

**OPTIMISASI RUTE KENDARAAN ANGKUTAN BARANG
DALAM KOTA BANDUNG DENGAN PENDEKATAN
HIBRIDA METAHEURISTIK PADA PERUSAHAAN PT. XYZ**

TUGAS AKHIR

**Karya Tulis sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Program Studi Teknin Industri
Fakultas Teknik UniversitasPasundan**

Oleh :

FIKRI FITRAHADI

NRP : 153010162



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2020**

OPTIMISASI RUTE KENDARAAN ANGKUTAN BARANG DALAM KOTA BANDUNG DENGAN PENDEKATAN HIBRIDA METAHEURISTIK PADA PERUSAHAAN PT. XYZ

Fikri Fitrahadi
NRP : 153010162

ABSTRAK

PT.XYZ merupakan sebuah jaringan usaha yang menaungi beberapa unit bisnis yang berfokus pada bisnis ritel di Indonesia seperti pada umumnya yang menyediakan berbagai kebutuhan pokok dan kebutuhan sehari-hari dengan jumlah ritel sebanyak 35 yang tersebar di Kota Bandung. Pada saat ini kegiatan distribusi dalam melayani setiap ritelnya perusahaan menerapkan dengan pola acak yang tidak memperhatikan jarak ritel yang akan dituju, selain itu kendaraan yang digunakan perusahaan saat ini sebanyak 47 unit dan setiap ritel dilayani dengan satu kendaraan angkutan barang sehingga apabila ditotalkan jarak yang harus di tempuh dengan keseluruhan ritel yang dilayani sekitar 650,9 Km. Hal ini juga mengakibatkan dampak terhadap emisi gas buang yang dikeluarkan oleh kendaraan angkutan barang dengan total jarak yang harus dilawati masih sangat jauh. Permasalahan yang telah dipaparkan tersebut berkaitan dengan perutean kendaraan sehingga diperlukan rute yang mampu menghasilkan jarak tempuh yang optimal. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut maka langkah awal yang harus dilakukan terlebih dahulu yaitu menentukan rute awal untuk mendapatkan rute dari gudang pusat ke setiap ritel yang tersebar dengan menghasilkan jarak tempuh sejauh 402,25 Km. Setelah rute awal didapatkan, rute tersebut dijadikan sebagai inisialisasi rute untuk melakukan optimisasi agar menghasilkan solusi alternatif untuk menghasilkan rute optimal dengan menggunakan hibrida metaheuristik yang menggabungkan dua metode metaheuristik yaitu genetic algorithm dan simulated annealing. Berdasarkan penelitian maka dapat diperoleh rute dengan total jarak tempuh yang lebih optimal dengan menggunakan hybrid genetic algorithm-simulated annealing dibandingkan dengan kondisi eksisting yaitu dapat menghasilkan jarak tempuh Km sehingga memperoleh efisiensi sebesar 72%. Setelah mendapatkan rute optimal, hal ini juga berdampak terhadap total emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan perharinya dengan memperoleh efisiensi sebesar 99% dari kondisi eksisting.

Kata Kunci :Insertion Heuristic, Algoritma Genetika, Simulated Annealing, Hybrid Genetic Algorithm-Simulated Annealing, Emisi Gas Buang Kendaraan

OPTIMISASI RUTE KENDARAAN ANGKUTAN BARANG DALAM KOTA BANDUNG DENGAN PENDEKATAN HIBRIDA METAHEURISTIK PADA PERUSAHAAN PT. XYZ

Fikri Fitrahadi
NRP : 153010162

ABSTRACT

PT.XYZ is a business network that houses several business units that focus on retail business in Indonesia as in general, which provides various basic needs and daily necessities with several retail as many as 35 which are well known in Bandung City. At this time, the distribution activities in serving each of its retail companies are implementing a random pattern that does not pay attention to the distance of the retail to be addressed, besides that the vehicles currently used by the company are 47 units and each retail is served with one freight vehicle so that the distance that must be covered is totaled. with total retail served at around 650.9 Km. This also has an impact on exhaust gas emissions released by goods transportation, with a total distance that has to be covered is still very far. The problems that have been described are related to vehicle routing, so a route is needed that can produce optimal mileage. To solve this problem, the first step must be taken first, namely determining the initial route to get a route from the central warehouse to each well-known retailer by producing a distance of 402.25 Km. After the initial route is obtained, the route is used as a route initialization to perform optimization to produce an alternative solution to produce an optimal route using a metaheuristic hybrid that combines two metaheuristic methods, namely genetic algorithms and simulation simulations. Based on the research, it can be obtained a route with a more optimal total mileage by using a hybrid genetic algorithm-annealing simulation compared to the exclusive condition, which can produce a distance of Km so that an efficiency of 72% is obtained. After obtaining the optimal route, this will also have an impact on the exhaust emissions produced by the vehicle per day by obtaining an efficiency of 99% of the existing conditions.

Kata Kunci :Insertion Heuristic, Algoritma Genetika, Simulated Annealing, Hybrid Genetic Algorithm-Simulated Annealing, Vehicle Exhaust Emissions

LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMISASI RUTE KENDARAAN ANGKUTAN BARANG
DALAM KOTA BANDUNG DENGAN PENDEKATAN
HIBRIDA METAHEURISTIK PADA PERUSAHAAN PT. XYZ**

Oleh

Fikri Fitrahadi
NRP : 153010162

Menyetujui
Tim Pembimbing

Tanggal

Pembimbing

Penelaah

(Dr. Ir. M. Nurman Helmi, DEA)

(Dr. Ir. Yogi Yogaswara MT)

Mengetahui,
Ketua Program Studi

(Dr. Ir. M. Nurman Helmi, DEA)

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Sarjana yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Pasundan, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Pasundan. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh Tugas Akhir haruslah seizin Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa Judul Tugas Akhir :

**OPTIMISASI RUTE KENDARAAN ANGKUTAN BARANG
DALAM KOTA BANDUNG DENGAN PENDEKATAN
HIBRIDA METAHEURISTIK PADA PERUSAHAAN PT. XYZ
(STUDI KASUS : PT.XYZ)**

Adalah hasil kerja saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya dengan cara penulisan referensi yang sesuai. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Bandung... September 2020

Fikri Fitrahadi
NRP : 153010162



Dipersembahkan kepada kedua orang tua dan saudara-saudaraku

KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikum wr.wb

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik, yang berjudul: “**Optimasi Rute Kendaraan Angkutan Barang Dalam Kota Bandung Dengan Pendekatan Hibrida Metaheuristik Pada Perusahaan PT. XYZ**”. Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah memenuhi persyaratan untuk mencapai Gelar Sarjana Teknik pada Program Teknik Industri Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri, Universitas Pasundan (UNPAS).

Selesainya Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis. Dengan begitu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Raya Sugiono dan Yeyet Heryati S.Pd. yang telah memberikan dukungan moril maupun materil serta do'a kepada penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Nurman Helmi, DEA. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu, memberikan bimbingan, saran dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Yogi Yogaswara, MT. selaku Dosen Penelaah dan Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pasundan atas segala saran, bimbingan serta masukan-masukan yang dapat membantu kepada penulis selama penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Toto Ramadhan, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Pasundan Bandung.
5. Ir. Dedeh Kurniasih, MT selaku Dosen Wali Akademik terima kasih atas segala saran dan nasehatnya selama masa perkuliahan.
6. Bagas Yulio dan Taufan Septian Eka Nur Maulana yang telah membantu dalam penelitian di PT.XYZ.

7. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2015 dan Teman-teman kelas D Teknik Industri Universitas Pasundan 2015 yang telah memberikan dukungan serta doa selama ini kepada penulis.
8. Kepada teman-teman asisten Menggambar Teknik Program Studi Teknik Industri periode 2017-2018 dan periode 2018-2019 terima kasih atas ilmu serta pembelajaran selama penulis menjadi pengurus lab.
9. Kepada teman-teman Himpunan Mahasiswa Teknik Industri periode 2017-2018 dan periode 2018-2019.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan Tugas Akhir masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk memperbaiki penulisan laporan Tugas Akhir. Penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca untuk menambah ilmu pengetahuan.

Akhir kata, penulis berharap Semoga segala kebaikan dari berbagai pihak yang telah membantu dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini menjadi amal ibadah, serta diberikan rahmat oleh Allah SWT.

Bandung, September 2020

Fikri Fitrahadi
NRP: 15301016

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
Bab I Pendahuluan	I-1
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	I-1
1.2 Perumusan Masalah.....	I-6
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-7
1.4 Manfaat Penelitian.....	I-7
1.5 Batasan Masalah Penelitiandan Asumsi Penelitian.....	I-7
1.5.1 Batasan Masalah Penelitian.....	I-7
1.5.2 Asumsi Penelitian	I-8
1.6 Lokasi Penelitian	I-8
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-8
Bab II Landasan Teori dan Tinjauan Pustaka	II-2
II.1 Logistik Perkotaan.....	II-2
II.1.1 Konsep Solusi	II-4
II.1.1.1 Perspektif berbagai stakeholder	II-4
II.1.1.2 Pusat Konsolidasi Perkotaan.....	II-5
II.1.2 Pemodelan.....	II-7
II.1.3 Sistem Perencanaan.....	II-10

II.1.3.1	Tingkat Perencanaan.....	II-10
II.1.3.2	Architecture of a Planning System	II-11
II.2	Metaheuristik.....	II-13
II.2.1	<i>Intensification and Diversification</i>	II-14
II.2.2	<i>Defining the Term “Metaheuristic</i>	II-17
II.3	<i>Simulated Annealing</i>	II-19
II.3.1	<i>Homogenous vs. Inhomogenous Simulated Annealing</i>	II-22
II.3.2	<i>Annealing Schedules</i>	II-23
II.3.3	Komponen Utama dari <i>Simulated Annealing</i>	II-25
II.3.4	<i>Algorithmic view</i>	II-25
II.3.5	<i>Intensification / Diversification</i>	II-28
II.4	Algoritma Genetika	II-29
II.4.1	Komponen Utama Algoritma Genetika	II-31
II.4.2	Tampilan Algoritma	II-32
II.4.3	Aspek Terkait Masalah	II-34
II.4.4	Deskripsi Komponen Algoritma Genetika.....	II-35
II.4.4.1	Populasi.....	II-35
II.4.4.2	Inisialisasi	II-36
II.4.4.3	Evaluasi.....	II-36
II.4.4.4	Seleksi.....	II-37
II.4.4.5	Rekombinasi	II-39
II.4.4.6	Mutasi	II-41
II.4.4.7	Penggantian.....	II-42
II.4.5	Ketidaklayakan (<i>Infeasibility</i>).....	II-42
II.4.6	<i>Intensifikasi/Diversifikasi</i>	II-44
II.5	Metode Pengoptimalan Hibridisasi	II-44
II.5.1	Klasifikasi Metode <i>Hybrid</i>	II-45
II.5.2	<i>Metaheuristic / Local Search” Hibridization</i>	II-46
II.6	<i>Coupling of optimization methods and performance Evaluation</i>	II-47
II.6.1	Kompleksitas ganda	II-48
II.6.2	<i>Coupling of Optimization Method / Simulation Model</i>	II-48
II.7	Pencemaran Udara.....	II-50

II.8	Baku Mutu Udara	II-51
II.9	Dampak Emisi Gas Buang	II-53
II.10	Metode Faktor Emisi	II-55
II.11	Jurnal Penelitian Terdahulu Terkait <i>Vehicle Routing Problem</i> (VRP)	II-55
Bab III Usulan Pemecahan Masalah.....		III-1
III.1	Model Pemecahan Masalah	III-1
III.2	Langkah-langkah Pemecahan Masalah.....	III-2
III.2.1	<i>Studi Literatur</i>	III-5
III.2.2	Identifikasi Masalah	III-5
III.2.3	Perumusan Masalah	III-5
III.2.4	Tujuan dan Manfaat Penelitian	III-5
III.2.5	Pengumpulan Data	III-5
III.2.6	Pengolahan Data.....	III-7
III.2.6.1	Penentuan Rute Distribusi menggunakan Insertion Heuristic	III-7
III.2.6.2	Optimisasi rute dengan menggunakan metode Hybridization Genetic Algorithm-Simulated Annealing	III-10
III.2.7	Analisis dan Pembahasan.....	III-21
III.2.8	Kesimpulan dan Saran.....	III-22
Bab IV Pengumpulan Dan Pengolahan Data.....		IV-1
IV.1	Pengumpulan Data	IV-1
IV.1.1	Gambaran Umum Perusahaan.....	IV-1
IV.1.2	Peta Lokas Ritel	IV-2
IV.1.3	Matriks Jarak.....	IV-3
IV.1.4	Matriks Waktu Tempuh	IV-3
IV.1.5	Data Permintaan (Demand).....	IV-3
IV.1.6	Data Jenis, Kapasitas dan Kecepatan Kendaraan dan Waktu Bongkar muat (Loading dan Unloading)	IV-4
IV.1.7	Pola Pengiriman dan Distribusi Barang	IV-5
IV.2	Pengolahan Data	IV-5
IV.2.1	Pengolahan Data Pada Kondisi Eksisting	IV-5

IV.2.1.1	Pengolahan Jarak Tempuh Pada Kondisi Eksisting.....	IV-6
IV.2.1.2	Pengolahan Waktu Pelayanan Pada Kondisi Eksisting	IV-7
IV.2.1.3	Pengolahan Emisi Gas Buang Kendaraan Kondisi Saat Ini	IV-9
IV.2.2	Penentuan Rute (<i>Routing</i>) dari Gudang Pusat ke Ritel	IV-12
IV.2.3	Pengolahan Emisi Gas Buang Kendaraan Berdasarkan Usulan Awal	IV-18
IV.2.4	Optimisasi Rute dengan Metode <i>Hybrid Genetic Algorithm-Simulated Annealing</i>	IV-19
IV.2.4.1	Langkah Optimisasi Pada Proses Metode Genetic Algorithm.....	IV-20
IV.2.4.2	Langkah Optimisasi Pada Proses Metode Simulated Annealing .	IV-26
IV.2.5	Pengolahan Emisi Gas Buang Kendaraan Berdasarkan Rute Optimal	IV-31
Bab V Analisa dan Pembahasan		V-1
V.1	Analisa.....	V-1
V.2	Pembahasan	V-7
Bab VI Kesimpulan dan Saran.....		VI-1
VI.1	Kesimpulan	VI-1
VI.2	Saran	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel L.1 Alamat Ritel PT.XYZ.....	L-1
Tabel L.2 Alamat Ritel PT.XYZ.....	L-2
Tabel L.3 Peta Matriks Jarak	L-3
Tabel L.4 Waktu Tempuh	L-4



DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Nilai Ambang Batas Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori M, N, dan O Berpenggerak Motor Bakar Penyalaan Kompresi Berbahan Bakar Penyalaan Kompresi (Diesel) Dengan Mode Test	II-52
Tabel II.2 Ringkasan Posisi Penelitian.....	II-60
Tabel IV.1 Rute Awal dan Demand Pada Kondisi Eksisting.....	IV-3
Lanjutan IV.1 Rute Awal dan Demand Pada Kondisi Eksisting	IV-4
Tabel IV.2 Data Jenis, Kapasitas, Kecepatan Kendaraan dan Waktu Bongkar Muat	IV-5
Tabel IV.3 Jarak Tempuh Kondisi Eksisting	IV-6
Tabel IV.4 Waktu Pelayanan Kondisi Eksisting.....	IV-8
Tabel IV.5 Koefisien Emisi Kendaraan Bermotor yang Dianalisis	IV-10
Tabel IV.6 Total Emisi Gas Buang Kendaraan Kondisi Saat Ini.....	IV-11
Tabel IV.7 Jarak Antara Gudang Pusat Distribusi dengan Ritel.....	IV-12
Tabel IV.8 Hasil Perhitungan Z_1 dan Z_2 Kendaraan 1	IV-13
Lanjutan Tabel IV.8 Hasil Perhitungan Z_1 dan Z_2 Kendaraan 1	IV-13
Tabel IV.9 Rute Hasil Perhitungan <i>Insertion Heuristic</i>	IV-17
Tabel IV.10 Total Emisi Gas Buang Kendaraan Kondisi Saat Ini.....	IV-18
Tabel IV.11 Matriks Jarak Berdasarkan Hasil Metode <i>Insertion Heuristic</i>	IV-20
Tabel IV.12 Populasi Generasi Awal.....	IV-21
Tabel IV.13 Nilai Fitness Generasi Awal	IV-22
Tabel IV.14 Elistism Generasi Awal	IV-23
Tabel IV.15 Seleksi Generasi Awal.....	IV-24
Tabel IV.16 Crossover Generasi Awal	IV-24
Tabel IV.17 Mutasi Generasi Awal	IV-25
Tabel IV.18 Populasi Generasi Awal Setelah Mutasi	IV-25
Tabel IV.18 Rute Optimal Pada Generasi Ke-500.....	IV-30
Tabel IV.19 Total Emisi Gas Buang Kendaraan Kondisi Optimal.....	IV-32
Tabel V.1 Perbandingan Jarak Tempuh Antara Kondisi Eksisting (<i>insertion heuristic</i>), Usulan Awal (<i>Hybrid Genetic Algorithm-Simulated Annealing</i>)....	V-6

Tabel V.2 Perbandingan Total Emisi Gas Buang Antara Kondisi Eksisting (insertion heuristic), Usulan Awal (Hybrid Genetic Algorithm-Simulated Annealing)..... V-7



DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Kadar CO beberapa lokasi di Kota Bandung.....	I-3
Gambar I.2 Peta Lokasi Gudang Pusat dan Ritel PT. XYZ.....	I-5
Gambar II.1 Tantangan Penyedia Layanan Logistik.....	II-2
Gambar II. 2 Pemodelan dan Analisis Permasalahan Logistik Kota.....	II-7
Gambar II.3 Sistem perencanaan umum untuk pengoperasian kendaraan komersial	II-12
Gambar II.4 Aspek masalah-independen dan masalah-spesifik dari pencarian permasalahan heuristik.....	II-13
Gambar II.5 Klasifikasi komponen I&D menurut Blum dan Roli.....	II-17
Gambar II.6 pemrosesan solusi Simulated Annealing.....	II-25
Gambar II.7 Elements of Simulated Annealing- tingkat ketergantungan masalah	27
Gambar II. 8 Visualisasi bahasa yang digunakan dalam konteks Algoritma Genetika.....	II-30
Gambar II.9 Pemrosesan solusi dari Algoritma Genetika.....	II-32
Gambar II.10 Algoritma Genetika Lebih Terinci.....	II-34
Gambar II.11 Peluang memilih solusi.....	II-38
Gambar II. 12 Satu solusi mendominasi populasi dengan nilai fitnessnya.....	II-38
Gambar II.13 Contoh Crossover Satu Titik.....	II-40
Gambar II.14 Contoh <i>Crossover</i> Dua Titik.....	II-40
Gambar II.15 Contoh Crossover Seragam.....	II-41
Gambar II. 16 Tingkatan metaheuristik hybrid.....	II-46
Gambar II. 17 Prinsip hibridisasi dalam pencarian metaheuristik / lokal.....	II-47
Gambar II.18 kompleksitas Ganda dan metode coupling.....	II-48
Gambar II. 19 Coupling of optimization method (pendekatan ke-1).....	II-50
Gambar II. 20 Coupling of optimization method (pendekatan ke-2).....	II-50
Gambar III.1 Kerangka Pemecahan Masalah.....	III-2
Gambar III.2 Flowchart Langkah-langkah Pemecahan Masalah.....	III-3
Gambar III.3 Flowchart Metode Insertion Heuristic.....	III-9
Gambar III.4 Flowchart Metode Genetic Algorithm.....	III-11
Gambar III.5 Flowchart Metode Simulated Annealing.....	III-12

Gambar III.6 Flowchart Metode Hybridization Genetic Algoritm-Simulated Annealing	III-13
Lanjutan Gambar III.6 Flowchart Metode Hybridization Genetic Algoritm-Simulated Annealing	III-14
Gambar III.7 Flowchart Seleksi Linear Rank	III-16
Gambar III.8 Flowchart Rekombinasi (Crossover).....	III-17
Gambar III.9 Flowchart Proses Mutasi	III-18
Gambar III.10 Swap	III-19
Gambar III.11 Insert.....	III-19
Gambar III.12 Reverse	III-19
Gambar IV.1 Peta Lokasi Gudang Pusat dan Ritel PT. XYZ.....	IV-2
Gambar IV.2 Pembentukan Rute Menggunakan <i>Insertion Heuristic</i>	IV-17
Gambar IV.3 Grafik Pergerakan Nilai Fitness	IV-30
Gambar IV.4 Pembentukan Rute Menggunakan <i>Hybrid Genetic Algorithm-Simulated Annealing</i>	IV-31
Gambar V.1 Trial & Error Ukuran Populasi	V-3
Gambar V.2 Trial & Error Probabilitas Crossover dan Probabilias Mutasi	V-4

Bab I Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Dalam menciptakan tata kelola perusahaan yang baik pentingnya melakukan pembaharuan untuk menjalankan suatu tindakan yang dapat menciptakan suatu nilai tambah (*Value added*) untuk memperoleh keunggulan kompetitif yang lebih tinggi bagi perusahaannya sehingga dapat mencapai suatu tujuan serta dapat bersaing pada era globalisasi seperti sekarang ini dimana perkembangan teknologi semakin cepat dan persaingan bisnis juga semakin tinggi baik didalam negeri maupun tingkat internasional. Agar mampu bertahan di lingkungan bisnis, organisasi melakukan berbagai cara seperti inovasi produk, meningkatkan kualitas layanan, memperbaiki proses produksi, perbaikan system organisasi, dan melakukan penghematan biaya. Strategi-strategi organisasi dibuat agar dapat bertahan sesuai perubahan lingkungan dan harus mampu menciptakan keunggulan kompetitif. Dalam upaya mencapai tujuan tersebut, perusahaan dihadapkan pada tantangan makin kritisnya konsumen untuk mendapatkan pelayanan secara personal, pemenuhan kebutuhan produk spesifik dengan waktu tunggu yang pendek dan kualitas tinggi.

Kapabilitas suatu perusahaan yang menentukan keunggulan kompetitif perusahaan tersebut dapat diukur melalui kinerja dari perusahaan. Salah satu variabel kinerja perusahaan yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan kapabilitas perusahaan yaitu pada logistik, oleh karena itu peranan logistik sangat penting dan tidak terpisahkan dari aktivitas suatu perusahaan, karena keberadaan dan peran logistik di dalamnya adalah menjamin kelancaran arus barang hingga dapat dikirim sampai ketangan konsumen untuk mendapatkan keuntungan dan mendapatkan kepercayaan dari konsumen untuk loyal terhadap perusahaan sehingga dapat meningkatkan daya saing (*competitiveness*) juga dalam suatu bisnis (Civelek et al, 2015).

Logistik merupakan proses dari pengelolaan perusahaan secara strategis dalam usaha perolehan, pergerakan dan penyimpanan bagian material dan persediaan akhir, serta berhubungan dengan arus informasi, melalui organisasi dan jalur pemasarannya dalam beberapa cara untuk mendapatkan keuntungan tertentu

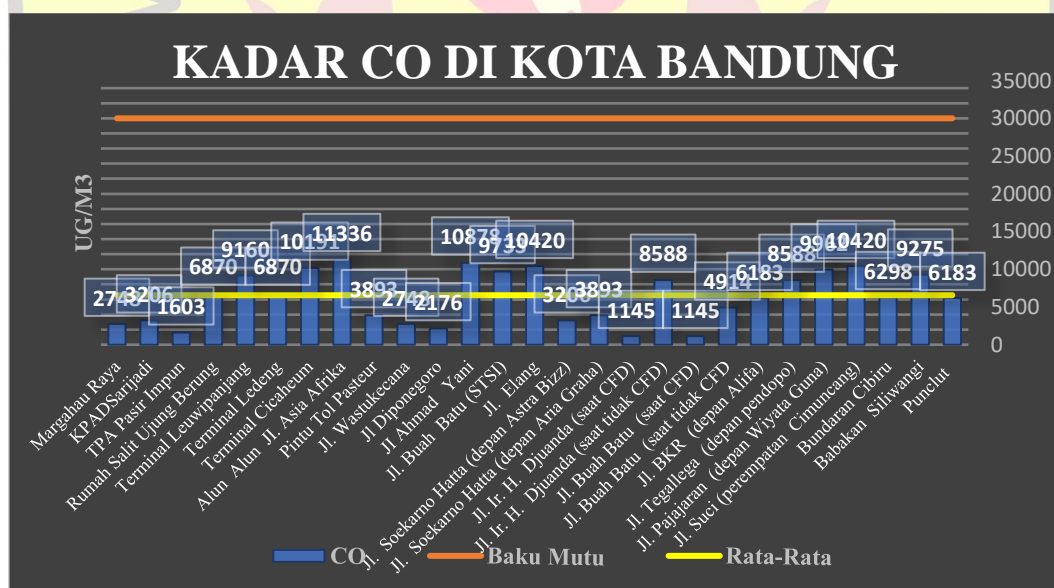
dimasa depan yang maksimal dengan melalui ongkos untuk pemenuhan pemesanan yang efektif (Martin Christopher, 2005). Sedangkan logistic perkotaan memiliki pengertian berbeda dengan pengertian logistic secara umum. Logistik perkotaan (atau dalam Bahasa Inggris disebut *city logistics*) diartikan sebagai pergerakan aliran barang untuk menyuplai barang ke daerah pusat perkotaan dengan menggunakan alat transportasi pengangkutan (*freight transport*) (Barcelo dan Grzybowska, 2005).

Adanya suatu aktivitas logistik dalam suatu perkotaan, sangat berhubungan dengan lingkungan masyarakat seperti dengan peningkatan jumlah populasi penduduk yang semakin meningkat setiap tahunnya akan mempengaruhi permintaan akan kebutuhan barang sehari-hari. Salah satu sektor yang berhubungan dengan pemenuhan dan pendistribusian barang kebutuhan sehari-hari bagi masyarakat di negara Indonesia adalah perusahaan yang bergerak dibidang bisnis ritel dengan mendominasi 7,06% tempat perdagangan publik (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2018) dan Provinsi Jawa Barat menduduki peringkat pertama dalam jumlah toko modern yaitu sebanyak 232 pasar modern. Hal tersebut menyebabkan konsentrasi pergerakan barang daerah perokotaan semakin padat khususnya di kota Bandung dengan jumlah toko ritel sebanyak 504 ritel (Dinas Perdagangan dan Perindustrian Kota Bandung, 2018) yang diiringi dengan jumlah penduduk yang mencapai 2.503.708 jiwa pada tahun 2018 (Badan Pusat Statistik Kota Bandung Dalam Angka, 2019).

Distribusi atau penyaluran adalah kegiatan penyampaian produk sampai ketangan sipemakai atau konsumen pada waktu yang tepat (Assauri, 2004). Pada aktivitas distribusi barang terutama menggunakan moda transportasi darat harus didukung dengan alat angkut dan infrastruktur di kota yang memadai karena dengan meningkatnya laju pertumbuhan jumlah kendaraan akan menimbulkan kepadatan di Kota Bandung, dengan jumlah kendaraan angkut yang tercatat pada tahun 2018 dengan jenis kendaraan angkut Truck, pick up, dan alat berat sebanyak 73.576 unit (Badan Pusat Statistik Kota Bandung Dalam Angka, 2019). Selain itu, jenis kendaraan mobil pribadi, kendaraan bermotor dan bus kota akan memenuhi jalanan kotas sehingga di beberapa ruas jalan mengalami kemacetan sehingga menimbulkan pencemaran udara akibat pembakaran bahan bakar yang mengandung senyawa

berbahaya bagi kesehatan akibat terjadinya proses pembakaran yang tidak sempurna, dan mengandung timbal/timah hitam (Pb), *Suspended Particulate Matter* (SPM), Nitrogen Oksida (NO_x), Sulfur dioksida (SO₂), Hidrokarbon (HC), Karbon Monoksida (CO), dan Oksidafotokimia (Ox).

Gas buang kendaraan bermotor merupakan sumber utama pencemaran udara yang dapat menghasilkan 60% gas Karbon Monoksida (CO) dan 15% Hidrokarbon (Siregar, 2005). Gas Karbon Monoksida (CO) merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, tidak mengiritasi, mudah terbakar dan berpotensi beracun bagi manusia terutama penduduk Kota Bandung karena mampu membentuk ikatan yang kuat dengan pigmen darah yaitu Haemoglobin dan dapat mengakibatkan keracunan system saraf pusat dan jantung akibat paparan gas CO apabila melampaui batas dari yang bisa di toleransi tubuh. Berikut merupakan kadar CO beberapa lokasi yang berada di Kota Bandung, yang dapat dilihat pada Gambar I.1 berikut:



Sumber : Portal Data Kota Bandung (Dataset: Hasil Pengukuran Kualitas Udara Ambien Roadside Berdasarkan Jenis Udara di Kota Bandung Tahun 2014)

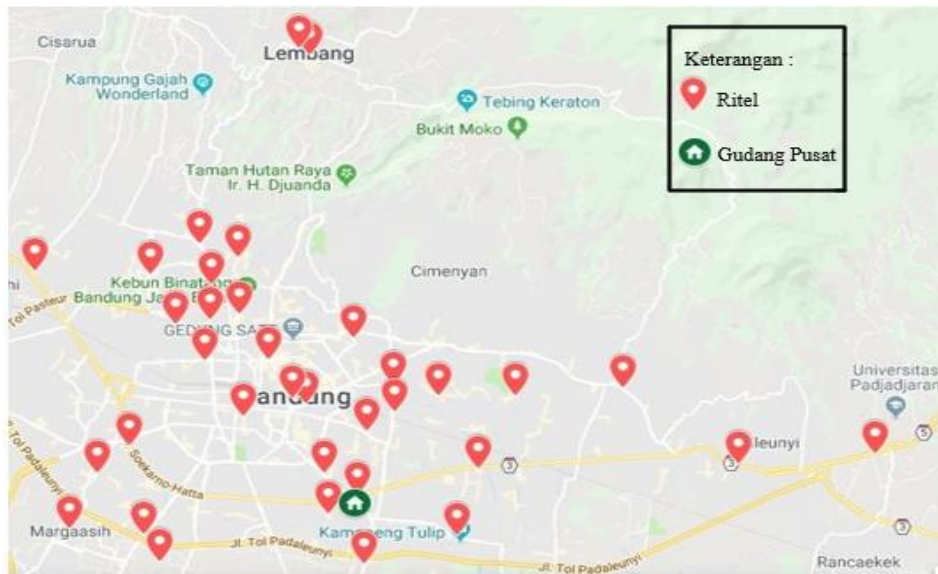
Gambar I.1 Kadar CO beberapa lokasi di Kota Bandung

Pada Gambar I.1 Menunjukkan rata-rata lokasi-lokasi yang berada di tabel tersebut memiliki kadar CO 6.357 ug/m³ dan dapat menjelaskan kadar CO di

beberapa lokasi di Kota Bandung, untuk tingkat pencemaran yang tergolong paling rendah berada pada lokasi di Jl. Ir. H. Djuanda dan Jl. Buah Batu yang masing-masingnya memiliki kadar CO sebesar 1.145 ug/m^3 dan pencemaran udara yang tergolong tinggi berada pada lokasi di Jl. Ahmad Yani yang memiliki kadar CO sebesar 10.878 ug/m^3 dan pada Alun-alun kota Bandung tepatnya di Jl. Asia Afrika yang memiliki kadar CO paling tinggi dibandingkan lokasi lain yaitu sebesar 11.336 ug/m^3 karena lokasi tersebut merupakan salah satu daerah destinasi wisata yang sering dikunjungi sehingga dapat memicu kemacetan yang mengakibatkan emisi gas buang dari kendaraan lebih tinggi walaupun dilihat dari baku mutu udara tidak melebihi batas baku mutu udara ambien nasional.

Perusahaan yang ikut berperan dalam melakukan pencemaran udara dari aktivitas pendistribusian barang kesetiap ritel-ritelnya yaitu PT. XYZ yang merupakan sebuah perusahaan ritel modern asli Indonesia yang berada di wilayah Kota Bandung dengan format supermarket, *departement store* dan *food court*. Gerai ini umumnya menjual berbagai produk makanan, minuman dan barang kebutuhan hidup lainnya dengan harga bersaing, untuk memenuhi kebutuhan konsumen sehari-hari terutama bagi masyarakat Jawa Barat, Jawa Tengah dan sekitarnya. Perusahaan tersebut berdiri pada tanggal 28 oktober 1982 yang saat ini juga menjadi gudang pusat untuk melayani 35 cabang atau ritel yang tersebar di wilayah Kota Bandung.

PT. XYZ dalam melakukan aktivitas pendistribusiannya pada saat ini memerlukan transportasi darat sebanyak 47 kendaraan angkut. Kendaraan yang digunakan tersebut memiliki 2 jenis truk yaitu 30 unit kendaraan berjenis Engkel dan 17 kendaraan berjenis *Double* yang ditugaskan untuk melayani pemenuhan permintaan untuk semuaritelnya, jika terdapat produk yang sudah tidak layak untuk di konsumsi maka ritel akan mengirim produk tersebut kembali ke gudang pusat menggunakan kedaraana yang sama untuk pengiriman sebelumnya atau ritel akan memusnahkan produk tersebut ditempat. Berikut merupakan Peta Lokasi Gudang Pusat dan Ritel PT. XYZ.



Sumber : *Google Maps*

Gambar I.2 Peta Lokasi Gudang Pusat dan Ritel PT. XYZ.

Pada Gambar I.2 Menunjukkan Lokasi Gudang Pusat dan Ritel yang harus dilayani oleh setiap kendaraan angkut yang tersebar di Kota Bandung, dilihat dari banyaknya ritel pada PT. XYZ jarak perjalanan yang ditempuh oleh seluruh kendaraan angkut dari gudang pusat ke ritel dan dari ritel tersebut kembali lagi ke gudang pusat jika di akumulasi itu sejauh 650,9 Km dan apabila dilihat dari banyaknya kendaraan yang digunakan serta jarak yang harus ditempuh untuk mengirimkan barang kesetiap ritelnya dengan frekuensi pengiriman yang dilakukan oleh perusahaan PT. XYZ baik dari gudang pusat ke ritel dan sebaliknya dari ritel ke gudang pusat dilakukan dalam satuan waktu sehari. pendistribusian ini secara tidak langsung memiliki dampak bagi lingkungan sekitar yaitu pencemaran udara akibat pembakaran bahan bakar bermotor dari kendaraan angkut sehingga menyumbang gas emisi buang CO keudara, walaupun dilihat pada grafik I.1 kadar CO udara di Kota Bandung masih cukup baik, akan tetapi perlu juga upaya pengurangan pencemaran udara yang dapat dilakukan dengan cara mengurangi jarak tempuh dalam rute yang akan digunakan kendaraan angkut untuk mengirimkan barang dalam memenuhi permintaan ritel dengan rute yang dilaluinya. Dan dari hal tersebut, diperlukannya penentuan rute dan optimisasi jarak sehingga mendapatkan rute terpendek yang dapat mempercepat pemenuhan

kebutuhan ritel sehingga konsentrasi CO di udara ikut berkurang. *Genetic Algorithm* merupakan metode optimisasi yang meniru proses evolusi dan menggunakan ide seleksi alam, rekombinasi, dan mutasi untuk mengendalikan proses pencarian. *Genetic algorithm* merupakan algoritma yang pencarian sangat cepat untuk menemukan solusi yang mendekati optimal, meski diberikan ruang solusi yang sangat besar. Namun, dalam proses pencariannya, ada kemungkinan bahwa *genetic algorithm* akan terjebak dalam solusi optimum lokal, sehingga solusi hasil pencariannya tidak akan optimal (Mahmud, 2015).

Genetic algorithm tidak mampu mengeksplorasi solusi secara mendalam, maka dibutuhkan metode lain yang dapat menutupi kekurangan dari GA. Salah satu metode yang dapat mengeksplorasi solusi secara mendalam adalah *simulated annealing* (Nikjoo et al, 2010). Di sisi lain, *simulated annealing* dapat memanfaatkan pengendalian penjadwalan pada penurunan temperatur untuk bertahan dalam mengatasi permasalahan lokal optimum (Sofianti, 2014). Oleh karena itu dalam penelitian ini akan membahas tentang optimasi rute menggunakan *hybrid genetic algorithm* dan *simulated annealing*, karena *simulated annealing* disini akan cocok bila dipadukan dengan *genetic algorithm*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan diatas, maka dapat diperoleh perumusan masalah untuk PT. XYZ, yaitu sebagai berikut;

1. Bagaimana menentukan rute kendaraan angkutan barang dari gudang pusat PT. XYZ ke setiap ritel?
2. Bagaimana mengoptimisasi rute kendaraan angkutan barang menggunakan *hybrid genetic algorithm* dan *simulated annealing* dari gudang pusat kesetiap ritel?
3. Berapa besar pengurangan emisi gas buang dari kendaraan yang digunakan untuk pengiriman barang melalui rute yang optimal keseluruhan ritel PT. XYZ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam melakukan penelitian ini dengan memperhatikan permasalahan yang ada, yaitu:

1. Untuk memperoleh rute yang harus dilalui terlebih dahulu untuk melayani ritel PT. XYZ dalam penugasan setiap kendaraannya.
2. Untuk mengetahui rute yang optimal menggunakan *hybrid genetic algorithm* dan *simulated annealing* untuk kendaraan yang digunakan PT. XYZ dari gudang pusat kesetiap kelompok ritel.
3. Untuk mengetahui jumlah penurunan emisi gas buang dari kendaraan yang digunakan melalui rute yang optimal dalam melakukan pengiriman keseluruhan ritel PT.XYZ.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dalam melakukan penelitian yang dilakukan di PT. XYZ, adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan rute yang harus dilalui terlebih dahulu dari gudang pusat ke setiap ritel yang ada di PT. XYZ.
2. Memberikan informasi mengenai rute yang optimal.
3. Memberikan masukan bagi perusahaan untuk perbaikan kinerja agar perusahaan menjadi lebih mampu bersaing dalam persaingan yang semakin kompetitif.

1.5 Batasan Masalah Penelitiandan Asumsi Penelitian

Agar penelitian ini bisa dicapai dengan baik dan sesuai dengan tujuan maka diterapkan batasan-batasan dan juga beberapa asumsi agar tidak menyimpang dari pokok pembahasan.

1.5.1 Batasan Masalah Penelitian

1. Penelitian dilakukan di gudang pusat PT. XYZ kebeberapa ritel yang tersebar di Kota Bandung.
2. Objek Penelitian yang dituju yaitu layanan distribusi untuk produk kebutuhan pokok dan produk kebutuhan sehari-hari.

3. Dalam penelitian ini data-data yang digunakan merupakan data pada bulan Juli 2018 sampai dengan bulan Juli 2019.
4. Waktu tempuh dan jarak kendaraan diperoleh berdasarkan *google maps*.

1.5.2 Asumsi Penelitian

1. Moda transportasi yang digunakan moda transportasi darat.
2. Transportasi yang digunakan dalam keadaan baik.
3. Kecepatan rata-rata kendaraan diasumsikan 40 km/jam.
4. Jarak tempuh dari gudang pusat keritel sama dengan dari ritel ke gudang pusat.
5. Dalam penelitian ini pada penentuan rute dan optimisasi rute untuk kapasitas kendaraan mobil tidak diperhatikan.
6. Tidak terdapat *back haul* dari setiap ritelnya.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di PT. XYZ yang berlokasi di Jalan Terusan BuahBatu No. 12, Batu nunggal, Kec. Bandung Kidul, Kota Bandung, Jawa Barat, 40266.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun untuk mempermudah pembuatan, penyusunan dan juga dapat memberikan pembahasan yang jelas serta terperinci pada laporan ini. Maka dari itu penulisan dan pembahasan disusun berdasarkan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan latar belakang yang membahas permasalahan utama di PT. XYZ dalam mendistribusikan produknya dan dampak yang diakibatkan dari aktivitas distribusi tersebut yang dijelaskan secara rinci. Selain itu, pada bab ini terdapat perumusan masalah yang dijelaskan secara rinci dengan menetapkan tujuan dan manfaat dari penelitian ini. Demikian ditetapkan pula, asumsi dan batasan masalah agar cakupan pembahasan tidak meluas dari penelitian yang

dilakukan. Serta terdapat lokasi penelitian yang dilakukan dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan penjelasan mengenai teori-teori yang digunakan sebagai dasar pendukung dalam pemecahan dalam melakukan penelitian ini. Teori-teori tersebut meliputi manajemen logistik, manajemen rantai pasok, metode heuristik, metode meta-heuristik, metode-metode *clustering*, metode-metode untuk transportasi, metode-metode yang berkaitan dengan penentuan rute, serta metode-metode yang berkaitan dengan optimisasi, dan lain-lain. Teori dan metode tersebut akan memberikan alternatif mengenai permasalahan yang sedang diteliti di PT. XYZ.

BAB III USULAN PEMECAHAN MASALAH

Bab ini berisikan mengenai kerangka pemecahan masalah yang menjelaskan langkah-langkah untuk pemecahan masalah yang akan dilakukan dalam penelitian ini terkait dengan penentuan kelompok atau *cluster* layanan, penentuan rute, dan optimisasi. Dan juga berisikan tahapan penyelesaian penelitian mulai dari perumusan masalah sampai dengan kesimpulan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini berisikan pengumpulan yang didapatkan dari hasil observasi di PT. XYZ. Data yang didapatkan yaitu dari mulai rute-rute pendistribusian setiap kendaraan, jumlah kendaraan angkut, jenis kendaraan yang digunakan, kapasitas dari kendaraan, lokasi ritel-ritel yang tersebar di Kota Bandung, jadwal pengiriman barang, frekuensi pengiriman, waktu pelayanan pengiriman dari gudang pusat ke setiap ritel, *demand* dari ritel, jumlah kiriman per periode, jarak masing-masing ritel dengan gudang pusat, fungsi ritel, jumlah gudang pusat, kapasitas gudang, dan waktu pelayanan. Setelah didapatkan data-data yang dibutuhkan selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan metode yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya.

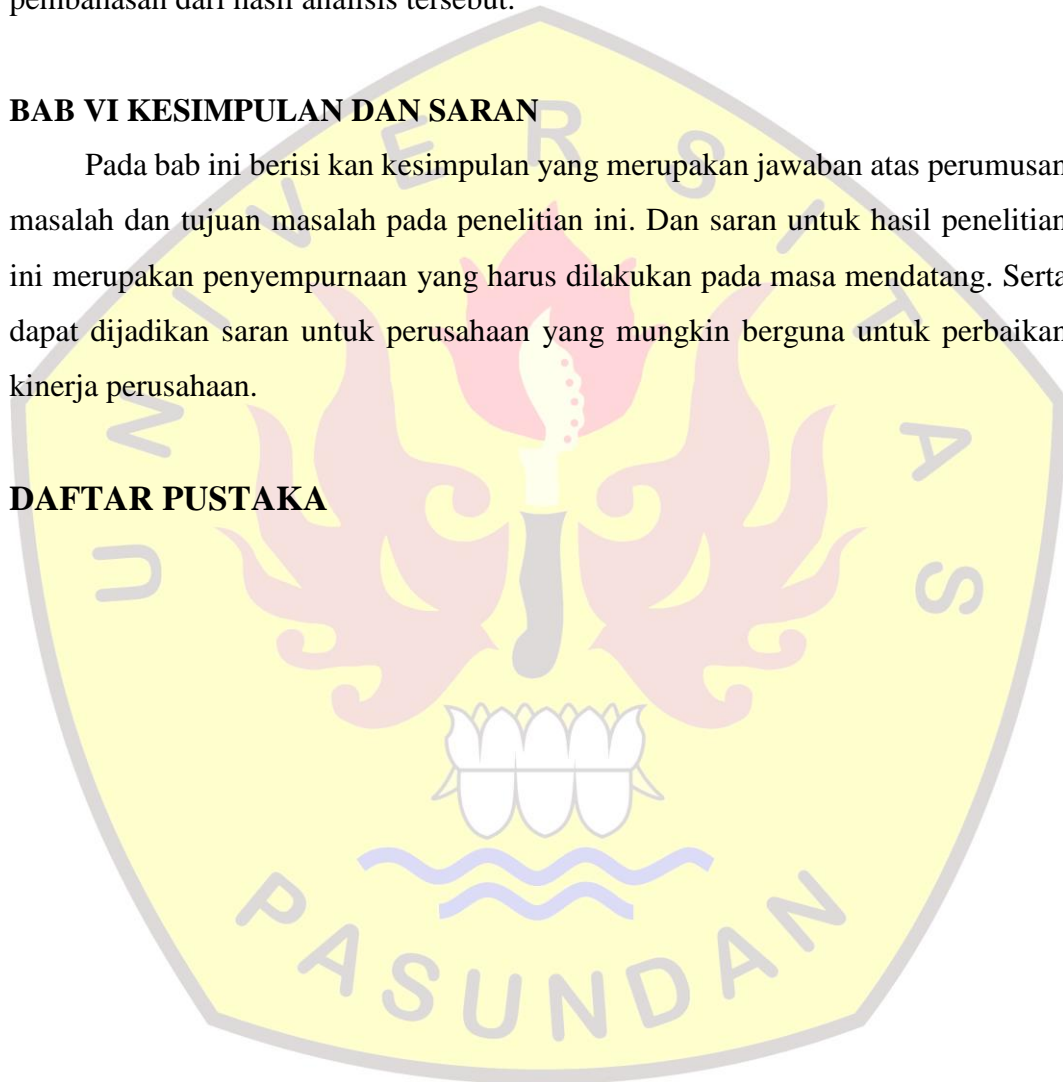
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi analisa dan pembahasan dari data yang telah diolah pada bab sebelumnya. Pada bagian analisa akan berisi penjelasan mengenai hasil yang didapatkan dari pengolahan data mengenai penetapan kelompok-kelompok ritel yang ada di Kota Bandung, penentuan rute kendaraan angkutan barang yang optimal kesetiapritel dan lain-lain. Pada bagian berikutnya akan dilakukan pembahasan dari hasil analisis tersebut.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan yang merupakan jawaban atas perumusan masalah dan tujuan masalah pada penelitian ini. Dan saran untuk hasil penelitian ini merupakan penyempurnaan yang harus dilakukan pada masa mendatang. Serta dapat dijadikan saran untuk perusahaan yang mungkin berguna untuk perbaikan kinerja perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

- Aditya Permana, Mahmud Dwi Sulistyو & Gia Septiana Wulandari. (n.d.). Optimasi Genetic Dengan Simulated Annealing Untuk Multiple Depot Capacited Vehicle Routing Problem. *Jurnal Teknik Informatika*.
- Alim Setiawan S., Hariman H. S., dan Azis Kustiyo. (2014). Vehicle Routing Problem (VRP) Dengan Algoritma Genetika Pada Pendistribusian Sayuran Dataran Tinggi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 1-10.
- Amalia K. A., Wayan F. M. (2017, Desember). Hibridisasi Algoritme Genetika dan Simulated Annealing untuk Optimasi Multi-Trip Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Vol. 1, No. 12*, 1608-1615.
- Assauri, Sofjan. (2004). *Manajemen Pemasaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Barcelo, J., Grzybowska, H., Pardo, S. (2005). *Vehicle Routing and Scheduling Models, Simulation and City Logistics*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Binti Robiyatul Musanah, W. F. (April 2019). Optimasi Kebutuhan Gizi Untuk Ibu Hamil Dengan Menggunakan Hybrid Algoritma Genetika dan Simulated Annealing. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Vol. 3 No. 4* , 4040-4047.
- Bowersox, Donald J. Closs, David J., & Cooper, M.Bixby. (2002). *Supply Chain Logistics Management*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Civelek ME, Uca N, Cemberci M. (2015). The Mediator Effect of Logistics Performance Index on The Relation Between Global Competitiveness Index and Gross Domestic Product. *European Scientific Journal vol.11 No.13*.
- Deroussi, L. (2016). Dalam *Metaheuristics for Logistics, First Edition*. (hal. 131-141). ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc.
- Dwi Aries Suprayogi, Wayan F. Mahmudy. (2015). Penerapan Algoritma Genetika Traveling Salesman Problem with Time Window: Studi Kasus Rute Antar Jemput Laundry. *Jurnal Buana Informatika, Volume 6, Nomor 2*, 121-130.

- Fitri Anggasari, W. F. (Desember 2017). Optimasi Kebutuhan Gizi untuk Balita Menggunakan Hybrid Algoritma Genetika dan Simulated Annealing. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Vol. 1 No.12* , 1668-1677.
- G. Zäpfel et al. (2010). Chapter 4 Metaheuristics in General. Dalam *Metaheuristic Search Concepts: A Tutorial with Applications to Production and Logistics* (hal. 67-73). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- G. Zäpfel et al. (2010). Chapter 6 Metaheuristics Based on Solution Modification. Dalam *Metaheuristic Search Concepts: A Tutorial with Applications to Production and Logistics* (hal. 95-119). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- G. Zäpfel et al. (2010). Chapter 7 Metaheuristics Based on Solution Recombination. Dalam *Metaheuristic Search Concepts: A Tutorial With Applications to Production and Logistics* (hal. 121-143). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2004). *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*. England: John Wiley.
- Indrianingsih, Y. (2010). Algoritma Genetika Untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi Fungsi Berkendala Dengan Pengkodean Bilangan Bulat. *Jurnal Jurusan Teknik Informatika Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto (STTA) Volume2, Nomor 1*.
- J. F. Ehmke. (2012). Integration Of Information and Optimization Models For Routing In City Logistics. Dalam *International Series in Operation Research & Management Science 177* (hal. 9-14). New York: Springer Science.
- Mahmudy, F. W, Marian, RM & Luong, LHS. (2012). Solving part type selection and loading problem in flexible manufacturing system using real coded genetic algorithms - Part II :Optimization. *International Conference on Control, Automation and Robotics Singapore*, World Academy of Science, Engineering and Technology, pp. 706-710.
- Mahmudy, F. W. (2013). *Algoritma Evolusi*. Malang: Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.

- Martin Christoper. (2005). *Logistik and Supply Chain Management* , 3th edition. Britain: Pearson.
- Mulyadi, D. (2011). Pengembangan Sistem Logistik Yang Efisien Dan Efektif Dengan Pendekatan Supply Chain Management. *Jurnal Riset Vol 5 No. 3*, 275-282.
- Orkcu, HH. (2013). Subset Selection in Multiple Linear Regression Models: A Hybrid of Genetic and Simulated Annealing Algorithms. *Applied Mathematics and computation*, 11018-11028.
- Putu Gede P., Candra Dewi, Randy Cahya W. (2018). Penerapan Hibridisasi Algoritme Genetika dan Simulated Annealing untuk Optimasi Vehicle Routing Problem pada Kasus Pengangkutan Sampah Kota Denpasar. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Vol. 2 No. 9*, 3215-3223.
- Rengga Pramadyaksa B., Haryono Setiyo H., Budi Prasetyo S. (2017). Uji Coba Estimasi Emisi Kendaraan Bermotor Yang Beroperasi Di Kota Semarang Berdasarkan Umur dan Jenis Kendaraan Dengan Menggunakan Perangkat Lunak LEAP. *Jurnal Teknik Lingkungan Vol. 6 No. 3* .
- Richard Wibisono, I Gede Agus Widyadana. (2016, Juli). Penjadwalan Kapal dengan Menggunakan Insertion Heuristic. *Jurnal Titra Vol. 4 No. 2*, 137-142.
- Santi, D. N. (2001). Pencemaran Udara oleh Timbal (Pb) sera penanggulangannya. *FK USU. digitized by USU digital library* .
- Siregar E. B. M. (2005). *Pencemaran Udara, Respon Tanaman dan Pengaruhnya pada Manusia*. Medan, FP USU.
- Sri Basriati, D. A. (Januari 2017). Penentuan Rute Distribusi pada Multiple Depot Vehicle Routing Problem (MDVRP) Menggunakan Metode Insertion Heuristic. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika Vol. 3 No 1*.
- Titi Iswari. (April 2017). Pengembangan Algoritma Hybrid Restart Simulated Annealing with Variable Neighborhood Search (HRSA-VNS) untuk penyelesaian kasus Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW). *Jurnal Rekayasa Sistem Industri Vol. 6 No 1*.

Tugaswati. A. T. (2007). Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya terhadap Kesehatan. *Journal of Health and Human Ecology*.

Wardhana, W. A. (n.d.). Dampak Pencemaran Lingkungan (edisi revisi). Edisi III. Yogyakarta: Andi offset.

Pusataka dari Situs Internet:

Badan Pengelola Lingkungan Hidup Kota Bandung. (2014). *Kualitas Udara Ambien Roadside Berdasarkan Jenis Udara di Kota Bandung Tahun 2014*. Dipetik November 1, 2019, dari Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi: <https://ppid.bandung.go.id/wpcontent/uploads/2016/04/BAB-III-LAKIP-BPLH-2014-final-New-Revisi.pdf>

Badan Pusat Statistik Kota Bandung. (2019). *Bandung Dalam Angka 2019*. Dipetik November 24, 2019, dari <https://bandungkota.bps.go.id/publication/2019/08/16/bd52ff3d885d75c04ddcfb17/kota-bandung-dalam-angka-2019.html>

Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2009). *peraturan menteri negara lingkungan hidup nomor 04 tahun 2009 Tentang Ambang Batas EMisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru*. Dipetik Desember 13, 2019, dari http://hukum.unsrat.ac.id/lh/permenlh_4_2009.pdf

Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2010). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Di Daerah*. Dipetik Desember 20, 2019, dari https://peraturan.bkpm.go.id/jdih/userfiles/batang/PERMENLH_12_2010.pdf

Pemerintah Pusat. (1999). *Peraturan Pemerintah (PP) tentang Pengendalian Pencemaran Udara No. 41 Tahun 1999*. Dipetik Desember 13, 2019, dari Database Peraturan BPK RI: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/54332/pp-no-41-tahun-1999>

Pemerintah Pusat. (2009). *Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PPLH) menurut UU 32 Tahun 2009*. Dipetik Desember 13, 2019, dari Lembaga Studi & Advokasi Masyarakat: <https://referensi.elsam>.

or.id/2015/04/uu-nomor-32-tahun-2009-tentang-perlindungan-dan-pengelolaan-lingkungan-hidup-2/

