OPTIMASI MODEL CVRPTW BERBASIS GOOGLE-OR TOOLS PADA DISTRIBUSI *CATERING BOX* MENGGUNAKAN SAVING MATRIX DAN GUIDED LOCAL SEARCH

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

Untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun oleh :

Nama : Ahmad Ghozali Rifani

NIM : 22106060047

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2026

STATE ISLAMIC UNIVERSITY SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1940/Un.02/DST/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : Optimasi Model CVRPTW Berbasis Google-Or Tools pada Distribusi Catering Box Menggunakan Saving Matrix dan Guided Local Search

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AHMAD GHOZALI RIFANI
Nomor Induk Mahasiswa : 22106060047
Telah diujikan pada : Selasa, 28 Juli 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Prof. Ir. Dwi Agustina Kurniawati, S.T.,M.Eng.,Ph.D, IPM, ASEAN Eng
SIGNED

Penguji I

Dr. Ir. Ita Setyaningsih, S.T., M.Sc, IPM, ASEAN Eng.
SIGNED

Penguji II

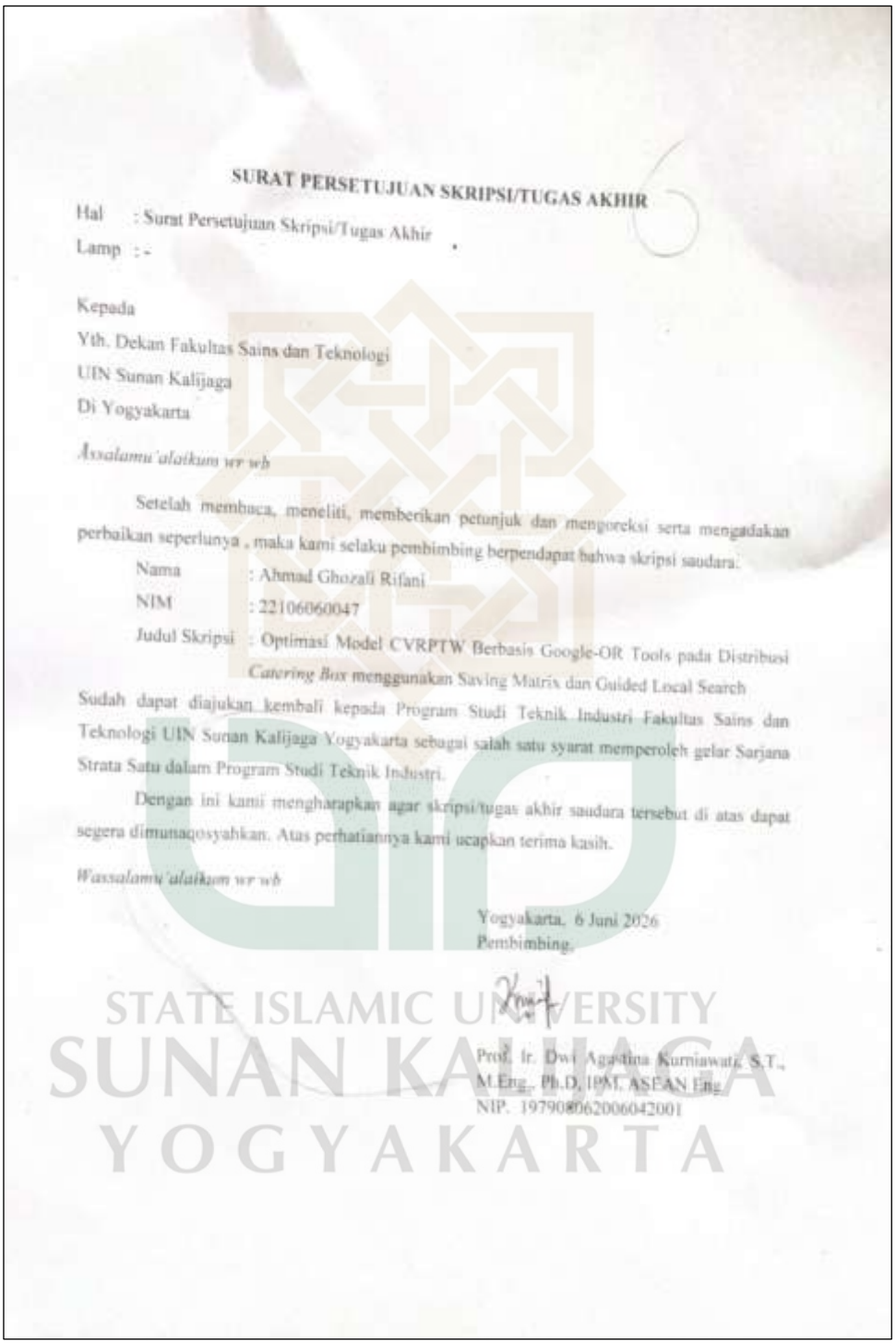
Ni Kadek Pujani Dewi, M.ERG.
SIGNED

Yogyakarta, 28 Juli 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga
Di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr wb

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya , maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : Ahmad Ghozali Rifani
NIM : 22106060047
Judul Skripsi : Optimasi Model CVRPTW Berbasis Google-OR Tools pada Distribusi *Catering Box* menggunakan Saving Matrix dan Guided Local Search

Sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Teknik Industri.

Dengan ini kami mengharapkan agar skripsi/tugas akhir saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqosyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr wb

Yogyakarta, 6 Juni 2026
Pembimbing,

Prof. Ir. Dwi Agustina Kurniawati, S.T., M.Eng., Ph.D, IPM, ASEAN Eng.
NIP. 197908062006042001

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Ahmad Ghozali Rifani
NIM	: 22106060047
Program Studi	: Teknik Industri
Fakultas	: Fakultas Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul: Optimasi Model CVRPTW Berbasis Google-OR Tools pada Distribusi *Catering Box* menggunakan Saving Matrix dan Guided Local Search adalah hasil karya pribadi dan sepanjang pengetahuan penyusun tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang penyusun ambil sebagai acuan.

Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, maka sepenuhnya menjadi tanggungjawab penyusun.

Yogyakarta, 10 Agustus 2026
Yang menyatakan,



Ahmad Ghozali Rifani
NIM 22106060047

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum hingga mereka mengubah apa yang ada pada diri mereka sendiri."

-QS. Ar-Ra'd [13]: 11

"Simplicity is the ultimate sophistication."

-Leonardo da Vinci

“Siapa yang berjuang bisa kalah, siapa yang tidak berjuang sudah kalah“

-Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucap rasa syukur Alhamdulillah ke hadirat Allah SWT atas segala berkat dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Selama proses penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang memberikan dukungan secara moril, materi, dan motivasi. Penulis persembahkan karya sederhana ini untuk mereka yang tak pernah berhenti percaya dan selalu hadir dalam setiap proses penyusunan karya ini. Penulis menyampaikan rasa syukur dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Solichul Hadi dan Ibu Maslachah Selaku orang tua penulis yang memberikan kesempatan untuk berkuliah dan belajar pada institusi UIN SUKA Yogyakarta dengan segala ridho, dukungan, dan doa hingga penulis mengenal dunia lebih luas.
2. Ibu Prof. Ir. Dwi Agustina Kurniawati, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM, ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing Skripsi, yang dengan penuh kesabaran, ketekunan, dan dedikasi tinggi telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, koreksi, serta motivasi yang sangat berarti bagi penulis dari awal hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Industri yang dengan ikhlas mentransfer ilmu, wawasan, dan nilai-nilai kehidupan kepada penulis selama masa perkuliahan. Semoga ilmu yang diajarkan menjadi amal jariyah yang terus mengalir pahalanya.
4. Bapak Muhammad Nuzula dan seluruh keluarga besar Inzan Catering Bantul, atas ketersediaan dan keterbukaan dalam memberikan izin penelitian, data

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

operasional, serta waktu untuk diwawancarai. Semoga usaha katering yang dijalankan senantiasa berkah dan terus berkembang.

5. Seluruh teman pergerakan yang memberikan semangat dalam bentuk kehadiran langsung berbagai kegiatan serta memberikan motivasi dan transfer keilmuan khususnya kepada Nola, Hilman, dan Manarul.
6. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Industri angkatan 2022 dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, atas segala bantuan, semangat, dan kebersamaan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Alhamdulillāhirabbil'ālamīn, segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat, taufik, hidayah, serta kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Optimasi Model CVRPTW Berbasis Google-OR Tools pada Distribusi *Catering Box* menggunakan Saving Matrix dan Guided Local Search" dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam, kepada keluarga, sahabat, serta seluruh umat yang setia mengikuti sunnahnya hingga hari akhir.

Selama proses penyusunan tugas akhir ini, berbagai pembelajaran dan pengembangan diri telah penulis alami. Penulis berharap hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap berkembangnya penerapan penyelesaian rute secara sistematis yang memudahkan pelaku usaha dalam melakukan penghematan. Selain itu, penulis berharap hasil penelitian ini dapat menjadi referensi tambahan dan memberikan pengetahuan kepada pembaca terkait penelitian yang dilakukan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 2 Juni 2026

Penulis,

Ahmad Ghozali Rifani

NIM. 22106060047

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN ii

SURAT KEASLIAN SKRIPSI iv

MOTTO v

HALAMAN PERSEMBAHAN vi

KATA PENGANTAR viii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR TABEL xiii

DAFTAR KODE PROGRAM xiv

DAFTAR LAMPIRAN xv

ABSTRAK xvi

ABSTRACT xvii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Pertanyaan Penelitian 3

1.3 Tujuan Penelitian 4

1.4 Manfaat Penelitian 4

1.5 Batasan Masalah dan Asumsi 5

1.6 Sistematika Penulisan 7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 9

2.1 Penelitian Terdahulu 9

2.2 Landasan Teori 12

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

2.2.1. Manajemen Rantai Pasok (*Supply Chain Management*) 12
2.2.2. *Perishable Food Product* 13
2.2.3. *Vehicle Routing Problem* (VRP) 15
2.2.4. Google OR-Tools untuk VRP 19
2.2.5. Python 24
2.2.6. *Framework* Streamlit 25
2.2.7. GraphHopper 26
BAB III METODE PENELITIAN 28
3.1 Objek Penelitian 28
3.2 Metode Pengumpulan Data 28
3.2.1. Jenis Data 29
3.2.2. Teknik Pengumpulan Data 30
3.3 Validitas Penelitian 31
3.4 Variabel Penelitian 32
3.5 Model Analisis 34
3.5.1. Pengambilan Matriks Jarak dengan GraphHopper 34
3.5.2. Pemodelan dan Prosedur Optimasi Rute 36
3.6 Diagram Alir Penelitian 40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 42
4.1 Gambaran Umum Perusahaan 42
4.2 Pengumpulan Data 43
4.2.1. Data Pesanan 43
4.2.2. Data Armada 47
4.2.3. Data Matriks Jarak dan Waktu Tempuh 48

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

4.2.4. Koefisien Kemacetan Dinamis (*Time-Varying Traffic Coefficient*) 53
4.3 Analisis Kebutuhan Sistem 55
4.4 Perancangan Sistem 59
4.5 Implementasi Sistem 72
4.5.1. Konstruksi Model CVRPTW 72
4.5.2. Inisialisasi Solusi Awal Heuristik (Saving Matrix Clarke-Wright) 73
4.5.3. Perbaikan Lokal – Metaheuristik (GLS) 74
4.5.4. Paralelisasi *Thread Pool* pada Pengambilan Matriks Spasial 76
4.5.5. Diagram Alir Sistem 78
4.5.6. Implementasi *Dashboard* Streamlit 80
4.6 Pengujian Sistem 84
4.6.1. Pengujian Input Data 84
4.6.2. Pengujian Eksekusi Algoritma Saving Matrix-GLS dengan API GraphHopper 84
4.6.3. Pengujian Visualisasi Rute 90
4.6.4. Pengujian *Export* WhatsApp 92
4.7 Analisis Komparatif 94
4.8 Pembahasan dan Hasil Temuan 101
4.9 Implikasi Manajerial 103
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 106
5.1 Kesimpulan 106
5.2 Saran…. 107
DAFTAR PUSTAKA 109
LAMPIRAN 1

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian 40

Gambar 4. 1 Alur Data Antar Modul 60

Gambar 4. 2 Modul Interaksi User..... 65

Gambar 4. 3 Dashboard Utama Streamlit 80

Gambar 4. 4 Dashboard Hasil Optimasi – sub Ringkasan 81

Gambar 4. 5 Dashboard Hasil Optimasi – sub Detail Rute..... 82

Gambar 4. 6 Dashboard Peta rute 82

Gambar 4. 7 Dashboard Export & WA..... 83

Gambar 4. 8 Input data pesanan..... 84

Gambar 4. 9 Pemrosesan API GraphHopper 85

Gambar 4. 10 Distance Matrix oleh GraphHopper 86

Gambar 4. 11 Pemrosesan Eksekusi Logika Saving Matrix-GLS 86

Gambar 4. 12 Visualisasi Output Algoritma..... 87

Gambar 4. 13 Detail Rute Slot Siang..... 87

Gambar 4. 14 Detail Rute Slot Sore..... 89

Gambar 4. 15 Visualisasi Rute Slot Siang 91

Gambar 4. 16 Visualisasi Rute Slot Sore..... 92

Gambar 4. 17 Visualisasi Export System ke WhatsApp..... 93

Gambar 4. 18 Direct Message ke Kurir 94

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Penelitian Terdahulu..... 9

Tabel 2. 2 Pustaka Python yang Digunakan dalam Catering Optimizer ` 25

Tabel 3. 1 Variabel Keputusan Model Optimasi..... 32

Tabel 3. 2 Koefisien Kemacetan Dinamis..... 33

Tabel 3. 3 Contoh Matriks Jarak..... 36

Tabel 3. 4 Contoh Matriks Waktu..... 36

Tabel 3. 5 Contoh Hasil Fase 1 – Klasterisasi 45 Pelanggan (Slot Siang)..... 39

Tabel 4. 1 Tabel seluruh pesanan yang dijadikan sampel pengujian..... 43

Tabel 4. 2 Data Armada Motor Inzan Catering..... 48

Tabel 4. 3 Sampel Matriks Jarak (km) 5 Titik Representatif..... 53

Tabel 4. 4 Koefisien Kemacetan Dinamis (γ) per Periode Waktu..... 53

Tabel 4. 5 Kebutuhan Fungsional Sistem Catering Optimizer..... 55

Tabel 4. 6 Kebutuhan Non-Fungsional Sistem CVRPTW Katering (OR-Tools). 56

Tabel 4. 7 Parameter Konfigurasi Algoritma..... 57

Tabel 4. 8 Arsitektur Modul Sistem CVRPTW Katering..... 59

Tabel 4. 9 Skema Basis Data cfrs_katering.db..... 66

Tabel 4. 10 Total Jarak Tempuh dan Waktu Eksisting..... 95

Tabel 4. 11 Total Jarak Tempuh dan Waktu Usulan..... 96

Tabel 4. 12 Perbandingan Jarak Rute Eksisting dengan Usulan..... 97

Tabel 4. 13 Perbandingan Efisiensi Armada..... 98

Tabel 4. 14 Parameter Penghematan..... 99

Tabel 4. 15 Rekapitulasi Penghematan..... 100

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 4. 1 Pengambilan Matriks Jarak via GraphHopper Matrix API ... 49

Kode Program 4. 2 Perhitungan Jarak Haversine sebagai Fallback..... 52

Kode Program 4. 3 Fungsi Koefisien Kemacetan Dinamis 54

Kode Program 4. 4 Fungsi Evaluasi Fitness Multi-Objektif (routing.py) 68

Kode Program 4. 5 Paralelisasi Panggilan API GraphHopper Menggunakan Thread Pool Executor 77

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 DOKUMENTASI RUTE 2

1.1 Rute Jimi Siang 2

1.2 Rute Jimi Sore 4

1.3 Rute Trik Siang 6

1.4 Rute Trik Sore 7

1.5 Rute Fajar Siang 8

1.6 Rute Fajar Sore 10

1.7 Rute Okta siang 12

1.8 Rute Okta Sore 12

LAMPIRAN 2 VALIDASI RUTE 14

2.1 Rute Jimi Siang 14

2.2 Rute Jimi Sore 14

2.3 Rute Trik Siang 15

2.4 Rute Trik Sore 15

2.5 Rute Fajar Siang 16

2.6 Rute Fajar Sore 16

2.7 Rute Okta Siang 17

2.8 Rute Okta Sore 17

LAMPIRAN 3 DOKUMENTASI 18

LAMPIRAN 4 SISTEM 19

4.1 Akses tampilan antarmuka 19

4.2 Koding 19

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRAK

Inzan Catering Bantul mendistribusikan catering box harian ke puluhan titik pelanggan di wilayah Bantul, Sleman, dan Kota Yogyakarta. Perencanaan rute yang selama ini dilakukan secara manual menyebabkan ketidakseimbangan beban kerja antarkurir, rute tumpang tindih, dan jarak tempuh tidak optimal, sehingga meningkatkan biaya operasional serta menurunkan kualitas produk perishable. Penelitian ini merancang purwarupa aplikasi web Catering Optimizer yang mengintegrasikan Google OR-Tools dan routing engine GraphHopper untuk menyelesaikan model *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows* (CVRPTW) secara otomatis. Metode optimasi menggabungkan heuristik konstruktif Saving Matrix sebagai pembentuk solusi awal dan metaheuristik Guided Local Search sebagai penyempurna rute global. Matriks jarak dan waktu tempuh diperoleh dari GraphHopper secara paralel menggunakan 16 *thread*, dengan koefisien kemacetan dinamis (γ = 1,0–1,6) pada tujuh periode waktu operasional. Pengujian menggunakan data historis tanggal 24 April 2026 dengan 89 pesanan pelanggan menghasilkan penghematan jarak sebesar 16.3% (382.8 Km menjadi 320,4 Km per hari) dan efisiensi armada 25% (4 kurir menjadi 3 kurir per slot). Seluruh 6 rute harian dinyatakan feasible 100% dalam *Common Due Date* (CDD) 180 menit tanpa pelanggaran kapasitas kendaraan, dengan estimasi penghematan finansial Rp 707.567 per minggu. Purwarupa berbasis Streamlit berhasil dibangun dan diuji fungsional dengan waktu komputasi 35–70 detik.

Kata Kunci: CVRPTW, *Saving Matrix*, *Guided Local Search*, Google OR-Tools, Distribusi Katering

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRACT

Inzan Catering Bantul distributes daily catering boxes to dozens of customer locations across the Bantul, Sleman, and Yogyakarta City regions. To date, route planning has been conducted manually, resulting in unbalanced courier workloads, overlapping routes, and suboptimal travel distances, which subsequently increase operational costs and degrade the quality of perishable products. This study designs a prototype of a web application named "Catering Optimizer" that integrates Google OR-Tools and the GraphHopper routing engine to automatically solve the Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRPTW) model. The optimization method combines the Saving Matrix constructive heuristic to generate initial solutions and the Guided Local Search metaheuristic for global route refinement. Distance and travel time matrices are retrieved from GraphHopper in parallel using 16 threads, incorporating a dynamic traffic congestion coefficient (γ = 1,0–1,6) across seven operational time periods. Testing conducted with historical data from April 24, 2026, involving 89 customer orders, yielded a 16.3% reduction in travel distance (from 382.8 Km down to 320.4 Km per day) and a 25% fleet efficiency improvement (from 4 kurirs to 3 kurirs per slot). All 6 daily routes were declared 100% feasible within a 180-minute Common Due Date (CDD) without any vehicle capacity violations, achieving an estimated financial saving of IDR 707.567 per week. The Streamlit-based prototype was successfully developed and functionally tested, with a computation time of 35–70 seconds.

Keywords: CVRPTW, *Saving Matrix*, *Guided Local Search*, Google OR-Tools, *Catering Distribution*.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manajemen rantai pasok menjadi kunci keberhasilan bisnis kuliner dan katering karena mencakup seluruh aliran dari pengadaan bahan baku, produksi, hingga distribusi makanan matang ke konsumen (Samasti & Küçükdeniz, 2023). Efektivitas pengelolaan rantai pasok tidak hanya berdampak pada efisiensi biaya operasional, tetapi juga secara langsung memengaruhi kualitas produk yang diterima pelanggan dan ketepatan waktu penyampaian. Dalam industri catering, ketepatan waktu pengiriman dan kualitas makanan saat diterima merupakan dua dimensi utama yang membentuk kepuasan pelanggan terhadap layanan katering dan pesan-antar makanan (Bonfanti *et al*., 2023). Agrawal & Yadav (2022) menegaskan bahwa produk *perishable* memerlukan penjadwalan distribusi yang presisi karena keterlambatan tidak hanya menurunkan mutu sensori, tetapi juga meningkatkan risiko keamanan pangan.

Catering box atau nasi kotak tergolong *perishable* siap konsumsi dengan jendela waktu aman konsumsi yang pendek, umumnya 2–4 jam pada suhu ruang. Intraluk & Pham (2024) mengemukakan bahwa pengiriman produk makanan *perishable* menghadapi tantangan unik karena adanya kebutuhan kritis untuk mempertahankan kesegaran sekaligus mengoptimalkan efisiensi logistik, di mana model *Vehicle Routing Problem* (VRP) tradisional yang hanya berfokus pada minimasi jarak atau biaya seringkali mengabaikan faktor deteriorasi yang sensitif terhadap waktu. Persepsi pelanggan terhadap kualitas makanan (*perceived food quality*) merupakan determinan signifikan yang memediasi kepuasan terhadap

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

layanan pengiriman makanan dan berdampak lanjutan pada loyalitas terhadap merek usaha. Oleh karena itu, menjaga agar *catering box* tiba di tangan pelanggan dalam kondisi segar dan sesuai standar kualitas menjadi keharusan bisnis yang tidak dapat dikompromikan (Macias *et al*., 2023).

Distribusi *catering box* dari depot pusat ke banyak titik *customer* secara bersamaan merupakan permasalahan yang dikenal sebagai *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows* (CVRPTW). Ini berarti mencari rute terpendek bagi armada dengan kapasitas terbatas agar semua pelanggan terlayani tepat waktu (Rojas-Trejo *et al*., 2024). Tantangan bertambah karena waktu tempuh antar titik tidak konstan, melainkan dipengaruhi oleh kemacetan lalu lintas pada jam pengiriman, sehingga diperlukan pendekatan metaheuristik untuk menghasilkan solusi praktis dalam operasional harian (Zhao *et al*., 2023).

Inzan Catering Bantul merupakan salah satu penyedia jasa boga di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, yang melayani pesanan *catering box* harian untuk wilayah Bantul, Sleman, dan Kota Yogyakarta. Berdasarkan hasil studi pendahuluan melalui wawancara dan observasi langsung, ditemukan bahwa proses perencanaan rute distribusi selama ini masih dilakukan secara manual berdasarkan intuisi pengelola. Perencanaan manual ini mengakibatkan beberapa inefisiensi nyata, antara lain ketidakseimbangan beban kerja (*workload*) antar kurir, rute perjalanan yang saling tumpang tindih, dan total jarak tempuh armada yang jauh lebih panjang dari jarak optimal. Inefisiensi tersebut secara langsung meningkatkan biaya operasional bahan bakar, mempercepat kelelahan kurir, dan memperbesar risiko keterlambatan pengiriman yang dapat menurunkan kualitas kesegaran makanan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dirancang sebuah purwarupa aplikasi sistem optimasi distribusi berbasis web yang dinamakan Catering Optimizer. Sistem ini mengintegrasikan Google OR-Tools dan GraphHopper untuk perencanaan rute otomatis berbasis data riil. Sistem ini memecahkan model CVRPTW secara terpadu (*unified*) dan simultan menggunakan metode inisialisasi rute *Saving Matrix* (Clarke-Wright) sebagai *first solution strategy* dan metaheuristik *Guided Local Search* (GLS) sebagai metode perbaikan lokal (Silva *et al*., 2024). Data jarak dan waktu tempuh antar pelanggan dihitung berdasarkan jaringan jalan riil *OpenStreetMap* melalui panggilan API GraphHopper secara paralel, dengan menyertakan faktor kemacetan lalu lintas dinamis (γ) sesuai dengan waktu keberangkatan armada. Melalui antarmuka web interaktif berbasis Streamlit, admin Inzan Catering dapat mengelola pesanan harian, mengonfigurasi kapasitas armada homogen, menjalankan proses optimasi, serta membagikan petunjuk rute digital kepada kurir secara sistematis tanpa membutuhkan latar belakang teknis yang mendalam melalui antarmuka web Streamlit.

1.2 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, pertanyaan penelitian dalam penelitian ini adalah:

1. Seberapa besar penghematan jarak tempuh kendaraan hasil optimasi dibandingkan rute eksisting Inzan Catering?
2. Bagaimana rute distribusi optimal yang dihasilkan algoritma Saving Matrix dan GLS dengan batasan kapasitas, waktu, dan kemacetan dinamis?
3. Seperti apa aplikasi yang mengintegrasikan algoritma Saving Matrix-GLS dan GraphHopper untuk mendukung pembagian rute secara sistematis?

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi inefisiensi rute eksisting dan mengukur penghematan jarak tempuh serta estimasi biaya transportasi yang diperoleh melalui rute hasil optimasi.
2. Menentukan rute distribusi optimal bagi Inzan Catering Bantul menggunakan Google OR-Tools pada algoritma Saving Matrix dan GLS mempertimbangkan kapasitas armada, batas waktu pengiriman, dan koefisien kemacetan dinamis.
3. Merancang usulan aplikasi berbasis web yang mengintegrasikan algoritma Saving Matrix-GLS dan *routing engine* GraphHopper sehingga admin Inzan Catering dapat membagi rute kepada *kurir* secara cepat, sistematis, dan berbasis data.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari sisi praktis, penelitian ini menyediakan rekomendasi rute operasional yang lebih efisien serta purwarupa aplikasi Catering Optimizer bagi manajemen Inzan Catering Bantul. Implementasi sistem ini memungkinkan transisi dari perencanaan manual berbasis intuisi ke perencanaan sistematis berbasis data geospasial riil. Penghematan total jarak tempuh akan menekan biaya bahan bakar, mengoptimalkan utilisasi kurir, dan menjamin ketepatan waktu guna menjaga kesegaran nasi kotak di tangan konsumen.

Dari sisi akademis, Penelitian ini berkontribusi ilmiah pada literatur Teknik Industri dan Manajemen Logistik, khususnya dalam penerapan *metaheuristik* pencarian rute terpadu untuk komoditas pangan mudah rusak (*perishable food*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

product). Penelitian ini mendemonstrasikan integrasi praktis antara pustaka optimasi industri (Google OR-Tools), *routing engine* sumber terbuka (GraphHopper), dan basis data relasional ringan (SQLite) ke dalam purwarupa aplikasi web interaktif yang siap pakai bagi skala UMKM.

1.5 Batasan Masalah dan Asumsi

Supaya penelitian ini lebih terarah dan fokus, ditetapkan batasan masalah dan asumsi sebagai berikut:

A. Batasan Masalah

Berikut merupakan batasan ruang lingkup operasional dan administratif supaya penelitian tidak meluas ke luar konteks.

1. Objek penelitian difokuskan pada aktivitas distribusi produk catering box dari depot Inzan Catering yang berlokasi di Jl. Tembi, Gatak, Timbulharjo, Kec. Sewon, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Data permintaan pelanggan yang digunakan sebagai basis pengujian adalah data historis pengiriman pada periode April 2026.
3. Pengukuran efisiensi rute berfokus pada minimalisasi parameter total jarak tempuh (dalam kilometer) dan alokasi armada secara otomatis.
4. Optimasi rute dibatasi pada permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows* (CVRPTW) dengan satu depot, armada homogen (empat motor) dengan maksimal kapasitas 35 box, serta batas waktu pengiriman 180 menit.
5. Matriks jarak dan waktu tempuh antar titik diperoleh melalui *routing engine* GraphHopper, bukan pengukuran langsung di lapangan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

6. Luaran penelitian ini adalah purwarupa sistem (*prototype*) berbasis web Streamlit yang bersifat fungsional; pengujian ketergunaan secara formal (*usability testing*) berada di luar ruang lingkup penelitian ini.
7. Model tetap CVRPTW namun dalam model ini menggunakan kasus khusus CDD di mana jendela waktu seluruh pelanggan seragam: $[a_i,b_i]=[0,T]$ untuk semua i.

B. Asumsi

Berikut merupakan kondisi yang diasumsikan supaya model matematis dapat bekerja dengan stabil.

1. Kondisi lalu lintas direpresentasikan melalui koefisien kemacetan dinamis (γ) pada tujuh periode waktu; tidak dilakukan pengukuran lalu lintas secara *real-time*.
2. Kualitas *catering box* dianggap tetap terjaga sepanjang pengiriman selesai dalam batas *common due date* 180 menit, tanpa memerlukan pemodelan *cold chain*.
3. Jumlah armada yang tersedia mencukupi total permintaan pelanggan pada periode yang dijadwalkan.
4. Data permintaan pelanggan dianggap tetap (static) dan sudah diketahui sebelum proses optimasi rute dilakukan.
5. Waktu bongkar muat di setiap titik pelanggan seragam, yaitu 5 menit.
6. Motor homogen sejumlah 4 motor dengan konsumsi bahan bakar 35 Km per liter.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan skripsi ini disusun dalam lima bab yang saling berkaitan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai proses penelitian, mulai dari identifikasi masalah hingga penarikan kesimpulan. Adapun rincian pembahasan pada setiap bab adalah sebagai berikut.

Bab I menguraikan latar belakang inefisiensi distribusi *catering box* di Inzan Catering Bantul yang selama ini direncanakan secara manual. Bab ini juga memuat pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat praktis dan akademis, serta batasan masalah dan asumsi penelitian.

Bab II memaparkan kajian penelitian terdahulu sebagai dasar posisi kebaruan, serta landasan teori yang meliputi: manajemen rantai pasok makanan mudah rusak (*perishable food*), teori dasar *Vehicle Routing Problem* (VRP) dan model matematis CVRPTW, prinsip kerja pustaka Google OR-Tools beserta metode *Saving Matrix* dan *Guided Local Search* (GLS), konsep koefisien kemacetan lalu lintas, serta teknologi pendukung (Python, Streamlit, dan GraphHopper).

Bab III menjelaskan tahapan penelitian secara sistematis, mencakup: objek penelitian, identifikasi variabel, metode pengumpulan data (wawancara dan dokumentasi), kendala model CVRPTW, prosedur komputasi optimasi rute terpadu menggunakan modul Google OR-Tools, serta arsitektur perancangan antarmuka purwarupa aplikasi Streamlit.

Bab IV menyajikan data input operasional, memaparkan hasil pengolahan data berupa rute distribusi optimal per kendaraan homogen beserta visualisasi koordinatnya, melakukan analisis komparatif performa rute usulan terhadap rute

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

eksisting manual, serta menguji fungsionalitas purwarupa aplikasi CVRPTW Katering Optimizer.

Bab V berisi kesimpulan yang menjawab setiap pertanyaan penelitian, saran praktis bagi Inzan Catering terkait implementasi rute baru dan penggunaan aplikasi, serta rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian optimasi rute distribusi *catering box* pada Inzan Catering Bantul menggunakan model CVRPTW yang diselesaikan dengan metode *Savings* dan metaheuristik *Guided Local Search* (GLS) melalui pustaka Google OR-Tools, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rute hasil optimasi Google OR-Tools terbukti lebih efisien dibandingkan rute eksisting Inzan Catering dari aspek total jarak tempuh. Pada data pengujian 24 April 2026, rute usulan menghasilkan total jarak tempuh harian sebesar 320,4 km, lebih hemat 62,4 km (16,3%) dibandingkan rute eksisting 382,8 km. Penghematan pada slot siang (17,92%) lebih besar dibandingkan slot sore (14,48%). Penghematan finansial per minggu dapat dicapai senilai Rp. 707.567. Selain itu, sistem optimasi berhasil mengurangi kebutuhan armada operasional dari 4 kurir menjadi 3 kurir per slot pengiriman (efisiensi 25%).
2. Rute distribusi optimal yang dihasilkan oleh Google OR-Tools dengan metaheuristik Guided Local Search berhasil memenuhi seluruh batasan operasional secara simultan. Model CVRPTW terpadu menghasilkan 6 rute harian (3 rute per slot) yang seluruhnya dinyatakan *feasible*, 100% pelanggan terlayani dalam batas waktu *Common Due Date* (CDD) 180 menit, kapasitas armada (35 box/motor) tidak terlampaui, setiap pelanggan dikunjungi tepat satu kali, dan seluruh rute dimulai serta diakhiri di depot pusat. Integrasi koefisien kemacetan dinamis (γ = 1,0 – 1,6) menghasilkan estimasi waktu

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

tempuh yang lebih realistis, dengan selisih 14–17 menit lebih konservatif dibandingkan estimasi tanpa kemacetan.

3. Purwarupa aplikasi berbasis web (Streamlit) yang mengintegrasikan Google OR-Tools dan GraphHopper berhasil dirancang dan berfungsi sebagai sistem perencanaan rute distribusi katering secara otomatis dan sistematis. Aplikasi CVRPTW Katering Optimizer mampu menerima data pesanan harian (manual, CSV, atau basis data), mengambil matriks jarak riil dari *routing engine* GraphHopper secara paralel (16 *threads*, akurasi selisih < 3% terhadap Google Maps), menjalankan optimasi rute terpadu dalam waktu 35–70 detik, menampilkan visualisasi peta interaktif Folium, serta membagikan manifes rute ke kurir melalui pesan WhatsApp otomatis yang dilengkapi tautan navigasi Google Maps per titik pengiriman serta dilengkapi dengan fitur inventaris pelanggan tetap yang memungkinkan pemanggilan data pelanggan lama tanpa perlu input ulang, dan fitur *geocoding* alamat yang mengkonversi alamat teks menjadi koordinat geografis secara otomatis.

5.2 Saran

Berdasarkan keterbatasan yang teridentifikasi selama penelitian, berikut adalah saran untuk pengembangan penelitian dan sistem di masa depan:

1. Pengembangan fitur dynamic re-routing: Menambahkan kemampuan sistem untuk menyisipkan pesanan baru (*last-minute orders*) ke rute yang sudah berjalan tanpa memerlukan re-optimasi ulang dari awal. Fitur ini memerlukan implementasi algoritma penyisipan heuristik (*cheapest insertion*) yang bekerja secara inkremental pada solusi rute aktif.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

2. Kalibrasi koefisien kemacetan berbasis data empiris: Menggantikan nilai γ yang saat ini ditetapkan berdasarkan asumsi umum dengan data kemacetan empiris yang diperoleh dari sumber *real-time* (misalnya Google Traffic API atau data historis lalu lintas). Kalibrasi ini akan meningkatkan akurasi estimasi waktu tempuh, terutama pada periode transisi kemacetan yang bersifat dinamis.
3. Pengembangan arsitektur multi-depot: Mengembangkan model optimasi untuk mendukung skenario beberapa titik depot, yang relevan apabila Inzan Catering membuka cabang produksi kedua di lokasi berbeda. Pengembangan ini memerlukan modifikasi pada kelas ORToolsCVRPTW untuk mendukung RoutingIndexManager dengan parameter depot jamak.
4. Pengujian ketergunaan (usability testing) dengan pengguna akhir: Melakukan evaluasi formal antarmuka dashboard Streamlit bersama admin operasional Inzan Catering menggunakan metrik standar seperti *System Usability Scale* (SUS) untuk mengidentifikasi hambatan penggunaan dan meningkatkan kualitas pengalaman pengguna (*user experience*).
5. Migrasi ke layanan cloud-based routing engine: Menggantikan ketergantungan pada server GraphHopper lokal dengan layanan perutean berbasis *cloud* (misalnya GraphHopper Directions API komersial atau OpenRouteService) untuk meningkatkan portabilitas, ketersediaan (*availability*), dan skalabilitas sistem tanpa memerlukan infrastruktur lokal tambahan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR PUSTAKA

Agrawal, A. K., & Yadav, S. (2022). A genetic algorithm model for optimizing vehicle routing problems with perishable products under time-window and quality requirements. *Decision Analytics Journal*, *5*, 100139. https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100139

Ali, A., Tahir, A., Ahmed, N., Trafialek, J., Alohali, B. M., Mohamed Ahmed, I. A., Manzoor, M. F., & Madilo, F. K. (2026). Food safety in the catering sector: Nonconformities, challenges, and strategic interventions with insights from South Asia and Africa. *Food Science & Nutrition*, *14*(1), e71400. https://doi.org/10.1002/fsn3.71400

Almutairi, A. M., Alghazzawi, D., & Almotiri, S. H. (2025). An emission-capacitated vehicle routing model for sustainable urban waste collection using hybrid guided local search. *Scientific Reports*, *15*, PMC12946196. https://doi.org/10.1038/s41598-025-XXXXX

Bonfanti, A., Rossato, C., Vigolo, V., & Vargas-Sánchez, A. (2023). Improving online food ordering and delivery service quality by managing customer expectations: Evidence from Italy. *British Food Journal*, *125*(13), 164–182. https://doi.org/10.1108/BFJ-08-2022-0694

Bräysy, O., & Gendreau, M. (2005). Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part I: Route Construction and Local Search Algorithms. *Transportation Science*, *39*(1), 104–118. https://doi.org/10.1287/trsc.1030.0056

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. *Congrès de La Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à La Décision (ROADEF 2023)*. https://hal.science/hal-04015496/

Fikejz, J., Brázdová, M., & Jánošíková, Ľ. (2024). Modification of the Clarke and Wright Algorithm with a Dynamic Savings Matrix. *Journal of Advanced Transportation*, *2024*. https://doi.org/10.1155/2024/8753106

Gajpal, Y., Roy, V., & Sahay, B. S. (2019). Vehicle routing for a mid-day meal delivery distribution system. *Heliyon*, e01158. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019

Hartantyo, S. H. P., Selvaraj, R., Ho, J., Oh, J. Q., Er, J. C., Li, A., & Aung, K. T. (2023). Food safety controls during bulk food preparation—An observational analysis. *Foods*, *12*(12), 2376. https://doi.org/10.3390/foods12122376

Intraluk, T., & Pham, D. T. (2024). *Optimizing vehicle routing for perishable food logistics ensuring freshness and efficiency* [Thammasat University]. https://doi.org/10.14457/TU.the.2024.536

STATE ISLAMIC UNIVERSITY SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

Kementerian Keuangan Republik Indonesia. (2023). *Laporan Kinerja Logistik Nasional Tahun 2023*.

Khorasani, M., Abdou, M., & Hernández, J. (2024). *Streamlit essentials: Building interactive data applications with Python*. Helion.

Lenstra, J. K., & Rinnooy Kan, A. H. G. (1981). Complexity of vehicle routing and scheduling problems. *Networks*, *11*(2), 221–227. https://doi.org/10.1002/net.3230110211

Macias, W., Rodriguez, K., & Barriga, H. (2023). Determinants of satisfaction with online food delivery providers and their impact on restaurant brands. *Journal of Hospitality and Tourism Technology*, *14*(4), 521–537. https://doi.org/10.1108/JHTT-04-2021-0117

Neo, F. R., & Rato, Y. Y. D. (2024). Analisis Manajemen Rantai Pasok Komoditi Bawang Merah di Kebun Praktek Fakultas Teknologi Pangan Pertanian dan Perikanan Universitas Nusa Nipa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, 10*(6), 1032–1044. https://doi.org/10.5281/zenodo.11077174

Osman, S. A., Xu, C., Akuful, M., & Paul, E. R. (2023). Perishable food supply chain management: Challenges and the way forward. *Open Journal of Social Sciences*, *11*, 349–364. https://doi.org/10.4236/jss.2023.117025

Perron, L., Didier, F., & Gay, S. (2023). The CP-SAT-LP solver [Invited talk]. In R. H. C. Yap (Ed.), *29th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP 2023)* (Vol. 280, pp. 3:1–3:2). Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik. https://doi.org/10.4230/LIPIcs.CP.2023.3

Rathore, P., Kumar, S., & Agarwal, S. (2022). Multimodal routing framework for urban environments considering real-time air quality and congestion. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, *16*, 2022069. https://doi.org/10.1007/s44273-022-00010-5

Rojas-Trejo, M. A., Hernández-Gress, E. S., Sánchez-Partida, D., & Mart\'\inez-Flores, J. L. (2024). A routing model for the distribution of perishable food in a green cold chain. *Mathematics*, *12*(2), 332. https://doi.org/10.3390/math12020332

Samasti, M., & Küçükdeniz, T. (2023). Optimization strategies in supply chain management of perishable products: A literature review. *UA-ZIR Dergisi*, *2*(1), 27–41. https://dergipark.org.tr/tr/pub/uazimder/issue/77749/1241531

Sena, I., Ribeiro, T. B., Silva, A. S., Fernandes, F. P., Costa, L. A., & Pereira, A. I. (2026). Performance Benchmarking of OR-Tools Methods for Capacitated Vehicle Routing Problems with Time Windows. In A. I. Pereira & others (Eds.), *Optimization, Learning Algorithms and Applications* (pp. 95–110). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-032-00137-5_7

STATE ISLAMIC UNIVERSITY SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

Silva, A. S., Alves, F., de Tuesta, J. L., Rocha, A. M. A. C., Pereira, A. I., Silva, A. M. T., & Gomes, H. T. (2023). Capacitated Waste Collection Problem Solution Using an Open-Source Tool. *Computers*, *12*(1), 15. https://doi.org/10.3390/computers12010015

Silva, A. S., Lima, J., Silva, A. M. T., Gomes, H. T., & Pereira, A. I. (2024). Time-dependency of Guided Local Search to Solve the Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows. In A. I. Pereira & others (Eds.), *Optimization, Learning Algorithms and Applications* (pp. 93–108). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-53025-8_7

Simanjuntak, L. F., Hasugian, A. B., Hutagalung, S. L., Sitanggang, C. B., Pinem, D. A., & Anggiani, E. (2025). Manajemen Rantai Pasok Berkelanjutan Dalam Industri Makanan: Studi Literatur Tentang Praktik Dan Tantangan. *Jurnal Rumpun Manajemen Dan Ekonomi*, *2*(2), 186–197. https://doi.org/10.61722/jrme.v2i2.4227

Solomon, M. M. (1987). Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. *Operations Research*, *35*(2), 254–265. https://doi.org/10.1287/opre.35.2.254

Tunnisaki, F., & Sutarman. (2023). Clarke and Wright Savings Algorithm as Solutions Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup Delivery (VRPSPD). *Journal of Physics: Conference Series*, *2421*(1), 12045. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2421/1/012045

Wouda, N. A., Lan, L., & Kool, W. (2024). PyVRP: A high-performance VRP solver package. *INFORMS Journal on Computing*, *36*(4), 943–955. https://doi.org/10.1287/ijoc.2023.0055

Yin, R., & Lu, P. (2022). A cluster-first route-second constructive heuristic method for emergency logistics scheduling in urban transport networks. *Sustainability*, *14*(4), 2301. https://doi.org/10.3390/su14042301

Zhang, B., & Mohammad, J. (2024). Sustainability of perishable food cold chain logistics: A systematic literature review. *SAGE Open*, *14*(3). https://doi.org/10.1177/21582440241280455

Zhao, F., Si, B., Wei, Z., & Lu, T. (2023). Time-dependent vehicle routing problem of perishable product delivery considering the differences among paths on the congested road. *Operational Research*, *23*(1), 5. https://doi.org/10.1007/s12351-023-00751-3

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA