

**PENGEMBANGAN SISTEM OPTIMASI RUTE KENDARAAN
MENGGUNAKAN *OPENSTREETMAP*: STUDI KASUS PADA
DISTRIBUSI LOGISTIK**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Terapan Komputer pada Program Studi D-IV Teknik Informatika**



Universitas Logistik & Bisnis Internasional

Oleh :

RIFQI FATHURROHMAN

1.20.4.076

**PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SEKOLAH VOKASI
BANDUNG
2024**

***VEHICLE ROUTE OPTIMIZATION SYSTEM DEVELOPMENT
USING OPENSTREETMAP: CASE STUDY ON LOGISTICS
DISTRIBUTION***

FINAL REPORT

*Submitted as One of the Requirements to Obtain the Degree of Applied
Bachelor of Informatics Engineering in the Applied Bachelor of Informatics
Engineering Program*



Universitas Logistik & Bisnis Internasional

Created by :

RIFQI FATHURROHMAN

1.20.4.076

***APPLIED BACHELOR OF INFORMATICS ENGINEERING PROGRAM
FACULTY OF VOCATIONAL SCHOOL
BANDUNG
2024***

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rifqi Fathurrohman
NPM : 1204076
Program Studi : Diploma IV Teknik Informatika
Judul : Universitas Logistik dan Bisnis Internasional

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang telah saya buat dengan judul:
“PENGEMBANGAN SISTEM OPTIMASI RUTE KENDARAAN MENGGUNAKAN OPENSTREETMAP: STUDI KASUS PADA DISTRIBUSI LOGISTIK” adalah asli (orisinal) dan belum pernah diterbitkan/dipublikasikan dimanapun dan dalam bentuk apapun. Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun juga. Apabila dikemudian hari ternyata saya memberikan keterangan palsu dan atau ada pihak lain yang mengklaim bahwa tugas akhir yang telah saya buat adalah hasil karya milik seseorang atau badan tertentu, saya bersedia diproses baik secara pidana maupun perdata dan kelulusan saya dari Universitas Logistik dan Bisnis Internasional dicabutkan/dibatalkan.

Dibuat di : Bandung

Pada tanggal : 24 Juli 2024

Yang Menyatakan,



Rifqi Fathurrohman

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN SISTEM OPTIMASI RUTE KENDARAAN MENGGUNAKAN *OPENSTREETMAP*: STUDI KASUS PADA DISTRIBUSI LOGISTIK

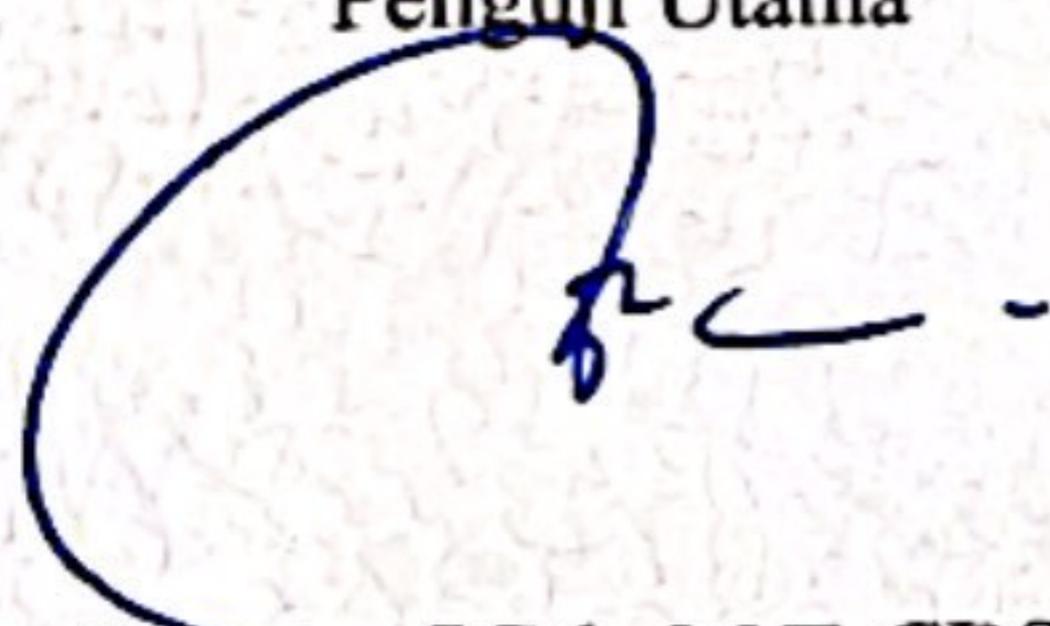
1204076

RIFQI FATHURROHMAN

Laporan Program Tugas Akhir ini telah diperiksa, disetujui dan disidangkan di
Bandung, 31 Juli 2024

Oleh :

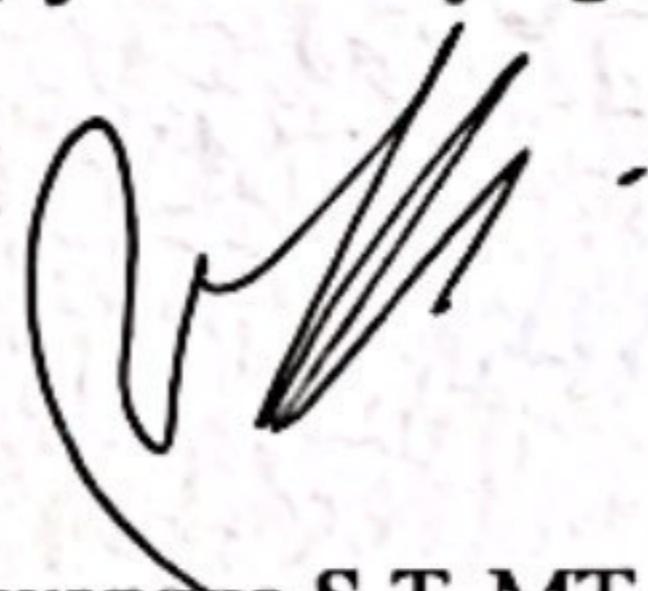
Penguji Utama



Cahyo Prianto, S.Pd., M.T.,CDSP, SFPC

NIK : 117.84.222

Penguji Pendamping



Rolly Maulana Awangga,S.T.,MT.,CAIP, SFPC

NIK: 117.86.219

Menyetujui,
Koordinator Program Tugas Akhir



M. Yusril Helmi Setyawan, S.Kom., M.Kom.

NIK: 113.74.163

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN SISTEM OPTIMASI RUTE KENDARAAN MENGGUNAKAN *OPENSTREETMAP*: STUDI KASUS PADA DISTRIBUSI LOGISTIK

1204076

RIFQI FATHURROHMAN

Laporan Program Tugas Akhir ini telah diperiksa, disetujui dan disidangkan di
Bandung, 31 Juli 2024

Oleh :

Pembimbing Utama

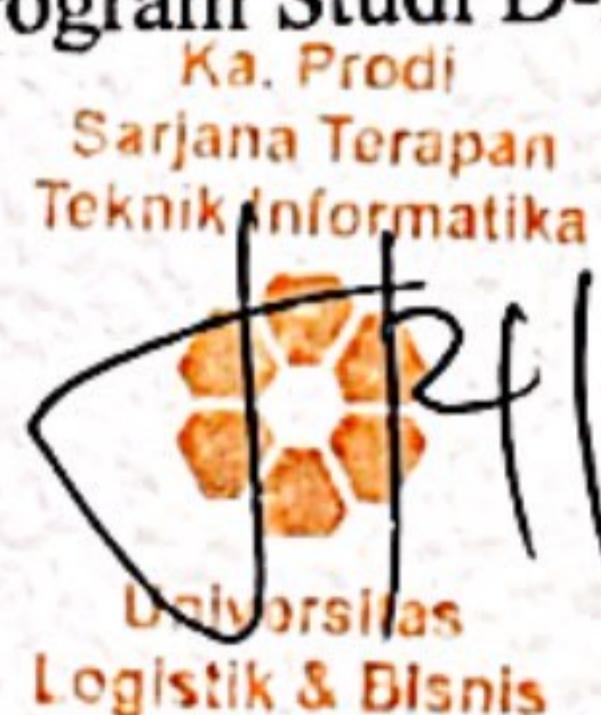
Cahyo Prianto, S.Pd., M.T.,CDSP, SFPC
NIK: 117.84.222

Pembimbing Pendamping

22/8/2024

Syafrial Fachri Pane,ST, MTI,EBDP.CDSP,SFPC
NIK: 213.88.099

Menyetujui,
Ketua Program Studi D-IV Teknik Informatika



Roni Andarsyah S.T., M. Kom., SFPC.
NIK : 115.88.193

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada kehadirat Allah SWT yang telah memberikan limpahan Rahmat dan karunia kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan lancar dan tepat waktu.

Tujuan dibuatnya laporan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan mata kuliah Tugas Akhir pada program studi D4 Teknik Informatika, Universitas Logistik Bisnis Internasional (ULBI). Semoga dengan adanya laporan Tugas Akhir dapat memberikan manfaat ilmu bagi pihak yang membutuhkan.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak baik itu dukungan yang diberikan secara langsung maupun tidak langsung yang tak ternilai harganya. Untuk itu pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, diantaranya kepada yang terhormat :

1. Bapak Roni Andarsyah, S.T., M.Kom. selaku Ketua Program Studi D4 Teknik Informatika Universitas Logistik dan Bisnis Internasional;
2. M. Yusril Helmi Setyawan, S.Kom., M.Kom selaku Koordinator Tugas Akhir atas kesempatan yang diberikan sehingga Tugas Akhir dapat terlaksana;
3. Bapak Cahyo Prianto, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah berkenan meluangkan waktunya dan memberikan bimbingan serta arahan dalam pembuatan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Syafrizal Fachri Pane, S.T. selaku dosen pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktunya dan memberikan bimbingan serta arahan dalam pembuatan Tugas Akhir ini;
5. PT Pos Indonesia yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;

6. Kedua Orang tua dan keluarga khususnya kakak, adik saya dan Farah cantika atas semua dukungan serta do'a yang terus tercurahkan demi kelancaran dan kemudahan dalam terlaksananya Tugas Akhir ini;
7. Mbahkung dan Alm.Eyanguti saya yang telah memberikan cerita dan sebagai penyemangat di rumah yang saya tinggal selama berkuliah, serta seluruh keluarga/saudara saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
8. Kelas 4C prodi D4TI Angkatan 2020, teman seperjuangan kelas sampai akhir lulus bersama dan dhanti sebagai teman seimbungan;
9. Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang turut membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalsas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Bandung, 24 Juli 2024

Rifqi Fathurrohman

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR UNTUK

KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Logistik dan Bisnis Internasional (ULBI),
saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rifqi Fathurrohman
NPM : 1204076
Program Studi : Diploma IV Teknik Informatika
Jenis karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, memberikan kepada ULBI **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Pengembangan Sistem Optimasi Rute Kendaraan Menggunakan
OpenStreetMap: Studi Kasus pada Distribusi Logistik**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Logistik dan Bisnis Internasional berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 24 Juli 2024

Yang menyatakan,



Nama Mahasiswa	:	Rifqi Fathurrohman
Program Studi	:	D-IV Teknik Informatika
Judul Tugas Akhir	:	Pengembangan Sistem Optimasi Rute Kendaraan Menggunakan <i>OpenStreetMap</i> : Studi Kasus pada Distribusi Logistik

ABSTRAK

Di era globalisasi dan persaingan bisnis yang semakin ketat, efisiensi operasional merupakan faktor kunci keberhasilan bagi perusahaan logistik, termasuk PT POS INDONESIA (Persero). Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan pengujian sistem optimasi rute kendaraan menggunakan *OpenStreetMap* tanpa bergantung pada API berbayar untuk meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas layanan pengiriman. Dengan menggunakan dataset lokasi pos evaluasi, penelitian ini berupaya menentukan rute pengiriman yang paling efisien dan membandingkan kinerjanya dalam hal jarak tempuh, waktu perjalanan, dan konsumsi bahan bakar dengan hasil yang diperoleh dari aplikasi yang dibuat bernama *VRP Solver*. Implementasi menunjukkan bahwa aplikasi yang dikembangkan mampu menghitung dan membandingkan parameter tersebut serta menguji lebih dari dua lokasi sekaligus, yang tidak dimungkinkan oleh web *OpenStreetMap*. Selain itu, penggunaan *OpenStreetMap* tanpa API berbayar memberikan perusahaan kontrol penuh atas data peta yang digunakan, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan fleksibilitas sistem. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan dalam bidang optimasi logistik, membantu perusahaan logistik meningkatkan efisiensi operasional dan keberlanjutan layanan pengiriman, serta menjadi referensi bagi perusahaan lain yang ingin mengadopsi pendekatan serupa.

Kata Kunci : *OpenStreetMap*, Masalah Rute Kendaraan , optimasi rute, efisiensi operasional, PT POS INDONESIA.

Nama Mahasiswa : Rifqi Fathurrohman
Program Studi : D-IV Teknik Informatika
Judul Tugas Akhir : *Vehicle Route Optimization System Development Using Openstreetmap: Case Study On Logistics Distribution*

ABSTRACT

In the era of globalization and increasingly fierce business competition, operational efficiency is a key success factor for logistics companies, including PT POS INDONESIA (Persero). This research focuses on developing and testing a vehicle route optimization system using OpenStreetMap without relying on paid APIs to improve operational efficiency and delivery service quality. Using a dataset of evaluation post locations, this research seeks to determine the most efficient delivery route and compare its performance in terms of travel distance, travel time, and fuel consumption with the results obtained from the application created called VRP Solver. The implementation shows that the developed application is able to calculate and compare these parameters and test more than two locations at once, which is not possible with the OpenStreetMap web. In addition, the use of OpenStreetMap without a paid API gives the company full control over the map data used, reduces operational costs, and increases system flexibility. This research is expected to make a significant contribution to the field of logistics optimization, help logistics companies improve operational efficiency and sustainability of delivery services, and serve as a reference for other companies that want to adopt a similar approach.

Keywords: *OpenStreetMap, Vehicle Route Problem, route optimization, operational efficiency, PT POS INDONESIA.*

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	15
1.1. Latar Belakang	15
1.2. Rumusan Masalah.....	17
1.3. Batasan Tugas Akhir	17
1.4. Tujuan Penelitian	18
1.5. Sistematika Penulisan	18
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	21
2.1. Penelitian Terkait	21
2.1 Tinjauan Studi	26
2.1.1. PT. Pos Indonesia	26
2.1.2. Optimasi.....	26
2.1.3. VRP (<i>Vehicle Route Problem</i>).....	27
2.1.4. VRPTW (<i>Vehicle Routing Problem With Time Windows</i>).....	28
2.1.5. <i>Capacitated Vehicle Routing Problem Time Windows (CVRPTW)</i> ..	28
2.1.6. <i>OpenStreetMap</i>	29
2.1.7. <i>Open Source Routing Machine (OSRM)</i>	29
2.1.8. <i>Penggunaan OR-Tools</i>	30
2.1.9. <i>Constraint Programming (CP)</i>	31
2.1.10. Sistem Informasi Geografis (GIS)	32
2.2.9. <i>Python</i>	33

2.1.11. <i>Flask</i>	33
2.1.12. <i>Visual Studio Code</i>	34
2.1.13. <i>Figma</i>	35
2.1.14. <i>Selenium IDE</i>	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1 Metode Penelitian	36
3.2 Tahapan Tahapan Diagram Metodologi Penelitian	36
3.2.1. Tahap Perencanaan.....	37
3.2.2. Tahap Pengumpulan Data	37
3.2.3. Tahap Analisa.....	37
3.2.4. Tahap Implementasi	39
3.2.5. Tahap Evaluasi	40
BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN	41
3.1. Analisis Masalah	41
5.1.1 Prasyarat.....	41
3.2. Merancang Sistem yang dibangun	42
3.2.1. <i>Install Flask</i>	42
3.2.2. Struktur Direktori Proyek	43
3.2.3. <i>OpenStreetMap (OSM)</i>	44
3.2.4. Membuat OSRM	44
3.3. Perancangan OSM dan OSRM	45
3.3.1 Fungsi <i>compute_distance_matrix_osrm</i>	45
3.3.2 Fungsi <i>get_osrm_route</i>	46
3.4. Perancangan <i>Google OR-Tools</i>	46
3.4.1. Menginstal <i>Google OR-Tools</i>	47
3.4.2. Mengambil Data Lokasi.....	47
3.4.3. Menghitung Matriks jarak dan Durasi	47
3.4.4. Membuat Model <i>Routing</i>	47
3.4.5. Mendefinisikan <i>Callback Jarak</i>	48
3.4.6. Menetapkan Evaluator Biaya	48
3.4.7. Menentukan Strategi Solusi Awal	48
3.4.8. Memecahkan Masalah <i>Routing</i>	48
3.4.9. Mengambil Solusi	49
3.4.10. Memformat Rute untuk Peta.....	49

3.5. Membuat <i>Prototype</i> Antar muka.....	49
3.6. Menjalankan <i>flask-app</i>	52
BAB V IMPLEMENTASI DAN EVALUASI	53
5.1 Implementasi.....	53
5.1.1 Mengimpor <i>Library</i>	53
5.1.2 Inisialisasi Aplikasi <i>Flask</i>	53
5.1.3 Rute untuk Menyelesaikan VRP	54
5.1.4 Fungsi untuk Mendapatkan Rute dan <i>Detail</i>	54
5.1.5 Menjalankan Aplikasi	56
5.2 Pengujian dan Evaluasi	59
5.2.1 Pengujian Sistem.....	59
5.3 Evaluasi.....	60
5.3.1 Dataset Pos untuk Evaluasi	61
5.3.2 Perbandingan Jarak dan waktu Tempuh.....	62
5.3.3 Perbandingan Jarak dan Konsumsi bahan bakar.....	63
5.4 <i>Purpose Method</i>	63
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	65
9.1 Kesimpulan	65
9.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait.....	21
Tabel 3. 1 Statistik dari Kedua Metode.....	38
Tabel 5. 1 Contoh Tabel Detail Rute.....	55
Tabel 5.2 Data Lokasi pos evaluasi.....	61
Tabel 5.3 Evaluasi Perbandingan Jarak dan waktu	62
Tabel 5.4 Evaluasi Perbandingan Jarak dan waktu	63
Tabel 5.5 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Hasil <i>Purposed Method</i>	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sebaran Tahun Penelitian Terkait.....	24
Gambar 2.2 <i>Wordcloud</i> Metadata dari Penelitian Sebelumnya.....	24
Gambar 2.3 Logo PT Pos Indonesia	26
Gambar 2.4 Contoh permasalahan VRP	27
Gambar 2.5 Ilustrasi CVRPTW	28
Gambar 2.6 <i>OpenStreetMap</i>	29
Gambar 2.7 <i>Open Source Routing Machine (OSRM)</i>	29
Gambar 2.8 <i>OR-Tools</i>	30
Gambar 2.9 <i>Python</i>	33
Gambar 2.10 <i>Flask</i>	33
Gambar 2.11 <i>Visual Studio Code</i>	34
Gambar 2.12 <i>Figma</i>	35
Gambar 2.13 <i>Selenium IDE</i>	35
Gambar 3.1 Tahapan Diagram Metodologi Penelitian.....	36
Gambar 3.2 Komparasi Metode <i>Nearest Neighbor</i> dan Google OR-tools	38
Gambar 3.3 Hasil Perbandingan Jarak dan Biaya Kedua Metode	39
Gambar 3.4 Struktur Direktori Proyek.....	43
Gambar 4.1 Perancangan Sistem yang dibangun.....	42
Gambar 4.2 <i>Prototype</i> Halaman awal	50
Gambar 4.3 <i>Prototype</i> Halaman tentang aplikasi	50
Gambar 4.4 <i>Prototype</i> Halaman <i>Solver</i>	51
Gambar 4.5 <i>Prototype</i> Halaman <i>output</i> optimasi menyelesaikan vrp.....	51
Gambar 5.1 <i>Flowchart</i> Sistem berjalan	56
Gambar 5.2 Halaman utama aplikasi	57
Gambar 5.3 Halaman tentang aplikasi	58
Gambar 5.4 Tampilan UI sebelum <i>vpr solver</i> dijalankan	58
Gambar 5.5 Tampilan UI setelah <i>vpr solver</i> dijalankan.....	59
Gambar 5.6 Pengujian menggunakan Seleniumn IDE.....	60
Gambar 5.7 Perbandingan <i>OpenStreetMap</i> dan implementasi aplikasi.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Surat Permohonan Observasi	72
Lampiran B Surat Persetujuan Wawancara dan Observasi	73
Lampiran C Jadwal N22 Tersier Kc Purwakarta Tahun 2024.....	74
Lampiran D Kartu Bimbingan Siakad Pembimbing I dan II	75
Lampiran E Lembar Pernyataan <i>Peer Review Draft</i> Akhir Publikasi TA.....	78
Lampiran F Surat Keterangan Bebas Pustaka.....	79
Lampiran G Cek Plagiarisme Turnitin	80

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di era globalisasi dan persaingan bisnis yang semakin ketat, efisiensi operasional menjadi kunci utama keberhasilan bagi perusahaan logistik (Ancele et al., 2021). Pengantaran barang yang tepat waktu dan efisien sangat penting untuk meningkatkan kepuasan pelanggan sekaligus mengurangi biaya operasional. Optimasi rute kendaraan menjadi sangat vital dalam manajemen distribusi logistik (Ning et al., 2016). Solusi optimasi rute yang efektif dan efisien sangat dibutuhkan dalam menghadapi kompleksitas rute dan waktu pengantaran (Corstjens et al., 2020).

Selama ini, *Google Maps API* sering digunakan dalam perancangan sistem optimasi rute karena kemampuannya menyediakan data jarak dan waktu tempuh yang akurat (Weiss et al., 2020). *Google Maps API* telah menjadi standar dalam banyak aplikasi berkat keandalannya. Namun, ada beberapa keterbatasan dalam penggunaannya (Nowak et al., 2020). Salah satu keterbatasan utama adalah ketergantungan pada API komersial mengurangi fleksibilitas dan kontrol atas data yang digunakan dalam sistem optimasi rute (Lacomme et al., 2021). Selain itu, adanya batasan kuota penggunaan yang dapat menambah beban biaya operasional bagi perusahaan dengan volume pengantaran tinggi. Oleh karena itu, muncul kebutuhan untuk mencari alternatif yang lebih fleksibel dan ekonomis yaitu *OpenStreetMap* (Karolemeas et al., 2022).

OpenStreetMap (OSM) muncul sebagai solusi alternatif yang menawarkan fleksibilitas lebih besar dan biaya lebih rendah (Fleming & Evans, 2021). OSM adalah proyek kolaboratif global yang menyediakan data peta yang dapat diakses dan disunting oleh siapa saja (Herfort et al., 2021). Penggunaan OSM memungkinkan perusahaan logistik memiliki kontrol penuh atas data yang digunakan tanpa batasan kuota dan biaya tambahan yang biasanya menyertai layanan API komersial (Wu et al., 2022). Keunggulan ini menjadikan OSM sebagai pilihan menarik bagi perusahaan yang ingin meningkatkan efisiensi operasional melalui optimasi rute pengantaran (Sacramento et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem optimasi rute kendaraan menggunakan *OpenStreetMap* sebagai studi kasus pada distribusi logistik guna meningkatkan efisiensi operasional. Dengan memanfaatkan data geografis dari *OpenStreetMap*, diharapkan dapat ditemukan solusi yang lebih efisien dalam hal total jarak tempuh, waktu perjalanan, dan konsumsi bahan bakar. Keunggulan OSM dalam memberikan fleksibilitas dan kontrol penuh atas data peta memberikan peluang untuk merancang sistem optimasi yang lebih responsif terhadap kebutuhan spesifik perusahaan logistik. Selain itu, penelitian ini berupaya menunjukkan bagaimana perubahan dari *Google Maps API* ke *OpenStreetMap* dapat memberikan kontribusi signifikan dalam efisiensi operasional tidak memerlukan anggaran biaya.

Hasil tinjauan literatur sistematis (*Systematic Literature Review*, SLR) menunjukkan bahwa metode *hybrid* adalah pendekatan yang paling banyak digunakan dan efektif dalam optimasi rute logistik. Sekitar 44,0% artikel yang ditinjau menggunakan metode *hybrid*, diikuti oleh metode heuristik (20,0%), metaheuristik (16,0%), eksak (12,0%), dan lainnya (8,0%). Data ini menunjukkan potensi besar dari metode *hybrid* untuk diterapkan dalam optimasi rute logistik dengan mempertimbangkan jendela waktu. Metode *hybrid* menggabungkan kekuatan dari berbagai pendekatan untuk menghasilkan solusi yang lebih baik dan efisien dalam menghadapi kompleksitas VRPTW.

Adapun fokus utama penelitian ini adalah pada pengembangan sistem optimasi rute menggunakan *OpenStreetMap* tanpa ketergantungan pada *Google Map API* komersial/berbayar. Penelitian ini akan mengevaluasi kinerja sistem optimasi rute berbasis *OpenStreetMap* dan membandingkannya dengan hasil yang diperoleh dari penggunaan *OpenStreetMap.org*. Evaluasi ini penting untuk menunjukkan peningkatan efisiensi operasional yang dapat dicapai melalui penggunaan aplikasi *VRP Solver*, termasuk pengurangan total jarak tempuh, waktu perjalanan, dan konsumsi bahan bakar.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang optimasi logistik. Pengembangan sistem optimasi rute berbasis *OpenStreetMap* diharapkan tidak hanya memberikan solusi yang lebih ekonomis tetapi juga meningkatkan fleksibilitas dan efektivitas operasional

perusahaan logistik. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi perusahaan lain yang ingin mengadopsi pendekatan serupa dalam upaya meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya operasional melalui optimasi rute pengantaran yang lebih baik (Winkelhaus & Grosse, 2020).

Berdasarkan fenomena dan latar belakang masalah di atas, penelitian ini diberi judul “**Pengembangan Sistem Optimasi Rute Kendaraan Menggunakan OpenStreetMap: Studi Kasus pada Distribusi Logistik**”. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang optimasi logistik dan membantu perusahaan dalam meningkatkan efisiensi serta keberlanjutan operasional.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mengoptimalkan rute pengantaran dengan mempertimbangkan kapasitas dan jendela waktu (*time windows*) menggunakan *OpenStreetMap*?
2. Bagaimana implementasi *OpenStreetMap* tanpa API dalam menyelesaikan masalah optimasi rute kendaraan?
3. Bagaimana kinerja sistem yang dihasilkan dalam hal total jarak tempuh, waktu perjalanan, dan konsumsi bahan bakar dibandingkan dengan penggunaan *Google Maps API*?

1.3. Batasan Tugas Akhir

Berdasarkan uraian latar belakang masalah di atas, Berikut ini menjelaskan batasan masalah penelitian.

1. Penelitian difokuskan pada satu kendaraan saja.
2. Implementasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python*.
3. Penggunaan *OpenStreetMap* untuk perhitungan jarak dan visualisasi rute tanpa ketergantungan pada API komersial.
4. Perhitungan optimasi rute dibuat berdasarkan armada spesifikasi kendaraan pabrikan yang biasa dipakai oleh PT Pos Indonesia tidak berpengaruh jika kendaraan sudah berumur, dan juga ongkos supir.

5. Kendaraan yang dipakai hanya untuk bahan bakar bensin, tidak termasuk dengan kendaraan elektrik.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini berdasarkan perumusan masalah yang sudah dijelaskan adalah sebagai berikut :

1. Mengembangkan model optimasi rute pengantaran yang memanfaatkan data dari *OpenStreetMap* dengan *Open Source Routing Machine (OSRM)*.
2. Mengevaluasi kinerja sistem optimasi rute berbasis *OpenStreetMap* dalam hal total jarak tempuh, waktu perjalanan, dan konsumsi bahan bakar.
3. Membandingkan hasil optimasi rute menggunakan *OpenStreetMap* dengan hasil yang diperoleh dari Aplikasi yang dibuat untuk menunjukkan peningkatan efisiensi operasional.

1.5. Sistematika Penulisan

Penyajian laporan program Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas teori dasar terkait optimasi rute logistik, terutama dalam konteks pengantaran barang. Fokus utama adalah pada tantangan dan solusi yang dihadapi dalam optimasi rute kendaraan dengan mempertimbangkan penggunaan *OpenStreetMap* sebagai pengganti *Google Maps API*. Bab ini juga mencakup identifikasi masalah, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan yang menjelaskan struktur keseluruhan dokumen.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menguraikan konsep-konsep dan teori-teori dasar yang relevan dengan penelitian, termasuk optimasi rute kendaraan dan *OpenStreetMap*. Selain itu, dibahas juga penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan untuk memberikan konteks dan landasan bagi metode yang digunakan dalam penelitian ini..

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metodologi penelitian yang digunakan, termasuk diagram alur dan tahapan-tahapan yang harus diselesaikan. Dijelaskan juga mengenai pemilihan

metode optimasi rute dengan menggunakan *OpenStreetMap*, serta proses pengumpulan dan analisis data.

BAB IV EKSPERIMENT DAN HASIL

Bab ini memaparkan eksperimen yang dilakukan untuk menguji teori dan metodologi yang telah diuraikan sebelumnya. Desain eksperimen, variabel yang digunakan, proses pengumpulan data, dan analisis data dijelaskan secara rinci. Hasil eksperimen disajikan dalam bentuk grafik, tabel, atau visualisasi lain yang relevan untuk mendukung analisis.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini menyajikan rangkuman utama dari penelitian, termasuk temuan-temuan penting, kontribusi penelitian, jawaban terhadap pertanyaan penelitian, implikasi dari hasil yang diperoleh, serta saran untuk penelitian di masa depan atau aplikasi praktis dari hasil penelitian.

BAB VI SARAN

Bab ini memberikan rekomendasi untuk penelitian lanjutan atau penerapan praktis dari temuan penelitian, dengan fokus pada peningkatan efisiensi dan efektivitas optimasi rute kendaraan. Rekomendasi ini didasarkan pada hasil yang diperoleh dan bertujuan untuk memberikan panduan bagi implementasi di dunia nyata.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

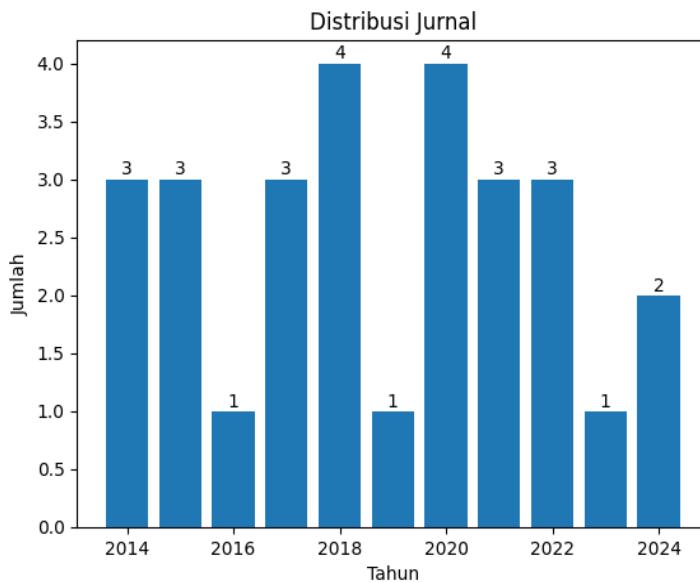
Pada sebuah upaya dalam melakukan suatu analisis, maka dibutuhkan suatu panduan ataupun rujukan serta dukungan untuk setiap hasil analisis yang sudah ada sebelumnya. Yang tentunya panduan atau rujukan tersebut akan berkaitan dengan suatu analisis yang sedang dilakukan. Hasil dari penelitian-penelitian terdahulu tersebut terdiri dari topik dan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait

Ref	Area Penelitian	Tahun	Karakteristik Data	Metode	Model	Hasil Penelitian
(gevket, 2021)	Optimisasi Jaringan Distribusi Kargo Perkotaan dan Titik Stasiun	2021	Peta jaringan jalan, data populasi, data GIS <i>open source</i>	Peta Isochrone, Sistem Informasi Geografis (GIS)	Peta Isochrone, pemilihan lokasi berbasis GIS dan perencanaan rute	Mengurangi waktu dan konsumsi bahan bakar dalam transportasi kargo perkotaan
(Van Steenbergen et al., 2021)	Pembentukan Jaringan untuk Simulasi Sistem Logistik Multimodal	2021	Koordinat area, lokasi logistik, moda transportasi, data <i>OpenStreetMap</i>	Tambahan simulasi, Simulasi Peristiwa Diskrit	Simulasi logistik multimodal, perencanaan dinamis dan terintegrasi	Simulasi jaringan logistik multimodal yang realistik, mengurangi kemacetan, analisis perilaku stokastik

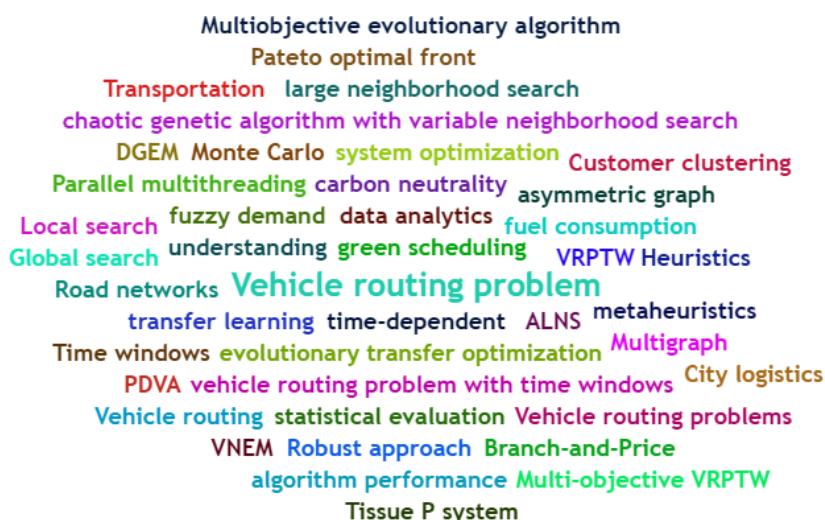
(Spina, 2022)	Penanganan Navigasi Perkotaan Menggunakan Data <i>OpenStreetMap</i>	2022	Data <i>OpenStreetMap</i> , jaringan jalan perkotaan	Optimisasi rute, Sistem Informasi Geografis (GIS)	Perencanaan rute mudah menggunakan <i>OpenStreetMap</i>	Meningkatkan navigasi dan kemudahan berkendara di lingkungan perkotaan
(Baty et al., 2023)	Masalah Rute Kendaraan Dinamis dengan Jendela Waktu	2023	Data <i>e-commerce</i> , persyaratan pelanggan, data rute kendaraan	Alur pembelajaran mesin dengan lapisan optimisasi kombinatorial	Rute kendaraan dinamis dengan gelombang pengiriman	Meningkatkan efisiensi pengiriman di hari yang sama, ketahanan terhadap kasus dan skenario yang belum pernah dilihat
(Zhuang & Yiwen, 2023)	Optimisasi Rencana Pengiriman	2023	Data pengiriman dari Suzhou, data rute kendaraan	Sistem Informasi Geografis (GIS), algoritma optimisasi	Optimisasi rute kendaraan	Meningkatkan efisiensi pengiriman, mengurangi biaya operasional
(Nazir et al., 2024)	Permintaan Energi dan Dampak Emisi dari Elektrifikasi Kargo	2024	Data <i>OpenStreetMaps</i> , data desain tarif utilitas, data volume kargo	Optimisasi konveks, algoritma skalabel	Penjadwalan dan perencanaan rute kendaraan listrik	Pengurangan signifikan dalam biaya operasional dan emisi CO2 untuk armada kargo listrik

Untuk menganalisis bagaimana Pengembangan Sistem Optimasi Rute Kendaraan Menggunakan *OpenStreetMap*: Studi Kasus pada Distribusi Logistik, dilakukan tinjauan komprehensif dari berbagai jurnal yang berfokus pada *Vehicle Routing Problem* dengan *OSM* dan topik terkait lainnya. Gambar dan tabel yang disajikan menggambarkan penyebaran penelitian ini secara luas. Pada Tabel 2.1 menyajikan ringkasan mendalam dari penelitian yang telah dilakukan di bidang optimasi rute kendaraan dengan berbagai metode dan model. Tabel ini mengkategorikan studi berdasarkan area penelitian, tahun publikasi, karakteristik data, metode yang digunakan, model yang diterapkan, dan hasil penelitian yang dicapai.



Gambar 2.1 Distribusi jurnal SLR menurut tahun

Berdasarkan penelitian SLR sebelumnya dengan metode *PRISMA*, didapat distribusi jurnal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 menunjukkan distribusi jumlah penelitian yang disertakan dari tahun 2014 hingga 2024. Jelas terlihat bahwa ada tanda-tanda peningkatan penelitian tentang *VRPPD*, *CVRP*, dan *VRPTW*. Dalam 10 tahun sejak 2014, jumlah artikel yang diterbitkan cenderung mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa isu terkait *VRPPD*, *CVRP*, dan *VRPTW* relatif stabil dalam beberapa tahun terakhir, tren keseluruhan menunjukkan peningkatan minat yang signifikan dalam topik ini.



Gambar 2.2 Wordcloud Metadata dari Penelitian Sebelumnya

Pada Gambar 2.2 merupakan *wordcloud* yang menggambarkan topik-topik utama dalam penelitian terkait optimasi masalah rute kendaraan dengan *time windows* dan penanganan *pickup and delivery*. Berbagai kata kunci seperti "*Vehicle routing problem*," "*VRPTW Heuristics*," "*Multi-objective VRPTW*," dan "*time windowss*" mencerminkan fokus utama dari penelitian ini. Kata kunci lainnya seperti "*chaotic genetic algorithm with variable neighborhood search*," "*local search*," dan "*global search*," menunjukkan berbagai metode dan pendekatan yang digunakan untuk mengatasi masalah VRP. Istilah seperti "*carbon neutrality*," "*fuel consumption*," dan "*green scheduling*" menunjukkan perhatian terhadap isu-isu lingkungan dalam optimasi rute kendaraan. Secara keseluruhan, *word cloud* ini memberikan gambaran menyeluruh tentang berbagai aspek dan pendekatan yang digunakan dalam penelitian terkait optimasi masalah rute kendaraan, menunjukkan fokus pada efisiensi, efektivitas, dan keberlanjutan dalam pengelolaan rute kendaraan.

Dalam menentukan rute yang optimal membutuhkan pemahaman yang mendalam. Berbagai metode telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya yang disajikan pada tabel 2.1. Studi pertama pada tahun 2021 mengoptimalkan jaringan distribusi kargo perkotaan dan titik stasiun menggunakan peta Isochrone dan GIS, yang berhasil mengurangi waktu dan konsumsi bahan bakar (gevket, 2021). Pada tahun yang sama, penelitian kedua mengembangkan simulasi sistem logistik multimodal dengan data *OpenStreetMap*, menghasilkan simulasi jaringan logistik yang realistik dan mengurangi kemacetan (Van Steenbergen et al., 2021). Pada tahun 2022, penelitian ketiga menggunakan data *OpenStreetMap* untuk merancang rute perkotaan yang mudah dilalui, meningkatkan navigasi dan kemudahan berkendara (Spina, 2022). Penelitian pada tahun 2023 memperkenalkan metode optimisasi kombinatorial yang diperkaya pembelajaran mesin untuk menyelesaikan masalah rute kendaraan dinamis, meningkatkan efisiensi pengiriman dan ketahanan terhadap skenario baru (Baty et al., 2023). Studi lain di tahun yang sama mengoptimalkan rencana pengiriman di Suzhou dengan metode GIS dan algoritma optimisasi, meningkatkan efisiensi pengiriman dan mengurangi biaya operasional (Zhuang & Yiwen, 2023). Terakhir, pada tahun 2024, penelitian menggunakan alat berbasis *OpenStreetMaps* untuk mempelajari permintaan energi dan dampak emisi

dari elektrifikasi truk kargo, menunjukkan pengurangan signifikan dalam biaya operasional dan emisi CO₂ untuk armada kargo listrik (Nazir et al., 2024).

2.1 Tinjauan Studi

Dalam membantu pemahaman terkait penelitian yang dilakukan, pada subbab ini akan dijelaskan mengenai metode yang digunakan. Berikut di bawah ini penjelasannya.

2.1.1. PT. Pos Indonesia

PT Pos Indonesia adalah suatu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang layanan jasa logistik, kurir, serta transaksi keuangan(Pos Indonesia, n.d.-a).



Gambar 2.3 Logo PT Pos Indonesia

PT Pos Indonesia merupakan sebuah Badan Usaha Milik Negara Indonesia yang dimana perusahaan ini menyediakan layanan pos. Untuk mendukung dari kegiatan bisnisnya, hingga diakhir tahun 2021, perusahaan ini telah memiliki 6 kantor regional, 42 kantor cabang utama, serta 168 kantor cabang yang tersebar di Indonesia (Pos Indonesia, 2021). Tujuan perusahaan adalah membangun bangsa yang lebih berdaya saing dan sejahtera (Pos Indonesia, n.d.-b). Adapun visi dan misi PT Pos Indonesia(Pos Indonesia, n.d.-b) adalah sebagai berikut.

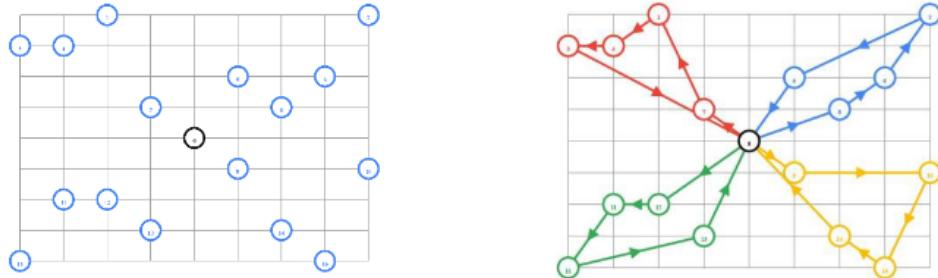
1. Visi : “Menjadi *Postal Operator*, Penyedia Jasa Kurir, Logistik dan Keuangan Paling Kompetitif.”
2. Misi : Bertindak Efektif Untuk Mencapai *Performance* Terbaik

2.1.2. Optimasi

Optimasi, disebut juga optimalisasi, adalah proses menghasilkan suatu hasil atau keluaran yang sesuai dengan hasil yang diinginkan, sehingga menjadi strategi

yang layak dan efisien (R. M. Chen & Shen, 2015). Selain itu Optimasi rute kendaraan adalah proses untuk menentukan rute paling efisien bagi sejumlah kendaraan yang mengangkut barang atau penumpang dari beberapa titik asal ke berbagai tujuan (Kinalbe et al., 2020). Tujuan dari pekerjaan ini adalah untuk menghasilkan hasil yang seefektif dan seefisien mungkin(Rattu et al., 2022).

2.1.3. VRP (*Vehicle Route Problem*)



Gambar 2.4 Contoh permasalahan VRP

(a) dengan depot yang terletak pada indeks 0; memecahkan masalah VRP (b)

Vehicle Routing Problem (VRP) adalah masalah optimasi kombinatorial yang berfokus pada penentuan rute optimal untuk pendistribusian barang. Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan algoritma metaheuristik, khususnya algoritma semut, dalam VRP untuk menentukan rute minimal dalam pendistribusian barang (Hadhiatma & Purbo, 2017). Sebagai contoh, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4, pelanggan memerlukan pengiriman barang atau dokumen dari node 0, yang dikenal sebagai depot, menuju depot lainnya. Rute pengiriman ini harus dimulai dan diakhiri di depot, serta memastikan bahwa semua permintaan pelanggan terpenuhi dan setiap pelanggan hanya dikunjungi oleh satu kendaraan (Ary, 2022). Rumus matematis VRP dapat direpresentasikan sebagai berikut :

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Subject to :

$$\sum_{i=1}^n x_{ij}=1, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij}=1, \quad (3)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1, \quad \forall S \subset N, 2 \leq |S| \leq n - 1 \quad (4)$$

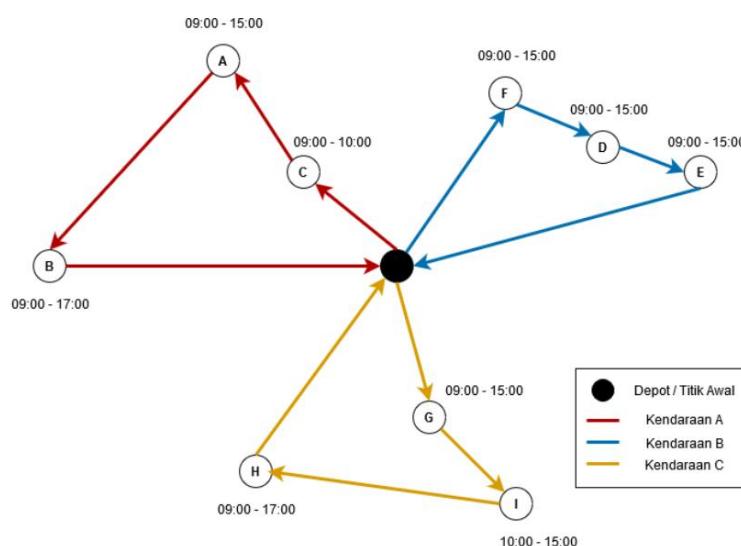
Dimana x_{ij} adalah variabel biner yang menunjukkan apakah rute $i \rightarrow j$ dipilih, c_{ij} adalah biaya atau jarak dari titik i ke j , N adalah himpunan dari semua titik yang harus dikunjungi, dan $|S|$ adalah jumlah elemen dalam himpunan S (Obreque et al., 2020).

2.1.4. VRPTW (*Vehicle Routing Problem With Time Windows*)

Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW) adalah varian dari VRP, yang memiliki batasan tambahan dalam melayani setiap pelanggan dalam jangka waktu yang ditentukan (Xu et al., 2022). Pada dasarnya, tujuan perusahaan logistik adalah untuk meminimalkan total biaya transportasi, yang melibatkan biaya kendaraan yang digunakan dan biaya bahan bakar untuk total jarak perjalanan, sekaligus memastikan pengiriman barang tepat waktu ke pelanggan di jendela yang ditentukan (Dong et al., 2018).

2.1.5. Capacitated Vehicle Routing Problem Time Windows (CVRPTW)

Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRPTW) adalah varian yang menggabungkan dua modifikasi utama dari *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dan *Vehicle Routing Problem with Time-Window* (VRPTW). Berikut ini adalah ilustrasi dari *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows* yang ditampilkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Ilustrasi CVRPTW

Dalam varian ini, terdapat batasan bahwa total permintaan dari pelanggan dalam satu rute tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan, sesuai dengan karakteristik CVRP (Sitek et al., 2021). Setiap pelanggan memiliki jendela waktu yang unik, berupa interval waktu awal dan akhir yang berbeda antar satu pelanggan dengan yang lain, yang menunjukkan kapan pelanggan dapat dikunjungi. Pengiriman harus dilakukan dalam jangka waktu yang telah ditentukan dan tidak boleh melampaui batas waktu yang diberikan (Sitek et al., 2021).

2.1.6. *OpenStreetMap*



Gambar 2.6 *OpenStreetMap*

OpenStreetMap (OSM) adalah proyek kolaboratif yang menyediakan data peta dunia yang dapat diakses dan diedit oleh siapa saja (Herfort et al., 2021). Penggunaan OSM memungkinkan pengguna memiliki kontrol penuh atas data peta yang digunakan tanpa batasan kuota dan biaya tambahan, menjadikannya alternatif yang menarik dibandingkan dengan *Google Maps API* (Qureshi et al., 2020). OSM sangat fleksibel dan dapat diterapkan dalam berbagai aplikasi, termasuk optimasi rute logistik (Herfort et al., 2021).

2.1.7. *Open Source Routing Machine (OSRM)*



Gambar 2.7 *Open Source Routing Machine (OSRM)*

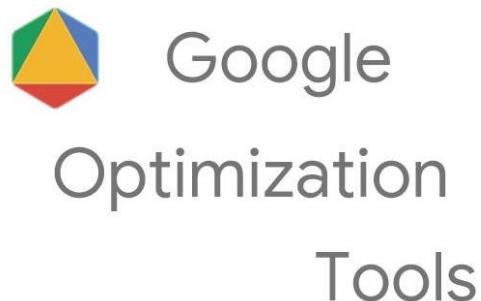
Open Source Routing Machine (OSRM) adalah perangkat lunak sumber terbuka yang menggunakan data dari OSM untuk menyediakan perencanaan rute yang cepat dan akurat (Ludwig et al., 2023; Shamshad & Haq, 2020). OSRM dirancang untuk melakukan *routing* pada skala besar dengan performa tinggi, memproses permintaan *routing* dengan cepat sehingga cocok digunakan dalam aplikasi yang memerlukan perhitungan rute secara real-time (Ludwig et al., 2023).

Dalam penelitian ini, OSRM digunakan untuk menghitung matriks jarak dan durasi antara lokasi-lokasi yang akan dikunjungi oleh kendaraan. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut (Mariescu-Istodor & Fränti, 2021):

1. **Pengumpulan Data Lokasi:** Lokasi-lokasi yang akan dikunjungi dikumpulkan dan disusun dalam format yang sesuai.
2. **Permintaan OSRM:** Mengirim permintaan ke OSRM untuk menghitung matriks jarak dan durasi antara semua pasangan lokasi.
3. **Penerimaan Data:** Menerima data jarak dan durasi dari OSRM dalam bentuk matriks yang dapat digunakan untuk optimasi rute.
4. **Optimasi Rute:** Menggunakan matriks jarak dan durasi dalam algoritma optimasi rute untuk menentukan rute terbaik yang meminimalkan jarak tempuh, waktu perjalanan, dan konsumsi bahan bakar.

Dengan menggunakan OSRM dan OSM, penelitian ini dapat menyediakan solusi optimasi rute yang lebih fleksibel dan ekonomis, meningkatkan efisiensi operasional dalam distribusi logistik (Cavalcante et al., 2022). OSRM menggunakan algoritma *routing* berbasis graf yang dikenal sebagai Contraction Hierarchies (CH). Algoritma ini memungkinkan OSRM untuk mempercepat pencarian rute dengan menyederhanakan kompleksitas graf jalan raya yang besar menjadi struktur hierarkis yang lebih sederhana (Gündling, 2020).

2.1.8. Penggunaan *OR-Tools*



Gambar 2.8 *OR-Tools*

OR-Tools adalah perangkat lunak sumber terbuka yang dikembangkan oleh Google untuk memecahkan masalah optimasi (Silva et al., 2020). Dalam penelitian ini, *OR-Tools* digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi rute kendaraan .

Berikut adalah langkah-langkah penerapan *OR-Tools* dalam penelitian ini (Cuvelier et al., 2023):

1. **Pengumpulan Data Lokasi:** Lokasi-lokasi yang akan dikunjungi dikumpulkan dan diorganisasikan dalam format yang sesuai.
2. **Penggunaan OSRM untuk Matriks Jarak dan Durasi:** Permintaan dikirim ke OSRM untuk menghitung matriks jarak dan durasi antara semua pasangan lokasi. Data jarak dan durasi yang diperoleh dari OSRM digunakan dalam proses optimasi rute.
3. **Pembuatan Model *Routing*:** Model *routing* dibuat menggunakan *OR-Tools* dengan memanfaatkan kelas *Routing Index Manager* dan *RoutingModel*.
4. **Definisi Callback Jarak:** *Callback* untuk menghitung jarak antara node-node ditentukan dan didaftarkan dalam model *routing*.
5. **Pengaturan Evaluator Biaya:** Evaluator biaya diatur untuk semua kendaraan dengan menggunakan *callback* jarak yang telah didefinisikan sebelumnya.
6. **Penentuan Strategi Solusi Awal:** Parameter pencarian diatur untuk menggunakan strategi solusi awal `PATH_CHEAPEST_ARC`.
7. **Penyelesaian Masalah *Routing*:** Masalah *routing* diselesaikan dengan menggunakan parameter pencarian yang telah ditetapkan.
8. **Pengumpulan Rute dan Detail:** Rute dan detail rute, termasuk jarak, durasi, dan konsumsi bahan bakar, dikumpulkan dari solusi yang dihasilkan oleh *OR-Tools*.

Dengan memanfaatkan *OR-Tools* dan OSRM, penelitian ini mampu menyediakan solusi optimasi rute yang lebih fleksibel dan ekonomis, sehingga meningkatkan efisiensi operasional dalam distribusi logistik (Tahir, 2024).

2.1.9. *Constraint Programming* (CP)

Constraint Programming (CP) adalah pendekatan untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan mendefinisikan batasan-batasan (*constraint*) yang harus dipatuhi oleh Solusi (Verhaeghe et al., 2020). Dalam konteks optimasi rute kendaraan, CP digunakan untuk memodelkan dan menyelesaikan masalah *routing* dengan mempertimbangkan berbagai batasan seperti kapasitas kendaraan, waktu

tempuh, dan permintaan pelanggan. Google *OR-Tools* menyediakan pustaka yang kuat untuk implementasi *Constraint Programming* (R. Liu & Jiang, 2019). *Constraint Programming* adalah teknik pemrograman deklaratif yang mengharuskan solusi memenuhi serangkaian constraint yang dinyatakan dalam bentuk persamaan atau pertidaksamaan (Sacramento et al., 2020). Dalam CP, masalah dipecah menjadi beberapa variabel dengan domain nilai yang mungkin, dan constraint yang membatasi kombinasi nilai yang dapat diambil oleh variabel-variabel tersebut (Z. Chen et al., 2020).

Langkah-langkah dasar dalam penerapan *Constraint Programming* untuk optimasi rute adalah sebagai berikut :

1. **Pembuatan Model *Routing*:** Model *routing* dibuat menggunakan kelas *Routing Index Manager* dan *Routing Model* dari *OR-Tools*.
2. **Definisi *Callback Jarak*:** *Callback* untuk menghitung jarak antara node-node ditentukan dan didaftarkan dalam model *routing*.
3. **Pengaturan Evaluator Biaya:** Evaluator biaya diatur untuk semua kendaraan dengan menggunakan *callback* jarak yang telah didefinisikan.
4. **Penentuan Strategi Solusi Awal:** Parameter pencarian diatur untuk menggunakan strategi solusi awal seperti *PATH_CHEAPEST_ARC*.
5. **Penyelesaian Masalah *Routing*:** Masalah *routing* diselesaikan dengan menggunakan parameter pencarian yang telah ditentukan.

Rumus dasar dalam *Constraint Programming* untuk optimasi rute kendaraan dapat diformulasikan sebagai (S. Liu et al., 2021):

$$\text{Minimize} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{i,j} \cdot x_{i,j} \quad (5)$$

Dimana $c_{i,j}$ adalah biaya perjalanan dari node i ke node j , dan $x_{i,j}$ adalah variabel keputusan yang menunjukkan apakah rute dari node i ke node j dipilih atau tidak (S. Liu et al., 2021).

2.1.10. Sistem Informasi Geografis (GIS)

Sistem Informasi Geografis (GIS) adalah sistem yang dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, memanipulasi, menganalisis, mengelola, dan menyajikan data geografis atau spasial (Campbell et al., 2019). GIS membantu pengguna untuk memahami pola, hubungan, dan tren dalam data geografis. Dalam

optimasi rute kendaraan, GIS digunakan untuk memvisualisasikan rute, menganalisis kondisi jalan, dan memperkirakan waktu perjalanan (Campbell et al., 2019). Integrasi OSM dengan GIS memungkinkan pembuatan peta yang akurat dan rinci yang dapat digunakan untuk perencanaan rute yang lebih efisien (W. Chen et al., 2018).

2.2.9. Python



Gambar 2.9 *Python*

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dikenal karena sintaksnya yang mudah dipahami dan kemampuannya yang luas dalam berbagai bidang, termasuk ilmu data dan Optimasi (Kornienko et al., 2021). Dalam penelitian ini, *Python* digunakan untuk mengimplementasikan algoritma optimasi menggunakan *Google OR-Tools* dan *OSM* (Raschka et al., 2020). *Python* juga mengompilasi program dengan konsep umum yang menekankan persiapan, operasi, dan pengelolaan data. Selain itu, *Python* adalah alat pembelajaran yang kuat untuk bidang seperti *Machine Learning*. *Python* telah menjadi alat penting dalam ilmu data dan informasi (Patkar et al., 2022).

2.1.11. Flask

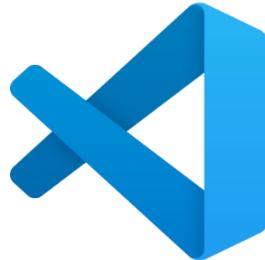


Gambar 2.10 *Flask*

Flask adalah *framework web* mikro untuk *Python* yang memudahkan pengembangan aplikasi web (Idris et al., 2020). *Flask* menyediakan alat dan pustaka yang memungkinkan pengembang membangun aplikasi web dengan cepat dan mudah tanpa memerlukan terlalu banyak konfigurasi. Beberapa fitur utama *Flask* meliputi (Salo, 2020):

1. Ringan dan Fleksibel: *Flask* memberikan kebebasan penuh kepada pengembang untuk mengatur struktur proyek mereka.
2. *Routing*: *Flask* menyediakan mekanisme *routing* yang sederhana untuk menghubungkan URL dengan fungsi *Python*.
3. Ekstensibilitas: *Flask* mendukung ekstensi yang dapat digunakan untuk menambahkan fungsionalitas tambahan ke aplikasi, seperti autentikasi, ORM, dan lainnya.
4. Templating: *Flask* menggunakan *Jinja2* sebagai mesin templating yang kuat dan fleksibel untuk menghasilkan HTML dari template yang dapat disesuaikan.

2.1.12. *Visual Studio Code*



Gambar 2.11 *Visual Studio Code*

Visual Studio Code (VSCode) adalah editor kode sumber yang dikembangkan oleh Microsoft, yang mendukung berbagai bahasa pemrograman dan dilengkapi dengan banyak fitur yang memudahkan pengembangan perangkat lunak (Idree & Aslam, 2022). Beberapa fitur utama *VSCode* meliputi penyelesaian kode otomatis, penyorotan sintaksis, dan snippet kode, serta mendukung berbagai bahasa pemrograman melalui ekstensi (Sugiantoro et al., 2020). *VSCode* juga menawarkan fitur debugging yang memungkinkan pengguna melakukan debugging langsung di dalam editor, dengan titik henti, pemantauan variabel, dan langkah-langkah eksekusi kode (Li et al., 2021).

Keunggulan *VSCode* meliputi kinerja yang ringan, kustomisasi yang tinggi melalui tema dan ekstensi, serta dukungan komunitas besar yang sering memberikan pembaruan dari *Microsoft* (Rahmen des Studiums & Glaser, 2022). *VSCode* lebih ringan dan cepat dibandingkan dengan IDE lain, menjadikannya pilihan populer di kalangan pengembang perangkat lunak (Rahmen des Studiums & Glaser, 2022).

2.1.13. *Figma*



Gambar 2.12 *Figma*

Figma adalah alat desain antarmuka pengguna berbasis *web* yang memungkinkan desainer untuk membuat *prototype* dan berkolaborasi secara real-time (Qian & Yuhang Hu, 2024). *Figma* mendukung pembuatan *prototype* interaktif dengan animasi dan transisi, memungkinkan pengguna untuk melihat dan menguji *prototype* di perangkat nyata. Alat ini juga mendukung integrasi dengan alat lain seperti Slack, Zeplin, dan Trello, serta memiliki *market place plugin* untuk menambah fungsionalitas. *Figma* menyediakan spesifikasi desain yang dapat diakses oleh pengembang untuk implementasi, serta mendukung ekspor aset dalam berbagai format seperti PNG, SVG, dan PDF (Subarjah & Ari Purno Wahyu, 2022). Keunggulan *Figma* meliputi aksesibilitas yang tinggi karena berbasis *web*, memungkinkan akses dari mana saja tanpa perlu instalasi, kolaborasi efektif dengan memungkinkan beberapa desainer bekerja secara *real-time*, serta integrasi dan ekstensi yang mendukung berbagai kebutuhan desain (Vy Giang, 2024).

2.1.14. *Selenium IDE*



Gambar 2.13 *Selenium IDE*

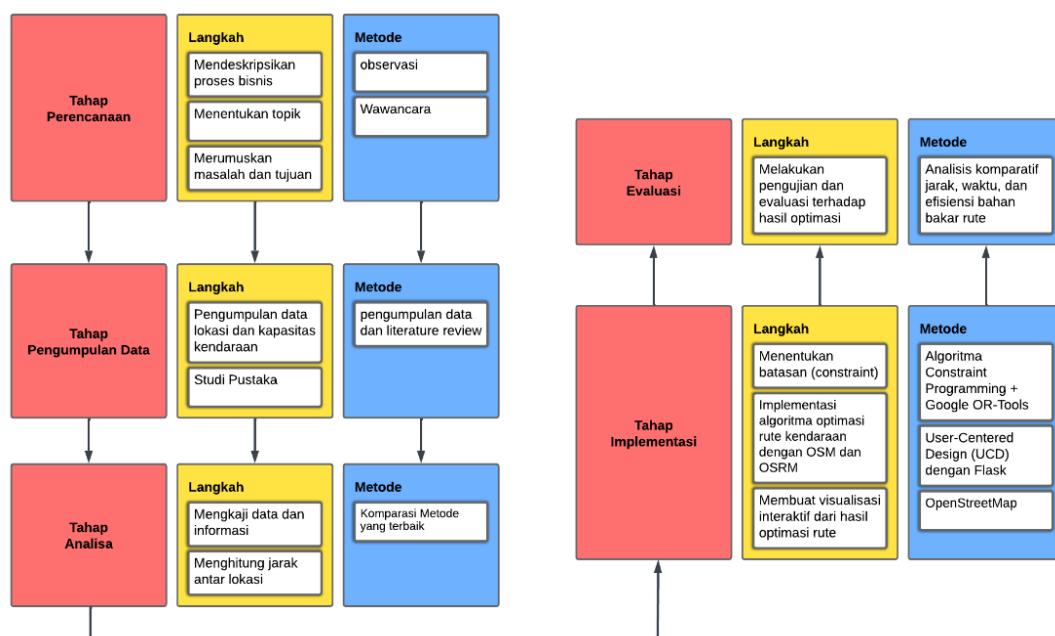
Selenium merupakan alat yang sangat berguna untuk otomatisasi pengujian aplikasi web (Thooriqoh et al., 2021). Dengan dukungan untuk berbagai peramban dan bahasa pemrograman, serta kemampuannya untuk berintegrasi dengan alat lain, Selenium menjadi pilihan utama bagi banyak tim pengujian. Namun, penggunaannya memerlukan pengetahuan teknis yang memadai dan pengujian yang konstan. Selenium membantu meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pengujian, memastikan kualitas aplikasi web dengan mengidentifikasi dan memperbaiki masalah dengan cepat (Phuc Nguyen & Maag, 2020).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metodologi penelitian merupakan pendekatan yang sistematis untuk menyelesaikan masalah penelitian. Ini dapat dipahami sebagai ilmu yang mempelajari cara melakukan penelitian secara ilmiah. Dalam metodologi penelitian, dibahas berbagai langkah yang umumnya diambil oleh peneliti untuk mempelajari masalah penelitian mereka, serta logika yang mendasarinya. Seorang peneliti perlu memahami tidak hanya metode atau teknik penelitian, tetapi juga metodologinya. Penelitian ini mencakup metode pengumpulan data dan diagram alur metodologi yang digunakan untuk memecahkan masalah. Tahapan/Langkah penelitian ini dijelaskan dalam bentuk diagram alur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan Diagram Metodologi Penelitian

3.2 Tahapan/Tahapan Diagram Metodologi Penelitian

Tahap implementasi metodologi penelitian sistem mencakup beberapa tahapan sebagai berikut.

3.2.1. Tahap Perencanaan

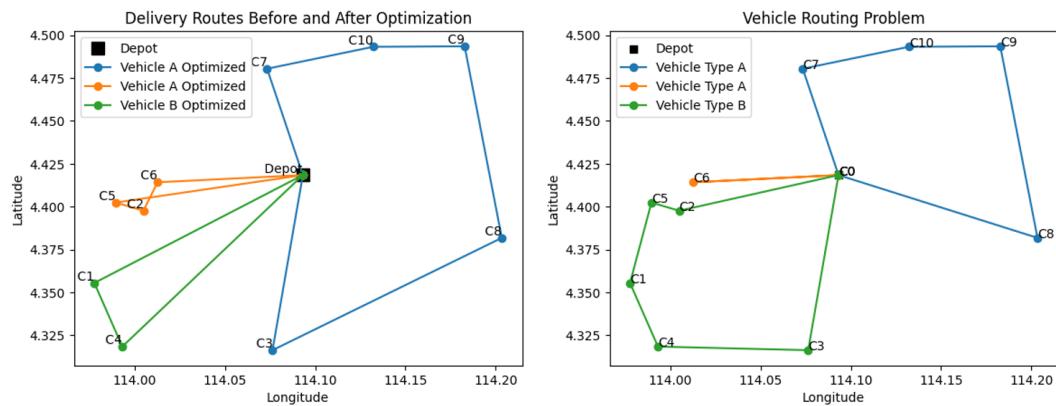
Tahap perencanaan ini dilakukan melalui observasi dan wawancara untuk memahami proses bisnis awal serta mengidentifikasi permasalahan yang ada. Ada tiga kegiatan utama dalam tahap ini. Pertama, mendeskripsikan proses bisnis dengan fokus pada pengoptimalan rute dan kapasitas kendaraan sesuai dengan judul penelitian. Observasi langsung dan wawancara dengan pihak terkait dilakukan untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang kebutuhan dan tantangan yang dihadapi. Kedua, menentukan topik penelitian yang relevan berdasarkan hasil observasi dan wawancara, yang akan difokuskan pada optimasi rute kendaraan menggunakan *OpenStreetMap* (OSM) dan Google *OR-Tools*. Tujuan dari topik ini adalah untuk menemukan solusi yang efektif dan efisien. Ketiga, merumuskan masalah dan tujuan penelitian secara spesifik. Masalah yang diidentifikasi mencakup inefisiensi rute kendaraan dan kesulitan dalam memenuhi batasan waktu yang telah ditentukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan algoritma optimasi rute yang dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengiriman barang, serta memastikan kepatuhan terhadap batasan waktu yang ada.

3.2.2. Tahap Pengumpulan Data

Tahap ini melibatkan pengumpulan data menggunakan metode pengumpulan data dan literature review. Data yang dikumpulkan meliputi lokasi pengiriman dan kapasitas kendaraan yang akan dianalisis. Pengumpulan data lokasi dilakukan menggunakan *OpenStreetMap* (OSM) untuk memastikan akurasi data. Selain itu, dilakukan studi pustaka untuk memahami konsep dan metode yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik ini. Data yang terkumpul akan digunakan sebagai dasar dalam tahap analisis dan implementasi selanjutnya.

3.2.3. Tahap Analisa

Tahap analisa melibatkan pengkajian data dan informasi yang telah dikumpulkan. Langkah pertama adalah menganalisis data lokasi dan kapasitas kendaraan untuk memahami distribusi dan karakteristik data. Analisis ini penting untuk mempersiapkan data yang diperlukan dalam tahap implementasi algoritma optimasi rute.



Gambar 3.2 Komparasi Metode *Nearest Neighbor* dan Google OR-tools

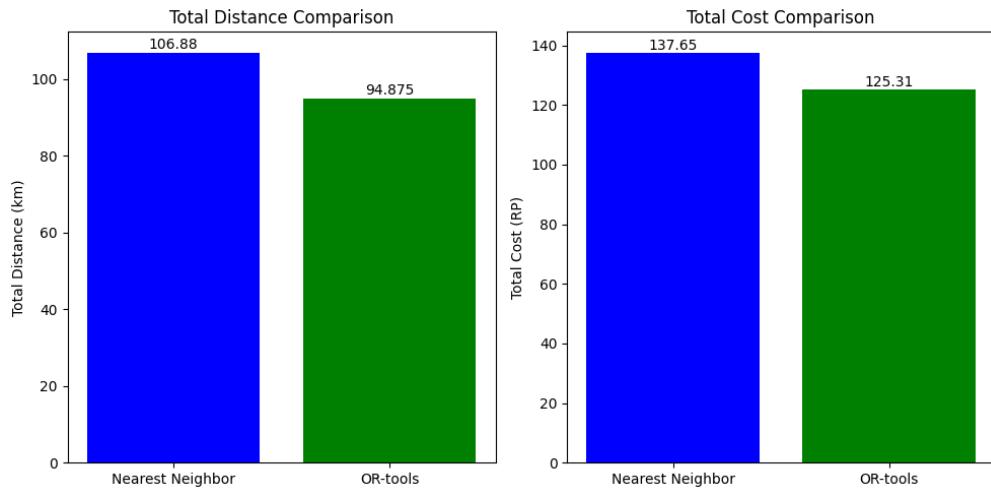
Gambar 3.2 menampilkan rute pengiriman setelah optimasi menggunakan dua metode yang berbeda: *Nearest Neighbor* dan Google OR-tools. Pada gambar 3.2 bagian kiri, rute awal dan rute setelah dioptimasi dengan *Nearest Neighbor* ditunjukkan dengan simbol-simbol berwarna, sedangkan pada bagian kanan gambar 3.2, rute yang dioptimasi dengan Google OR-tools ditunjukkan dengan garis-garis berwarna menghasilkan statistik yang berbeda.

Tabel 3. 1 Statistik dari Kedua Metode

Metode	Total Distance (km)	Total Cost (RP)	Vehicle	Round Trip Distance (km)	Cost (RP)	Demand
<i>Nearest Neighbor</i>	106.88	137.65	1 (A)	53.582	64.30	25.0
			2 (A)	21.981	26.38	21.0
			3 (B)	31.315	46.97	11.0
<i>Google OR-tools</i>	94.875	125.31	1 (A)	40.554	48.66	22
			2 (A)	16.120	19.34	8
			3 (B)	38.201	57.30	27

Dengan menggunakan metode *Nearest Neighbor*, total jarak tempuh untuk semua kendaraan adalah 106.88 km dengan total biaya sebesar RP 137.65. Rute yang ditempuh oleh kendaraan dioptimasi untuk mengurangi jarak tempuh dan biaya operasional, meskipun masih dapat diperbaiki lebih lanjut dengan algoritma yang lebih canggih seperti *Google OR-tools*. Sementara itu, dengan menggunakan *Google OR-tools*, total jarak tempuh berkurang menjadi 94.875 km dengan total biaya sebesar RP 125.31. Rute yang dioptimasi menunjukkan efisiensi yang lebih

tinggi dalam hal jarak tempuh dan biaya operasional dibandingkan dengan metode *Nearest Neighbor*.



Gambar 3.3 Hasil Perbandingan Jarak dan Biaya Kedua Metode

Visualisasi pada gambar 3.3 menunjukkan komparasi dari total jarak, biaya, dan performa kendaraan berdasarkan metode *Nearest Neighbor* dan Google OR-tools. Analisa ini menunjukkan bahwa Google OR-tools memberikan hasil yang lebih efisien dibandingkan dengan *Nearest Neighbor*. Berdasarkan perbandingan antara *Nearest Neighbor* dan *Google OR-tools*, diputuskan untuk menggunakan *Google OR-tools* karena performanya yang lebih baik dalam hal jarak total dan biaya total. Selanjutnya, perhitungan jarak antar lokasi dilakukan menggunakan *Open Source Routing Machine (OSRM)* untuk mendapatkan estimasi jarak yang akurat. Analisis ini penting untuk mempersiapkan data yang diperlukan dalam tahap implementasi algoritma optimasi rute

3.2.4. Tahap Implementasi

Tahap implementasi mencakup beberapa langkah penting. Pertama, menentukan batasan atau constraint yang harus dipenuhi dalam optimasi rute, seperti kapasitas kendaraan dan batasan waktu. Selanjutnya, algoritma optimasi rute kendaraan diimplementasikan menggunakan *Constraint Programming* dengan Google *OR-Tools*. Algoritma ini dirancang untuk menemukan rute terbaik yang meminimalkan jarak tempuh dan waktu perjalanan, serta memenuhi semua batasan yang telah ditentukan. Hasil optimasi kemudian divisualisasikan secara interaktif menggunakan Flask dan *OpenStreetMap*, dengan pendekatan User-Centered

Design (UCD) untuk memastikan antarmuka yang dikembangkan mudah digunakan dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

3.2.5. Tahap Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan untuk menguji dan menilai hasil optimasi yang telah diterapkan. Metode analisis komparatif digunakan untuk membandingkan jarak, waktu, dan efisiensi rute yang dihasilkan dari algoritma dengan data aktual atau metode lain yang mungkin digunakan. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa solusi yang dihasilkan tidak hanya efektif dalam konteks teoritis tetapi juga praktis dan dapat diterapkan dalam situasi nyata. Hasil evaluasi ini memberikan umpan balik yang berguna untuk perbaikan lebih lanjut dan validasi model optimasi yang dikembangkan.

BAB IV

ANALISIS DAN PERANCANGAN

3.1. Analisis Masalah

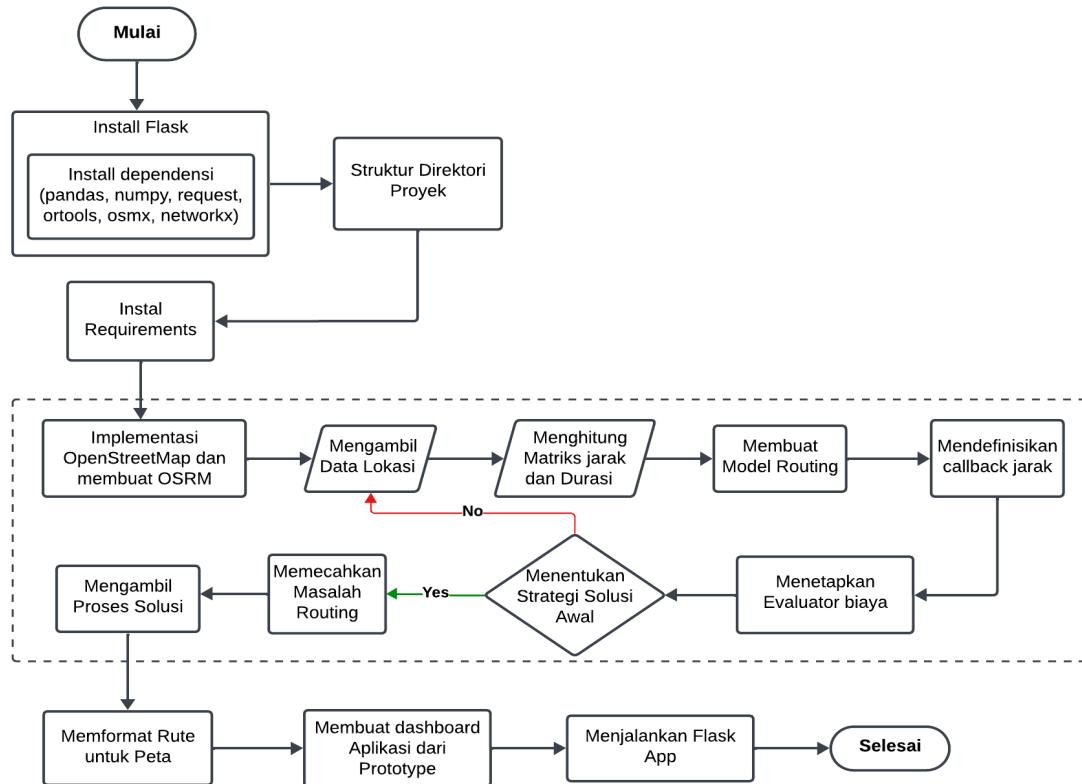
Berikut merupakan analisis penelitian yang mendasari optimasi masalah *routing* kendaraan menggunakan *OpenStreetMap* (OSM) dan Google *OR-Tools*. Berikut merupakan perancangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini:

5.1.1 Prasyarat

Untuk mengimplementasikan sistem optimasi *routing* kendaraan menggunakan *OpenStreetMap* (OSM) dan Google *OR-Tools*, diperlukan beberapa prasyarat sebagai berikut :

1. Perangkat Keras
 - a) Komputer atau *server* dengan spesifikasi minimum *prosesor dual-core*, RAM 4GB, dan penyimpanan 100GB.
 - b) Koneksi internet yang stabil untuk mengakses *OpenStreetMap* dan melakukan instalasi paket.
2. Perangkat Lunak
 - a) Sistem operasi Windows, macOS, atau Linux.
 - b) *Python* versi 3.6 atau lebih baru.
 - c) Editor kode atau *Integrated Development Environment* (IDE) seperti *VS Code*, *PyCharm*, atau *Jupyter Notebook*.
 - d) Perpustakaan dan alat yang dibutuhkan adalah *flask* untuk pengembangan aplikasi *web*, *OR-Tools* untuk optimasi rute, *OpenStreetMap* untuk visual map, mengambil data jarak dan waktu perjalanan, *Pandas* dan *NumPy* untuk pengolahan data, dan *Matplotlib* atau alat visualisasi lainnya jika diperlukan.
 - e) Pustaka *osmnx* versi 1.1.2, *request* untuk debugging
3. Perangkat Lunak
 - a) Akun untuk mengakses *OpenStreetMap*.
 - b) Figma untuk *prototype*

3.2. Merancang Sistem yang dibangun



Gambar 4.1 Perancangan Sistem yang dibangun

Berikut di bawah ini adalah langkah-langkah untuk mengatur dan merancang sistem.

3.2.1. *Install Flask*

Untuk membuat *project* menggunakan *flask*, terlebih dahulu ketik *prompt* instalasi pada *command prompt* seperti di bawah ini.

```
$ pip install flask
```

1. *Dependencies*

```
$ pip install numpy pandas requests ortools osmnx
```

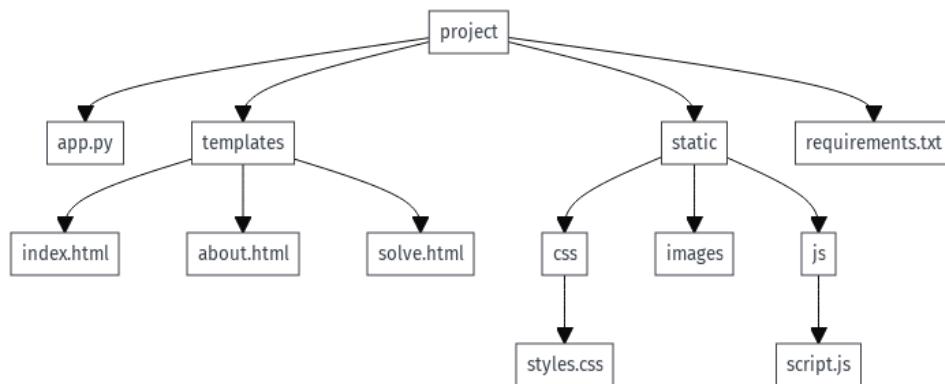
Dependensi ini diperlukan untuk menjalankan aplikasi yang mengoptimalkan masalah Vehicle Routing Problem (VRP) menggunakan Google *OR-Tools* dan *OpenStreetMap*.

2. *Requirements*

```
$ pip install pandas numpy requests ortools osmnx networkx.
```

3.2.2. Struktur Direktori Proyek

Dalam proses implementasi sistem, memiliki struktur direktori yang terorganisir sangat penting untuk memudahkan pengembangan, pemeliharaan, dan pengujian aplikasi. Berikut ini adalah struktur direktori dari proyek yang telah dibuat:



Gambar 3.4 Struktur Direktori Proyek

Penjelasan dari struktur direktori tersebut dijabarkan pada tahapan-tahapan di bawah sebagai berikut:

1. *app.py* : File utama aplikasi *Flask* yang berisi logika backend dari aplikasi.
2. *templates/* : Direktori yang berisi file HTML untuk tampilan antarmuka pengguna.
 - a) *index.html* : Halaman utama aplikasi.
 - b) *about.html* : Halaman tentang yang berisi abstrak laporan, biodata penulis, dan pembimbing.
 - c) *solve.html* : Halaman untuk menginput data lokasi dan permintaan serta menampilkan hasil optimasi rute.
3. *static/*: Direktori yang berisi file statis seperti CSS, gambar, dan JavaScript.
 - a) *css/* : Sub-direktori yang berisi file CSS untuk *styling* halaman *web*.
 - b) *styles.css* : File CSS utama untuk *styling* halaman *web*.
 - c) *images/* : Sub-direktori yang berisi gambar-gambar yang digunakan dalam aplikasi..
 - d) *js/* : Sub-direktori yang berisi *file JavaScript* untuk fungsi-fungsi interaktif di halaman *web*.

- e) *script.js* : File *JavaScript* utama untuk logika interaktif di halaman *web*.
- 4. *requirements.txt* : File yang berisi daftar dependensi *Python* yang diperlukan oleh aplikasi.

Diagram ini memberikan gambaran yang jelas mengenai struktur direktori dan file-file yang ada di dalam proyek, sehingga memudahkan pembaca untuk memahami organisasi dan pembagian tugas dari setiap komponen dalam aplikasi.

3.2.3. *OpenStreetMap* (OSM)

1. Pengumpulan Data Lokasi:

- Data lokasi pengiriman diambil dari OSM untuk memastikan keakuratan dan detail yang diperlukan.
- Lokasi-lokasi ini kemudian digunakan untuk membangun matriks jarak dan durasi.

2. Konversi Data Lokasi:

- Lokasi-lokasi yang dikumpulkan diubah menjadi koordinat (latitude dan longitude) yang akan digunakan dalam perhitungan jarak dan waktu tempuh.

3.2.4. Membuat OSRM

1. **Pengiriman Permintaan ke OSRM:** Koordinat lokasi yang dikumpulkan dari OSM dikirim ke OSRM melalui permintaan HTTP untuk menghitung jarak dan durasi antara semua pasangan lokasi.
2. **Pengambilan Data Jarak dan Durasi:** OSRM merespons dengan data jarak dan durasi dalam bentuk matriks, yang kemudian diubah menjadi array NumPy untuk digunakan dalam perhitungan optimasi.

3. Format Permintaan OSRM:

```
osrm_url = 'http://router.project-
osrm.org/table/v1/driving/'
coordinates = ';' .join([f'{lon},{lat}' for lat, lon in
locations])
osrm_request =
f'{osrm_url}{coordinates}?annotations=distance,duration'

response = requests.get(osrm_request)
if response.status_code != 200:
```

```

        print("OSRM request failed with status code:",
response.status_code) # Debugging line
        return jsonify({'error': 'OSRM request failed'}), 500

osrm_data = response.json()
distance_matrix = osrm_data['distances']
duration_matrix = osrm_data['durations']

return np.array(distance_matrix),
np.array(duration_matrix)

```

4. **Penggunaan Data OSRM dalam Optimasi:** Matriks jarak dan durasi yang diperoleh dari OSRM digunakan sebagai input untuk model optimasi rute kendaraan yang dibangun menggunakan Google *OR-Tools*.

3.3. Perancangan OSM dan OSRM

3.3.1 Fungsi *compute_distance_matrix_osrm*

Fungsi ini bertanggung jawab untuk mengirim permintaan ke OSRM dan mendapatkan matriks jarak dan durasi antara lokasi-lokasi yang dikumpulkan dari OSM.

```

def compute_distance_matrix_osrm(locations):
    osrm_url = 'http://router.project-
osrm.org/table/v1/driving/'
    coordinates = ';' .join([f'{lon},{lat}' for lat,
lon in locations])
    osrm_request =
f'{osrm_url}{coordinates}?annotations=distance,duration'

    response = requests.get(osrm_request)
    if response.status_code != 200:
        print("OSRM request failed with status code:",
response.status_code) # Debugging line
        return jsonify({'error': 'OSRM request
failed'}), 500

    osrm_data = response.json()
    distance_matrix = osrm_data['distances']
    duration_matrix = osrm_data['durations']

```

```

        return np.array(distance_matrix),
        np.array(duration_matrix)
    
```

3.3.2 Fungsi *get_osrm_route*

Fungsi ini digunakan untuk mendapatkan rute teroptimasi dari OSRM berdasarkan lokasi-lokasi yang diberikan.

```

def get_osrm_route(locations):
    # OSRM request for route
    osrm_url = 'http://router.project-
osrm.org/route/v1/driving/'
    coordinates = ';' .join([f'{lon},{lat}' for lat,
    lon in locations])
    osrm_request =
f'{osrm_url}{coordinates}?overview=full&geometries=geo
json'

    response = requests.get(osrm_request)
    if response.status_code != 200:
        print("OSRM request failed with status code:", response.status_code) # Debugging line
        return jsonify({'error': 'OSRM request
failed'}), 500

    osrm_data = response.json()
    route =
    osrm_data['routes'][0]['geometry']['coordinates']
    formatted_route = [[lat, lon] for lon, lat in
    route] # Swap coordinates for Leaflet
    return formatted_route
    
```

Dengan menggunakan OSM dan OSRM, penelitian ini dapat menyediakan data geografis yang akurat dan perencanaan rute yang cepat dan efisien. Kombinasi ini memastikan bahwa algoritma optimasi rute kendaraan dapat bekerja dengan data yang akurat dan up-to-date, serta menghasilkan rute yang efisien dalam hal jarak tempuh dan waktu perjalanan.

3.4. Perancangan *Google OR-Tools*

Google OR-Tools bekerja dengan menyediakan berbagai alat dan algoritma untuk menyelesaikan masalah optimasi, termasuk *Vehicle Routing Problem* (VRP). Berikut adalah cara kerja *Google OR-Tools* secara umum dalam konteks VRP.

3.4.1. Menginstal *Google OR-Tools*

Pertama, instal *Google OR-Tools* dengan menjalankan perintah seperti dibawah ini.

```
pip install ortools
```

3.4.2. Mengambil Data Lokasi

Data lokasi dikumpulkan dan disimpan dalam bentuk DataFrame :

```
# Mengambil Data Lokasi
locations = data['locations']
df      = pd.DataFrame(locations,      columns=['latitude',
'longitude'])
print("DataFrame:", df) # Debugging line
```

3.4.3. Menghitung Matriks jarak dan Durasi

Menggunakan fungsi compute_distance_matrix_osrm untuk menghitung jarak dan durasi antara lokasi-lokasi tersebut:

```
# Menghitung Matriks Jarak dan Durasi
distance_matrix, time_matrix =
compute_distance_matrix_osrm(locations)
```

Mengambil Data Lokasi: Data lokasi dikumpulkan dari input JSON dan disimpan dalam bentuk DataFrame menggunakan pandas, dengan kolom 'latitude' dan 'longitude'. **Menghitung Matriks Jarak dan Durasi:** Fungsi compute_distance_matrix_osrm digunakan untuk menghitung matriks jarak dan durasi antara lokasi-lokasi yang telah dikumpulkan .

3.4.4. Membuat Model *Routing*

Routing Model adalah inti dari *OR-Tools* untuk menyelesaikan VRP. Model ini memungkinkan untuk mendefinisikan dan memecahkan masalah rute.

```
# Membuat Routing Index Manager
manager          = pywrapcp.Routing          Index
Manager(len(distance_matrix), vehicle_count, depot)
# Membuat Model Routing
routing = pywrapcp.RoutingModel(manager)
```

Kode tersebut membuat manajer indeks rute untuk mengelola node dan model *routing* menggunakan Google *OR-Tools* untuk menyelesaikan masalah optimasi rute kendaraan.

3.4.5. Mendefinisikan *Callback* Jarak

Callback digunakan untuk menyediakan data yang dinamis, Mendefinisikan *callback* untuk menghitung jarak antara node-node.

1. *Callback* Jarak

```
# Definisi Callback Jarak
def distance_callback(from_index, to_index):
    """Mengembalikan jarak antara dua node."""
    from_node = manager.IndexToNode(from_index)
    to_node = manager.IndexToNode(to_index)
    return distance_matrix[from_node][to_node]
# Mendaftarkan callback jarak ke dalam model routing
transit_callback_index = routing.RegisterTransitCallback(distance_callback)
```

3.4.6. Menetapkan Evaluator Biaya

Mengatur evaluator biaya untuk semua kendaraan dengan menggunakan *callback* jarak yang telah didefinisikan.

```
# Menetapkan evaluator biaya untuk semua kendaraan
# menggunakan callback jarak
routing.SetArcCostEvaluatorOfAllVehicles(transit_callback_index)
```

3.4.7. Menentukan Strategi Solusi Awal

Mengatur parameter pencarian untuk menggunakan strategi solusi awal. Salah satu strategi yang umum digunakan adalah PATH_CHEAPEST_ARC.

```
search_parameters= pywrapcp.DefaultRoutingSearchParameters()
search_parameters.first_solution_strategy = (
    routing_enums_pb2.FirstSolutionStrategy.PATH_CHEAPEST_ARC)
```

3.4.8. Memecahkan Masalah *Routing*

Menyelesaikan masalah *routing* menggunakan parameter pencarian yang telah ditentukan menggunakan fungsi *Solve With Parameters*.

```
solution = routing.SolveWithParameters(search_parameters)
```

3.4.9. Mengambil Solusi

Setelah solusi ditemukan, rute dan detail lainnya dapat diambil dari solusi tersebut.

```
routes, route_details, total_distance, total_duration,
total_fuel_consumption = get_routes_and_details
(manager, routing, solution, vehicle_count,
distance_matrix, time_matrix, vehicle_type)
```

OR-Tools membantu dalam menyelesaikan masalah optimasi rute kendaraan dengan mempertimbangkan berbagai kendala seperti kapasitas kendaraan dan jendela waktu. Pendekatan ini memastikan solusi yang dihasilkan efisien dan valid dalam konteks operasi logistik. Dengan mengimplementasikan fungsi-fungsi ini dalam aplikasi *Flask*, pengguna dapat memasukkan data lokasi dan permintaan, dan kemudian melihat hasil optimasi rute kendaraan dengan informasi lengkap tentang urutan rute, durasi total, dan konsumsi bahan bakar.

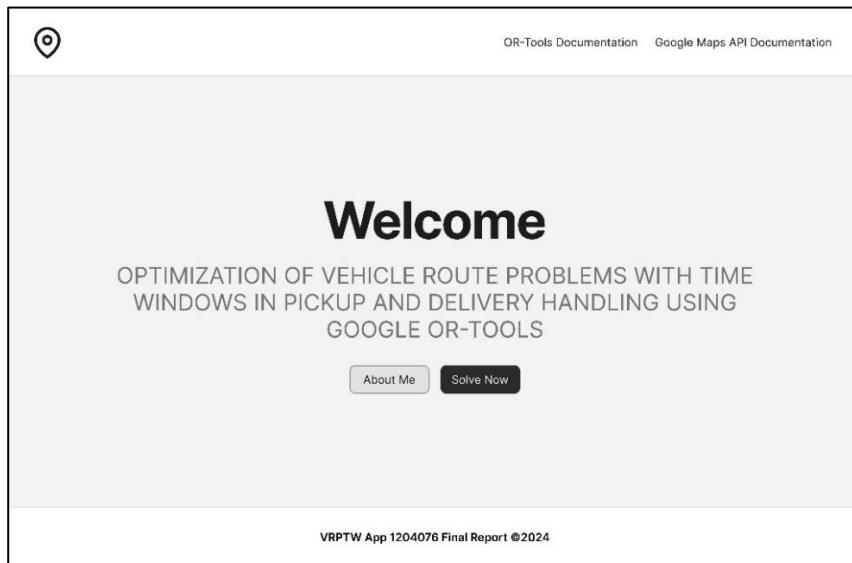
3.4.10. Memformat Rute untuk Peta

Menggunakan OSRM untuk memformat rute yang dioptimalkan agar dapat ditampilkan pada peta.

```
# Memformat rute untuk peta formatted_route =
get_osrm_route(locations) print("Formatted route:",
formatted_route) # Debugging line
```

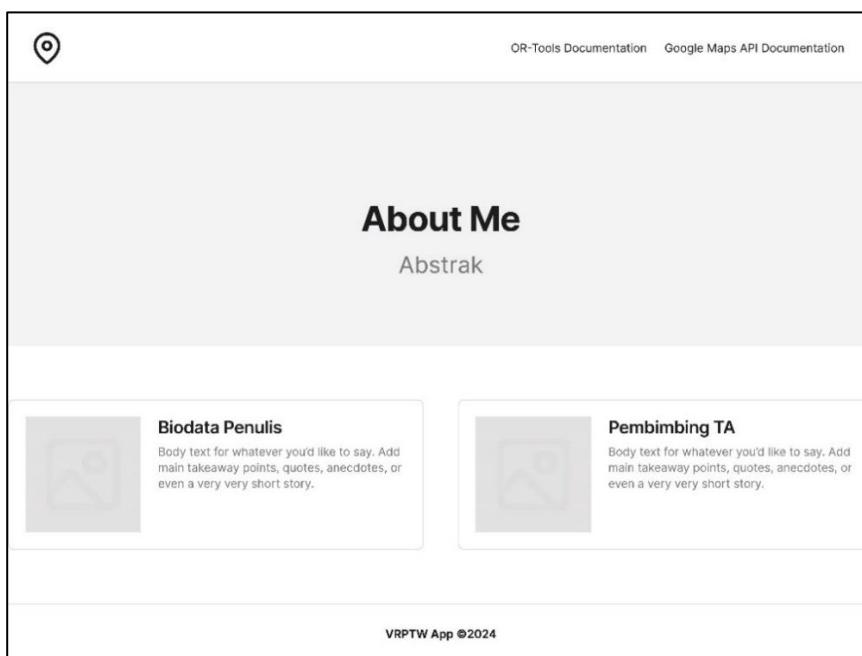
3.5. Membuat *Prototype* Antar muka

Merancang tampilan antarmuka secara *prototype*/Gambaran pengguna untuk aplikasi menggunakan figma.



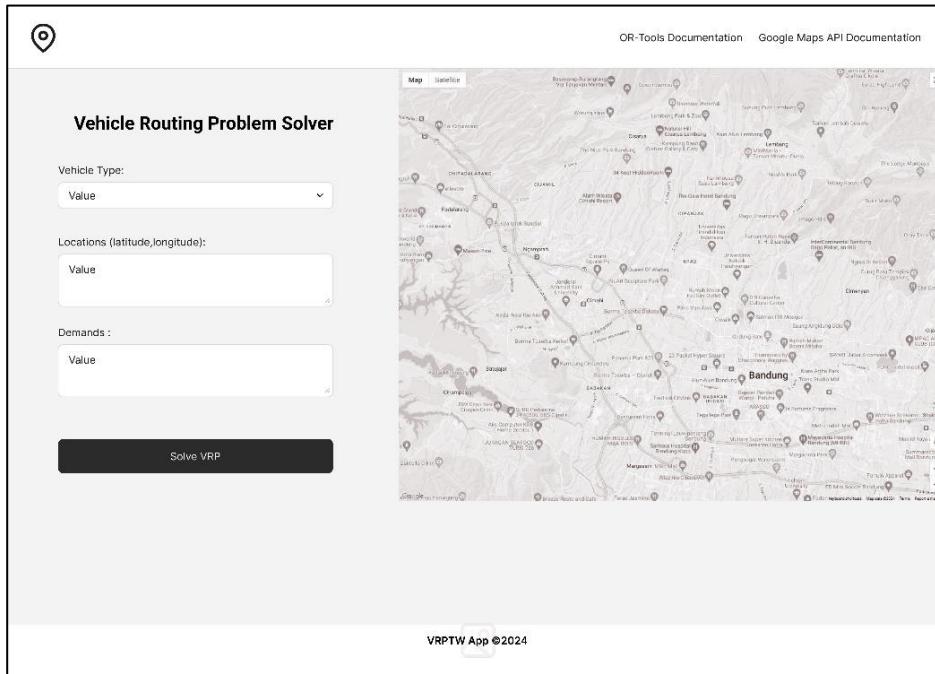
Gambar 4.2 *Prototype* Halaman awal

Gambar 4.2 menunjukkan *prototype* halaman utama aplikasi. Prototipe ini akan diimplementasikan pada aplikasi *web* dengan menggunakan *Flask* sebagai *framework back-end*.



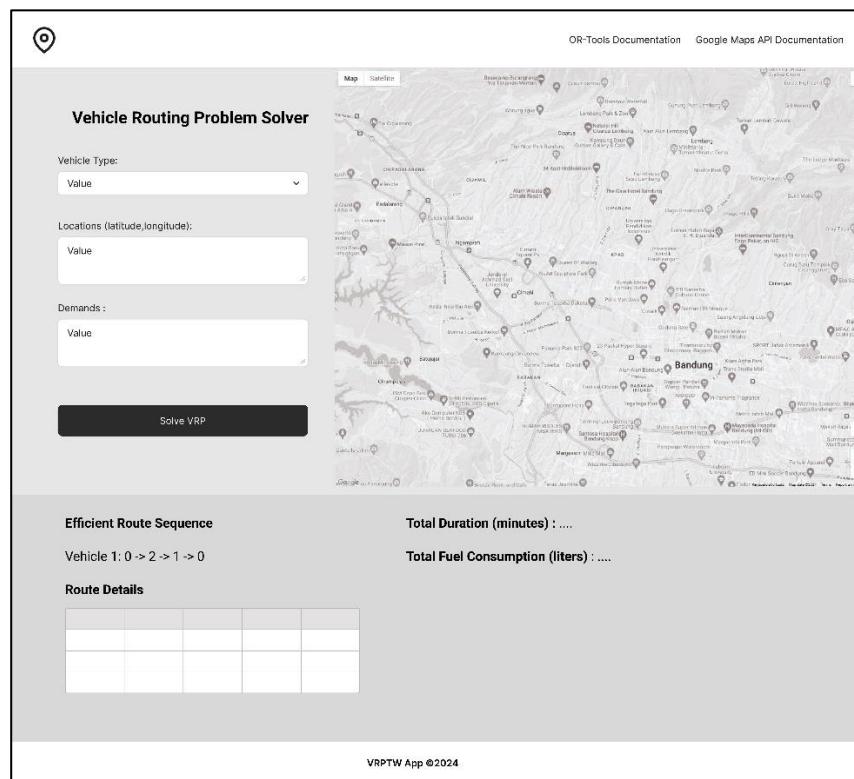
Gambar 4.3 *Prototype* Halaman tentang aplikasi

Gambar 4.3 menampilkan *prototype* halaman "*About Me*" dari aplikasi yang dirancang menggunakan Figma. Halaman ini bertujuan untuk memberikan informasi lebih detail mengenai pembuat aplikasi serta ringkasan proyek.



Gambar 4.4 *Prototype Halaman Solver*

Gambar 4.4 menampilkan *prototype* halaman "Solve Now" dari aplikasi yang dirancang menggunakan Figma. Halaman ini adalah fitur utama aplikasi yang memungkinkan pengguna untuk memulai optimasi rute kendaraan.



Gambar 4.5 *Prototype Halaman output* optimasi menyelesaikan vrp

Gambar 4.5 menunjukkan *prototype* halaman hasil dari aplikasi yang dirancang. Halaman ini menampilkan hasil optimasi rute setelah pengguna menekan tombol "Solve VRP" dan fungsi optimasi *Google OR-Tools* bekerja.

3.6. Menjalankan *flask-app*

Untuk menjalankan *flask-app* buka *command prompt/shell git bash*, jalankan kode berikut.

```
$ python app.py
```

Buka *browser* dan kunjungi <http://127.0.0.1:5000>. Klik tombol "Solve VRP" untuk memulai optimasi rute. Ketika aplikasi *Flask* dijalankan dengan `app.py`, halaman utama yang ditampilkan akan diambil dari file `index.html`. File ini akan mengandung struktur HTML yang sesuai dengan desain *prototype* yang dibuat di Figma. Implementasi ini memungkinkan pengguna untuk mengakses dan menggunakan fitur aplikasi dengan antarmuka yang intuitif dan *user-friendly*.

BAB V

IMPLEMENTASI DAN EVALUASI

5.1 Implementasi

Pada bab ini dijelaskan bagaimana aplikasi yang dikembangkan diimplementasikan dan diuji. Aplikasi ini menggunakan *OpenStreetMap* (OSM) dan *Open Source Routing Machine* (OSRM) untuk mengoptimalkan rute kendaraan, serta Google *OR-Tools* untuk menyelesaikan masalah optimasi rute.

5.1.1 Mengimpor Library

```
from flask import Flask, request, render_template, jsonify
import pandas as pd
import numpy as np
import requests
from ortools.constraint_solver import pywrapcp,
routing_enums_pb2
import osmnx as ox
import networkx as nx
```

Pada bagian ini, kita mengimpor library yang diperlukan untuk mengembangkan aplikasi, termasuk Flask untuk membangun web API, Pandas dan NumPy untuk pengolahan data, Requests untuk mengakses OSRM, *OR-Tools* untuk optimasi rute, serta OSMnx dan NetworkX untuk manajemen data geografis dari *OpenStreetMap*.

5.1.2 Inisialisasi Aplikasi *Flask*

```
app = Flask(__name__)
@app.route('/')
def index():
    return render_template('index.html')
@app.route('/about')
def about():
    return render_template('about.html')
@app.route('/solve', methods=['GET', 'POST'])
def solve_page():
```

Pada bagian ini, aplikasi Flask diinisialisasi dengan `app = Flask(__name__)`, dan beberapa rute dasar ditetapkan: `index` untuk halaman utama, `about` untuk halaman informasi, dan `solve_page` untuk halaman yang menangani permintaan optimasi rute dengan metode `GET` dan `POST`.

5.1.3 Rute untuk Menyelesaikan VRP

```
@app.route('/solve', methods=['GET', 'POST'])

def solve_page():

    if request.method == 'GET':
        return render_template('solve.html')

    elif request.method == 'POST':
        if request.headers['Content-Type'] != 'application/json':
            return jsonify({'error': 'Content-Type must be application/json'}), 415

        data = request.get_json()
        print("Received data:", data) # Debugging line
        locations = data['locations']
        demands = data['demands']
        vehicle_count = 1
        vehicle_type = float(data['vehicle_type'])
        depot = 0 # Starting point index
        ...
    ...
```

Rute ini menerima data dalam format JSON melalui metode POST, termasuk lokasi, permintaan, jumlah kendaraan, *time windows*, dan tipe kendaraan. Data lokasi dikonversi menjadi *DataFrame* untuk perhitungan jarak dan waktu menggunakan *OSRM*. Berdasarkan tipe kendaraan, parameter *avoid* disesuaikan agar motor menghindari jalan tol.

5.1.4 Fungsi untuk Mendapatkan Rute dan *Detail*

```
def get_routes_and_details(manager, routing, solution,
vehicle_count, distance_matrix, time_matrix, vehicle_type):
    routes = []
    route_details = []
```

```

total_distance = 0
total_duration = 0
total_fuel_consumption = 0
for vehicle_id in range(vehicle_count):
    index = routing.Start(vehicle_id)
    route = []
    while not routing.IsEnd(index):
        route.append(manager.IndexToNode(index))
        index = solution.Value(routing.NextVar(index))
    route.append(manager.IndexToNode(index))
    # Ensure the vehicle returns to the depot
    if route[-1] != route[0]:
        route.append(manager.IndexToNode(routing.Start(vehicle_id)))
    if len(route) > 1:
        routes.append(route)
    ...
return routes, route_details, total_distance,
total_duration, total_fuel_consumption

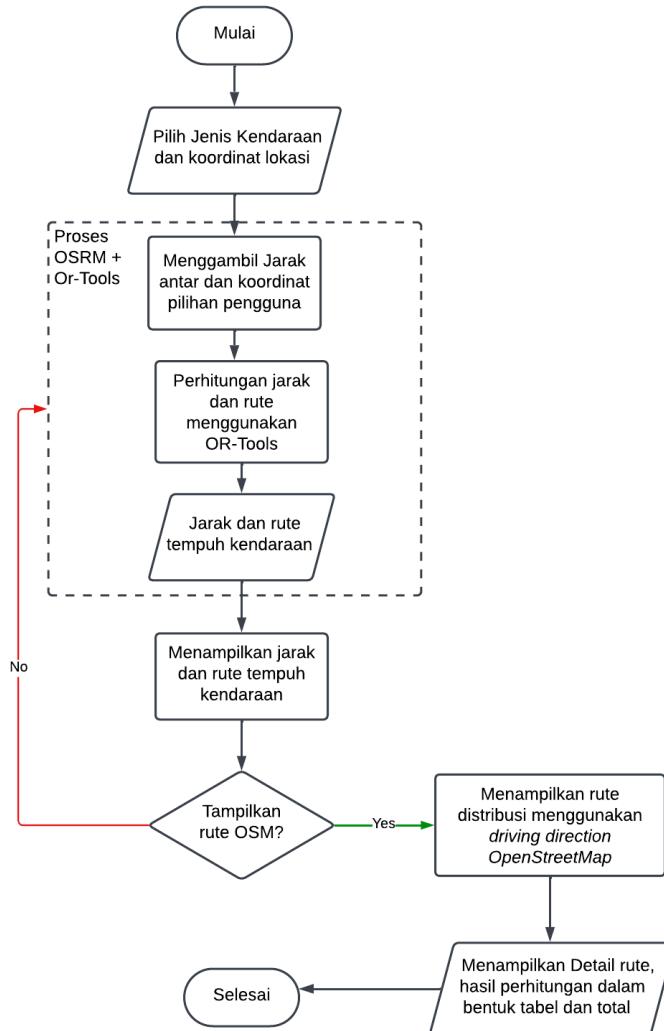
```

Fungsi ini mengumpulkan rute dan detail rute dari solusi yang dihasilkan oleh *Solver OR-Tools*. Rute yang dihasilkan mencakup perjalanan kembali ke depot, dan detail rute mencakup jarak, durasi, dan konsumsi bahan bakar. Di bawah ini pada gambar 5.1 merupakan tampilan dari implementasi code *route details* diatas.

Tabel 5. 1 Contoh Tabel Detail Rute

<i>From</i>	<i>To</i>	<i>Distance (Km)</i>	<i>Duration (Minutes)</i>	<i>Fuel Consumption (Liters)</i>
A	E	34.63	35.13 minute(s)	2.57
E	D	5.90	6.42 minute(s)	0.44
D	C	17.60	18.16 minute(s)	1.30
C	B	9.78	10.08 minute(s)	0.72
B	A	21.22	20.57 minute(s)	1.57

5.1.5 Menjalankan Aplikasi



Gambar 5.1 Flowchart Sistem berjalan

Pada gambar 5.2 Sistem aplikasi dimulai dengan pengguna memilih jenis kendaraan dan lokasi distribusi. Setelah itu, sistem akan masuk ke dalam proses *Google OR-Tools*, di mana pertama-tama sistem akan mengambil jarak antar kota yang dipilih oleh pengguna. Selanjutnya, dilakukan perhitungan jarak dan rute menggunakan *OR-Tools*. Hasil dari proses ini adalah jarak dan rute tempuh kendaraan. Setelah mendapatkan jarak dan rute tempuh kendaraan, sistem akan menampilkan informasi ini kepada pengguna. Pengguna kemudian akan diberikan opsi untuk menampilkan rute di *OpenStreetMap*. Jika pengguna memilih untuk menampilkan rute di *VRP Solve*, sistem akan menampilkan rute distribusi menggunakan driving direction dari *OSRM* dan juga menampilkan hasil

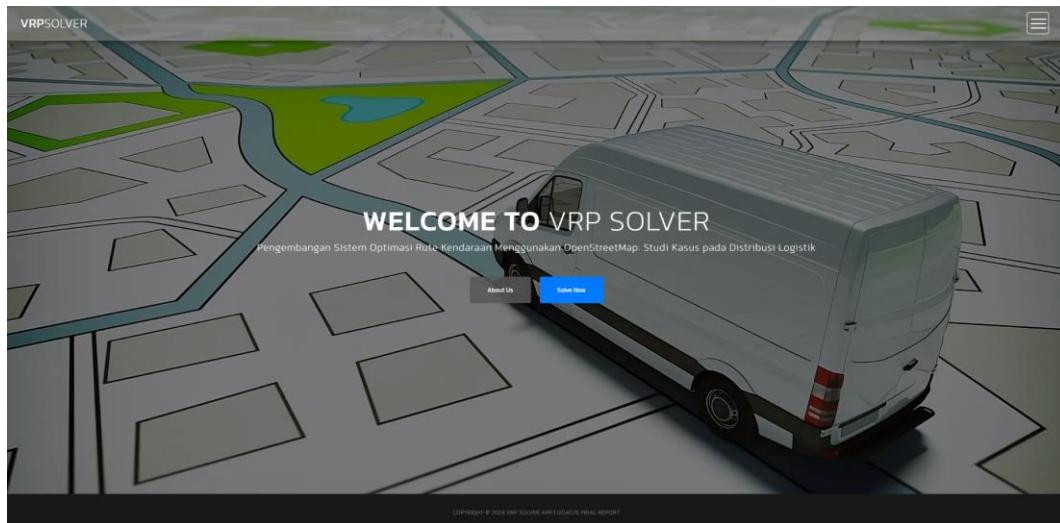
perhitungan dalam bentuk tabel dan total keseluruhan. Jika pengguna memilih untuk tidak menampilkan rute di *VRP Solver*, proses akan langsung selesai.

```
if __name__ == '__main__':
    app.run(debug=True)
```

Kode ini menjalankan aplikasi *Flask* dalam mode *debug*. Untuk menjalankan *flask-app* buka *command prompt/shell git bash*, jalankan kode berikut.

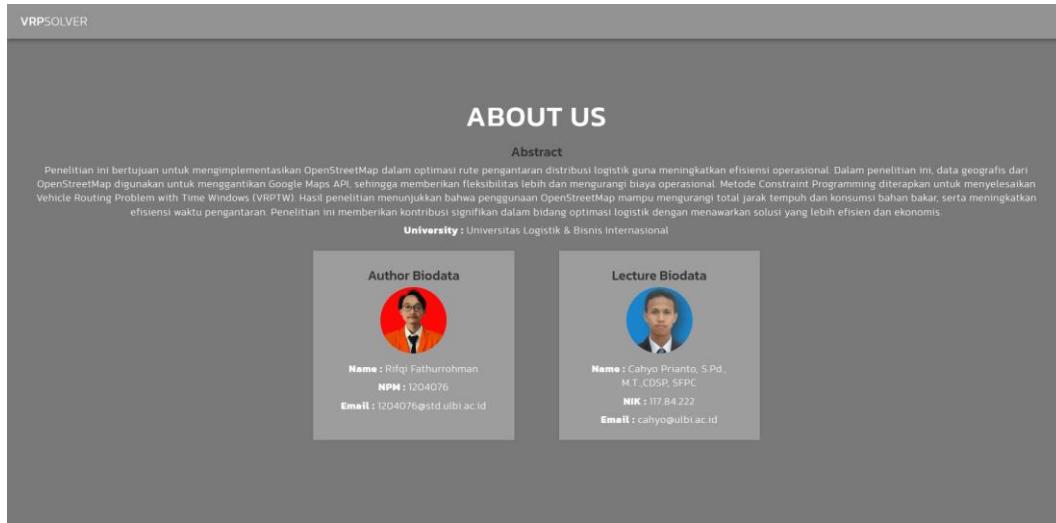
```
$ python app.py
```

Setelah itu, akan muncul link dan kunjungi <http://127.0.0.1:5000> untuk membuka aplikasi.



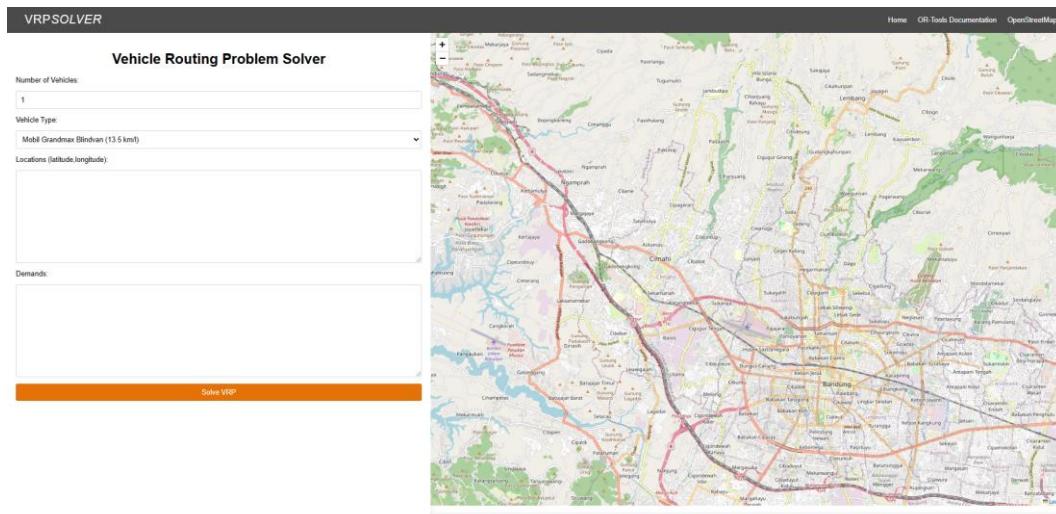
Gambar 5.2 Halaman utama aplikasi

Ketika aplikasi *Flask* dijalankan dengan *app.py*, halaman utama seperti gambar 5.2 yang ditampilkan akan diambil dari *file index.html*. *File* ini akan mengandung struktur HTML yang sesuai dengan desain *prototype* yang dibuat di Figma. Implementasi ini memungkinkan pengguna untuk mengakses dan menggunakan fitur aplikasi dengan antarmuka yang intuitif dan *user-friendly*.



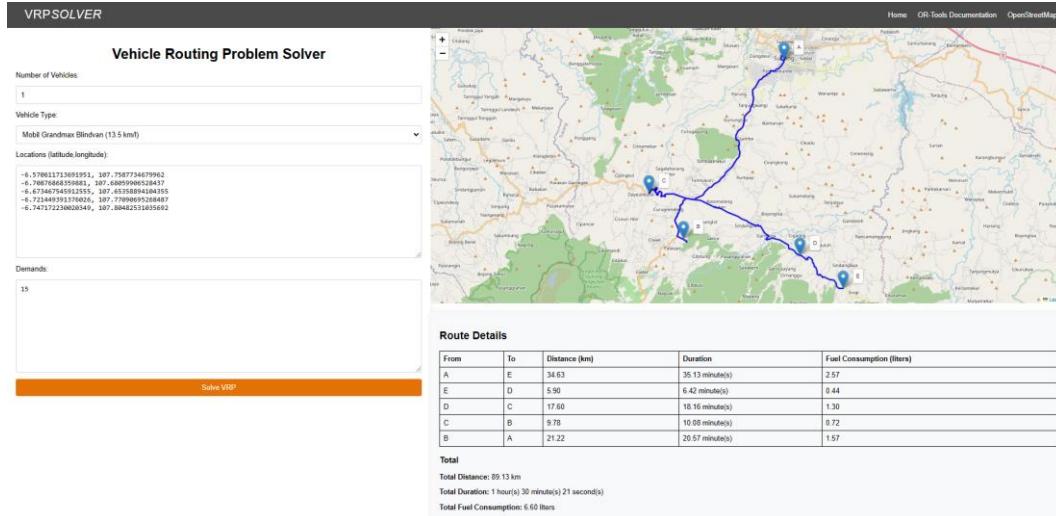
Gambar 5.3 Halaman tentang aplikasi

Ketika aplikasi *Flask* dijalankan dengan app.py, halaman "About Me" akan ditampilkan dari file about.html. File ini akan berisi struktur HTML yang mencerminkan desain *prototype* yang dibuat di Figma. Implementasi ini memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi tentang penulis aplikasi dan abstrak proyek dengan antarmuka yang bersih dan informatif.



Gambar 5.4 Tampilan UI sebelum *vRP solver* dijalankan

Ketika aplikasi *Flask* dijalankan dengan app.py, halaman "**Solve Now**" akan ditampilkan dari file solve.html. File ini akan berisi struktur HTML yang sesuai dengan desain *prototype*. Implementasi ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan data yang diperlukan dan memulai proses optimasi rute kendaraan dengan bantuan *OSM*.



Gambar 5.5 Tampilan UI setelah *vRP solver* dijalankan

5.2 Pengujian dan Evaluasi

Dalam sub-bab ini dijabarkan pengujian dan evaluasi untuk melihat performa dan hasil dari eksperimen.

5.2.1 Pengujian Sistem

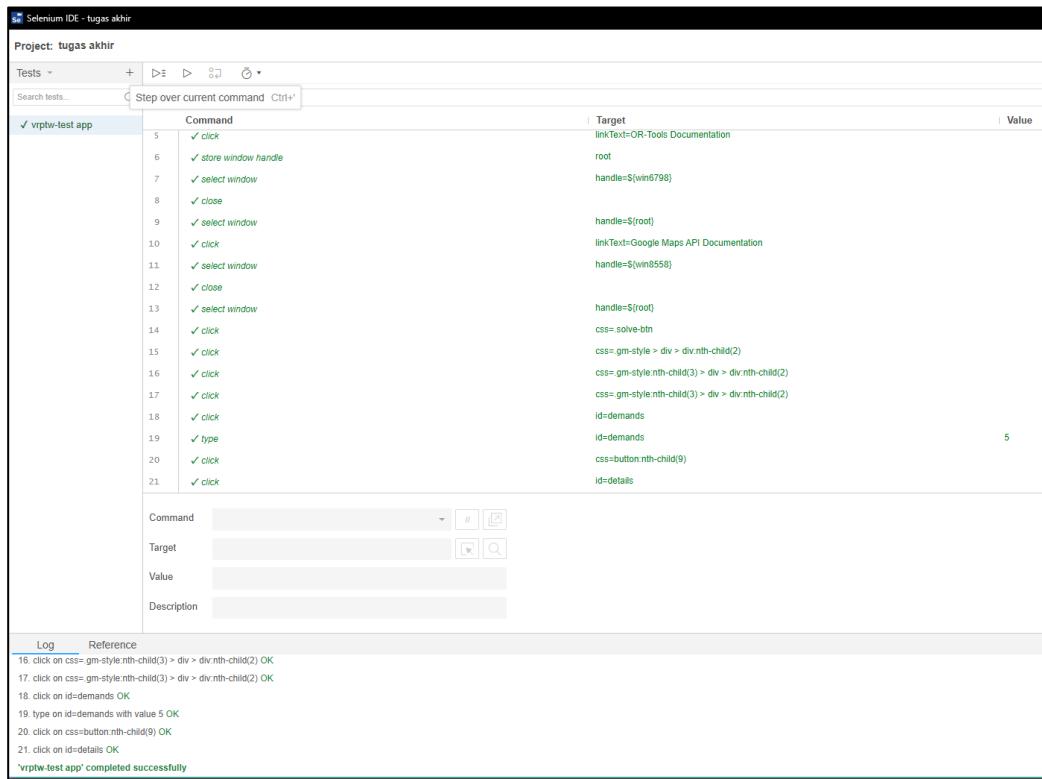
Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja dan efektivitas solusi yang dihasilkan. Pengujian ini melibatkan penggunaan dataset yang telah ditentukan dan pengukuran total jarak tempuh, waktu perjalanan, dan efisiensi operasional. Hasil pengujian dievaluasi untuk menentukan keberhasilan implementasi algoritma optimasi dan sistem yang dikembangkan:

1. Menjalankan tes

```
$ pytest
```

2. Evaluasi Hasil Pengujian pada gambar 5.6:

- a) Verifikasi bahwa semua *constraint* terpenuhi.
- b) Pastikan bahwa solusi yang dihasilkan mengoptimalkan jarak tempuh dan mematuhi batasan kapasitas dan jendela waktu.



Gambar 5.6 Pengujian menggunakan Seleniumn IDE

Efisiensi sistem juga dievaluasi berdasarkan waktu perjalanan dan kepatuhan terhadap batasan yang ada, seperti kapasitas kendaraan dan jendela waktu pelanggan. Hasil pengujian menggunakan Selenium IDE ditampilkan pada Gambar 5.6, yang menunjukkan bahwa semua batasan terpenuhi dan solusi yang dihasilkan mematuhi semua batasan yang ada.

5.3 Evaluasi

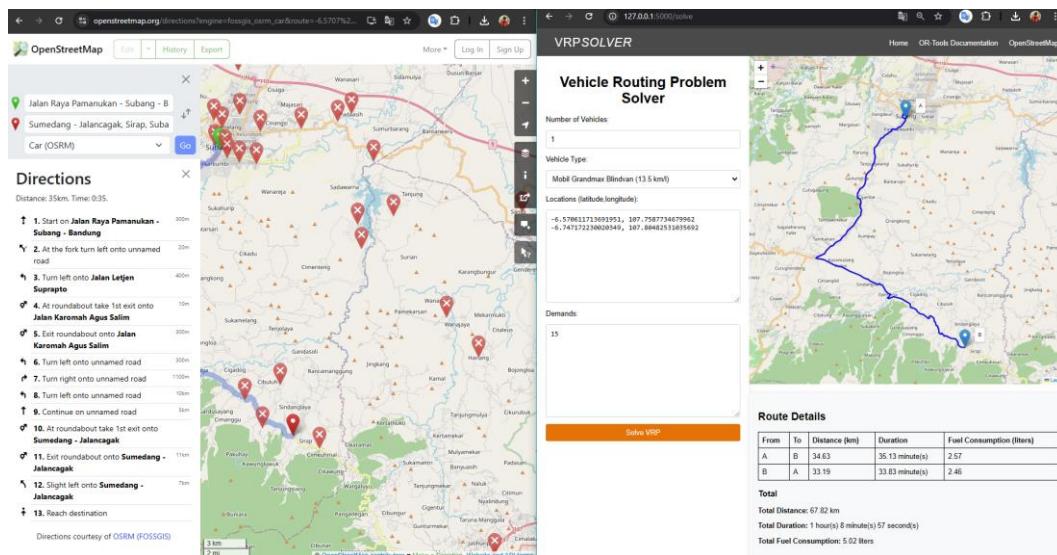
Evaluasi dilakukan untuk menilai performa sistem yang telah dikembangkan dengan membandingkan hasil optimasi dengan data aktual. Evaluasi mencakup beberapa aspek penting seperti jarak tempuh, penggunaan bahan bakar, dan kesenjangan optimal antara hasil sistem dan data aktual. Berikut adalah langkah-langkah dan hasil evaluasi:

5.3.1 Dataset Pos untuk Evaluasi

Tabel 5.2 Data Lokasi pos evaluasi

No	Titik	Pos	Longitude, Langitude
Rute 1	A	Kantor Pos Kota Subang Jl. Jend. Achmad Yani No.36, Karanganyar, Kec. Subang, Kabupaten Subang, Jawa Barat 41211	-6.570611713691951, 107.7587734679962
	B	Kantorpos Jalan Cagak Sarireja, Kec. Jalancagak, Kabupaten Subang, Jawa Barat 41281	-6.70876868359881, 107.68059906528437
	C	Kantor Pos Sagalaherang Jl. Sagala Herang Subang, Sagalaherang, Kec. Sagalaherang, Kabupaten Subang, Jawa Barat 41282	-6.673467545912555, 107.65358894104355
	D	Kantor Pos Cisalak ,Gardusayang, Kec. Cisalak, Kabupaten Subang, Jawa Barat 41283	-6.721449391376026, 107.77090695268487
	E	Kantorpos Tanjung Siang Jl. Raya Tanjungsiang, Tanjungsiang, Kawungluwuk, Subang, Kabupaten Subang, Jawa Barat 41284	-6.747172230020349, 107.80482531035692

Dataset lokasi pos evaluasi ini digunakan untuk mengoptimalkan jalur pengiriman pada PT POS INDONESIA (Persero), Kantor Cabang Subang 41200.



Gambar 5.7 Perbandingan *OpenStreetMap* dan implementasi aplikasi

Pada gambar 5.7 bagian kiri memperlihatkan rute pengiriman yang direncanakan melalui *OpenStreetMap.org* (www.OpenStreetMap.org/directions),

sedangkan gambar di sebelah kanan menampilkan aplikasi yang diimplementasikan untuk menguji efisiensi pengiriman. Aplikasi ini terdapat kelebihan dimana dapat digunakan untuk menghitung dan membandingkan parameter seperti jarak, waktu tempuh, dan konsumsi bahan bakar.

Dengan perbedaan pada aplikasi *vRP solver* terdapat lebih dari 2 lokasi dapat di uji tetapi tidak dengan web *OpenStreetMap* hanya dapat membuat rute 2 lokasi tidak bisa lebih. Dengan tujuan menemukan rute pengiriman yang paling efisien dengan *OpenStreetMap* tanpa menggunakan API berbayar untuk meningkatkan kualitas layanan pengiriman, dan mengurangi biaya operasional PT.Pos Indonesia khususnya di wilayah Subang.

Selain itu, kelebihan pada aplikasi *vRP solver* ini terdapat membuat otomatis jalur kembali seperti layaknya pada implementasinya ketika semua titik sudah diantar oleh kendaraan maka kendaraan itu akan kembali ke depot/titik awal dan otomatis membuat hasil perhitungan dibawah peta yang berisikan detail rute, jarak, waktu, dan konsumsi bahan bakar. Sekaligus total dari setiap jarak, waktu, dan konsumsi bahan bakar dalam sekali jalan.

5.3.2 Perbandingan Jarak dan waktu Tempuh

Evaluasi ini membandingkan total jarak tempuh yang dihasilkan oleh sistem dengan jarak tempuh aktual yang dicatat dari operasi lapangan. Berikut adalah tabel perbandingan jarak tempuh:

Tabel 5.3 Evaluasi Perbandingan Jarak dan waktu

<i>From</i>	<i>To</i>	<i>Distance Before</i> (km)	<i>Distance After</i> (km)	<i>Before Duration</i> (minutes)	<i>After Duration</i> (minutes)
A	E	35	34.63	35,1	35
E	A	33,2	33.19	34	33,8
TOTAL		68,2	67.82	69,1	68,8

Dari tabel 5.2 evaluasi di atas, dapat disimpulkan bahwa setelah optimasi, total jarak tempuh sedikit berkurang dari 68.2 km menjadi 67.82 km. Ini menunjukkan bahwa optimasi rute yang dilakukan mampu mengurangi jarak tempuh meskipun perbedaannya tidak terlalu signifikan. Kemudian, total durasi

tempuh sedikit menurun dari 69,1 menit menjadi 6,8,8 menit. Pada pengujian ini diluar dari faktor-faktor lain seperti kondisi jalan atau waktu tunggu. Pada Tabel 5.2 secara keseluruhan, hasil optimasi memberikan hasil yang lebih efisien dalam hal jarak tempuh dan waktu tempuh pada rute pengiriman pos di wilayah Subang.

5.3.3 Perbandingan Jarak dan Konsumsi bahan bakar

Penggunaan bahan bakar juga dievaluasi untuk menilai efisiensi operasional sistem. Tabel berikut menunjukkan perbandingan penggunaan bahan bakar:

Tabel 5.4 Evaluasi Perbandingan Jarak dan waktu

<i>From</i>	<i>To</i>	<i>Distance Before (km)</i>	<i>Distance After (km)</i>	<i>Before Fuel Consumption (liters)</i>	<i>After Fuel Consumption (liters)</i>
A	E	35	34,63	2,59	2.57
B	A	33,2	33,19	2.46	2.46
TOTAL		68,2	67,82	5,05	5.02

Dari tabel 5.3 evaluasi di atas, dapat disimpulkan bahwa total konsumsi bahan bakar setelah optimasi juga sedikit menurun dari 5.05 liter menjadi 5.02 liter. Ini menunjukkan adanya peningkatan efisiensi dalam penggunaan bahan bakar, walaupun perubahannya sangat kecil. Secara keseluruhan, optimasi yang dilakukan berhasil meningkatkan efisiensi operasional dalam hal jarak tempuh dan penggunaan bahan bakar, meskipun perubahan yang terjadi relatif kecil. Jika menggunakan pertalite dengan harga 10 ribu/liter, maka untuk menempuh jarak tersebut menghabiskan biaya sebesar 55 ribu rupiah sebelum optimasi dan 52 ribu rupiah setelah optimasi, menghemat sekitar 3 ribu rupiah. Hasil ini menunjukkan manfaat dari proses optimasi yang diterapkan pada sistem pengiriman.

5.4 Purpose Method

Eksperimen yang diusulkan dalam penelitian ini membawa sejumlah kelebihan dibandingkan dengan studi-studi sebelumnya yang telah ditinjau pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.5 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Hasil *Purposed Method*

Ref	Metode	Perbandingan			Aspek Penilaian		
		Optimasi	UI	Maps	Efektivitas	Variabilitas	Waktu
(Corstjens et al., 2020)	<i>Multi-level Evaluation</i>	✓	✗	✗	2	2	5
(Nasri et al., 2020)	<i>Robust Paralel</i>	✓	✗	✗	3	4	3
(Fan et al., 2022)	<i>Genetic Algorithm</i>	✓	✗	✗	4	3	4
(Nazir et al., 2024)	<i>Convex optimization</i>	✓	✗	✓	4	4	3
<i>Purposed Method</i>		✓	✓	✓	5	5	2

Berdasarkan tabel 5.5 menunjukkan perbandingan beberapa metode berdasarkan aspek penilaian penting seperti efektivitas, variabilitas, dan waktu. Terlihat bahwa metode yang diusulkan memiliki nilai efektivitas tertinggi (5 - Sangat Baik), variabilitas yang baik (4), dan membutuhkan waktu yang minimal dalam melakukan komputasi (2). Selain itu, metode ini juga menunjukkan keunggulan dalam optimasi, aspek UI (*User Interface*) dan terdapat simulasi maps dibandingkan metode lain seperti *Multi-level Evaluation*, *Robust Paralel*, *Genetic Algorithm* dan *Convex optimization*. Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa algoritma *Constraint Programming* yang diimplementasikan berhasil mengoptimalkan rute kendaraan dengan mempertimbangkan kapasitas dan *time windows*. Penggunaan *OSRM* memberikan estimasi jarak dan waktu perjalanan yang sesuai. Selain itu, aplikasi web yang dikembangkan dengan Flask memudahkan pengguna untuk memasukkan data dan mendapatkan hasil optimasi secara langsung. Visualisasi rute membantu pengguna memahami hasil optimasi dengan lebih baik. Dengan memperhitungkan konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis kendaraan, model ini memberikan efisiensi operasional yang realistik.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

9.1 Kesimpulan

Penelitian ini mengembangkan sistem optimasi rute kendaraan menggunakan *OpenStreetMap* tanpa API berbayar dan menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam menentukan rute pengiriman yang efisien. Penggunaan *OpenStreetMap* tanpa API berbayar mengurangi biaya operasional dan memberikan kontrol penuh atas data. Aplikasi yang dikembangkan mampu menghitung dan membandingkan parameter seperti jarak tempuh, waktu perjalanan, dan konsumsi bahan bakar serta dapat menguji lebih dari dua lokasi sekaligus dan otomatis teroptimasi dapat kembali ke depot/koordinat lokasi awal, yang tidak dimungkinkan oleh web *OpenStreetMap*. Dari hasil evaluasi, total jarak tempuh berkurang dari 68,2 km menjadi 67,82 km, durasi tempuh menurun dari 69,1 menit menjadi 68,8 menit, dan konsumsi bahan bakar berkurang dari 5,05 liter menjadi 5,02 liter. Hasil ini menunjukkan bahwa optimasi rute yang dilakukan mampu mengurangi jarak tempuh, durasi perjalanan, dan konsumsi bahan bakar, meskipun perbedaannya tidak signifikan.

9.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan agar sistem ini diuji pada skala lebih besar dan dengan berbagai jenis kendaraan untuk hasil yang lebih komprehensif. Integrasi dengan teknologi lain seperti *Internet of Things (IoT)* dan sistem manajemen armada dapat meningkatkan efisiensi lebih lanjut. Evaluasi rutin terhadap kinerja sistem optimasi rute sangat diperlukan untuk memastikan akurasi dan efisiensi. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan dalam optimasi logistik dan membantu perusahaan meningkatkan efisiensi operasional serta kualitas layanan pengiriman.

DAFTAR PUSTAKA

- Ancele, Y., Hà, M. H., Lersteau, C., Matellini, D. Ben, & Nguyen, T. T. (2021). Toward a more flexible VRP with pickup and delivery allowing consolidations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103077>
- Ary, M. (2022). Optimasi Vehicle Routing ProblemPada Rute Pendistribusian Menggunakan Metode Ant Colony Optimization. *Jurnal Tekni Insentif*, 16(2).
- Baty, L., Jungel, K., Klein, P. S., Parmentier, A., & Schiffer, M. (2023). *Combinatorial Optimization enriched Machine Learning to solve the Dynamic Vehicle Routing Problem with Time Windows*. <http://arxiv.org/abs/2304.00789>
- Campbell, A., Both, A., & Sun, Q. (Chayn). (2019). Detecting and mapping traffic signs from Google Street View images using deep learning and GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*, 77. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.101350>
- Cavalcante, E., Batista, T., Oliveira, M., Pereira, J., Ribeiro, V., & Oliveira, M. (2022). *A Multidimensional Approach for Logistics Routing in the Smart Territory*.
- Chen, R. M., & Shen, Y. M. (2015). Novel Encoding and Routing Balance Insertion Based Particle Swarm Optimization with Application to Optimal CVRP Depot Location Determination. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/743507>
- Chen, W., Zhang, S., Li, R., & Shahabi, H. (2018). Performance evaluation of the GIS-based data mining techniques of best-first decision tree, random forest, and naïve Bayes tree for landslide susceptibility modeling. *Science of the Total Environment*, 644, 1006–1018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.389>
- Chen, Z., Yang, M., Guo, Y., Liang, Y., Ding, Y., & Wang, L. (2020). The split delivery vehicle routing problem with three-dimensional loading and time windows constraints. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/su12176987>
- Corstjens, J., Depaire, B., Caris, A., & Sörensen, K. (2020). A multilevel evaluation method for heuristics with an application to the VRPTW. *International Transactions in Operational Research*, 27(1), 168–196. <https://doi.org/10.1111/itor.12631>
- Cuvelier, T., Didier, F., Furnon, V., Gay, S., Mohajeri, S., & Perron, L. (2023). *OR-Tools' Vehicle Routing Solver: a Generic Constraint-Programming Solver with Heuristic Search for Routing Problems*. <https://hal.science/hal-04015496>

- Dong, W., Zhou, K., Qi, H., He, C., & Zhang, J. (2018). A tissue P system based evolutionary algorithm for multi-objective VRPTW. *Swarm and Evolutionary Computation*, 39, 310–322. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2017.11.001>
- Fan, H., Ren, X., Zhang, Y., Zhen, Z., & Fan, H. (2022). A Chaotic Genetic Algorithm with Variable Neighborhood Search for Solving Time-Dependent Green VRPTW with Fuzzy Demand. *Symmetry*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/sym14102115>
- Fleming, B., & Evans, M. (2021). An evaluation of the use of GIS and open data in secondary school education in South Africa, with reference to QGIS and OpenStreetMap (OSM). *The Journal of Geography Education in Africa*, 4, 23–57. <https://doi.org/10.46622/jogea.v4i1.2038>
- gevket, B. (2021). *Optimization of Urban Cargo Distribution Network and Station Points with Open Source GIS*.
- Goel, R., Maini, R., & Bansal, S. (2019). Vehicle routing problem with time windows having stochastic customers demands and stochastic service times: Modelling and solution. *Journal of Computational Science*, 34. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jocs.2019.04.003>
- Gündling, F. (2020). *Efficient Algorithms for Intermodal Routing and Monitoring in Travel Information Systems*. <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014212>
- Hadhiatma, A., & Purbo, A. (2017). Vehicle Routing Problem Untuk Distribusi Barang Menggunakan Algoritma Semut. *Prosiding Snatif*.
- Herfort, B., Lautenbach, S., Porto de Albuquerque, J., Anderson, J., & Zipf, A. (2021). The evolution of humanitarian mapping within the *OpenStreetMap* community. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82404-z>
- Idree, M., & Aslam, F. (2022). A Comprehensive Survey and Analysis of Diverse Visual Programming Languages. *VFAST Transactions on Software Engineering*.
- Idris, N., Feresa, C., Foozy, M., & Shamala, P. (2020). A Generic Review of Web Technology: DJango and Flask. In *International Journal of Advanced Computing Science and Engineering* (Vol. 2, Issue 1).
- Karolemeas, C., Tsigdinos, S., Bakogiannis, E., & Nikitas, A. (2022). Evaluating the suitability of urban road networks to facilitate autonomous buses. *Transportation Research Procedia*, 62, 599–606. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.02.074>
- Kinable, J., van Hoeve, W. J., & Smith, S. F. (2020). Snow plow route optimization: A constraint programming approach. *IIE Transactions*, 53(6), 685–703. <https://doi.org/10.1080/24725854.2020.1831713>

- Kornienko, D. V., Mishina, S. V., Shcherbatykh, S. V., & Melnikov, M. O. (2021). Principles of securing RESTful API web services developed with python frameworks. *Journal of Physics: Conference Series*, 2094(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2094/3/032016>
- Lacomme, P., Rault, G., & Sevaux, M. (2021). *Integrated Decision Support System for Rich Vehicle Routing Problems*.
- Li, L., Yuan, J., Tang, M., Xu, Z., Xu, W., & Cheng, Y. (2021). Developing a BIM-enabled building lifecycle management system for owners: Architecture and case scenario. *Automation in Construction*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103814>
- Liu, R., & Jiang, Z. (2019). A hybrid large-neighborhood search algorithm for the cumulative capacitated vehicle routing problem with time-window constraints. *Applied Soft Computing Journal*, 80, 18–30. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.03.008>
- Liu, S., He, L., & Shen, Z. J. M. (2021). On-time last-mile delivery: Order assignment with travel-time predictors. *Management Science*, 67(7), 4095–4119. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2020.3741>
- Ludwig, C., Psotta, J., Buch, A., Kolaxidis, N., Fendrich, S., Zia, M., Fürle, J., Rousell, A., & Zipf, A. (2023). Traffic Speed Modelling to improve travel time estimation in OpenRouteService. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 48(4/W7-2023), 109–116. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W7-2023-109-2023>
- Mariescu-Istodor, R., & Fränti, P. (2021). Fast travel-distance estimation using overhead graph. *Journal of Location Based Services*, 15(4), 261–279. <https://doi.org/10.1080/17489725.2021.1889058>
- Nasri, M., Hafidi, I., & Metrane, A. (2020). Multithreading parallel robust approach for the vrptw with uncertain service and travel times. *Symmetry*, 13(1), 1–16. <https://doi.org/10.3390/sym13010036>
- Nazir, N., Huang, B., & Mahserejian, S. (2024). *An OpenStreetMaps based tool to study the energy demand and emissions impact of electrification of medium and heavy-duty freight trucks*. <http://arxiv.org/abs/2404.00805>
- Ning, T., Guo, C., Chen, R., & Jin, H. (2016). A novel hybrid method on VRP with pickup and delivery. *Open Cybernetics and Systems Journal*, 10, 56–60. <https://doi.org/10.2174/1874110X01610010056>
- Nowak, M. M., Dziób, K., Ludwisiak, Ł., & Chmiel, J. (2020). Mobile GIS applications for environmental field surveys: A state of the art. In *Global Ecology and Conservation* (Vol. 23). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01089>

- Obreque, C., Paredes-Belmar, G., Miranda, P. A., Campuzano, G., & Gutiérrez-Jarpa, G. (2020). The generalized median tour problem: Modeling, solving and an application. *IEEE Access*, 8, 178097–178107. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3026933>
- Patkar, U., Singh, P., Panse, H., Bhavsar, S., & Pandey, C. (2022). PYTHON FOR WEB DEVELOPMENT. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 11(4), 36–48. <https://doi.org/10.47760/ijcsmc.2022.v11i04.006>
- Phuc Nguyen, D., & Maag, S. (2020). Codeless web testing using Selenium and machine learning. *ICSOFT 2020: 15th International Conference on Software Technologies*, 10. <https://doi.org/10.5220/0009885400510060>
- Pos Indonesia. (n.d.-a). *Sejarah Pos*. Pos Indonesia. Retrieved September 18, 2023, from <https://www.posindonesia.co.id/id/content/sejarah-pos>
- Pos Indonesia. (n.d.-b). *Visi, Misi, Tujuan dan Tata Nilai*. Pos Indonesia. Retrieved September 19, 2023, from <https://www.posindonesia.co.id/id/content/visi-misi-tujuan-dan-tata-nilai>
- Pos Indonesia. (2021). *Pos Indonesia Annual Report*. <https://drive.google.com/u/0/uc?id=1rGyhBZ-1ISXJmmJ0AIt-kLCOCu7hZ4fh&export=download>
- Qian, L., & Yuhang Hu, Q. Y. (2024). Realization of Logistics ERP Management System Interface Design Based on Online Intelligent Design Platform. *Advances in Computer, Signals and Systems*, 8(3). <https://doi.org/10.23977/acss.2024.080319>
- Qureshi, M. T., Rai, A., Islam, N., & Sheikh, G. S. (2020). A four-pronged low cost and optimized traffic routing solution. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 14(10), 46–60. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i10.15057>
- Rahmen des Studiums, im, & Glaser, P.-L. (2022). *Developing Sprotty-based Modeling Tools for VS Code*. www.tuwien.at
- Raschka, S., Patterson, J., & Nolet, C. (2020). Machine learning in python: Main developments and technology trends in data science, machine learning, and artificial intelligence. In *Information (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 4). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/info11040193>
- Rattu, P. N., Pioh, N. R., & Sampe, S. (2022). Optimalisasi Kinerja Bidang Sosial Budaya Dan Pemerintahan Dalam Perencanaan Pembangunan (Studi Di Kantor Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian Dan Pengembangan Daerah Kabupaten Minahasa). *Jurnal Governance*, 2(1), 1–9. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/governance/article/download/40264/36067>

- Sacramento, D., Solnon, C., & Pisinger, D. (2020). Constraint Programming and Local Search Heuristic: a Matheuristic Approach for Routing and Scheduling Feeder Vessels in Multi-terminal Ports. *Operations Research Forum*, 1(4). <https://doi.org/10.1007/s43069-020-00036-x>
- Salo, K. (2020). *Comparative study on Python web frameworks: Flask and Django*.
- Shamshad, A., & Haq, I. U. (2020, December 16). A Parallelized data processing algorithm for map matching on open source routing machine (osrm) server. *2020 14th International Conference on Open Source Systems and Technologies, ICOSST 2020 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ICOSST51357.2020.9333085>
- Silva, A. S., Alves, F., Diaz De Tuesta, J. L., Rocha, A. M. A. C., Pereira, A. I., Silva, A. M. T., Leitão, P., & Gomes, H. T. (2020). *Solving a Capacitated Waste Collection Problem using an Open-source Tool*.
- Sitek, P., Wikarek, J., Rutczyńska-Wdowiak, K., Bocewicz, G., & Banaszak, Z. (2021). Optimization of capacitated vehicle routing problem with alternative delivery, pick-up and time windows: A modified hybrid approach. *Neurocomputing*, 423, 670–678. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.02.126>
- Spina, R. (2022). *Urban Navigation-Handling OpenStreetMap Data for an easy to drive route urban*.
- Subarjah, V. A., & Ari Purno Wahyu. (2022). Analysis and Design of User Interface and User Experience of Regional Tax Enterprise Resources Planning System with Design Thinking Method. *Inform : Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 7(2), 96–106. <https://doi.org/10.25139/inform.v7i2.4729>
- Sugiantoro, B., Anshari, M., & Sudrajat, D. (2020). Developing Framework for Web Based e-Commerce: Secure-SDLC. *Journal of Physics: Conference Series*, 1566(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1566/1/012020>
- Tahir, M. A. (2024). *Revolutionizing International Cargo Transportation: A Data-Driven Strategy for Fleet Management Optimization and Workforce Efficiency*.
- Thooriqoh, H. A., Annisa, T. N., & Yuhana, U. L. (2021). Selenium Framework for Web Automation Testing: A Systematic Literature Review. *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 19, 65–76. <https://doi.org/10.12962/j24068535.v19i2.a1021>
- Van Steenbergen, R., Brunetti, M., & Mes, M. (2021). Network Generation for Simulation of Multimodal Logistics Systems. *Proceedings - Winter Simulation Conference*, 2021-December. <https://doi.org/10.1109/WSC52266.2021.9715497>

- Verhaeghe, H., Nijssen, S., Pesant, G., Quimper, C. G., & Schaus, P. (2020). Learning optimal decision trees using constraint programming. *Constraints*, 25(3–4), 226–250. <https://doi.org/10.1007/s10601-020-09312-3>
- Vy Giang. (2024). *Building a Web Application to Elevating Home User Experience and Efficiency*.
- Weiss, D. J., Nelson, A., Vargas-Ruiz, C. A., Gligorić, K., Bavadekar, S., Gabrilovich, E., Bertozzi-Villa, A., Rozier, J., Gibson, H. S., Shekel, T., Kamath, C., Lieber, A., Schulman, K., Shao, Y., Qarkaxhija, V., Nandi, A. K., Keddie, S. H., Rumisha, S., Amratia, P., ... Gething, P. W. (2020). Global maps of travel time to healthcare facilities. *Nature Medicine*, 26(12), 1835–1838. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-1059-1>
- Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. In *International Journal of Production Research* (Vol. 58, Issue 1, pp. 18–43). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612964>
- Wu, A. N., Stouffs, R., & Biljecki, F. (2022). Generative Adversarial Networks in the built environment: A comprehensive review of the application of GANs across data types and scales. In *Building and Environment* (Vol. 223). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109477>
- Xu, W., Wang, X., Guo, Q., Song, X., Zhao, R., Zhao, G., Yang, Y., Xu, T., & He, D. (2022). Gathering Strength, Gathering Storms: Knowledge Transfer via Selection for VRPTW. *Mathematics*, 10(16). <https://doi.org/10.3390/math10162888>
- Zhuang, D., & Yiwen, B. (2023). *Research on the Delivery Plan in Suzhou in Jiangsu Province in China Degree Programme in International Logistics*.

LAMPIRAN

Lampiran A Surat Permohonan Observasi



Bandung, 07 Maret 2024

Nomor : 028-001/PROD4TI-ULBI/SPm /III/2024
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Melakukan Wawancara & Observasi

Kepada Yth.
Manajer Tata Kelola Administrasi Kantor Pusat PT Pos Indonesia (Persero)
PT. POS INDONESIA (PERSERO)
Jl. Cilaki No. 73 Bandung

Sehubungan dengan tugas mata kuliah Tugas Akhir pada Semester Genap Tahun Akademik 2023/2024 program studi D-IV Teknik Informatika Universitas Logistik & Bisnis Internasional (ULBI). Mahasiswa ditugaskan untuk melakukan wawancara terhadap sebuah perusahaan/instansi.

Untuk mendukung proses kegiatan belajar mahasiswa tersebut, kami mohon bantuan bapak/ibu sekiranya berkenan mengizinkan mahasiswa kami :

NO	NAMA	NPM	PROGRAM STUDI
1.	NUR TRI RAMADHANTI ADININGRUM	1204061	D-IV Teknik Informatika
2.	RIFQI FATHURROHMAN	1204076	

Mendapatkan persetujuan izin melakukan wawancara dan observasi di perusahaan bapak/ibu pimpin. Besar harapan kami, para mahasiswa tersebut mendapatkan pembinaan.

Demikian hal ini disampaikan, atas perhatian dan kerjasama dari bapak/ibu kami ucapan terima kasih.

Universitas Logistik & Bisnis Internasional
Program Studi D-IV Teknik Informatika,
Ketua

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Roni Andarsyah'. Below the signature, there is a small logo of ULBI and the text 'Universitas Logistik & Bisnis Internasional'.
Roni Andarsyah, S.T., M.Kom., SFPC
NIK. 115.88.193

Lampiran B Surat Persetujuan Wawancara dan Observasi



Logistik Indonesia

Nomor : 093/TKA/1024

Bandung, 15 Maret 2024

Lampiran : -

Perihal : Persetujuan Pelaksanaan
Wawancara & Observasi

Kepada

Yth Ketua Program Studi D-IV Teknik
Informatika
Universitas Logistik & Bisnis
Internasional

Dengan hormat,

Menunjuk surat Saudara tanggal 07 Maret 2024, 028-001/PROD4TI-ULBI/SPm/III/2024 perihal Permohonan Melakukan Wawancara & Observasi, kami beritahukan bahwa pada prinsipnya kami menyetujui Pelaksanaan Wawancara & Observasi pada tanggal 18 Maret 2024 di instisusi kami bagi mahasiswa Saudara sebagai berikut :

NO	NAMA	NIM	PRODI	UNIVERSITAS
1.	Nur Tri Ramadhanti Adiningrum	1204061	Teknologi Informatika	ULBI
2.	Rifqi Fathurrohman	1204076	Teknik Informatika	ULBI

Untuk selanjutnya, mohon sebelum Pelaksanaan Wawancara & Observasi dimaksud, kepada mahasiswa yang bersangkutan agar terlebih dahulu melapor kepada kami.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerja samanya diucapkan terima kasih.

Hormat kami,



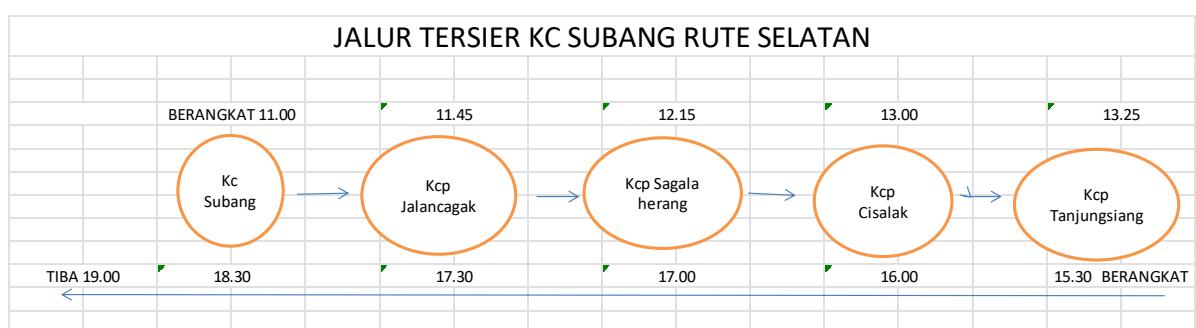
AAN NURHAMDAN
Manajer Tata Kelola Administrasi

Lampiran C Jadwal N22 Tersier Kc Purwakarta Tahun 2024

PT POS INDONESIA (Persero)

KANTOR CABANG SUBANG 41200

NO	TRAYEK ANGKUTAN	JAM BERANGKAT / TIBA	ROUTE 1		ROUTE 2		ROUTE 3		ROUTE 4	
			TIBA	BRKT	TIBA	BRKT	TIBA	BRKT	TIBA	BRKT
III										
1	SUBANG - JALANCAGAK - SAGALAHERANG - CISALAK - TANJUNGSIANG	10.00	JCG 41281		SGH 41282		CSK 41283		TSG 41284	
			10.30	10.35	10.50	10.55	11.25	11.30	12.20	15.30
		18.00	JCG 41281		SGH 41282		CSK 41283		TSG 41284	
			17.30	17.35	17.00	17.05	16.00	16.05		15.30



Lampiran D Kartu Bimbingan Siakad Pembimbing I dan II

8/21/24, 12:51 AM	Rekap Percakapan Bimbingan
<p style="text-align: center;"> Universitas Logistik dan Bisnis Internasional Jl. Sari Asih No.54, Sarijadi, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40151 Website : www.ulbi.ac.id e-Mail :info@ulbi.ac.id / Telepon :081311110194</p>	
REKAP PERCAKAPAN BIMBINGAN	
Judul Proposal	: OPTIMASI MASALAH RUTE KENDARAAN DENGAN TIME WINDOWS PADA PENANGANAN PICKUP AND DELIVERY MENGGUNAKAN GOOGLE OR-TOOLS
Sesi / Bahasan Mahasiswa	: ke-1 / mendeskripsikan topik ta, optimasi vrp, time windows, jarak : 1204076 - Rifqi Fathurrohman Pembimbing : 0427078404 - CAHYO PRIANTO Proposal
Tidak ada data percakapan	
Sesi / Bahasan Mahasiswa	: ke-1 / diberikan penjelasan gambaran dasar tentang metaheuristik multi-objective dalam machine learning serta metodologinya input hingga output kontribusi akhirnya : 1204076 - Rifqi Fathurrohman Pembimbing : 0416048803 - SYAFRIAL FACHRI PANE Proposal
Tidak ada data percakapan	
Sesi / Bahasan Mahasiswa	: ke-2 / revisi buku, progres tugas akhir : 1204076 - Rifqi Fathurrohman Pembimbing : 0416048803 - SYAFRIAL FACHRI PANE Proposal
Tidak ada data percakapan	
Sesi / Bahasan Mahasiswa	: ke-2 / diberikan gambaran besar dari topik yang diusulkan, konsep untuk optimasi vrp, time windows : 1204076 - Rifqi Fathurrohman Pembimbing : 0427078404 - CAHYO PRIANTO Proposal
Tidak ada data percakapan	
Sesi / Bahasan Mahasiswa	: ke-3 / bimbingan tentang solusi terbaik untuk dapat terus progres dengan baik hingga tuntas : 1204076 - Rifqi Fathurrohman Pembimbing : 0416048803 - SYAFRIAL FACHRI PANE Proposal
Tidak ada data percakapan	
Sesi / Bahasan Mahasiswa	: ke-3 / diberikan referensi untuk topik ta, optimasi vrp, time windows. dan membuat laporan bab 1 : 1204076 - Rifqi Fathurrohman Pembimbing : 0427078404 - CAHYO PRIANTO Proposal
Tidak ada data percakapan	
Sesi / Bahasan Mahasiswa	: ke-4 / capaian progress, sampai mana saja, stuck dimana, diberikan solusi dan rekomendasi : 1204076 - Rifqi Fathurrohman Pembimbing : 0416048803 - SYAFRIAL FACHRI PANE Proposal
Tidak ada data percakapan	
Sesi / Bahasan Mahasiswa	: ke-4 / diberikan terkait permasalahan pada data dan progress selanjutnya laporan bab 2 : 1204076 - Rifqi Fathurrohman Pembimbing : 0427078404 - CAHYO PRIANTO Proposal
Tidak ada data percakapan	
Sesi / Bahasan Mahasiswa	: ke-5 / laporan progress sudah sampai bab 3 berjalan parallel seiring selesainya codingan aplikasi : 1204076 - Rifqi Fathurrohman Pembimbing : 0427078404 - CAHYO PRIANTO Proposal
https://siakad.ulbi.ac.id/siakad/list_bimbingankonsultasi/printall/941	
1/2	

Tidak ada data percakapan

Sesi / Bahasan : ke-5 / pada googlemeet, saya menyampaikan progress capaian kepada pembimbing 2 terkait input dan output sudah disetujui

Mahasiswa : 1204076 - Rifqi Fathurrohman **Pembimbing** : 0416048803 - SYAFRIAL FACHRI PANE
Proposal

Tidak ada data percakapan

Sesi / Bahasan : ke-6 / mencari jurnal untuk disubmit, mengisi template yang ada

Mahasiswa : 1204076 - Rifqi Fathurrohman **Pembimbing** : 0416048803 - SYAFRIAL FACHRI PANE
Proposal

Tidak ada data percakapan

Sesi / Bahasan : ke-6 / pada bimbingan sebelumnya disarankan menggunakan genetic algorithm, setelah itu saya mengajukan banding bila pake or-tools lebih baik, melaporkan progress aplikasi setelah diimplementasikan memakai google api

Mahasiswa : 1204076 - Rifqi Fathurrohman **Pembimbing** : 0427078404 - CAHYO PRIANTO
Proposal

Tidak ada data percakapan

Sesi / Bahasan : ke-7 / melaporkan aplikasi yang sudah berjalan, serta diberikan saran untuk pengembangan selanjutnya membuat jurnal

Mahasiswa : 1204076 - Rifqi Fathurrohman **Pembimbing** : 0427078404 - CAHYO PRIANTO
Proposal

Tidak ada data percakapan

Sesi / Bahasan : ke-7 / direvisi jurnal yang sudah dikerjakan oleh pembimbing

Mahasiswa : 1204076 - Rifqi Fathurrohman **Pembimbing** : 0416048803 - SYAFRIAL FACHRI PANE
Proposal

Tidak ada data percakapan

Sesi / Bahasan : ke-8 / melaporkan progress aplikasi sesuai dengan revisi pada bimbingan sebelumnya dan menyelesaikan laporan

Mahasiswa : 1204076 - Rifqi Fathurrohman **Pembimbing** : 0427078404 - CAHYO PRIANTO
Proposal

Tidak ada data percakapan

Sesi / Bahasan : ke-8 / diberitahu teknik/langkah menyusun jurnal yang baik

Mahasiswa : 1204076 - Rifqi Fathurrohman **Pembimbing** : 0416048803 - SYAFRIAL FACHRI PANE
Proposal

Tidak ada data percakapan

Lampiran D-2 Rekap Bimbingan Siakad Pembimbing I dan II (lanjutan)

7/24/24, 1:22 AM	Rekap Percakapan Bimbingan
Sesi / Bahasan : ke-5 / pada googlemeet, saya menyampaikan progress capaian kepada pembimbing 2 terkait input dan output sudah disetujui Mahasiswa : 1204076 - Rifqi Fathurrohman Dosen Pembimbing : 0416048803 - SYAFRIAL FACHRI PANE Tidak ada data percakapan	
Sesi / Bahasan : ke-5 / laporan progress sudah sampai bab 3 berjalan parallel seiring selesainya codingan aplikasi Mahasiswa : 1204076 - Rifqi Fathurrohman Dosen Pembimbing : 0427078404 - CAHYO PRIANTO	Tidak ada data percakapan
Sesi / Bahasan : ke-6 / pada bimbingan sebelumnya disarankan menggunakan genetic algorithm, setelah itu saya mengajukan banding bila pake or-tools lebih baik, melaporkan progress aplikasi setelah diimplementasikan memakai google api Mahasiswa : 1204076 - Rifqi Fathurrohman Dosen Pembimbing : 0427078404 - CAHYO PRIANTO Tidak ada data percakapan	
Sesi / Bahasan : ke-7 / melaporkan aplikasi yang sudah berjalan, serta diberikan saran untuk pengembangan selanjutnya membuat jurnal Mahasiswa : 1204076 - Rifqi Fathurrohman Dosen Pembimbing : 0427078404 - CAHYO PRIANTO	Tidak ada data percakapan
Sesi / Bahasan : ke-8 / melaporkan progress aplikasi sesuai dengan revisi pada bimbingan sebelumnya dan menyelesaikan laporan Mahasiswa : 1204076 - Rifqi Fathurrohman Dosen Pembimbing : 0427078404 - CAHYO PRIANTO Tidak ada data percakapan	

Lampiran E Lembar Pernyataan *Peer Review Draft* Akhir Publikasi TA



Form LPD-01

Bandung, 23 Juli 2024

Perihal: Surat Pernyataan *Peer Review Draft* Akhir Publikasi/Artikel Ilmiah

Kepada :

Koordinator Tugas Akhir
Program Studi D4 Teknik Informatika
Fakultas Sekolah Vokasi
Universitas Logistik & Bisnis Internasional

Dengan hormat,

Saya, *Rifqi Fathurrohman*, mahasiswa program studi D4 Teknik Informatika di Fakultas Sekolah Vokasi, dengan ini menyatakan bahwa draft publikasi/artikel ilmiah dengan judul sebagai berikut:

Optimasi Masalah Rute Kendaraan Dengan *Time Windows* Pada Penanganan *Pickup And Delivery*
Menggunakan *Google Or-Tools*

Telah menjalani proses *peer review* oleh pembimbing saya, *Cahyo Prianto, S.Pd., M.T., CDSP, SFPC*.
Proses review ini mencakup evaluasi mendalam terhadap substansi, metodologi, dan interpretasi data yang terdapat dalam artikel ilmiah tersebut.

Hasil dari review ini adalah langkah penting dalam memastikan kualitas akademis dari artikel ilmiah yang saya tulis, dan merupakan bagian dari persiapan saya untuk menyusun versi final artikel ini untuk publikasi.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya. Atas perhatian dan bimbingan Bapak/Ibu, saya mengucapkan terima kasih.

Hormat saya,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Rifqi Fathurrohman".

Rifqi Fathurrohman
NPM. 1204076

Mengetahui,
Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Cahyo Prianto".

Cahyo Prianto, S.Pd., M.T., CDSP, SFPC
NIDN. 0427078404

UNIVERSITAS LOGISTIK DAN BISNIS INTERNASIONAL
Jl. Sariasih No. 54 Bandung – 40151
Telp. (022) 2009570 Fax. (022) 2009568
Website: <https://www.ulbi.ac.id/>

Microsoft Word - Document

Lampiran F Surat Keterangan Bebas Pustaka



SURAT KETERANGAN BEBAS PUSTAKA **NO: 1547/KASUBPUS-ULBI/SKet/VII/2024**

Yang bertanda tangan di bawah ini, menerangkan bahwa :

Nama : RIFQI FATHURROHMAN
NPM : 1204076
Prodi : D4 TEKNIK INFORMATIKA
Fakultas : SEKOLAH VOKASI

Mahasiswa tersebut tidak memiliki pinjaman koleksi Perpustakaan Universitas Logistik dan Bisnis Internasional dalam bentuk apapun atau sudah bebas pustaka.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dipergunakan sebagai syarat Sidang, Cuti atau Pengunduran Diri.

Bandung, 22/07/2024

Kasubag. Perpustakaan ULBI



Mutia Rahmi, S.I. Pus., M.Hum
NIK: 121.94.284

Staf Perpustakaan ULBI



Rd Priyatna Diwangsa, Amd.
NIK: 105.70.090

UNIVERSITAS LOGISTIK DAN BISNIS INTERNASIONAL
Jl. Sariyah No. 54 Bandung – 40151
Telp. (022) 2009570 Fax. (022)2009568
Website : <https://www.ulbi.ac.id/>

Lampiran G Cek Plagiarisme Turnitin

