika yang telah dibangun di atas. Pada perancangan, terdapat beberapa bagian yang dapat diakses oleh *user*. Bagian pertama adalah *Home* yang menggambarkan peta jaringan jalan yang disertai tombol untuk mengetahui deskripsi program dan memulai program. Pada bagian *Start* terdapat beberapa fitur untuk mengetahui program yang terdiri dari titik jalan, kondisi eksisting, rancangan *distribution center*, dan pengukuran performansi.



Gambar 5. 18 Tampilan Awal Program



Gambar 5. 19 Tampilan dalam Menu Start

Pada bagian titik jalan, berisi informasi mengenai titik-titik jalan yang terdapat dalam peta yang ada. Titik-titik jalan yang ada sesuai dengan data yang terdapat pada bagian koordinat titik jalan Kota Surabaya (pada Bab IV, sub bab Pengolahan Data). Kondisi eksisting berisi mengenai data titik *origin* dan destinasi dari setiap komoditas yang dipilih. Terdapat juga simulasi yang menggambarkan rute terpilih antar dua titik dan performansi yang diukur dari dua titik jalan yang dipilih sesuai dengan komoditas yang dipilih. Berikut adalah gambaran simulasi tersebut.



Gambar 5. 20 Keterangan Kondisi Eksisting yang Akan Dijalankan



Gambar 5. 21 Tampilan Simulasi Pergerakan Antar Dua Titik (Kondisi Eksisting)

Pada bagian pilihan Rancangan *Distribution Center*, ada deskripsi model logistik dengan adanya *distribution center* dan rancangan *distribution center* yang digunakan. Program yang dirancang merupakan simulasi untuk menggambarkan rute dan kunjungan yang dilakukan kendaraan sebagai bentuk penyelesaian masalah *split delivery vehicle routing problem with time windows* (SDVRPTW). Untuk dapat melihat hasilnya, terdapat beberapa pilihan komoditas sesuai dengan lokasi DC yang dirancang. Dalam simulasi ini, terdapat beberapa pilihan skenario yang akan disimulasikan. Skenario terdiri dari empat jenis yaitu kondisi eksisting (nyata) disebut dengan skenario 1, kondisi dengan adanya rancangan DC di Sier/S4 dengan sebutan skenario 2, kondisi dengan adanya rancangan DC di Kawasan Pergudangan

Surabaya Barat/G1 dengan sebutan skenario 3, dan kondisi dengan adanya 2 DC yang diberlakukan disebut skenario 4. Pada skenario 4, pasar-pasar tujuan akhir akan dialokasikan pada salah satu DC dengan pertimbangan jarak terdekat ke DC yaitu antara Sier/S4 dan Kawasan Pergudangan Surabaya Barat/G1. Ketika salah satu skenario yang disimulasikan terpilih, maka tombol matriks perlu dipilih untuk mengambil data dari *database* matriks jarak yang telah dibuat. Kemudian, pilih *calculate VRP* untuk mengetahui hasilnya. Dengan demikian, tergambar proses perhitungan performansi untuk pengiriman komoditas bahan pangan tersebut dengan adanya DC. Proses seperti yang disimulasikan ini akan dijadikan acuan untuk perhitungan performansi logistik komoditas tersebut dengan adanya rancangan DC pada pengiriman dari DC ke pasar-pasar (skenario 2,3, dan 4).

MODEL LOGISTIK PERKOTAAN KOTA SURABAYA (KOMODITAS BAHAN PANGAN POKOK : BERAS, TELUR AYAM RAS, CABAI, BAWANG MERAH)

Logistik Perkotaan yang dilakukan dengan distribution center akan mengubah pola pengiriman komoditas bahan pangan pokok. Seluruh komoditas akan dikumpulkan di DC, dari distribution center akan dikirimkan menuju ke pasar.

Pemilihan rute pengiriman komoditas akan dilakukan sebagai penyelesaian masalah split delivery vehicle routing capacity with time windows (SDVRPTW). Dengan demikian, kebutuhan satu lokasi pasar dapat dipenuhi oleh beberapa Satu kendaraan hanya akan mengangkut satu jenis komoditas. Algoritma pemilihan rute yang diterapkan adalah nearest neighbor karena dengan berdasarkan jarak terdekat, algoritma ini menggambarkan kondisi pengiriman dalam kondisi nyata. Terdapat beberapa pilihan

Lokasi DC pengganti Tujuan 1		
SIER	S4	133
Surabaya Barat	G1	123

Pemilihan dilakukan berdasarkan Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Surabaya, untuk pengembangan sektor ekonomi, terdapat beberapa pedoman. Untuk kawasan industri dan pergudangan, yang terletak di Surabaya Barat dan SIER, dijadikan lokasi sektor industri. Kawasan industri di Surabaya Barat ini terletak di UP Tambak Osowilangon yang termasuk dalam Kecamatan Asem Woro, Kelurahan Balongsari dan Kelurahan Greges dan Kecamatan Benowo, Kelurahan Tambak Oso. Arah pemanfaatan dari SIER dan Kawasan Industri Surabaya Barat adalah sebagai berikut.

- Zona inti SIER diarahkan kepada kegiatan industri dengan konsep smart and clean yakni industri minim polutan.
- Peningkatan kualitas dan kuantitas fasilitas dan utilitas penunjang kegiatan industri seperti jaringan jalan, drainase, dan IPAL.
- Penyediaan buffer zone berupa RTH untuk menghindari dampak langsung industri/ gudang ke pemukiman sekitar.

[Kembali](#) [VRP](#)

Gambar 5. 22 Tampilan Keterangan Rancangan Model Dengan Adanya DC



Gambar 5. 23 Tampilan Simulasi Model *Split Delivery VRP with Time Windows*

Skenario tersebut menggambarkan komoditas yang dipilih dengan adanya DC. Namun, terdapat juga pilihan untuk melihat komoditas yang dikirimkan menggunakan formulasi permasalahan SDVRPTW tanpa adanya DC. Untuk memperoleh hasil, perlu dilakukan pemilihan skenario yang dijalankan, total demand (kilogram), *time windows*, kapasitas kendaraan (*vehicle capacity*), kecepatan kendaraan (*vehicle speed*), dan waktu *unloading* yang diperlukan. Berikut adalah keterangan daftar skenario dan komoditas yang dapat digunakan.

Tabel 5. 4 Daftar Keterangan Pilihan Simulasi *Split Delivery VRP with Time Windows*

Skenario	Kode Komoditas
Skenario 1	1. Beras 1 (Jaringan terkait tujuan 1 Bendul Merisi) 2. Beras 2 (Jaringan terkait tujuan 1 Nyamplungan/ Ampel) 3. Telur 1 (Jaringan terkait tujuan 1 Tambahrejo) 4. Telur 2 (Jaringan terkait tujuan 1 Wonokromo) 5. Telur 3 (Jaringan terkait tujuan 1 Bendul Merisi)

Skenario	Kode Komoditas
	6. Telur 4 (Jaringan terkait tujuan 1 Pabean) 7. Lombok 1 (Jaringan terkait tujuan 1 Wonokromo) 8. Lombok 2 (Jaringan terkait tujuan 1 Keputran Utara) 9. Lombok 3 (Jaringan terkait tujuan 1 Pabean) 10. Bawang 1 (Jaringan terkait tujuan 1 Wonokromo) 11. Bawang 2 ((Jaringan terkait tujuan 1 Keputran Utara)
Skenario 2 (S4/Sier)	1. Beras 2. Telur 3. Lombok 4. Bawang
Skenario 3 (G1/Kawasan Pergudangan Surabaya Barat)	1. Beras 2. Telur 3. Lombok 4. Bawang
Skenario 4	1. Beras S4 2. Beras G1 3. Lombok S4 4. Lombok G1 5. Telur S4 6. Telur G1 7. Bawang S4 8. Telur G1 Keterangan : a. S4 : alokasi pasar-pasar yang disuplai dari titik S4 (lebih dekat dengan S4) b. G1 : alokasi pasar-pasar yang disuplai dari titik G1 (lebih dekat dengan G1)

Dalam menentukan *time windows* terdapat keterbatasan program yang dibuat. Untuk waktu buka (*open*), nilai 100 merepresentasikan waktu awal atau

sama dengan waktu 0, sehingga jika rentang waktu yang disimulasikan sebanyak 660 jam, input *open* adalah 100 dan *output* adalah 760. Hasil dari penyelesaian permasalahan akan terlihat seperti gambar di bawah ini.

VRP-SPLIT						
Vehicle	Route	Load	Total Distance	Total Travel Time	Departure Time	Total Work Time
1	0 - 7 - 6 - 3 - 2 - 4 - 5 - 0	0	34.7665	52.15	93.54	472.15
2	0 - 1 - 0	0	14.31	21.46	78.54	141.46

Result Recapitulation	
Total number of vehicles	2 units
Total distance for all routes	49.0765 km
Total travel time for all routes	73.61475 minutes
Total demand delivered	0 units
Total Work Time All Route	613.61 minutes
All demand delivered?	YES

Gambar 5. 24 Tampilan Hasil *Running Split Delivery VRP with Time Windows*

Dalam perancangan aplikasi dengan VBA ini, terdapat beberapa elemen penyusun. Selain *Model-base management system* (MBMS) yang berperan sebagai analog DBMS, juga terdapat *Database management system* (DBMS). MBMS telah dirancang dan dijelaskan pada sub bab di atas yaitu pada bagian model konseptual logistik tanpa DC dan dengan adanya DC. MBMS ini menjadi proses yang harus dilewati oleh *input* untuk memperoleh hasil yang diinginkan. Dalam aplikasi yang dirancang ini, terdapat beberapa *database* yang digunakan. *Database* yang dirancang adalah untuk menyimpan hasil *output* dari algoritma Dijkstra sehingga memungkinkan jika ingin melihat rute yang lainnya dengan titik berbeda. Selain itu, database lain yang dirancang untuk menyimpan informasi terkait node dan titik jalan, matriks jarak untuk setiap komoditas sesuai dengan skenario yang digunakan, data volume serta kapasitas. *Database* ini memungkinkan untuk diakses dan diubah sesuai dengan data yang ada serta menjadi *input* untuk diproses selanjutnya.

BAB 6

ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai hasil pemodelan dan perancangan yang telah dilakukan dengan melibatkan beberapa eksperimen serta hasil dan saran yang dapat diterapkan.

6.1 *Running* Skenario dan Kondisi Eksisting per Komoditas

Dalam perancangan model logistik ini, terdapat dua kondisi yang digambarkan yaitu kondisi yang ada (tanpa adanya *distribution center*) dan dengan adanya *distribution center*. Kemudian dilakukan perhitungan performansi yang diperoleh dari dua skenario yang digunakan. Pada skenario dengan adanya *distribution center*, terdapat dua pilihan lokasi pengadaan *distribution center* yang dirancang sesuai dengan pertimbangan yang telah dijelaskan pada bab 4 di bagian alternatif lokasi *distribution center*.

Aplikasi berbasis VBA yang dirancang di sini digunakan untuk mengakomodasi pembangunan model yang telah dirancang dan mempermudah *user*, mahasiswa atau peneliti yang tertarik untuk mengembangkan model logistik yang mengakomodasi DC. Melalui aplikasi berbasis VBA ini, model dibangun dan dilakukan pengukuran. Perancangan melalui pendekatan ini dimaksudkan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik terkait model yang telah dibangun dengan beberapa kondisi yang berbeda. Selain itu, aplikasi berbasis VBA ini juga dibangun untuk memfasilitasi simulasi terhadap perubahan kondisi terkait permintaan yang harus dipenuhi dan dampaknya pada indikator yang ada. Perubahan pada permintaan akan mempengaruhi performansi yang diberikan untuk kondisi (skenario) yang berbeda. Tidak hanya terkait dengan lebih baik pembangunan DC pada lokasi tertentu, aplikasi berbasis VBA ini memberikan informasi terkait indikator-indikator yang dipengaruhi secara signifikan ketika permintaan berubah pada dua model yang ada. Misalnya apabila permintaan mencapai nilai konsumsi maksimal maka berapa banyak perjalanan kendaraan yang terjadi dalam satu malam dan total waktu tercepat yang mungkin dicapai pada aktivitas logistiknya dalam satu

hari. Dengan informasi ini, dapat dilakukan prediksi terhadap perencanaan operasional sesuai dengan kondisi skenario yang telah dipilih dan ditetapkan. Dengan demikian, aplikasi berbasis VBA ini dapat memberikan gambaran model di setiap skenario yang dibangun, secara tidak langsung memberikan pemahaman terkait lokasi perancangan DC yang memberikan kinerja logistik lebih baik sesuai dengan indikator-indikator yang ditetapkan, menghasilkan informasi terkait kendaraan, waktu, dan jarak yang dibutuhkan terkait dengan perubahan permintaan di masa mendatang.

Pemodelan yang dirancang untuk kondisi eksisting dalam aplikasi berbasis VBA adalah sesuai dengan konseptual model yang telah dijelaskan pada bagian di atas. Secara garis besar, kondisi eksisting melakukan aktivitas pengiriman barang komoditas secara langsung. Untuk simplifikasi model, terdapat beberapa hal yang diasumsikan dan digunakan. Diperlukan adanya sejumlah (kg) komoditas tertentu yang mengalami perpindahan, maka akan diperhitungkan untuk memperoleh performansinya. Sejumlah (kg) komoditas tersebut akan dibebankan secara rata kepada masing-masing titik pasokan. Setelah setiap pasokan memiliki jumlah tertentu untuk dipasok, kemudian dikonversi menjadi kendaraan yang dibutuhkan sesuai dengan kapasitas kendaraan yang digunakan. Setelah itu, dilakukan pemilihan rute yang akan menjalankan kendaraan tersebut menuju titik tujuannya. Pemilihan rute dilakukan dengan algoritma Dijkstra dengan pilihan preferensi pemilihan rute berdasarkan jarak terdekat dan waktu tercepat. Setelah itu, akan dilakukan perhitungan performansi yang terdiri dari jumlah kendaraan yang digunakan, total waktu tempuh, total jarak tempuh, dan V/C Ratio.

Sementara itu, untuk skenario dengan DC dikategorikan dalam beberapa skenario. Secara umum, isitilah skenario yang digunakan dalam pemodelan ini adalah untuk penentuan lokasi DC terbaik dari beberapa pilihan yang ada. Skenario 2 merupakan apabila dilakukan pendirian DC di Sier. Skenario 3 merupakan kondisi apabila didirikan DC di UP Tambak Osowilangin. Sementara itu, scenario 4 merupakan apabila dilakukan pendirian di kedua DC. Untuk mengefisienkan adanya DC, permasalahan pengiriman logistik dan distribusi dari DC digolongkan ke dalam permasalahan *capacitated vehicle routing problem (CVRP)* dengan adanya *time windows* karena pengiriman yang disimulasikan mengikuti kondisi

nyata yaitu dilakukan dari sore hingga dini hari. Untuk memenuhi permintaan dan aliran barang dengan jumlah tinggi, maka dimungkinkan satu lokasi dapat dipenuhi oleh kendaraan yang berbeda sehingga permasalahan ini berkembang menjadi *split delivery vehicle routing problem with time windows* (SDVRPTW). Untuk menyelesaikan permasalahan ini, diselesaikan dengan metode heuristik dengan algoritma *nearest neighbors*. Algoritma ini dipilih karena merepresentasikan preferensi dalam pengiriman barang di kondisi nyata (berdasarkan jarak terdekat antar titik permintaan). Dari penyelesaian ini akan diperoleh rute yang dilewati setiap kendaraan dan berapa kendaraan yang dibutuhkan.

Pemodelan ini dilakukan untuk mengetahui performansi logistik perkotaan bahan pangan pokok dengan kondisi yang berbeda. Secara umum, konsep yang digambarkan dalam pemodelan ini adalah pelaksanaan logistik. Dimensi yang digunakan adalah efisiensi kinerja operasional yang mana pengukuran digambarkan per hari sesuai *input* yang diberikan. Parameter yang ingin dicapai adalah meminimumkan nilai-nilai performansi kinerja logistik. Untuk mengetahui nilai performansi yang minimal, maka digunakan beberapa indikator untuk mengetahui nilainya. Indikator tersebut adalah jumlah kendaraan, total jarak, total waktu, dan VCR. Untuk memperoleh nilai terhadap indikator-indikator ini, ada beberapa *variabel input* yang harus diberikan yaitu jumlah volume komoditas yang diminta, jam kerja, kendaraan, dan kapasitas yang digunakan.

Jumlah permintaan yang diperhitungkan bersifat deterministik. Hal ini disebabkan keterbatasan model dan proses perhitungan. Untuk mengantisipasi keterbatasan ini, dilakukan pertimbangan dengan membuat rentang volume komoditas yang digunakan. Rentang yang digunakan adalah kebutuhan normal atau rata-rata yang dibutuhkan penduduk Surabaya dalam satu hari dan nilai permintaan maksimal berdasarkan data historis konsumsi terbaru. Dengan kisaran ini, dipertimbangkan hasil yang diberikan dapat digunakan untuk mengantisipasi kondisi yang berbeda terkait kebutuhan bahan pangan pokok.

Jam pengiriman yang ditetapkan adalah sekitar 8 jam yaitu selama 480 jam. Untuk dapat menjalankan SDVRPTW, kecepatan kendaraan yang ditetapkan adalah 40 km/jam dengan waktu *unloading* selama satu jam (60 menit). *Time*

windows yang ditetapkan ini berlaku untuk seluruh simulasi atau perhitungan yang dilakukan. Berikut adalah gambar input yang dimasukkan ke dalam program.

Pada bagian komoditas, terdapat beberapa pilihan komoditas yang akan dihitung diantaranya adalah beras, telur ayam, bawang merah, dan lombok (cabai). Kemudian pada bagian *time windows* perlu dilakukan pengisian karena informasi yang dimasukkan akan digunakan untuk memperhitungkan rute pengantaran komoditas dari DC menggunakan *nearest neighbors* pada SDVRPTW. Kecepatan yang dimasukkan digunakan untuk *nearest neighbors* pada SDVRPTW juga. Pada pengiriman beras, penggunaan kendaraan adalah truk seluruhnya. Waktu *unloading* adalah waktu maksimal untuk menurunkan komoditas dari kendaraan menuju pedagang di masing-masing tempat. Informasi waktu *unloading* ini digunakan untuk seluruh skenario.

The screenshot shows a software interface for entering input data. At the top left, there is a blue arrow pointing left with the text 'Kembali' (Back) and a button labeled 'Tampilkan' (Show). Below this is the title 'Masukkan Kriteria' (Enter Criteria). The form contains several input fields:

- Komoditas**: A dropdown menu with 'Beras' selected.
- Time Window**: Two input fields, 'Close' with value 580 and 'Open' with value 100.
- Vehicle speed**: An input field with value 40 km/h.
- Volume Komoditas**: An input field with value 764860.37 kg.
- Kapasitas Kendaraan**: A section with two rows: 'Truk' with value 1300 and percentage 100 %, and 'Pickup' with value 1000 and percentage 0 %.
- Unloading time**: An input field with value 60 minutes.

Gambar 6. 1 Gambaran *Input* Program

Untuk memperoleh *output* model, maka perlu dilakukan *input* sesuai dengan kondisi masing-masing. Berikut adalah *input* yang dilakukan untuk kondisi normal dan kondisi konsumsi maksimal.

a. Beras

Pada komoditas beras, *input* yang diberikan untuk beras adalah 764.860,37 kg dan 860.934 kg. Penggunaan kendaraan pengirimannya adalah menggunakan truk dengan kapasitas 1300 kg.

b. Telur Ayam

Pada komoditas telur ayam ras, *input* yang diberikan adalah 9354 kg dan 7194 kg. Penggunaan kendaraan pengirimannya adalah *pick up* dengan kapasitas 1000 kg.

c. Bawang Merah

Pada komoditas bawang merah, *input* yang diberikan adalah 21.086 kg dan 14.235 kg. Pada kondisi eksisting, perlu dilakukan *input* persentase penggunaan kendaraan untuk pengiriman bawang merah karena pengiriman pada kondisi nyata dilakukan oleh dua kombinasi kendaraan yaitu truk dan *pick up*. Namun, dengan adanya DC, penggunaan kendaraan pengirimannya adalah *pick up* dengan kapasitas 1000 kg untuk seluruhnya. Informasi ini sudah tersimpan pada model yang dibangun bahwa untuk pengiriman dari DC hanya menggunakan satu kendaraan yaitu *pick up*. Berikut adalah gambaran *input* untuk bawang merah yang mana terdapat perbedaan dengan komoditas lainnya.

Masukkan Kriteria Bawang		
Time Window		
Close	580	
Open	100	
Vehicle speed	40	km/h
Volume Komoditas	14235	kg
Kapasitas Kendaraan		
Truk	1300	50 %
Pickup	1000	50 %
Unloading time	60	minutes

Gambar 6. 2 Perbedaan Input Penggunaan Kendaraan pada Bawang Merah

d. Cabai

Pada komoditas cabai, *input* yang diberikan adalah 35984 kg dan 26732 kg. Penggunaan kendaraan pengirimannya adalah *pick up* dengan kapasitas 1000 kg.

Berdasarkan, *input-input* yang telah dilakukan di atas, maka dilakukan rekapitulasi terhadap hasil *running* skenario yang ada. *Output* dari perhitungan kinerja ini terdiri dari dua bentuk yaitu tabel dan grafik. Pada tabel ditunjukkan nilainya secara diskrit untuk setiap skenario sesuai dengan kondisi yang disimulasikan untuk dihitung. Total kendaraan yang dimaksud adalah total kendaraan yang dibutuhkan untuk mendistribusikan barang tersebut yang mana satu kendaraan menjalankan satu perjalanan. Hal ini dilakukan untuk memudahkan perbandingan antar skenario karena pada kondisi saat ini (eksisting) diketahui satu kendaraan melakukan satu perjalanan. Total jarak menunjukkan total jarak tempuh tercepat yang mungkin ditempuh suatu perjalanan. Total jarak ini diperoleh dari setiap rute yang dilalui berdasarkan pertimbangan jarak tercepat. Sedangkan untuk total waktu adalah total waktu tercepat yang dapat dicapai berdasarkan rute yang dapat dilewati dengan pertimbangan waktu terkecil. Nilai V/C yang ditampilkan merupakan perbandingan jumlah volume dan kapasitas pada ruas-ruas jalan yang dilewati dan nilai yang ditunjukkan merupakan nilai rata-rata dari seluruh V/C yang dilewati. Berikut adalah rekapitulasi yang ditampilkan dalam bentuk tabel.

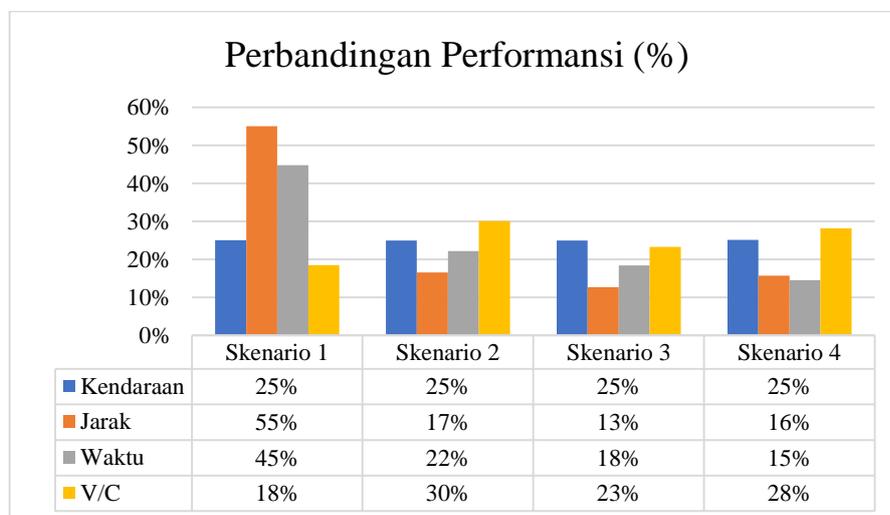
Tabel 6. 1 Hasil Performansi Komoditas dengan Kondisi Normal (Rata-rata)

Total	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Beras				
Kendaraan	1.184	1.179	1.179	1.190
Jarak	106.150,70	31.859,30	24.424,29	30.317,46
Waktu	468.757,66	232.293,01	192.578,91	152.393,25
V/C	0.19	0.31	0.24	0.29
Telur Ayam				
Kendaraan	40	18	18	23
Jarak	2.714,86	373,77	374,23	707,54
Waktu	9.208,52	3.680,91	3.607,19	3.307,13
V/C	0,21	0,28	0.34	0.30
Bawang Merah				
Kendaraan	31	28	28	34
Jarak	1.502,86	774,33	656,65	936,74
Waktu	5.722,59	3.881,89	3701,64	2661,47
V/C	0.21	0,27	0,21	0,26

Total	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Cabai				
Kendaraan	66	63	63	64
Jarak	3.639,85	1.995,98	2.149,22	1.743,81
Waktu	12.705,78	10.660,46	11.020,75	6.424,99
V/C	0,17	0,24	0,19	0,28

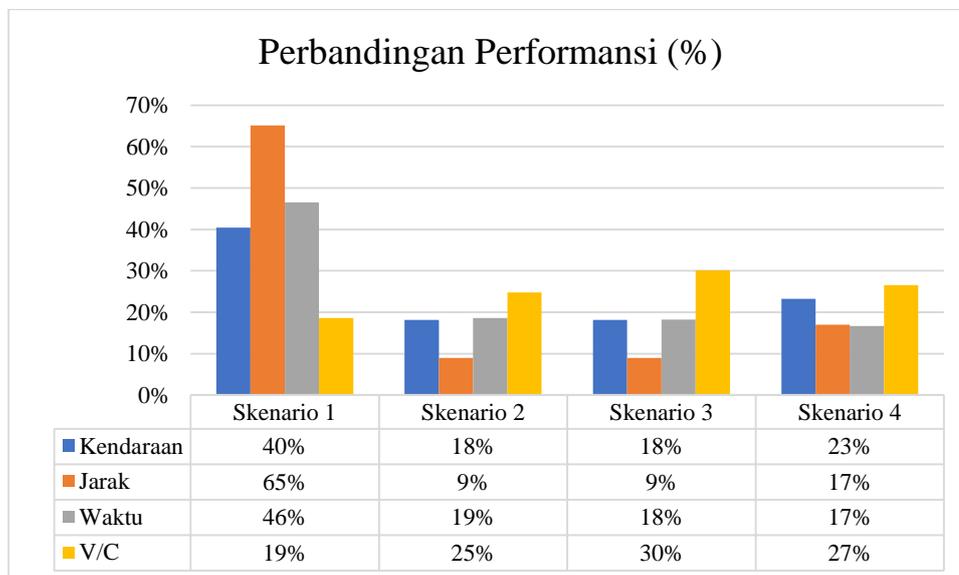
Grafik *output* yang ditampilkan menunjukkan perbandingan indikator performansi antar skenario yang ada. Nilai persentase yang ditunjukkan merupakan nilai tersebut yang dibandingkan dengan nilai total seluruh performansi di suatu indikator. Dengan demikian, persentase ini menunjukkan porsinya terhadap total nilai indikator yang ada.

Pada grafik perbandingan skenario untuk kondisi normal pada komoditas beras, nilai penggunaan kendaraan memiliki proporsi yang hampir sama. Hal ini dapat disebabkan karena penggunaan kendaraan yang berjenis sama untuk melakukan aktivitas. Sedangkan untuk total waktu dan total jarak, proporsi skenario 1 menempati tertinggi terhadap total seluruh performansi pada indicator tersebut. Meskipun jumlah penggunaan kendaraan hampir sama, tapi dampak pengukuran pada VCR berbeda-beda. Hal ini dikarenakan rute yang dilewati berbeda, sehingga memungkinkan kendaraan melewati rute yang sudah memiliki volume tinggi meskipun memberikan jarak terpendek dari rute lainnya.



Gambar 6. 3 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Beras dengan Kebutuhan Normal

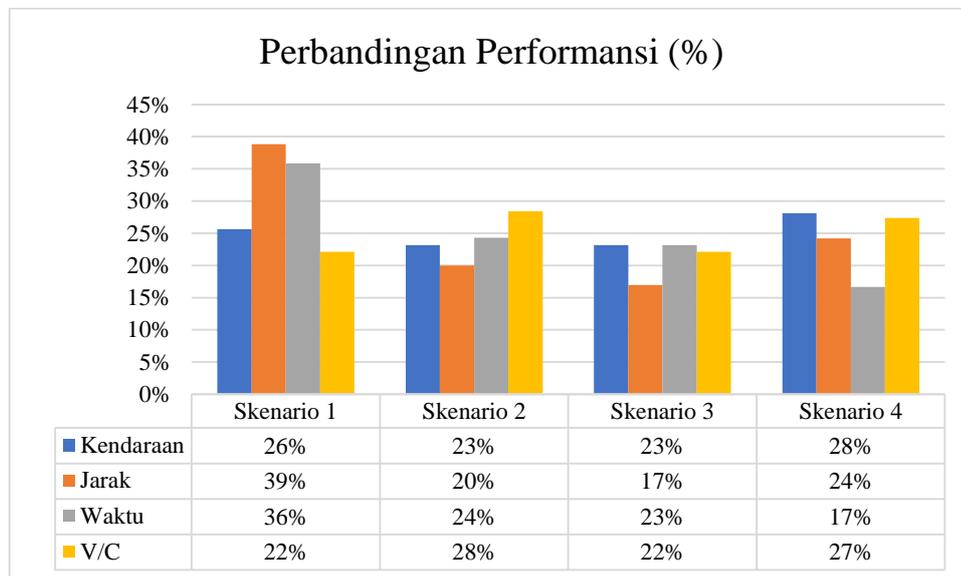
Pada grafik *output* performansi dengan konsumsi normal untuk komoditas telur ayam, penggunaan kendaraan tertinggi terdapat pada model skenario 1 (kondisi eksisting). Meskipun jumlah kendaraannya tinggi, nilai rata-rata VCr pada rute-rute yang dilewati lebih kecil dibandingkan skenario lain. Hal ini disebabkan variasi rute pada skenario 1 yang berkaitan dengan tujuan pengiriman komoditas memberikan nilai beragam dan dapat disebabkan oleh rute-rute tersebut merupakan ruas jalan dengan nilai VCR awal yang memang kecil. Sementara itu, untuk skenario 3, nilai VCR menduduki nilai tertinggi di antara lainnya hal ini dapat dikarenakan pengiriman dari UP Tambak Ososwilangon melewati ruas-ruas jalan yang sudah cukup padat meskipun memiliki jarak terpendek. Untuk total jarak dan total waktu, nilai tertinggi terjadi pada aktivitas logistik dengan kondisi eksisting.



Gambar 6. 4 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Telur Ayam dengan Kondisi Normal

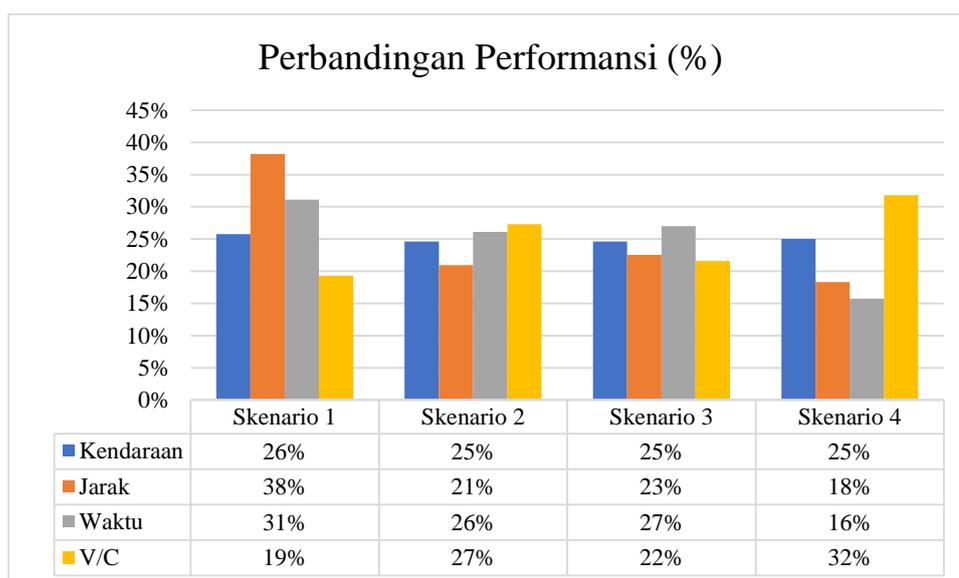
Pada *output* grafik untuk komoditas bawang merah dengan kebutuhan normal, penggunaan kendaraan terbanyak terjadi pada skenario 4. Hal ini disebabkan oleh perubahan penggunaan kendaraan pengiriman. Pada kondisi eksisting, kendaraan yang digunakan adalah kombinasi antara truk dan *pick up* dengan proporsi merata pada jumlah pengiriman masing-masing kendaraan. Dengan kapasitas yang berbeda, hal ini menyebabkan nilai yang dihasilkan juga

berbeda untuk jumlah kendaraan. Meskipun demikian, nilai VCR tertinggi ditunjukkan pada skenario 2 yaitu pengiriman dilakukan dari SIER menuju titik-titik permintaan yang telah ditetapkan. Untuk total waktu dan total jarak tempuh, skenario 1 tetap memberikan nilai tertinggi seperti komoditas lainnya.



Gambar 6. 5 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Bawang Merah dengan Kondisi Normal

Pada *output* grafik komoditas cabai dengan konsumsi normal, nilai penggunaan kendaraan terbanyak terjadi dengan skenario 1. Perbedaan jumlah kendaraan tidak terlalu signifikan karena pengiriman dilakukan dengan jenis kendaraan yang sama sehingga meskipun cara pengirimannya berbeda, kapasitas antar maksimal yang digunakan tetap sama untuk setiap skenario. Sementara untuk nilai VCR tertinggi terdapat pada skenario 4. Hal ini dapat terjadi karena rute-rute yang dilewati untuk pengiriman cabai dari dua DC yang diaktifkan merupakan ruas jalan yang memang sudah memiliki nilai volume tinggi sehingga meskipun jalan yang dilewati merupakan jarak terdekat, tapi nilai VCR dapat lebih tinggi. Total waktu dan total jarak tertinggi terjadi dengan skenario 1.



Gambar 6. 6 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Cabai dengan Kondisi Normal

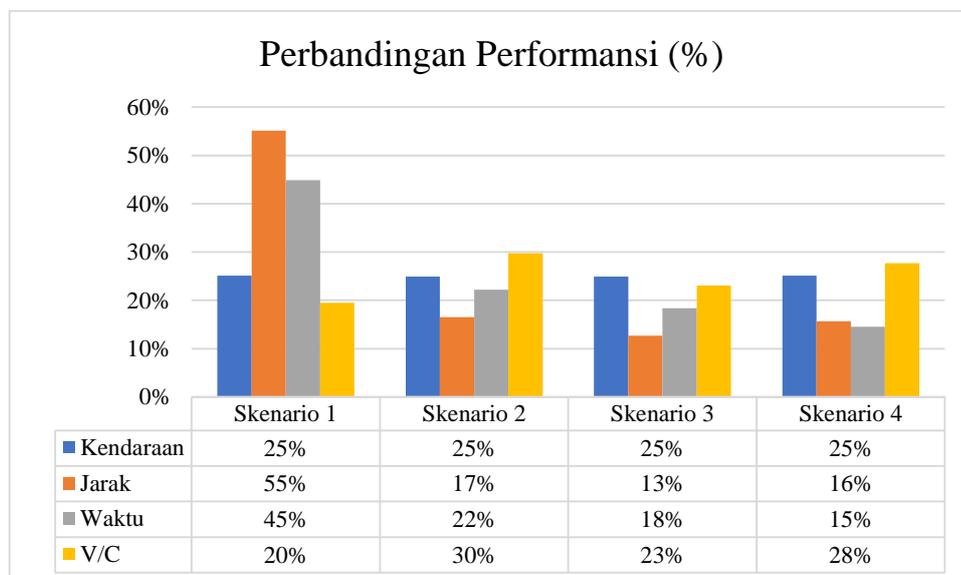
Selain nilai konsumsi maksimal yang diperhitungkan, nilai konsumsi maksimal juga dihitung. Nilai konsumsi maksimal ini diperhitungkan untuk menggambarkan *range* konsumsi yang berbeda di setiap hari. Jika nilai konsumsi norma menggambarkan kebutuhan standar per hari, maka nilai kebutuhan maksimal ini merupakan gambaran konsumsi yang tinggi pada hari-hari tertentu seperti perayaan hari besar keagamaan. Berikut adalah hasil pengukuran performansi untuk konsumsi maksimal yang dijelaskan melalui tabel dengan nilai asli hasil dari pengukuran.

Tabel 6. 2 Hasil Performansi Komoditas dengan Konsumsi Maksimal

Total	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Beras				
Kendaraan	1.344	1.333	1.333	1.343
Jarak	120.497,98	36.105,52	27.660,46	34.201,31
Waktu	532.170,94	262.851,54	217.749,6	172.274,53
V/C	0.20	0.31	0.24	0.30
Telur Ayam				
Kendaraan	40	20	20	26
Jarak	2.714,86	397,90	393,61	765,32
Waktu	9.208,52	3.942,1	3.876,26	3.530,47
V/C	0.21	0,31	0,35	0,27

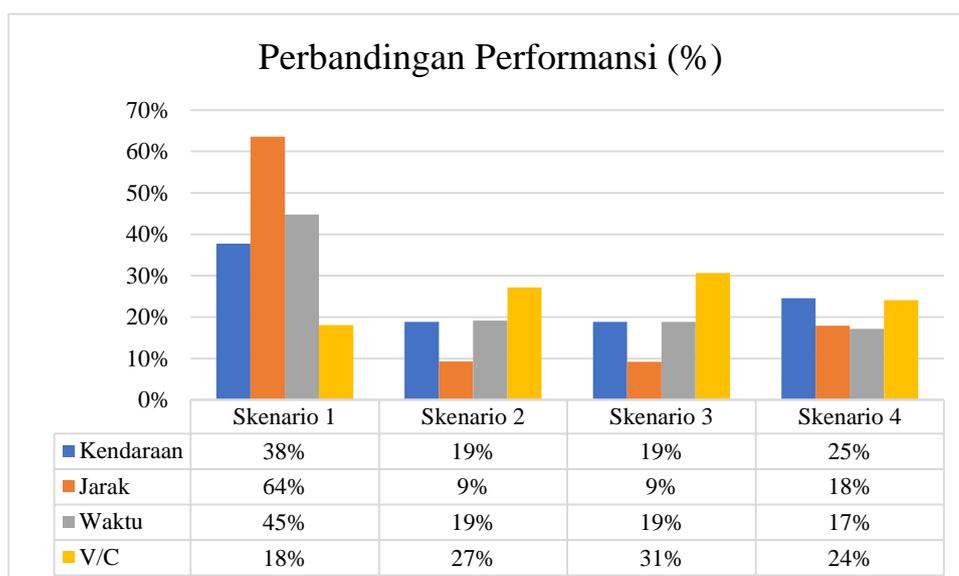
Total	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Bawang Merah				
Kendaraan	49	40	40	47
Jarak	2.211,79	1.081,61	916,81	1.241,987
Waktu	8.754,55	5.382,96	5.130,55	3.584,51
V/C	0,21	0,27	0,20	0,25
Cabai				
Kendaraan	78	72	72	85
Jarak	4.656,28	2.658,40	2.857,92	2.253,,21
Waktu	15.591,2	11.945,18	12.299,56	8.431,14
V/C	0.18	0.24	0.20	0.29

Pada *output* grafik performansi konsumsi maksimal untuk komoditas beras, proporsi penggunaan kendaraan terhadap total kendaraan semua skenario adalah hampir merata untuk masing-masing model skenario. Proporsi ini sama dengan konsumsi normal dikarenakan pengiriman untuk seluruh skenario menggunakan jumlah komoditas yang sama dan kendaraan dengan kapasitas yang sama. Sementara itu, proporsi nilai VCR tertinggi pada skenario 4 merupakan hasil yang sama dengan pengiriman dengan konsumsi rata-rata. Total jarak dan total waktu tertinggi tetap dihasilkan dari pengiriman dengan model skenario 1 (eksisting).



Gambar 6. 7 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Beras dengan Kondisi Maksimal

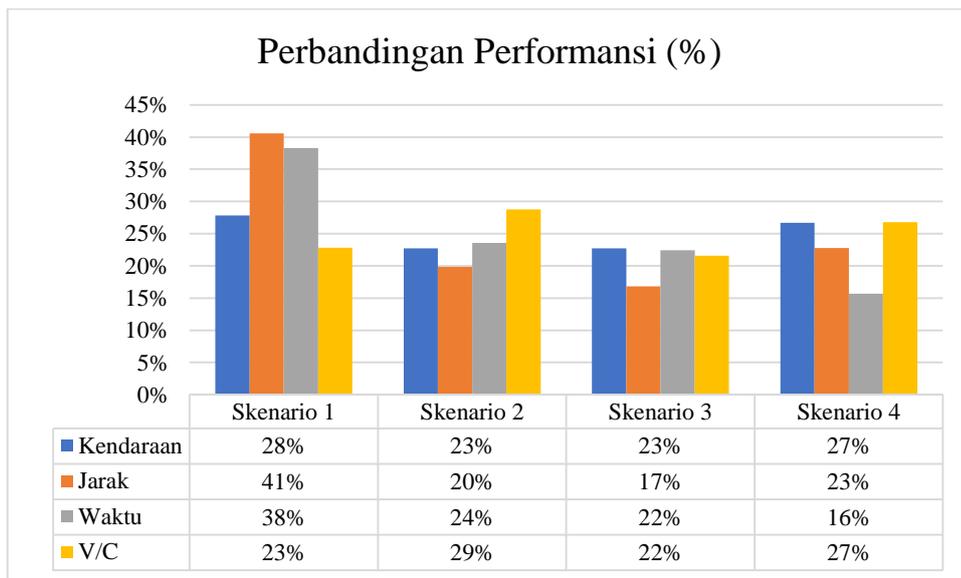
Pada *output* grafik performansi konsumsi maksimal untuk komoditas telur ayam, jumlah kendaraan tertinggi digunakan pada skenario 1 (eksisting). Namun, nilai VCR tertinggi terjadi pada skenario 4. Hal ini dapat terjadi karena perubahan titik pengiriman akan menyebabkan perubahan rute yang dipilih. Rute yang dipilih berdasarkan jarak terdekat tidak mempertimbangkan nilai volume jalan terkecil sehingga rute-rute pada skenario 4 melewati ruas jalan yang memiliki volume tinggi meski memberikan jarak terdekat. Total jarak dan total waktu tertinggi dihasilkan oleh skenario 1 (eksisting) yang mana masing-masing pegang di pasar kecil mengambil sendiri barang dagangannya.



Gambar 6. 8 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Telur Ayam dengan Kondisi Maksimal

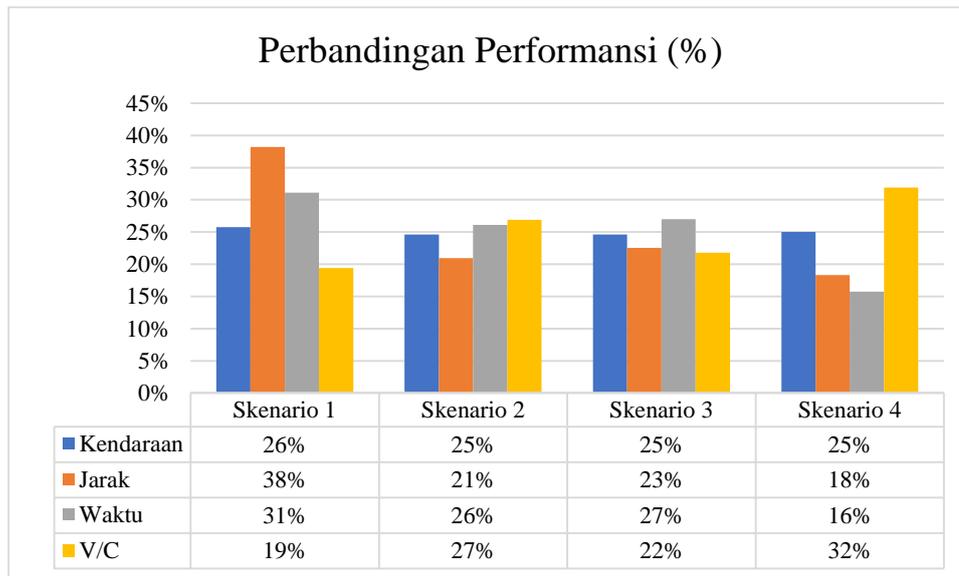
Pada *output* grafik performansi konsumsi maksimal untuk komoditas bawang merah, jumlah kendaraan yang digunakan tertinggi pada skenario 1. Nilai ini berbeda dengan kondisi perpindahan aliran barang dengan konsumsi normal. Pada konsumsi normal, nilai kendaraan terbanyak digunakan pada skenario 4. Hal ini dapat disebabkan karena pada penggunaan 2 DC, semakin banyak jumlah (kg) komoditas bawang merah yang harus diantarkan maka semakin maksimal penggunaan kapasitas kendaraan yang ada. Pada kondisi normal, pengiriman dilakukan dengan dua kombinasi kendaraan yang memiliki proporsi pengantaran yang serupa sehingga dengan kondisi ini memungkinkan adanya banyak kendaraan

yang kapasitas bak kendaraan tidak digunakan sepenuhnya. Sementara itu, nilai VCR tertinggi ditunjukkan oleh skenario 2 (sama dengan kondisi konsumsi normal). Dengan demikian, rute-rute yang dilewati dari SIER untuk mencapai titik-titik permintaan pada pengiriman komoditas bawang merah merupakan ruas-ruas jalan yang sudah memiliki nilai VCR awal yang tinggi meskipun jarak tempuhnya kecil. Total waktu dan total jarak yang tertinggi dihasilkan dengan pengiriman menggunakan model eksisting (skenario 1).



Gambar 6. 9 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Bawang Merah dengan Kondisi Maksimal

Pada *output* grafik performansi konsumsi maksimal untuk komoditas cabai, penggunaan jumlah kendaraan yang tertinggi terjadi pada skenario 1. Proporsi penggunaan kendaraan pada kondisi normal dan konsumsi maksimal tidak ada perbedaan secara signifikan. Namun, nilai VCR tertinggi dihasilkan pada skenario 4. Total waktu dan total jarak tertinggi terjadi pada aktivitas logistik dengan model eksisting (skenario 1).



Gambar 6. 10 Grafik Perbandingan Performansi Komoditas Cabai dengan Kondisi Maksimal

Nilai VCR yang ditampilkan pada setiap pengukuran performansi merupakan nilai rata-rata VCR dari rute-rute yang dilewati sehingga nilainya hanya berkisar antara 0,2 hingga 0,4. Hal ini disebabkan nilai yang diambil untuk menggambarkan perbandingan adalah nilai rata-rata. Nilai VCR tertinggi pada setiap performansi tidak dapat diartikan sebagai pengaruh dari banyaknya jumlah kendaraan saja karena rute-rute yang dilewati setiap skenario pun juga berbeda. Ketika terdapat jumlah kendaraan yang kecil dan memiliki nilai VCR yang besar, kejadian ini dapat diinterpretasikan sebagai pengaruh rute pengiriman yang berbeda. Rute-rute berbeda ini memiliki nilai VCR yang berbeda-beda pula. Semakin tinggi nilai VCR berarti rute-rute yang dilewati dengan pertimbangan jarak terpendek merupakan rute dengan kondisi VCR awal yang lebih tinggi daripada rute lainnya.

Secara keseluruhan, penggunaan jumlah kendaraan terbanyak yang digunakan terjadi pada kondisi eksisting (untuk komoditas beras, telur ayam, dan cabai). Namun, berbeda dengan bawang merah. Pada konsumsi normal, jumlah kendaraan dengan skenario 4 untuk komoditas bawang merah dibutuhkan lebih banyak. Sedangkan untuk konsumsi maksimal, jumlah kendaraan yang dibutuhkan lebih banyak oleh skenario 1. Hal ini dapat disebabkan pada perbedaan penggunaan kendaraan untuk pengiriman pada bawang merah serta dipengaruhi oleh

penggunaan kapasitas kendaraan. Pada kondisi eksisting dengan konsumsi normal, kapasitas kendaraan secara maksimal dapat digunakan pada model tersebut. Sementara untuk model dengan diaktifkan 2 DC, menyebabkan kendaraan harus bertambah karena kapasitas kendaraan mungkin tidak dimanfaatkan secara penuh. Semakin banyak jumlah (kg) komoditas bawang merah yang harus diantarkan, penggunaan kapasitas dan rute pengiriman menjadi lebih baik sehingga jumlah kendaraan yang digunakan dapat lebih kecil daripada dengan model eksisting (skenario 1).

Total waktu dan total jarak yang tertinggi dihasilkan oleh skenario 1. Kondisi tertinggi ini terjadi untuk seluruh komoditas dan kedua jenis konsumsi komoditas. Dengan demikian, adanya DC berpengaruh positif terhadap pengurangan total jarak tempuh dan total waktu.

6.2 Analisis Hasil

Analisis hasil dilakukan untuk memperoleh prediksi terkait skenario (lokasi DC) yang memberikan nilai performansi terbaik. Kriteria penentuan skenario terbaik adalah mencari skenario dengan nilai-nilai indikator yang memiliki nilai terkecil. Skenario terpilih adalah skenario yang memiliki dominasi indikator dengan nilai-nilai terkecil dibandingkan dengan skenario lainnya. Apabila terdapat nilai yang sama antar dua skenario maka pilihan skenario adalah keduanya sehingga pengambil keputusan dapat menentukan untuk lebih memilih salah satu tergantung dengan preferensi khusus dari pengambil keputusan.

Berdasarkan tabel 6.1 hasil performansi komoditas beras dengan jumlah *input* rata-rata sebesar 764.860,37 kg, dari keempat skenario diketahui bahwa skenario terbaik dengan kondisi jumlah komoditas beras rata-rata yaitu skenario 3. Dimana, skenario 3 menunjukkan jumlah kendaraan yang digunakan atau dapat diartikan sebagai jumlah perjalanan yang dilakukan sebanyak 1.179 kali perjalanan dengan menggunakan truk berkapasitas 1.300 kg, jarak tempuh dari 1.179 kali perjalanan yaitu 24.424,296 km dengan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pengiriman dalam kondisi komoditas beras dengan jumlah rata-rata

yaitu 192.578,91 menit, dan memiliki persentase 24,122% untuk VCR (*volume capacity ratio*).

Pada kondisi beras dengan jumlah *input* maksimum sebesar 860.934 kg yang ditunjukkan tabel 6.2 dapat diketahui bahwa skenario terbaik untuk kondisi tersebut adalah skenario 3. Kondisi ini menggambarkan *peak season* konsumsi beras per hari. Pada skenario 3 dapat diketahui jumlah kendaraan yang digunakan yaitu sebanyak 1.333 kendaraan atau dapat diartikan sebagai 1.333 kali perjalanan yang dilakukan untuk proses pengiriman beras dengan menggunakan truk berkapasitas 1.300 kg, jarak tempuh untuk menyelesaikan pengiriman tersebut yaitu 27.660,463 km, waktu yang dibutuhkan dalam menempuh 1.333 kali perjalanan yaitu selama 217.749,6 menit dengan rata-rata kepadatan jalan pada skenario tersebut sebesar 24,134% jika dibandingkan dengan skenario lainnya. Dari kedua kondisi ini, diperoleh rekomendasi ternyata untuk komoditas beras, baik dengan jumlah konsumsi harian rata-rata ataupun *peak season*, pendirian DC di G1 yaitu UP Tambak Osowilangon memberikan performansi yang lebih. Rekomendasi ini juga memberikan hasil yang baik dikarenakan metode pengiriman dapat dikalkulasikan dan diselesaikan menjadi masalah SDVRPTW sehingga dapat diestimasi rute dan destinasi tujuan pengiriman dari DC.

Pada komoditas telur ayam ras dengan jumlah *input* rata-rata 7194 kg berdasarkan tabel 6.3 dapat diketahui bahwa skenario terbaik untuk kondisi tersebut yaitu antara skenario 2 dan 3. Hal tersebut dikarenakan antara skenario 2 dan 3 memiliki nilai minimal yang sama pada jumlah kendaraan yaitu sejumlah 18 kendaraan atau 18 kali perjalanan yang dilakukan untuk proses pengiriman telur ayam ras dengan menggunakan *pick up* berkapasitas 1.000 kg, pada performansi jarak dan kepadatan jalan skenario 2 lebih baik jika dibandingkan dengan skenario 3. Performansi jarak pada skenario 2 dan 3 masing-masing yaitu 373,779 km dan 374,233 km dan juga performansi pada presentase kepadatan jalan skenario 2 dan 3 masing-masing adalah 28,06% dan 33,73% sedangkan waktu tempuh yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pengiriman pada skenario 3 lebih baik jika dibandingkan dengan skenario 2 yaitu 3.607,19 menit dan 3.680,91 menit pada skenario 2. Dengan demikian keputusan pemilihan skenario yang akan digunakan didasarkan pada kebijakan pihak yang berwenang.

Berdasarkan tabel 6.4 pada kondisi komoditas telur ayam ras dengan jumlah *input* maksimum sebesar 9354 kg dapat diketahui bahwa skenario terbaik pada kondisi tersebut yaitu skenario 3 dengan jumlah kendaraan yang digunakan sebanyak 20 kendaraan atau dapat diartikan sebagai 20 kali perjalanan dalam menyelesaikan proses pengiriman komoditas telur ayam ras dengan menggunakan *pick up* berkapasitas 1.000 kg, jarak tempuh yang harus dilalui dalam menyelesaikan proses pengiriman yaitu 393,613 km dengan waktu tempuh selama 3.876,26 menit serta dengan presentase kepadatan jalan 35,00%. Pada komoditas telur ayam ras, terdapat pilihan untuk mendirikan DC di UP Tambak Osowilangon untuk mengakomodasi kebutuhan harian normal maupun konsumsi telur ayam ras pada *peak season*.

Pada komoditas bawang merah dengan jumlah *input* rata-rata sebesar 14.235 kg berdasarkan tabel 6.5 dapat diketahui bahwa skenario terbaik adalah skenario 3 dengan jumlah kendaraan sebanyak 28 atau dapat diartikan sebagai 28 kali perjalanan untuk menyelesaikan pengiriman komoditas bawang merah dengan menggunakan *pick up* berkapasitas 1.000 kg, dimana jarak tempuh yang harus dilalui untuk menyelesaikan pengiriman tersebut sejauh 656,647 km dengan waktu tempuh yang dibutuhkan yaitu 3.701,645 menit serta rata-rata presentase kepadatan jalan 20,85%. Sedangkan pada kondisi jumlah *input* maksimal komoditas bawang merah 21.086 kg berdasarkan tabel 6.6 dapat diketahui bahwa skenario terbaik pada kondisi tersebut yaitu skenario 3 dengan jumlah kendaraan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pengiriman komoditas bawang merah sebanyak 40 kendaraan atau dapat diartikan sebagai 40 kali perjalanan dengan menggunakan *pick up* berkapasitas 1.000 kg, jarak tempuh yang harus dilalui untuk menyelesaikan pengiriman komoditas bawang merah yaitu 916,812 km dengan waktu tempuh yang dibutuhkan selama 5.130,56 menit serta rata-rata presentase kepadatan jalan yang terpakai sebesar 20,15%. Secara keseluruhan, untuk mengakomodasi kebutuhan rata-rata dan kebutuhan harian maksimal terhadap bawang merah, perancangan DC di UP Tambak Osowilangon memberikan performansi yang baik di antara pilihan lainnya.

Berdasarkan tabel 6.7 hasil performansi komoditas cabai dengan jumlah *input* rata-rata sebesar 26.732 kg, dari keempat skenario diketahui bahwa skenario

terbaik dengan kondisi jumlah *input* rata-rata yaitu skenario 2. Dimana, skenario 2 menunjukkan jumlah kendaraan yang digunakan atau dapat diartikan sebagai jumlah perjalanan yang dilakukan sebanyak 63 kali perjalanan dengan menggunakan *pick up* berkapasitas 1.000 kg, jarak tempuh dari 63 kali perjalanan yaitu 1.995,98 km dengan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pengiriman selama 10.660,46 menit, dan rata-rata presentase kepadatan jalan pada skenario tersebut sebesar 24,12%. Sedangkan pada kondisi cabai dengan jumlah *input* maksimum sebesar 35.984 kg yang ditunjukkan tabel 6.8 dapat diketahui bahwa skenario terbaik untuk kondisi tersebut adalah skenario 2. Pada skenario 2 dapat diketahui jumlah kendaraan yang digunakan yaitu sebanyak 72 kendaraan atau dapat diartikan sebagai 72 kali perjalanan yang dilakukan untuk proses pengiriman cabai dengan menggunakan *pick up* berkapasitas 1.000 kg, jarak tempuh untuk menyelesaikan pengiriman tersebut yaitu 2.658,399 km dengan waktu yang dibutuhkan dalam menempuh 72 kali perjalanan yaitu selama 11.945,18 menit dengan rata-rata kepadatan jalan yang terpakai pada skenario tersebut sebesar 23,60%. Berbeda dengan komoditas lainnya, pembangunan DC di Sier akan memberikan performansi yang paling bagus untuk komoditas cabai.

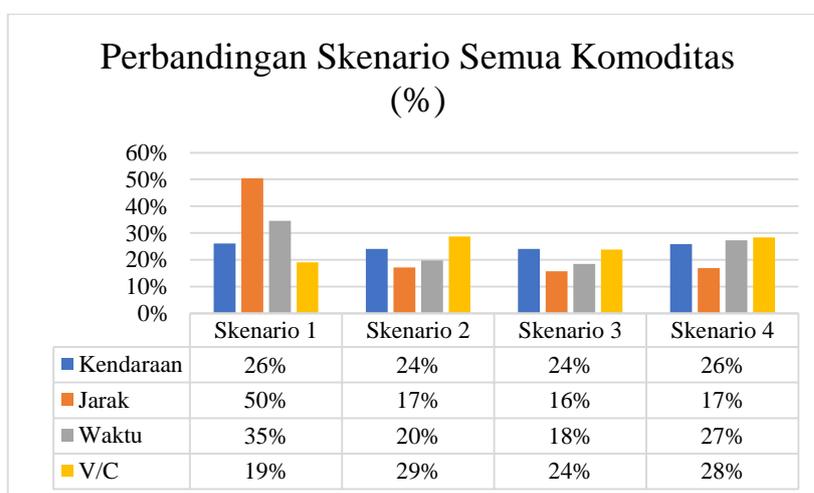
Melakukan perhitungan performansi per komoditas memberikan pemahaman terkait performansi terbaik jika dilakukan pembangunan DC untuk komoditas tertentu. Secara keseluruhan, skenario 3 memberikan performansi terbaik untuk komoditas beras, telur ayam ras, dan bawang merah. Pendirian DC di lokasi ini mampu mengakomodasi kebutuhan rata-rata harian maupun kebutuhan maksimal harian. Namun, berbeda dengan komoditas cabai. Pendirian DC di Sier memberikan performansi yang sangat baik untuk komoditas cabai. Hasil ini dapat menjadi pertimbangan dan rekomendasi terkait komoditas apa saja yang ingin dikelola di DC jika tidak seluruh komoditas ini diakomodasi. Skenario 3 yaitu pendirian DC di UP Tambak Osowilangon dapat dipertimbangkan untuk mengelola komoditas beras, telur ayam ras, dan bawang merah.

Performansi logistik juga dapat diperhitungkan untuk seluruh komoditas. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui performansi logistik jika ingin mengakomodasi seluruh komoditas. Berikut adalah hasil detailnya. Pada kondisi volume komoditas adalah kebutuhan rata-rata, performansi terbaik ditunjukkan

oleh skenario 3 dengan nilai performansi yang paling kecil untuk seluruh parameter. Sementara itu, untuk perbandingan skenario pada kebutuhan maksimal, skenario terbaik ditunjukkan oleh skenario 3. Dengan demikian, dengan dua kondisi yang dipertimbangkan, perancangan DC di UP Tambak Osowilangon memberikan performansi yang lebih baik untuk mengakomodasi seluruh logistik komoditas bahan pangan pokok.

Tabel 6. 3 Perbandingan Performansi Untuk Seluruh Komoditas Kondisi Rata-rata (26732 kg)

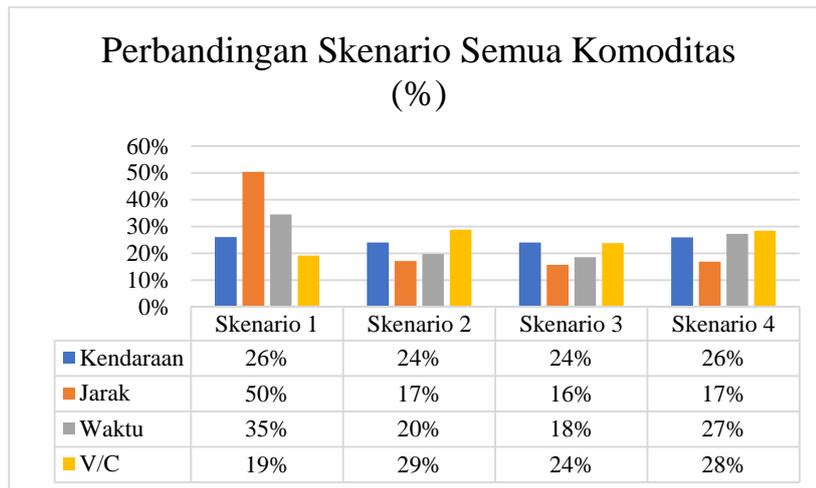
Total	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Kendaraan	252	231	231	253
Jarak	17288.95	6067.82	5607.66	6284.60
Waktu	65509.37	39374.33	37147.32	56321.69
V/C	0.18	0.28	0.23	0.27



Gambar 6. 11 Perbandingan Skenario untuk Semua Komoditas Kondisi Rata-rata (26732 kg)

Tabel 6. 4 Perbandingan Performansi Untuk Seluruh Komoditas Kondisi Maksimal (35984 kg)

Total	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Kendaraan	321	296	296	319
Jarak	23100.57	7839.52	7196.77	7738.59
Waktu	86662.69	49521.59	46327.62	68324.20
V/C	0.18	0.28	0.23	0.27



Gambar 6. 12 Perbandingan Skenario untuk Semua Komoditas Kondisi Maksimal (35984 kg)

Estimasi kebutuhan area efektif untuk mengelola DC dengan konsumsi kebutuhan harian per komoditas dapat dilakukan. Estimasi luasan mempertimbangkan *packaging* yang digunakan untuk setiap komoditas. Pada komoditas beras, kebutuhan rata-rata setiap harinya sebesar 764860,37 kg dan kebutuhan maksimalnya sebesar 860934 kg. Komoditas beras memiliki lima macam ukuran *packaging* menggunakan karung, yaitu ukuran 5kg, 10kg, 20kg, 25kg, dan 50kg. Setiap karung memiliki ukurannya masing-masing yaitu 30 x 50 cm untuk karung 5kg, 35 x 55 cm untuk karung 10kg, 40 x 70 kg untuk karung 20kg, 45 x 75 cm untuk karung ukuran 25kg, dan 56 x 90 cm untuk karung ukuran 50kg. Komoditas beras dapat ditumpuk sebanyak 20 tumpuk. Banyaknya komoditas beras tiap jenis *packaging* adalah akan dibagi sama rata untuk setiap jenis. Berikut adalah estimasi kebutuhan area untuk komoditas beras dengan dua kondisi berbeda.

Tabel 6. 5 Estimasi Luas Area Komoditas Beras Kondisi Normal (Rata-rata)

<i>Packaging</i>		Jumlah Karung	Banyaknya Tumpukan	Luasan Area
5 kg	30 x 50 cm	30595	1530	229.5
10 kg	35 x 55 cm	15298	765	114.75
20 kg	40 x 70 cm	7649	383	57.45
25 kg	45 x 75 cm	6119	306	45.9

Packaging		Jumlah Karung	Banyaknya Tumpukan	Luasan Area
50 kg	56 x 90 cm	3060	153	22.95
Total Area				470.55

Tabel 6. 6 Estimasi Luas Area Komoditas Beras Kondisi Maksimal

Packaging		Jumlah Karung	Banyaknya Tumpukan	Luasan Area
5 kg	30 x 50 cm	34437.4	1722	258.3
10 kg	35 x 55 cm	17218.7	861	165.7425
20 kg	40 x 70 cm	8609.35	431	120.68
25 kg	45 x 75 cm	6887.48	345	116.4375
50 kg	56 x 90 cm	3443.74	173	87.192
Total Area				748.352

Berbeda dengan beras, komoditas telur ayam, bawang merah, dan cabai hanya memiliki satu bentuk *packaging*. Telur ayam dikemas dan disimpan di dalam peti kayu yang berukuran 55 x 35 x 20 cm dengan daya tampung sekitar 10 kg telur ayam. Bawang merah disimpan di dalam karung dengan daya tampung 20 kg dalam sebuah karung berongga berukuran 40 x 70 cm. Cabai juga disimpan di dalam karung berongga dengan daya tampung hingga 50 kg dan berukuran 95 x 60 cm. Tinggi tumpukan yang peti telur ayam diestimasi hingga 10 peti ke atas. Sementara itu, tumpukan bawang merah dan cabai dapat mencapai 20 karung ke atas. Berikut adalah hasil estimasi luasan area untuk komoditas telur ayam, bawang merah, dan cabai.

Tabel 6. 7 Estimasi Area Untuk Telur Ayam, Bawang Merah, Cabai

Komoditas	Jumlah Karung	Banyaknya Tumpukan	Luasan Area	Total
Kondisi Normal				
Telur Ayam	719.4	72	13.86	39.33 m ²
Bawang Merah	712	36	10.08	
Cabai	534.64	27	15.39	
Kondisi Maksimal				
Telur Ayam	936	94	18.095	53.455 m ²
Bawang Merah	1055	53	14.84	
Cabai	720	36	20.52	

Estimasi di atas merupakan estimasi ruang efektif yang dibutuhkan untuk penyimpanan. Namun, belum mempertimbangkan toleransi gang, jalan lewat, pintu masuk, dan *layout* lainnya. Secara keseluruhan, dibutuhkan ruang sekitar 509,88 m² untuk menampung konsumsi komoditas di atas dalam kondisi normal. Namun, untuk mampu menampung maksimal, diperlukan 801,807 m².

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan penelitian dan pengerjaan di atas, dapat disimpulkan beberapa hal dan saran terkait dengan penelitian berikutnya.

7.1 Kesimpulan

Berikut adalah beberapa kesimpulan yang diambil berdasarkan pengerjaan tugas akhir ini.

1. Pengembangan model logistik perkotaan di Kota Surabaya dilakukan untuk menggambarkan kondisi nyata dan perbedaannya jika dirancang adanya DC. Pemilihan rute antar dua titik dilakukan menggunakan algoritma Dijkstra sedangkan untuk penentuan rute pengiriman komoditas dari DC dirancang ke dalam permasalahan *split delivery vehicle routing problem with time windows* (SDVRPTW). Rancangan lokasi DC adalah di Sier dan UP Tambak Osowilangon.
2. Terdapat tiga skenario yang dirancang yaitu perancangan DC di Sier, DC di UP Tambak Osowilangon, dan jika dirancang di kedua lokasi tersebut. Berdasarkan perhitungan performansi untuk masing-masing komoditas, diperoleh perancangan di UP Tambak Osowilangon memberikan performansi terbaik untuk komoditas beras, telur ayam, dan bawang merah. Sedangkan cabai akan memiliki performansi logistik yang baik apabila dibangun DC di Sier. Apabila seluruh komoditas dipertimbangkan untuk dikelola dengan DC, maka performansi yang terbaik juga ditunjukkan oleh skenario 3 yaitu pembangunan DC di UP Tambak Osowilangon.
3. Model pengiriman dengan SDVRPTW dapat dipertimbangkan oleh Pemerintah untuk mengelola pengiriman dari DC. Dengan demikian, pengiriman komoditas bahan pangan dilakukan dengan pertimbangan rute yang dihasilkan dari hasil algoritma dengan mencari lokasi terdekat (*nearest neighbor*). Pengelolaan ini yang menyebabkan adanya DC memberikan dampak yang lebih baik pada kota daripada kondisi logistik yang ada saat

ini di mana setiap pedagang melakukan aktivitasnya masing-masing tanpa adanya pengendalian.

7.2 Saran

Berikut adalah saran yang diberikan terkait dengan pengembangan penelitian yang terkait dengan topik pada tugas akhir ini.

1. Lokasi *retailer* yang diperhitungkan sebaiknya tidak hanya pasar tradisional, tapi juga pasar modern karena terkait dengan konsumsi dan kebutuhan bahan pangan pokok yang dikonsumsi oleh penduduk Kota Surabaya. Hal ini akan mengakomodasi penduduk yang memperoleh bahan pangan pokok dari pasar-pasar modern sehingga tidak hanya pada penduduk yang memperoleh dari pasar tradisional.
2. Kecepatan yang digunakan untuk memperoleh waktu tempuh sebaiknya dikembangkan menjadi kecepatan yang berbeda di setiap waktu. Perbedaan setiap waktu ini juga dapat dikaitkan dengan kepadatan jalan pada waktu tertentu.
3. Penggunaan kendaraan logistik untuk mengantarkan komoditas juga ditambahkan jenis dan ragamnya sesuai dengan keragaman pengiriman yang ada di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaral, R. & Aghezzaf, E. H., 2015. City Logistics and Traffic Management: Modelling the Inner and Outer Urban Transport Flows in a Two-tiered System. *Transportation Research Procedia*, pp. 297-312.
- Badan Pusat Statistik , 2014. *Persentase Penduduk Daerah Perkotaan menurut Provinsi, 2010-2035.* [Online] Available at: <https://www.bps.go.id/statictable/2014/02/18/1276/persentase-penduduk-daerah-perkotaan-menurut-provinsi-2010-2035.html> [Accessed 18 Agustus 2018].
- Badan Pusat Statistik , 2018. *Konsumsi Beras Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Timur.* [Online] Available at: <https://jatim.bps.go.id/dynamictable/2018/11/05/431/konsumsi-beras-menurut-kabupaten-kota-di-jawa-timur-2018-ton-.html> [Accessed 1 Januari 2019].
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, 2018. *Jumlah Penduduk dan Laju Pertumbuhan Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur, 2010, 2014, dan 2015.* [Online] Available at: <https://jatim.bps.go.id/statictable/2016/04/29/330/jumlah-penduduk-dan-laju-pertumbuhan-penduduk-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-timur-2010-2014-dan-2015.html> [Accessed 18 Agustus 2018].
- Badan Pusat Statistik, 2016. *Pertumbuhan Ekonomi Kota Surabaya Tahun 2010-2014.* [Online] Available at: <https://surabayakota.bps.go.id/statictable/2016/01/25/509/pertumbuhan-ekonomi-kota-surabaya-tahun-2010-2014.html> [Accessed 9 September 2018].
- Barceló, J., Grzybowska, H. & Pardo, S., 2007. Vehicle Routing and Scheduling Models, Simulation and City Logistics.. *Dynamic Fleet Management Concepts-Systems, Algorithms and Case Studies*, Volume 1, pp. 163-195.
- Boerkamps, J. & Binsbergen, A. v., 1999. *GoodTrip - A New Approach for Modelling and Evaluation of Urban Goods Distribution.* Delft , Semantic Scholar.
- Borshchev, A. & Filippov, A., 2004. *From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools.* Oxford, 22nd International Conference of the System Dynamics Society.
- Browne, P. M., Sweet, M., Woodburn, D. A. & Allen, J., 2005. *Urban Freight Consolidation Centres Final Report*, London: University of Westminster.
- Budi, S., 2018. *Pemkot Surabaya Percepat Pembangunan Jalan Lingkar.* [Online] Available at: <https://www.cendananews.com/2018/04/pemkot-surabaya->

- [percepat-pembangunan-jalan-lingkar.html](#)
[Accessed 3 Oktober 2018].
- Chopra, S. & Meindl, P., 2016. *Supply Chain Management*. 6th ed. Harlow: Pearson.
- Daihani, D. U., 2001. *Komputerisasi Pengambilan Keputusan*. 1 ed. Jakarta: ElexMedia Komputindo.
- Dieussaert, K. et al., 2009. *SUSTAPARK: an agent-based model for simulating parking search*. AGILE International Conference on Geographic Information Science,, Hannover.
- Dinas Perdagangan Kota Surabaya, 2018. *Laporan Akhir Penyusunan Informasi Distribusi Perdagangan d Kota Surabaya*, Surabaya: Unpublished .
- Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2018. *Analisa Kecepatan Kendaraan Tahun 2018 Tahap 1*, Surabaya: Dinas Perhubungan Kota Surabaya.
- Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2018. *Survey Kinerja Jalan Lalu Lintas 2018 Tahap 1*, Surabaya: Dinas Perhubungan Kota Surabaya.
- Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Kota Surabaya, 2017; 2018. *Laporan Monitoring Ketersediaan dan Distribusi Pangan (Bulanan)*, Kota Surabaya: Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Kota Surabaya.
- Direktorat Bina Jalan Kota, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Druzdzel, M. J. & Flynn, R. R., 2002. Decision Support Systems. In: A. Kent, ed. *Encyclopedia of Library and Information Science*. New York: Marcel Dekker Inc. , pp. 1-15.
- Effendi, Z., 2017. *Surabaya Kebut Pencocokan Jumlah Penduduk Hingga Akhir Tahun*. [Online] Available at: <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-3647897/surabaya-kebut-pencocokan-jumlah-penduduk-hingga-akhir-tahun>
[Accessed 1 Januari 2019].
- Gonzalez-Feliu, J. et al., 2012. A simulation framework for evaluating the impacts of urban goods transport in terms of road occupancy. *Journal of Computational Science*, 3(4), pp. 206-215.
- Gonzalez-Feliu, J., Routhier, J.-L. & Semet, F., 2014. *Sustainable urban logistics: Concepts, methods and information systems*. [Online] Available at: [https://www.researchgate.net/publication/281249742 Sustainable urban logistics Concepts methods and information systems](https://www.researchgate.net/publication/281249742_Sustainable_urban_logistics_Concepts_methods_and_information_systems)
[Accessed 9 September 2018].
- Gui, S., Zhu, Q. & Lu, L., 2005. Area logistics system based on system dynamics model. *Tsinghua Science and Technology*, 10(2), pp. 265-269.
- Huang, Y., Savelsbergh, M. & Zhao, L., 2018. Designing Logistics Systems for Home Delivery in Densely. *Transportation Research Part B: Methodological*, Volume 115, pp. 95-125.

- Hyndman, R. J. & Athanasopoulos, G., 2018. *7.3 Holt-Winters' seasonal method*. [Online] Available at: <https://otexts.org/fpp2/holt-winters.html> [Accessed 25 November 2018].
- Insani, N., 2015. *Staff Site Universitas Negeri Yogyakarta*. [Online] Available at: <http://staffnew.uny.ac.id/staff/132310890> [Accessed 18 Desember 2018].
- Karakikes, I. & Nathanail, E., 2017. Simulation Techniques for Evaluating Smart Logistics Solutions for Sustainable Urban Distribution. *Procedia Engineering*, Volume 178, pp. 569-578.
- Kereta Api Logistics, 2018. *Terminal Barang*. [Online] Available at: http://www.kalogistics.co.id/layanan_product/depo_container#.W7PC1tMzbIU [Accessed 3 Oktober 2018].
- Lestari, S. H., 2018. *Pemprov Jatim Bahas Ketersediaan Pangan Tahun Depan, Kedelai dan Bawang Putih Jadi Perhatian*. [Online] Available at: <http://surabaya.tribunnews.com/2018/12/05/pemprov-jatim-bahas-ketersediaan-pangan-tahun-depan-kedelai-dan-bawang-putih-jadi-perhatian> [Accessed 1 Januari 2019].
- Macal, C. & North, M., 2010. Tutorial on Agent-based Modelling and Simulation. *Journal of Simulation*, 4(1), pp. 151-162.
- Maggioni, F., Perboli, G. & Tadei, R., 2014. The Multi-Path Traveling Salesman Problem with Stochastic Travel Costs: Building Realistic Instances for City Logistics Applications. *Transportation Research Procedia*, Volume 3, pp. 528-536.
- Makhloufia, R. et al., 2015. Simulation of Mutualized Urban Logistics Systems with Real-Time Management. *Transportation Research Procedia*, Volume 6, pp. 365-376.
- Matic, V., 2013. *Truck Engkel (4 roda)*. [Online] Available at: <https://www.serayamotor.com/diskusi/viewtopic.php?t=18843> [Accessed 11 November 2018].
- McLeod Jr., R., 1993. *Management Information Systems*. 5th ed. New York: MacMillan Publishing Company .
- Microsoft Office, 2018. *Create a forecast in Excel for Windows*. [Online] Available at: <https://support.office.com/en-us/article/create-a-forecast-in-excel-for-windows-22c500da-6da7-45e5-bfdc-60a7062329fd> [Accessed 25 November 2018].
- Morana, J. & Gonzalez-Feliu, J., 2010. *Sustainable supply chain management in city logistics solutions: an experience's comeback from Cityporto Padua (Italy)*. Casablanca (Morocco), HAL .

- Morganti, E. & Gonzalez-Feliu, J., 2014. City logistics for perishable products. The case of the Parma's Food Hub. *Case Studies on Transport Policy*, 3(2), pp. 120-128.
- Mulyadi, D., 2011. Pengembangan Sistem Logistik yang Efisien dan Efektif dengan Pendekatan Supply Chain Management. *Riset Industri*, V(3), pp. 275-282.
- Muñoz-Villamizar, A. & Angel A., J., 2013. *A simulation-based algorithm for the integrated location and routing problem in urban logistics*. Washington, Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference.
- Navitas, P., Handayani, K. E., Arvitrida, N. I. & Kartika, A. G., 2013. *Design and Development of An Urban Logistics Strategy Using Transportation Demand Management Case Study : Surabaya Metropolitan Area*, Semarang: International Conference on Regional Development 2013.
- Ogden, K., 1992. *Urban Goods Movement: A Guide to Policy and Planning*. Aldershot: Ashgate.
- Orjuela-Castro, J. A., Sanabria-Coronado, L. A. & Peralta-Lozano, A. M., 2017. Coupling facility location models in the supply chain of perishable fruits. *Research in Transportation Business & Management*, Volume 24, pp. 73-80.
- Ossowski, S. et al., 2005. Decision support for traffic management based on organisational and communicative multiagent abstractions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 13(4), pp. 272-298.
- Pemerintah Daerah Kota Surabaya, 2014. *Peraturan Daerah Kota Surabaya Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya Tahun 2014-2034*, Surabaya: Pemerintah Daerah Kota Surabaya.
- Pinto, R., Golini, R. & Lagorio, A., 2015. Loading / unloading lay-by areas location and sizing: a mixed analytic-Monte Carlo SIMulation Approach. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), pp. 961-966.
- PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo) III, 2018. *Tanjung Perak*. [Online] Available at: <https://www.pelindo.co.id/profil-perusahaan/cabang-anak-perusahaan/cabang-perusahaan/q/tanjung-perak> [Accessed 10 Oktober 2018].
- Qiu, Y., Shi, X. & Shi, C., 2013. A System Dynamics Model for Simulating the Logistics Demand Dynamics of Metropolitans : A Case Study of Beijing. *Journal of Industrial Engineering and Management China*, 8(3), pp. 783-803.
- Qureshi, A., Taniguchi, E. & Yamada, T., 2010. Exact solution for the vehicle routing problem with semi soft times windows and its application. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Volume 2, pp. 5931-3943.
- Roca-Riu, M., Fernández, E. & Estrada, M., 2015. Parking slot assignment for urban distribution: Models and formulations. *OMEGA International Journal of Management Science (United Kingdom)*, Volume 57, pp. 157-175.

- Rosita, M., 2011. *Simulasi Sistem Logistik Perkotaan untuk Memenuhi Pasokan Barang ke Retail Modern di Surabaya dengan Penambahan Pusat Distribusi*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Russo, F. & Comi, A., 2004. A modelling system to link end-consumers and distribution logistics. *European Transport*, 24(1), pp. 6-19.
- Sarra, Jlassi, Tamayo, S. & Gaudron, A., 2017. *SIMULATION APPLIED TO URBAN LOGISTICS: A STATE OF THE ART*. Phuket, Thailand, Wiley-ISTE.
- Savitri, H., 2017. *Pemodelan Vehicle Routing Problem with Time Windows untuk Mengoptimasi Rute Distribusi Produk Sari Roti dengan Metode Algoritma Sweep dan Mixed Integer (Studi Kasus pada CV. Jogja Transport)*. [Online] Available at: <http://digilib.uin-suka.ac.id/25026/> [Accessed 2 Desember 2018].
- Schroeder, S., Zilske, M., Liedtke, G. & Nagel, K., 2012. Towards a Multi-Agent Logistics and Commercial Transport Model: The Transport Service Provider's View. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 39, pp. 649-663.
- Setiawan, E., 2018. *Carry Pick Up vs Grand Max*. [Online] Available at: <https://suzukisumberbaru.com/2015/02/03/carry-pick-up-vs-grand-max/> [Accessed 11 November 2018].
- Sopha, B. M. et al., 2016. Urban distribution center location: Combination of spatial analysis and multi-objective mixed-integer linear programming. *International Journal of Engineering Business Management*, 30 September, 8(1), pp. 1-10.
- Soysal, M., Bloemhof-Ruwaard, J. & Vorst, J. v. d., 2014. Modelling food logistics networks with emission considerations: The case of an international beef supply chain. *Int. J. Production Economics*, Volume 152, pp. 57-70.
- Tadei, R., Perboli, G. & Perfetti, F., 2014. The multi-path Traveling Salesman Problem with stochastic travel costs. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, pp. 1-21.
- Taniguchi, E., Thompson, R. & Yamada, T., 1999. Modelling City Logistics. *City Logistics I: 1st International conference on city logistics Institute of Systems Science Research*, pp. 3-37.
- Tempo.co, 2016. *Terminal Kargo Juanda Kini Dikelola Angkasa Pura I*. [Online] Available at: <https://bisnis.tempo.co/read/802127/terminal-kargo-juanda-kini-dikelola-angkasa-pura-i/full&view=ok> [Accessed 3 Oktober 2018].
- Terminal Petikemas Surabaya, 2018. *Lokasi*. [Online] Available at: <http://www.tps.co.id/id-id/profil/lokasi> [Accessed 3 Oktober 2018].
- Van Kolck, A., 2010. *Multi-agent model for an Urban Distribution Centre*. [Online]

- Available at:
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Abe6a7ece-6add-4cde-b007-63b3752b2218>
 [Accessed 9 September 2018].
- Vose, D., 1996. *Quantitative Risk Analysis : A Guide to Monte Carlo Simulation Modelling*. England: John Wiley & Sons, Ltd..
- Wirasambada, S., 2010. *Permodelan Sistem Logistik Perkotaan (City Logistics) untuk Memenuhi Pasokan Barang ke Modern Consumer Goods Retail* , Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- World Bank, 2018. *Urban Development*. [Online] Available at:
<http://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview>
 [Accessed 19 Juni 2018].
- Zaenal, E., 2017. *Surabaya Sabet Empat Penghargaan Lingkungan Tingkat Nasional*. [Online] Available at: <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-3583744/surabaya-sabet-empat-penghargaan-lingkungan-tingkat-nasional>
 [Accessed 18 Agustus 2018].

LAMPIRAN A
DAFTAR TITIK SUPPLIER, PASAR BESAR, dan PASAR
TUUJUAN AKHIR

BERAS		
<i>Origin</i>	<i>Destination (Pasar Besar/Distributor)</i>	Pasar Tujuan
Bojonegoro, Blitar, Lamongan, Mojokerto, Banyuwangi, Tulungagung	Bendul Merisi	Bendul Merisi, Rungkut, Wonokromo, Jagir, Tenggilis, Wonokromo, Ketintang
Nganjuk, Sragen, Bojonegoro, Madiun	Nyemplungan	Ampel, Nyamlungan, Rungkut, Pucang, Manyar, Wonokromo, Gubeng, Mulyosari, Pacar Keling
TELUR AYAM		
<i>Origin</i>	<i>Destination (Pasar Besar/Distributor)</i>	Pasar Tujuan
Malang	Tambahrejo	Tambaksari, Pucang, Pacar Keling, Kenjeran, Kalijudan, Mulyosari
Blitar, Kediri	Wonokromo	Wonokromo, Jagir, Rungkut, Tenggilis, Ngagel
Pare, Kediri	Bendul Merisi	Bendul Merisi, Rungkut, Wonokromo, Jagir, Tenggilis, Wonokromo, Rungkut, Ketintang

Pare	Pabean	Ampel, Nyamplungan, Rungkut, Pucang, Manyar, Wonokromo, Gubeng, Mulyosari, Pacar Keling
CABAI/LOMBOK		
<i>Origin</i>	<i>Destination</i> (Pasar Besar/Distributor)	Pasar Tujuan
Pabean, Keputran	Wonokromo	Bendul Merisi, Rungkut, Wonokromo, Jagir, Tenggilis
Lumajang, Kediri	Keputran Utara	Gubeng, Manyar, Kertajaya, Basuki Rahmat, Tembok
Kediri	Pabean	Rungkut
BAWANG MERAH		
Origin	Destination (Pasar Besar/Distributor)	Pasar Tujuan
Pabean, Keputran	Wonokromo	Wonokromo, Jagir, Rungkut, Tenggilis, Ngagel
Probolinggo	Keputran Utara	Pabean, Pucang

LAMPIRAN B
KECEPATAN RATA-RATA

No	Nama Jalan	Ruas Jalan		
		Dari	Ke	Kec. Rata-rata
1	Jl. A. Yani	Margorejo	Wonokromo	25.13
2	Jl. A. Yani	Wonokromo	Margorejo	18.33
3	Jl. A. Yani	Margorejo	Jemur Sari	22.73
4	Jl. A. Yani	Jemur Sari	Margorejo	45.67
5	Jl. A. Yani	Waru	Jemur Andayani	32.49
6	Jl. A. Yani	Jemur Andayani	Waru	30.01
7	Jl. Arjuno	Ps. Kembang	Kalibutih	28.65
8	Jl. Arjuno	Kalibutih	Ps. Kembang	26.89
9	Jl. Biliton	Gubeng	Sulawesi	19.96
10	Jl. Bung Tomo	Ngagel	Ngagel Jaya Selatan	22.55
11	Jl. Bung Tomo	Ngagel Jaya Selatan	Ngagel	15.11
12	Jl. Demak	Dupak	Kalianak	26.51
13	Jl. Demak	Kalianak	Dupak	23.1
14	Jl. Demak	Kalibutih	Dupak	20.88
15	Jl. Demak	Dupak	Kalibutih	28.6
16	Jl. Diponegoro	Musi	Kutai	20.03
17	Jl. Diponegoro	Kutai	Musi	27.54
18	Jl. Diponegoro	Dr. Soetomo	Musi	16.99
19	Jl. Diponegoro	Musi	Dr. Soetomo	15.05
20	Jl. Diponegoro	Marmoyo	Ciliwung	24.4
21	Jl. Diponegoro	Ciliwung	Marmoyo	12.28
22	Jl. Diponegoro	Dr. Soetomo	Kartini	26.09
23	Jl. Diponegoro	Kartini	Ps. Kembang	23.77
24	Jl. Diponegoro	Ciliwung	Kutai	24.96
25	Jl. Diponegoro	Kutai	Ciliwung	23.57
26	Jl. Diponegoro	Ps. Kembang	Kartini	26.86
27	Jl. Diponegoro	Kartini	Ps. Kembang	27.16
28	Jl. Gresik	Demak	Ikan Dorang	28.97
29	Jl. Gresik	Perak	Demak	29.6

No	Nama Jalan	Ruas Jalan		
		Dari	Ke	Kec. Rata-rata
30	Jl. Gubeng	Sulawesi	Kusuma Bangsa	21.85
31	Jl. Kalibutih	Arjuno	Demak	17.56
32	Jl. Kalibutih	Demak	Arjuno	24.53
33	Jl. Kapasari	Ngaglik	Kenjeran	15.17
34	Jl. Kapasari	Kenjeran	Ngaglik	19.39
35	Jl. Kusuma Bangsa	Gubeng	Ngaglik	24.37
36	Jl. Kusuma Bangsa	Ngaglik	Gubeng	32.92
37	Jl. Ngagel	Bung Tomo	Gubeng	28.42
38	Jl. Ngagel	Gubeng	Bung Tomo	30.85
39	Jl. Pasar Kembang	Diponegoro	Kedung doro	14.95
40	Jl. Pasar Kembang	Kedungdoro	Diponegoro	15.4
41	Jl. St. Wonokromo	Wonokromo	Ngagel	16.55
42	Jl. St. Wonokromo	Ngagel	Wonokromo	18.55
43	Jl. Tanjung Perak	Rajawali	Perak Barat	24.54
44	Jl. Tanjung Perak	Perak Barat	Rajawali	34.47
45	Jl. Wonokromo	A. Yani	Darmo	22.23
46	Jl. Wonokromo	Darmo	A. Yani	19.7
47	Jl. Basuki Rahmat	Urip Sumoharjo	Embong Malang	26.52
48	Jl. Blauran	Embong Malang	Bubutan	20.7
49	J. Bubutan	Blauran	Indrapura	20.75
50	Jl. Dharmahasada	Prof. Dr.Moestopo	Dharmahasada Indah	32.13
51	Jl. Dharmahasada	Dharmahasada Indah	Prof. Dr.Moestopo	25.92
52	Jl. Dharmahasada Indah	Dharmahasada	Manyar Kertoarjo	30.51
53	Jl. Dharmahasada Indah	Manyar Kertoarjo	Dharmahasada	26.17
54	Jl. Dr. Ir. Soekarno	Kenjeran	Kertajaya Indah	26.24
55	Jl. Dr. Ir. Soekarno	Kertajaya Indah	Kenjeran	29.63
56	Jl. Dr. Ir. Soekarno	Kertajaya Indah	Arief Rahman Hakim	30.91
57	Jl. Dr. Ir. Soekarno	Arief Rahman Hakim	Kertajaya Indah	26.24

No	Nama Jalan	Ruas Jalan		
		Dari	Ke	Kec. Rata-rata
58	Jl. Dr. Ir. Soekarno	Arief Rahman Hakim	Semolowaru	26.37
59	Jl. Dr. Ir. Soekarno	Semolowaru	Arief Rahman Hakim	22.87
60	Jl. Dr. Ir. Soekarno	Semolowaru	Kedung Baruk	28.43
61	Jl. Dr. Ir. Soekarno	Kedung Baruk	Semolowaru	30.52
62	Jl. Dr. Ir. Soekarno	Kedung Baruk	Rungkut	34.36
63	Jl. Dr. Ir. Soekarno	Rungkut	Kedung Baruk	34.11
64	Jl. Dupak	Demak	Pasar Loak	19.83
65	Jl. Dupak	Pasar Loak	Demak	16.15
66	Jl. Dupak	Tembaan	Demak	21.3
67	Jl. Dupak	Demak	Tembaan	17.04
68	Jl. Embong Malang	Basuki Rahmat	Blauran	17.16
69	Jl. Gubernur Suryo	Tunjungan	Panglima Sudirman	23.61
70	Jl. HR . Muhammad	Mayjend Sungkono	Darmo Permai	21.17
71	Jl. HR . Muhammad	Darmo Permai	Mayjend Sungkono	20.38
72	Jl. Indrapura	Bubutan	Rajawali	38.24
73	Jl. Jagir Wonokromo	Prapen	St. Wonokromo	28.4
74	Jl. Jagir Wonokromo	St. Wonokromo	Prapen	24.17
75	Jl. Jemur Andayani	A. Yani	Kendangsari	20.46
76	Jl. Jemur Andayani	Kendangsari	A. Yani	22.01
77	Jl. Frontage Road (Barat)	Waru	Bundaran Dolog	32.76
78	Jl. Frontage Road (Barat)	Bundaran Dolog	Royal	40.46
79	Jl. Frontage Road (Timur)	Royal	Margorejo	31.4
80	Jl. Frontage Road (Timur)	Margorejo	Jemur Andayani	23.55
81	Jl. Frontage Road (Timur)	Jemur Andayani	Siwalankerto	34.52
82	Jl. Jemursari	Jemur Andayani	Margorejo	22.83
83	Jl. Jemursari	Margorejo	Jemur Andayani	31.46
84	Jl. Kapasan	Kembang Jepun	Kapasari	18.59
85	Jl. Kapasan	Kapasari	Kembang Jepun	18.62

No	Nama Jalan	Ruas Jalan		
		Dari	Ke	Kec. Rata-rata
86	Jl. Kembang Jepun	Rajawali	Kapasan	19.27
87	Jl. Kenjeran	Kapasari	Kedung Cowek	22.02
88	Jl. Kenjeran	Kedung Cowek	Kapasari	18.2
89	Jl. Kenjeran	Kedung Cowek	Sutorejo	36.15
90	Jl. Kenjeran	Sutorejo	Kedung Cowek	40.65
91	Jl. Kertajaya	Sulawesi	Manyar Kertoarjo	16.56
92	Jl. Kertajaya	Manyar Kertoarjo	Sulawesi	20.61
93	Jl. Kramat Gantung	Pahlawan	Gemblongan	15.6
94	Jl. Manyar	Nginden	Menur	26.18
95	Jl. Manyar	Menur	Nginden	16.36
96	Jl. Manyar Kertoarjo	Kertajaya	Raya Kertajaya Indah	30.93
97	Jl. Manyar Kertoarjo	Raya Kertajaya Indah	Kertajaya	26.51
98	Jl. Margomulyo	Greges	Tandes	32
99	Jl. Margomulyo	Tandes	Greges	27.42
100	Jl. Mayjend Sungkono	Indragiri	Bundaran Satelit	21.33
101	Jl. Mayjend Sungkono	Bundaran Satelit	Indragiri	24.58
102	Jl. Menur	Manyar Kertoarjo	Karang Menjangan	14.62
103	Jl. Menur	Karang Menjangan	Manyar	20.47
104	Jl. Ngagel Jaya	Ngagel Jaya Selatan	Ngagel Jaya Utara	27.01
105	Jl. Ngagel Jaya	Ngagel Jaya Utara	Ngagel Jaya Selatan	18.49
106	Jl. Ngagel Jaya Selatan	Bung Tomo	Ngagel Jaya	19.26
107	Jl. Ngagel Jaya Selatan	Ngagel Jaya	Bung Tomo	28.69
108	Jl. Ngagel Jaya Selatan	Ngagel Jaya	Manyar	19.87
109	Jl. Ngagel Jaya Selatan	Manyar	Ngagel Jaya	25.32
110	Jl. Pahlawan	Kebonrejo	Gemblongan	19.3
111	Jl. Panjang jiwo	Keudng Baruk	Prapen	18.34
112	Jl. Panjang jiwo	Prapen	Kedung Baruk	25.39
113	Jl. Prapen	Jemursari	Panjang Jiwo	26.58

No	Nama Jalan	Ruas Jalan		
		Dari	Ke	Kec. Rata-rata
114	Jl. Prapen	Panjang Jiwo	Jemursari	30.73
115	Jl. Prapen	Jemursari	Margorejo	32.52
116	Jl. Prapen	Margorejo	Jemursari	30.37
117	Jl. Prof. Dr. Moestopo	Dharmahasada	Gubeng Masjid	33.02
118	Jl. Prof. Dr. Moestopo	Gubeng Masjid	Dharmahasada	33.16
119	Jl. Rajawali	Perak	Kembang Jepun	25.38
120	Jl. Raya Darmo	Diponegoro	Dr. Soetomo	22.36
121	Jl. Raya Darmo	Dr. Soetomo	Diponegoro	23.29
122	Jl. Rungkut Industri	Kendangsari	Rungkut Kidul	25.58
123	Jl. Rungkut Industri	Rungkut Kidul	Kendangsari	23.4
124	Jl. Tunjungan	Praban	Gubernur Suryo	23.22
125	Jl. Urip Sumoharjo	Raya Darmo	Basuki Rahmat	21.64
126	Jl. Urip Sumoharjo	Basuki Rahmat	Raya Darmo	19.76
127	Jl. Veteran	Rajawali	Pahlawan	30.08
128	Jl. Gunung Sari	Mastrip	Joyoboyo	17.55
129	Jl. Gunung Sari	Joyoboyo	Mastrip	21.24
130	Jl. Joyoboyo	Ry. Wonokromo	Gunungsari	29.37
131	Jl. Joyoboyo	Gunungsari	Ry. Wonokromo	26.52
132	Jl. Menganti	Mastrip	Babatan	35.34
133	Jl. Menganti	Babatan	Mastrip	39.92
134	Jl. Kendangsari	Jemur Andayani	Rungkut Industri	23.78
135	Jl. Kendangsari	Rungkut Industri	Jemur Andayani	20.02
136	Jl. Margorejo	A. Yani	Jemursari	34.91
137	Jl. Margorejo	Jemursari	A. Yani	19.52
138	Jl. Pemuda	Gubeng	Panglima Sudirman	20.11
139	Jl. Praban	Blauran	Tunjungan	10.05
140	Jl. Praban	Tunjungan	Blauran	16.33
141	Jl. Yos Sudarso	Gubernur Suryo	Walikota Mustajab	23.98

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN C
VOLUME DAN KAPASITAS PERSIMPANGAN

No	Persimpangan Bersinyal	Pendekat	Volume (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)
1	Jl. Mayjend Yono Soewoyo, Jl. Mayjend HR Muhammad, Jl. Raya Darmo Permai Selatan	Jl. Darmo Permai (U)	926	1475
		Jl. Wono Suwoyo (S)	722	1474
		Jl. HR. Muhammad (T)	1717	5043
		Jl. Raya Darmo Permai Selatan (B)	1472	1477
2	Jl. Mayjend Sungkono, Jl. Raya Dukuh Kupang	Jl. Dukuh Kupang (U)	439	697
		Jl. Dukuh Pakis (S)	86	0
		Jl. Mayjend Sungkono (T RT)	469	533
		Jl. Mayjend Sungkono (T)	1372	2516
		J. Mayjend Sungkono (B)	1927	1954
3	Jl. Mayjend Sungkono-Jl. Bintang Diponegoro	Jl. Bintang Diponegoro (U)	617	2008
		Jl. Kencana Sari (S)	215	215
		Jl. Adityawarman (T)	1923	1993
4	Jl. Adityawarman - Jl. Indragiri	Jl. Indragiri (U)	145	1205
		Jl. Wonokitri (S)	1501	4410
		Jl. Ciliwung (T)	1196	2460
		Jl. Mayjend Sungkono (B)	59	123
5	Jl. Adityawarman - Jl. Kutai- Jl. Hayam Wuruk	Jl. Kutai (U)	1195	2318
		Jl. Hayam Wuruk (T)	1195	1873
		Jl. Adityawarman (B)	1254	4394
		Jl. Ciliwung (T)	125	1144
6	Jl. Dr. Soetomo - Jl. Raya Diponegoro	Jl. Diponegoro (U)	1196	9278
		Jl. Wonokromo (S)	1196	5595
		Jl. Dr. Soetomo (T)	1196	9267
		Jl. Indragiri (B)	120	5190
7	Jl. Dr. Soetomo - Jl. Raya Darmo - Jl. Polisi Istimewa	Jl. Raya Darmo (TRT)	706	1511
		Jl. Raya Darmo Utara	2341	3806
		Jl. Raya Darmo Selatan	2829	3514
		Jl. Polisi Istimewa	1353	1666
		Jl. Dr. Soetomo	1652	2353
8		Jl. Keputran (U)	1252	1356

No	Persimpangan Bersinyal	Pendekat	Volume (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)
	Jl. Polisi Istimewa - Jl. Dinoyo	Jl. Dinoyo (S)	1251	1685
		Jl. Polisi Istimewa (S)	1252	1416
9	Jl. Dinoyo - Jl. Pandegiling - Jl. Keputran - Jl. Sulawesi	Jl. Keputran (U)	1834	1790
		Jl. Dinoyo (S)	350	1578
		Jl. Sulawesi (T)	1566	2469
		Jl. Pandegiling (B)	1476	2707
10	Jl. Kayun - Jl. Sono Kembang - Jl. Karimun Jawa	Jl. Kayun (U)	32	1237
		Jl. Keputran (S)	214	1349
		Jl. Karimun Jawa (T)	12	1196
		Jl. Sono Kembang (B)	120	1166
11	Jl. Pemuda - Jl. Gubeng Pojok - Jl. Kusuma Bangsa	Jl. Kusuma Bangsa (U)	1393	1935
		Jl. Sumatra (S)	3000	2889
		Jl. Pemuda (T)	848	1966
12	Jl. Prof. Dr. Mustopo - Jl. Tambang Boyo - Jl. Dharmawangsa	Jl. Tambang Boyo (U)	1195	1713
		Jl. Dharmawangsa (S)	1194	2615
		Jl. Dharmahusada (T)	1371	3132
		Jl. Gubeng (B)	120	1622
13	Jl. Prof. Dr. Mustopo - Jl. Karang Menjangan - Jl. Dharmahusada	Jl. Kedung Tarukan (U)	1253	1668
		Jl. Dharmahusada (T)	1253	3578
		Jl. Prof. Dr. Mustopo (B)	1253	2162
14	Jl. Prof. Dr. Mustopo - Jl. Karang Menjangan - Jl. Dharmahusada	Jl. Kenjeran (U)	1617	1220
		Jl. Kertajaya (S)	1470	4304
		Jl. Suto Rejo (T)	1151	1398
		J. Mulyo Rejo (B)	134	911
15	Jl. Dr. Ir. H. Soekarno - Jl. Dharmahusada Utara VIII - Jl. Dharmahusada Permai	Jl. Kenjeran (U)	1229	4067
		Jl. Kertajaya (S)	868	1249
		Jl. Dharmahusada Permai (T)	1230	3570
		Jl. Dharmahusada Utara VIII (B)	126	1476
16	Jl. Dr. Ir. H. Soekarno - Jl. Kertajaya Indah	Jl. Kenjeran (U)	1138	1254
		Jl. Kertajaya (S)	1301	2607
		Jl. ITS Sukolilo (T)	1292	4225
		Jl. Manyar (B)	122	3813
17	Jl. Kertajaya Indah - Bundaran ITS - Raya ITS -	Jl. Raya ITS (U)	1249	1506
		Jl. Gebang Putih (S)	14	1517

No	Persimpangan Bersinyal	Pendekat	Volume (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)
	Gebang Lor - Taman aLumni	Jl. Taman ITS (T)		
		Jl. Kertajaya Indah (B)	11	1751
18	Jl. Raya ITS - Jl. Mulyosari - Jl. Kejawan Putih Tambak	Jl. Mulyo Sari (U)	433	1253
		Jl. Raya ITS (B)	407	1253
		Jl. Kejawan Putih Tambak (T)	591	1253
19	Jl. Raya Diponegoro - Jl. Raya Darmo	Jl. Raya Darmo Utara	2581	5839
		Jl. Raya Darmo Selatan	5028	7348
		Jl. Diponegoro	2207	3431
20	Jl. Diponegoro - Jl. Ciliwung	Jl. Diponegoro (U)	1194	2948
		Jl. Wonokromo (S)	1196	9943
		Jl. Cilirung Timur (T)	72	1996
		Jl. Ciliwung Barat (B)	144	2569
21	Jl. Diponegoro - Jl. Kutai	Jl. Pasar Kembang (U)	1288	3821
		Jl. Diponegoro (S)	1200	7364
		Jl. Bengawan (T)	1225	5406
		Jl. Kutai (B)	120	10398
22	Jl. Diponegoro - Jl. Musi	Jl. Pasar Kembang (U)	1195	8296
		Jl. Diponegoro (S)	1195	1244
		Jl. Musi Timur (T)	1196	10596
		Jl. Musi Barat (B)	119	184
23	Jl. Diponegoro - Jl. Kartini	Jl. Pasar Kembang (U)	1497	1623
		Jl. Diponegoro (T)	1253	9284
		Jl. Kartini (B)	1253	9583
24	Jl. Kedungdoro - Jl. Pasar Kembang - Jl. Arjuno	Jl. Kedungdoro (U)	1352	1927
		Jl. Pasar Kembang (S)	1253	5561
		Jl. Arjuno (B)	1252	6174
25	Jl. Kedungdoro - Jl. Kedungsari	Jl. Blauran (U)	1251	2471
		Jl. Pasar Kembang (S)	1253	2769
		Jl. Kedungsari (T)	153	1902
26	Jl. Kedungdoro - Jl. Blauran - Jl. Tidar	Jl. Blauran (U)	1192	2943
		Jl. Kedungdoro (S)	1325	6396
		Jl. Tidar (B)	121	332
27	Jl. Kranggan - Jl. Praban - Jl. Blauran	Jl. Blauran (S)	1325	7939
		Jl. Praban (T)	1193	1544
		Jl. Kranggan (B)	150	2623

No	Persimpangan Bersinyal	Pendekat	Volume (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)
28	Jl. Bubutan - Jl. Tembaan	Jl. Bubutan (S)	1282	4930
		Jl. Pasar Besar (T)	1325	2990
		Jl. Pasar Tri (B)	120	759
29	Jl. Pahlawan - Jl. Tembaan	Jl. Veteran (U)	1291	2685
		Jl. Pasar Besar (T)	403	1196
		Jl. Tembaan (B)	43	120
30	Jl. Raya Darmo - Jl. RA Kartini	Jl. Urip Sumoharjo (U)	1253	2573
		Jl. Darmo (S)	1253	1619
31	Jl. Mastrip - Jl. Wiyung	Jl. Gunung Sari (U)	129	902
		Jl. Kebraon (S)	1506	15278
		Jl. Wiyung (B)	1253	4437
32	Jl. Menganti - Jl. Wiyung - Jl. Babatan Indah	Jl. Babatan Unesa (U)	297	1137
		Jl. Babatan Indah (S)	3	1485
		Jl. Menganti Lidah Wetan (T)	291	308
		Jl. Menganti Lidah Wetan (B)	261	2006
33	Jl. Rajawali - Jl. Perak - Jl. Gresikan	Jl. Perak (U)	742	1966
		Jl. Rajawali (T)	1186	2286
		Jl. Gresikan (B)	900	1966
34	Jl. Veteran - Jl. Kebon Rojo - Jl. Pahlawan	Jl. Bubutan (B)	1384	1965
		Jl. Kebon Rojo (T)	650	2104
		Jl. Veteran (U)	1304	1966
35	Jl. Pahlawan - Jl. Pasar Besar - Jl. Tembaan - Jl. Kramat Gantung	Jl. Veteran (U)	1195	1522
		Jl. Kramat Gantung (s)	1195	1010
		Jl. Pasar Besar (T)	120	590
36	Jl. Gemblongan - Jl. Genteng Kali - Jl. Praban - Jl. Tunjungan	Jl. Gemblongan (U)	1305	6743
		Jl. Tunjungan (S)	1327	6741
		Jl. Genteng Kali (T)	120	4408
37	Jl. Dr. Ir. H. Soekarno - Jl. Raya Kenjeran	Jl. Suramadu (B)	1252	1649
		Jl. Dr. Ir. H. Soekarno (S)	123	1229
		Jl. Kenjeran (T)	1252	1449
38	Jl. Prapen - Jl. Jagir - Jl. Nginden - Jl. Panjang Jiwo	Jl. Nginden (U)	1244	3980
		Jl. Prapen (S)	1195	2472
		Jl. Panjang Jiwo (T)	119	623
		Jl. Jagir (B)	135	5673
39		Jl. Manyar (U)	1225	7526

No	Persimpangan Bersinyal	Pendekat	Volume (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)
	Jl. Nginden - Jl. Barata Jaya - Jl. Manyar - Jl. Nginden Semolo	Jl. Raya Nginden (S)	1047	1195
		Jl. Nginden Semolo (T)	846	1299
40	Jl. Manyar - Jl. Nagegel Jaya Selatan - Jl. Manyar Rejo	Jl. Manyar (U)	1332	4253
		Jl. Raya Nginden (S)	1195	1235
		Jl. Manyar Rejo (T)	1195	1416
		Jl. Ngigel Jaya Selatan (B)	125	4623
41	Jl. Kertajaya - Jl. Menur - Jl. Manyar Kertoarjo	Jl. Karangmenjangan (U)	1138	1253
		Jl. Menur (S)	1427	3843
		Jl. Manyar Kertoarjo (T)	1293	1303
		Jl. Kertajaya (B)	122	969
42	Jl. Raya Darmo- Jl. Pandegiling	Jl. Urip Sumoharjo (U)	4067	3632
		Jl. Raya Darmo (S)	2591	3240
		Jl. Pandegiling (T)	531	1721
		Jl. Pandegiling (B)	672	1667

No	Persimpangan	Volume (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)
1	Jl. Citra Raya Unesa - Jl. Mayjend Yono Soewoyo - Jl. Babatan Unesa	4514	4398
2	Jl. Adityawarman - Jl. Ciliwung	2522	2800
3	Jl. Indragiri - Jl. Musi	3262	3451
4	Jl. Kayoon - Jl. Embong Kemiri	1052	2889
5	Jl. Kayoon - Jl. Pemuda	1414	Tidak ada konflik
6	Jl. Gubeng Pojok - Jl. Dr. Moestopo	2516	Tidak ada konflik
7	Jl. Genteng - Jl. Undaan	2483	3600

No	Perimpangan Bersinyal	Pendekat	Volume	Kapasitass
1	Bundaran Satelit - Jl. H. R. Muhammad	Bundaran satelit (S-ST)	1078	1434
		Bundaran satelit (S-RT)	556	677
		Jl.HR. Muhammad (B)	2769	3462

No	Perimpangan Bersinyal	Pendekat	Volume	Kapasitass
2	Bundaran Satelit - Jl. Kupang Indah	Jl. Kupang Indah (U)	479	449
		Bundaran Satelit (B-ST)	494	3095
		Bundaran Satelit (B-RT)	452	1661
3	Bundaran Satelit - Akses Tol	Bundaran Satelit (T-RT)	854	2233
		Bundaran Satelit (T-ST)	998	1702
		Akses Tol (S)	799	1841
4	Bundaran Satelit - jl. Mayjend Sungkono - Jl. Abdul Wahab Siamin	Bundaran Satelit 9U-RT)	201	755
		Bundaran Satelit (U-ST)	468	640
		Jl. Abdul Wahab Siamin (S)	876	838
		Jl. Mayjend Sungkono (T-RT)	2102	3143

	H1	I1	J1	K1	L1	M1	N1	O1	P1	Q1	R1	S1	T1	U1	V1	W1	X1	Y1	Z1	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2	I2	J2	K2	L2	M2	N2	O2	P2	Q2			
A																																							
B																																							
C																																							
D																																							
E																																							
F																																							
G																																							
H																																							
I																																							
J																																							
K																																							
L																																							
M																																							
N																																							
O																																							
P																																							
Q																																							
R																																							
S																																							
T																																							
U																																							
V																																							
W																																							
X																																							
Y	27.42																																						
Z		27.42																																					
A1			27.42																																				
B1				27.42																																			
C1					27.42																																		
D1						27.42																																	
E1							27.42																																
F1								27.42																															
G1									27.42																														
H1										27.42																													
I1											27.42																												
J1												27.42																											
K1													27.42																										
L1														27.42																									
M1															27.42																								
N1																27.42																							
O1																	27.42																						
P1																		27.42																					
Q1																			27.42																				
R1																				27.42																			
S1																					27.42																		
T1																						27.42																	
U1																							27.42																
V1																								27.42															
W1																									27.42														
X1																										27.42													
Y1																											27.42												
Z1																												27.42											
A2																																							
B2																																							
C2																																							
D2																																							
E2																																							
F2																																							
G2																																							
H2																																							
I2																																							
J2																																							
K2																																							
L2																																							
M2																																							
N2																																							
O2																																							
P2																																							
Q2																																							
R2																																							
S2																																							
T2																																							
U2																																							

From	t23	A4	B4	C4	D4	E4	F4	G4	H4	I4	J4	K4	L4	M4	N4	O4	P4	Q4	R4	S4	T4	U4	V4	W4	X4	Y4	Z4	A5	B5	C5	D5	E5	F5	G5			
A																																					
B																																					
C																																					
D																																					
E																																					
F																																					
G																																					
H																																					
I																																					
J																																					
K																																					
L																																					
M																																					
N																																					
O																																					
P																																					
Q																																					
R																																					
S																																					
T																																					
U																																					
V																																					
W																																					
X																																					
Y																																					
Z																																					
A1																																					
B1																																					
C1																																					
D1																																					
E1																																					
F1																																					
G1																																					
H1																																					
I1																																					
J1																																					
K1																																					
L1																																					
M1																																					
N1																																					
O1																																					
P1																																					
Q1																																					
R1																																					
S1																																					
T1																																					
U1																																					
V1																																					
W1																																					
X1																																					
Y1																																					
Z1																																					
A2																																					
B2																																					
C2																																					
D2																																					
E2																																					
F2																																					
G2																																					
H2																																					
I2																																					
J2																																					
K2																																					
L2																																					
M2																																					
N2																																					
O2																																					
P2																																					
Q2																																					
R2																																					
S2																																					
T2																																					
U2																																					
V2																																					
W2																																					
X2																																					
Y2				</																																	

LAMPIRAN I
PEMETAAN LOKASI

BERAS									
No	Origin	Nama Titik Jalan	Node	T. 1	Titik Jalan	Node	Tujuan 2	Nama Titik Jalan	Node
1	Bojonegoro	I2	45	Bendul Merisi	F2	58	Rungkut	117	M4
	Blitar	I2	61				Wonokromo	57	E2
	Lamongan	L3	45				Jagir	64	L2
	Mojokerto	I2	61				Tenggilis	81	C3
	Banyuwangi	I2	61				Ketintang	41	Q1
	Tulung Agung	I2	61				Bendul Merisi	58	F2
2	Nganjuk	T1	46	Nyamplungan (Ampel)	K3	89	Ampel	89	K3
	Sragen	T1	46				Rungkut	117	M4
	Bojonegoro	I2	46				Pucang	110	F4
	Madiun	T1	46				Manyar	111	G4
							Wonokromo	57	E2
							Gubeng	80	B3
							Mulyosari	105	A4
							Pacar Keling	98	T3

TELUR AYAM									
No	Origin	Nama Titik Jalan	Node	Tujuan 1	Node	Nama Titik Jalan	Tujuan Akhir	Nama Titik Jalan	Node
1	Malang	I2	61	Tambahrejo	R3	96	Tambaksari	T3	98
							Pucang	F4	110
							Pacar Keling	T3	98
							Kenjeran	V3	100
							Kalijudan	Y3	103
			Mulyosari	A4	105				
2	Blitar	I2	61	Wonokromo	E2	57	Wonokromo	E2	57
3	Kediri						Jagir	64	L2

TELUR AYAM									
No	Origin	Nama Titik Jalan	Node	Tujuan 1	Node	Nama Titik Jalan	Tujuan Akhir	Nama Titik Jalan	Node
							Rungkut	M4	117
							Tenggiling	C3	81
							Ngagel	Q2	81
4	Pare	I2	61	Bendul Merisi	F2	58	Rungkut	M4	117
	Kediri						Wonokromo	E2	57
							Jagir	64	L2
							Tenggiling	C3	81
							Ketintang	Q1	43
							Bendul Merisi	F2	58
5	Pare	I2	61	Pabean	K3	43	Ampel	K3	43
							Nyemplungan	K3	43
							Rungkut	M4	117
							Pucang	F4	110
							Manyar	G4	111
							Wonokromo	E2	57
							Gubeng	B3	80
							Mulyosari	A4	105
							Pacar Keling	T3	98

CABAI/LOMBOK									
No	Origin	Nama Titik Jalan	Node	Tujuan 1	Node	Nama Titik Jalan	Tujuan Akhir	Nama Titik Jalan	Node
1	Pabean	K3	89	Wonokromo	E2	57	Bendul Merisi	F2	58
2	Keputran	Y2	77				Rungkut	M4	117
							Jagir	64	L2
							Tenggiling	C3	81
							Wonokromo	E2	57
3	Lumajang	I2	61	Keputran	Y2	77	Gubeng	B3	80
4	Kediri	I2	61	Utara			Manyar	G4	111

CABAI/LOMBOK									
No	Origin	Nama Titik Jalan	Node	Tujuan 1	Node	Nama Titik Jalan	Tujuan Akhir	Nama Titik Jalan	Node
							Kertajaya	F4	110
							Basuki Rahmat	D3	82
							Tembok	I1	35
5	Kediri	I2	61	Pabean	K3	89	Rungkut	M4	117

BAWANG MERAH									
No	Origin	Nama Titik Jalan	Node	Tujuan 1	Node	Nama Titik Jalan	Tujuan Akhir	Nama Titik Jalan	Node
1	Pabean	K3	89	Wonokromo	E2	57	Wonokromo	E2	57
2	Keputran	Y2	77				Jagir	64	L2
							Rungkut	M4	117
							Tenggilis	C3	81
							Ngagel	Q2	81
3	Probolinggo	I2	61	Keputran Utara	Y2	77	Pabean	K3	89
							Pucang	F4	110

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

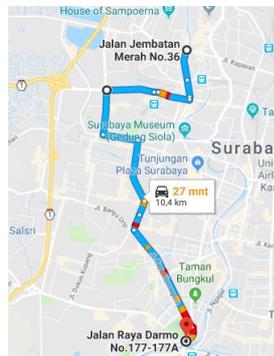
LAMPIRAN J

VALIDASI RUTE

Ketersediaan Rute dari Hasil Algoritma Dijkstra. Untuk melakukan validasi ini, dilakukan *sampling* beberapa rute yang diperoleh dari hasil Dijkstra dan dibandingkan dengan ketersediaan rute tersebut di Google Maps.

a. K3 menuju E2

Rute (preferensi waktu tercepat) : **89 93 92 91 48 49 35 51 45 54 55 57 (K3 O3 N3 M3 V1 W1 I1 Y1 S1 B2 C2 E2)**. Total waktu berdasarkan Dijkstra : 30,49 menit (dengan kecepatan rata-rata yang ada di setiap ruas jalan). Berikut adalah jalur yang memang tersedia dan diperoleh total waktu di Google Maps sebesar 27 menit (10.4 km)



Rute (preferensi jarak terdekat) : **89 93 92 91 48 49 35 51 45 52 53 54 55 57 (K3 O3 N3 M3 V1 W1 I1 Y1 S1 Z1 A2 B2 C2 E2)**. Rute tersedia seperti yang digambarkan di bawah ini. Dengan jarak 11,7 km dan waktu 29 menit (Google Maps). Sementara itu, berdasarkan data input dan algoritma Dijkstra diperoleh jarak 11.4 (Hampir sama nilainya).



b. I2 menuju Y2

Rute (preferensi waktu tercepat) : **61 60 59 58 57 55 54 53 52 77 (I2 H2 G2 F2 E2 C2 B2 A2 Z1 Y2)**. Total waktu berdasarkan Dijkstra : 24,46 menit (dengan kecepatan rata-rata yang ada di setiap ruas jalan). Berikut adalah jalur yang memang tersedia dan diperoleh total waktu di Google Maps sebesar 33 menit dalam kondisi macet (8.4 km)



Rute (preferensi jarak terdekat) : **61 60 59 58 57 55 54 53 52 77 (I2 H2 G2 F2 E2 C2 B2 A2 Z1 Y2)**. Rute tersedia seperti yang digambarkan di bawah ini dan ditemukan rute yang sama baik preferensi waktu tercepat atau jarak terdekat). Dengan jarak 8.4 km dan waktu 33 menit (Google Maps). Sementara itu, berdasarkan data input dan algoritma Dijkstra diperoleh jarak 9.73 (Hampir sama nilainya). Perbedaan nilai jarak ini dapat terjadi disebabkan oleh adanya jarak antar ruas yang berbeda pada matriks jarak yang dibangun dengan jarak ukur kontinu (langsung pada beberapa titik jalan) di Google Maps.



c. T1 menuju K3

Rute (preferensi waktu tercepat) : **46 86 85 89 (T1 H3 G3 K3)**. Rute yang sama juga diperoleh untuk preferensi pemilihan dengan jarak terdekat. Berdasarkan Google Maps diperoleh jarak 4,1 km dengan waktu 8 menit. Sementara itu, berdasarkan hasil algoritma Dijkstra diperoleh waktu 2,8 km dalam waktu tujuh menit. Jarak yang diperoleh mengalami perbedaan karena dalam kondisi nyatanya harus ada putaran yang dilewati untuk mencapai titik tersebut.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN K
DOKUMENTASI PENELITIAN





LAMPIRAN L

VBA CODE

A. Dijkstra Algorithm

Module 1

```
'Dijkstra globals
Const MaxGraph As Integer = 137 'max. number of nodes in graph
Const Infinity = 1E+308
Dim E(1 To MaxGraph, 1 To MaxGraph) As Double 'the edge costs (Infinity if no edge)
Dim A(1 To MaxGraph) As Double 'the distances calculated
Dim P(1 To MaxGraph) As Integer 'the previous/path array
Dim Q(1 To MaxGraph) As Boolean 'the queue

Public Sub Dijkstra(n, Start)
    'simple implementation of Dijkstra's algorithm
    'n = number of nodes in graph
    'start = index of start node
    'init distances A
    For j = 1 To n
        A(j) = Infinity
    Next j
    A(Start) = 0
    'init P (path) to "no paths" and Q = set of all nodes
    For j = 1 To n
        Q(j) = True
        P(j) = 0
    Next j

    Do While True 'loop will exit! (see below)
        'find node u in Q with smallest distance to start
        dist = Infinity
        For i = 1 To n
            If Q(i) Then
                If A(i) < dist Then
                    dist = A(i)
                    u = i
                End If
            End If
        Next i
        If dist = Infinity Then Exit Do 'no more nodes available - done!
        'remove u from Q
        Q(u) = False
        'loop over neighbors of u that are in Q
        For j = 1 To n
            If Q(j) And E(u, j) <> Infinity Then
                'check if path to neighbor j via u is shorter than current estimated distance to j
                alt = A(u) + E(u, j)
                If alt < A(j) Then
                    'yes, replace with new distance and remember "previous" hop on the path
                    A(j) = alt
                    P(j) = u
                End If
            End If
        Next j
    Loop
End Sub

Public Function GetPath(source, target) As String
    'reconstruct shortest path from source to target
    'by working backwards from target using the P(revious) array
```

```

Dim path As String
If P(target) = 0 Then
    GetPath = "No path"
Else
    path = ""
    u = target
    Do While P(u) > 0
        path = Format$(u) & " " & path
        u = P(u)
    Loop
    GetPath = Format$(source) & " " & path
End If
End Function

```

```

Public Sub DijkstraTest()
'main function to solve Dijkstra's algorithm and return shortest path between
'a node and every other node in a digraph

' define problem:
' number of nodes
n = 137
' reset connection/cost per edge
For i = 1 To n
    For j = 1 To n
        E(i, j) = Infinity
    Next j
    P(i) = 0
Next i
' fill in the edge costs
Z = ActiveSheet.Cells(65536, 1).End(xlUp).Row
k = 1
For i = 2 To Z
    E(Sheets("Input Data").Cells(i, 3), Sheets("Input Data").Cells(i, 4)) = Sheets("Input Data").Cells(i, 5)
Next i

'Solve it for every node
k = 1
For v = 1 To n
    Dijkstra n, v
    'Print solution
    Debug.Print "From", "To", "Cost", "Path"
    For j = 1 To n
        If v <> j Then
            k = k + 1
            Sheets("Hasil").Cells(k, 1) = v
            Sheets("Hasil").Cells(k, 2) = j
            Sheets("Hasil").Cells(k, 6) = If(A(j) = Infinity, "---", A(j))
            Sheets("Hasil").Cells(k, 7) = GetPath(v, j)
        End If
    Next j
    Debug.Print
Next v
End Sub

```

Module 2

```

'Dijkstra globals
Const MaxGraph As Integer = 137 'max. number of nodes in graph
Const Infinity = 1E+308
Dim E(1 To MaxGraph, 1 To MaxGraph) As Double 'the edge costs (Infinity if no edge)
Dim A(1 To MaxGraph) As Double 'the distances calculated
Dim P(1 To MaxGraph) As Integer 'the previous/path array
Dim Q(1 To MaxGraph) As Boolean 'the queue

```

```

Public Sub Dijkstra(n, start)
'simple implementation of Dijkstra's algorithm
'n = number of nodes in graph
'start = index of start node
'init distances A
  For j = 1 To n
    A(j) = Infinity
  Next j
A(start) = 0
'init P (path) to "no paths" and Q = set of all nodes
For j = 1 To n
  Q(j) = True
  P(j) = 0
Next j

Do While True 'loop will exit! (see below)
'find node u in Q with smallest distance to start
dist = Infinity
For i = 1 To n
  If Q(i) Then
    If A(i) < dist Then
      dist = A(i)
      u = i
    End If
  End If
Next i
If dist = Infinity Then Exit Do 'no more nodes available - done!
'remove u from Q
Q(u) = False
'loop over neighbors of u that are in Q
For j = 1 To n
  If Q(j) And E(u, j) <> Infinity Then
    'check if path to neighbor j via u is shorter than current estimated distance to j
    alt = A(u) + E(u, j)
    If alt < A(j) Then
      'yes, replace with new distance and remember "previous" hop on the path
      A(j) = alt
      P(j) = u
    End If
  End If
Next j
Loop
End Sub

```

```

Public Function GetPath(source, target) As String
'reconstruct shortest path from source to target
'by working backwards from target using the P(revious) array
Dim path As String
If P(target) = 0 Then
  GetPath = "No path"
Else
  path = ""
  u = target
  Do While P(u) > 0
    path = Format$(u) & " " & path
    u = P(u)
  Loop
  GetPath = Format$(source) & " " & path
End If
End Function

```

```

Public Sub DijkstraTest()
'main function to solve Dijkstra's algorithm and return shortest path between
'a node and every other node in a digraph

```

```

' define problem:
' number of nodes
n = 137
' reset connection/cost per edge
For i = 1 To n
  For j = 1 To n
    E(i, j) = Infinity
  Next j
  P(i) = 0
Next i
' fill in the edge costs
Z = ActiveSheet.Cells(65536, 1).End(xlUp).Row
k = 1
For i = 2 To Z
  E(Sheets("Input Data").Cells(i, 3), Sheets("Input Data").Cells(i, 4)) = Sheets("Input Data").Cells(i, 6)
Next i

'Solve it for every node
k = 1
For v = 1 To n
  Dijkstra n, v
  'Print solution
  Debug.Print "From", "To", "Cost", "Path"
  For j = 1 To n
    If v <> j Then
      k = k + 1
      Sheets("Hasil").Cells(k, 8) = If(A(j) = Infinity, "---", A(j))
      Sheets("Hasil").Cells(k, 9) = GetPath(v, j)
    End If
  Next j
  Debug.Print
Next v
End Sub

```

Module 3

```

Sub Masuk()

End Sub
Sub Macro1()
A = ActiveSheet.Cells(65536, 1).End(xlUp).Row
Dim E(1 To 1000, 1 To 1000) As Double
k = 1
For i = 2 To A
  E(Sheets("Input Data").Cells(i, 3), Sheets("Input Data").Cells(i, 4)) = Sheets("Input Data").Cells(i, 5)
Next i
Debug.Print E(4, 16)

End Sub

```

B. SDVRPTW

```

Sub VRPtw()
Sheets("Routing Result").Visible = True
'Deklarasi beberapa variabel yang akan digunakan
  Dim n_node, v_current, start_node, next_node, current_status As Integer
  Dim v_capacity, current_capacity, total_capacity, best_distance, current_distance, _
    worst_distance, total_distance As Double
  '-----

'Mengambil data input dari Data Excel-----
n_node = Sheets("Input Data").Cells(6, 3)

```

```

v_capacity = Sheets("Input Data").Cells(20, 3)
load_time = Sheets("Input Data").Cells(22, 3)
v_speed = Sheets("Input Data").Cells(21, 3)
worst_distance = Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 3)
current_matrice = Sheets("MatrixJarak").Range(Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 3), Sheets("MatrixJarak").Cells(4 +
n_node + 1, 2 + n_node + 1))
'-----

Call Macro4

'Menghapus data status lama
i = 0
s = 0
While s = 0
    i = i + 1
    If Sheets("Input Data").Cells(8 + i, 6) <> "" Then
    Else
        s = 1
        jumlah_data = i - 1
    End If
Wend
If jumlah_data > 0 Then
    Sheets("Input Data").Range(Sheets("Input Data").Cells(9, 12), Sheets("Input Data").Cells(jumlah_data + 8, 13)) = ""
End If
'-----

'Menghapus solution lama -----
i = 0
s = 0
While s = 0
    i = i + 1
    If Sheets("Routing Result").Cells(4 + i, 2) <> "" Or _
        Sheets("Routing Result").Cells(4 + i, 3) <> "" Or _
        Sheets("Routing Result").Cells(4 + i, 5) <> "" Then
    Else
        s = 1
        jumlah_data = i - 1
    End If
Wend

If jumlah_data > 0 Then
    Sheets("Routing Result").Range(Sheets("Routing Result").Cells(5, 2), Sheets("Routing Result").Cells(4 + jumlah_data,
8)) = ""
End If
'-----

'Deklarasi variabel
v_current = 1
v_route = "0 - "
start_node = 0
s = 0
temp = 0
total_distance = 0
total_capacity = 0
'-----

'Menuliskan data pertama (angka besar) pada matriks jarak
Sheets("MatrixJarak").Range(_
    Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 2 + start_node + 1), Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + n_node + 1, 2 + start_node + 1) _
) = worst_distance
'-----

While s = 0
    Mencari jarak terdekat

```

```

best_distance = worst_distance
total_status = WorksheetFunction.Sum(Sheets("Input Data").Range( _
    Sheets("Input Data").Cells(10, 12), Sheets("Input Data").Cells(8 + n_node + 1, 12)) _
)
total_demand_status = WorksheetFunction.Sum(Sheets("Input Data").Range( _
    Sheets("Input Data").Cells(10, 13), Sheets("Input Data").Cells(8 + n_node + 1, 13)))
Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 2) = v_current
For i = 1 To n_node + 1
    current_distance = Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + start_node + 1, 2 + i)
    If best_distance > current_distance Then
        best_distance = current_distance
        best_timetravel = current_distance / v_speed * 60
        next_node = i - 1
        current_capacity = Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 9)
        current_status = Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 12)
        demand_status = Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 13)
        current_open = Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 10)
        current_close = Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 11)

        If start_node = 0 Then
            current_depart = current_open - best_timetravel
            Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 7) = Round(current_depart, 2)
        End If

    End If

Next

'-----

If total_demand_status = n_node Then
    'Semua kota sudah dikunjungi vehicle
    s = 1
    Sheets("MatrixJarak").Range(Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 3), Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + n_node + 1, 2 +
n_node + 1)) = current_matrice
    current_distance = Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + start_node + 1, 2 + 1)
    v_route = v_route & 0
    total_distance = total_distance + best_distance
    Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 3) = v_route
    Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 4) = total_capacity
    Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 5) = total_distance

ElseIf best_distance = worst_distance Then
    'Kembali ke depot saat tidak ada jarak terdekat lainnya yang feasible
    Sheets("MatrixJarak").Range(Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 3), Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + n_node + 1, 2 +
n_node + 1)) = current_matrice
    best_distance = Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + start_node + 1, 2 + 1)
    v_route = v_route & 0
    total_distance = total_distance + best_distance
    Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 3) = v_route
    Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 4) = total_capacity
    Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 5) = total_distance
    v_current = v_current + 1
    start_node = 0
    Sheets("MatrixJarak").Range( _
        Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 2 + start_node + 1), _
        Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + n_node + 1, 2 + start_node + 1) _
    ) = worst_distance
    total_distance = 0
    total_capacity = 0
    v_route = "0 - "
'constraint kapasitas sama TW
'sisa kapasitas = demand di node - current capacity
ElseIf demand_status > 0 Or current_depart + best_timetravel < current_open Or _
    current_depart + best_timetravel > current_close Then

```

```

'kalau ketemu jarak terdekat dan statusnya bukan 0
Sheets("MatrixJarak").Range( _
  Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 2 + next_node + 1), _
  Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + n_node + 1, 2 + next_node + 1) _
) = worst_distance
'kalo current_capacity lebih dari v_capacity
ElseIf current_capacity >= v_capacity Then
v_route = v_route & next_node & " - "
total_distance = total_distance + best_distance
'ntr lembar dll nya demannya jadi 0
'Lembar1.Cells(6 + start_node + 1, 11)
sisa_kapasitas = v_capacity - total_capacity
If sisa_kapasitas >= v_capacity Then
  total_capacity = v_capacity
  current_depart = current_depart + best_timetravel + load_time
  Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 4) = total_capacity
  Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 5) = total_distance
  Sheets("MatrixJarak").Range(Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 3), Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + n_node + 1, 2 +
n_node + 1)) = current_matrice
  best_distance = Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + start_node + 1, 2 + 1)
  current_capacity = current_capacity - v_capacity
  Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 9) = current_capacity
  v_route = v_route & 0
  Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 3) = v_route
  v_current = v_current + 1
  start_node = 0
  Sheets("MatrixJarak").Range( _
    Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 2 + start_node + 1), _
    Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + n_node + 1, 2 + start_node + 1) _
  ) = worst_distance
  total_distance = 0
  total_capacity = 0
  v_route = "0 - "
  Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 12) = Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 12) + 1 'status
kunjungan
Else: total_capacity = total_capacity + sisa_kapasitas
  current_depart = current_depart + best_timetravel + load_time
  Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 4) = total_capacity
  Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 5) = total_distance
  Sheets("MatrixJarak").Range(Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 3), Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + n_node + 1, 2 +
n_node + 1)) = current_matrice
  best_distance = Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + start_node + 1, 2 + 1)
  current_capacity = current_capacity - sisa_kapasitas
  Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 9) = current_capacity
  v_route = v_route & 0
  Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 3) = v_route
  v_current = v_current + 1
  Sheets("MatrixJarak").Range(Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 2 + start_node + 1), Sheets("MatrixJarak").Cells(4 +
n_node + 1, 2 + start_node + 1)) = worst_distance
  total_distance = 0
  total_capacity = 0
  v_route = "0 - "

  Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 12) = Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 12) + 1
  start_node = 0
End If

Else

'Kalau ketemu jarak terdekat dan statusnya masih 0
If current_capacity < v_capacity And v_capacity >= total_capacity Then
  v_route = v_route & next_node & " - "
  total_distance = total_distance + best_distance
  sisa_kapasitas = v_capacity - total_capacity

  If sisa_kapasitas >= v_capacity Then

```

```

total_capacity = total_capacity + current_capacity
current_depart = current_depart + best_timetravel + load_time
Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 3) = v_route
Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 4) = total_capacity
Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 5) = total_distance
start_node = next_node
Sheets("MatrixJarak").Range( _
    Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 2 + start_node + 1), _
    Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + n_node + 1, 2 + start_node + 1) _
) = worst_distance
visit Sheets("Input Data").Cells(8 + start_node + 1, 12) = Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 12) + 1 'status

Sheets("Input Data").Cells(8 + start_node + 1, 13) = 1 'status demand

ElseIf sisa_kapasitas >= current_capacity Then
current_depart = current_depart + best_timetravel + load_time
total_capacity = total_capacity + Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 9)
Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 4) = total_capacity
Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 5) = total_distance

n_node + 1)) = current_matrice
best_distance = Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + start_node + 1, 2 + 1)

Sheets("MatrixJarak").Range( _
    Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 2 + start_node + 1), _
    Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + n_node + 1, 2 + start_node + 1) _
) = worst_distance
start_node = next_node
visit Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 12) = Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 12) + 1 'status

Sheets("Input Data").Cells(8 + start_node + 1, 13) = 1 'status demand

ElseIf sisa_kapasitas <= current_capacity Then
total_capacity = total_capacity + sisa_kapasitas
current_depart = current_depart + best_timetravel + load_time
Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 4) = total_capacity
Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 5) = total_distance
n_node + 1)) = current_matrice
best_distance = Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + start_node + 1, 2 + 1)
current_capacity = current_capacity - sisa_kapasitas
Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 9) = current_capacity
v_route = v_route & 0
Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 3) = v_route
v_current = v_current + 1
Sheets("MatrixJarak").Range( _
    Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 2 + start_node + 1), _
    Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + n_node + 1, 2 + start_node + 1) _
) = worst_distance
total_distance = 0
total_capacity = 0
v_route = "0 - "
visit Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 12) = Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 12) + 1 'status

start_node = 0

Else
total_capacity = total_capacity + Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 9)
current_depart = current_depart + best_timetravel + load_time
Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 4) = total_capacity
Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 5) = total_distance
n_node + 1)) = current_matrice
best_distance = Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + start_node + 1, 2 + 1)
current_capacity = current_capacity - Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 9)

```

```

    Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 9) = current_capacity
    v_route = v_route & 0
    Sheets("Routing Result").Cells(4 + v_current, 3) = v_route
    v_current = v_current + 1

    Sheets("MatrixJarak").Range( _
        Sheets("MatrixJarak").Cells(5, 2 + start_node + 1), _
        Sheets("MatrixJarak").Cells(4 + n_node + 1, 2 + start_node + 1) _
    ) = worst_distance
    total_distance = 0
    total_capacity = 0
    v_route = "0 - "
    Sheets("Input Data").Cells(8 + start_node + 1, 12) = Sheets("Input Data").Cells(8 + next_node + 1, 12) + 1 'status
visit
    start_node = 0
    End If

    End If

    End If

    Wend

    'Update demand
    i = 0
    s = 0
    While s = 0
        i = i + 1
        If Sheets("Input Data").Cells(9 + i, 9) <> "" Then
            Else
                s = 1
                jumlah_data = i - 1
            End If
        Wend
    If jumlah_data > 0 Then
        Sheets("Input Data").Range(Sheets("Input Data").Cells(10, 9), Sheets("Input Data").Cells(jumlah_data + 9, 9)) = 0
    End If

    'Menghitung total travel time
    For i = 1 To v_current
        Sheets("Routing Result").Cells(4 + i, 6) = Round(Sheets("Routing Result").Cells(4 + i, 5) / v_speed * 60, 2)
    Next

    'Menghitung total distance for all routes
    For i = 1 To v_current
        Sheets("Routing Result").Cells(6, 11) = WorksheetFunction.Sum(Sheets("Routing Result").Range( _
            Sheets("Routing Result").Cells(5, 5), Sheets("Routing Result").Cells(4 + i, 5)))
    Next

    'Menghitung total time for all routes
    For i = 1 To v_current
        Sheets("Routing Result").Cells(7, 11) = WorksheetFunction.Sum(Sheets("Routing Result").Range( _
            Sheets("Routing Result").Cells(5, 6), Sheets("Routing Result").Cells(4 + i, 6)))
    Next

    'Menghitung total demand delivered
    For i = 1 To v_current
        Sheets("Routing Result").Cells(8, 11) = WorksheetFunction.Sum(Sheets("Routing Result").Range( _
            Sheets("Routing Result").Cells(5, 4), Sheets("Routing Result").Cells(4 + i, 4)))
    Next

```

```

'Mencatat total number of vehicles
Sheets("Routing Result").Cells(5, 11) = v_current

'All demand delivered?
If Sheets("Routing Result").Cells(8, 11) = Sheets("Input Data").Cells(24, 3) Then
Sheets("Routing Result").Cells(10, 11) = "YES"
End If

If Sheets("Routing Result").Cells(6, 11) > worst_distance Then
'Update jarak terakhir
i = 0
s = 0
While s = 0
i = i + 1
If Sheets("Routing Result").Cells(4 + i, 5) < worst_distance Then
Else
s = 1
jumlah_data = i - 1
End If
Wend
If jumlah_data >= 0 Then
Sheets("Routing Result").Cells(jumlah_data + 5, 5) = Sheets("Routing Result").Cells(jumlah_data + 5, 5) -
worst_distance

Sheets("Routing Result").Cells(jumlah_data + 5, 6) = Sheets("Routing Result").Cells(jumlah_data + 5, 6) -
(worst_distance / v_speed * 60)

Sheets("Routing Result").Cells(6, 11) = Sheets("Routing Result").Cells(6, 11) - worst_distance
Sheets("Routing Result").Cells(7, 11) = Sheets("Routing Result").Cells(6, 11) / v_speed * 60

End If
End If
A = 0
For i = 1 To v_current
Sheets("Routing Result").Cells(4 + i, 8) = ((Len(Sheets("Routing Result").Cells(4 + i, 3)) - 1) / 2 * 30) + Sheets("Routing
Result").Cells(4 + i, 6)
A = A + Sheets("Routing Result").Cells(4 + i, 8)
Next i
Sheets("Routing Result").Cells(9, 11) = A

For i = 1 To v_current
txt = Sheets("Routing Result").Cells(4 + i, 3)
f = Split(txt, " - ")
For j = 0 To UBound(f)
Sheets("Routing Result").Cells(4 + i, 13 + j) = f(j)
Next j

Next i
Sheets("Routing Result").Select
Sheets("Input Data").Visible = False
Sheets("MatrixJarak").Visible = False
Sheets("Routing Result").Cells(3, 4).Select
End Sub

```

c. Perbandingan Performansi

```

Sub Tampil()
Sheets("Input Data").Cells(17, 3) = Sheets("Performansi").Cells(12, 2)
Sheets("Input Data").Cells(18, 3) = Sheets("Performansi").Cells(13, 2)
Sheets("Input Data").Cells(21, 3) = Sheets("Performansi").Cells(15, 2)
Sheets("Input Data").Cells(13, 3) = Sheets("Performansi").Cells(17, 2)
Sheets("Input Data").Cells(20, 3) = Sheets("Performansi").Cells(21, 2)
Sheets("Input Data").Cells(22, 3) = Sheets("Performansi").Cells(22, 2)

```

```

Sheets("Input Data").Cells(10, 3) = Sheets("Performansi").Cells(10, 2)
Sheets("Input Data").Cells(10, 2) = "Skenario 2"
Sheets("Input Data").Visible = True
Sheets("Input Data").Select
Call TTT
Call VRPtw
'ken
Sheets("Performansi").Cells(8, 8) = Sheets("Routing Result").Cells(5, 11) + Sheets("Performansi").Cells(58, 11)
'jar
Sheets("Performansi").Cells(9, 8) = Sheets("Routing Result").Cells(6, 11) + Sheets("Performansi").Cells(58, 12)
'waktu
Sheets("Performansi").Cells(10, 8) = Sheets("Routing Result").Cells(9, 11) + Sheets("Performansi").Cells(58, 13)
'v/c
Sheets("Performansi").Cells(11, 8) = Sheets("Routing Result").Cells(11, 11)
Sheets("Input Data").Cells(10, 2) = "Skenario 3"
Sheets("Input Data").Visible = True
Sheets("Input Data").Select
Call TTT
Call VRPtw
'ken
Sheets("Performansi").Cells(8, 9) = Sheets("Routing Result").Cells(5, 11) + Sheets("Performansi").Cells(59, 11)
'jar
Sheets("Performansi").Cells(9, 9) = Sheets("Routing Result").Cells(6, 11) + Sheets("Performansi").Cells(59, 12)
'waktu
Sheets("Performansi").Cells(10, 9) = Sheets("Routing Result").Cells(9, 11) + Sheets("Performansi").Cells(59, 13)
'v/c
Sheets("Performansi").Cells(11, 9) = Sheets("Routing Result").Cells(11, 11)

Sheets("Input Data").Cells(10, 3) = Sheets("Performansi").Cells(10, 2) & " " & Sheets("Performansi").Cells(7, 4)
Sheets("Input Data").Cells(13, 3) = Sheets("Performansi").Cells(17, 2) * Sheets("Performansi").Cells(9, 4)
Sheets("Input Data").Cells(10, 2) = "Skenario 4"
Sheets("Input Data").Visible = True
Sheets("Input Data").Select
Call TTT
Call VRPtw
'ken
Sheets("Performansi").Cells(13, 10) = Sheets("Routing Result").Cells(5, 11)
'jar
Sheets("Performansi").Cells(14, 10) = Sheets("Routing Result").Cells(6, 11)
'waktu
Sheets("Performansi").Cells(15, 10) = Sheets("Routing Result").Cells(9, 11)
'v/c
Sheets("Performansi").Cells(16, 10) = Sheets("Routing Result").Cells(11, 11)

Sheets("Input Data").Cells(10, 3) = Sheets("Performansi").Cells(10, 2) & " " & Sheets("Performansi").Cells(8, 4)
Sheets("Input Data").Cells(13, 3) = Sheets("Performansi").Cells(17, 2) * Sheets("Performansi").Cells(10, 4)
Sheets("Input Data").Visible = True
Sheets("Input Data").Select
Call TTT
Call VRPtw
'ken
Sheets("Performansi").Cells(8, 10) = Sheets("Routing Result").Cells(5, 11) + Sheets("Performansi").Cells(13, 10) +
Sheets("Performansi").Cells(60, 11)
'jar
Sheets("Performansi").Cells(9, 10) = Sheets("Routing Result").Cells(6, 11) + Sheets("Performansi").Cells(14, 10) +
Sheets("Performansi").Cells(60, 12)
'waktu
Sheets("Performansi").Cells(10, 10) = (Sheets("Routing Result").Cells(9, 11) + Sheets("Performansi").Cells(15, 10)) +
Sheets("Performansi").Cells(60, 13)
'v/c
Sheets("Performansi").Cells(11, 10) = (Sheets("Routing Result").Cells(11, 11) + Sheets("Performansi").Cells(16, 10)) / 2

Sheets("Performansi").Select
Sheets("Input Data").Visible = False
Sheets("Routing Result").Visible = False
End Sub

```

d. Performansi Seluruh Komoditas

```
Sub Macro4()
'
' Macro4 Macro
'
'
Sheets("Routing Result").Select
  Range("M5:X5").Select
  Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
  Selection.ClearContents
End Sub

Sub All()
Sheets("All Komoditas").Visible = True
Sheets("Performansi").Select
Sheets("Performansi").Cells(10, 2) = "Beras"
Call Tampil
Range("G8:J11").Select
Selection.Copy
Sheets("All Komoditas").Select
  Range("B7").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False

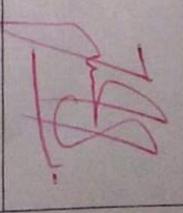
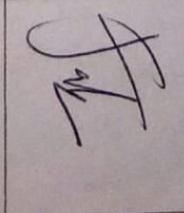
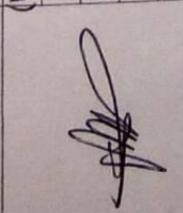
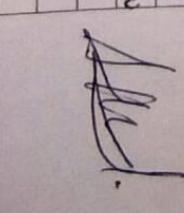
Sheets("Performansi").Select
Sheets("Performansi").Cells(10, 2) = "Lombok"
Call Tampil
Range("G8:J11").Select
Selection.Copy
Sheets("All Komoditas").Select
  Range("B13").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False

Sheets("Performansi").Select
Sheets("Performansi").Cells(10, 2) = "Telor"
Call Tampil
Range("G8:J11").Select
Selection.Copy
Sheets("All Komoditas").Select
  Range("B19").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False

Sheets("Performansi").Select
Sheets("Performansi").Cells(10, 2) = "Bawang"
Call Tampil
Range("G8:J11").Select
Selection.Copy
Sheets("All Komoditas").Select
  Range("B25").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Sheets("Performansi").Visible = False
End Sub
```

LEMBAR VALIDASI EMPIRIS

Nama	Komoditas	Informasi	Keterangan
Bapak Subarno (R. Kendul Merisi)	Beras	Kendaraan	<p>petiup warna dari disinteran</p> <p>~ 50 ton / hari</p> <p>1 jam</p> <p>petiup warna selangnya the peti</p> <p>trale / petiup</p> <p>1 ton / hari, max 10 ton</p> <p>~ 50 ton</p> <p>15 menit jam</p> <p>yg bale (tinggal culup telpon)</p> <p>petiup</p>
		Maksimal pengiriman (kg)	
		Demand di pasar/ hari	
		Waktu loading/un loading	
		Apakah diperlukan adanya penjadwalan pengiriman?	
Smpat Saot (R. Bendul Merisi)	Beras	Kendaraan	<p>yg bale (tinggal culup telpon)</p> <p>petiup</p> <p>~ 50 kg</p> <p>20 kg</p> <p>5 - 15 menit</p> <p>krabal. warna bisa langsung kirim</p>
		Maksimal pengiriman (kg)	
		Demand di pasar/ hari	
		Waktu loading/un loading	
		Apakah diperlukan adanya penjadwalan pengiriman?	
En Ninng (R. Kendul Merisi)	Telur Ayam	Kendaraan	<p>petiup</p> <p>100 kg</p> <p>~ 100 x 5 = 500 kg</p> <p>10 menit</p> <p>petiup warna pengiriman</p> <p>krabal pash.</p>
		Maksimal pengiriman (kg)	
		Demand di pasar/ hari	
		Waktu loading/un loading	
		Apakah diperlukan adanya penjadwalan pengiriman?	
En Setu (R. Keputran)	Telur Ayam	Kendaraan	<p>petiup</p> <p>100 kg</p> <p>~ 100 x 5 = 500 kg</p> <p>10 menit</p> <p>petiup warna pengiriman</p> <p>krabal pash.</p>
		Maksimal pengiriman (kg)	
		Demand di pasar/ hari	
		Waktu loading/un loading	
		Apakah diperlukan adanya penjadwalan pengiriman?	

Nama	Komoditas	Informasi				Keterangan		
Pak H. Ahmad (R. Kepuhon)	Bawang Merah	Kendaraan	Maksimal pengiriman (kg)	Demand di pasar/ hari	Waktu loading/un loading	Apakah diperlukan adanya penjadwalan pengiriman?	truk engkel 4 ton/ pengirim / truk ~ 10 - 20 ton ~ 1 jam Pktu. (pengiriman ga tentu)	
Bu Farida (R. Kepuhon)	Cabai Besar	Kendaraan	Maksimal pengiriman (kg)	Demand di pasar/ hari	Waktu loading/un loading	Apakah diperlukan adanya penjadwalan pengiriman?	1 jam ya. Mebel kecil	
Pak Rai (R. Kepuhon)	Bawang Merah	Kendaraan	Maksimal pengiriman (kg)	Demand di pasar/ hari	Waktu loading/un loading	Apakah diperlukan adanya penjadwalan pengiriman?	2 ton 20 ton 15 menit ya (pengiriman bu tentu) Mebel elf	
Pak Dika (R. Kepuhon)	Cabai Rawit	Kendaraan	Maksimal pengiriman (kg)	Demand di pasar/ hari	Waktu loading/un loading	Apakah diperlukan adanya penjadwalan pengiriman?	20 - 30 karung, Alangy = 1 karung 5 ton 30 menit ya.	

Nama	Komoditas	Informasi	Keterangan
Paku Arif (R. Kepuhon)	Cabeu Kewit	Kendaraan Maksimal pengiriman (kg) Demand di pasar/ hari Waktu loading/un loading Apakah diperlukan adanya penjadwalan pengiriman? Kendaraan Maksimal pengiriman (kg) Demand di pasar/ hari Waktu loading/un loading Apakah diperlukan adanya penjadwalan pengiriman?	
Paku H Swaito (S. Kepuhon)	Cabeu Besar	L 300 (pernah) = 1,8 ton 1/2 ton bus → 10-20 bus 8-9 ton maks 1 jam. jadwal yg tidak pasti (2x) curng (1,5 ton pernah) 1 ton u/ busg ini 15 ton maks 1 jam ya.	

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan pada 3 Januari 1998 di Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Lahir dan bertumbuh di Pekanbaru, penulis menjalani sekolah formal dari tingkat SD hingga SMA. Berikut adalah riwayat sekolah penulis : TK Kartika 1-50, SD Kartika 1-9, SMP Negeri 4 Pekanbaru, dan SMA Negeri Plus Provinsi Riau. Di bangku SD (2004-2010), penulis mengikut beberapa perlombaan yang berkaitan dengan keilmuan IPA dan Bahasa Inggris. Setelah lulus dari SD Kartika 1-9, penulis melanjutkan SMP (2010-2012) di SMP Negeri 4 Pekanbaru. Di bangku SMP, penulis mengikuti beberapa perlombaan yang diadakan oleh universitas lokal dan juga aktif di ekstrakurikuler Pasukan Pengibar Bendera (Paskibra). Kemudian, penulis melanjutkan Pendidikan di SMA Negeri Plus Provinsi Riau. Di bangku SMA, penulis aktif mengikuti organisasi Majelis Perwakilan Kelas (MPK) menjabat sebagai bendahara pada tahun pertama serta sekretaris pada tahun kedua, Organisasi Kerohanian Islam (Rohis), ekstrakurikuler Pasukan Pengibar Bendera (Paskibra), Koordinator Asrama Putri, dan panitia Divisi Dokumentasi Buku Tahunan Maygen.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti beberapa organisasi di antaranya Swayanaka Regional Kota Surabaya, MSI Ulul Ilmi, dan ITS Badminton Community (IBC). Pada 2 tahun masa kepengurusan Swayanaka, penulis diamanahi sebagai Ketua Divisi Dana dan Usaha pada tahun pertama dan bendahara pada kepengurusan tahun selanjutnya. Pada kepengurusan IBC, penulis bertanggung jawab sebagai staf Departemen Kesejahteraan Anggota serta masih berkontribusi pada ITS Open selama 2 tahun. Pada MSI Ulul Ilmi, penulis bertanggung jawab sebagai staf hubungan masyarakat. Selain aktif dalam organisasi kampus dan kepanitiaan, penulis juga mengikuti perlombaan seperti Competition of Industrial Engineering (Finalis) di Universitas Hasanuddin dan Diponegoro Business Competition (DBCC, Finalis) di Universitas Diponegoro).