

**OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI BERBASIS *HYBRID HEURISTIC*  
DENGAN KOMBINASI *EVOLUTIONARY ALGORITHM* DAN  
*NEAREST NEIGHBOR* UNTUK MENINGKATKAN *SERVICE LEVEL*  
(STUDI KASUS: PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul)  
TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1  
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia**



Nama : MOCH. ADIB HERAMUNIDA  
No. Mahasiswa : 21522181

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2025**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 26 - Maret - 2025



**(Moch. Adib Heramunida)**

**21522181**

## LEMBAR PENELITIAN



**SURAT KETERANGAN**  
No. 003/EXT/SZEJNT/VII/2025

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Muhammad Arifin  
Jabatan : Associate Business Manager (ABM)

Menerangkan bahwa,

Nama : Moch. Adib Heramunida  
Nama Universitas : Universitas Islam Indonesia  
Jurusan : Teknik Industri

Telah melakukan Magang dan Pengambilan Data Tugas Akhir di Perusahaan kami, dengan keterangan sebagai berikut,

Tanggal : 1 Maret 2025 s/d 1 Juni 2025  
Di bagian : Sales and Distribution

Demikianlah surat keterangan ini dibuat, untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 17 Juli 2025  
PT. FRISIAN FLAG INDONESIA

  
**Muhammad Arifin**  
Associate Business Manager (ABM)



**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI BERBASIS *HYBRID HEURISTIC*  
DENGAN KOMBINASI *EVOLUTIONARY ALGORITHM* DAN  
*NEAREST NEIGHBOR* UNTUK MENINGKATKAN *SERVICE LEVEL*  
(STUDI KASUS: PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul)**



**Yogyakarta, 4 - September - 2025**

**Dosen Pembimbing**



**(Danang Setiawan, S.T., M.T.)**

**OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI BERBASIS *HYBRID HEURISTIC*  
DENGAN KOMBINASI *EVOLUTIONARY ALGORITHM* DAN  
*NEAREST NEIGHBOR* UNTUK MENINGKATKAN *SERVICE LEVEL*  
(STUDI KASUS: PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul)**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : MOCH. ADIB HERAMUNIDA**

**No. Mahasiswa : 21522181**

Telah dipertahankan di depan sidang pengujian sebagai salah satu syarat untuk  
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri

**Universitas Islam Indonesia**

**Yogyakarta, 4 - September – 2025**

**Tim Penguji**

Danang Setiawan, S.T., M.T.

Ketua

Ir. Muchamad Sugarindra, S.T., M.T.I.,  
IPM.

Anggota I

Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc.

Anggota II

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Universitas Islam Indonesia**



**Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM**

**NIK. 015220101**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah* rabbil ‘*alamin*, segala puji bagi Allah atas limpahan rahmat dan kekuatan-Nya hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan sebaik-baiknya. Penelitian ini kupersembahkan dengan tulus kepada kedua orang tuaku tercinta, Bapak Muntaji dan Ibu Niarul Dinayati, yang dengan cinta, doa, dan kesabaran tak henti menjadi cahaya dalam setiap langkah perjuanganku. Juga untuk saudara-saudaraku tersayang, Kukuh Herdiansyah Prastiaji dan Aulia Nisa Stalasia, yang selalu menjadi penguat dan teman dalam perjalanan panjang ini. Semoga penelitian ini menjadi awal dari baktiku yang terus tumbuh untuk keluarga yang selalu percaya dan mendukungku.

## MOTTO

"Dan katakanlah: Sesungguhnya petunjuk Allah itulah petunjuk (yang sebenar-benarnya)."  
(QS. Al-Baqarah: 120)

"Karena sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan."  
(QS. Al-Insyirah: 6)

"Dan rendahkanlah dirimu terhadap mereka berdua dengan penuh kasih sayang dan ucapkanlah: 'Wahai Rabbku, kasihilah mereka keduanya sebagaimana mereka telah mendidikku waktu kecil. "  
(QS. Al-Isra': 24)

"I am not afraid of storms, for I am learning how to sail my ship."  
(Louisa May Alcott)

"Dalam mengerjakan Tugas Akhir ini bukan masalah siapa yang cepat atau lambat, tetapi siapa yang mau terus melangkah."

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,  
Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "*Optimasi Rute Distribusi Berbasis Hybrid Heuristic dengan Kombinasi Evolutionary Algorithm dan Nearest Neighbor untuk Meningkatkan Service Level (Studi Kasus: PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul)*", sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa cahaya ilmu pengetahuan bagi umat manusia.

Tugas Akhir ini bukan sekadar rangkaian algoritma, data, atau metode. Ia adalah saksi dari malam-malam panjang yang sunyi, dari doa-doa lirih yang tak terdengar, dari lembar-lembar revisi yang kadang membuat hati ingin menyerah. Ini adalah tentang keberanian untuk melangkah, bahkan ketika langkah terasa berat. Tentang keyakinan, bahwa meski tak selalu mudah, semua perjuangan akan menemukan ujungnya. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Danang Setiawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan ilmu, arahan, koreksi, dan semangat dalam setiap tahapan penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Muchamad Sugarindra, S.T., M.T.I., IPM. Selaku dosen penguji pada sidang yang sudah memberikan banyak masukan untuk Tugas Akhir ini.
6. Bu Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc. Selaku dosen penguji pada sidang yang sudah memberikan banyak masukan untuk Tugas Akhir ini.
7. Kedua orang tua penulis, yaitu Bapak muntaji dan Ibu Niarul Dinayati serta saudara-saudari kandung saya, yaitu Kukuh Herdiansyah Prastiaji dan Aulia Nisa Stalasia yang selalu hadir dalam setiap ketikan Tugas Akhir ini, selalu memberikan doa yang tulus, dan selalu memberikan dukungan dengan baik dan halus.
8. Bapak Riki Rakeandana selaku Business Regional Manager (BRM) wilayah jawa tengah yang sudah memberikan saya izin untuk magang dan melakukan penelitian pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul.
9. Bapak Muhammad Arifin selaku Associate Business Manager (ABM) yang sudah memberikan saya tempat untuk tumbuh dan belajar untuk menuntut ilmu serta memberikan dukungan penuh untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Bapak wahid, bapak Fauzan, dan bapak adit selaku mentor yang memberikan saya tempat yang teduh untuk menimba ilmu di tempat kerja, diberikan arahan perlahan, dan terus diberikan pelajaran yang berharga.
11. Sastyaviani Irami Putri, Rifki Nurul Mukarim, Nabila Lintang Kirana dan Vira Dwi Apriyola telah menjadi tempat berpulang dari lelah, menjadi tawa di sela sunyi, dan menjadi

penguat dalam diam. Di tengah data, algoritma, dan malam-malam penuh kebimbangan, kehadiran kalian adalah jeda yang menenangkan. Tanpa banyak kata, kalian menguatkan. Tanpa diminta, kalian ada. Bersama kalian, perjuangan ini tak lagi terasa sendiri, dan langkah yang berat pun menjadi lebih ringan untuk diteruskan.

12. Muhammad Nurhadi, M. Zidan Al-Fachri, Adhira Yudanto, Ahmad Fuad Nazhif, Fadillah Aditya Maulana, Ilham Bintang, Dandy Fri Subagja, Dzyqi Ugih, Qinthara, Adam Althaf Salim, dan teman-teman saya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, kalian bukan sekadar teman tawa, tetapi juga jangkar di tengah badai. Terima kasih telah menjadi pelipur lelah, menjadi pengingat bahwa meski lelah dalam mengerjakan Tugas Akhir, kita masih punya ruang untuk tertawa dan bernafas.
13. Teman-teman marcom yang tidak bisa saya ucapkan satu persatu, terima kasih udah memberikan canda tawa, dan ruang yang hangat untuk menghibur saya dikala mengerjakan Tugas Akhir.

Akhir kata, penulis menyadari sepenuhnya bahwa karya ini belumlah sempurna. Namun semoga apa yang ditulis, dihitung, dan direnungkan dalam lembaran ini dapat memberi manfaat bagi dunia akademik maupun praktisi industri yang sedang mencari efisiensi dalam distribusi.

## ABSTRAK

Pendistribusian produk yang efisien merupakan faktor penting dalam menjaga kepuasan pelanggan dan kinerja operasional perusahaan, terutama bagi industri dengan produk bernilai gizi tinggi seperti susu. PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul menghadapi permasalahan rendahnya *Service Level* akibat keterbatasan armada pengiriman yang berdampak pada keterlambatan distribusi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut tanpa menambah jumlah armada, penelitian ini mengusulkan pendekatan *hybrid heuristic* dengan menggabungkan dua algoritma, yaitu *Evolutionary Algorithm* (EA) untuk proses *clustering* pelanggan ke dalam rute-rute sesuai batasan waktu dan kapasitas kendaraan, serta *Nearest Neighbor* (NN) untuk menentukan urutan kunjungan toko dalam setiap rute agar jarak dan waktu tempuh menjadi lebih optimal. Implementasi metode ini dilakukan dengan data pelanggan aktual dari Distributor Bantul dan mempertimbangkan waktu kerja maksimal 480 menit per armada, *Service Time* 7 menit per toko, serta waktu istirahat pengemudi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu membentuk tiga rute utama distribusi tanpa perpotongan, sesuai dengan batasan waktu dan kapasitas kendaraan. Selain itu, terjadi peningkatan *Service Level* dari 80% menjadi 87% tanpa penambahan armada, dengan mengeliminasi 13 toko dari pengiriman hari yang sama dan menjadwalkannya ulang. Penelitian ini membuktikan bahwa penggabungan EA dan NN sebagai metode *hybrid heuristic* efektif dalam mengatasi keterbatasan sumber daya distribusi dan dapat meningkatkan kualitas pelayanan secara signifikan.

**Kata Kunci:** *Hybrid Heuristic, Evolutionary Algorithm, Nearest Neighbor, Vehicle Routing Problem, Service Level, PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul.*

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN .....	ii
LEMBAR PENELITIAN .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xivv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>8</b>
2.1 <i>Supply Chain Management</i> .....	14
2.2 <i>Transportation</i> .....	16
2.3 <i>Vehicle Routing Problem</i> .....	20
2.4 <i>Distribution</i> .....	21
2.5 <i>Evolutionary Algorithm</i> .....	24
2.6 <i>Nearest Neighbor</i> .....	25
2.7 <i>Model Math</i> .....	26
2.8 Validasi dan Verifikasi.....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1 Objek Penelitian .....	29
3.2 Metode Pengumpulan Data .....	29
3.3 Persamaan Model Matematika .....	30
3.4 Alur Penelitian.....	33
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>	<b>37</b>
4.1 Pengumpulan data.....	37
4.1.1 Profil Perusahaan.....	37
4.1.2 Visi Misi Perusahaan .....	38
4.1.3 Formulasi Masalah.....	39
4.1.4 Data Penelitian.....	40
4.2 Pengolahan Data.....	45
4.2.1 Matriks Jarak .....	45
4.2.2 Waktu Tempuh.....	49
4.2.3 Proses <i>Evolutionary Algorithm</i> .....	49
4.2.4 Proses <i>Nearest Neighbor Algorithm</i> .....	58
4.2.5 <i>Safety Time</i> .....	63
4.2.6 Proses Verifikasi dan Validasi Rute Distribusi .....	64
<b>BAB V PEMBAHASAN .....</b>	<b>69</b>

5.1	Analisis Hasil .....	69
5.2	Perbandingan <i>Service Level</i> dengan <i>Service Level</i> perbaikan.....	78
5.3	Analisis Ekonomis Alternatif Penanganan Toko Tidak Terlayani .....	80
<b>BAB VI</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>84</b>
6.1	Kesimpulan .....	84
6.2	Saran.....	84
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>86</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>A-1</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Posisi Penelitian .....	13
Tabel 4. 1 Titik Koordinat <i>Customer</i> .....	40
Tabel 4. 2 Jam Kerja PT. Frisian Flag Indonesia .....	43
Tabel 4. 3 Data Kendaraan .....	44
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan <i>Euclidean</i> .....	47
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan <i>Haversine</i> .....	48
Tabel 4. 6 Koordinat X Y .....	50
Tabel 4. 7 Matriks Waktu .....	54
Tabel 4. 8 <i>Clustering</i> .....	55
Tabel 4. 9 Total <i>Time</i> .....	56
Tabel 4. 10 <i>Clustering</i> .....	58
Tabel 4. 11 <i>Pseudocode</i> Urutan Toko .....	58
Tabel 4. 12 Visualisasi .....	61
Tabel 4. 13 Validasi Semua Rute Distribusi .....	65
Tabel 5. 1 Rute Usulan 1 .....	70
Tabel 5. 2 Rincian Waktu Rute 1 .....	71
Tabel 5. 3 Rute Usulan 2 .....	73
Tabel 5. 4 Rincian Waktu Rute 2 .....	74
Tabel 5. 5 Usulan Rute 3 .....	76
Tabel 5. 6 Rincian Waktu Rute 3 .....	77
Tabel 5. 7 Data Biaya .....	81
Tabel 5. 8 Perhitungan Biaya Mingguan .....	82
Tabel 5. 9 Perhitungan Biaya Bulanan .....	83

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Supply Chain .....	16
Gambar 2. 2 Direct Shipping Network.....	19
Gambar 2. 3 <i>Milk Run</i> Network .....	19
Gambar 2. 4 Pembagian VRP .....	20
Gambar 2. 5 Penyimpangan di pabrik dengan pengiriman langsung.....	21
Gambar 2. 6 Penyimpanan di pabrik dengan pengiriman langsung dan penggabungan.....	22
Gambar 2. 7 Penyimpangan di distributor dengan pengiriman jasa pengirim .....	22
Gambar 2. 8 Penyimpanan di distributor dengan pengiriman hingga ke pelanggan.....	23
Gambar 2. 9 Penyimpanan di pabrik/distributor dengan pengambilan oleh pelanggan.....	23
Gambar 2. 10 Penyimpanan di toko dengan pengambilan pelanggan .....	24
Gambar 3. 1 <i>structure</i> VRP.....	31
Gambar 3. 2 Alur Penelitian.....	34
Gambar 4. 1 Sejarah PT. Frisian Flag Indonesia.....	38
Gambar 4. 2 Logo PT. Frisian Flag Indonesia .....	38
Gambar 4. 3 <i>Service Level</i> .....	45
Gambar 4. 4 Perubahan Data Ke X-Y .....	50
Gambar 4. 5 <i>Service Level</i> .....	57
Gambar 5. 1 Rute Usulan Kendaraan 1 .....	69
Gambar 5. 2 Rute Usulan 2 .....	72
Gambar 5. 3 Usulan Rute 3 .....	75
Gambar 5. 4 Perbandingan <i>Service Level</i> Sebelum dan Sesudah Perbaikan .....	80

## BAB I PENDAHULUAN

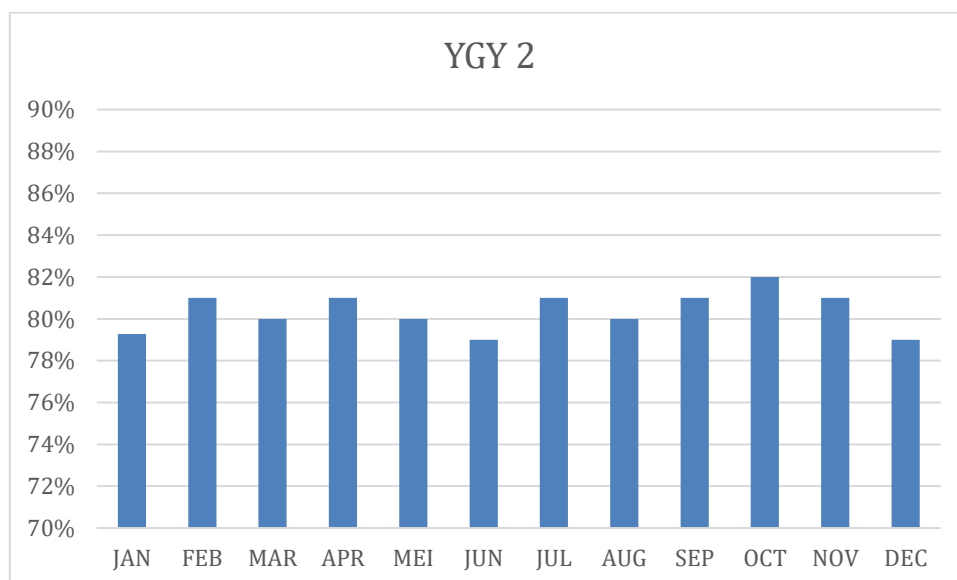
### 1.1 Latar Belakang

Susu merupakan suatu bahan makanan yang memiliki banyak kandungan zat-zat nutrisi yang memiliki peran penting dalam kehidupan manusia, contohnya seperti protein, lemak, karbohidrat, mineral, vitamin, dan faktor-faktor pertumbuhan lainnya (Resnawati, 2020). Karena memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, oleh karena itu susu menjadi kebutuhan yang sering dikonsumsi untuk kalangan anak-anak karena sangat baik untuk perkembangan otak dan kesehatan tubuh, lalu bisa dikonsumsi untuk remaja, orang dewasa, hingga usia lanjut. Pada akhirnya susu berkembang dengan memiliki beberapa bentuk yang sering dikonsumsi, seperti susu bubuk, susu kental manis, dan susu langsung minum, hal ini didasari karena permintaan dari konsumen terus meningkat dan tingginya kesadaran hidup sehat dan kebutuhan gizi keluarga. Karena hal itu, perusahaan-perusahaan produsen susu memiliki peran penting untuk memenuhi permintaan dari konsumen.

Di Indonesia banyak perusahaan yang bergerak dalam bidang industri susu, mulai dari perusahaan lokal dan perusahaan multinasional. Salah satu perusahaan besar yang sudah hampir 100 tahun menyebarkan susu di Indonesia adalah PT. Frisian Flag Indonesia. PT. Frisian Flag Indonesia berdiri pada tahun 1922, yang saat ini memiliki dua produk ternama, yaitu Frisian Flag dan Omela (Shojiki et al., 2024). Kantor pusat perusahaan berlokasi di Jalan Raya Bogor km 5, Pasar Rebo, Jakarta timur, dengan pabrik pusat ada di Cikarang, Bekasi. Sebagai bagian dari *FrieslandCampina*, sebuah koperasi susu yang berbasis di Meppel, Belanda. PT. Frisian Flag Indonesia memiliki komitmen untuk menyediakan produk-produk yang memiliki kualitas yang tinggi, hal itu selaras dengan visi perusahaan, yaitu “menjadi perusahaan nutrisi berbasis susu terkemuka yang menyediakan produk-produk berkualitas yang terjangkau bagi seluruh konsumen Indonesia”.

Untuk memenuhi permintaan yang tinggi dari konsumen, maka PT. Frisian Flag Indonesia menggunakan 2 cara dalam menyebarluaskan atau mendistribusikan produknya, pendistribusian merupakan suatu langkah yang memiliki peran penting yang dilakukan oleh perusahaan untuk melakukan penyebaran produk untuk meningkatkan penjualan (Muh. Arif & Andi Sismar, 2024), yaitu dengan cara *direct* dan *indirect*, jadi untuk *direct* merupakan pemasaran produk yang langsung dilakukan oleh pihak pertama, yaitu PT. Frisian Flag

Indonesia, sedangkan *indirect* pendistribusian atau pemasaran produk yang memerlukan pihak kedua, yaitu distributor (Syarif et al., 2022). PT. Frisian Flag Indonesia untuk mendukung pemasaran atau pendistribusi *indirect*, PT. Frisian Flag Indonesia menyediakan lebih dari 200 distributor yang bermitra, salah satunya berada di PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul. Dalam melakukan pemenuhan permintaan dari konsumen, PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul memiliki kendala dalam proses pengiriman produk kepada pelanggan, yaitu waktu pengiriman yang memiliki waktu yang cukup lama, hal ini bisa terjadi karena untuk idealnya yang sudah diskusi dengan kepala gudang, yaitu “idealnya untuk 2 *salesman* diikuti oleh 1 armada, tetapi untuk di Bantul terdapat 8 sales yang diikuti oleh 3 armada”. Sehingga untuk waktu pengiriman membutuhkan waktu 2-3 hari, yang seharusnya bisa dilakukan dalam 1 hari. Sehingga pengaruhnya dalam 1 hari hanya bisa menerima atau mengirimkan sebanyak 80 toko dari 100 toko.



Grafik 1. 1 *Service Level* Distributor Bantul

PT. Frisian Flag Distributor Bantul selama 1 tahun dengan persentase berkisaran antara 79% hingga 82%. Secara umum, *Service Level* pada bulan februari, april, juli, september, oktober, dan november cenderung stabil. Puncak penilaian tertinggi terjadi pada bulan oktober dengan nilai sebesar 82.5%, yang menunjukkan pada bulan tersebut tingkat pelayanan berada pada kondisi paling optimal. Sebaliknya, pada bulan januari, juni, dan desember mengalami penurunan *Service Level* dengan capaian sekitar 79% penurunan pada bulan januari terjadi disebabkan oleh masa transisi awal tahun serta dampak dari banyaknya pesanan toko karena sedang adanya potongan harga pada produk PT. Frisian Flag Indonesia. Pada bulan juni,

penurunan terjadi karena libur sekolah maka hal itu juga akan mengganggu kelancaran distribusi, dan di bulan desember dipengaruhi karena libur natal dan tahun baru. Hal tersebut diketahui setelah dilakukan wawancara terhadap pihak PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul.

Dari dampak kurangnya armada yang tersedia, maka dibutuhkan untuk melakukan pengiriman ke pelanggan bisa 2-3 hari, hal itu juga mengakibatkan turunnya *service level*. *Service Level* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghitung dari kinerja dari banyak pesanan yang bisa dipenuhi tepat waktu dari semua total pemesanan dari produk tersebut ( Fatima & Suryadi, 2023). Namun, perlu dipahami bahwa setiap perusahaan dapat memiliki definisi dan satuan pengukuran *Service Level* yang berbeda. Pada beberapa perusahaan bisa dalam bentuk waktu dan ada yang dalam bentuk persentase (Hadiwijaya, 2023). Pada perusahaan PT. Frisian Flag Indonesia *Service Level* dalam bentuk persentase dengan target 95%, tetapi distributor Bantul hanya bisa mendapatkan *Service Level* sebesar 80-81%. Dampak dari *Service Level* ini adalah antrian pengiriman, peningkatan beban kerja armada, dan kepuasan pelanggan yang menurun. Dalam hal ini pihak distributor bisa untuk menambah armada untuk mendukung pengiriman, tetapi dari pihak PT. Frisian Flag Indonesia tidak mau, karena itu berarti akan menambah biaya ke pihak distributornya.

Dari permasalahan dan dampak-dampak yang ada di atas, maka dibutuhkan penyelesaian berbasis pengoptimalan rute atau penentuan rute terbaik untuk memaksimalkan armada yang ada tanpa harus menambah biaya untuk penambahan armada. Rute merupakan suatu jalur yang akan dilalui oleh armada yang biasa ditentukan dari banyaknya konsumen (Pratama & Supriyatno, 2024). Algoritma yang akan digunakan dalam penyelesaian masalah diatas adalah gabungan dari *Evolutionary Algorithm* (EA) dan *Nearest Neighbor* NN. EA merupakan suatu algoritma yang digunakan untuk mencari Solusi dalam menangani permasalahan optimasi pendistribusian. algoritma ini cocok untuk menyelesaikan masalah yang bersifat NP-hard seperti *Vehicle Routing Problem* (VRP) (Muhammad et al., 2018). NN merupakan suatu algoritma yang digunakan dalam penyelesaian studi kasus optimasi rute dengan mencari kemungkinan rute distribusi terbaik atau algoritma ini sering digunakan dalam tahap akhir untuk membuat rute distribusi yang baik (Agustine et al., 2022). VRP adalah merupakan permasalahan yang terjadi pada suatu proses pendistribusian barang dari gudang perusahaan kepada pelanggan dengan memperhatikan batasan-batasan yang ada seperti kapasitas kendaraan, jumlah kendaraan, dan waktu jam kerja atau waktu tempuh (Amri et al., 2014).

Dalam penelitian ini, *Evolutionary Algorithm* dimanfaatkan sebagai alat perhitungan untuk melakukan proses *clustering*, *clustering* adalah upaya untuk mengelompokkan data, observasi, atau mengelompokkan objek ke dalam kelas yang sama (Agung Nugraha et al., 2022), *clustering* yang dimaksud adalah pengelompokan toko-toko ke dalam masing-masing kendaraan secara optimal dengan tetap mempertimbangkan batasan waktu kerja, kapasitas dan efisiensi armada. Namun, karena EA tidak dirancang untuk menentukan urutan terbaik kunjungan toko dalam setiap *cluster*-nya, maka digunakanlah algoritma *Nearest Neighbor*. NN digunakan untuk menentukan urutan kunjungan toko dalam setiap *cluster* yang sudah dibentuk oleh EA, dengan tujuan agar rute kunjungan menjadi lebih efisien dari sisi jarak tempuh dan waktu distribusi. Dengan pendekatan ini, masing-masing kendaraan tidak hanya mendapatkan kelompokan toko yang sesuai dengan batasan operasionalnya, tetapi juga memperoleh urutan pengantaran yang optimal, sehingga keseluruhan sistem distribusi menjadi lebih hemat waktu.

Implementasi metode ini akan digunakan dalam pendekatan simulasi menggunakan data yang terdapat pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul, serta mempertimbangkan berbagai variabel penting dalam operasional logistic perusahaan. Hasil dari penelitian diharapkan bisa untuk memberikan kontribusi nyata dalam pengambilan keputusan perusahaan dalam menentukan rute terbaik yang dimana bisa untuk mengefisiensikan waktu pengiriman, pengelolaan armada, serta peningkatan kualitas pelayanan terhadap pelanggan. Dengan demikian PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul bisa untuk mempertahankan posisinya di tengah persaingan industri yang ketat.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana urutan rute distribusi terbaik dari permasalahan pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul untuk meningkatkan efisiensi dalam melakukan pengiriman?
2. Apakah dari rute yang sudah disusun dalam pendistribusian PT. Frisian Flag Indonesia bisa meningkatkan *service level*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan urutan rute distribusi terbaik yang dapat digunakan pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul dalam melakukan proses pengiriman.
2. Menganalisis dampak penerapan rute distribusi yang sudah dilakukan perhitungan terhadap peningkatan *Service Level* dalam PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul dalam melakukan pengiriman kepada konsumen.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pihak-pihak terkait. Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi perusahaan

Perusahaan bisa mengetahui atau menggunakan dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan dalam menentukan strategi pengiriman produk dengan menggunakan 3 armada yang efisien dalam pemenuhan kebutuhan konsumen dan optimal dalam menggunakan jam kerja yang ada, agar bisa meningkatkan *service level*, yang dimana tidak melebihi ketentuan yang ada, seperti jam kerja dan kapasitas kendaraan.

2. Bagi Penulis

Dari penelitian yang sudah dilakukan oleh penulis, setidaknya penulis bisa mengaplikasikan keilmuan dan pengetahuan yang sudah didapatkan selama kuliah, selain hal itu penulis juga bisa berpikir kritis dalam mengidentifikasi masalah dan menentukan akar permasalahan serta dampak dari masalah-masalah yang ada.

#### **1.5 Batasan Penelitian**

Untuk menghindari meluasnya masalah dan mempermudah memahami permasalahan yang akan dibahas maka perlu adanya batasan masalah, yaitu:

1. Penelitian ini dilakukan khusus untuk menentukan rute pendistribusian dari PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul.
2. Dalam penelitian yang dilakukan tidak mempertimbangkan penggunaan bahan bakar.
3. Objek penelitian yang dipilih adalah PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul.
4. Tidak melakukan pertimbangan kegiatan pekerjaan di luar kegiatan distribusi.
5. Penelitian yang dilakukan ini hanya sebatas usulan tidak sampai pada tahap implementasi.
6. Penelitian ini tidak mempertimbangkan jenis-jenis produk yang diangkut dalam 1 kendaraannya.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Dalam penelitian ini terdiri dari beberapa alur dan isi penelitian, hal ini bertujuan untuk memudahkan penulis dalam menulis tugas akhir dan memudahkan dalam memahami. Berikut merupakan isi dari sistematika penulisan:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisikan terkait latar belakang permasalahan, rumusan masalah, Batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan secara menyeluruh sebagai fondasi awal penelitian.

### **BAB II KAJIAN LITERATUR**

Pada bab ini berisikan terkait landasan teori yang diperoleh dari berbagai sumber, diantaranya adalah jurnal ilmiah, buku, dan referensi terpercaya lainnya. Bab ini juga terdapat pendekatan induktif maupun deduktif yang relevan sebagai hal yang akan menyokong proses penelitian yang dilakukan.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Pada bab ini berisikan rancangan penelitian, metode yang akan digunakan, perangkat dan bahan yang akan digunakan, alur penelitian, bahan baku, material, dan data yang akan digunakan.

### **BAB IV PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada bab ini berisikan tentang bagaimana proses dalam pengumpulan data yang dilakukan, pengolahan data yang sudah didapat, setelah diolah maka akan dilakukan analisis, dan untuk hasil dari pengolahan datanya bisa disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan visual lainnya.

### **BAB V PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dilakukan analisis mendalam terhadap hasil pengolahan data yang sudah dilakukan pada bab sebelumnya.

### **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan dilakukan pernyataan singkat yang ditulis dengan urutan angka untuk menjabarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan. Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini harus menjawab dari rumusan masalah yang ada di bab pertama. Saran pada bab ini berisikan beberapa rekomendasi pengembangan yang akan dilakukan penelitian selanjutnya dengan memperhatikan alat ataupun metode lain dengan tujuan untuk memperluas pengembangan ilmu. Lalu diharapkan dari saran ini bisa digunakan oleh peneliti selanjutnya agar tidak terhambat atau kendala selama melakukan penelitian.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Pada bagian ini berisikan sumber literatur yang digunakan sebagai acuan penelitian ini, baik berupa jurnal, buku, maupun literasi lainnya yang menunjang.

### **LAMPIRAN**

Pada bagian ini berisikan tentang lampiran yang berisikan daftar tabel, gambar, atau beberapa hal yang bisa mendukung penelitian yang sudah dilakukan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini memaparkan hasil kajian pustaka yang terdiri dari dua pendekatan, yaitu induktif dan deduktif. Kajian induktif merupakan bagian *state of the art* sebuah penelitian. *state of the art* adalah kajian yang didasari dari penelitian yang sudah pernah dilakukan terdahulu atau pengalaman yang telah dipublikasikan dalam bentuk artikel ilmiah, jurnal, maupun tulisan sejenis lainnya yang memiliki keterlibatan dengan topik atau tema yang akan dilakukan penelitian (Kamilah et al., 2023). Kajian deduktif adalah cara berpikir secara sistematis, dimana pendapat dibuat berdasarkan premis yang dianggap benar. Teori yang sudah diterima luas, praktiknya digunakan untuk menjelaskan berbagai fenomena, seperti dalam penelitian ilmiah (Marlia et al., 2024). Dibawah ini merupakan beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang dilakukan ini yang dapat digunakan sebagai acuan.

Penelitian yang dilakukan oleh Riska Sri Utami (2024), tujuan dari penelitian ini adalah mencari rute distribusi terpendek, dalam penyelesaian masalah pada penelitian ini, digunakannya metode algoritma *evolutionary* dan *Nearest Neighbor*, setelah itu hasil dari akhirnya akan dilakukan perbandingan dengan rute awal. Hasil dari penelitian ini adalah bahwa metode algoritma *evolutionary* menghasilkan rute distribusi yang lebih optimal dibandingkan dengan *Nearest Neighbor*, dengan perolehan jarak untuk algoritma *evolutionary* adalah 54,5 KM, sedangkan untuk *Nearest Neighbor* 55 KM. dengan ini metode algoritma *evolutionary* lebih optimal.

Penelitian yang dilakukan oleh Christian dan Chen (2023), tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan dari tiga algoritma dari algoritma *evolutionary*, ketiga algoritma itu adalah EPO, CFA, dan FHO. Dari hasil penelitian ini, didapatkan bahwa untuk algoritma EPO berhasil menemukan solusi terbaik dengan efisiensi dan kualitas lebih unggul dari dua algoritma CFA dan FHO. Didapatkan hasil bahwa EPO bisa 39,97% lebih baik dari waktu CFA dan FHO. Dari penelitian diatas bahwa algoritma *evolutionary* EPO memiliki hasil lebih efektif dan efisiensi dalam menyelesaikan masalah *Traveling Salesman Problem* (TSP).

Penelitian yang dilakukan oleh Stiadi Yulianto (2020), tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah mengurangi atau mengoptimalkan rute pengiriman untuk mengurangi biaya transportasi, jumlah pengemudi, dan kendaraan. Dalam penelitian ini juga, dilakukan menyeimbangkan rute sesuai dengan waktu perjalanan dan muatan kendaraan sehingga

distribusi menjadi lebih efektif dan efisien. Hasil dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan algoritma *evolutionary* untuk optimasi rute pengiriman dapat menghasilkan rute yang lebih efisien dengan jarak tempuh yang lebih pendek dan biaya yang lebih rendah. Misalnya, rute yang diusulkan menghemat RP 7.685,04 dan jarak tempuh sebesar 9,84 KM dibandingkan dengan rute awal, dan juga mempercepat waktu pengiriman sebesar 55 menit 25 detik.

Penelitian yang dilakukan oleh Laelatul Dannurul (2020), tujuan dalam penelitian yang dilakukan ini adalah untuk menemukan rute pengiriman es batu terbaik dengan menggunakan bantuan algoritma *Nearest Neighbor* dan dibantu juga dengan Excel Solver. Hasil dari jurnal yang sudah dilakukan adalah hasil dari algoritma *Nearest Neighbor* dan bantuan Excel Solver dapat membuat rute pengiriman es batu yang paling efisien dengan jarak total yang lebih pendek daripada rute sebelumnya. Selain itu, teknik ini memiliki kemampuan untuk mempersingkat rute perjalanan hingga sekitar 22% dan menyelesaikan permasalahan *Travelling Salesman Problem* (TSP).

Peneliti yang dilakukan oleh Putra (2024), tujuan dalam penelitian yang sudah dilakukan ini adalah melalui penggunaan algoritma genetika untuk menentukan rute distribusi produk yang optimal dengan mempertimbangkan waktu tempuh dan biaya transportasi serta mengurangi biaya total transportasi hingga batas normal perusahaan. Hasil dari penelitian ini adalah algoritma genetik berhasil membuat rute distribusi produk yang ideal, mengurangi biaya total transportasi hingga 12%. Selain itu penggunaan teknik ini membantu perusahaan memenuhi batas normal biaya transportasi sebesar 50% dari anggaran harian dari perusahaan.

Penelitian yang dilakukan oleh Saputra dan Fadillah (2024), tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengurangi biaya distribusi dan meningkatkan kapasitas moda transportasi, penelitian ini bertujuan untuk menyediakan solusi rute transportasi yang optimal, khususnya untuk rute ganda atau looping. Hasil dari penelitian ini adalah menemukan rute distribusi terbaik untuk kasus rute ganda atau looping. Dengan menggunakan pendekatan genetik algoritma (GA), ini memungkinkan untuk mengurangi biaya distribusi dan mengoptimalkan kapasitas moda transportasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Hatim dan Ahmad (2022), tujuan dalam penelitian yang dilakukan ini adalah membuat penjadwalan produksi, hal ini dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang dimiliki sesuai dengan kesepakatan waktu pengiriman yang telah diterapkan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk membuat model penjadwalan produksi yang tepat dan sesuai, serta untuk membuat penjadwalan produksi yang terintegrasi

untuk semua produk selama proses produksi. Hasil dari penelitian ini adalah penggunaan algoritma genetika dalam penjadwalan produksi dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya sehingga penjadwalan yang hampir optimal. Misalnya, pengoptimalan ini mengurangi waktu makespan (waktu penyelesaian total) secara signifikan, sebesar 17090 atau sekitar 20,24% dibandingkan dengan penjadwalan awal.

Penelitian yang dilakukan oleh Sholihin dan Donoriyanto (2023), tujuan dalam penelitian ini adalah untuk meningkatkan efisiensi rute distribusi sehingga jarak tempuh armada secara keseluruhan dapat diminimalkan dengan menggunakan metode algoritma *evolutionary*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma *evolutionary* berhasil mengurangi jumlah rute distribusi dari 17 menjadi 9 rute, yang menghasilkan penghematan jarak tempuh sebesar 26%. Selain itu, jumlah produk yang dikirim pada setiap rute tidak melebihi kapasitas maksimum armada, yaitu 300 karung, sehingga rute distribusi yang dihasilkan lebih efisien.

Penelitian yang dilakukan oleh Rusman Suwarman (2021), tujuan pada penelitian ini adalah memberikan Gambaran tentang bagaimana metode Algoritma *Evolutionary* memiliki fungsi untuk memecahkan *Travelling Salesman Problem* (TSP) dalam kasus pengiriman barang dari sebuah gudang minimarket ke gerainya dan menunjukkan kompleksitas yang dihasilkan oleh penambahan jumlah node pada (TSP). hasil dari penelitian ini adalah hasil dari penelitian yang sudah dilakukan, dimana metode Algoritma *Evolutionary* berhasil untuk memecahkan *Travelling Salesman Problem* (TSP) dalam kasus pengiriman barang dari gudang minimarket ke gerainya. EA memiliki kemampuan untuk mendekati solusi yang dihasilkan oleh metode perhitungan linear dengan pola linearitas yang signifikan dan nilai R2 yang mendekati 1. Selain itu, EA tetap memberikan solusi yang layak meskipun jumlah node bertambah banyak, sedangkan LP terkadang menghasilkan solusi yang tidak layak pada jumlah node yang besar. Ini menunjukkan bahwa EA dapat digunakan untuk mendapatkan solusi TSP dengan jumlah node yang banyak dan kompleksitas yang meningkat.

Penelitian yang dilakukan oleh Nugroho (2022), tujuan pada penelitian ini adalah tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan rute distribusi matras yang paling efisien dengan memanfaatkan kapasitas kendaraan yang tersedia dalam satu pengiriman. Tujuannya juga untuk menghasilkan penurunan total jarak tempuh distribusi dan peningkatan efisiensi proses pendistribusian yang dilakukan oleh organisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma genetika yang digunakan untuk meningkatkan kapasitas kendaraan dalam satu pengiriman mengurangi jarak tempuh distribusi total sebesar 1,65%, atau sekitar 39,43 KM. hal ini

meningkatkan efisiensi penggunaan kendaraan dan proses pendistribusian, yang dapat meningkatkan profitabilitas bisnis.

Penelitian yang dilakukan oleh Pambo (2021), tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan mengevaluasi algoritma *evolutionary* untuk menyelesaikan masalah routing kendaraan dengan drone dan intersepsi (VRPDI). Penelitian ini juga akan membandingkan dan menganalisis algoritma yang telah dikembangkan dengan yang sudah ada, serta menganalisis waktu pengiriman yang lebih lama dan jarak total yang dihasilkan dari penggunaan drone bersama truk selama proses pengiriman. Hasil dari penelitian ini adalah menunjukkan bahwa algoritma *evolutionary* yang dikembangkan dapat menyelesaikan masalah *routing* kendaraan dengan drone dan intersepsi (VRPDI) secara efektif untuk dataset dengan 50 dan 100 node. Hasilnya menunjukkan peningkatan waktu pengiriman antara 39% hingga 64% dan pengurangan jarak total antara 7% hingga 69% dibandingkan dengan solusi VRP konvensional. Namun, pada dataset dengan lebih dari 100 node, performa algoritma menurun, baik dari segi kualitas maupun jumlah kinerja algoritma ini juga lebih baik pada dataset kecil hingga menengah dibandingkan dengan beberapa algoritma lain.

Penelitian yang dilakukan oleh Xin (2022), tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses distribusi serta mengurangi biaya logistic, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan algoritma optimasi distribusi logistic yang efisien. Ini terutama berlaku untuk distribusi di area lokal dan distribusi ultri pusat. Hasil dari penelitian ini adalah algoritma optimasi distribusi logistic yang lebih akurat dan efisien dalam menemukan cara terbaik untuk menyelesaikan masalah. Ini memiliki potensi untuk meningkatkan efektivitas proses distribusi, mengurangi biaya logistic, dan mendukung pengembangan sistem distribusi yang lebih canggih dan terintegrasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Moonsri (2022), tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mengembangkan dan menerapkan algoritma *differential Evolution (DE) hybrid* dan *self-adaptive* untuk menyelesaikan masalah *Vehicle Routing Problem (VRP)* multi-depot dengan *fleet heterogen*, *Time window*, dan Batasan inventori pada distribusi telur. Tujuan dari penelitian ini juga untuk mengurangi biaya total operasional, termasuk biaya transportasi, tenaga kerja, dan penyimpanan. Hasil dari penelitian ini adalah algoritma HSADE dapat menyelesaikan masalah distribusi telur secara efisien dalam waktu yang lebih singkat sekitar 30 menit dibandingkan dengan metode konvensional seperti LINGO, yang membutuhkan

waktu lebih lama. Selain itu, algoritma ini memiliki tingkat efisiensi heuristic (HP) rata-rata 96.40% dan tingkat peningkatan relative (RI) sebesar 14.13%.

Penelitian yang dilakukan oleh Dutta (2022), penelitian yang dilakukan ini adalah untuk mempelajari dan mengembangkan model dan teknik untuk mencegah masalah *Vehicle Routing Problem* (VRP), khusus yang multi-objek dan ramah lingkungan. Selain itu, untuk meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi pengangkutan barang, pendekatan berbasis klaster dan algoritma *evolutionary* akan digunakan. Hasil dari penelitian ini adalah penerapan algoritma *evolutionary* dan pendekatan berbasis klaster dalam meningkatkan efisiensi pengangkutan dan mengurangi dampak lingkungan, seperti emisi karbon dioksida, dalam *Vehicle Routing Problem* multi-target dan ramah lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh Park (2021), tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat model matematis untuk masalah rute kendaraan dengan pengambilan dan pengiriman bersama yang mempertimbangkan kapasitas berat kendaraan dan jarak maksimal. Model *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery* (VRPSPD) juga dapat memungkinkan pengiriman dan pengambilan barang secara bersamaan, sehingga mengurangi jumlah kunjungan pelanggan. Hasil dari penelitian ini adalah penelitian ini menghasilkan model matematik untuk masalah rute kendaraan dengan pengambilan dan pengiriman bersama yang memperhitungkan kapasitas berat dan jarak kendaraan yang paling lama. Dengan memungkinkan pengiriman dan pengambilan produk secara bersama, model ini juga mengurangi jumlah kedatangan pelanggan.

Pada penelitian ini, yang dilakukan oleh Moch. Adib Heramunida (2025), tujuan penelitian yang dilakukan ini adalah untuk menyelesaikan permasalahan yang ada pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul, dimana permasalahannya pembuatan rute yang lebih efisien untuk memaksimalkan *Service Level* yang selama ini masih di bawah standar dari perusahaan. Hal ini juga bisa menjadi jalan tengah, karena distributor membutuhkan tambahan armada, tetapi dari pihak PT. Frisian Flag Indonesia tidak mau mengeluarkan biaya atau *cost*. Oleh karena itu dilakukannya optimasi rute distribusi untuk memaksimalkan sumberdaya yang ada.

Tabel 2. 1 Posisi Penelitian

Penulis	Obyek (Industri)			Metode			
	makanan	Logistik	Pariwisata	Body Motor	<i>Evolutionary Algorithm</i>	<i>Nearest Neighbor</i>	Genetika Algorithm
(Utami et al., 2024)	✓				✓	✓	
(Chen et al., 2023)			✓		✓		
(Yulianto et al., 2020)	✓				✓		
(Laelatul Fitria, Nurul Janatim Majid, 2020)	✓					✓	
(Putra et al., 2024)			✓				✓
(Saputra & Fadhilah, 2024)		✓					✓
(Hatim & Ahmad, 2022)				✓			✓
(Sholihin & Donoriyanto, 2023)		✓			✓		
(Ruswan Suwarman, 2021)		✓			✓		
(Nugroho, 2022)		✓					✓
(Pambo, 2021)		✓			✓		

Penulis	Obyek (Industri)			Metode			
	makanan	Logistik	Pariwisata	Body Motor	Evolutionary Algorithm	Nearest Neighbor	Genetika Algorithm
(Xin et al., 2022)		✓					✓
(Moonsri et al., 2022)	✓				✓		
(Dutta et al., 2022)		✓			✓		
(Park et al., 2021)		✓			✓		
(Moch. Adib Heramunida, 2025)	✓				✓	✓	

### 2.1 Supply Chain Management

*Supply Chain Management* (SCM) atau manajemen rantai pasok merupakan pengelolaan produk dari *supplier* hingga penggunaan. Pengelolaan ini menghasilkan pola pola distribusi produksi berdasarkan jumlah, Lokasi, dan waktu yang tepat dalam melakukan pendistribusian produk. Dengan kata lain, manajemen rantai pasok ini mengatur proses untuk meningkatkan efisiensi distribusi produk dengan mengintegrasikan pemasok dan konsumen akhir (Ridwan & Rizal Gaffar, 2022).

Pada prosesnya, ada tiga tujuan yang membentuk strategi manajemen rantai pasok. Tujuan tersebut meliputi:

#### 1. Mengurangi Biaya

Perusahaan harus dapat mengurangi biaya dengan menetapkan model transportasi, pergudangan, standarisasi, dan layanan untuk mengurangi biaya.

#### 2. Mengurangi modal

Perusahaan harus bisa dalam melakukan mengurangi modal sehingga tingkat investasi strategi logistik dapat berkurang. Cara ini dapat menghasilkan variable biaya yang lebih besar daripada strategi yang memerlukan tingkat biaya investasi yang lebih tinggi, tetapi pada saat balik modal investasi, diyakini dapat meningkat.

#### 3. Perbaiki layanan

Perusahaan akan bisa untuk memperbaiki layanan yang ada secara berkesinambungan. Oleh karena itu, manajemen rantai pasok memegang peran penting untuk meningkatkan kinerja perusahaan (Jamaludin, 2022).

Dalam manajemen rantai pasok ada yang namanya rantai pasok, rantai pasok atau yang sering dikenal dengan *supply chain* adalah suatu sistem yang mengintegrasikan semua proses bisnis pada suatu produk mulai dari hulu hingga hilir dengan tujuan memberikan produk kepada pelanggan secara tepat waktu dan dalam jumlah yang tepat tanpa mengorbankan keuntungan perusahaan. Rantai pasokan berkaitan dengan pengelolaan anggota-anggota rantai pasokan yang sangat kompleks dan penuh dengan ketidakpastian setiap elemennya. Jika rantai pasok tidak dilakukan dengan baik, maka hal ini akan berdampak pada penurunan kerja, yang pastinya hal ini juga akan berdampak pada perusahaan yang mengakibatkan ketidakpuasan konsumen, karena kalah bersaing dengan perusahaan-perusahaan lain (Goni et al., 2022).

Dalam manajemen rantai pasok memiliki tiga komponen yang harus selalu berjalan selaras dengan strategi bisnis, dimana tiga komponen ini adalah upstream, internal, dan downstream (Ridwan & Rizal Gaffar, 2022). Berikut merupakan penjelasan dari ketiga komponen tersebut:

1. *Upstream supply chain*

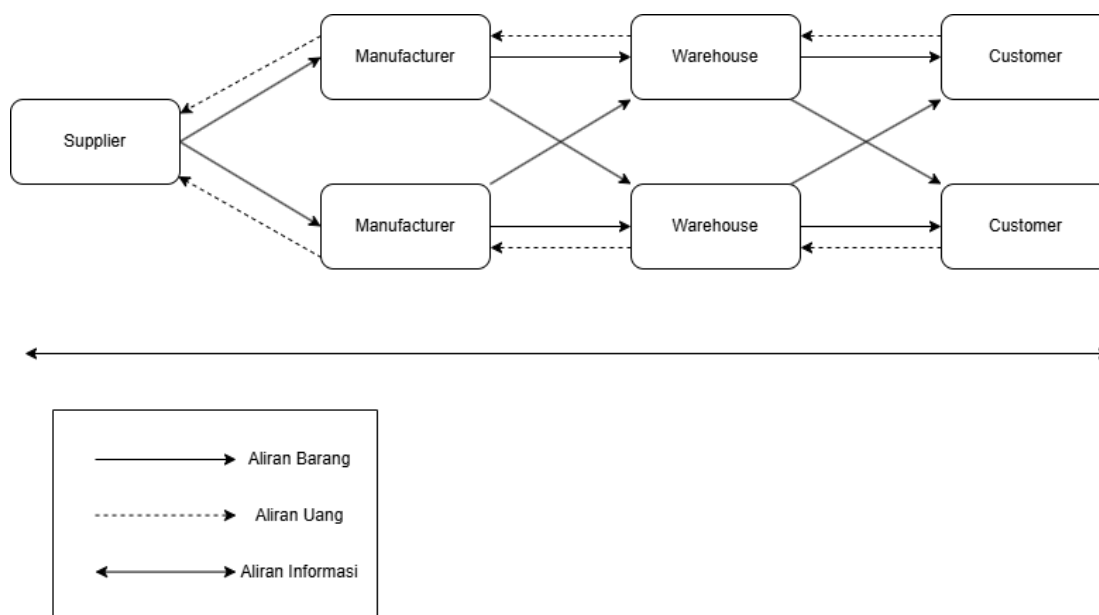
*Upstream supply chain* merupakan suatu proses aliran yang mencakup dan menghubungkan suatu perusahaan ke *supplier* yang menyediakan bahan baku untuk dilakukannya proses produksi menjadi barang jadi. Aktivitas ini meliputi beberapa hal didalamnya, yaitu adanya proses pengadaan bahan baku kepada *supplier*.

2. *Internal Supply Chain*

*Internal Supply Chain* merupakan suatu proses pengolahan bahan baku yang diterima oleh *supplier* yang akan diubah menjadi bahan jadi. Dalam proses ini meliputi beberapa hal, yaitu ada penerimaan bahan mentah, proses produksi menjadi bahan jadi, pengendalian mutu, dan pengendalian persediaan.

3. *Downstream Supply Chain*

*Downstream Supply Chain* merupakan proses yang akan dilakukan perusahaan untuk menyalurkan produk yang sudah selesai dalam proses pembuatannya. Dalam hal ini memiliki beberapa peran didalamnya, yaitu transportasi, distribusi, hingga penerimaan produk oleh pengguna akhir.



Gambar 2. 1 Diagram Supply Chain

(Sumber: (Sucahyowati, 2014)

Gambar 2.1 diatas merupakan alur dari manajemen rantai pasok (Riny Chandra, Latifah Hanum Br Sembiring, 2016). Alur tersebut terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

1. *Chain 1: Supplier*

*Supplier* merupakan pihak yang memiliki tugas untuk menyediakan bahan baku yang nantinya akan digunakan oleh perusahaan dalam pembuatan produk yang akan diproduksi.

2. *Chain 2: Supplier – Manufacture*

*Manufacture* merupakan langkah kedua yang dimana akan dilakukan proses produksi dari bahan baku yang diterima menjadi bahan jadi yang siap digunakan bagi konsumen.

3. *Chain 3: Supplier – Manufacture-Warehouse*

*Warehouse* merupakan proses yang akan melakukan penyaluran barang kepada pelanggan melalui distributor skala kecil.

4. *Chain 4: Supplier – Manufacture-Warehouse-Customer*

*Customer* merupakan pihak yang akan menerima, membeli, dan menggunakan produk yang sudah jadi, atau biasa kita sebut dengan *end user*.

## 2.2 Transportation

Transportasi merupakan salah satu faktor yang cukup penting dalam menciptakan ketepatan waktu karena hal itu akan menunjukkan seberapa cepat dan tepat produk dapat dikirim dari satu tempat ke tempat lain. Manajemen transportasi harus mempertimbangkan kinerja pelayanan

dan biaya transportasi yang murah. Jika suatu produk tidak tersedia pada saat yang dibutuhkan, akan ada banyak kerugian, seperti kehilangan penjual, ketidakpuasan pelanggan, dan keterlambatan produksi. Pada akhirnya, kerugian terbesar adalah kehilangan kepercayaan pelanggan (Goni et al., 2022).

Secara sederhana, karena sangat jarang suatu produk hanya dikonsumsi di wilayah tempat produk tersebut diproduksi, transportasi memainkan peran terbesar dalam industri. Semakin besar sebuah industri, semakin luas pula wilayah di mana hasil produksinya tersebar. Untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dalam hal waktu, jumlah, kualitas, dan penerimaan produk, manajemen transportasi industri ini harus memastikan transportasi yang efektif dan efisien. Dibawah merupakan beberapa alasan utama mengapa transportasi sangat penting untuk keberhasilan sistem logistik (Ni Putu Decy Arwini, 2023):

1. Biaya transportasi dipengaruhi oleh jarak pabrik, gudang, pemasok, dan pelanggan satu sama lain. Ini berarti Lokasi fasilitas harus dipertimbangkan dengan sangat baik.
2. Penggunaan transportasi mempengaruhi jumlah inventori. Pengangkutan cepat dapat mengurangi inventori.
3. Pilih metode pengiriman yang tepat berdasarkan jenis kemasan produk dan metode pengiriman.
4. Perlengkapan pengelolaan material yang diperlukan oleh pabrik, seperti bongkar muat dan perancangan tempat penerimaan dan pengiriman, ditentukan oleh jenis transportasi yang akan digunakan.
5. Metode pemrosesan pesanan dengan konsolidasi atau *cross docking* dan dilanjutkan dengan mekanisme pengiriman yang dapat memenuhi kuota moda transportasi yang tersedia akan meningkatkan keuntungan karena biaya transportasi yang lebih rendah dan potongan jumlah.
6. Pemilihan moda transportasi yang tepat juga mempengaruhi kualitas layanan pelanggan. Moda transportasi yang memiliki kecepatan tinggi memiliki kualitas layanan yang lebih baik.

Perkembangan teknologi mempengaruhi kemajuan transportasi. Perusahaan saat ini memiliki banyak opsi transportasi. Dalam hal ini transportasi memiliki 3 hambatan utama, yaitu ada jarak, waktu, dan biaya. Dalam industri moda transportasi yang paling umum digunakan untuk mengangkut barang adalah darat, laut, dan udara. Truk, kereta api barang, dan pipa biasanya digunakan di rute darat, dan kapal laut menggunakan *container*, tanker, dan pipa, serta

untuk moda transportasi udara biasanya digunakan pesawat kargo, atau pesawat penumpang yang akan dibatasi volume bagasinya. Tabel 2. 2 merupakan kelebihan dan kekurangan dari setiap kendaraan yang ada (Ni Putu Decy Arwini, 2023).

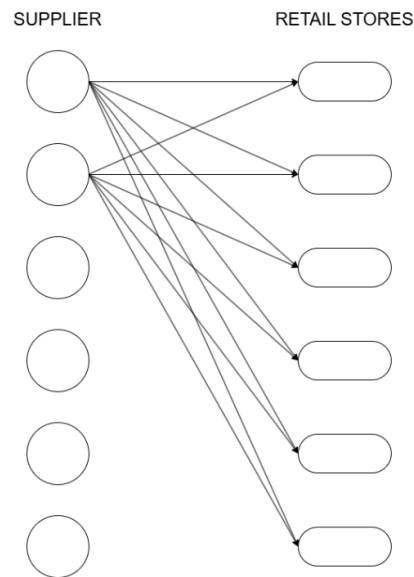
Tabel 2. 2 Karakteristik Moda Transportasi

Moda	Daya Angkut	Ongkos	Kecepatan	Fleksibilitas	Jarak Tempuh	Keterangan
Truk	Relatif Kecil	Relatif Murah	Relatif Cepat	Tinggi	Relatif Jauh	Bisa door to door transportasi darat yang bisa mengangkut jumlah besar dan beragam transportasi yang bisa digunakan untuk jarak tempuh yang jauh tepat untuk barang yang memiliki nilai tinggi hanya bisa untuk satu jenis barang
Kereta Api	Besar	Murah	Rendah	Rendah	Relatif Jauh	
Kapal Laut	Besar	Murah	Rendah	Rendah	Jauh	
Pesawat	Relatif Kecil	Mahal	Tinggi	Rendah	Jauh	
Pipa	Besar	Mahal	Rendah	Rendah	Jauh	

Kinerja yang memiliki responsivitas atau efisiensi baik, dipengaruhi oleh desain transportasi perusahaan. Karena jaringan transportasi menentukan dan memutuskan jadwal operasional kendaraan dan rute mana yang harus dilewati, hal ini dapat dicapai. Perusahaan biasanya mendistribusikan barang mereka dengan cara lain. Ada dua metode yang kerap digunakan oleh perusahaan (Setiawan & Rahardjo, 2021).

#### 1. *Direct Delivery*

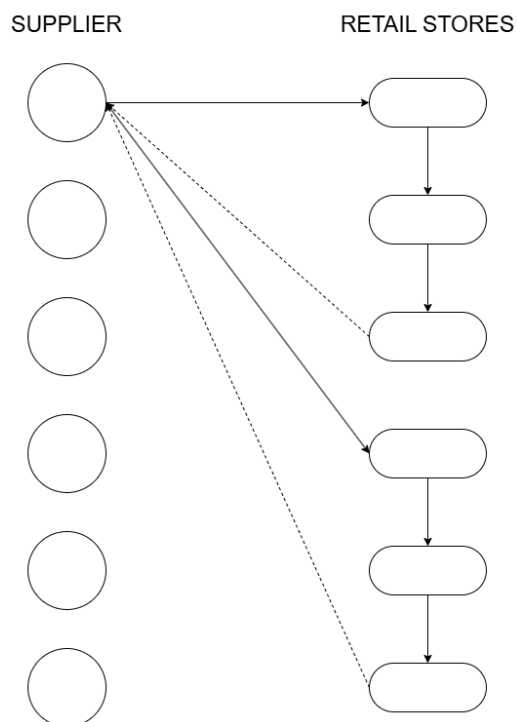
*Direct Delivery* merupakan suatu kegiatan pengiriman barang dari supplier langsung ke plant yang ada tanpa harus masuk ke dalam *Warehouse* pusat. *Direct Delivery* atau pengiriman langsung ini akan melakukan pemaksimalan kendaraan daya angkutnya.



Gambar 2. 2 Direct Shipping Network

## 2. *Milk Run*

Penggunaan *milk runs* dapat mengurangi biaya gudang atau inventory, hal ini dikarenakan pada *milk runs* dilakukan penggabungan seluruh pengiriman yang memiliki permintaan sedikit dan utilitas kendaraan yang tinggi. Tetapi metode ini memiliki kelemahan. Karena pengiriman dilakukan secara berulang kali, maka untuk biaya transportasi akan meningkat.

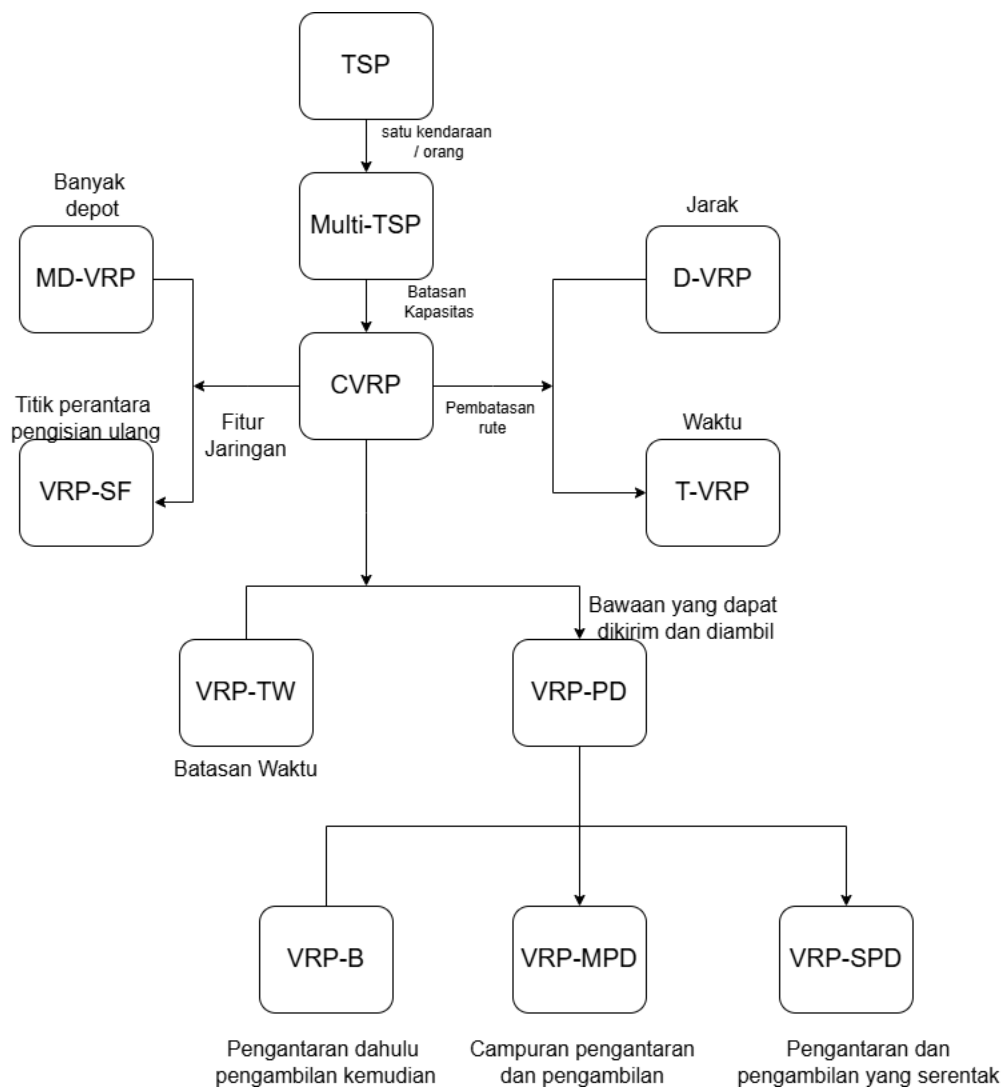


Gambar 2. 3 *Milk Run* Network

### 2.3 Vehicle Routing Problem

*Vehicle Routing Problem* (VRP) didefinisikan sebagai, suatu cara untuk mencari penggunaan untuk lebih efisien dengan sejumlah kendaraan yang akan melakukan perjalanan ke berbagai Lokasi untuk menjemput dan mengantarkan barang. Ini dilakukan dengan menentukan pasangan kendaraan yang sesuai untuk setiap kendaraan yang akan diangkut.

*Vehicle Routing Problem* (VRP) merupakan masalah dimana jumlah kendaraan yang diperlukan untuk melayani pelanggan yang tersebar secara geografis harus ditentukan untuk sejumlah kendaraan dengan banyak rute yang berada di satu depot atau lebih. Solusi dari VRP adalah menemukan rute terbaik, mengurangi biaya transportasi, dan menyelesaikan masalah optimalisasi sistem distribusi dan transportasi. seperti bagan dibawah ini (Hester Patmawati, 2022)



Gambar 2. 4 Pembagian VRP

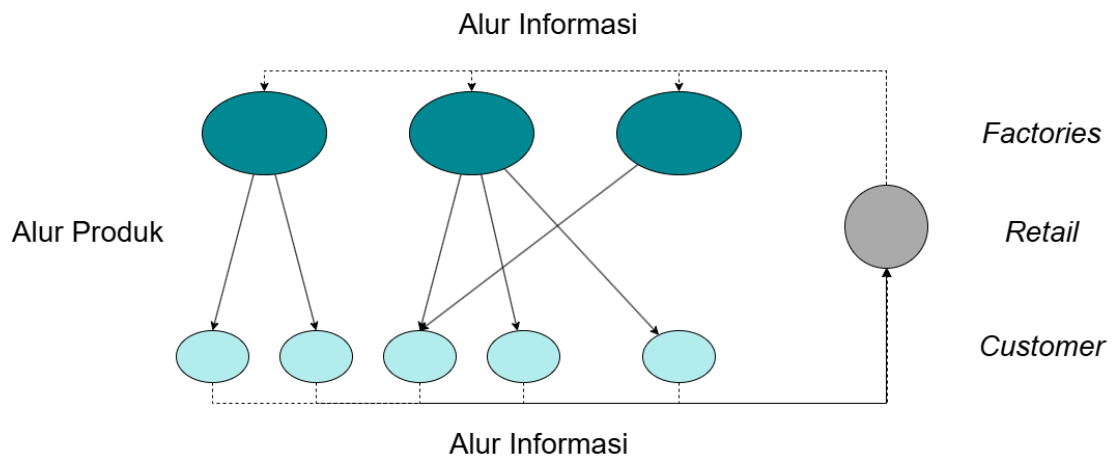
## 2.4 Distribution

Secara sederhana, distribusi merupakan suatu kegiatan yang dilakukan oleh perusahaan untuk mengalirkan produk dan barang akan mereka jual ke lokasi tertentu, yang merupakan target pasar, dengan tujuan menjaga ketersediaan stok produk di tangan konsumen. Perusahaan yang membuat produk menggunakan distribusi sebagai saluran pemasaran untuk mengirimkan produk mereka ke industri atau konsumen. Lembaga yang terlibat dalam distribusi adalah produsen, distributor, konsumen, atau industri (Devi & Akhmad, 2023).

Dalam meningkatkan nilai pelanggan, maka perusahaan harus memiliki jaringan distribusi terbaik yang sesuai dengan strategis bisnis. Dibawah ini merupakan beberapa pilihan untuk membangun jaringan distribusi (Haq, 2025).

### 1. Penyimpangan di pabrik dengan pengiriman langsung

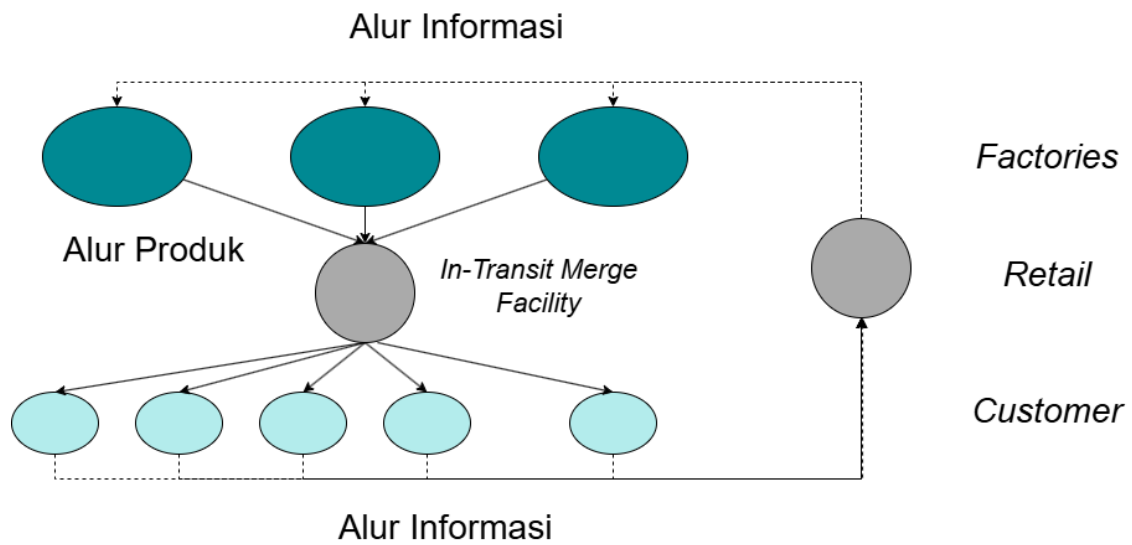
Metode distribusi ini dikenal sebagai *dropshipping*, dimana produk yang dikirim langsung dari produsen ke pelanggan tanpa adanya perantara seperti toko. Toko retail tidak menyimpan produk secara langsung, tetapi bertanggung jawab untuk menyampaikan informasi pesanan pelanggan ke produsen. Metode ini memiliki keunggulan, yaitu produsen dapat mengelola persediaan secara terpusat sehingga mereka dapat mengumpulkan permintaan dari semua toko ritel.



Gambar 2. 5 Penyimpangan di pabrik dengan pengiriman langsung

2. Penyimpanan di pabrik dengan pengiriman langsung dan penggabungan dalam perjalanan  
 Metode ini lebih murah dalam hal biaya transportasi daripada metode *dropshipping* karena proses distribusi dilakukan secara terpusat daripada terpisah-pisah. Ini yang menyebabkan berbeda dengan *dropshipping*, dimana metode *dropshipping* menggabungkan beberapa pesanan dari produsen yang berbeda untuk pelanggan yang sama. Metode ini memiliki keunggulan, yaitu cocok untuk produk yang memiliki nilai tinggi dan sulit untuk dilakukan

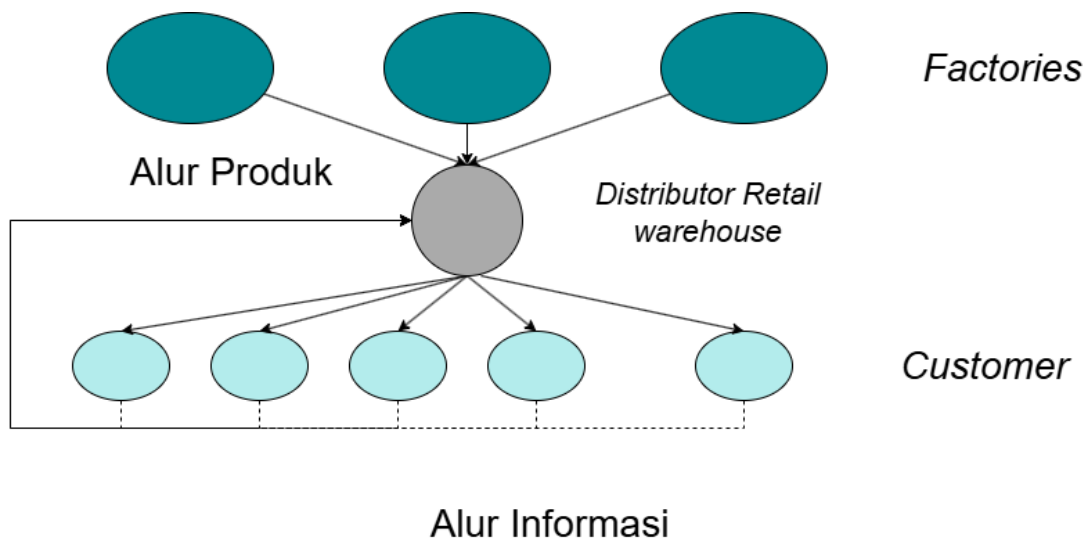
peramalan permintaan serta cocok untuk produk yang memiliki kustomisasi yang tinggi seperti produk komputer.



Gambar 2. 6 Penyimpanan di pabrik dengan pengiriman langsung dan penggabungan

### 3. Penyimpangan di distributor dengan pengiriman jasa pengirim

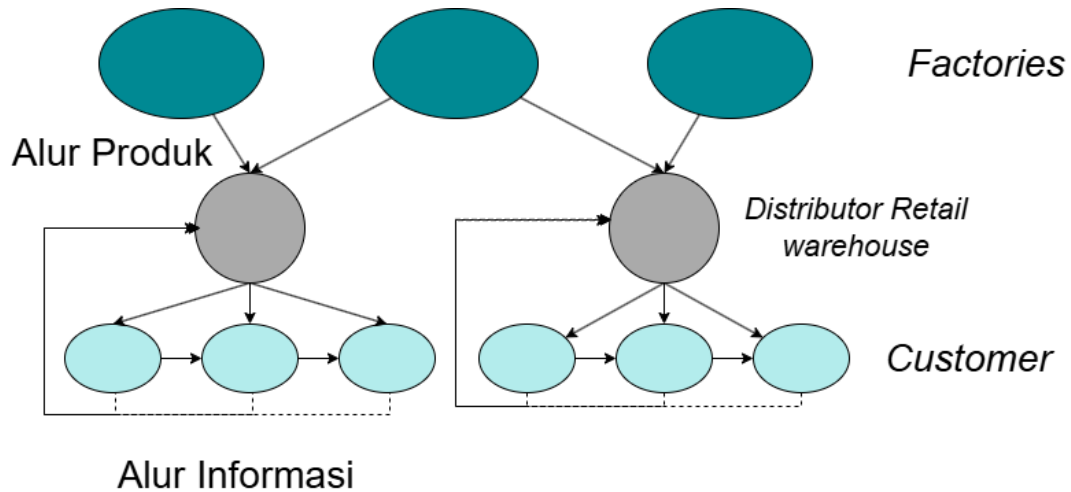
Dalam metode ini produk tidak disimpan oleh produsen, sebaliknya produk disimpan oleh distributor atau toko ritel menggunakan gudang sementara yang mereka miliki, dan pengiriman juga dilakukan oleh jasa pengiriman. Keuntungan dari metode ini adalah mengurangi jarak pelanggan, biaya transportasi, dan meningkatkan response *Time* yang baik.



Gambar 2. 7 Penyimpangan di distributor dengan pengiriman jasa pengirim

### 4. Penyimpanan di distributor dengan pengiriman hingga ke pelanggan (*last-mile-delivery*)

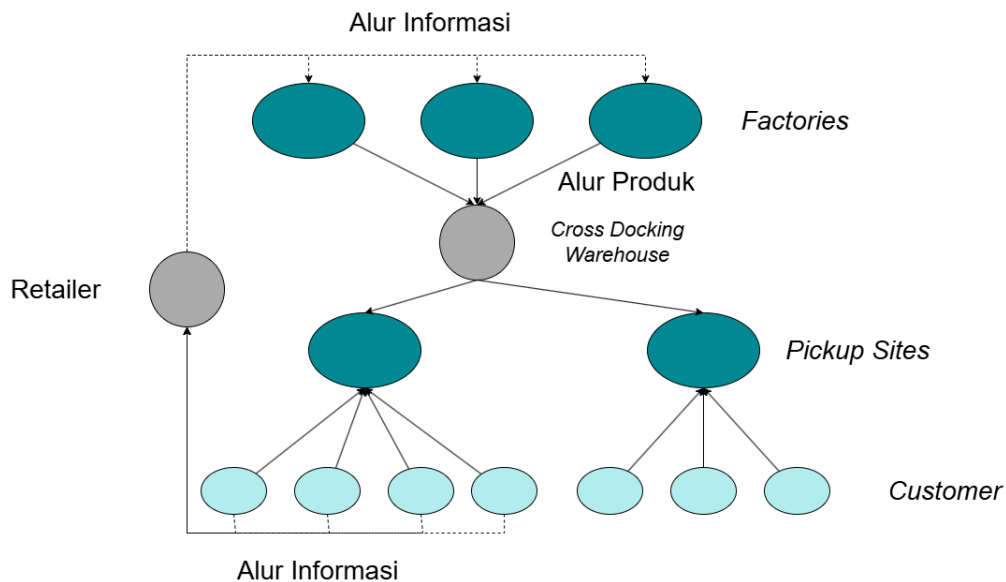
Metode ini berbeda dengan metode sebelumnya, hal ini disebabkan metode ini membutuhkan gudang distribusi yang lebih dekat dengan pelanggan, sehingga jumlah gudang dalam saluran distribusi akan lebih besar.



Gambar 2. 8 Penyimpanan di distributor dengan pengiriman hingga ke pelanggan

5. Penyimpanan di pabrik/distributor dengan pengambilan oleh pelanggan

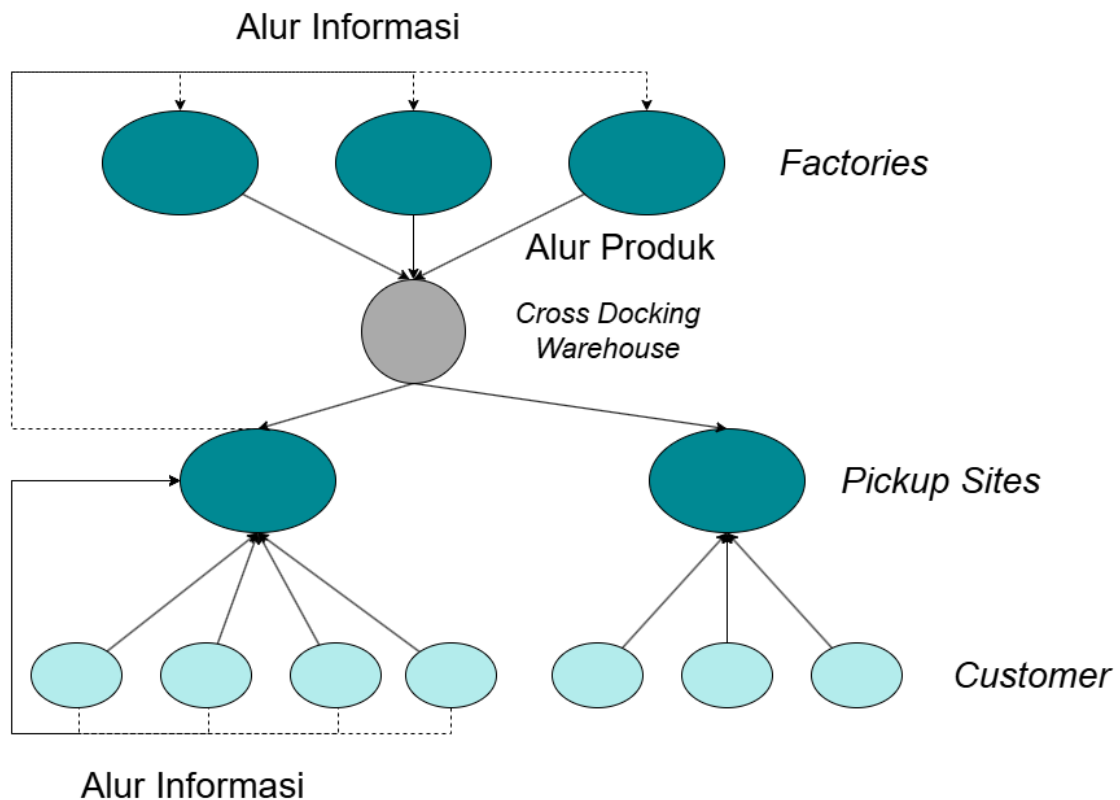
Metode ini merupakan metode dimana pelanggan dapat mengambil barang tanpa dikirim secara langsung dari produsen atau penjual. Pelanggan hanya bisa memesan produk secara online dan kemudian pergi ke Lokasi pengambilan barang. Keunggulan metode ini adalah memiliki biaya penyimpanan dan biaya transportasi yang rendah.



Gambar 2. 9 Penyimpanan di pabrik/distributor dengan pengambilan oleh pelanggan

6. Penyimpanan di toko dengan pengambilan pelanggan

Metode distribusi ini paling umum, dikarenakan konsumen dapat membeli barang secara langsung di toko. Toko ritel menjadi fungsi sebagai tempat penyimpanan barang dan tempat pelanggan dapat mengambil barang. Biasanya, pelanggan menggunakan dua metode pembelian: *walk-in purchase*, di mana mereka datang langsung ke toko dan memilih produk dan membelinya di tempat atau dengan *online purchase with pickup*, dimana pelanggan memesan produk secara online dan mengambilnya di toko. Keuntungan dari metode ini adalah memiliki respons waktu dan waktu ke pasar yang baik karena pelanggan akan lebih mudah menjangkau produk.



Gambar 2. 10 Penyimpanan di toko dengan pengambilan pelanggan

### 2.5 Evolutionary Algorithm

*Evolutionary Algorithm* (EA) merupakan suatu penyelesaian masalah optimasi yang didasari pada teori Darwin tentang kemampuan alami manusia untuk beradaptasi dengan alam. Sebuah populasi individu dalam suatu lingkungan dengan keterbatasan sumber daya, yang dimana bersaing untuk mendapatkan sumber daya tersebut, menghasilkan seleksi alam, yang menghasilkan populasi yang terdiri dari individu yang paling mampu beradaptasi (Ruswan Suwarman, 2021).

Metode *Evolutionary Algorithm* (EA) adalah suatu metode dalam solver Microsoft Excel yang dapat digunakan untuk menemukan solusi model optimal. Metode ini didasarkan pada filosofi evolusi makhluk hidup. Dibawah ini merupakan tiga keunggulan dari *Evolutionary Algorithm* dibandingkan dengan metode metaheuristik (Yulianto et al., 2020).

1. Kompleksitas fungsi objektif tidak mempengaruhi *Evolutionary Algorithm* selama fungsi tersebut dapat dievaluasi untuk masalah uji coba yang diberikan.
2. Kompleksitas kendala yang ada tidak mempengaruhi *Evolutionary Algorithm* secara signifikan.
3. *Evolutionary solver* sendiri tidak terbatas pada Lokasi optimum suatu hasil dan akan terus bekerja untuk mencapai hasil yang diinginkan.

## 2.6 Nearest Neighbor

Algoritma *Nearest Neighbor* merupakan suatu algoritma yang digunakan dalam penyelesaian studi kasus optimasi rute dengan mencari kemungkinan rute distribusi terbaik atau algoritma ini sering digunakan dalam tahap akhir untuk membuat rute distribusi yang baik (Agustine et al., 2022). Proses algoritma ini dimulai dengan menentukan simpul atau depot sebagai titik awal, kemudian memilih simpul atau depot berikutnya yang memiliki jarak atau bobot paling dekat dengan titik awal tersebut. Langkah ini dilakukan secara berulang-ulang hingga seluruh simpul telah dikunjungi dan mencapai titik akhir.

Algoritma *Nearest Neighbor* memang menjadi tahap akhir untuk menentukan rute distribusi yang baik, hal itu merupakan keunggulan dari algoritma *Nearest Neighbor*, dibawah ini merupakan kelebihan yang lain dan kekurangan dari metode ini (Tamyiz & Waluyo Prasetyo, 2018).

1. Keunggulan
  - a. Sederhana dan mudah diimplementasikan.
  - b. Cepat dan efisien secara komputasi.
  - c. Cocok sebagai solusi awal.
  - d. Dapat mengurangi jarak atau waktu tempuh secara signifikan dibandingkan rute acak.
2. Kekurangan
  - a. Tidak adaptif terhadap *Constraint*.
  - b. Hasil akhir tergantung pada titik awal.

## 2.7 Model Math

Karena kompleksnya yang tinggi dan termasuk dalam kategori masalah *NP-Hard* (*Non-Deterministic Polynomial Time*). *Vehicle Routing Problem* (VRP) memerlukan *model math* untuk penyelesaiannya. Dengan kata lain, waktu komputasi yang diperlukan untuk menemukan solusi optimal meningkat secara eksponensial seiring dengan jumlah pelanggan, kendaraan, dan kendala lainnya. Untuk merumuskan VRP secara formal, *model math* seperti Mixed Integer Linear Programming (MILP) digunakan. Model ini memungkinkan penggunaan algoritma optimisasi untuk menemukan solusi yang efisien. Dalam praktiknya, karena VRP sulit diselesaikan secara tepat, pendekatan heuristi dan metaheuristic seperti *tabu search* dan *simulated annealing* sering digunakan untuk mendapatkan solusi hampir optimal dalam waktu yang wajar (Ahmed et al., 2022).

## 2.8 Validasi dan Verifikasi

Validasi merupakan tahap jika ukuran performa sistem yang diamati menunjukkan bahwa hasil dari simulasi tidak berbeda secara signifikan dengan hasil sistem nyata, maka model simulasi dianggap valid secara kuantitatif, untuk memastikan validasi tersebut, maka akan dilakukan pengujian statistik untuk membandingkan hasil simulasi dan data sistem sebenarnya. Jika tidak ada perbedaan yang signifikan, model akan dianggap cukup valid untuk menunjukkan sistem yang sebenarnya. Dibawah ini merupakan beberapa langkah yang bisa digunakan dalam melakukan validasi (Amri et al., 2013).

### 1. Uji Kesamaan Dua Rata-Rata

Dalam perhitungan ini akan dilakukan perbandingan rata-rata performa antara sistem nyata dan model simulasi.

- Hipotesis
  - H0: Tidak ada perbedaan rata-rata.
  - H1: adanya perbedaan rata-rata.
- Rumus uji t:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

- Keterangan
  - $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ : merupakan rata-rata sistem riil dan simulasi.
  - S1, S2: Standar deviasi sistem riil dan simulasi.

- $n_1, n_2$ : jumlah data pada masing-masing sistem.
- Kriteria Keputusan

$$-t_{\alpha/2, n_1 + n_2 - 2} \leq t \leq t_{\alpha/2, n_1 + n_2 - 2} \Rightarrow H_0 \text{ diterima}$$

## 2. Uji Kesamaan Dua Variansi

Dalam perhitungan ini digunakan untuk memastikan apakah variansi dari sistem riil dan simulasi dianggap sama.

- Hipotesis
  - $H_0: S_1^2 = S_2^2$
  - $H_1: S_1^2 \neq S_2^2$
- Rumus uji F:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

- Kriteria Keputusan

$$F_{1 - \alpha/2, n_1 - 1, n_2 - 1} \leq F \leq F_{\alpha/2, n_1 - 1, n_2 - 1} \Rightarrow H_0 \text{ diterima}$$

## 3. Uji Kecocokan Distribusi

Dalam perhitungan ini akan dilakukan untuk mengetahui apakah frekuensi hasil simulasi cocok dengan frekuensi pengamatan riil.

- Metode: Uji Chi-Square
- Rumus:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\theta_i - E_i)^2}{E_i}$$

- Keterangan
  - $\theta_i$ : Frekuensi pengamatan nyata pada kategori ke-i.
  - $E_i$ : Frekuensi yang diharapkan oleh model pada kategori ke-i.
  - $k$ : jumlah kategori
- Kriteria Keputusan

$$\chi^2 \leq \chi_{\alpha, df} \Rightarrow H_0 \text{ diterima (model valid)}$$

Verifikasi merupakan suatu proses, dimana proses ini memastikan model komputer yang dibuat benar-benar sesuai dengan model konseptual yang telah dirancang sebelumnya. Hal itu memiliki maksud untuk memastikan alur diagram alur, asumsi, logika sistem, dan rumus matematis telah diimplementasikan tanpa kesalahan teknis di kode. Fokusnya bukan

membandingkan tetapi lebih menguji ketepatan dari terjemahan dari konsep ke kode(Rifki et al., 2025).

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian merupakan sasaran ilmiah yang digunakan sebagai tempat pengumpulan data dengan tujuan penelitian yang bersifat objektif, valid, dan reliabel. Objek pada penelitian optimasi rute distribusi berbasis *hybrid heuristic* dengan kombinasi *evolutionary algorithm* dan *nearest neighbor* untuk meningkatkan *service level* adalah Pendistribusian produk susu dari Gudang atau distributor ke pelanggan sesuai dengan permintaan pelanggan, dan berfokus pada menentukan jalur distribusi produk susu PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul. Berikut merupakan profil dari PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul:

Nama perusahaan : PT. Frisian Flag Indonesia  
Alamat : Jl. Bantul, Area Sawah, Pendowoharjo, Kec. Sewon, Kabupaten Bantul,  
Daerah Istimewa Yogyakarta.  
Bidang Usaha : Salesman dan Distribusi

### 3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian ini, peneliti perlu untuk memperhatikan jenis data yang digunakan, hal ini bertujuan untuk memudahkan pada pengambilan data yang akan digunakan. Ada dua jenis data yang diperlukan untuk penulis dalam melakukan penelitian ini, yaitu data primer dan sekunder:

#### 1. Data Primer

Data primer merupakan data yang dikumpulkan secara langsung dari objek penelitian melalui alat bantu pengukur atau alat pengambilan data langsung pada subjek. Data primer biasanya diambil melalui beberapa cara:

##### a. Observasi

Peneliti melakukan observasi pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul yang berada pada bagian pengiriman khusus daerah Bantul, mulai dari jumlah toko yang dikirim, nama toko, titik koordinat toko, dan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengiriman produk ke seluruh pelanggan. Pengambilan data ini, didapatkan dengan melakukan pengamatan dan menandai toko-toko yang melakukan pengantaran.

##### b. Wawancara

Narasumber yang terlibat adalah BRM Bantul, kepala Gudang, dan penanggung jawab pendistribusian Bantul. Data yang diambil pada kegiatan ini adalah data *Service Level* 2024, data *Demand*, jumlah kendaraan, kapasitas kendaraan, dan waktu kerja dan alasan PT. Frisian Flag Indonesia tidak menambahkan armada.

## 2. Data Sekunder

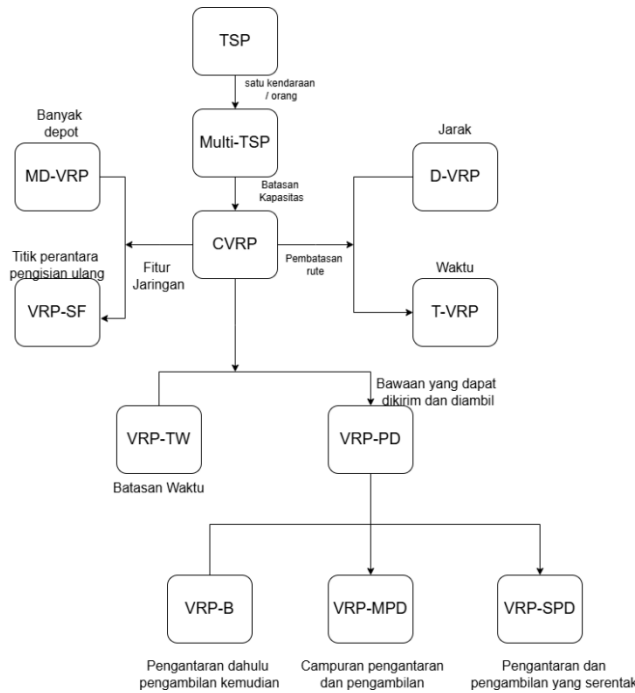
Data sekunder merupakan data yang dikumpulkan oleh peneliti secara tidak langsung, yang dimana data ini diperoleh dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, seperti jurnal, buku, dan artikel. Data ini digunakan sebagai pendukung pada penelitian yang dilakukan ini. Data sekunder yang didapatkan dalam penelitian ini adalah jarak antar depot dan toko serta profil perusahaan.

### 3.3 Persamaan Model Matematika

#### 3.3.1 Struktur VRP Sebagai Dasar Pembangunan Model

*Problem Salesman Travelling* (TSP) yang digunakan dalam sistem distribusi dengan lebih dari satu kendaraan berkembang menjadi *Vehicle Routing Problem* (VRP). Pada penelitian ini VRP digunakan sebagai dasar untuk membuat model matematika, hal ini bertujuan untuk menyelesaikan masalah distribusi produk PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul. Agar model yang dibangun dapat sesuai dengan keadaan nyata di lapangan.

Berdasarkan klasifikasi VRP, model penelitian ini termasuk dalam jenis *Problem Routing Vehicle Capacitated* (CVRP), yaitu masalah distribusi yang memperhitungkan kapasitas maksimum kendaraan. Lalu masuk juga ke dalam *Time-Constrained VRP* (T-VRP), karena proses distribusi memiliki batasan waktu kerja kendaraan dalam satu hari operasional.



Gambar 3. 1 *structure* VRP

- Tujuan yang dirumuskan adalah Meminimalkan waktu distribusi

$$\text{MIN } Z = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij} \cdot X_{ijk} \dots \dots \dots (1)$$

- Batasan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Setiap pelanggan hanya dapat dikunjungi tepat satu kali. Jika suatu pelanggan dapat terjalayani maka terdapat perjalanan mengunjungi dan meninggalkan pelanggan tersebut pada salah satu rute.

$$\sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^n X_{ij}^k = 1, \forall i \in \{1,2,3, \dots, n\} \dots \dots \dots (2)$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=0}^n X_{ij}^k = 1 \forall j \in \{1,2,3, \dots, n\} \dots \dots \dots (3)$$

2. Jumlah armada yang digunakan tidak boleh melebihi jumlah armada yang tersedia.

$$\sum_{k \in K} \left( \sum_{j \in N} X_{0jk} \right) \leq M \dots \dots \dots (4)$$

3. Setiap kendaraan mengangkut barang tidak melebihi kapasitas maksimal kendaraan.

$$\sum_{j=1}^n d_j \cdot \sum_{i=1}^n X_{ijk} \leq Q, \forall k \in \{1,2,3, \dots, n\} \dots \dots \dots (5)$$

4. Waktu perjalanan setiap rute harus kurang dari waktu maksimal yang sudah ditetapkan.

$$T_{jk} \leq T_{max}, \quad \forall j, k \dots \dots \dots (6)$$

5. Setiap rute perjalanan kendaraan berawal dan berakhir di depot.

$$\sum_{j=1}^n X_{0jk} = 1, \forall k \dots \dots \dots (7)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{i0k} = 1, \forall k \dots \dots \dots (8)$$

- Parameter dan Notasi

$i$  = titik awal atau distributor Bantul

$j$  = titik pengiriman atau kunjungan

$m$  = distributor Bantul

$n$  = pelanggan

$k$  = kendaraan/armada

$d_j$  = permintaan dari pelanggan  $j$

$Q$  = kapasitas maksimum setiap kendaraan

$t_{ij}$  = waktu tempuh dari simpul  $i$  ke  $j$

$T_{jk}$  = Waktu tiba kendaraan  $k$  di titik  $j$

$T_{max}$  = waktu maksimum yang diizinkan untuk setiap rute

$M$  = jumlah total kendaraan yang tersedia

- Variabel Keputusan

$X_{ijk} = \{1 \text{ jika kendaraan } k \text{ pergi ke } i \text{ ke } j \text{ 0 lainnya}\}$

$Y_i = \{1 \text{ jika pelanggan } j \text{ dilayani tepat waktu 0 lainnya}\}$

$T_{jk}$  = waktu kumulatif kendaraan  $k$  saat tiba di pelanggan  $j$

### 3.3.2 Waktu Pelayanan

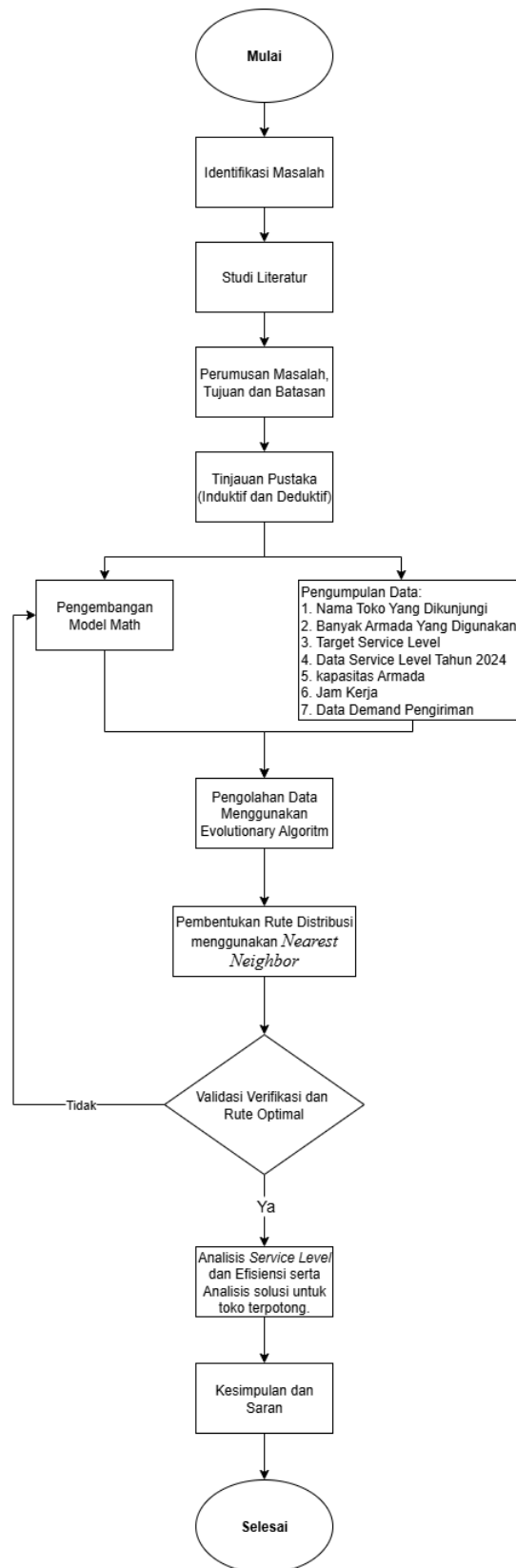
Pada penelitian ini, pendistribusian yang dilakukan pada setiap tokonya akan membutuhkan waktu pelayanan, jadi tidak mobil setelah data maka akan langsung pergi tetapi masih ada

waktu pelayanan (*Service Time*). *Service Time* merupakan waktu yang merujuk pada proses yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu aktivitas pelayanan dari awal hingga akhir (Puspa et al., 2017).

Pada pendistribusian PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul *Service Time* mencakup beberapa hal, yaitu penurunan muatan dan pengecekan produk yang diangkut sebelum masuk ke dalam toko. *Service Time* yang diambil pada penelitian ini adalah 7 menit, 7 menit ini diambil dari waktu pelayanan toko yang memiliki total pemesanan produk paling banyak, hal ini didasari karena tidak semua toko mengangkut produk yang sama dan waktu pelayanan yang sama, dan *Service Time* di bawah 7 menit akan digunakan sebagai waktu aman ketika melakukan pendistribusian.

### **3.4 Alur Penelitian**

Tujuan dari diagram penelitian ini adalah untuk membuat alur penelitian yang akan memudahkan peneliti dalam melakukan penelitian, pada gambar 3.2 merupakan alur penelitian yang sudah dibuat.



Gambar 3. 2 Alur Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1, dibawah merupakan penjelasan dari alur penelitian di atas, sebagai berikut:

1. Mulai

Pada tahap awal ini, dilakukan observasi masalah yang ada di PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul dengan keterlambatan pengiriman yang menyebabkan *Service Level* rendah.

2. Identifikasi Masalah

Masalah ini disebabkan karena kurangnya armada yang ada, karena untuk idealnya satu armada di ikut oleh dua *sales*, akan tetapi untuk Distributor Bantul hanya ada 3 armada dari delapan *sales*.

3. Studi Literatur

Mengumpulkan referensi dan penelitian dari berbagai artikel, jurnal, dan dokumen ilmiah yang membahas tentang masalah di atas, metode optimasi rute distribusi, terutama untuk *Vehicle Routing Problem* (VRP) dan *Evolutionary Algorithm* (EA).

4. Perumusan Masalah, Tujuan, dan Batasan

Pada bagian ini, masalah utama penelitian ini adalah bagaimana mengoptimalkan rute distribusi untuk meningkatkan *Service Level* tanpa menambah jumlah armada. Dengan tujuan untuk menemukan rute distribusi terbaik dengan waktu tempuh yang efisien, dan batasan ditetapkan untuk menjaga relevansi model, seperti kapasitas, jumlah kendaraan, waktu kerja, jumlah toko yang dikunjungi, serta hanya terfokus di bagian distribusi produk PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul.

5. Tinjauan Pustaka

Ada dua pendekatan yang dilakukan pada tahap ini, yaitu kajian induktif dan kajian deduktif. Kajian induktif mengacu pada temuan penelitian sebelumnya untuk mengidentifikasi perbedaan. Kajian deduktif merujuk pada teori-teori yang mendasari ilmu pengetahuan, seperti teori logistik, transportasi, VRP, dan *Evolutionary Algorithm* .

6. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan akan digunakan untuk membuat model matematis dan simulasi algoritma. Data ini termasuk nama toko yang dikunjungi, jumlah armada yang digunakan,

*standard service level*, *Service Level* tahun 2024, kapasitas armada, jam kerja, dan jumlah permintaan pengiriman setiap toko.

#### 7. Model *Math*

Berdasarkan konsep *Vehicle Routing Problem* (VRP), model matematis mempertimbangkan berbagai batasan-batasan yang ada, seperti jumlah kendaraan, kapasitas kendaraan, waktu kerja maksimal, dan kunjungan pelanggan yang hanya terjadi sekali.

#### 8. Pengolahan Data

Dari data yang sudah didapatkan dan sudah menentukan serta mempertimbangkan dari batasan-batasan yang sudah dibuat dalam bentuk model *math*. Proses *Evolutionary Algorithm* pengelompokan toko-toko ke dalam masing-masing kendaraan secara optimal dengan tetap mempertimbangkan batasan waktu kerja, kapasitas dan efisiensi armada.

#### 9. Pembentukan Rute Distribusi

NN digunakan untuk menentukan urutan kunjungan toko dalam setiap *cluster* yang sudah dibentuk oleh EA, dengan tujuan agar rute kunjungan menjadi lebih efisien dari sisi jarak tempuh dan waktu distribusi.

#### 10. Validasi Verifikasi dan Penilaian Rute Optimal

Hasil dari rute distribusi yang dihasilkan oleh NN, maka akan dilakukan validasi dan verifikasi, apakah rute yang sudah dibuat sudah sesuai dengan rute jalan yang sebenarnya dengan membandingkan waktu tempuh simulasi dengan waktu tempuh perjalanan dalam lapangan. Lalu akan dilakukan penilaian tentang kenaikan *Service Level* setelah dilakukan perbaikan rute distribusi.

#### 11. Analisis

Analisis dampak dilakukan setelah validasi dan penetapan solusi optimal. Di antara hasil analisis ini adalah peningkatan *Service Level* dibandingkan dengan kondisi awal, serta peningkatan efisiensi waktu dan biaya distribusi dari rute baru. Dilakukannya analisis untuk menentukan solusi yang terbaik untuk menangani toko yang tidak bisa dikirim.

#### 12. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap terakhir ini, hasil penelitian diuraikan secara keseluruhan, jawaban terhadap rumusan masalah diberikan, dan saran diberikan kepada perusahaan seperti penerapan rute terbaik dan menentukan apakah penambahan armada diperlukan. Selain itu saran diberikan tentang bagaimana melanjutkan penelitian lanjutan.

#### 13. Selesai

## BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

### 4.1 Pengumpulan data

Pada bagian penelitian ini akan dibahas terkait pengumpulan data yang dilakukan peneliti untuk mendukung dalam menyelesaikan masalah pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul, yaitu tentang peningkatan *Service Level* dengan pengoptimalan rute distribusi.

#### 4.1.1 Profil Perusahaan

PT. Frisian Flag Indonesia merupakan salah satu Perusahaan susu terbesar yang ada di Indonesia yang memproduksi susu bernutrisi dengan merk Frisian Flag, Friso, Susu Bendera, dan Omela untuk kalangan anak-anak dan keluarga sejak tahun 1922 atau hampir selama 100 tahun. PT. Frisian Flag Indonesia berpusat di Jalan Raya Bogor km 5, Pasar Rebo, Jakarta Timur, Indonesia dan di Jalan Komp. Polri, Ciracas, Jakarta Timur, Indonesia. Perusahaan ini terletak di tengah-tengah kota Jakarta Timur, merupakan sebuah Perusahaan sekaligus tempat melakukan produksi susu. PT. Frisian Flag Indonesia merupakan anak perusahaan yang memiliki pusat di Belanda dibawah pengawasan Perusahaan yang memiliki nama “*Royal Friesland Foods*” dan berkantor di Meppel, Belanda.

PT. Frisian Flag Indonesia, sebagai bagian dari FrieslandCampina, salah satu koperasi susu yang berpusat di Meppel, Belanda, telah membentuk fondasi yang cukup kuat di industri susu. Dengan jumlah 2.000 karyawan yang tersebar di seluruh Indonesia, perusahaan ini menyebarkan tempat produksi utama di dua tempat, yaitu di Ciracas dan di Pasar Rebo, Jakarta Timur, hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam memproduksi berbagai produk susu yang memenuhi standar gizi dan kebutuhan keluarga Indonesia.

Perjalanan PT. Frisian Flag Indonesia Dimulai pada tahun 1922 ketika susu dengan merek pertama kali, yaitu Friesche Vlag yang untuk pertama kali di impor dari Cooperative Condensfabriek Friesland, yang sekarang telah berkembang menjadi Royal FrieslandCampina. Sebagai bagian dari koperasi peternak sapi perah terbesar di dunia, FrieslandCampina yang memiliki pusat di Belanda, Perusahaan ini memiliki anggota peternak sapi sebanyak 17.413 yang tersebar di Belanda dan Jerman, serta memiliki seluruh pekerja yang tersebar di 100 negara, sebanyak 23.816 karyawan. Dengan dengan berpegang pada pengalaman global dan kemitraan jangka Panjang dengan peternak sapi perah lokal, PT. Frisian Flag Indonesia

berkomitmen untuk menghadirkan nutrisi terbaik yang berasal dari susu untuk konsumen di Indonesia.

Dalam melakukan memproduksi dan mendistribusikan produksi susu, PT. Frisian Flag Indonesia tidak hanya mematuhi standar nasional dan internasional yang sangat ketat, tetapi juga aktif dalam melakukan promosi perkembangan holistic anak serta mendukung praktik pemberian ASI eksklusif sesuai dengan pedoman dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO). Dengan demikian perusahaan ini tidak hanya menjadi produsen susuk terkemuka, tetapi juga menjadi agen perubahan positif dalam mempromosikan Kesehatan dan kesejahteraan Masyarakat Indonesia secara keseluruhan.



Gambar 4. 1 Sejarah PT. Frisian Flag Indonesia

4.1.2 Visi Misi Perusahaan



Gambar 4. 2 Logo PT. Frisian Flag Indonesia

Untuk meningkatkan kualitas para pekerja dan memacu kinerja para pekerja PT. Frisian Flag Indonesia untuk bisa bersaing global dan bisa untuk mencapai tujuan yang sudah ditentukan, maka PT. Frisian Flag Indonesia Membuat visi dan misi yang dapat mencerminkan masa depan. Lalu, selain memiliki pekerja yang berkulitas, PT. Frisian Flag Indonesia ingin memiliki para pekerja yang memiliki perilaku dan nilai moral yang bagus, oleh karena itu PT. Frisian Flag Indonesia membuat kode etik, dibawah ini merupakan visi, misi, dan kode etik dalam PT. Frisian Flag Indonesia:

**Visi:**

**“Untuk menjadi perusahaan susu nomor satu di Indonesia dan menyediakan produk bergizi bagi keluarga Indonesia.”**

**Misi**

- Menyediakan produk bergizi yang terjangkau bagi keluarga Indonesia.
- Mendukung peningkatan kualitas kehidupan peternak.
- Berkontribusi pada kelangsungan kehidupan yang lebih baik bagi generasi masa depan.

**4.1.3 Formulasi Masalah**

Pada penelitian yang dilakukan pada PT. Frisian Flag Distributor Bantul untuk menyelesaikan masalah dalam pengoptimalan rute distribusi dengan tujuan untuk meningkatkan *service level*, karena *Service Level* yang terpenuhi atau didapat hanya 80% dengan target 95% dari perusahaan. *Service Level* yang tidak bisa maksimal ini dipengaruhi oleh kurangnya armada yang terdapat pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul. Idealnya untuk 2 *salesman* didampingi oleh 1 armada, tetapi yang terjadi di lapangan terdapat 8 *salesman* yang diikuti oleh 3 armada, oleh karena hal itu *service level*-nya tidak bisa maksimal. Adapun beberapa hal yang menjadi batasan yang tidak boleh melebihi ketika kerja, yaitu dengan kapasitas kendaraan 3000 Kg-4250 Kg dan jam kerja selama 8 jam atau 480 menit, oleh karena itu dibutuhkannya pengoptimalan rute distribusi, agar setiap kendaraan memiliki beban kerja yang sama tanpa harus melebihi kapasitas dan waktu kerja. Penentuan rute yang optimal akan dilihat dari peningkatan *Service Level* yang dihasilkan, sehingga minimasi waktu tempuh distribusi yang akan dilakukan akan berdampak pada peningkatan *Service Level* PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul. Pada penelitian ini terdapat 1 distributor dan 100 *customer*, untuk distributor dilambangkan sebagai I, sedangkan untuk *customer* (1,2,3,...n) dilambangkan j.

Berdasarkan masalah yang ada pada penelitian diatas, maka permasalahan termasuk dalam jenis kasus penentuan rute *Problem Routing Vehicle Capacitated (CVRP)*, yaitu masalah distribusi yang memperhitungkan kapasitas maksimum kendaraan. Lalu masuk juga ke dalam

*Time-Constrained VRP* (T-VRP), karena proses distribusi memiliki batasan waktu kerja kendaraan dalam satu hari operasional. Lalu untuk algoritma yang digunakan adalah *Evolutionary Algorithm* yang dimana berfokus pada penentuan rute terpendek dengan melihat dari waktu tempuh yang tersingkat.

#### 4.1.4 Data Penelitian

Data yang digunakan untuk penelitian VRP pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul yang menggunakan *Evolutionary Algorithm* meliputi data titik koordinat distributor, pelanggan, *Demand* per-pelanggannya, jenis kendaraan yang dipakai, jumlah kendaraan, kapasitas kendaraan, *service level*, kecepatan rata-rata kendaraan, dan lama jam kerja. Koordinat yang digunakan pada data berfungsi untuk membuat matriks waktu tempuh, dimana matriks waktu tempuh ini digunakan dalam mencari waktu tempuh yang paling rendah dengan mempertimbangkan jumlah muatan dan waktu kerja PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul.

Titik koordinat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *customer* PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul yang berada di daerah Yogyakarta yang meliputi 1 distributor dan 100 *customer* beserta dengan *Demand customer*, data ini diperoleh dari pihak PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul. Pada tabel 4.1 merupakan data titik koordinat dari setiap node.

Tabel 4. 1 Titik Koordinat *Customer*

ID	Location	Location Coordinate		Location Coordinate		Number Of Demand (KG)
		X	Y	Lat	Long	
0	Warehouse	422,855515 3	9136,56655 3	-7,81	110,30	-
1	32, TOKO	431,426458 1	9134,61207 1	-7,83	110,38	172
2	361 JAYA, TOKO	433,080869 5	9134,16562 7	-7,83	110,39	211
3	69, TOKO	429,25537	9139,59715 1	-7,78	110,36	88
4	89, TOKO	429,619434 2	9135,38254	-7,82	110,36	95
5	91, TOKO	433,077501 2	9136,50168 8	-7,81	110,39	287
6	914N MART	425,005665 6	9119,17510 1	-7,97	110,32	106
7	ABADI, TOKO	430,095769 6	9139,71672 7	-7,78	110,37	150
8	ADHA, TOKO	425,247012 4	9123,16025 9	-7,93	110,32	273
9	AGUNG 2, MM	425,162300 1	9123,66846	-7,93	110,32	75
10	AHMADI, TOKO	432,747722 3	9128,89584 8	-7,88	110,39	245
11	AISYAH, TOKO	436,163341	9137,45239	-7,80	110,42	49
12	AL MUNAWIR, TOKO	429,551853 1	9134,82927	-7,83	110,36	146
13	ALLWAN, TOKO	425,795558 5	9134,81693 2	-7,83	110,33	219

ID	Location	Location Coordinate		Location Coordinate		Number Of Demand (KG)
		X	Y	Lat	Long	
14	Amanda 3, MM	438,503769 7	9137,28197	-7,80	110,44	174
15	Amanda 4, MM	435,067482 9	9132,65493 3	-7,85	110,41	143
16	ANIK, TOKO	435,736672 4	9127,11919 1	-7,90	110,42	50
17	ANUGRAH SAYUR, TOKO	427,782079 8	9138,52139 1	-7,79	110,35	215
18	AR, TOKO	428,339584 3	9131,85156 3	-7,85	110,35	46
19	ARIDA 2, TOKO	423,384883 3	9119,85758 8	-7,96	110,30	134
20	ATMAJA, MM	417,556422 3	9122,43336 9	-7,94	110,25	168
21	ATTALAH, MM	416,263851 9	9133,80856 5	-7,84	110,24	68
22	AULIA, TOKO	435,868636 2	9136,70781 1	-7,81	110,42	84
23	AZQZA, TOKO	436,392243 4	9131,33894 1	-7,86	110,42	152
24	B5, TOKO	437,381284 2	9133,65976 1	-7,84	110,43	55
25	BU JAMAL, TOKO	428,316267 6	9136,67844 6	-7,81	110,35	96
26	BU KUS, TOKO	429,575802 6	9134,32071 6	-7,83	110,36	23
27	BU KUSDIYAH, TOKO	441,579679 4	9126,56315 4	-7,90	110,47	49
28	BU PARNO, TOKO	427,721971 9	9136,23247 8	-7,81	110,34	142
29	BU SASTRO, TOKO	431,322297 8	9128,63963 9	-7,88	110,38	214
30	BU TILAH	432,866299	9129,93042 9	-7,87	110,39	96
31	BU YAYUK, TOKO	435,820311 7	9134,51399 5	-7,83	110,42	156
32	BUDI JAYA	429,009260 9	9136,18457 1	-7,81	110,36	111
33	CENDRAWASIH, TOKO	433,626455 9	9138,27642 3	-7,80	110,40	56
34	CIPTO, TOKO	432,011553 1	9139,81592 4	-7,78	110,38	36
35	CV. MANGESTONI BERKAH JAYA	418,99533	9119,06274 2	-7,97	110,27	9
36	DDHARJOSOEWARNO (PRAWIROTAMAN)	430,335120 1	9135,46615 8	-7,82	110,37	223
37	DELIMA, TOKO	432,525762 6	9136,81929 4	-7,81	110,39	89
38	DM Baru 3, MM	432,752549 7	9132,49242 4	-7,85	110,39	210
39	DM Baru 6, MM	428,569054 9	9128,70064 9	-7,88	110,35	41
40	DM 7,MM	427,481943 7	9131,82210 8	-7,85	110,34	169
41	ENDANG, TOKO	435,513532 3	9129,02819 4	-7,88	110,42	207
42	ENI SEMBAKO, TOKO	420,227215 3	9135,84372	-7,82	110,28	86
43	FATONAH HJ, TOKO	430,095849 1	9139,66366	-7,78	110,37	50
44	Fian, TOKO	422,648601 1	9127,05635 6	-7,90	110,30	114
45	GEMAH RIPAH, TOKO	432,753252 3	9132,00929 1	-7,85	110,39	42
46	GREEN, TOKO	433,858482 7	9130,06618 9	-7,87	110,40	162
47	HANIF, TOKO	432,744727 6	9137,88980 1	-7,80	110,39	55

ID	Location	Location Coordinate		Location Coordinate		Number Of Demand (KG)
		X	Y	Lat	Long	
48	HARI,TOKO	434,957983 4	9132,12410 7	-7,85	110,41	210
49	HARINI,TOKO	424,213685 7	9128,89143 2	-7,88	110,31	48
50	HARIYAH,TOKO	432,285141 8	9124,12752 7	-7,92	110,39	62
51	HARJONO,TOKO	441,680866 1	9133,71733 5	-7,84	110,47	519
52	HARMI , TOKO	430,933033 5	9122,74774 2	-7,94	110,37	102
53	HESTI,TOKO	430,757236 4	9139,79399 8	-7,78	110,37	46
54	HUDA MULYA TK	436,021024 7	9128,87245 3	-7,88	110,42	55
55	IBU WARTINI, TOKO	436,676734 6	9128,62344 7	-7,88	110,43	32
56	IDEAL,MM	418,193374 9	9136,18046 6	-7,81	110,26	146
57	IFAH,TOKO	423,396543 9	9123,49273 5	-7,93	110,31	133
58	IMAH,TOKO	428,567353 2	9129,79848 7	-7,87	110,35	90
59	ISTI,TOKO	430,642673 4	9122,71828 4	-7,94	110,37	38
60	IVA,TOKO	435,062010 3	9136,56309 8	-7,81	110,41	21
61	JAMILAH,TOKO	426,144356 8	9128,36514 9	-7,88	110,33	23
62	JINAH,TOKO	426,14441	9128,33198 1	-7,89	110,33	46
63	JITU,TOKO	427,057202	9122,49086 2	-7,94	110,34	253
64	JULIA FROZEN, TOKO	427,672063 5	9133,79278 9	-7,84	110,34	23
65	KAMILA,MM	427,013581 9	9136,39748 1	-7,81	110,34	90
66	KARTO,TOKO	429,438500 3	9136,86999	-7,81	110,36	68
67	KARUMA,MM	431,237084 1	9136,22393 5	-7,81	110,38	14
68	KAS,TOKO	429,326225 2	9138,19872	-7,80	110,36	9
69	KASIH IBU,TOKO	422,070487 4	9125,45624 7	-7,91	110,29	118
70	KELONTONG FITRI,TOKO	430,247363 6	9134,72044 3	-7,83	110,37	27
71	KIOS HASA	438,741224 7	9133,45062 7	-7,84	110,44	73
72	KIOS TRI, TOKO	429,493796	9138,20674 9	-7,80	110,36	46
73	KISMO,TOKO	426,790788 2	9137,84654 6	-7,80	110,34	27
74	KITA MART,TOKO	432,602845 9	9136,07588 4	-7,82	110,39	18
75	KITA,TOKO	431,605132 2	9124,60932 2	-7,92	110,38	23
76	Maga III, MM	430,210309	9136,86341 6	-7,81	110,37	205
77	MALIK MART, TOKO	427,784363 9	9126,08948	-7,91	110,34	65
78	MANDIRI,TOKO	444,560419 8	9134,57483 1	-7,83	110,50	27
79	MEKAR PS,TOKO	424,835256 3	9118,64864 9	-7,97	110,32	56
80	MEKAR,TOKO	417,755565 8	9134,36208 6	-7,83	110,25	14
81	MENARA,TOKO	427,673177 1	9137,64671	-7,80	110,34	9

ID	Location	Location Coordinate		Location Coordinate		Number Of Demand (KG)
		X	Y	Lat	Long	
82	MENIK,TOKO	426,144362 1	9128,36183 2	-7,88	110,33	32
83	MIGUNANI TOKO	430,046387 9	9134,32572 2	-7,83	110,37	80
84	MINARSO,TOKO	430,484636	9137,30063 8	-7,80	110,37	90
85	MINI,TOKO	428,775772 6	9137,64398 8	-7,80	110,35	5
86	MITRA HUSADA,TOKO	427,137915 6	9127,46678 7	-7,89	110,34	23
87	MITRA MULIA MANDIRI,TOKO	426,253992	9128,74122 4	-7,88	110,33	184
88	MONCHER,TOKO	421,742370 5	9123,94654 9	-7,92	110,29	147
89	MONITA,TOKO	430,095872 3	9139,64818 2	-7,78	110,37	18
90	MS PUTRA,MM	428,785769 1	9131,13657 6	-7,86	110,35	21
91	MUBAROK, TOKO	429,008054 8	9129,96721 6	-7,87	110,36	5
92	MULIA TOSERBA, TOKO	425,256679 4	9134,60201 1	-7,83	110,32	96
93	MURTIJO,TOKO	432,046406 2	9136,56685 8	-7,81	110,38	38
94	MUSTIKA,TOKO	424,651522 2	9117,98708 9	-7,98	110,32	63
95	Nabila, MM	442,891224 4	9135,63476 4	-7,82	110,48	93
96	NAFIZA, TOKO	431,038736 2	9128,79142 3	-7,88	110,37	86
97	NAGA KEMBAR, TOKO	430,732695 4	9125,23710 8	-7,91	110,37	5
98	NAPAK LIMAN, TOKO	435,268224	9129,09725 3	-7,88	110,41	121
99	NARAYA,TOKO	425,946372 5	9135,38319	-7,82	110,33	114
100	NUR, TOKO	441,680891 1	9133,69743 5	-7,84	110,47	18

Selain titik koordinat distributor, *customer*, dan *Demand*, dalam penelitian ini juga terdapat batasan waktu kerja yang menjadi batasan. Pada tabel 4.2 merupakan waktu kerja untuk PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul.



Tabel 4. 2 Jam Kerja PT. Frisian Flag Indonesia

Hari	Waktu	Keterangan
Senin-Jumat	08:00-16:00	Kerja
	11:30-12:30	Istirahat
Sabtu	08:00-14:00	
Minggu	-	Libur
Hari Besar	-	Libur

Pada tabel 4.2 merupakan waktu kerja bagi semua pekerja yang ada pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul, jadi untuk hari senin hingga hari jumat akan full bekerja selama 480 menit dengan waktu istirahat 60 menit, dan untuk hari sabtu bekerja selama 360 menit,

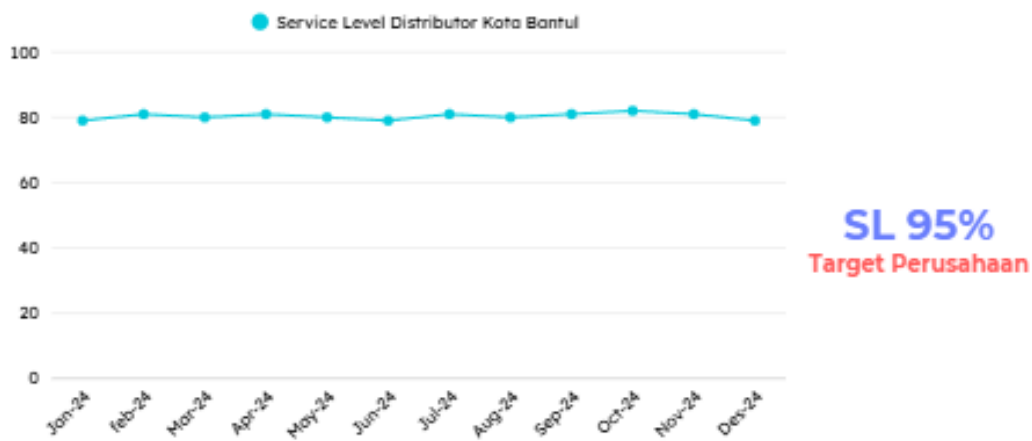
tetapi untuk distribusi yang dilakukan tetap selama 480 menit dari hari senin hingga hari sabtu dengan waktu istirahat 60 menit.

Untuk memaksimalkan pendistribusian dengan waktu yang terbatas maka PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul memiliki 3 kendaraan dalam melakukan pendistribusiannya, pada tabel 4.3 merupakan spesifikasi 3 kendaraan yang digunakan.

Jenis Kendaraan	<i>Box Double</i>	<i>Box Engkel</i>
Jumlah Kendaraan	1	2
Kapasitas Kendaraan	4000 Kg	3000 Kg
Rata-rata Kecepatan Mobil	50 Km/jam	
Penambahan Mobil		

Pada tabel 4.3 merupakan jenis dan spesifikasi kendaraan yang digunakan dalam melakukan distribusi. Terdapat 1 unit *Box Double* dengan total angkut 4000 kg dan 2 unit *engkel Box* dengan total angkut 3000 kg, dimana ketiga kendaraan melakukan distribusi dengan kecepatan kendaraan 50 km/jam, kecepatan ini didapatkan setelah melakukan wawancara dan ikut langsung pendistribusiannya.

Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul pada tahun 2024, dimana *Service Level* yang ditentukan oleh PT. Frisian Flag Indonesia adalah 95%, tetapi pada distributor Bantul jumlah *Service Level* yang didapatkan sebesar 80%. Gambar 4.3 merupakan data *Service Level* setiap bulannya.



**Service level** menunjukkan **jumlah produk yang dapat dipenuhi** perusahaan kepada customernya. Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan service level yaitu **keterlambatan pengiriman**.

Gambar 4. 3 *Service Level*

Pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa data *Service Level* PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul pada tahun 2024. Dari grafik juga terlihat bahwa *Service Level* berada pada kisaran sekitar 78%-82%. Namun, capaian ini masih belum memenuhi target perusahaan sebesar 95%.

#### 4.2 Pengolahan Data

Pada bagian penelitian ini akan dibahas terkait pengolahan data yang dilakukan peneliti untuk menyelesaikan masalah pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul, yaitu tentang peningkatan *Service Level* dengan pengoptimalan rute distribusi.

##### 4.2.1 Matriks Jarak

Berdasarkan hasil pengumpulan data yang dilakukan, maka didapatkan bahwa terdapat 101 titik koordinat yang ada, dengan 1 distributor dan 100 *customer* pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul. Data koordinat tadi, digunakan untuk menghitung jarak dari tiap titiknya, dimana perhitungan jarak ini ada 2 jenisnya, yang pertama *Euclidean* dan *Haversine*, dibawah ini merupakan bentuk dari masing-masing rumusnya.

$$S = \sqrt{((X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2)} \dots \dots \dots (4.1)$$

Keterangan:

S: Jarak Antara Titik

X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>: koordinat titik pertama

X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>: Koordinat titik kedua

$$d = 2r \cdot \arcsin \arcsin \left( \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\Delta\phi}{2} \right) + \cos \phi_1 \cos \phi_2 \sin^2 \frac{\Delta\delta}{2}} \right) \dots \dots \dots (4.2)$$

Keterangan

$\Delta\phi$ :  $\phi_2 - \phi_1$

$\Delta\delta$ :  $\delta_2 - \delta_1$

r: Jari-jari Bumi

$\phi$ : Latitude dalam radian

$\delta$ : Longitude dalam radian

Dari perhitungan yang sudah dilakukan dengan menggunakan dua rumus ini dihasilkan dengan jumlah yang sama, hal ini didasari karena masih dalam satu wilayah yang sama, pada tabel 4. 4 dan tabel 4. 5 merupakan perhitungan dari 2 rumus yang berbeda

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan *Euclidean*

<i>Time Mtx</i>	<i>Warehouse</i>	<b>Retail 1</b>	<b>Retail 2</b>	<b>Retail 3</b>	<b>Retail 4</b>	<b>Retail 5</b>	<b>Retail 6</b>	<b>Retail 7</b>	<b>Retail 8</b>	<b>Retail 9</b>	<b>Retail 10</b>	<b>Retail 11</b>	<b>Retail 12</b>	<b>Retail 13</b>	<b>Retail 14</b>	<b>Retail 15</b>	<b>n</b>	<b>Retail 100</b>
<b>Warehouse</b>	0,0	8,8	10,5	7,1	6,9	10,2	17,5	7,9	13,6	13,1	12,5	13,3	6,9	3,4	15,7	12,8	.....	19,0
<b>Retail 1</b>	8,8	0,0	1,7	5,4	2,0	2,5	16,7	5,3	13,0	12,6	5,9	5,5	1,9	5,6	7,6	4,1	.....	10,3
<b>Retail 2</b>	10,5	1,7	0,0	6,6	3,7	2,3	17,0	6,3	13,5	13,1	5,3	4,5	3,6	7,3	6,3	2,5	.....	8,6
<b>Retail 3</b>	7,1	5,4	6,6	0,0	4,2	4,9	20,9	0,8	16,9	16,4	11,3	7,2	4,8	5,9	9,5	9,1	.....	13,8
<b>Retail 4</b>	6,9	2,0	3,7	4,2	0,0	3,6	16,9	4,4	13,0	12,5	7,2	6,9	0,6	3,9	9,1	6,1	.....	12,2
<b>Retail 5</b>	10,2	2,5	2,3	4,9	3,6	0,0	19,1	4,4	15,5	15,1	7,6	3,2	3,9	7,5	5,5	4,3	.....	9,0
<b>Retail 6</b>	17,5	16,7	17,0	20,9	16,9	19,1	0,0	21,2	4,0	4,5	12,4	21,4	16,3	15,7	22,6	16,8	.....	22,1
<b>Retail 7</b>	7,9	5,3	6,3	0,8	4,4	4,4	21,2	0,0	17,3	16,8	11,1	6,5	4,9	6,5	8,8	8,6	.....	13,1
<b>Retail 8</b>	13,6	13,0	13,5	16,9	13,0	15,5	4,0	17,3	0,0	0,5	9,4	18,0	12,4	11,7	19,4	13,7	.....	19,5
<b>Retail 9</b>	13,1	12,6	13,1	16,4	12,5	15,1	4,5	16,8	0,5	0,0	9,2	17,6	12,0	11,2	19,1	13,4	.....	19,3
<b>Retail 10</b>	12,5	5,9	5,3	11,3	7,2	7,6	12,4	11,1	9,4	9,2	0,0	9,2	6,7	9,1	10,2	4,4	.....	10,1
<b>Retail 11</b>	13,3	5,5	4,5	7,2	6,9	3,2	21,4	6,5	18,0	17,6	9,2	0,0	7,1	10,7	2,3	4,9	.....	6,7
<b>Retail 12</b>	6,9	1,9	3,6	4,8	0,6	3,9	16,3	4,9	12,4	12,0	6,7	7,1	0,0	3,8	9,3	5,9	.....	12,2
<b>Retail 13</b>	3,4	5,6	7,3	5,9	3,9	7,5	15,7	6,5	11,7	11,2	9,1	10,7	3,8	0,0	12,9	9,5	.....	15,9
<b>Retail 14</b>	15,7	7,6	6,3	9,5	9,1	5,5	22,6	8,8	19,4	19,1	10,2	2,3	9,3	12,9	0,0	5,8	.....	4,8
<b>Retail 15</b>	12,8	4,1	2,5	9,1	6,1	4,3	16,8	8,6	13,7	13,4	4,4	4,9	5,9	9,5	5,8	0,0	.....	6,7
<b>n</b>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
<b>Retail 100</b>	19,0	10,3	8,6	13,8	12,2	9,0	22,1	13,1	19,5	19,3	10,1	6,7	12,2	15,9	4,8	6,7	.....	0,0

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan *Haversine*

<i>Time Mtx</i>	<i>Warehouse</i>	<b>Retail 1</b>	<b>Retail 2</b>	<b>Retail 3</b>	<b>Retail 4</b>	<b>Retail 5</b>	<b>Retail 6</b>	<b>Retail 7</b>	<b>Retail 8</b>	<b>Retail 9</b>	<b>Retail 10</b>	<b>Retail 11</b>	<b>Retail 12</b>	<b>Retail 13</b>	<b>Retail 14</b>	<b>Retail 15</b>	<b>n</b>	<b>Retail 100</b>
<b>Warehouse</b>	0,0	8,8	10,5	7,1	6,9	10,2	17,6	7,9	13,7	13,2	12,5	13,3	6,9	3,4	15,7	12,8	.....	19,0
<b>Retail 1</b>	8,8	0,0	1,7	5,5	2,0	2,5	16,8	5,3	13,1	12,7	5,9	5,5	1,9	5,6	7,6	4,1	.....	10,3
<b>Retail 2</b>	10,5	1,7	0,0	6,7	3,7	2,3	17,1	6,3	13,6	13,2	5,3	4,5	3,6	7,3	6,3	2,5	.....	8,6
<b>Retail 3</b>	7,1	5,5	6,7	0,0	4,3	4,9	21,0	0,8	17,0	16,5	11,3	7,2	4,8	5,9	9,5	9,1	.....	13,8
<b>Retail 4</b>	6,9	2,0	3,7	4,3	0,0	3,6	16,9	4,4	13,0	12,6	7,2	6,9	0,6	3,9	9,1	6,1	.....	12,2
<b>Retail 5</b>	10,2	2,5	2,3	4,9	3,6	0,0	19,2	4,4	15,5	15,1	7,7	3,2	3,9	7,5	5,5	4,4	.....	9,0
<b>Retail 6</b>	17,6	16,8	17,1	21,0	16,9	19,2	0,0	21,3	4,0	4,5	12,5	21,5	16,4	15,8	22,7	16,9	.....	22,2
<b>Retail 7</b>	7,9	5,3	6,3	0,8	4,4	4,4	21,3	0,0	17,3	16,9	11,2	6,5	4,9	6,5	8,8	8,7	.....	13,1
<b>Retail 8</b>	13,7	13,1	13,6	17,0	13,0	15,5	4,0	17,3	0,0	0,5	9,5	18,0	12,5	11,7	19,4	13,7	.....	19,5
<b>Retail 9</b>	13,2	12,7	13,2	16,5	12,6	15,1	4,5	16,9	0,5	0,0	9,2	17,7	12,1	11,2	19,1	13,4	.....	19,3
<b>Retail 10</b>	12,5	5,9	5,3	11,3	7,2	7,7	12,5	11,2	9,5	9,2	0,0	9,3	6,8	9,1	10,2	4,4	.....	10,1
<b>Retail 11</b>	13,3	5,5	4,5	7,2	6,9	3,2	21,5	6,5	18,0	17,7	9,3	0,0	7,1	10,7	2,3	4,9	.....	6,7
<b>Retail 12</b>	6,9	1,9	3,6	4,8	0,6	3,9	16,4	4,9	12,5	12,1	6,8	7,1	0,0	3,8	9,3	5,9	.....	12,2
<b>Retail 13</b>	3,4	5,6	7,3	5,9	3,9	7,5	15,8	6,5	11,7	11,2	9,1	10,7	3,8	0,0	12,9	9,5	.....	15,9
<b>Retail 14</b>	15,7	7,6	6,3	9,5	9,1	5,5	22,7	8,8	19,4	19,1	10,2	2,3	9,3	12,9	0,0	5,8	.....	4,8
<b>Retail 15</b>	12,8	4,1	2,5	9,1	6,1	4,4	16,9	8,7	13,7	13,4	4,4	4,9	5,9	9,5	5,8	0,0	.....	6,7
<b>n</b>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
<b>Retail 100</b>	19,0	10,3	8,6	13,8	12,2	9,0	22,2	13,1	19,5	19,3	10,1	6,7	12,2	15,9	4,8	6,7	.....	0,0

### 4.2.2 Waktu Tempuh

Dalam menentukan rute distribusi produk dari PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul, waktu tempuh digunakan untuk mengetahui waktu total perjalanan yang dibutuhkan dari titik koordinat, hal ini dibutuhkan untuk menghitung, berapa banyak toko yang bisa dilayani dengan batasan waktu kerja selama 480 menit. Waktu tempuh ini didapatkan dengan membagi jarak tempuh dengan kecepatan rata-rata kendaraan dalam melakukan distribusi produk. Pada penelitian ini, waktu tempuh yang dihasilkan dalam bentuk menit. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan waktu tempuh yang digunakan untuk menentukan lama tempuh dari distributor ke customer 1:

Kecepatan rata-rata: 50 km/jam

Jarak: 8,8 km

Rumus perhitungan:  $\frac{\text{Jarak Tempuh}}{\text{Kecepatan rata-rata}} = \frac{8,8}{50} = 0,1758 \text{ jam} = 10,549 \text{ menit}$

### 4.2.3 Proses *Evolutionary Algorithm*


Dalam penelitian ini, *Evolutionary Algorithm* dimanfaatkan sebagai alat perhitungan untuk melakukan proses *clustering*, *clustering* adalah upaya untuk mengelompokkan data, observasi, atau mengelompokkan objek ke dalam kelas yang sama, *clustering* yang dimaksud adalah pengelompokan toko-toko ke dalam masing-masing kendaraan secara optimal dengan tetap mempertimbangkan batasan waktu kerja, kapasitas dan efisiensi armada.

#### 1. Mengubah Koordinat Lat dan Long menjadi X dan Y

Pada perhitungan yang dilakukan ini, peneliti menggunakan rumus *Euclidean*, maka diperlukan perubahan dari data Lat-Long menjadi data X-Y, hal ini dikarenakan *Eunclidean* hanya valid di bidang datar, sedangkan data Lat-Long berada pada permukaan melengkung. Jadi jika menggunakan rumus *Haversine* maka tidak memerlukan perubahan datanya. Perubahan data ini dibantu dengan GeoTekno.com. pada gambar 4. 4 merupakan perubahan data yang dilakukan untuk menjadi data X-Y.

**Conversion of Coordinates in Decimal Degrees to UTM**

Enter your coordinates



Decimal Degrees		UTM				Degrees, minutes and seconds		
Latitude	Longitude	East (X)	North (Y)	Zone	Band	Latitude	Longitude	UTM waypoint Garmin
-7,81	110,30	422,8555	9136,5666	49	M	7° 48' 38.484" S	-110° -18' -1.044" W	49 M 423 9137
-7,83	110,38	431,4265	9134,6121	49	M	7° 49' 42.564" S	-110° -22' -40.8" W	49 M 431 9135
-7,83	110,39	433,0809	9134,1656	49	M	7° 49' 57.18" S	-110° -23' -34.8" W	49 M 433 9134
-7,78	110,36	429,2554	9139,5972	49	M	7° 47' 0.132" S	-110° -21' -30.156" W	49 M 429 9140
-7,82	110,36	429,6194	9135,3825	49	M	7° 49' 17.388" S	-110° -21' -41.834" W	49 M 430 9135
-7,81	110,39	433,0775	9136,5017	49	M	7° 48' 41.112" S	-110° -23' -34.8" W	49 M 433 9137
-7,97	110,32	425,0057	9119,1751	49	M	7° 58' 4.897" S	-110° -19' -10.323" W	49 M 425 9119
-7,78	110,37	430,0958	9139,7167	49	M	7° 46' 56.28" S	-110° -21' -57.6" W	49 M 430 9140
-7,93	110,32	425,2470	9123,1603	49	M	7° 55' 55.146" S	-110° -19' -18.419" W	49 M 425 9123
-7,93	110,32	425,1623	9123,6685	49	M	7° 55' 38.593" S	-110° -19' -15.679" W	49 M 425 9124
-7,88	110,39	432,7477	9128,8958	49	M	7° 52' 48.761" S	-110° -23' -23.671" W	49 M 433 9129
-7,80	110,42	436,1633	9137,4524	49	M	7° 48' 10.296" S	-110° -25' -15.6" W	49 M 436 9137
-7,83	110,36	429,5519	9134,8293	49	M	7° 49' 35.4" S	-110° -21' -39.6" W	49 M 430 9135
-7,83	110,33	425,7956	9134,8169	49	M	7° 49' 35.611" S	-110° -19' -36.948" W	49 M 426 9135
-7,80	110,44	438,5038	9137,2820	49	M	7° 48' 15.948" S	-110° -26' -32.01" W	49 M 439 9137
-7,85	110,41	435,0675	9132,6549	49	M	7° 50' 46.464" S	-110° -24' -39.6" W	49 M 435 9133
-7,90	110,42	435,7367	9127,1192	49	M	7° 53' 46.752" S	-110° -25' -1.2" W	49 M 436 9127
-7,79	110,35	427,7821	9138,5214	49	M	7° 47' 35.088" S	-110° -20' -42" W	49 M 428 9139
-7,85	110,35	428,3396	9131,8516	49	M	7° 51' 12.3" S	-110° -20' -59.866" W	49 M 428 9132
-7,96	110,30	423,3849	9119,8576	49	M	7° 57' 42.586" S	-110° -18' -17.42" W	49 M 423 9120
-7,94	110,25	417,5564	9122,4334	49	M	7° 56' 18.384" S	-110° -15' -7.2" W	49 M 418 9122
-7,84	110,24	416,2639	9133,8086	49	M	7° 50' 7.916" S	-110° -14' -25.66" W	49 M 416 9134
-7,81	110,42	435,8686	9136,7078	49	M	7° 48' 34.528" S	-110° -25' -5.944" W	49 M 436 9137
-7,86	110,42	436,3922	9131,3389	49	M	7° 51' 29.376" S	-110° -25' -22.8" W	49 M 436 9131
-7,84	110,43	437,3813	9133,6598	49	M	7° 50' 13.848" S	-110° -25' -55.2" W	49 M 437 9134
-7,81	110,35	428,3163	9136,6784	49	M	7° 48' 35.125" S	-110° -20' -59.348" W	49 M 428 9137
-7,83	110,36	429,5758	9134,3207	49	M	7° 49' 51.961" S	-110° -21' -40.357" W	49 M 430 9134

DATUM WGS84	
a (semi major axis)	6378137
b (semi minor axis)	6356752,314
Eccentricity	0,081819191
2 <sup>nd</sup> Excentric. ( e' )	0,082094438
e' <sup>2</sup>	0,006739497
c (polar radius of curvature)	6399593,626

ENTRY DATA	
Hemisphere	S

[www.geogeeek.xyz](http://www.geogeeek.xyz)

Gambar 4. 4 Perubahan Data Ke X-Y

Tabel 4. 6 merupakan hasil dari perubahan data Lat-Long ke X-Y yang sudah dilakukan, dimana didalamnya terdapat ID, Location, *Location Coordinate X Y*, dan *Location Coordinate Lat Long*.

Tabel 4. 6 Koordinat X Y

ID	Location	<i>Location Coordinate</i>		<i>Location Coordinate</i>	
		X	Y	Lat	Long
0	Warehouse	422,86	9136,57	-7,81	110,30
1	32, TOKO	431,43	9134,61	-7,83	110,38
2	361 JAYA, TOKO	433,08	9134,17	-7,83	110,39
3	69, TOKO	429,26	9139,60	-7,78	110,36
4	89, TOKO	429,62	9135,38	-7,82	110,36
5	91, TOKO	433,08	9136,50	-7,81	110,39
6	914N MART	425,01	9119,18	-7,97	110,32
7	ABADI, TOKO	430,10	9139,72	-7,78	110,37
8	ADHA, TOKO	425,25	9123,16	-7,93	110,32
9	AGUNG 2, MM	425,16	9123,67	-7,93	110,32
10	AHMADI, TOKO	432,75	9128,90	-7,88	110,39
11	AISYAH, TOKO	436,16	9137,45	-7,80	110,42
12	AL MUNAWIR, TOKO	429,55	9134,83	-7,83	110,36
13	ALLWAN, TOKO	425,80	9134,82	-7,83	110,33
14	Amanda 3, MM	438,50	9137,28	-7,80	110,44
15	Amanda 4, MM	435,07	9132,65	-7,85	110,41
16	ANIK, TOKO	435,74	9127,12	-7,90	110,42
17	ANUGRAH SAYUR, TOKO	427,78	9138,52	-7,79	110,35

ID	Location	Location Coordinate		Location Coordinate	
		X	Y	Lat	Long
18	AR, TOKO	428,34	9131,85	-7,85	110,35
19	ARIDA 2, TOKO	423,38	9119,86	-7,96	110,30
20	ATMAJA, MM	417,56	9122,43	-7,94	110,25
21	ATTALAH, MM	416,26	9133,81	-7,84	110,24
22	AULIA, TOKO	435,87	9136,71	-7,81	110,42
23	AZQZA, TOKO	436,39	9131,34	-7,86	110,42
24	B5, TOKO	437,38	9133,66	-7,84	110,43
25	BU JAMAL, TOKO	428,32	9136,68	-7,81	110,35
26	BU KUS, TOKO	429,58	9134,32	-7,83	110,36
27	BU KUSDIYAH, TOKO	441,58	9126,56	-7,90	110,47
28	BU PARNO, TOKO	427,72	9136,23	-7,81	110,34
29	BU SASTRO, TOKO	431,32	9128,64	-7,88	110,38
30	BU TILAH	432,87	9129,93	-7,87	110,39
31	BU YAYUK, TOKO	435,82	9134,51	-7,83	110,42
32	BUDI JAYA	429,01	9136,18	-7,81	110,36
33	CENDRAWASIH, TOKO	433,63	9138,28	-7,80	110,40
34	CIPTO, TOKO	432,01	9139,82	-7,78	110,38
35	CV. MANGESTONI BERKAH JAYA	419,00	9119,06	-7,97	110,27
36	DDHARJOSOEWARN (PRAWIROTAMAN)	430,34	9135,47	-7,82	110,37
37	DELIMA, TOKO	432,53	9136,82	-7,81	110,39
38	DM Baru 3, MM	432,75	9132,49	-7,85	110,39
39	DM Baru 6, MM	428,57	9128,70	-7,88	110,35
40	DM 7,MM	427,48	9131,82	-7,85	110,34
41	ENDANG, TOKO	435,51	9129,03	-7,88	110,42
42	ENI SEMBAKO, TOKO	420,23	9135,84	-7,82	110,28
43	FATONAH HJ, TOKO	430,10	9139,66	-7,78	110,37
44	Fian, TOKO	422,65	9127,06	-7,90	110,30
45	GEMAH RIPAH, TOKO	432,75	9132,01	-7,85	110,39
46	GREEN, TOKO	433,86	9130,07	-7,87	110,40
47	HANIF, TOKO	432,74	9137,89	-7,80	110,39
48	HARI, TOKO	434,96	9132,12	-7,85	110,41
49	HARINI, TOKO	424,21	9128,89	-7,88	110,31
50	HARIYAH, TOKO	432,29	9124,13	-7,92	110,39
51	HARJONO, TOKO	441,68	9133,72	-7,84	110,47
52	HARMI , TOKO	430,93	9122,75	-7,94	110,37
53	HESTI, TOKO	430,76	9139,79	-7,78	110,37
54	HUDA MULYA TK	436,02	9128,87	-7,88	110,42
55	IBU WARTINI, TOKO	436,68	9128,62	-7,88	110,43
56	IDEAL, MM	418,19	9136,18	-7,81	110,26
57	IFAH, TOKO	423,40	9123,49	-7,93	110,31

ID	Location	Location Coordinate		Location Coordinate	
		X	Y	Lat	Long
58	IMAH,TOKO	428,57	9129,80	-7,87	110,35
59	ISTI,TOKO	430,64	9122,72	-7,94	110,37
60	IVA,TOKO	435,06	9136,56	-7,81	110,41
61	JAMILAH,TOKO	426,14	9128,37	-7,88	110,33
62	JINAH,TOKO	426,14	9128,33	-7,89	110,33
63	JITU,TOKO	427,06	9122,49	-7,94	110,34
64	JULIA FROZEN, TOKO	427,67	9133,79	-7,84	110,34
65	KAMILA,MM	427,01	9136,40	-7,81	110,34
66	KARTO,TOKO	429,44	9136,87	-7,81	110,36
67	KARUMA,MM	431,24	9136,22	-7,81	110,38
68	KAS,TOKO	429,33	9138,20	-7,80	110,36
69	KASIH IBU,TOKO	422,07	9125,46	-7,91	110,29
70	KELONTONG FITRI,TOKO	430,25	9134,72	-7,83	110,37
71	KIOS HASA	438,74	9133,45	-7,84	110,44
72	KIOS TRI, TOKO	429,49	9138,21	-7,80	110,36
73	KISMO,TOKO	426,79	9137,85	-7,80	110,34
74	KITA MART,TOKO	432,60	9136,08	-7,82	110,39
75	KITA,TOKO	431,61	9124,61	-7,92	110,38
76	Maga III, MM	430,21	9136,86	-7,81	110,37
77	MALIK MART, TOKO	427,78	9126,09	-7,91	110,34
78	MANDIRI,TOKO	444,56	9134,57	-7,83	110,50
79	MEKAR PS,TOKO	424,84	9118,65	-7,97	110,32
80	MEKAR,TOKO	417,76	9134,36	-7,83	110,25
81	MENARA,TOKO	427,67	9137,65	-7,80	110,34
82	MENIK,TOKO	426,14	9128,36	-7,88	110,33
83	MIGUNANI TOKO	430,05	9134,33	-7,83	110,37
84	MINARSO,TOKO	430,48	9137,30	-7,80	110,37
85	MINI,TOKO	428,78	9137,64	-7,80	110,35
86	MITRA HUSADA,TOKO	427,14	9127,47	-7,89	110,34
87	MITRA MULIA MANDIRI,TOKO	426,25	9128,74	-7,88	110,33
88	MONCHER,TOKO	421,74	9123,95	-7,92	110,29
89	MONITA,TOKO	430,10	9139,65	-7,78	110,37
90	MS PUTRA,MM	428,79	9131,14	-7,86	110,35
91	MUBAROK, TOKO	429,01	9129,97	-7,87	110,36
92	MULIA TOSERBA, TOKO	425,26	9134,60	-7,83	110,32
93	MURTIJO,TOKO	432,05	9136,57	-7,81	110,38
94	MUSTIKA,TOKO	424,65	9117,99	-7,98	110,32
95	Nabila, MM	442,89	9135,63	-7,82	110,48
96	NAFIZA, TOKO	431,04	9128,79	-7,88	110,37
97	NAGA KEMBAR, TOKO	430,73	9125,24	-7,91	110,37

<b>ID</b>	<b>Location</b>	<i>Location Coordinate</i>		<i>Location Coordinate</i>	
		<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Lat</b>	<b>Long</b>
98	NAPAK LIMAN, TOKO	435,27	9129,10	-7,88	110,41
99	NARAYA, TOKO	425,95	9135,38	-7,82	110,33
100	NUR, TOKO	441,68	9133,70	-7,84	110,47

## 2. Membuat Matriks Waktu Tempuh

Dalam penyelesaian masalah VRP sangatlah penting untuk mengetahui informasi waktu yang diperlukan. Setiap nilai dari baris dan kolom mempresentasikan waktu tempuh antar dua Lokasi yang bersangkutan. Misalnya, untuk baris *Warehouse* dan kolom *retail 1* menunjukkan waktu tempuh dari gudang ke *retail 1*. Matriks ini juga akan membantu algoritma dalam mengevaluasi efisiensi rute yang dibentuk, dengan tujuan untuk meminimalkan total waktu tempuh seluruh kendaraan dan tetap memperhatikan batasan seperti kapasitas kendaraan dan waktu pelayanan pelanggan. Tabel 4. 7 merupakan bentuk dari matriks waktu yang sudah dibuat menggunakan perhitungan jarak *Euclidean*.

Tabel 4. 7 Matriks Waktu

<i>Time Mtx</i>	<i>Warehouse</i>	<i>Retail 1</i>	<i>Retail 2</i>	<i>Retail 3</i>	<i>Retail 4</i>	<i>Retail 5</i>	<i>Retail 6</i>	<i>Retail 7</i>	<i>Retail 8</i>	<i>Retail 9</i>	<i>Retail 10</i>	<i>Retail 11</i>	<i>Retail 12</i>	<i>Retail 13</i>	<i>Retail 14</i>	<i>Retail 15</i>	<i>n</i>	<i>Retail 100</i>
<i>Warehouse</i>	0,0000	10,549 2	12,604 1	8,4974	8,2401	12,266 6	21,028 6	9,4751	16,341 5	15,723 3	15,0214	16,0047	8,3016	4,1055	18,7975	15,3878	..... .	22,8513
<i>Retail 1</i>	10,5492	0,0000	2,0563	6,5248	2,3573	3,0112	20,062 9	6,3303	15,615 2	15,131 5	7,0403	6,6278	2,2646	6,7615	9,0770	4,9604	..... .	12,3542
<i>Retail 2</i>	12,6041	2,0563	0,0000	7,9722	4,4029	2,8033	20,432 6	7,5634	16,210 5	15,778 7	6,3364	5,4073	4,3090	8,7772	7,5055	2,9949	..... .	10,3353
<i>Retail 3</i>	8,4974	6,5248	7,9722	0,0000	5,0764	5,9021	25,031 4	1,0186	20,302 3	19,735 4	13,5081	8,6799	5,7325	7,0811	11,4405	10,8648	..... .	16,5060
<i>Retail 4</i>	8,2401	2,3573	4,4029	5,0764	0,0000	4,3616	20,221 6	5,2323	15,577 0	15,040 1	8,6419	8,2361	0,6689	4,6386	10,9021	7,3112	..... .	14,6143
<i>Retail 5</i>	12,2666	3,0112	2,8033	5,9021	4,3616	0,0000	22,937 4	5,2619	18,563 6	18,093 4	9,1356	3,8748	4,6826	8,9692	6,5785	5,1972	..... .	10,8587
<i>Retail 6</i>	21,0286	20,062 9	20,432 6	25,031 4	20,221 6	22,937 4	0,0000	25,395 5	4,7910	5,3953	14,9125	25,6966	19,5611	18,7941	27,1013	20,1852	..... .	26,5350
<i>Retail 7</i>	9,4751	6,3303	7,5634	1,0186	5,2323	5,2619	25,395 5	0,0000	20,702 2	20,147 4	13,3693	7,7716	5,9012	7,8230	10,5041	10,3636	..... .	15,6666
<i>Retail 8</i>	16,3415	15,615 2	16,210 5	20,302 3	15,577 0	18,563 6	4,7910	20,702 2	0,0000	0,6183	11,3308	21,5810	14,9253	14,0035	23,2430	16,3918	..... .	23,4263
<i>Retail 9</i>	15,7233	15,131 5	15,778 7	19,735 4	15,040 1	18,093 4	5,3953	20,147 4	0,6183	0,0000	11,0546	21,1629	14,3916	13,3997	22,8732	16,0490	..... .	23,1896
<i>Retail 10</i>	15,0214	7,0403	6,3364	13,508 1	8,6419	9,1356	14,912 5	13,369 3	11,330 8	11,054 6	0,0000	11,0557	8,0872	10,9583	12,2058	5,3007	..... .	12,1702
<i>Retail 11</i>	16,0047	6,6278	5,4073	8,6799	8,2361	3,8748	25,696 6	7,7716	21,581 0	21,162 9	11,0557	0,0000	8,5354	12,8370	2,8160	5,9052	..... .	8,0089
<i>Retail 12</i>	8,3016	2,2646	4,3090	5,7325	0,6689	4,6826	19,561 1	5,9012	14,925 3	14,391 6	8,0872	8,5354	0,0000	4,5076	11,1382	7,1145	..... .	14,6181
<i>Retail 13</i>	4,1055	6,7615	8,7772	7,0811	4,6386	8,9692	18,794 1	7,8230	14,003 5	13,399 7	10,9583	12,8370	4,5076	0,0000	15,5341	11,4248	..... .	19,1097
<i>Retail 14</i>	18,7975	9,0770	7,5055	11,440 5	10,902 1	6,5785	27,101 3	10,504 1	23,243 0	22,873 2	12,2058	2,8160	11,1382	15,5341	0,0000	6,9162	..... .	5,7479
<i>Retail 15</i>	15,3878	4,9604	2,9949	10,864 8	7,3112	5,1972	20,185 2	10,363 6	16,391 8	16,049 0	5,3007	5,9052	7,1145	11,4248	6,9162	0,0000	..... .	8,0341
<i>n</i>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..... .	.....
<i>Retail 100</i>	22,8513	12,354 2	10,335 3	16,506 0	14,614 3	10,858 7	26,535 0	15,666 6	23,426 3	23,189 6	12,1702	8,0089	14,6181	19,1097	5,7479	8,0341	..... .	0,0000

### 3. Membuat Pengelompokan Toko

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan *tabel* yang berfungsi membagi toko untuk setiap truknya dengan tidak melebihi batasan-batasan yang tidak boleh dilanggar, seperti lamanya jam kerja dan banyaknya beban muatan yang boleh diangkut oleh setiap truk. Pada tabel 4. 8 merupakan bentuk dari *tabel* pengelompokan.

Tabel 4. 8 *Clustering*

<i>Truck</i>						
	1					
<i>Route</i>	<i>Truck</i>	<i>Truck Route</i>	<i>Time</i>	<i>Demand</i>	<i>Service Time</i>	
0		0				
1	1	1	4,32	244,54	11,32	
2	2	0	0	0	0	
3	3	0	0	0	0	
4	1	4	12,8 4	210,38	19,84	
5	2	0	0	0	0	
6	3	0	0	0	0	
7	2	0	0	0	0	
8	3	0	0	0	0	
9	1	9	7,95	287,25	14,95	
10	2	0	0	0	0	
11	3	0	0	0	0	
12	1	12	7,59	41,80	14,59	
13	2	0	0	0	0	
14	3	0	0	0	0	
15	1	15	14,9 0	55,78	21,90	
<b>n</b>	.....	.....	.....	.....	.....	
100	1	100	4,7	272,6	11,7	

Diatas merupakan contoh bentuk data yang belum diolah menggunakan EA, jadi atas merupakan data yang masih belum dibagi, dibawah merupakan penjelasan setiap kolom yang ada pada tabel 4.8.

- *Route*

Pada bagian ini berikan semua urutan toko dari nomor satu hingga nomor seratus, nilai yang ditunjukkan merupakan titik-titik yang menjadi bagian dari keseluruhan rute distribusi, termasuk titik awal dan akhir, yaitu distributor yang berangka nol. Nanti setelah dissolver bagian ini akan tidak urut, tetapi sudah dikelompokan sesuai dengan truk yang ada.

- *Truck*

Pada bagian ini merupakan bagian kolom yang berfungsi sebagai pemberi identitas untuk truk kode apa yang akan mengantarkan produk ke toko yang sudah dikelompokkan.

- *Truck Route*

Merupakan bagian dari kolom yang berfungsi untuk menandai bahwa satu kendaraan dapat memiliki beberapa rute berbeda selama proses distribusi, tanpa harus melebihi dari beberapa batasan-batasan yang sudah ada.

- *Time*

Pada kolom ini memiliki fungsi untuk menjelaskan dalam bentuk angka, bawah berapa lama waktu yang dibutuhkan suatu truk untuk melakukan pengiriman dari satu titik koordinat ke titik koordinat lainnya. Satuan dalam angka pada kolom *Time* ini adalah menit.

- *Demand*

Pada kolom ini akan memberikan keterangan untuk mengetahui setiap toko memiliki berapa banyak jumlah pesanan dalam bentuk Kg. hal ini bertujuan untuk solver membagi setiap truk dengan kapasitas yang ada dengan tidak melebihi kapasitas maksimal dari setiap truknya.

- *Service Time*

Pada kolom ini berfungsi sebagai penambahan waktu, jadi ketika truk sampai ditoko maka mereka memiliki waktu tambahan untuk menurunkan barang, waktu yang dibutuhkan adalah 5-7 menit, disini peneliti mengambil waktu terbanyak, yaitu 7 menit.

#### 4. Membuat *tabel* Total *Time* dan Total *Demand*

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan *tabel* untuk total *Time* dan total *Demand*. *Tabel* total *Time* memiliki peran untuk menjumlah waktu yang dihabiskan untuk melakukan pengiriman dan penurunan barang setiap truknya. *Tabel* total *Demand* berfungsi sebagai perhitungan setiap truk akan mengangkut berapa banyak muatan tanpa harus melebihi kapasitas maksimal dari kendaraan yang tersedia. Pada tabel 4. 9 merupakan bentuk dari kedua tabel.

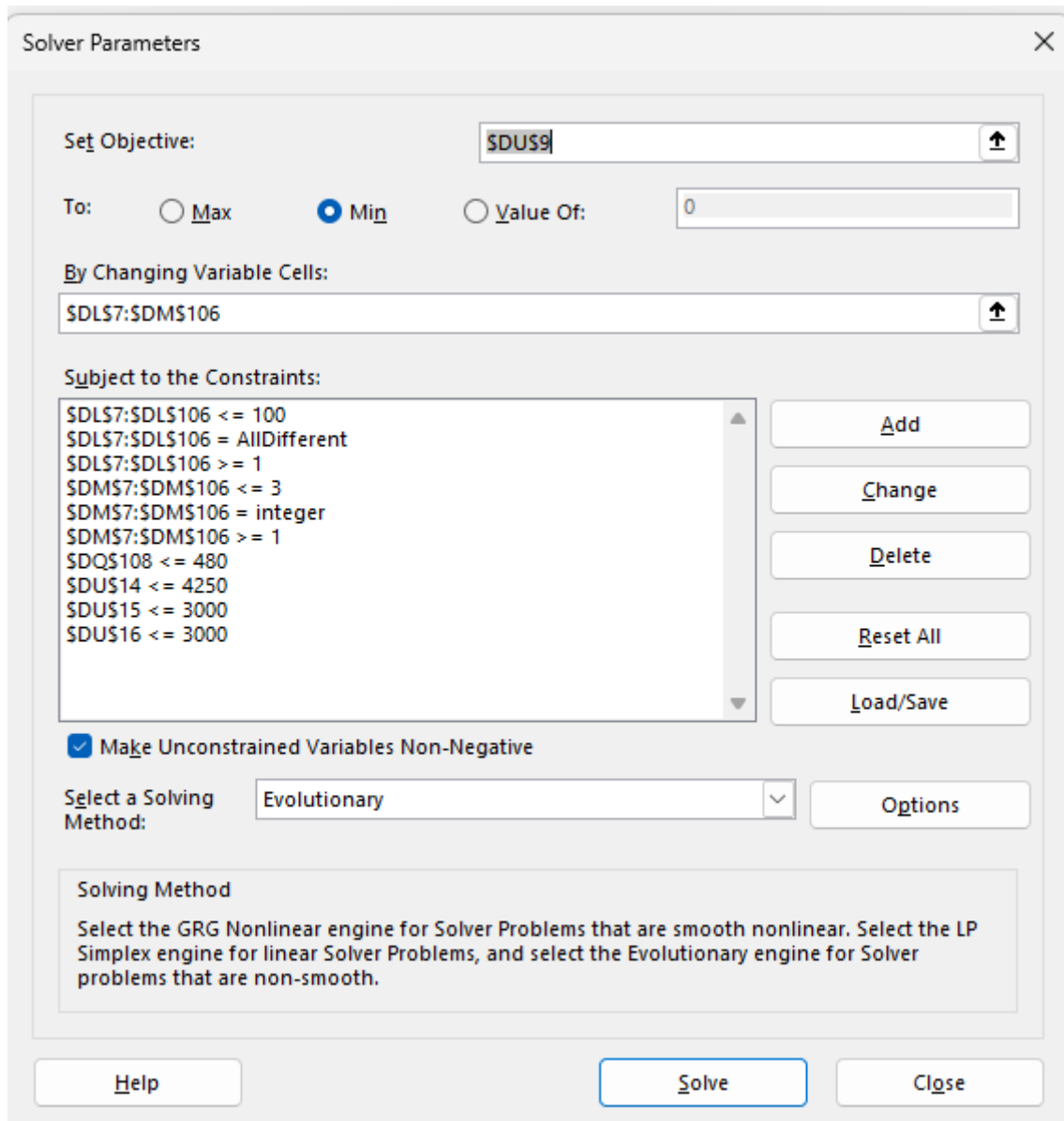
Tabel 4. 9 Total *Time*

<i>Truck</i>	N
1	N
2	N
3	N
Total <i>Time</i> .	N

<i>Truck</i>	Load
	N
1	N
2	N
3	N

### 5. Solver

Pada tahap terakhir ini, akan dilakukan pengelompokan toko dengan solver. Yang akan menjadi hal utama adalah mengurangi waktu tempuhnya. Lalu ada beberapa batasan yang tidak boleh dilanggar, yaitu setiap truk hanya boleh mengunjungi toko 1 kali, setiap truk harus memiliki toko yang berbeda-beda, truk 1 tidak boleh mengangkut produk lebih dari 4 ton, untuk truk 2 dan 3 tidak boleh lebih 3 ton, dan untuk setiap kendaraan hanya boleh beroperasi kurang dari 480 menit atau 8 jam. Pada gambar 4. 5 merupakan bentuk dari solver.



Gambar 4. 5 Service Level

Setelah dilakukan *solve* maka didapatkan hasil untuk truk 1 membutuhkan waktu distribusi selama 470 menit dan total berat 3947 Kg dari 4000 Kg, *Truck 2* membutuhkan waktu distribusi selama 638 menit dan total berat 3654 Kg 3000 Kg, dan truk 3 membutuhkan waktu distribusi selama 425 menit dan total berat 2985 Kg dari 3000 Kg. dari perhitungan yang dilakukan ini, untuk truk 2 maka akan dilakukan penundaan pengiriman yang akan dikirimkan kemudian hari dengan jumlah tokoh 13 toko. Pada tabel 4. 10 merupakan pengelompokan yang dihasilkan dan sudah dilakukan pemotongan jumlah toko untuk truk 2.

Tabel 4. 10 *Clustering*

<i>Truck</i>	<i>Customer</i>
1	0-38-10-61-33-45-77-8-20-72-62-29-48-22-51-43-88-13-11-39-19-80-41-15-86-6-36-35
2	0-3-64-93-2-14-71-7-40-58-52-92-83-57-65-42-56-82-79-12-90-9-89-95-94-67-16-31-27-55
3	0-21-59-44-74-91-24-87-1-66-32-23-34-81-60-50-78-85-84-76-17-53-25-96-100-5-73-28-30-37-47

#### 4.2.4 Proses *Nearest Neighbor Algorithm*

NN digunakan untuk menentukan urutan kunjungan toko dalam setiap *cluster* yang sudah dibentuk oleh EA, dengan tujuan agar rute kunjungan menjadi lebih efisien dari sisi jarak tempuh dan waktu distribusi. Dengan pendekatan ini, masing-masing kendaraan tidak hanya mendapatkan kelompokan toko yang sesuai dengan batasan operasionalnya, tetapi juga memperoleh urutan pengantaran yang optimal, sehingga keseluruhan sistem distribusi menjadi lebih hemat waktu. Berikut merupakan langkah-langkah dalam pembuatan rute menggunakan *Nearest Neighbor Algorithm*:

##### 1. Pembuatan Urutan Toko

Setelah dilakukan pengelompokan tokoh berdasarkan batasan-batasan yang, maka akan dilakukan perhitungan oleh NN dengan menggunakan coding, untuk menghasilkan urutan distribusi produk yang lebih efisien, pada tabel 4. 11 merupakan *pseudocode* pada tahap pembuatan urutan toko.

Tabel 4. 11 *Pseudocode* Urutan Toko

<i>pseudocode</i>	Fungsi
<pre>import math</pre>	Fungsi dari <i>pseudocode</i> adalah mengimpor modul <i>math</i> yang berisikan fungsi akar kuadrat, pangkat,

<i>pseudocode</i>	Fungsi
-------------------	--------

```
# Fungsi haversine
def haversine(lat1, lon1, lat2, lon2):
    R = 6371
    phi1, phi2 = math.radians(lat1), math.radians(lat2)
    dphi = math.radians(lat2 - lat1)
    dlamba = math.radians(lon2 - lon1)
    a = math.sin(dphi / 2)**2 + math.cos(phi1) * math.cos(phi2) * math.sin(dlamba / 2)**2
    return 2 * R * math.atan2(math.sqrt(a), math.sqrt(1 - a))
```

fungsi trigonometri, dan konstanta  $\pi$

Fungsi dari *pseudocode* adalah untuk menghitung jarak tempuh antara satu titik koordinat ke titik koordinat lainnya. Pada perhitungan ini menggunakan rumus perhitungan *haversine*.

```
# Data lokasi
locations = [
    ("Warehouse", -7.81, 110.30),
    ("ATTALAH, MM", -7.84, 110.24),
    ("ISTI, TOKO", -7.94, 110.37),
    ("Fian, TOKO", -7.90, 110.30),
    ("KITA MART, TOKO", -7.82, 110.39),
    ("MUBAROK, TOKO", -7.87, 110.36),
    ("B5, TOKO", -7.84, 110.43),
    ("MITRA MULIA MANDIRI, TOKO", -7.88, 110.33),
    ("32, TOKO", -7.83, 110.38),
    ("KARTO, TOKO", -7.81, 110.36),
    ("BUDI JAYA", -7.81, 110.36),
    ("AZQZA, TOKO", -7.86, 110.42),
    ("CIPTO, TOKO", -7.78, 110.38),
    ("MENARA, TOKO", -7.80, 110.34),
    ("IVA, TOKO", -7.81, 110.41),
    ("HARIYAH, TOKO", -7.92, 110.39),
    ("MANDIRI, TOKO", -7.83, 110.50),
    ("MINI, TOKO", -7.80, 110.35),
    ("MINARSO, TOKO", -7.80, 110.37),
    ("Maga III, MM", -7.81, 110.37),
    ("ANUGRAH SAYUR, TOKO", -7.79, 110.35),
    ("HESTI, TOKO", -7.78, 110.37),
    ("BU JAMAL, TOKO", -7.81, 110.35),
    ("NAFIZA, TOKO", -7.88, 110.37),
    ("NUR, TOKO", -7.84, 110.47),
    ("91, TOKO", -7.81, 110.39),
    ("KISMO, TOKO", -7.80, 110.34),
    ("BU PARNO, TOKO", -7.81, 110.34),
    ("BU TILAH", -7.87, 110.39),
    ("DELIMA, TOKO", -7.81, 110.39),
    ("HANIF, TOKO", -7.80, 110.39)
```

Fungsi dari *pseudocode* peneliti akan memasukkan toko-toko yang akan diantar, toko-toko ini sesuai dengan pengelompokan yang sudah dilakukan pada AE, toko disebelah ini adalah toko untuk truk 3.

*pseudocode*

## Fungsi

```
# Parameter
warehouse = locations[0]
unvisited = locations[1:]
routes = []
speed_kmph = 50
service_time = 7 / 60 # jam
rest_time = 1 # jam
max_time_per_vehicle = 8 # jam
max_time_without_rest = 4
```

```
# Mulai pembentukan rute
while unvisited:
    route = [warehouse]
    current = warehouse
    route_time = 0
    route_distance = 0
    rest_added = False

    while True:
        nearest = None
        min_distance = float("inf")
        for loc in unvisited:
            dist = haversine(current[1], current[2], loc[1], loc[2])
            time_needed = dist / speed_kmph + service_time
            if (route_time + time_needed <= max_time_per_vehicle) and dist < min_distance:
                nearest = loc
                min_distance = dist

        if nearest is None:
            break

        route.append(nearest)
        travel_time = min_distance / speed_kmph
        route_time += travel_time + service_time
        route_distance += min_distance
        current = nearest
        unvisited.remove(nearest)

        if route_time >= max_time_without_rest and not rest_added:
            route_time += rest_time
            rest_added = True
```

```
# Kembali ke warehouse
back_to_wh = haversine(current[1], current[2], warehouse[1], warehouse[2])
route_distance += back_to_wh
route_time += back_to_wh / speed_kmph

routes.append(route)
total_distance_all += route_distance
total_time_all += route_time
```

Fungsi dari *pseudocode* disamping merupakan batasan-batasan yang diberikan, seperti waktu kerja selama 480 menit, waktu istirahat selama 60 menit, waktu pelayanan setiap toko selama 7 menit, dan kecepatan rata-rata kendaraan 50 km/jam.

Fungsi dari *pseudocode* disamping adalah menyusun rute kendaraan dari gudang ke pelanggan dengan memiliki lokasi terdekat, selama waktu total yang dihasilkan tidak melebihi batas maksimal waktu kerja yaitu 480 menit.

Fungsi dari *pseudocode* disamping adalah membuat titik mulai yang bermula dari *Warehouse* atau distributor maka akan kembali ke *Warehouse* atau distributor dengan akhir nanti akan berikan jumlah

<i>pseudocode</i>	Fungsi
<pre># Menampilkan urutan toko yang dikunjungi pada setiap rute for idx, route in enumerate(routes):     print(f"\n🚗 Rute Kendaraan {idx + 1}:")     for i, loc in enumerate(route):         print(f"    {i+1}. {loc[0]}")</pre>	<p>jarak tempuh dan waktu tempuhnya.</p> <p>Fungsi dari <i>pseudocode</i> disamping memiliki fungsi untuk menampilkan urutan toko yang dihasilkan berdasarkan perhitungan diatas.</p>
<pre>1. Warehouse 2. BU PARNO, TOKO 3. BU JAMAL, TOKO 4. KARTO, TOKO 5. BUDI JAYA 6. Maga III, MM 7. MINARSO, TOKO 8. HANIF, TOKO 9. 91, TOKO 10. DELIMA, TOKO 11. KITA MART, TOKO 12. 32, TOKO 13. IVA, TOKO 14. B5, TOKO 15. AZQZA, TOKO 16. BU TILAH 17. NAFIZA, TOKO 18. MUBAROK, TOKO 19. MITRA MULIA MANDIRI, TOKO 20. Fian, TOKO 21. ISTI, TOKO 22. HARIYAH, TOKO 23. NUR, TOKO 24. MANDIRI, TOKO 25. CIPTO, TOKO 26. HESTI, TOKO 27. ANUGRAH SAYUR, TOKO 28. MINI, TOKO 29. MENARA, TOKO 30. KISMO, TOKO 31. ATTALAH, MM</pre>	<p>Disamping merupakan hasil dari urutan toko yang dihasilkan, dengan jumlah jarak adalah 107 KM waktu tempuh selama 457 menit, dimana waktu itu sudah dimasukkan waktu pelayanan dan waktu istirahat selama 60 menit.</p>

## 2. Pembuatan Visualisasi

Setelah didapatkan urutan distribusi produk PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul maka akan dilakukan visualisasi dari urutan toko yang sudah dibentuk dengan menggunakan coding, pada tabel 4.12 merupakan *pseudocode* pada tahap visualisasi rute distribusi yang baru dari PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul.

Tabel 4. 12 Visualisasi

<i>pseudocode</i>	Fungsi
<pre>import folium</pre>	<p>Fungsi dari <i>pseudocode</i> disamping adalah mengimpor Pustaka folium, yaitu <i>library python</i> yang digunakan</p>

<i>pseudocode</i>	Fungsi
	untuk membuat peta interaktif berbasis data lat dan long.

```
# Data lokasi baru: (ID, Nama, Latitude, Longitude)
locations = [
  (0, "Warehouse", -7.81, 110.30),
  (28, "BU PARNO, TOKO", -7.81, 110.34),
  (25, "BU JAMAL, TOKO", -7.81, 110.35),
  (66, "KARTO, TOKO", -7.81, 110.36),
  (32, "BUDI JAYA", -7.81, 110.36),
  (76, "Maga III, MM", -7.81, 110.37),
  (84, "MINARSO, TOKO", -7.80, 110.37),
  (47, "HANIF, TOKO", -7.80, 110.39),
  (5, "91, TOKO", -7.81, 110.39),
  (37, "DELIMA, TOKO", -7.81, 110.39),
  (74, "KITA MART, TOKO", -7.82, 110.39),
  (1, "32, TOKO", -7.83, 110.38),
  (60, "IVA, TOKO", -7.81, 110.41),
  (24, "B5, TOKO", -7.84, 110.43),
  (23, "AZQZA, TOKO", -7.86, 110.42),
  (30, "BU TILAH", -7.87, 110.39),
  (96, "NAFIZA, TOKO", -7.88, 110.37),
  (91, "MUBAROK, TOKO", -7.87, 110.36),
  (87, "MITRA MULIA MANDIRI, TOKO", -7.88, 110.33),
  (44, "Fian, TOKO", -7.90, 110.30),
  (59, "ISTI, TOKO", -7.94, 110.37),
  (50, "HARIYAH, TOKO", -7.92, 110.39),
  (100, "NUR, TOKO", -7.84, 110.47),
  (78, "MANDIRI, TOKO", -7.83, 110.50),
  (34, "CIPTO, TOKO", -7.78, 110.38),
  (53, "HESTI, TOKO", -7.78, 110.37),
  (17, "ANUGRAH SAYUR, TOKO", -7.79, 110.35),
  (85, "MINI, TOKO", -7.80, 110.35),
  (81, "MENARA, TOKO", -7.80, 110.34),
  (73, "KISMO, TOKO", -7.80, 110.34),
  (21, "ATTALAH, MM", -7.84, 110.24)
```

Fungsi dari *pseudocode* disamping adalah memasukkan data berupa urutan toko sesuai dengan urutan yang sudah dihasilkan oleh NN dan memasukkan data nama toko, id toko, dan data geografi.

```
# Inisialisasi peta
m = folium.Map(location=[-7.85, 110.35], zoom_start=12)

# Tambahkan marker dan circle marker untuk setiap lokasi
for id, name, lat, lng in locations:
  # Marker utama
  folium.Marker(
    location=[lat, lng],
    popup=f"{id}: {name}",
    tooltip=name,
    icon=folium.Icon(color='red' if id == 0 else 'blue')
  ).add_to(m)

  # CircleMarker untuk menampilkan ID
  folium.CircleMarker(
    location=[lat, lng],
    radius=10,
    fill=True,
    fill_color='red' if id == 0 else 'blue',
    color='white',
    fill_opacity=0.7,
    popup=f"ID: {id}",
    tooltip=f"ID: {id}",
  ).add_to(m)
```

Fungsi dari *pseudocode* disamping untuk menampilkan peta interaktif menggunakan *library*, dengan menambahkan penanda dan lingkaran pada setiap lokasi yang ada dalam data.

pseudocode	Fungsi
<pre># Buat rute dan kembali ke warehouse route = [[lat, lng] for _, _, lat, lng in locations] route.append(route[0]) # kembali ke titik awal  folium.PolyLine(     route,     color='orange',     weight=3,     opacity=0.8 ).add_to(m)</pre>	<p>Fungsi dari <i>pseudocode</i> disamping untuk membuat rute yang dihasilkan yang bermula pada <i>Warehouse</i> atau distributor dan akan berakhir pada <i>Warehouse</i> atau distributor.</p>
	<p>Disamping adalah bentuk rute yang baru untuk truk 3 untuk mendistribusikan produk PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul.</p>

#### 4.2.5 Safety Time

Dalam proses distribusi, ketidakpastian di lapangan seperti kemacetan lalu lintas, kondisi jalan yang tidak terduga, maupun adanya hambatan kegiatan distribusi yang lainnya yang bisa mempengaruhi ketepatan waktu pengiriman. Oleh karena itu dibutuhkan *safety Time* yang berfungsi sebagai *buffer* agar keterlambatan akibat faktor eksternal tetap dapat ditoleransikan.

Perhitungan waktu total pada setiap rute didasarkan pada penjumlahan waktu tempuh antar toko dengan waktu pelayanan di masing-masing titik. Namun, perlu dipahami lagi yang sudah dijelaskan sebelumnya, dimana waktu pelayanan ini bersifat tidak tetap, jadi waktu 7 menit diambil dari pelayanan toko yang memiliki jumlah pemesanan produk paling banyak. Dengan demikian, terdapat waktu pelayanan yang berbeda-beda yang pada akhirnya menghasilkan sisa waktu yang beda-beda setiap rutenya.

Dibawah ini adalah rincian waktu sisa distribusi setiap rutenya:

- Rute 1 memiliki waktu sisa distribusi 30 menit
- Rute 2 memiliki waktu sisa distribusi 20 menit
- Rute 3 memiliki waktu sisa distribusi 20 menit

Dari waktu distribusi diatas itu adalah *safety Time* yang bisa digunakan untuk setiap rutenya, tetapi waktu sisa distribusi rute diatas masih mengacu pada pelayanan setiap toko yang tetap, yaitu 7 menit, otomatis sisa waktu distribusinya bisa beda-beda dan akan lebih besar.

#### 4.2.6 Proses Verifikasi dan Validasi Rute Distribusi

Verifikasi dan validasi merupakan tahap penting dalam memastikan bahwa model simulasi yang dikembangkan dapat merepresentasikan sistem nyata. Dalam tugas akhir ini, verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa model algoritma distribusi yang dibangun—termasuk logika pembentukan cluster dengan *Evolutionary Algorithm* dan penentuan urutan rute dengan *Nearest Neighbor*—telah diterjemahkan dengan benar ke dalam bahasa pemrograman. Setelah model terverifikasi, dilakukan proses validasi, yaitu membandingkan output simulasi dengan data aktual dari sistem distribusi riil. Validasi dilakukan menggunakan uji kesamaan dua rata-rata (t-test) dan uji kesamaan dua variansi (F-test) untuk melihat apakah terdapat perbedaan signifikan antara performa sistem nyata dan hasil model simulasi.

##### 1. Verifikasi

Verifikasi pada tugas akhir ini dilakukan untuk memastikan bahwa model algoritma distribusi yang dibangun telah diimplementasikan dengan benar ke dalam program. Proses verifikasi mencakup pemeriksaan input data, perhitungan jarak antar titik dengan rumus *Euclidean*, serta penerapan batasan-batasan seperti jam kerja maksimal, waktu istirahat, kapasitas kendaraan, waktu pelayanan, dan jumlah kunjungan maksimal. Selain itu, dilakukan juga pengecekan terhadap logika algoritma *Evolutionary Algorithm* dan *Nearest Neighbor* serta kesesuaian output program dengan data yang digunakan. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa model telah bekerja sesuai dengan konsep yang dirancang dan dapat digunakan untuk proses validasi lebih lanjut.

##### 2. Validasi

Validasi model merupakan tahap penting dalam proses pembangunan model simulasi untuk memastikan bahwa hasil yang diperoleh dari model dapat merepresentasikan sistem nyata secara akurat. Pada penelitian ini, validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi yang dihasilkan oleh model dengan data aktual dari sistem distribusi riil. Tujuannya adalah untuk mengetahui sejauh mana model mampu meniru perilaku sistem nyata dari segi performa waktu tempuh terhadap pelanggan. Dengan melakukan validasi, maka keandalan model dalam memberikan solusi optimal terhadap permasalahan distribusi

dapat dibuktikan secara statistik. Pada tabel 4. 13 merupakan validasi yang sudah dilakukan menggunakan 2 uji, yaitu uji kesamaan dua rata-rata dan uji kesamaan variansi.

Tabel 4. 13 Validasi Semua Rute Distribusi

**Route 1**

No	Output Historis	Output Simulasi
1	13	4,11
2	13	5,50
3	12	3,44
4	13	11,48
5	17	16,34
6	7	3,20
7	4	0,96
8	11	4,96
9	1	0,65
10	6	2,65
11	1	0,58
12	4	4,32
13	11	1,74
14	6	3,30
15	4	2,27
16	4	1,58
17	9	0,04
18	9	3,37
19	9	16,59
20	14	21,42
21	8	5,29
22	14	23,11
23	10	7,21
24	35	4,40
25	40	14,32
26	19	22,25
27	43	22,49
28	27	22,85

MEAN DAN STANDAR DEVIASI			
	Mean	SD (V)	N
Output Simulasi	8,228	8,055355879	28
Output Historis	13	10,88662108	28

**1. Menentukan Hipotesis**

H0	Hasil simulasi sesuai dengan sistem nyata
H1	Hasil simulasi tidak sesuai dengan hasil riil produksi

**2. Tingkat kepercayaan**

a	0,05
a/2	0,025
Ttabel	2,05

H0 diterima / H1 ditolak jika $-2,048 < T_{hitung} < 2,048$
H0 ditolak / H1 diterima jika $T_{hitung} < -2,048$ atau $T_{hitung} > 2,048$

**3. Statistik Uji**

Mencari Nilai T hitung	
Sp <sup>2</sup>	$\frac{(N_1 - 1)V_1^2 + (N_2 - 1)V_2^2}{N_1 + N_2 - 2}$
T hitung	$\frac{\text{Mean 1} - \text{Mean 2}}{\sqrt{Sp^2 \cdot (\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2})}}$

**4. Hasil Uji Dua Rata-Rata**

Ttabel	Thitung	Ttabel
-2,05	-1,864422936	2,05

KEPUTUSAN	<b>H0 DITERIMA</b>
	Hasil simulasi sesuai dengan sistem nyata

Uji Kesamaan Dua Rata-Rata

No	Output Historis	Output Simulasi
1	13	4,11
2	13	5,50
3	12	3,44
4	13	11,48
5	17	16,34
6	7	3,20
7	4	0,96
8	11	4,96
9	1	0,65
10	6	2,65
11	1	0,58
12	4	4,32
13	11	1,74
14	6	3,30
15	4	2,27
16	4	1,58
17	9	0,04
18	9	3,37
19	9	16,59
20	14	21,42
21	8	5,29
22	14	23,11
23	10	7,21
24	35	4,40
25	40	14,32
26	19	22,25
27	43	22,49
28	27	22,85

### MEAN DAN STANDAR DEVIASI

	Mean	SD (V)	N
Output Simulasi	8,23	8,055355879	28
Output Historis	13	10,88662108	28

#### 1. Menentukan Hipotesis

H0	Probabilitas semua kejadian sama (Hasil
H1	Hasil simulasi tidak sesuai dengan hasil riil

#### 2. Tingkat kepercayaan 95%

a	0,05	
a/2	0,025	0,975
Ftabel	2,100995817	0,475964774

terima / H1 ditolak jika  $F 0.975 (29, 29) < F_{hitung} < F 0.025 (29, 29)$   
H1 diterima jika  $F_{hitung} > F 0.025 (29, 29)$  atau  $F_{hitung} < F 0.$

#### 3. Statistik Uji

Mencari Nilai Fhitung	
Fhitung	0,547498899

Mencari Nilai F hitung	
F hitung	$\frac{V_1^2}{V_2^2}$

#### 4. Hasil Uji Dua Variansi

Ftabel	Fhitung	Ftabel
0,475964774	0,547498899	4,21

KEPUTUSAN	<b>H0 DITERIMA</b>
	Probabilitas semua kejadian sama (Hasil simulasi sesuai sistem)

#### Uji Kesamaan Dua Variansi

## Route 2

No	Output Historis	Output Simulasi
1	7	3,27
2	9	2,47
3	19	8,69
4	10	14,69
5	4	11,21
6	5	1,77
7	3	1,63
8	8	3,38
9	10	5,75
10	2	2,13
11	11	6,06
12	3	0,82
13	17	15,77
14	18	19,30
15	6	2,13
16	12	6,30
17	9	6,69
18	9	3,31
19	9	3,65
20	5	8,77
21	12	3,65
22	1	7,44
23	12	10,25
24	1	0,08
25	7	7,49
26	17	4,69
27	25	13,83
28	13	10,05
29	26	11,00
30	40	25,47

### MEAN DAN STANDAR DEVIASI

	Mean	SD (V)	N
Output Simulasi	7,392	5,908441238	30
Output Historis	11	8,444545271	30

#### 1. Menentukan Hipotesis

H0	Hasil simulasi sesuai dengan sistem nyata
H1	Hasil simulasi tidak sesuai dengan hasil riil produksi

#### 2. Tingkat kepercayaan

a	0,05
a/2	0,025
Ttabel	2,048

H0 diterima / H1 ditolak jika  $-2,048 < T_{hitung} < 2,048$   
H0 ditolak / H1 diterima jika  $T_{hitung} < -2,048$  atau  $T_{hitung} > 2,048$

#### 3. Statistik Uji

Mencari Nilai Thitung	
Sp <sup>2</sup>	53,11001134
Thitung	-1,917698101

Mencari Nilai T hitung	
Sp <sup>2</sup> =	$\frac{(N_1 - 1)V_1^2 + (N_2 - 1)V_2^2}{N_1 + N_2 - 2}$
T hitung	$\frac{\text{Mean 1} - \text{Mean 2}}{\sqrt{Sp^2 \cdot (\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2})}}$

#### 4. Hasil Uji Dua Rata-Rata

Ttabel	Thitung	Ttabel
-2,048	-1,917698101	2,048

KEPUTUSAN	<b>H0 DITERIMA</b>
	Hasil simulasi sesuai dengan sistem nyata

#### Uji Kesamaan Dua Rata-Rata

No	Output Historis	Output Simulasi
1	7	3,271
2	9	2,474
3	19	8,685
4	10	14,693
5	4	11,209
6	5	1,768
7	3	1,627
8	8	3,380
9	10	5,754
10	2	2,129
11	11	6,064
12	3	0,824
13	17	15,772
14	18	19,302
15	6	2,129
16	12	6,300
17	9	6,692
18	9	3,314
19	9	3,646
20	5	8,772
21	12	3,648
22	1	7,436
23	12	10,246
24	1	0,082
25	7	7,491
26	17	4,688
27	25	13,829
28	13	10,046
29	26	10,999
30	40	25,475

### MEAN DAN STANDAR DEVIASI

	Mean	SD (V)	N
Output Simulasi	7,392	5,908441238	30
Output Historis	11,000	8,444545271	30

#### 1. Menentukan Hipotesis

H0	Probabilitas semua kejadian sama (Hasil
H1	Hasil simulasi tidak sesuai dengan hasil riil

#### 2. Tingkat kepercayaan 95%

a	0,05	
a/2	0,025	0,975
Ftabel	2,100995817	0,475964774

terima / H1 ditolak jika  $F_{0.975} (29, 29) < F_{hitung} < F_{0.025} (29, 29)$   
 H1 diterima jika  $F_{hitung} > F_{0.025} (29, 29)$  atau  $F_{hitung} < F_{0.975} (29, 29)$

#### 3. Statistik Uji

Mencari Nilai Fhitung	
Fhitung	0,489545773

Mencari Nilai Fhitung	
Fhitung	$\frac{V_1^2}{V_2^2}$

#### 4. Hasil Uji Dua Variansi

Ftabel	Fhitung	Ftabel
0,475964774	0,489545773	4,200000

<b>KEPUTUSAN</b>	<b>H0 DITERIMA</b>
	Probabilitas semua kejadian sama (Hasil simulasi sesuai sistem)

#### Uji Kesamaan Dua Variansi

## Route 3

No	Output Historis	Output Simulasi
1	14	5,85
2	5	6,00
3	7	7,28
4	1	2,41
5	5	1,66
6	4	0,62
7	9	5,36
8	5	1,71
9	1	2,89
10	2	4,00
11	7	6,71
12	14	14,65
13	11	4,46
14	7	4,08
15	10	4,56
16	6	2,58
17	4	2,82
18	10	3,62
19	10	4,78
20	24	18,76
21	10	8,14
22	25	16,09
23	7	3,61
24	25	19,82
25	7	6,99
26	13	3,88
27	5	3,56
28	5	3,40
29	1	2,29
30	23	16,73
31	15	8,57

### MEAN DAN STANDAR DEVIASI

	Mean	SD (V)	N
Output Simulasi	6,383	5,236020593	31
Output Historis	9,419354839	6,922303054	31

#### 1. Menentukan Hipotesis

H0	Hasil simulasi sesuai dengan sistem nyata
H1	Hasil simulasi tidak sesuai dengan hasil riil produksi

#### 2. Tingkat kepercayaan

a	0,05
a/2	0,025
Ttabel	2,042

H0 diterima / H1 ditolak jika  $-2,048 < T_{hitung} < 2,048$   
 H0 ditolak / H1 diterima jika  $T_{hitung} < -2,048$  atau  $T_{hitung} > 2,048$

#### 3. Statistik Uji

Mencari Nilai Thitung	
Sp <sup>2</sup>	37,66709561
Thitung	-1,947699082

Mencari Nilai Thitung	
Sp <sup>2</sup> =	$\frac{(N_1 - 1)V_1^2 + (N_2 - 1)V_2^2}{N_1 + N_2 - 2}$
Thitung	$\frac{\text{Mean 1} - \text{Mean 2}}{\sqrt{Sp^2 \cdot (\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2})}}$

#### 4. Hasil Uji Dua Rata-Rata

Ttabel	Thitung	Ttabel
-2,042	-1,947699082	2,042

<b>KEPUTUSAN</b>	<b>H0 DITERIMA</b>
	Hasil simulasi sesuai dengan sistem nyata

#### Uji Kesamaan Dua Rata-Rata

No	Output Historis	Output Simulasi
1	14	5,853
2	5	5,995
3	7	7,280
4	1	2,408
5	5	1,656
6	4	0,619
7	9	5,364
8	5	1,713
9	1	2,890
10	2	4,001
11	7	6,712
12	14	14,648
13	11	4,459
14	7	4,083
15	10	4,556
16	6	2,584
17	4	2,816
18	10	3,618
19	10	4,776
20	24	18,763
21	10	8,137
22	25	16,094
23	7	3,612
24	25	19,821
25	7	6,986
26	13	3,883
27	5	3,559
28	5	3,399
29	1	2,286
30	23	16,730
31	15	8,574

Uji Kesamaan Dua Variansi

MEAN DAN STANDAR DEVIASI			
	Mean	SD (V)	N
Output Simulasi	6,383	5,236020593	31
Output Historis	9,419354839	6,922303054	31

## 1. Menentukan Hipotesis

H0	Probabilitas semua kejadian sama (Hasil
H1	Hasil simulasi tidak sesuai dengan hasil riil

## 2. Tingkat kepercayaan 95%

a	0,05	
a/2	0,025	0,975
Ftabel	2,100995817	0,475964774

terima / H1 ditolak jika  $F 0.975 (29, 29) < F_{hitung} < F 0.025 (29, 29)$   
H1 diterima jika  $F_{hitung} > F 0.025 (29, 29)$  atau  $F_{hitung} < F 0.$

## 3. Statistik Uji

Mencari Nilai Fhitung	
Fhitung	0,572138898

Mencari Nilai Fhitung	
F hitung	$\frac{V_1^2}{V_2^2}$

## 4. Hasil Uji Dua Variansi

Ftabel	Fhitung	Ftabel
0,475964774	0,572138898	4,18

KEPUTUSAN	<b>H0 DITERIMA</b>
	Probabilitas semua kejadian sama (Hasil simulasi sesuai sistem)

Validasi model dilakukan terhadap tiga rute distribusi dengan menggunakan uji kesamaan dua rata-rata (t-test) dan uji kesamaan dua variansi (F-test). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada ketiga rute, nilai statistik uji berada dalam rentang penerimaan  $H_0$ , sehingga model simulasi dinyatakan valid.

- Rute 1
  - t-hitung = -1,8644, t-tabel =  $\pm 2,05 \rightarrow |t\text{-hitung}| < t\text{-tabel} \rightarrow H_0$  diterima
  - F-hitung = 0,54749, F-tabel = 4,21,  $\rightarrow F\text{-hitung} < F\text{-tabel} \rightarrow H_0$  diterima
  - Kesimpulan: Hasil simulasi sesuai dengan sistem nyata
- Rute 2
  - t-hitung = -1,9176, t-tabel =  $\pm 2,048 \rightarrow |t\text{-hitung}| < t\text{-tabel} \rightarrow H_0$  diterima
  - F-hitung = 0,4895, F-tabel = 4,20  $\rightarrow F\text{-hitung} < F\text{-tabel} \rightarrow H_0$  diterima
  - Kesimpulan: Hasil simulasi sesuai dengan sistem nyata
- Rute 3
  - t-hitung = -1,9476, t-tabel =  $\pm 2,042 \rightarrow |t\text{-hitung}| < t\text{-tabel} \rightarrow H_0$  diterima
  - F-hitung = 0,5721, F-tabel = 4,18  $\rightarrow F\text{-hitung} < F\text{-tabel} \rightarrow H_0$  diterima
  - Kesimpulan: Hasil simulasi sesuai dengan sistem nyata

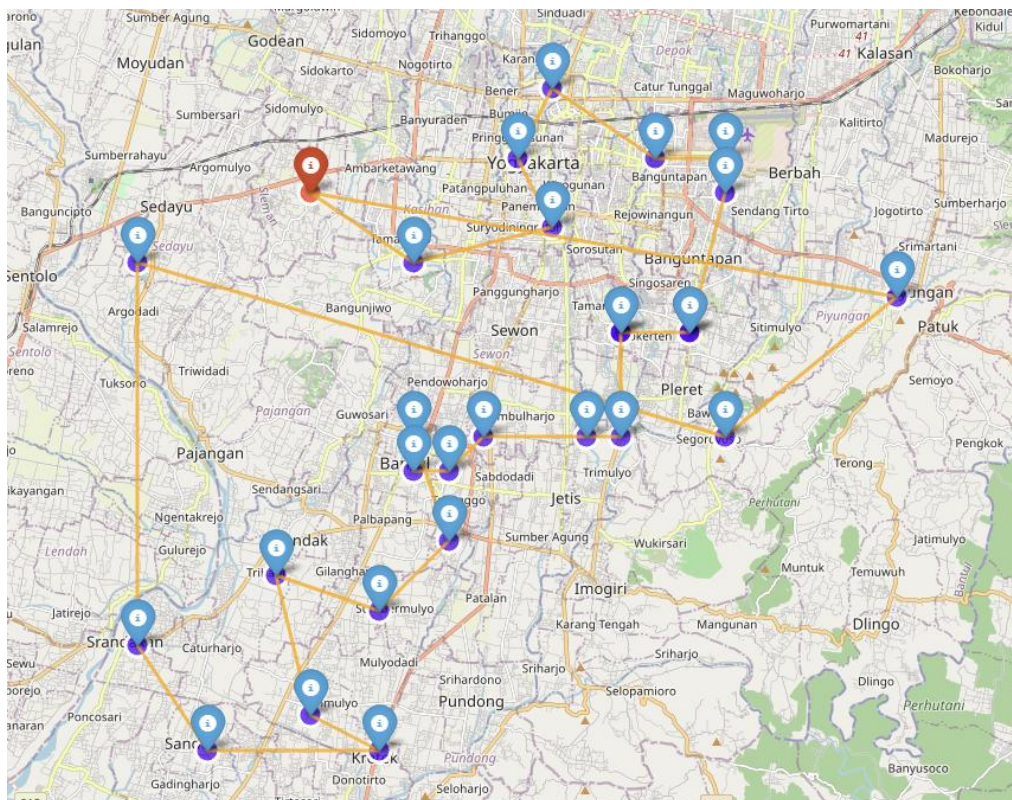
## BAB V PEMBAHASAN

### 5.1 Analisis Hasil

Hasil dari implementasi 2 algoritma, yaitu *Evolutionary Algorithm* dan *Nearest Neighbor* dalam penyelesaian masalah jenis *Problem Routing Vehicle Capacitated (CVRP)*, yaitu masalah distribusi yang memperhitungkan kapasitas maksimum kendaraan. Lalu masuk juga ke dalam *Time-Constrained VRP (T-VRP)* di PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul bahwa algoritma yang digunakan bisa menghasilkan solusi rute distribusi yang efisien dan bisa memenuhi batasan yang ada, seperti jam kerja tidak lebih 480 menit, kapasitas tiap kendaraan tidak melebihi muat angkutnya. Dari jumlah kendaraan 3 jenis, yaitu 1 *Double Box* dan 2 engkel *Box* dihasilkan 3 rute setiap kendaraan.

#### 1. Rute 1

Gambar 5.1 merupakan hasil rute pertama untuk truk *Double Box* yang terbentuk menggunakan algoritma EA dan NN.



Gambar 5. 1 Rute Usulan Kendaraan 1

Gambar diatas merupakan gambaran rute distribusi untuk truk 1, dimana yang merah merupakan titik awal dan titik akhir untuk rute distribusi atau distributor, titik biru merupakan titik customernya. Pada tabel 5.1 merupakan rincian dari setiap customer.

Tabel 5. 1 Rute Usulan 1

<b>Jenis Kendaraan</b>	<b><i>Id Number</i></b>	<b>Rute</b>	<b><i>Demand</i></b>	<b>Total Muatan</b>
	0	<i>Warehouse</i>	-	
	13	ALLWAN, TOKO	218,75	
	36	DDHARJOSOEWARNO (PRAWIROTAMAN)	223,2	
	72	KIOS TRI, TOKO	45,6	
	43	FATONAH HJ, TOKO	50,16	
	33	CENDRAWASIH, TOKO	55,78	
	11	AISYAH, TOKO	49,02	
	22	AULIA, TOKO	84,16	
	15	Amanda 4, MM	143,23	
	48	HARI, TOKO	210,16	
	45	GEMAH RIPAH, TOKO	41,8	
	38	DM Baru 3, MM	210,38	
	10	AHMADI, TOKO	244,54	
	29	BU SASTRO, TOKO	213,76	
<i>Double Box</i>	39	DM Baru 6, MM	41,04	3947,72
	86	MITRA HUSADA, TOKO	22,8	
	62	JINAH, TOKO	45,6	
	61	JAMILAH, TOKO	287,25	
	77	MALIK MART, TOKO	183,43	
	8	ADHA, TOKO	272,58	
	88	MONCHER, TOKO	147,36	
	19	ARIDA 2, TOKO	133,75	
	6	914N MART	106,25	
	35	CV, MANGESTONI BERKAH JAYA	318,88	
	20	ATMAJA, MM	168,24	
	80	MEKAR, TOKO	13,68	
	41	ENDANG, TOKO	207,2	
	51	HARJONO, TOKO	209,12	
	0	<i>Warehouse</i>	-	

Berdasarkan tabel distribusi untuk kendaraan jenis *Double Box*, diketahui bahwa rute distribusi dimulai dari titik pusat atau *main hub (Warehouse)* dan kembali ke titik tersebut setelah melayani seluruh toko yang telah ditentukan. Total toko yang dikunjungi adalah

sebanyak 26 titik pelanggan dengan total permintaan (*Demand*) mencapai 3.947,72 kilogram. Rute ini dirancang sedemikian rupa agar tidak melebihi kapasitas maksimum kendaraan dan tetap berada dalam batasan waktu kerja yang ditentukan. Penambahan data *Demand* pada tiap titik juga membantu memastikan bahwa beban muatan kendaraan tidak melebihi kapasitas teknis kendaraan *Double Box*. Dengan demikian, distribusi dilakukan secara efisien baik dari sisi pemenuhan permintaan maupun pengelolaan muatan.

Tabel 5. 2 merupakan data rincian terkait waktu pengiriman untuk rute 1.

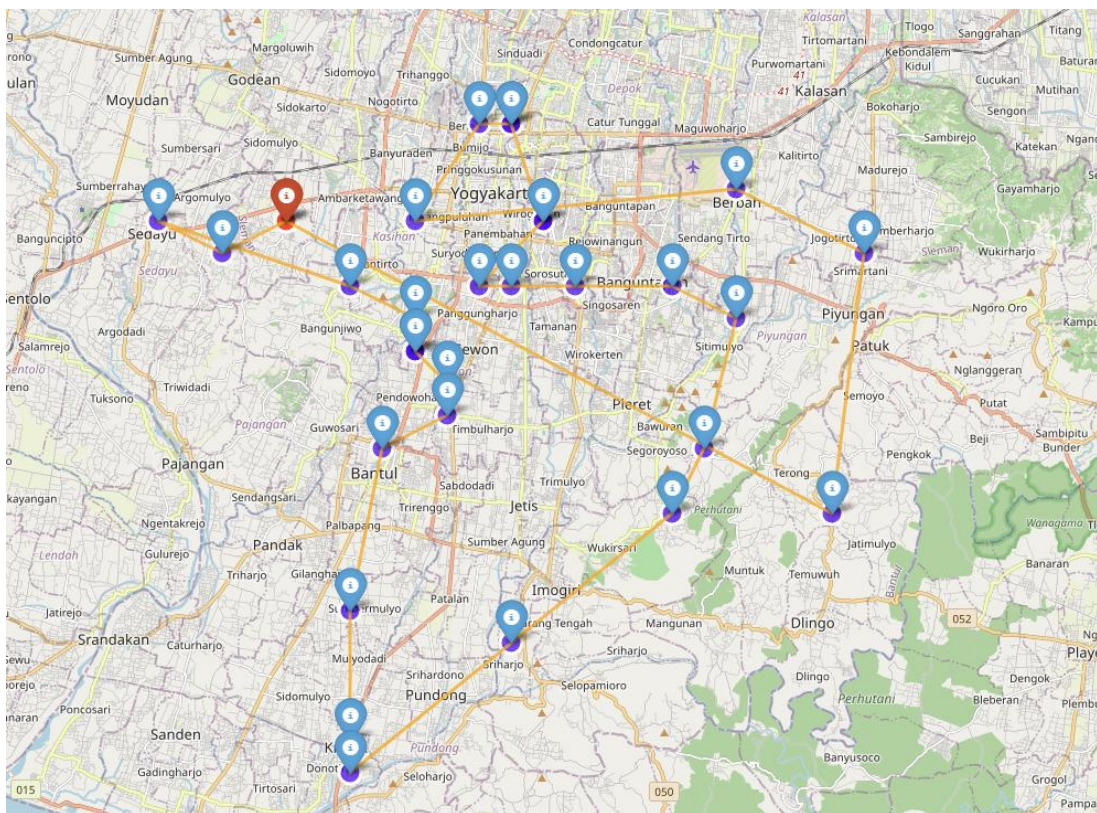
Tabel 5. 2 Rincian Waktu Rute 1

<i>Id Number</i>	<b>Waktu Tempuh</b>	<i>Service Time</i>	<b>Waktu Istirahat</b>	<b>Total Time</b>
0	4,11	11,11		
13	5,50	12,50		
36	3,44	10,44		
72	11,48	18,48		
43	16,34	23,34		
33	3,20	10,20		
11	0,96	7,96		
22	4,96	11,96		
15	0,65	7,65		
48	2,65	9,65		
45	0,58	7,58		
38	4,32	11,32		
10	1,74	8,74		
29	3,30	10,30		
39	2,27	9,27	60	446,54
86	1,58	8,58		
62	0,04	7,04		
61	3,37	10,37		
77	16,59	23,59		
8	21,42	28,42		
88	5,29	12,29		
19	23,11	30,11		
6	7,21	14,21		
35	4,40	11,40		
20	14,32	21,32		
80	22,25	29,25		
41	12,49	19,49		
51	22,85	-		

Berdasarkan data hasil perhitungan waktu tempuh pada salah satu rute kendaraan, diketahui bahwa kendaraan memulai perjalanannya dari titik utama (ID = 0) dengan waktu 28. Selanjutnya kendaraan melakukan kunjungan ke sejumlah titik pelanggan, dengan total waktu tempuh dan waktu pelayanan yang tercatat sebesar 446,54 menit. Dalam perhitungan ini, waktu pelayanan pada setiap toko ditetapkan selama 7 menit, dan waktu istirahat selama distribusi diberikan selama 60 menit. Batas waktu kerja yang ditetapkan adalah selama 480 menit (setara dengan pukul 08.00–16.00). Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kendaraan telah menyelesaikan rutenya dalam waktu yang masih berada dalam batas maksimal, yaitu menyisakan waktu sekitar 33,46 menit sebelum batas akhir jam kerja. Waktu sisa ini dapat dimanfaatkan sebagai *safety Time* untuk mengantisipasi berbagai kondisi lapangan seperti kemacetan, antrian pelayanan di toko, atau keterlambatan lainnya. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa rute yang dibentuk telah sesuai dengan batasan waktu.

## 2. Rute 2

Pada gambar 5. 2 merupakan hasil rute pertama untuk truk engkel *Box* yang terbentuk menggunakan algoritma EA dan NN.



Gambar 5. 2 Rute Usulan 2

Gambar diatas merupakan gambaran rute distribusi untuk truk 2, dimana yang merah merupakan titik awal dan titik akhir untuk rute distribusi atau distributor, titik biru merupakan titik customernya. Pada tabel 5.3 merupakan rincian dari setiap customer.

Tabel 5. 3 Rute Usulan 2

<b>Jenis Kendaraan</b>	<b><i>Id Number</i></b>	<b>Rute</b>	<b><i>Demand</i></b>	<b>Total Muatan</b>
	0	<i>Warehouse</i>	-	
	42	ENI SEMBAKO, TOKO	85,98	
	56	IDEAL,MM	146,46	
	92	MULIA TOSERBA, TOKO	95,74	
	64	JULIA FROZEN, TOKO	22,8	
	40	DM 7,MM	169,3	
	90	MS PUTRA,MM	21,4	
	58	IMAH,TOKO	90,24	
	82	MENIK,TOKO	31,92	
	9	AGUNG 2, MM	75,22	
	57	IFAH,TOKO	132,8	
	79	MEKAR PS,TOKO	55,56	
	94	MUSTIKA,TOKO	62,76	
	52	HARMI , TOKO	102,25	
Engkel Box	16	ANIK, TOKO	50,47	2556,01
	55	IBU WARTINI, TOKO	31,92	
	71	KIOS HASA	73,07	
	31	BU YAYUK, TOKO	155,92	
	2	361 JAYA, TOKO	211,48	
	83	MIGUNANI TOKO	80,06	
	12	AL MUNAWIR, TOKO	145,6	
	93	MURTIJO,TOKO	38,24	
	67	KARUMA,MM	13,68	
	7	ABADI, TOKO	150,13	
	89	MONITA,TOKO	18,24	
	3	69, TOKO	88,48	
	65	KAMILA,MM	90,46	
	14	Amanda 3, MM	174,03	
	95	Nabila, MM	92,6	
	27	BU KUSDIYAH, TOKO	49,2	
	0	<i>Warehouse</i>	-	

Pada rute distribusi menggunakan kendaraan Engkel Box, rute dimulai dan diakhiri di *Warehouse* sebagai pusat distribusi. Kendaraan ini melayani sebanyak 29 titik pelanggan

dengan total permintaan (*Demand*) mencapai 2.556,01 kilogram, yang mana telah disesuaikan dengan batas kapasitas angkut kendaraan Engkel *Box*. Setiap titik kunjungan memiliki beban permintaan yang berbeda-beda, dan pengalokasian pelanggan ke kendaraan ini telah memperhatikan batasan waktu kerja maksimal serta waktu pelayanan di tiap toko. Dengan pendekatan ini, rute distribusi berjalan efisien, tidak melebihi batasan waktu dan kapasitas, serta dapat menjamin tercapainya tingkat pelayanan yang optimal tanpa resiko kelebihan beban maupun keterlambatan distribusi.

Pada tabel 5. 4 merupakan data rincian terkait waktu pengiriman untuk rute 2.

Tabel 5. 4 Rincian Waktu Rute 2

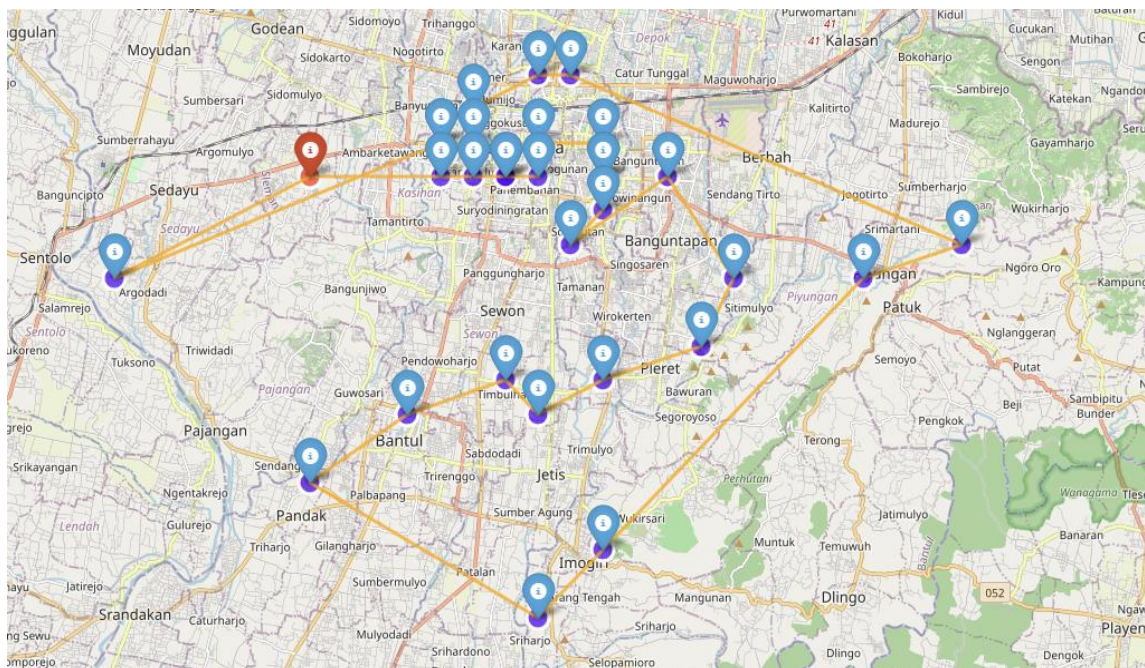
<i>Id Number</i>	<b>Waktu Tempuh</b>	<i>Service Time</i>	<b>Waktu Istirahat</b>	<b>Total Time</b>
0	3,27	10,27		
42	2,47	9,47		
56	8,69	15,69		
92	14,69	21,69		
64	11,21	18,21		
40	1,77	8,77		
90	1,63	8,63		
58	3,38	10,38		
82	5,75	12,75		
9	2,13	9,13		
57	6,06	13,06		
79	0,82	7,82		
94	15,77	22,77		
52	19,30	26,30		
16	2,13	9,13	60	459,27
55	6,30	13,30		
71	6,69	13,69		
31	3,31	10,31		
2	3,65	10,65		
83	8,77	15,77		
12	3,65	10,65		
93	7,44	14,44		
67	10,25	17,25		
7	0,08	7,08		
89	7,49	14,49		
3	4,69	11,69		
65	13,83	20,83		
14	10,05	17,05		

<i><b>Id Number</b></i>	<b>Waktu Tempuh</b>	<i><b>Service Time</b></i>	<b>Waktu Istirahat</b>	<b>Total Time</b>
95	11,00	18,00		
27	25,47	-		

Berdasarkan data waktu tempuh kendaraan Engkel *Box* pada rute distribusi, diketahui bahwa kendaraan memulai perjalanan dari titik awal (ID = 0) dan kembali ke titik yang sama setelah menyelesaikan seluruh proses pelayanan. Total waktu tempuh perjalanan adalah 459,27 menit, termasuk waktu tempuh antar titik, waktu pelayanan di setiap toko (7 menit per toko), serta waktu istirahat selama 60 menit yang disisipkan sesuai dengan ketentuan jam kerja maksimal. Data ini menunjukkan bahwa kendaraan melayani sebanyak 29 titik pelanggan, dengan setiap toko memiliki waktu kunjungan yang terdiri atas waktu tempuh dan waktu pelayanan. Kendaraan menyelesaikan rute dalam batas waktu kerja yang telah ditentukan yaitu 480 menit (8 jam). Masih terdapat sisa waktu sekitar 20,73 menit sebelum batas waktu layanan habis, yang dapat dimanfaatkan sebagai *safety Time* untuk mengantisipasi kondisi di lapangan seperti kemacetan, keterlambatan pelayanan, atau kendala operasional lainnya. Dengan demikian, proses distribusi dapat dikatakan efisien dan memenuhi batasan operasional yang telah ditentukan sebelumnya.

### 3. Rute 3

Berikut merupakan hasil rute pertama untuk truk engkel *Box* yang terbentuk menggunakan algoritma EA dan NN:



Gambar 5. 3 Usulan Rute 3

Gambar diatas merupakan gambaran rute distribusi untuk truk 2, dimana yang merah merupakan titik awal dan titik akhir untuk rute distribusi atau distributor, titik biru merupakan titik customernya. Pada tabel 5. 5 merupakan rincian dari setiap customer.

Tabel 5. 5 Usulan Rute 3

<b>Jenis Kendaraan</b>	<b>Id Number</b>	<b>Rute</b>	<b>Demand</b>	<b>Total Muatan</b>
	0	<i>Warehouse</i>	-	
	28	BU PARNO, TOKO	142,16	
	25	BU JAMAL, TOKO	95,68	
	66	KARTO, TOKO	68,4	
	32	BUDI JAYA	111,22	
	76	Maga III, MM	205,43	
	84	MINARSO, TOKO	89,56	
	47	HANIF, TOKO	54,72	
	5	91, TOKO	287,2	
	37	DELIMA, TOKO	88,98	
	74	KITA MART, TOKO	111,34	
	1	32, TOKO	172,22	
	60	IVA, TOKO	20,88	
	24	B5, TOKO	54,72	
	23	AZQZA, TOKO	151,66	
	30	BU TILAH	95,52	
Engkel Box	96	NAFIZA, TOKO	85,76	2985,67
	91	MUBAROK, TOKO	4,56	
	87	MITRA MULIA MANDIRI, TOKO	183,61	
	44	Fian, TOKO	260,55	
	59	ISTI, TOKO	38,26	
	50	HARIYAH, TOKO	61,78	
	100	NUR, TOKO	18,24	
	78	MANDIRI, TOKO	27,36	
	34	CIPTO, TOKO	36,48	
	53	HESTI, TOKO	45,6	
	17	ANUGRAH SAYUR, TOKO	214,96	
	85	MINI, TOKO	4,56	
	81	MENARA, TOKO	9,12	
	73	KISMO, TOKO	27,36	
	21	ATTALAH, MM	217,78	
	0	<i>Warehouse</i>	-	

Berdasarkan data rute distribusi di atas, kendaraan jenis Engkel Box melayani total 30 titik pelanggan, termasuk keberangkatan dan kepulangan dari dan ke *Warehouse*. Total

permintaan (*Demand*) yang diangkut oleh kendaraan ini adalah sebesar 2.985,67 kg, yang masih berada dalam batas maksimum daya angkut kendaraan jenis Engkel *Box*, yaitu sekitar 3 ton. Setiap titik pelanggan dilayani berdasarkan urutan rute yang telah ditentukan, dimulai dari BU PARNO, TOKO (ID = 28) hingga kembali ke *Warehouse* (ID = 0). Rute ini telah mempertimbangkan efisiensi dalam distribusi berdasarkan hasil pengelompokan pelanggan (*clustering*) yang dilakukan sebelumnya menggunakan *Evolutionary Algorithm* (EA) dan penentuan urutan kunjungan menggunakan algoritma *Nearest Neighbor* (NN). Penggunaan algoritma NN pada masing-masing rute memungkinkan pemilihan jalur yang lebih efisien dari segi waktu dan jarak tempuh, sekaligus memastikan tidak ada pelanggaran terhadap batasan kapasitas kendaraan. Hasil ini menunjukkan bahwa proses perencanaan rute telah dilakukan secara optimal dan sesuai dengan batasan operasional perusahaan.

Pada tabel 5. 6 merupakan data rincian terkait waktu pengiriman untuk rute 3.

Tabel 5. 6 Rincian Waktu Rute 3

<i>Id Number</i>	<b>Waktu Tempuh</b>	<i>Service Time</i>	<b>Waktu Istirahat</b>	<i>Total Time</i>
0	5,85	12,85		
28	6,00	13,00		
25	7,28	14,28		
66	2,41	9,41		
32	1,66	8,66		
76	0,62	7,62		
84	5,36	12,36		
47	1,71	8,71		
5	2,89	9,89		
37	4,00	11,00		
74	6,71	13,71		
1	14,65	21,65	60	459,30
60	4,46	11,46		
24	4,08	11,08		
23	4,56	11,56		
30	2,58	9,58		
96	2,82	9,82		
91	3,62	10,62		
87	4,78	11,78		
44	18,76	25,76		
59	8,14	15,14		
50	16,09	23,09		

<i>Id Number</i>	<b>Waktu Tempuh</b>	<i>Service Time</i>	<b>Waktu Istirahat</b>	<b>Total Time</b>
100	3,61	10,61		
78	19,82	26,82		
34	6,99	13,99		
53	3,88	10,88		
17	3,56	10,56		
85	3,40	10,40		
81	2,29	9,29		
73	16,73	23,73		
21	8,57	-		

Berdasarkan data waktu tempuh dan waktu layanan pada tabel di atas, kendaraan melakukan rute distribusi dari titik awal *Warehouse* (ID = 0) dan kembali ke titik yang sama setelah menyelesaikan seluruh layanan ke pelanggan. Setiap titik kunjungan memiliki waktu tempuh dan waktu pelayanan (*Service Time*) yang berbeda-beda, dengan total waktu pelayanan mencapai 459,30 satuan waktu, termasuk alokasi waktu istirahat selama 60 menit yang diberikan setelah estimasi waktu perjalanan mencapai lebih dari 240 menit. Data menunjukkan bahwa seluruh kegiatan distribusi selesai dalam rentang waktu kerja maksimal yang ditetapkan, yakni 8 jam kerja (480 menit). Sisa waktu sekitar 20,7 menit masih tersedia dan dapat dimanfaatkan sebagai *safety Time* jika terdapat kondisi tak terduga seperti kemacetan atau hambatan di lapangan. Hal ini menandakan bahwa rute distribusi yang dijalankan sudah sesuai dengan batasan operasional dan memperhatikan efisiensi waktu pengiriman.

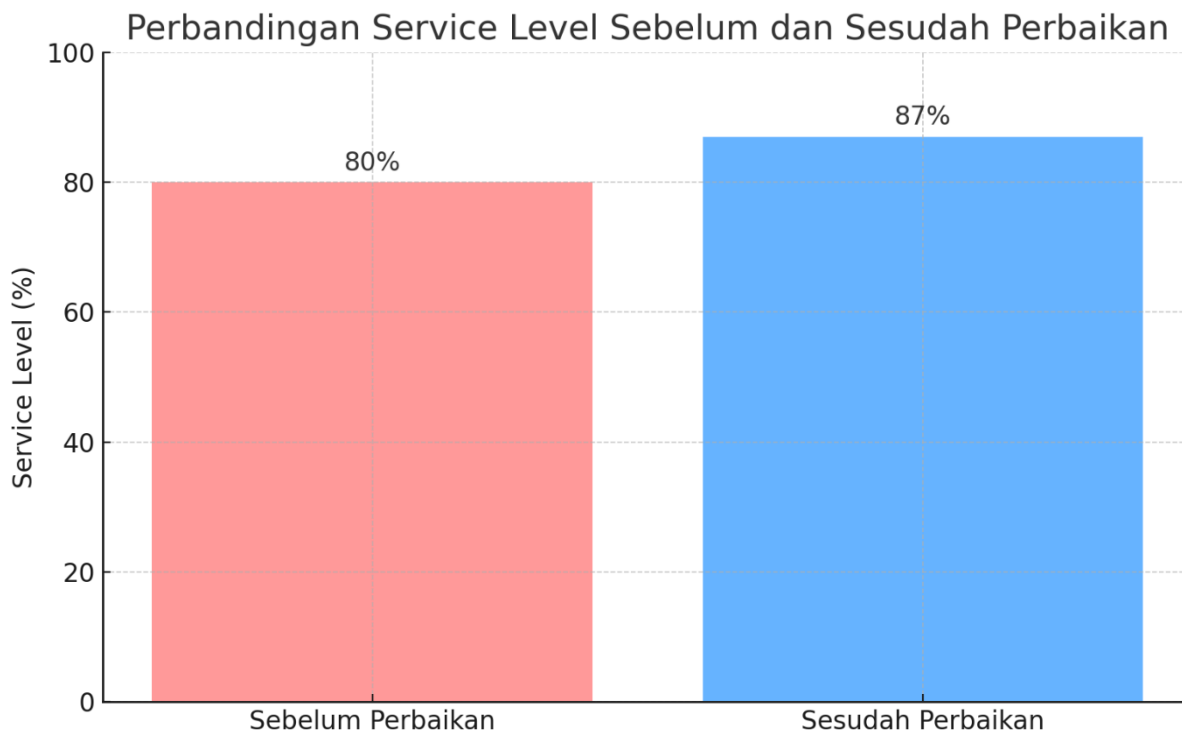
## 5.2 Perbandingan *Service Level* dengan *Service Level* perbaikan

Dalam proses optimalisasi distribusi barang, capaian *Service Level* menjadi salah satu indikator kinerja yang sangat penting untuk dianalisis. *Service Level* mencerminkan sejauh mana perusahaan mampu memenuhi permintaan pelanggan sesuai dengan waktu pengiriman yang telah ditentukan. Dalam konteks penelitian ini, *Service Level* dihitung dari persentase jumlah pelanggan yang dapat dilayani dalam batas waktu kerja yang telah ditetapkan, yaitu maksimal 8 jam atau 480 menit dalam satu hari kerja, termasuk waktu tempuh, waktu pelayanan (*Service Time*), dan waktu istirahat sopir.

Pada implementasi awal, distribusi dilakukan berdasarkan rute yang telah ditentukan melalui pemodelan awal. Namun setelah dilakukan simulasi, ditemukan bahwa beberapa rute distribusi melebihi batas maksimal waktu kerja armada. Hal ini berdampak pada

ketidakmampuan perusahaan untuk menyelesaikan seluruh pengiriman dalam satu hari kerja, terutama bagi toko-toko yang berada di bagian akhir rute dan memiliki waktu tempuh serta *Service Time* yang cukup panjang. Oleh karena itu, dilakukan penyesuaian dan pemangkasan pada rute distribusi, dengan cara mengeliminasi 13 toko dari jadwal pengiriman harian dan menjadwalkannya kembali ke hari berikutnya agar distribusi tetap berada dalam batas kerja yang ditetapkan. Toko-toko yang dipangkas antara lain: 89, TOKO; AR, TOKO; BU KUS, TOKO; ENDANG, TOKO; GREEN, TOKO; HARINI, TOKO; HUDA MULYA TK; JITU, TOKO; KAS, TOKO; KASIH IBU, TOKO; KELONTONG FITRI, TOKO; KITA, TOKO; dan NARAYA, TOKO.

Setelah dilakukan penyesuaian tersebut, dilakukan evaluasi kembali terhadap capaian *service level*. Hasilnya menunjukkan peningkatan. Sebelumnya, *Service Level* hanya berada pada angka 80%, artinya hanya 80% dari pelanggan yang dapat dilayani sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan. Setelah dilakukan pemangkasan dan pengaturan ulang rute secara lebih optimal dengan mempertimbangkan waktu tempuh, *Service Time*, dan batas waktu kerja, *Service Level* meningkat menjadi 87%. Artinya, 87% pelanggan berhasil mendapatkan layanan tepat waktu dan dalam satu siklus distribusi harian. Peningkatan *Service Level* ini menunjukkan bahwa langkah pemangkasan tidak serta-merta menurunkan kualitas layanan, melainkan justru mampu meningkatkan efektivitas pengiriman karena pengemudi tidak mengalami kelelahan berlebih, pengiriman tepat waktu, dan distribusi dapat dikendalikan lebih baik. Visualisasi dari perbandingan capaian *Service Level* ini ditunjukkan pada gambar 5. 4.



Gambar 5. 4 Perbandingan *Service Level* Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa terdapat peningkatan 7% pada *Service Level* setelah dilakukan perbaikan rute. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan pengurangan jumlah toko pada rute harian dengan mempertimbangkan efisiensi waktu kerja dapat menjadi strategi yang efektif. Secara manajerial, perusahaan dapat memprioritaskan pelanggan yang memiliki nilai permintaan tinggi atau memiliki posisi geografis strategis dalam rute harian, sementara sisanya dijadwalkan ulang tanpa mengganggu stabilitas operasional.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penyesuaian rute berdasarkan batasan waktu kerja dan *Service Time* memberikan dampak langsung terhadap peningkatan kualitas pelayanan. Strategi ini menjadi salah satu langkah implementatif yang bisa diterapkan dalam sistem distribusi logistik untuk menyeimbangkan antara efisiensi operasional dan tingkat kepuasan pelanggan. Keberhasilan menaikkan *Service Level* dari 80% ke 87% merupakan bukti bahwa pengelolaan rute yang baik tidak selalu ditentukan oleh banyaknya toko yang dikunjungi, melainkan oleh bagaimana pengelolaan waktu dan rute dilakukan secara optimal.

### **5.3 Analisis Ekonomis Alternatif Penanganan Toko Tidak Terlayani**

Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan dalam segi ekonomis dari tiga alternatif yang ada untuk distribusi PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul, yaitu kondisi saat ini, melakukan

sewa kendaraan untuk melakukan distribusi dari toko yang tidak terkirim, dan membeli armada baru untuk melakukan distribusi dari toko yang tidak terkirim. Tujuan analisis adalah menghitung laba dan rugi dari berbagai solusi yang ada.

Dibawah ini merupakan tabel 5. 7 data biaya asumsi yang didapatkan setelah melakukan wawancara terhadap pihak PT. Frisian Flag Indonesia.

Tabel 5. 7 Data Biaya

Variabel	Nilai	Keterangan
Jumlah Toko Tidak Terkirim	13	Jumlah toko tidak terkirim
Hari kerja 1 minggu	6	Hari kerja per minggu
Hari kerja 1 bulan	25	Hari kerja per bulan
nilai penjualan 13 toko	Rp25.000.000,00	Nilai 13 toko / trip
Laba	Rp3.750.000,00	Laba 13 toko
Biaya Variabel Truk Engkel	Rp850,00	Biaya BBM / km
jarak total 13 toko	50	Total jarak
Upah Supir	Rp108.000,00	Gaji supir / hari
Upah Kernet	Rp100.000,00	Gaji kernet / hari
Biaya Sewa	Rp600.000,00	Biaya sewa truk / hari
Biaya Beli	Rp450.000.000,00	Harga beli truk
<i>Payback</i>	8 tahun	Lama pengembalian modal
Payback / Bulan	Rp 4.687.500	<i>Payback</i> per bulan
O&M Tahun	10% x p/tahun	Biaya operasi dan perawatan tahunan
O&M / Bulan	Rp 3.750.000	Biaya operasi dan perawatan bulanan

Diatas merupakan data biaya yang saya dapatkan setelah melakukan wawancara dari pihak perusahaan, setelah mendapatkan data biaya tersebut maka dilakukan perhitungan kerugian dan biaya yang harus dikeluarkan pada setiap minggu dan bulannya jika memilih salah satu alternatif yang ada. Jumlah toko yang tidak terlayani adalah 13 toko, dengan hari kerja dalam 1 minggu sebanyak 6 hari dan jika dalam 1 bulan selama 25 hari, dengan nilai 13 toko itu adalah Rp 25.000.000 dengan laba 15% dari nilai jual, yaitu Rp3.750.000,00, dengan biaya per-km Adalah 850 dengan jenis truk engkel *box*, dengan total jarak 13 toko ini Adalah 50 km,

untuk upah supir dan upah kernet dalam 1 hari secara berurutan adalah Rp108.000,00 dan Rp100.000,00 , lalu untuk biaya sewa dalam 1 harinya sebanyak Rp600.000,00, harga 1 unit truk engkle box adalah Rp450.000.000,00, pada table diatas juga ada umur ekonomis dan O&M.

Umur ekonomis merupakan jangka waktu suatu ase yang dapat digunakan masih dianggap layak dan efisien untuk menghasilkan manfaat yang optimal. dalam hal ini diambilnya angka 8 tahun untuk karena lebih dari 8 tahun biaya untuk perawatan kendaraan cenderung meingkat (Syafrianita, 2017). Oleh karena itu kenapa disini pengembalian modalnya adalah 8 tahun, dengan biaya perbulannya sebesar Rp4.687.500,00.

O&M merupakan biaya yang harus dikeluarkan rutin untuk suatu aset bisa berfungsi dengan baik. Dalam praktik industry biasanya diambil 5-10% dari nilai aset pertahun (Steffen et al., 2020). Oleh karena itu diambilnya 10% sebagai persentase tertingginya, dengan biaya perbulannya Rp3.750.000.

Dibawah ini pada tabel 5. 8 dan 5. 9 merupakan perhitungan mingguan dan bulanan secara berurutan.

Tabel 5. 8 Perhitungan Biaya Mingguan			
Komponen	Nilai (Mingguan)	Keterangan	Solusi
Kerugian (1 minggu)	Rp22.500.000,00	Rp 3.750.000*6	<b>Kondisi saat ini</b>
<b>Total Kerugian</b>	Rp22.500.000,00		
Sewa (1 minggu)	Rp3.600.000,00	Rp 600.000*6	<b>Jika melakukan sewa</b>
supir (1 minggu)	Rp648.000,00	Rp 108.000*6	
Kernet (1 minggu)	Rp600.000,00	Rp 40.000*6	
biaya solar (1 minggu)	Rp255.000,00	Rp 850*50 km*6	
<b>Total Biaya</b>	Rp5.103.000,00		
Depresiasi (1 minggu)	Rp1.125.000,00	(Rp 4.687.500/25) *6	<b>Jika melakukan beli</b>
O&M (1 minggu)	Rp900.000,00	(Rp 3.750.000/25) *6	
supir (1 minggu)	Rp648.000,00	Rp 108.000*6	
Kernet (1 minggu)	Rp600.000,00	Rp 40.000*6	
<b>Total Biaya</b>	Rp3.273.000,00		

Tabel 5. 9 Perhitungan Biaya Bulanan

<b>Komponen</b>	<b>Nilai (Bulan)</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Solusi</b>
Kerugian (1 Bulan)	Rp93.750.000,00		<b>Jika tidak</b>
<b>Total Kerugian</b>	Rp93.750.000,00	Rp 3.750.000*25	<b>melakukan apa-apa</b>
Sewa (1 Bulan)	Rp15.000.000,00	Rp 600.000*25	
supir (1 Bulan)	Rp2.700.000,00	Rp 108.000*25	
Kernet (1 Bulan)	Rp2.500.000,00	Rp 40.000*25	<b>Jika melakukan sewa</b>
biaya solar (1 Bulan)	Rp1.062.500,00	Rp 850*50 km*25	
<b>Total Biaya</b>	Rp21.262.500,00		
Depresiasi (1 Bulan)	Rp4.687.500,00	Rp 450.000.000/ (8*12)	
O&M (1 Bulan)	Rp3.750.000,00	Rp 45.000.000/12	
supir (1 Bulan)	Rp2.700.000,00	Rp 108.000*25	<b>Jika melakukan beli</b>
Kernet (1 Bulan)	Rp2.500.000,00	Rp 40.000*25	
<b>Total Biaya</b>	Rp13.637.500,00		

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, dimana didapatkan hasil bahwa jika perusahaan kondisi saat ini adalah kerugian yang dialami oleh perusahaan sebesar Rp22.500.000,00 perminggu atau Rp93.750.000,00 perbulan. Jika perusahaan melakukan sewa, maka biaya yang harus dikeluarkan adalah Rp5.103.000,00 perminggu atau Rp21.262.500,00 perbulan. Jika Perusahaan melakukan pembelian kendaraan maka Perusahaan harus mengeluarkan biaya Rp3.273.000,00 perminggu atau Rp13.637.500,00 perbulan.

Setelah dilakukan perhitungan biaya maka didapatkan kesimpulan bahwa perusahaan lebih baiknya melakukan pembelian armada, memang terlihat besar diawal dan harus mengeluarkan uang sebanyak Rp450.000.000,00, tetapi pengeluaran perminggu dan perbulannya tidak sebesar jika melakukan sewa kendaraan. Hal ini juga dihitung jika perusahaan melakukan pembelian maka akan lebih baik untuk jangka panjangnya dibandingkan dengan sewa, tapi jika sewa maka tidak harus mempertimbangkan untuk biaya perawatan dan lebih sederhana dibandingkan dengan membeli kendaraan, tetapi memiliki biaya yang lebih besar dibandingkan membeli. Maka Perusahaan dianjurkan untuk menambah kendaraan atau armada untuk mengoptimalkan Distribusi PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul. Tetapi untuk saat ini perusahaan masih kehilangan 13 toko yang tidak dilayani dengan omset Rp25.000.000,00.

## BAB VI PENUTUP

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil menyusun urutan rute distribusi terbaik menggunakan pendekatan hybrid heuristic yang menggabungkan algoritma *Evolutionary Algorithm* (EA) untuk proses clustering dan *Nearest Neighbor* (NN) untuk penentuan urutan kunjungan dalam tiap kluster atau truk. Hasil pengelompokan berdasarkan batasan waktu kerja, kapasitas muatan kendaraan, serta lokasi geografis menghasilkan tiga rute utama distribusi.
  - Truk 1 (Double Box): 0-13-36-72-43-33-11-22-15-48-45-38-10-29-39-86-62-61-77-8-88-19-6-35-20-80-41-51-0. Dengan *demand* 3947 Kg dan waktu kerja selama 446 menit.
  - Truk 2 (Engkel Box): 0-42-56-92-64-40-90-58-82-9-57-79-94-52-16-55-71-31-20-83-12-93-67-7-89-3-65-14-95-27-0. Dengan *demand* 2556 Kg dan waktu kerja selama 459 menit.
  - Truk 3 (Engkel Box): 0-28-25-66-32-76-84-47-5-37-74-1-60-24-23-30-96-91-87-44-59-50-100-78-34-53-17-85-81-73-21-0. Dengan *demand* 2985 Kg dan waktu kerja selama 459 menit.
2. Setelah dilakukan optimasi terhadap rute distribusi, hasilnya menunjukkan adanya peningkatan pada *service level*. Sebelum dilakukan perbaikan, *Service Level* hanya berada pada angka 80%, namun setelah dilakukan penyusunan ulang rute distribusi dan pemotongan 13 toko yang tidak dapat dikunjungi karena melebihi waktu kerja, *Service Level* meningkat menjadi 87%. Hal ini menunjukkan bahwa penyusunan rute distribusi yang tepat berdampak langsung terhadap peningkatan performa layanan, tanpa perlu melakukan penambahan armada atau penambahan biaya operasional.

### 6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah disampaikan, maka beberapa saran dapat diajukan sebagai berikut:

1. Bagi Perusahaan

- PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul disarankan untuk menerapkan kombinasi algoritma *Evolutionary Algorithm* (EA) dan *Nearest Neighbor* (NN) secara berkala untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan rute distribusi. Pendekatan ini terbukti mampu meningkatkan *Service Level* tanpa menambah armada. Dengan memanfaatkan EA sebagai metode *clustering* dan NN untuk penentuan urutan rute distribusi dalam setiap *cluster*, perusahaan dapat menjaga efisiensi operasional dengan tetap memperhatikan batasan waktu kerja, kapasitas kendaraan, serta waktu pelayanan.
- Solusi desain rute menggunakan EA dan NN telah menghasilkan solusi optimal. Namun, masih terdapat permasalahan yaitu 13 toko belum terlayani dengan potensi omzet sebesar Rp25.000.000. Berdasarkan perhitungan penulis, perusahaan dapat menambah 1 unit armada truk angkut untuk memenuhi kebutuhan 13 toko tersebut. Alternatif pengadaan ini dinilai lebih menguntungkan dibandingkan dengan opsi penyewaan. Dengan penambahan armada, perusahaan dapat meningkatkan service level hingga mencapai target, yaitu 95% dan perusahaan akan jauh lebih siap jika adanya pelonjokan permintaan, serta memperoleh keuntungan tambahan melalui pemenuhan 100% kebutuhan seluruh toko yang dilayani.

## 2. Bagi Penelitian selanjutnya

- Penelitian selanjutnya disarankan untuk memanfaatkan algoritma lainnya. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi performa algoritma alternatif dan mengetahui metode mana yang paling optimal dalam menghasilkan solusi terbaik untuk permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang kompleks.
- Peneliti berikutnya disarankan untuk mengembangkan penelitian ini dengan mempertimbangkan skenario permintaan yang dinamis dan tak terduga, seperti lonjakan pesanan musiman atau kebutuhan mendadak dari pelanggan. Meskipun pada penelitian ini telah disusun rute cadangan berdasarkan toko-toko yang dipotong akibat keterbatasan waktu kerja, model distribusi yang lebih adaptif dan fleksibel masih perlu dikembangkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung Nugraha, Odi Nurdiawan, & Gifthera Dwilestari. (2022). Penerapan Data Mining Metode K-Means Clustering Untuk Analisa Penjualan Pada Toko Yana Sport. Jati (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 6(2), 1–7.
- Agustine, D., Hadi, I., Eka, D., & Meganingtyas, W. (2022). Masalah *Vehicle Routing Problem* Pada Pengiriman Barang Di Kota Bandung Utara Dengan Menggunakan Kluster K-Means Dan Algoritma *Nearest Neighbor*. 4(2), 1–8.
- Ahmed, A. A. A., Singhal, S., Prakaash, A. S., Dayupay, J., Rahadi, I., Marhoon, H. A., Iswanto, A. H., Abbas, S. F., & Aravindhan, S. (2022). *A Mathematical Model For The Vehicles Routing Problem With Multiple Depots, Considering The Possibility Of Return Using The Tabu Search Algorithm*. *Foundations Of Computing And Decision Sciences*, 47(4), 359–370. <https://doi.org/10.2478/Fcde-2022-0019>
- Amri, M., Rahman, A., & Yuniarti, R. (2014). Penyelesaian *Vehicle Routing Problem* Dengan Menggunakan Metode *Nearest Neighbor* (Studi Kasus : Mtp Nganjuk Distributor Pt. Coca Cola). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri*, 2(1), 36–45.
- Amri, Muhammad, & Malasy, T. S. (2013). Analisis Sistem Antrian Pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (Spbu) Dengan Menggunakan Simulasi Arena. *Malikussaleh Industrial Engineering Journal*, 2(2), 16–23. <https://journal.unimal.ac.id/miej/articleview/74>
- Chen, C., Cahyadi, D., Bevan, J. A., Takhta, W., Lesmana, A., Poernomo, C., & Nagari, W. (2023). Perbandingan Implementasi *Evolutionary Algorithm* (Epo, Fho, Dan Cfa) Pada Kasus *Travelling Salesman Problem* Untuk Tempat Pariwisata Di Surabaya. *Journal Of Intelligent System And Computation*, 5(1), 23–38. <https://doi.org/10.52985/Insyst.V5i1.258>
- Dannya Fatima H. W, & Akmal Suryadi. (2023). Pengaruh *Service Level Supplier* Terhadap *Performance Logistic* Pada *Warehouse* Di Pt.Xyz Branch Batam. *Insologi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(6), 1184–1190. <https://doi.org/10.55123/Insologi.V2i6.3065>
- Devi Pertiwi Ananda Putri, & Akhmad Sukardi. (2023). Analisis Pengaruh Distribusi Dan Harga Terhadap Peningkatan Penjualan Produk. *Menawan : Jurnal Riset Dan Publikasi Ilmu Ekonomi*, 1(6), 42–50. <https://doi.org/10.61132/Menawan.V1i6.62>
- Dutta, J., Barma, P. S., Mukherjee, A., Kar, S., & De, T. (2022). *A Hybrid Multi-Objective Evolutionary Algorithm For Open Vehicle Routing Problem Through Cluster Primary-Route Secondary Approach A Hybrid Multi-Objective Evolutionary Algorithm For Open Vehicle Routing Problem Through Cluster Primary-Route Secondary Appr*. *International Journal Of Management Science And Engineering Management*, 00(00), 1–15. <https://doi.org/10.1080/17509653.2021.2000901>
- Goni, A. G., Palendeng, I. D., & Pondaag, J. J. (2022). Analisis Rantai Pasok (*Supply Chain*) Minuman Cap Tikus (Studi Pada Petani Desa Palamba Kecamatan Langowan Selatan). *Jurnal Emba : Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, 10(2), 358. <https://doi.org/10.35794/Emba.V10i2.39813>
- Hadiwijaya, S. (2023). Optimalisasi *Service Level Agreement* Pembiayaan Mikro Dengan Aplikasi Briis Di Bank Bri Syariah Kantor Cabang Bekasi Menggunakan Pendekatan Metode *Business Process Reengineering*. *Industrikrisna*, 11(2), 13–21. <https://doi.org/10.61488/Industrikrisna.V11i2.57>
- Haq, A. N M. F. Zul. (2025). Model Jaringan Distribusi. *A Rt I Ke L Sci*, 1–8.
- Hatim, H. A., & Ahmad, F. (2022). Pendekatan Algoritma Genetika Dalam Upaya Optimalisasi

- Penjadwalan Di Pt. Nuansa Indah. *Jisi: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 9(2), 145. <https://doi.org/10.24853/jisi.9.2.145-154>
- Hester Patmawati, Y. A. N. (2022). Optimalisasi Rute Distribusi Matras Pada Penyelesaian Capacitated *Vehicle Routing Problem* Dengan Metode Algoritma Genetika. 1(11), 2745–2756.
- Jamaludin, M. (2022). Perencanaan *Supply Chain Management* (Scm) Pada Pt. Xyz Bandung Jawa Barat. *Kebijakan: Jurnal Ilmu Administrasi*, 13(Vol. 13 No. 2, Juni 2022), 70–83. <https://doi.org/10.23969/kebijakan.v13i2.4552>
- Kamilah, I. F., Khanifah, N., & Faizin, M. (2023). Teknik Berpikir Tingkat Tinggi Melalui Logika Induktif Dan Deduktif Perspektif Aristoteles. *Journal Genta Mulia*, 15(1), 131–145. <https://ejournal.stkipbbm.ac.id/index.php/gm>
- Laelatul Fitria, Nurul Janatim Majid, A. S. (2020). *Journal Of Industrial Engineering And Technology ( Jointech )* Universitas Muria Kudus. *Jointech Umk*, 1(1), 11–17.
- Marlia, R., Deduktif, P., & Dan, I. (2024). Penalaran Deduktif, Induktif Dan Bahasa Dalam Penulisan Ilmiah. 7, 16818–16824.
- Moonsri, K., Sethanan, K., & Worasan, K. (2022). *Applied Sciences A Hybrid And Self-Adaptive Differential Evolution Algorithm For The Multi-Depot Vehicle Routing Problem In Egg Distribution*.
- Muh. Arif, & Andi Sismar. (2024). Peran Saluran Distribusi Dalam Meningkatkan Volume Penjualan Pada Toko Sinar Aneka Sorong Papua Barat Daya. *Jurnal Bisnis Dan Kewirausahaan*, 13(1), 47–55. <https://doi.org/10.37476/jbk.v13i1.4437>
- Muhammad, L., Natania, I., & Wihandika, R. C. (2018). Penerapan Algoritma *Evolution Strategies* Dalam Permasalahan Vrptw Pada Optimasi Pendistribusian Pupuk. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-Ptiik) Universitas Brawijaya*, 2(10), 3744–3750.
- Ni Putu Decy Arwini, I. M. J. (2023). Peran Transportasi Dalam Dunia Industri 1,2. 6(1), 70–77.
- Pambo, C. (2021). *An Evolutionary Algorithm For The Vehicle Routing Problem With Drones With Interceptions*.
- Park, H., Son, D., Koo, B., & Jeong, B. (2021). *Waiting Strategy For The Vehicle Routing Problem With Simultaneous Pickup And Delivery Using Genetic Algorithm*. *Expert Systems With Applications*, 165(August 2020), 113959. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113959>
- Pratama, A. Y., & Supriyatno, D. (2024). Penentuan Pemilihan Rute Angkutan Umum Di Kabupaten Bojonegoro Dalam Mengantisipasi Kemacetan Lalu Lintas *Determination Of Public Transportation Route Selection In. 2*, 160–170.
- Puspa Nur Fadlilah, M., & Rahmawati, R. (2017). Sistem Antrian Pada Pelayanan *Customer Service* Pt. Bank X. *Jurnal Gaussian*, 6(1), 71–80. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian>
- Putra, M. R., Pambudi, H. K., Nurdiansyah, Y., Barat, J., Window, T., & Pendahuluan, I. (2024). Perancangan Rute Distribusi Dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika Untuk Meminimasi Biaya Transportasi Pada Pengiriman Vaksin Dan Alat Penunjang Pada Pt Pos Logistik. 11(4), 4392–4395.
- Resnawati, H. (2020). Kualitas Susu Pada Berbagai Pengolahan Dan Penyimpanan. *Semiloka Nasional Prospek Industri Sapi Perah Menuju Perdagangan Bebas*, 497–502.
- Ridwan, M., & Rizal Gaffar, M. (2022). Efisiensi Persediaan Dan Distribusi Melalui Integrasi *Supply Chain Management*. *Applied Business And Administration Journal*, 1(2), 36–44. <https://journal.ebizmark.id/index.php/abaj/article/view/14>

- Rifki, M., Mansur, A., Ramadhan, A., Fakultas, ), & Industri, T. (2025). Perbaikan Kinerja *Defect Free Supply Chain* Dengan Pendekatan Simulasi Model *System Dynamics* (Studi Kasus: Pt. Npc). *Jurnal Rekayasa Industri (Jri)*, 7(1), 12–27.
- Riny Chandra, Latifah Hanum Br Sembiring, & Safrizal. (2016). Analisis *Supply Chain Management* Menggunakan Metode *Value Stream Mapping (Vsm)*. 2(3), 1–23.
- Ruswan Suwarman, H. (2021). Evaluasi Penerapan *Evolutionary Algorithm* Untuk Pemecahan *Traveling Salesman Problem*. *Sistemik (Jurnal Ilmiah Nasional Bidang Ilmu Teknik)*, 9(01), 28–34. <https://doi.org/10.53580/Sistemik.V9i01.53>
- Saputra, A., & Fadhillah, D. (2024). Optimasi Jalur Distribusi Menggunakan Pendekatan Algoritma Genetika. 10(2), 244–251.
- Setiawan, D., & Rahardjo, B. (2021). Pengoptimalan *Inventory Level* Dan *Cost* Dengan Menerapkan *Direct Delivery System* Dan *Milk-Run Study* Pada Pengiriman Barang Di Pt Semb. *Jurnal Titra*, 9(2), 41–46.
- Shojiki, F., Situmorang, U., Kurniawaty, E., Kunci, K., Produk, K., Produk, H., & Pelanggan, K. (2024). Pengaruh Kualitas Produk Dan Harga Produk Susu Terhadap Kepuasan Pelanggan Pada Pt Frisian Flag Indonesia *Article Info Abstract*. *Jurnal Ekonomi Manajemen*, 1(1), 1–7. <https://bmabersama.or.id/index.php/jem>
- Sholihin, Q., & Donoriyanto, D. S. (2023). Perencanaan Rute Distribusi Produk Pupuk Npk Blending Dengan Menggunakan Algoritma *Differential Evolution* Di Pt. Xyz. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, 8(1), 24. <https://doi.org/10.36722/Sst.V8i1.1354>
- Sucahyowati, H. (2014). Manfaat Scm. *Gema Maritim*, 13(1), 20–28.
- Syarif, R., Awaludin, R., & Mulyana, M. (2022). Tinjauan Atas Penerapan Saluran Distribusi Pada Taufik Supplier Buah Lokal. *Jurnal Aplikasi Bisnis Kesatuan*, 2(1), 31–36. <https://doi.org/10.37641/Jabkes.V2i1.1360>
- Tamyiz, M., & Waluyo Prasetyo. (2018). *Vehicle Routing Problem On Juice Distribution Using Nearest Neighbor Method*. *Journal Of Research And Technology*, 4(1), 13–22. <https://doi.org/10.55732/Jrt.V4i1.265>
- Utami, R. S., Arifin, R., Lufika, R. D., Dio, R., & Vicarlo, H. (2024). Penerapan Algoritma *Evolutionary* Dan *Nearest Neighbor* Untuk Optimasi Rute Distribusi. 05(02), 84–93.
- Xin, L., Xu, P., & Manyi, G. (2022). *Logistics Distribution Route Optimization Based On Genetic Algorithm*. 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8468438>
- Yulianto, S., Widyadana, I. G. A., & Sepadyati, N. (2020). Optimasi Rute Pengiriman Pada Cv. X Menggunakan Metode *Evolutionary Algorithm* . *Jurnal Tirta*, 10(1), 17–22.

# LAMPIRAN

## A - Coordinate Converter (Latitude Longitude – UTM)

The screenshot displays an Excel spreadsheet with the following sections:

- Header:** Conversion of Coordinates in Decimal Degrees to UTM
- Input Section:** Fields for Latitude and Longitude.
- WGS84 Parameters Table:**

DATUM WGS84	
a (semi major axis)	6378137
b (semi minor axis)	6356752,314
Eccentricity	0,081818181
2 <sup>d</sup> Eccentricity (e <sup>2</sup> )	0,002099438
e <sup>4</sup>	0,000739407
c (polar radius of curvature)	6399593,626
- Conversion Table:**

Decimal Degrees		UTM				Degrees, minutes and seconds		UTM waypoint	Carmin
Latitude	Longitude	East [X]	North [Y]	Zone	Band	Latitude	Longitude		
-7,81	110,30	422,8555	9136,5666	49	M	7° 48' 38,484" S	-110° 18' -1,044" W	49 M	423 9137
-7,83	110,38	431,4265	9134,6121	49	M	7° 49' 42,564" S	-110° 22' -40,8" W	49 M	431 9135
-7,83	110,39	433,0899	9134,1656	49	M	7° 49' 57,18" S	-110° 23' -34,8" W	49 M	433 9134
-7,78	110,36	429,2554	9139,5972	49	M	7° 47' 0,132" S	-110° 21' -30,156" W	49 M	429 9140
-7,82	110,36	429,6194	9135,3825	49	M	7° 49' 17,388" S	-110° 21' -41,834" W	49 M	430 9135
-7,81	110,39	433,0775	9136,5017	49	M	7° 48' 41,112" S	-110° 23' -34,8" W	49 M	433 9137
-7,97	110,32	425,0057	9119,1751	49	M	7° 58' 4,897" S	-110° 19' -10,323" W	49 M	425 9119
-7,78	110,37	430,0958	9139,7167	49	M	7° 48' 56,28" S	-110° 21' -57,6" W	49 M	430 9140
-7,93	110,32	425,2470	9123,1603	49	M	7° 55' 55,146" S	-110° 19' -18,419" W	49 M	425 9123
-7,93	110,32	425,1623	9123,6685	49	M	7° 55' 38,593" S	-110° 19' -15,679" W	49 M	425 9124
-7,88	110,39	432,7477	9128,8958	49	M	7° 52' 46,765" S	-110° 23' -23,671" W	49 M	433 9129
-7,80	110,42	436,1613	9137,6124	49	M	7° 48' 10,296" S	-110° 25' 35,4" W	49 M	436 9137
-7,83	110,36	429,5519	9134,8293	49	M	7° 49' 35,4" S	-110° 21' -39,6" W	49 M	430 9135
-7,83	110,33	425,7956	9134,8169	49	M	7° 49' 35,611" S	-110° 19' -36,948" W	49 M	426 9135
-7,80	110,44	438,5038	9137,2820	49	M	7° 48' 15,948" S	-110° 26' -32,01" W	49 M	439 9137
-7,85	110,41	435,0075	9132,6549	49	M	7° 50' 46,464" S	-110° 24' -39,6" W	49 M	435 9133
-7,90	110,42	435,7367	9127,1392	49	M	7° 53' 46,752" S	-110° 25' -1,2" W	49 M	436 9127
-7,79	110,35	427,7821	9138,5254	49	M	7° 47' 35,088" S	-110° 20' -42" W	49 M	428 9139
-7,85	110,35	428,3396	9131,8516	49	M	7° 51' 12,3" S	-110° 20' -59,866" W	49 M	428 9132
-7,96	110,30	423,3849	9119,8576	49	M	7° 57' 42,586" S	-110° 18' -17,42" W	49 M	423 9120
-7,94	110,25	417,5564	9122,4334	49	M	7° 56' 18,384" S	-110° 15' -7,2" W	49 M	418 9122
-7,84	110,24	416,2639	9133,8086	49	M	7° 50' 7,916" S	-110° 14' -25,66" W	49 M	416 9134
-7,81	110,42	435,8686	9136,7076	49	M	7° 48' 34,528" S	-110° 25' -5,944" W	49 M	436 9137
-7,86	110,42	436,3922	9131,1389	49	M	7° 51' 29,376" S	-110° 25' -22,8" W	49 M	436 9131
-7,84	110,43	437,3813	9133,6598	49	M	7° 50' 13,848" S	-110° 25' -55,2" W	49 M	437 9134
-7,81	110,35	428,3363	9136,6784	49	M	7° 48' 35,125" S	-110° 20' -59,348" W	49 M	428 9137
-7,83	110,36	429,5758	9134,3207	49	M	7° 49' 51,961" S	-110° 21' -40,357" W	49 M	430 9134
-7,90	110,47	441,5797	9126,5612						
-7,81	110,34	427,7220	9136,2325						

## B - Pengolahan Matriks Waktu Tempuh

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following structure:

- Columns A-G:** Location details including X, Y, Lat, Long, and Number Of Demand (KG).
- Column H:** Speed Average (50).
- Column I:** Jam Operasional (480).
- Columns J-U:** A matrix of travel times (Retail 1 to Retail 10) for each location.

ID	Location	X	Y	Lat	Long	Number Of Demand (KG)	Speed Average	Jam Operasional	Retail 1	Retail 2	Retail 3	Retail 4	Retail 5	Retail 6	Retail 7	Retail 8	Retail 9	Retail 10		
0	Warehouse	422.86	9136.57	-7.81	110.30	-	50	480	0.0000	10.5492	0.0000	2.0563	6.5248	2.3573	3.0112	20.0629	6.3303	15.6152	15.5115	7.0403
1	32, TOKO	431.43	9134.61	-7.83	110.38	172	50	480	10.5492	0.0000	2.0563	6.5248	2.3573	3.0112	20.0629	6.3303	15.6152	15.5115	7.0403	6.3864
2	361 JAYA, TOKO	433.08	9134.17	-7.83	110.39	211	50	480	8.4974	6.5248	7.9722	0.0000	5.0764	5.9021	25.0314	1.0186	20.3023	19.7354	13.5081	8.6419
3	99, TOKO	429.26	9139.00	-7.78	110.36	88	50	480	8.2401	2.3573	4.4029	5.0764	0.0000	4.2616	20.2216	5.2223	15.5770	15.5002	6.6419	9.1356
4	89, TOKO	429.62	9135.38	-7.82	110.36	95	50	480	12.2666	3.0112	2.8033	5.9021	4.3616	0.0000	22.9374	5.2619	18.5636	18.0994	9.1356	14.9125
5	91, TOKO	433.08	9136.50	-7.81	110.39	287	50	480	21.0286	20.0629	20.4326	25.0314	20.2216	22.9374	0.0000	25.9955	4.7910	5.3953	14.9125	13.3693
6	914Y MART	425.01	9119.18	-7.97	110.32	106	50	480	9.4751	6.3303	7.5634	1.0186	5.2333	5.2619	25.9955	0.0000	20.7022	20.1474	13.3693	11.3308
7	ABADI, TOKO	430.10	9139.72	-7.78	110.37	150	50	480	16.9415	15.6152	16.2105	20.3023	15.5770	18.5636	4.7910	20.7022	0.0000	0.6183	11.3308	11.3308
8	ADHA, TOKO	425.25	9123.16	-7.93	110.32	273	50	480	15.7233	15.1315	15.7787	19.7354	15.0401	18.0994	5.3953	20.1474	0.6183	0.0000	11.0546	0.0000
9	AGUNG 2, MMI	425.16	9123.67	-7.93	110.32	75	50	480	15.0214	7.0403	6.3364	13.5081	8.6419	9.1356	14.9125	13.3693	11.3308	11.0546	0.0000	0.0000
10	ABDUL, TOKO	432.75	9128.90	-7.88	110.39	245	50	480	18.0047	6.6278	5.4073	6.6799	8.2361	8.8748	25.9955	7.7718	21.5810	21.1629	11.0597	11.0597
11	ASYAH, TOKO	436.16	9137.45	-7.80	110.42	49	50	480	8.5016	2.2546	4.5090	5.7325	0.6689	4.6826	19.5611	5.9021	14.9125	14.9125	8.0872	8.0872
12	AL MENAWIR, TOKO	429.55	9134.83	-7.83	110.36	146	50	480	4.1055	6.7615	8.7772	7.0811	4.6386	8.9692	18.7941	7.8230	14.0035	13.3997	10.9583	10.9583
13	ALLWAN, TOKO	425.80	9134.82	-7.83	110.33	219	50	480	18.7975	9.0770	7.5055	11.4405	10.9021	6.5785	27.1013	10.5041	23.2430	22.8732	12.2058	12.2058
14	Amanda 3, MM	438.50	9137.28	-7.80	110.44	174	50	480	15.3878	4.9604	2.9949	10.8648	7.3112	5.1972	20.1852	10.3636	16.3918	16.0490	5.3007	5.3007
15	Amanda 4, MM	435.07	9132.65	-7.85	110.41	143	50	480	19.1991	10.3730	9.0564	16.8730	12.3375	11.7025	16.0218	16.5634	13.6442	13.3478	11.2725	11.2725
16	ANIK, TOKO	435.74	9127.12	-7.90	110.42	50	50	480	6.3603	6.4135	8.2311	2.1891	4.3645	6.8010	23.4534	3.1251	18.6827	18.0986	12.9971	12.9971
17	ANUGRAH SAYUR, TOKO	427.78	9138.52	-7.79	110.35	215	50	480	8.6788	4.9694	6.3310	9.3594	4.5069	7.8664	15.7291	9.6708	11.0701	10.5339	6.3888	6.3888
18	AR, TOKO	428.34	9131.85	-7.85	110.35	46	50	480	20.0608	20.1643	20.7406	24.7128	20.0790	23.1128	2.1103	25.1549	4.5498	5.0480	15.6163	15.6163
19	ARIDA 3, TOKO	423.38	9129.86	-7.96	110.30	134	50	480	18.1117	22.1496	23.3939	24.9360	21.2369	25.1977	9.7968	25.3236	9.2968	9.2466	19.8105	19.8105
20	ATMAJA, MMI	417.56	9122.43	-7.94	110.25	168	50	480	8.5745	18.2207	20.1850	17.0673	16.1376	20.4336	20.4549	18.0481	16.7177	16.1891	20.6404	20.6404
21	ATTALAH, MMI	416.26	9133.81	-7.84	110.24	218	50	480	15.6167	5.8941	4.5274	8.6603	7.8658	3.3585	24.7503	7.8120	20.6180	20.2459	10.0948	10.0948
22	ALLA, TOKO	435.87	9136.71	-7.81	110.42	84	50	480	17.4133	7.1370	5.2245	13.0978	9.4657	7.2623	29.9941	12.5761	16.5890	16.3195	5.2691	5.2691
23	AZQA, TOKO	436.39	9131.34	-7.86	110.42	152	50	480	17.7765	7.2366	5.1961	13.0787	9.3409	6.1889	22.8610	11.3694	19.2354	18.8406	7.9748	7.9748
24	BS, TOKO	437.38	9133.66	-7.84	110.43	55	50	480	6.5543	4.4809	6.4639	5.6793	2.2054	5.7174	17.5764	4.2253	16.6347	16.0642	10.7470	10.7470
25	BU JAMAL, TOKO	428.32	9136.68	-7.81	110.35	96	50	480	8.5027	2.2481	4.2102	6.3434	1.2753	4.9504	18.9841	6.5052	14.3647	13.8365	7.5410	7.5410
26	BU KUS, TOKO	429.58	9134.32	-7.83	110.36	23	50	480	25.4746	15.5479	13.6835	21.5257	17.8324	15.6949	21.7753	20.9535	20.2001	20.0047	10.9618	10.9618
27	BU KINDIYAH, TOKO	441.38	9126.56	-7.90	110.47	49	50	480	9.8935	4.8511	4.8024	4.4371	2.4949	6.0347	20.7268	5.0592	15.9833	15.3865	10.6715	10.6715
28	BU PARNO, TOKO	427.72	9136.23	-7.81	110.34	142	50	480	19.3181	7.1680	6.9589	13.3809	8.3455	9.6667	13.6546	13.7377	9.8375	9.4988	1.7379	1.7379
29	BU SASTRO, TOKO	431.32	9128.64	-7.88	110.38	214	50	480	14.4127	8.8777	5.0888	12.3829	7.6148	7.8896	15.9860	12.2051	12.2311	11.9135	1.2496	1.2496
30	BU TILAH	432.87	9129.93	-7.87	110.39	96	50	480	15.7515	5.2739	3.3138	9.9634	7.5117	4.0648	22.5216	9.2827	18.6175	18.2471	7.8842	7.8842
31	BU YATUK, TOKO	435.82	9134.51	-7.83	110.42	156	50	480	7.3987	3.4604	5.4636	4.1057	1.2093	4.8957	20.9691	4.8146	16.2182	15.7128	9.8299	9.8299
32	BUDI JAYA	429.01	9136.18	-7.81	110.36	111	50	480	13.0870	5.1289	4.9762	5.4795	5.9913	2.2292	25.1479	4.5758	20.7400	20.2596	11.3060	11.3060
33	CENDRAWASH, TOKO	433.63	9138.28	-7.80	110.40	56	50	480	11.6586	6.2840	6.9007	3.3178	6.0451	4.1777	26.1569	2.3020	21.5723	21.0480	13.1338	13.1338

### C – Hasil *Clustering* AE

Total time. each truck	
	<b>638,6948824</b>
1	638,6948824
2	638,6948824
3	638,6948824
Total time.	<b>1533,181606</b>
Total load each truck	
Truck	Load
	3654,6
1	3947,72
2	3654,6
3	2985,67
Clustering	
Truck	Customer
1	0-38-10-61-33-45-77-8-20-72-62-29-48-22-51-43-88-13-11-39-19-80-41-15-86-6-36-35-0
2	0-3-64-93-2-14-71-7-40-58-52-92-83-57-65-42-56-82-79-12-90-9-89-95-94-67-16-31-27-55-0
3	0-21-59-44-74-91-24-87-1-66-32-23-34-81-60-50-78-85-84-76-17-53-25-96-100-5-73-28-30-37-47-0

## D - Pseudocode Algoritma NN

```

# Data koordinat dan nama lokasi (dalam format yang sudah diperbaiki)
locations_raw = [
    ("Warehouse", -7.81869, 118.38829),
    ("DM Baru 3, MM", -7.84768, 118.39088),
    ("AHMADI, TOKO", -7.88821, 118.38991),
    ("JAMILAH, TOKO", -7.88492, 118.33088),
    ("CENDRAWASIH, TOKO", -7.79537, 118.39088),
    ("GEMAH RIPAH, TOKO", -7.85285, 118.39088),
    ("MALIK MART, TOKO", -7.98553, 118.34484),
    ("ADHA, TOKO", -7.93198, 118.32178),
    ("ATHAJA, MM", -7.93844, 118.25288),
    ("KIOS TRI, TOKO", -7.79595, 118.36852),
    ("JINAH, TOKO", -7.88522, 118.33088),
    ("BU SASTRO, TOKO", -7.88251, 118.37697),
    ("HARI, TOKO", -7.85184, 118.41888),
    ("AULIA, TOKO", -7.88959, 118.41832),
    ("HARJONO, TOKO", -7.83671, 118.47188),
    ("FATONAH HI, TOKO", -7.78278, 118.36588),
    ("MONCHER, TOKO", -7.92482, 118.29888),
    ("ALLIAM, TOKO", -7.82658, 118.32693),
    ("AISYAH, TOKO", -7.88286, 118.42188),
    ("DM Baru 6, MM", -7.88192, 118.35288),
    ("ARIDA 2, TOKO", -7.96183, 118.38484),
    ("REKAR, TOKO", -7.83, 118.25),
    ("ENDANG, TOKO", -7.87985, 118.41588),
    ("Amanda 4, MM", -7.84624, 118.41188),
    ("NITRA HUSADA, TOKO", -7.89386, 118.33988),
    ("SIAN MART", -7.96883, 118.31953),
    ("DOHARDOSOENARNO", -7.82875, 118.36811),
    ("CV, MANGESTONI BERKAH JAVA", -7.96895, 118.26588),
    ("Warehouse", -7.81869, 118.38829)
]

# Fungsi Haversine untuk menghitung jarak antar titik koordinat
def haversine(lat1, lon1, lat2, lon2):
    R = 6371
    phi1, phi2 = math.radians(lat1), math.radians(lat2)
    dphi = math.radians(lat2 - lat1)
    dlamba = math.radians(lon2 - lon1)
    a = math.sin(dphi / 2)**2 + math.cos(phi1) * math.cos(phi2) * math.sin(dlamba / 2)**2
    return 2 * R * math.atan2(math.sqrt(a), math.sqrt(1 - a))

# VRP NN algorithm (simple nearest neighbor with service and break time)
def vrp_nn(locations, speed_kmph=50, service_time_min=7, rest_time_hr=1, max_no_rest_hr=4):
    unvisited = locations[1:-1]
    visited = [locations[0]]
    current = locations[0]
    total_distance = 0
    total_time = 0
    time_since_last_rest = 0

    while unvisited:
        next_loc = min(unvisited, key=lambda loc: haversine(current[1], current[2], loc[1], loc[2]))
        dist = haversine(current[1], current[2], next_loc[1], next_loc[2])
        travel_time = dist / speed_kmph

        total_distance += dist
        total_time += travel_time
        time_since_last_rest += travel_time

        # Tambahkan waktu pelayanan
        total_time += service_time_min / 60
        time_since_last_rest += service_time_min / 60

        # Cek apakah butuh istirahat
        if time_since_last_rest > max_no_rest_hr:
            total_time += rest_time_hr
            time_since_last_rest = 0

        visited.append(next_loc)
        unvisited.remove(next_loc)
        current = next_loc

    # Kembali ke warehouse
    dist_back = haversine(current[1], current[2], locations[0][1], locations[0][2])
    travel_time_back = dist_back / speed_kmph
    total_distance += dist_back
    total_time += travel_time_back

    visited.append(locations[0])

    return visited, total_distance, total_time

# Jalankan algoritma
rute_vrp, total_dist, total_time = vrp_nn(locations_raw)

rute_vrp, total_dist, total_time

```

```

import math
import pandas as pd

# Data lokasi
locations = [
    ("Warehouse", -7.81, 110.30),
    ("SO, TOKO", -7.78, 110.36),
    ("JULIA FROZEN, TOKO", -7.84, 110.34),
    ("HERTICO, TOKO", -7.81, 110.38),
    ("361 JAVA, TOKO", -7.83, 110.39),
    ("Amanda 3, MM", -7.80, 110.44),
    ("KIDS HASA", -7.84, 110.44),
    ("ABADI, TOKO", -7.78, 110.37),
    ("DM 7,MM", -7.85, 110.34),
    ("ZMAH, TOKO", -7.87, 110.35),
    ("HARMI , TOKO", -7.94, 110.37),
    ("WULIA TOSERBA, TOKO", -7.83, 110.32),
    ("MIGUNANI TOKO", -7.83, 110.37),
    ("IFAH, TOKO", -7.93, 110.31),
    ("KAMILA, MM", -7.81, 110.34),
    ("ENI SEMBAKO, TOKO", -7.82, 110.28),
    ("IDEAL, MM", -7.81, 110.26),
    ("MENIK, TOKO", -7.88, 110.33),
    ("HEKAR PS, TOKO", -7.97, 110.32),
    ("AL MUMAMIR, TOKO", -7.83, 110.36),
    ("MS PUTRA, MM", -7.86, 110.35),
    ("AGUNG 2, MM", -7.93, 110.32),
    ("MONITA, TOKO", -7.78, 110.37),
    ("Nabila, MM", -7.82, 110.48),
    ("PRUSTIKA, TOKO", -7.98, 110.32),
    ("KARUMA, MM", -7.81, 110.38),
    ("ANIK, TOKO", -7.90, 110.42),
    ("BU YAYUK, TOKO", -7.83, 110.42),
    ("BU KUSDIYAH, TOKO", -7.90, 110.47),
    ("IBU MARTINI, TOKO", -7.88, 110.43),
    ("Warehouse", -7.81, 110.30),
]

# Fungsi Haversine
def haversine(lat1, lon1, lat2, lon2):
    R = 6371
    phi1, phi2 = math.radians(lat1), math.radians(lat2)
    dphi = math.radians(lat2 - lat1)
    dlamba = math.radians(lon2 - lon1)
    a = math.sin(dphi / 2) ** 2 + math.cos(phi1) * math.cos(phi2) * math.sin(dlamba / 2) ** 2
    return 2 * R * math.atan2(math.sqrt(a), math.sqrt(1 - a))

# Nearest Neighbor untuk VRP (rute tunggal seperti TSP tapi dengan istirahat dan service)
def vrp_nn(locations, speed_kmph=50, service_time_min=7, rest_time_hr=1, max_work_time=4):
    unvisited = locations[1:-1]
    route = [locations[0]]
    current = locations[0]
    total_distance = 0
    total_time = 0
    time_since_last_rest = 0

    while unvisited:
        next_loc = min(unvisited, key=lambda loc: haversine(current[1], current[2], loc[1], loc[2]))
        dist = haversine(current[1], current[2], next_loc[1], next_loc[2])
        travel_time = dist / speed_kmph
        service_time = service_time_min / 60 # convert to hours

        # Check for rest time
        if time_since_last_rest + travel_time + service_time > max_work_time:
            total_time += rest_time_hr
            time_since_last_rest = 0 # reset rest counter

        total_distance += dist
        total_time += travel_time + service_time
        time_since_last_rest += travel_time + service_time

        route.append(next_loc)
        unvisited.remove(next_loc)
        current = next_loc

    # Return to warehouse
    dist = haversine(current[1], current[2], locations[0][1], locations[0][2])
    total_distance += dist
    total_time += dist / speed_kmph
    route.append(locations[0])

    return route, total_distance, total_time

# Jalankan algoritma VRP NN
route_vrp, total_dist, total_time = vrp_nn(locations)
route_vrp_names = [loc[0] for loc in route_vrp]

route_vrp_names, total_dist, total_time

```

```

import math

# Fungsi haversine
def haversine(lat1, lon1, lat2, lon2):
    R = 6371
    phi1, phi2 = math.radians(lat1), math.radians(lat2)
    dphi = math.radians(lat2 - lat1)
    dlamba = math.radians(lon2 - lon1)
    a = math.sin(dphi / 2)**2 + math.cos(phi1) * math.cos(phi2) * math.sin(dlamba / 2)**2
    return 2 * R * math.atan2(math.sqrt(a), math.sqrt(1 - a))

# Data lokasi
locations = [
    ("Warehouse", -7.81, 110.30),
    ("ATTALAH, MM", -7.84, 110.24),
    ("ISTI, TOKO", -7.94, 110.37),
    ("Fian, TOKO", -7.90, 110.30),
    ("KITA MART, TOKO", -7.82, 110.39),
    ("MUBAROK, TOKO", -7.87, 110.36),
    ("BS, TOKO", -7.84, 110.43),
    ("MITRA MULIA MANDIRI, TOKO", -7.88, 110.33),
    ("32, TOKO", -7.83, 110.38),
    ("KARTO, TOKO", -7.81, 110.36),
    ("BUDI JAYA", -7.81, 110.36),
    ("AZOZA, TOKO", -7.86, 110.42),
    ("CIPTO, TOKO", -7.78, 110.38),
    ("MENARA, TOKO", -7.80, 110.34),
    ("IVA, TOKO", -7.81, 110.41),
    ("HARIVAH, TOKO", -7.92, 110.39),
    ("MANDIRI, TOKO", -7.83, 110.50),
    ("MINI, TOKO", -7.80, 110.35),
    ("WINARSO, TOKO", -7.80, 110.37),
    ("Naga III, MM", -7.81, 110.37),
    ("ANGGRAH SAVUR, TOKO", -7.79, 110.35),
    ("HESTI, TOKO", -7.78, 110.37),
    ("BU JAMAL, TOKO", -7.81, 110.35),
    ("MAFIZA, TOKO", -7.88, 110.37),
    ("MR, TOKO", -7.84, 110.47),
    ("91, TOKO", -7.81, 110.39),
    ("KISNO, TOKO", -7.80, 110.34),
    ("BU PARMO, TOKO", -7.81, 110.34),
    ("BU TILAH", -7.87, 110.39),
    ("DELIMA, TOKO", -7.81, 110.39),
    ("HANIF, TOKO", -7.80, 110.39)
]

# Parameter
warehouse = locations[0]
unvisited = locations[1:]
routes = []
speed_kmph = 50
service_time = 7 / 60 # jam
rest_time = 1 # jam
max_time_per_vehicle = 8 # jam
max_time_without_rest = 4

# Perhitungan total
total_distance_all = 0
total_time_all = 0

# Mulai pembentukan rute
while unvisited:
    route = [warehouse]
    current = warehouse
    route_time = 0
    route_distance = 0
    rest_added = False

    while True:
        nearest = None
        min_distance = float("inf")
        for loc in unvisited:
            dist = haversine(current[1], current[2], loc[1], loc[2])
            time_needed = dist / speed_kmph + service_time
            if (route_time + time_needed <= max_time_per_vehicle) and dist < min_distance:
                nearest = loc
                min_distance = dist

        if nearest is None:
            break

        route.append(nearest)
        travel_time = min_distance / speed_kmph
        route_time += travel_time + service_time
        route_distance += min_distance
        current = nearest
        unvisited.remove(nearest)

```

```
route.append(nearest)
travel_time = min_distance / speed_kmph
route_time += travel_time + service_time
route_distance += min_distance
current = nearest
unvisited.remove(nearest)

if route_time >= max_time_without_rest and not rest_added:
    route_time += rest_time
    rest_added = True

# Kembali ke warehouse
back_to_wh = haversine(current[1], current[2], warehouse[1], warehouse[2])
route_distance += back_to_wh
route_time += back_to_wh / speed_kmph

routes.append(route)
total_distance_all += route_distance
total_time_all += route_time
# Menampilkan urutan toko yang dikunjungi pada setiap rute
for idx, route in enumerate(routes):
    print(f"\n📍 Rute Kendaraan {idx + 1}:")
    for i, loc in enumerate(route):
        print(f"  {i+1}. {loc[0]}")

print(f"\n📏 Total Jarak Semua Rute: {total_distance_all:.2f} km")
print(f"🕒 Total Waktu Semua Rute: {total_time_all:.2f} jam")

total_distance_all, total_time_all
```