

Optimasi *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW)
Menggunakan Metode *Variable Neighborhood Search* (VNS)

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Informatika



Oleh :

Munawaroh Syahfitri
NIM 09021282025107

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Optimasi *Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW)*
Menggunakan Metode *Variable Neighborhood Search (VNS)*

Oleh:

Munawaroh Syahfitri

NIM: 09021282025107

Palembang, 9 Januari 2025

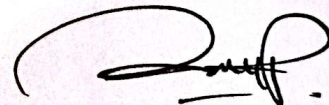
Pembimbing I



Yunita, M.CS.

NIP. 198306062015042002

Pembimbing II



Anggina Pramanita, M.IT., Ph.D.

NIP. 198908062015042002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, Ph.D.

NIP. 198004182020121001

TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF

Pada hari Selasa tanggal 31 Desember 2024 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Munawaroh Syahfitri

NIM : 09021282025107

Judul : Optimasi *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW)

Menggunakan Metode *Variable Neighborhood Search* (VNS)

Dan dinyatakan LULUS.

1. Ketua

Alvi Syahrini Utami, M.Kom.

197812222006042003



2. Penguji 1

Mastura Diana Marieska, M.T

198603212018032001



3. Pembimbing 1

Yunita, M.Cs.

198306062015042002



4. Pembimbing 2

Anggina Primanita, M.IT., Ph.D.

198908062015042002



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, Ph.D.

NIP. 198004182020121001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Munawaroh Syahfitri
NIM : 09021282025107
Program Studi : Teknik informatika
Judul : Optimasi *Vehicle Routing Problem With Time Windows*
(VRPTW) Menggunakan Metode *Variable Neighborhood Search* (VNS)

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin : 15%

Menyatakan bahwa Laporan Projek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplak/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplak/plagiat dalam laporan projek ini, maka saya akan bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan siapapun.



Palembang, Januari 2024



Syahfitri
:820107

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

“Strive for excellence in all endeavors”

Kupersembahkan Karya Tulis ini kepada

- Allah
- Orang Tua
- Keluarga Besar
- Fakultas Ilmu Komputer
- Universitas Sriwijaya

ABSTRACT

The distribution of goods in the logistics sector faces challenges in optimizing distance, time, and delivery route efficiency. The Vehicle Routing Problem (VRP), including its variant VRPTW, which considers time constraints, is an effective approach to address these challenges. This study applies the Variable Neighborhood Search (VNS) algorithm as a heuristic method to solve the VRPTW. VNS leverages diverse solution exploration and local search to enhance solution quality. Using the Gehring-Homberger dataset, the method achieved a 15.16% improvement in distance efficiency, with a slight time decrease of 0.37%. The results demonstrate that the VNS algorithm can produce near-optimal solutions, with efficiency influenced by initial solutions and iterations. This study contributes to logistics optimization and opens opportunities for further development, such as integrating other methods or applying the approach to larger, more complex datasets.

Keywords: VRP, VRPTW, VNS, Logistics distribution

Supervisor I



Yunita, M.CS.

NIP. 198306062015042002

Supervisor II

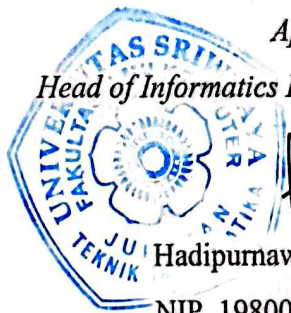


Anggina Primanita, M.IT., Ph.D.

NIP. 198908062015042002

Approve

Head of Informatics Engineering Department



Hadipurnawan Satria, Ph.D.

NIP. 198004182020121001

ABSTRAK

Distribusi barang dalam sektor logistik menghadapi tantangan optimasi jarak, waktu, dan efisiensi rute pengiriman. Vehicle Routing Problem (VRP) menjadi salah satu pendekatan efektif, termasuk variannya, VRPTW, yang mempertimbangkan batasan waktu. Penelitian ini menerapkan algoritma Variable Neighborhood Search (VNS) sebagai metode heuristik untuk menyelesaikan VRPTW. VNS memanfaatkan eksplorasi lingkungan solusi yang bervariasi dan pencarian lokal untuk meningkatkan kualitas solusi. Dataset Gehring-Homberger digunakan, menghasilkan efisiensi jarak 15,16% lebih baik, meski waktu sedikit menurun sebesar 0,37%. Hasilnya menunjukkan algoritma VNS mampu menghasilkan solusi mendekati optimal, dengan efisiensi tergantung pada solusi awal dan iterasi. Studi ini berkontribusi pada optimasi logistik dan membuka peluang pengembangan lebih lanjut.

Kata Kunci : VRP, VRPTW, VNS, Distribusi Barang Logistik.

Pembimbing I



Yunita, M.CS.

NIP. 198306062015042002

Pembimbing II



Anggina Primanita, M.IT., Ph.D.

NIP. 198908062015042002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, Ph.D.

NIP. 198004182020121001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas nikmat, kesehatan, kesempatan, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian berjudul “*Vehicle Routing Problem With Time Windows* dengan Metode VNS” sebagai syarat kelulusan Strata-1 (S1) di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyusunan skripsi ini.

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Bapak Prof. Dr. Erwin, S.Si., M.Si., sebagai Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Hadipurnawan Satria, Ph.D., sebagai Ketua Jurusan Teknik Informatika di Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Yunita, M.CS., dan Ibu Anggina Primanita, M.IT., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing 1 dan 2, atas bimbingan serta kesabarannya dalam membantu penulis menyelesaikan skripsi.
5. Drs Irwansyah Djamal sebagai ayah dan Yulia Puspanita, SSi., sebagai ibunda tercinta atas segala doa, cinta, dukungan, serta pengorbanan yang tanpa henti. Semangat dan bimbingan yang diberikan telah menjadi sumber kekuatan bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi.

6. Diri sendiri, yang telah berjuang melewati berbagai badai dan tetap tegar serta tidak menyerah dalam situasi tersulit adalah bukti dari kekuatan dan keteguhan yang telah membawa penulis sampai ke tahap ini.
7. Sahabat kecil penulis, Fatimah Azzahrah telah memberikan semangat dan kekuatan saat menghadapi berbagai tantangan selama penyusunan skripsi.
8. Teman-teman penulis, Nurhaleza Idris, Diah Shinta, Atikah Syifa Warastri, Afifah Putri Mevtilina, serta teman-teman lainnya yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, telah memberikan semangat dan kekuatan saat menghadapi berbagai tantangan selama penyusunan skripsi.
9. Seluruh staf Jurusan Teknik Informatika dan Fakultas Ilmu Komputer Sriwijaya.

Penulis menyadari skripsi ini masih memiliki kekurangan karena keterbatasan ilmu dan pengalaman. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan ke depan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak. Terima kasih.

Palembang, 30 Desember 2024



Munawaroh Syahfitri

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Latar Belakang.....	1
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Batasan Masalah.....	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
1.8 Kesimpulan.....	6
BAB II KAJIAN LITERATUR	1
2.1 Pendahuluan	1
2.2 Landasan Teori.....	1
2.2.1 Vehicle Routing Problem (VRP).....	1
2.2.2 Vehicle Routing Problem With Time Windows.....	3
2.2.3 Metode Heuristik	7
2.2.4 Variable Neighborhood Search (VNS).....	8
2.2.5 Two-opt.....	11
2.2.6 Two-opt star.....	11
2.2.7 Shaking.....	12
2.2.8 Rasio Efisiensi pada VRPTW dan VNS.....	12
2.2.9 Jarak Euclidean	12

2.2.10	Rational Unified Process	13
2.3	Penelitian Yang Relevan.....	15
2.4	Kesimpulan.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		1
3.1	Pendahuluan	1
3.2	Pengumpulan Data	1
3.3	Tahapan Penelitian	14
3.3.1	Studi Literatur	14
3.3.2	Pengolahan dan Analisis Data	15
3.3.3	Perancangan Metode.....	15
3.3.4	Implementasi Sistem.....	15
3.3.5	Analisa Sistem	16
3.4	Kriteria Pengujian.....	17
3.5	Kerangka Kerja	18
3.6	Metode Pengembangan Perangkat Lunak.....	20
3.5.1	Fase Inception	20
3.5.2	Fase Elaboration.....	21
3.5.3	Fase Construction.....	21
3.5.4	Fase Transition	22
3.7	Manajemen Proyek Penelitian.....	22
3.8	Kesimpulan.....	24
BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK		1
4.1	Pendahuluan	1
4.2	Fase Insepsi	1
4.2.1.	Pemodelan Bisnis	1
4.2.2.	Kebutuhan Sistem	2
4.2.3.	Analisis dan Perancangan	2
4.3	Fase Elaborasi	6
4.3.1.	Pemodelan Bisnis	6
4.3.2.	Kebutuhan Sistem	7
4.3.3.	Diagram.....	7
4.4	Fase Konstruksi	11
4.4.1.	Pemodelan Bisnis	11

4.4.2. Implementasi	12
4.5 Fase Transisi.....	14
4.6 Kesimpulan.....	17
BAB V HASIL DAN ANALISIS PENGUJIAN	1
5.1 Pendahuluan	1
5.2 Data Hasil Percobaan/Penelitian	1
5.2.1 Konfigurasi Pengujian.....	1
5.2.2 Hasil Pengujian VRPTW	3
5.2.3 Hasil pengujian menggunakan VNS	4
5.2.4 Perhitungan Rasio Efisiensi	5
5.3 Analisis Hasil Pengujian.....	6
5.4 Kesimpulan.....	7
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	1
6.1 Kesimpulan.....	1
6.2 Saran	2
DAFTAR PUSTAKA	xv

DAFTAR TABEL

Tabel III-1 Sample Data.....	III-3
Tabel III-2 Hasil Perhitungan Jarak Euclidean	III-4
Tabel III-3 Hasil Perhitungan.....	III-7
Tabel III-4 WBS.....	III-22
Tabel IV-1 Kebutuhan Fungsional.....	IV-2
Tabel IV-2 Kebutuhan non-fungaional	IV-2
Tabel IV-3 Definisi Pengguna Use Case	IV-4
Tabel IV-4 Definisi Diagram Use Case	IV-4
Tabel IV-5 Skenario Input Data Lokasi	IV-5
Tabel IV-6 Skenario Optimasi Rute.....	IV-5
Tabel IV-7 Skenario Visualisasi Hasil.....	IV-6
Tabel IV-8 Rencana Pengujian Use Case Melakukan Dataset	IV-15
Tabel IV-9 Rencana Pengujian Use Case	IV-15
Tabel IV- 10 Rencana Pengujian Use Case Melakukan Algoritma VNS	IV-15
Tabel IV-11 Implementasi Pengujian Use Case Melakukan Input Dataset.....	IV-16
Tabel IV-12 Implementasi Pengujian Use Case Melakukan Input.....	IV-16
Tabel IV-13 Implementasi Pengujian Use Case Melakukan Algoritma VNS.....	IV-17
Tabel V-1 Dataset	V-2
Tabel V2 Hasil Data Pengujian VRPTW.....	V-4
Tabel V-3 Hasil Data Pengujian VNS	V-7

DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1 Visualisasi Permasalahan VRPTW	II-5
Gambar II-2 Alur VRPT	II-7
Gambar II-3 Alur Pseudocode VNS	II-11
Gambar II-4 Rational Unified Process (RUP)	II-13
Gambar III-1 Alur Penelitian	III-14
Gambar III-2 Alur Kerangka Kerja.....	III-18
Gambar IV-1 Diagram Use Case	IV-4
Gambar IV-2 Activity Diagram Optimasi Rute.....	IV-7
Gambar IV-3 Activity Diagram Visualisasi Hasil	IV-8
Gambar IV-4 Sequence Diagram Optimasi Rute.....	IV-9
Gambar IV-5 Sequence Diagram Visualisasi Hasil.....	IV-10
Gambar IV-6 Class Diagram Optimasi Rute dan Hasil	IV-11
Gambar IV-8 Gambar Grafik Hasil Visualisasi.....	IV-12
Gambar IV-9 Gambar Hasil Proses Data (Optimasi Rute)	IV-13
Gambar V-1 Hasil Grafik Visualisasi VRPTW	V-5
Gambar V-2 Hasil Grafik Visualisasi VNS	V-7

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Pada bab pendahuluan akan membahas latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, sistematika penulisan serta kesimpulan. Bab ini akan memberikan penjelasan umum mengenai keseluruhan penelitian. Pendahuluan dimulai dengan penjelasan mengenai masalah yang ada dan bagaimana penyelesaian yang akan dicoba.

1.2 Latar Belakang

Di zaman sekarang perkembangan dalam pendistribusian barang di bidang logistik menjadi salah satu masalah yang sering terjadi saat ini. Dalam proses distribusi, semua perusahaan mengharapkan agar dapat mengoptimalkan biaya pendistribusi jadi lebih efisien. Penentuan jadwal dan rute pengiriman yang optimal dapat menggunakan *Vehicle Routing Problem* (VRP). VRP dapat dideskripsikan sebagai permasalahan mendesain rute pengiriman/pengumpulan yang optimal atau rute pengumpulan dari satu atau beberapa depot ke beberapa supplier yang lokasinya tersebar secara geografis dengan memenuhi kendala yang ada.(Soenandi et al., 2019)

Salah satu cara yang efektif dalam peningkatan performansi distribusi dalam sistem logistik adalah dengan melakukan penentuan rute kendaraan yang paling optimal. VRP dapat dengan berbagai strategi yang digunakan berdasarkan berbagai kendala seperti jumlah kendaraan yang digunakan, jarak antar

customer, dan juga berdasarkan *time windows* yang dimiliki pelanggan.

Dalam VRP terdapat satu atau lebih depot yang akan melayani sejumlah pelanggan dengan adanya batasan tertentu. (Babae Tirkolae et al., 2019). Batasan yang paling umum adalah adanya kapasitas maksimum dari kendaraan yang digunakan dalam sistem logistik tersebut. Pada kenyataannya selain terdapat batasan kapasitas dari kendaraan yang digunakan seringkali terdapat juga batasan waktu yang terbatas atau spesifik. Perluasan dari VRP adalah *Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)* yang mempertimbangkan kendala interval waktu pelayanan dikenal dengan *time windows* untuk memperoleh jarak tempuh dan waktu yang optimal dari setiap kendaraan dalam melayani pelanggan dengan interval waktu tertentu (Anggela, 2021). VRPTW merupakan permasalahan NP-hard (*Nondeterministic Polynomial Time*) sehingga metode *exact optimization* sulit untuk menyelesaikan kasus VRP.

Dalam VRPTW memiliki tiga metode yaitu terdapat metode *Exact Algorithms* yang hasilnya yang optimal namun hal ini dapat dilakukan hanya dalam masalah yang relatif kecil, metode Metaheuristic memiliki perhitungan dalam masalah optimasi yang kompleks dengan algoritma yang relatif mudah dalam waktu yang wajar meskipun tidak menjamin solusi yang optimal. Metode Heuristic mengurangi jumlah langkah atau waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah dengan data relatif besar, dibandingkan dengan metode pencarian exact, terutama saat masalahnya sangat kompleks dan juga menghasilkan perhitungan yang lebih optimal (Ghaemifard & Ghannadiasl,

2024). Apabila dapat diselesaikan dengan metode eksak maka akan menghabiskan waktu yang sangat lama terutama untuk jumlah nodes yang besar (*large instance*). Untuk mendapatkan solusi yang relevan dengan kondisi real dan sangat dekat dengan solusi yang optimal maka digunakanlah metode heuristik atau metaheuristik (Zhang et al., 2022). Penelitian ini mencari sebuah metode Heuristik untuk penyelesaian VRPTW yaitu *Variable Neighborhood Search* (VNS). Dengan menggunakan Algoritma-VNS untuk skema dalam tahap pencarian solusi (*neighborhood search*). Mengandalkan prinsip memilih pelanggan terdekat untuk ditambahkan ke rute kendaraan. Dengan mengolah data yang tersedia menggunakan jendela waktu dan dengan metode VNS dapat memanfaatkan konsep lingkungan solusi yang bervariasi, yang memungkinkan algoritma untuk menjelajahi ruang solusi dengan cara yang lebih fleksibel. Dalam setiap lingkungan solusi, VNS dapat menggabungkan pencarian lokal untuk meningkatkan kualitas solusi. Kombinasi pencarian lokal dengan berbagai lingkungan solusi membantu meningkatkan kemungkinan menemukan solusi yang optimal atau mendekati optimal.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menghasilkan rute optimal pada distribusi barang dengan VRPTW?
2. Bagaimana performa VNS dalam menghasilkan rute distribusi yang optimal berdasarkan jarak tempuh dan waktu pelayanan pada VRPTW?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Mencari rute distribusi barang yang optimal perdistribusian barang dengan VRPTW.
2. Mencari performa VNS dalam menghasilkan rute distribusi yang optimal berdasarkan jarak tempuh dan waktu pelayanan pada VRPTW.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Membantu perusahaan dalam memberikan strategi dalam jalur terpendek penentuan distribusi barang yang optimal.
2. Sebagai referensi bagi peneliti lain yang tertarik dengan VRPTW dan metode VNS.

1.6 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah pada ini adalah:

1. Data yang diambil didapat dari database Gehring-Homberger Benchmark yang merupakan dataset standar untuk permasalahan VRPTW.
2. Optimasi rute distribusi barang dengan mempertimbangkan variabel data, seperti jarak, waktu, dan permintaan pelanggan.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bagian ini memperjelas landasan, pembahasan topik, gagasan

utama serta kebermanfaatan penyelidikan, batasan permasalahan/ruang lingkup, tata cara penelitian, termasuk sistematika penyusunannya.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Elemen ini akan memperjelas landasan teori riset/eksperimen, yakni *Vehicle Routing Problem*, *Vehicle Routing Problem With Time Windows*, Metode Heuristik, *Variable Neighborhood Search* dan *Rational Unified Process*.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Elemen ini membahas beraneka ragam tahapan riset sebagaimana yang akan diimplementasikan. Setiap rencana tahap eksplorasi digambarkan secara luas di inti sari strukturnya. Bagian ini diakhiri dengan sebuah proyek dimana menguraikan pendekatan eksekutif dalam memandu penelitian.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Elemen ini akan mendemonstrasikan metode sebagaimana diungkapkan paling sering dimanfaatkan dalam pendayagunaan penelitian Optimasi Rute *Vehicle Routing Problem With Time Windows* dengan Metode *Variable Neighborhood Search*.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Elemen ini menghadirkan temuan eksperimen/riset merujuk pada tahapan sebagaimana sudah diselesaikan peneliti. Kajian yang diberikan merupakan landasan bagi tujuan dimana hal tersebut mendasari riset ini.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini menawarkan kesimpulan serta konseptualisasi dimaksudkan agar berguna dalam analisis selanjutnya.

1.8 Kesimpulan

Dari pendahuluan ini, telah diuraikan secara umum pokok-pokok pikiran yang melandasi penelitian yang akan dilakukan, meliputi latar belakang dan rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji Santoso, D., & Alimul Karim, A. (2023). Analisis Rute Distribusi Produk Tahu Menggunakan Metode Algoritma Heuristic. *JIsAT*, 5(1), 1–5.
- Anggela, Y. J. (2021). *Implementasi Model Vehicle Routing Problem with Windows (VRPTW) Terhadap Biaya Operasional Kendaraan pada Pendistribusian Air Galon*. 16–19.
- Babae Tirkolae, E., Abbasian, P., Soltani, M., & Ghaffarian, S. A. (2019). Developing an applied algorithm for multi-trip vehicle routing problem with time windows in urban waste collection: A case study. *Waste Management and Research*, 37(1_suppl), 4–13. <https://doi.org/10.1177/0734242X18807001>
- Engraini, V., Meirizha, S. N., & Dermawan, D. (2020). Optimasi Vehicle Routing Problem di PT. XYZ Menggunakan Metode Clarke and Wright Saving Heuristic dan Nearest Neighbour. *Sntiki*, 12, 435–442.
- Ghaemifard, S., & Ghannadiasl, A. (2024). A Comparison of Metaheuristic Algorithms for Structural Optimization: Performance and Efficiency Analysis. *Advances in Civil Engineering*, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/2054173>
- Gehring, H., & Homberger, J. (1999). *A parallel hybrid evolutionary metaheuristic for the vehicle routing problem with time windows. Proceedings of EUROGEN*, 2, 57-64. <http://www.vrp-rep.org/references/item/gehring-and-homberger-1999.html>
- Hansen, P., Mladenović, N., & Moreno Pérez, J. A. (2010). Variable neighbourhood search: Methods and applications. *Annals of Operations Research*, 175(1), 367–407. <https://doi.org/10.1007/s10479-009-0657-6>
- Karim, M. K., Setiawan, B. D., & Adikara, P. P. (2018). Optimasi Vehicle

- Routing Problem With Time Windows (VRPTW) Pada Rute Mobile Grapari (MOGI) Telkomsel Cabang Malang Menggunakan Algoritme Genetika. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(8), 2702–2709. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Kashyap, G. S., Brownlee, A. E. I., Phukan, O. C., Malik, K., & Wazir, S. (2023). *Roulette-Wheel Selection-Based PSO Algorithm for Solving the Vehicle Routing Problem with Time Windows*. <http://arxiv.org/abs/2306.02308>
- Maghfiroh, M. F. N. (2021). Solving Multi-Objective Paired Single Row Facility Layout Problem Using Hybrid Variable Neighborhood Search. *Jurnal Teknik Industri*, 23(2), 171–182. <https://doi.org/10.9744/jti.23.2.171-182>
- Shafa Zahra. (2021). *Optimasi Vehicle Routing Problem (VRP) dengan Menggunakan Metode Nearest Neighbour Pada Pendistribusian Paku di PT Putra Bandar Wiretama*. 1–65. https://repositori.uma.ac.id/jspui/bitstream/123456789/15614/2/178150018_Shafa_Zahra_Fulltext.pdf
- Silalahi, S. A. (2021). Rute Distribusi Limbah Medis Covid19 dengan VRPTW dan Nearest Neighbor Medical Waste of Covid19 Distribution Route with VRPTW and Nearest Neighbor. & *Logistik (JMTRANSLOG)*, 08(03), 282. <https://journal.itltrisakti.ac.id/index.php/jmtranslog>
- Soenandi, I. A., Joice, J., & Marpaung, B. (2019). Optimasi Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows dengan Menggunakan Ant Colony Optimization. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 3(1), 59. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v3i1.1469>
- Trenggonowati, D. L., & Febriana, N. (2019). Mengukur Efisiensi Lintasan Dan Stasiun Kerja Menggunakan Metode Line Balancing Studi Kasus Pt. Xyz. *Journal Industrial Servicess*, 4(2), 97–105. <https://doi.org/10.36055/jiss.v4i2.5158>
- Uddin, F., Riaz, N., Manan, A., Mahmood, I., Song, O. Y., Malik, A. J., &

Abbasi, A. A. (2023). An Improvement to the 2-Opt Heuristic Algorithm for Approximation of Optimal TSP Tour. *Applied Sciences (Switzerland)*, *13*(12). <https://doi.org/10.3390/app13127339>

Wahyuningsih, S., Satyananda, D., Octoviana, L. T., Jurusan, R. N., Fmipa, M., & Malang, U. N. (2019). Vehicle Routing Problem with Time Windows Variants and its Application in Distribution Optimization. *Jurnal Matematika FMIPA*, 24–35.

Zhang, W., Zeng, M., Guo, P., & Wen, K. (2022). Variable Neighborhood Search for Multi-Cycle Medical Waste Recycling Vehicle Routing Problem with Time Windows. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph191912887>