

**APLIKASI ALGORITMA *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC*
DAN ALGORITMA *SIMULATED ANNEALING* PADA MODEL
ASYMMETRIC CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM
DALAM PENENTUAN RUTE OPTIMAL PENGANGKUTAN SAMPAH
DI KECAMATAN ILIR TIMUR 3**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Matematika**

Oleh:

NADIA RANI

08011281924121



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

**APLIKASI ALGORITMA *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC*
DAN ALGORITMA *SIMULATED ANNEALING* PADA MODEL
ASYMMETRIC CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM
DALAM PENENTUAN RUTE OPTIMAL PENGANGKUTAN SAMPAH
DI KECAMATAN ILIR TIMUR 3**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Matematika**

Oleh :

NADIA RANI

NIM.08011281924121

Pembimbing Kedua



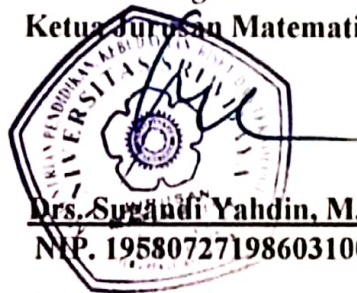
Dr. Evi Yuliza, S.Si., M.Si
NIP. 197807272008012012

**Indralaya, 04 April 2023
Pembimbing Utama**



Indrawati, S.Si., M.Si
NIP. 197106101998022001

**Mengetahui
Ketua Jurusan Matematika**



Drs. Supandi Yahdin, M.M
NIP. 195807271986031003

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Nadia Rani
NIM : 08011281924121
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Matematika

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 04 April 2023

Penulis



Nadia Rani

NIM.08011281924121

LEMBAR PERSEMBAHAN

**“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya
sesudah kesulitan itu ada kemudahan”**

(Q.S Al-Insyirah: 5-6)

Skripsi ini kupersembahkan kepada:

- 1. Allah SWT**
- 2. Orang Tua Tercinta**
- 3. Kakak dan Adik Tersayang**
- 4. Keluarga Besarku**
- 5. Semua Guru dan Dosenku**
- 6. Teman-Temanku**
- 7. Almamaterku**

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji dan syukur atas segala berkat dan karunia Allah SWT yang luar biasa, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Aplikasi Algoritma Cheapest Insertion Heuristic dan Algoritma Simulated Annealing pada Model Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem dalam Penentuan Rute Optimal Pengangkutan Sampah di Kecamatan Ilir Timur 3**” dengan lancar dan baik pada waktunya. Skripsi ini disusun agar dapat memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains bidang studi Matematika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini banyak tantangan dan tidak akan berhasil tanpa adanya dukungan, bimbingan dan bantuan dari pihak lain. Dengan segala rasa hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua tercinta, yaitu **Bapak Matdali** dan **Ibu Yati** yang telah mendidik penulis dengan penuh rasa kasih sayang, serta selalu memberikan do'a untuk penulis selama ini. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu **Indrawati, S.Si., M.Si** selaku Pembimbing Utama dan Ibu **Dr. Evi Yuliza, S.Si., M.Si** selaku Dosen Pembimbing Kedua.
2. Ibu **Dr. Fitri Maya Puspita, S.Si., M.Sc** selaku Dosen Pembahas Pertama dan Penguji Ujian Skripsi serta Bapak **Drs. Endro Setyo Cahyono, M.Si**

selaku Dosen Pembahas Kedua dan Penguji Ujian Skripsi.

3. Ibu **Dr. Dian Cahyawati Sukanda, S.Si., M.Si** selaku Ketua Pelaksana Seminar dan Ujian Skripsi serta selaku Sekretaris Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Ibu **Dr. Sisca Octarina, S.Si., M.Sc** selaku Sekretaris Pelaksana Seminar dan Ujian Skripsi.
5. Bapak **Dr. Ngudiantoro, S.Si., M.Si** selaku Dosen Pembimbing Akademik.

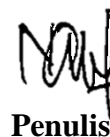
Selanjutnya, dengan segala hormat dan kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M** selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
2. **Seluruh Dosen** Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Teman satu bimbingan yaitu **Miftahul Jannah, Suci Dwicahyani Syafria Rabe, Wike Arvianti Dwi Putri, dan Diah Rindang Haryani.**

Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi seluruh pihak yang membutuhkan terutama mahasiswa Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Indralaya, 04 April 2023



Penulis

**APPLICATION OF THE *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC* AND
SIMULATED ANNEALING ALGORITHM ON MODEL ASYMMETRIC
CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM IN DETERMINATION
OPTIMAL ROUTES FOR WASTE TRANSPORTATION IN THE
DISTRICT OF ILIR TIMUR 3**

By :

NADIA RANI

NIM.08011281924121

ABSTRACT

The waste transportation route problem can be modeled as an Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem (ACVRP) with the condition that the journey from place i to place j is not the same as the trip from place j to i . This study aims to optimize the garbage transport route in the ACVRP model in Ilir Timur 3 District using the Cheapest Insertion Heuristic (CIH) algorithm and the Simulated Annealing (SA) algorithm. Then an analysis and comparison of the results obtained by the two algorithms are carried out. The final result of the optimal route for Working Area (WA) 1 using the CIH algorithm is to obtain a route with a distance of 21.2 km, while using the SA algorithm, a route with a distance of 19.05 km is obtained. For WA 2 using the CIH algorithm and the SA algorithm, the route is obtained with a distance of 18.9 km. For WA 3 using the CIH algorithm, a route with a distance of 21.45 km was obtained and the SA algorithm obtained a route with a distance of 20.6 km. For WA 4 using the CIH algorithm and the SA algorithm, a route with a distance of 13.5 km is obtained. It can be concluded that the SA algorithm is better than the CIH algorithm in determining the optimal route for transporting waste in Ilir Timur 3 District.

Keywords : Simulated Annealing, Cheapest Insertion Heuristic, Capacitated Vehicle Routing Problem, Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem, optimal route

**APLIKASI ALGORITMA *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC*
DAN ALGORITMA *SIMULATED ANNEALING* PADA MODEL
ASYMMETRIC CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM
DALAM PENENTUAN RUTE OPTIMAL PENGANGKUTAN SAMPAH
DI KECAMATAN ILIR TIMUR 3**

Oleh :

NADIA RANI

NIM.08011281924121

ABSTRAK

Permasalahan rute pengangkutan sampah dapat dimodelkan sebagai *Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem* (ACVRP) dengan kondisi perjalanan dari tempat i ke tempat j tidak sama dengan perjalanan dari tempat j ke i . Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute pengangkutan sampah pada model ACVRP di Kecamatan Ilir Timur 3 menggunakan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) dan algoritma *Simulated Annealing* (SA). Kemudian dilakukan analisis dan perbandingan dari hasil yang diperoleh kedua algoritma tersebut. Hasil akhir rute optimal pada Wilayah Kerja (WK) 1 menggunakan algoritma CIH diperoleh rute dengan jarak tempuh 21,2 km, sedangkan menggunakan algoritma SA diperoleh rute dengan jarak tempuh 19,05 km. Untuk WK 2 menggunakan algoritma CIH dan algoritma SA diperoleh rute yaitu dengan jarak tempuh 18,9 km. Untuk WK 3 menggunakan algoritma CIH diperoleh rute dengan jarak tempuh 21,45 km dan algoritma SA diperoleh rute dengan jarak tempuh 20,6 km. Untuk WK 4 menggunakan algoritma CIH dan algoritma SA diperoleh rute dengan jarak tempuh 13,5 km. Dapat disimpulkan bahwa algoritma SA lebih baik dibandingkan algoritma CIH dalam penentuan rute optimal pengangkutan sampah di Kecamatan Ilir Timur 3.

Kata Kunci : *Simulated Annealing, Cheapest Insertion Heuristic, Capacitated Vehicle Routing Problem, Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem, rute optimal*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Graf	6
2.1.1 Graf Berbobot	6
2.1.2 Graf Berarah dan Tidak Berarah.....	7
2.1.3 Graf Terhubung dan Tidak Terhubung.....	7
2.1.4 Lintasan dan Sirkuit Hamilton.....	8
2.2 <i>Vehicle Routing Problem</i> (VRP)	9
2.3 <i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i> (CVRP)	9
2.4 <i>Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem</i> (ACVRP).....	10
2.5 Algoritma <i>Cheapest Insertion Heuristic</i> (CIH)	12
2.6 Algoritma <i>Simulated Annealing</i> (SA).....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Tempat	16
3.2 Waktu.....	16
3.3 Metode Penelitian	16

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Deskripsi Data.....	17
4.2 Proses Perhitungan Rute Pengangkutan Sampah dengan Algoritma CIH.....	19
4.2.1 Pengoptimalan Rute Pengangkutan Sampah Pada WK 1	20
4.2.2 Pengoptimalan Rute Pengangkutan Sampah Pada WK 2.....	23
4.2.3 Pengoptimalan Rute Pengangkutan Sampah Pada WK 3.....	26
4.2.4 Pengoptimalan Rute Pengangkutan Sampah Pada WK 4.....	29
4.3 Proses Perhitungan Rute Pengangkutan Sampah dengan Algoritma SA	30
4.3.1 Pengoptimalan Rute Pengangkutan Sampah Untuk WK 1... 31	
4.3.2 Pengoptimalan Rute Pengangkutan Sampah Untuk WK 2... 37	
4.3.3 Pengoptimalan Rute Pengangkutan Sampah Untuk WK 3.. 54	
4.3.4 Pengoptimalan Rute Pengangkutan Sampah Untuk WK 4.. 71	
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1	Data Jenis Kendaraan, Lokasi TPS, Jenis TPS di Setiap WK Kecamatan Ilir Timur 3	17
Tabel 4. 2	Jarak Antara TPA dan TPS serta antar TPS Kecamatan Ilir Timur 3 pada WK 1 (Satuan dalam km).....	18
Tabel 4. 3	Jarak Antara TPA dan TPS serta antar TPS Kecamatan Ilir Timur 3 pada WK 2 (Satuan dalam km).....	18
Tabel 4. 4	Jarak Antara TPA dan TPS serta antar TPS Kecamatan Ilir Timur 3 pada WK 3 (Satuan dalam km).....	19
Tabel 4. 5	Jarak Antara TPA dan TPS serta antar TPS Kecamatan Ilir Timur 3 pada WK 4 (Satuan dalam km).....	19
Tabel 4. 6	Tabel Penyisipan Pertama WK 1	20
Tabel 4. 7	Tabel Penyisipan Kedua WK 1	21
Tabel 4. 8	Tabel Penyisipan Ketiga WK 1.....	21
Tabel 4. 9	Tabel Penyisipan Keempat WK 1.....	22
Tabel 4. 10	Tabel Penyisipan Pertama WK 2	24
Tabel 4. 11	Tabel Penyisipan Kedua WK 2.....	24
Tabel 4. 12	Tabel Penyisipan Ketiga WK 2.....	25
Tabel 4. 13	Tabel Penyisipan Pertama WK 3	26
Tabel 4. 14	Tabel Penyisipan Kedua WK 3.....	27
Tabel 4. 15	Tabel Penyisipan Ketiga WK 3.....	28
Tabel 4. 16	Tabel Penyisipan Pertama WK 4	29
Tabel 4. 17	Rekapitulasi Rute Pengangkutan Sampah Untuk WK 1	34
Tabel 4. 18	Rekapitulasi Rute Pengangkutan Sampah Untuk WK 2.....	53
Tabel 4. 19	Rekapitulasi Rute Pengangkutan Sampah Untuk WK 3.....	69
Tabel 4. 20	Rekapitulasi Rute Pengangkutan Sampah Untuk WK 4.....	72
Tabel 4. 21	Hasil Akhir Jarak Rute Optimal Setiap WK	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Graf Berbobot.....	7
Gambar 2. 2 Graf Berarah	7
Gambar 2. 3 Graf Tidak Berarah.....	7
Gambar 2. 4 Graf Terhubung.....	8
Gambar 2. 5 Graf Tak Terhubung.....	8
Gambar 2. 6 Lintasan dan Sirkuit Hamilton	8
Gambar 2. 7 Ilustrasi Rute	12
Gambar 4. 1 Peta Rute Pengangkutan Sampah Pada WK 1 Menggunakan Algoritma CIH	23
Gambar 4. 2 Peta Rute Pengangkutan Sampah Pada WK 2 Menggunakan Algoritma CIH	26
Gambar 4. 3 Peta Rute Pengangkutan Sampah Pada WK 3 Menggunakan Algoritma CIH	29
Gambar 4. 4 Peta Rute Pengangkutan Sampah Pada WK 4 Menggunakan Algoritma CIH	30
Gambar 4. 5 Peta Rute Pengangkutan Sampah Untuk WK 1 Menggunakan Algoritma SA	37
Gambar 4. 6 Peta Rute Pengangkutan Sampah Untuk WK 2 Menggunakan Algoritma SA	54
Gambar 4. 7 Peta Rute Pengangkutan Sampah Untuk WK 3 Menggunakan Algoritma SA	70
Gambar 4. 8 Peta Rute Pengangkutan Sampah Untuk WK 4 Menggunakan Algoritma SA	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, sampah sudah lama menjadi masalah terutama di perkotaan karena kondisi sosial, budaya, dan ekonomi masyarakat. Pertambahan penduduk, peningkatan aktivitas, dan pergeseran pola konsumsi secara langsung berkontribusi pada peningkatan volume, jenis, dan karakteristik sampah (Rahmawati *et al.*, 2021). Kecamatan Iilir Timur 3 merupakan salah satu kecamatan di kota Palembang yang memiliki masalah penanganan sampah. Kecamatan Iilir Timur 3 yang terdiri dari 6 Kelurahan yaitu Kelurahan 8 Iilir, Kelurahan 9 Iilir, Kelurahan 10 Iilir, Kelurahan 11 Iilir, Kelurahan Kuto Batu, dan Kelurahan Duku yang terbentuk akibat pertumbuhan penduduk sehingga menyebabkan adanya pemekaran wilayah di Kecamatan Iilir Timur 2. Terdapat 73.010 jiwa yang mendiami Kecamatan Iilir Timur 3 dengan kepadatan penduduk 4.946 jiwa per kilometer persegi (BPS, 2021). Sebagai kecamatan yang cukup padat dan diikuti oleh pemekaran wilayah tentunya berdampak pada peningkatan sampah yang akan dihasilkan.

Rute kendaraan pengangkut sampah yang terkoordinasi dengan baik termasuk salah satu usaha peningkatan kualitas pengelolaan sampah. Permasalahan rute kendaraan pengangkutan sampah dimodelkan sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP) (Yunita & Ali, 2017). Kendaraan pengangkut sampah mengangkut sampah dari Tempat Pembuangan Sementara (TPS) dan berakhir di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Karena kendaraan mempunyai keterbatasan

pada kapasitas, VRP disebut sebagai *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) (Paillin *et al.*, 2021). CVRP mempunyai dua jenis permasalahan, yaitu *symmetric* dan *asymmetric*.

CVRP berbentuk *symmetric* dimana jarak dari i ke j sama dengan jarak dari j ke i , sedangkan CVRP berbentuk *asymmetric* dimana jarak dari i ke j tidak sama dengan jarak dari j ke i . Berdasarkan keadaan nyata yang terjadi di lapangan, jarak antara TPA ke TPS tidak selalu sama dengan jarak antara TPS ke TPA begitu juga jarak antar TPS, oleh sebab itu permasalahan pencarian rute terpendek ini termasuk ke dalam model *Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem* (ACVRP). Ada sejumlah cara untuk menyelesaikan pencarian rute terpendek model ACVRP, termasuk pendekatan eksak, heuristik, dan metaheuristik (Novianda *et al.*, 2017). Salah satu contoh dari metode heuristik adalah algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* dan untuk metode metaheuristik diantaranya adalah algoritma *Simulated Annealing*.

Algoritma yang dikenal sebagai *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) membangun *tour* dari partikel kecil dengan bobot terkecil dan berturut-turut menambahkan titik baru hingga semua titik berhasil dilewati (Hignasari & Mahira, 2018). Algoritma CIH yakni dengan menyisipkan titik yang belum dilalui dengan tambahan jarak minimum secara bergantian dan berulang hingga pelanggan yang masuk menjadi *subtour* atau rute dengan perhitungan jarak untuk mendapatkan jarak total terkecil (Utomo *et al.*, 2018).

Simulated Annealing (SA) adalah salah satu metode pencarian acak yang memiliki keuntungan untuk menghindari jebakan optimal lokal, yang memerlukan

pemilihan solusi model secara acak dari ruang model dengan harapan bahwa solusi tersebut tidak akan terjatuh dalam minimum lokal. Untuk mencapai bentuk kristal yang homogen, metode ini menggunakan proses termodinamika untuk menurunkan suhu zat atau kristal secara perlahan. Untuk mendapatkan energi seminimal mungkin, algoritma SA dikembangkan secara analogi dengan prinsip kristalisasi logam melalui pendinginan dan pembekuan (Nugracia & Lhaksana, 2020).

Pada penelitian Prawira & Santosa (2021) dibahas tentang *Vehicle Routing Problem with Drone* dengan menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan algoritma SA, disimpulkan bahwa algoritma SA mampu mendapatkan hasil yang lebih baik daripada algoritma PSO. Selanjutnya, penelitian Darina (2021) dibahas tentang VRP menggunakan algoritma SA dan *Genetic Algorithm* (GA), hasil penelitian algoritma SA lebih unggul dari GA. Togatorop (2022) telah membahas ACVRP dengan metode metaheuristik yaitu algoritma *Tabu Search*.

Pada penelitian ini menyelesaikan masalah ACVRP menggunakan dua metode pencarian yaitu algoritma CIH dan SA. Penelitian untuk ACVRP yang diselesaikan dengan CIH dan SA belum banyak dilakukan terutama berkaitan dengan rute kendaraan pengangkutan sampah. Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan penyelesaian rute optimal pengangkutan sampah dengan model ACVRP di Kecamatan Ilir Timur 3 dengan menggunakan algoritma CIH dan algoritma SA.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan rute pengangkutan sampah yang optimal pada model ACVRP menggunakan algoritma CIH dan algoritma SA di Kecamatan Ilir Timur 3.
2. Bagaimana perbandingan rute pengangkutan sampah optimal pada model ACVRP menggunakan algoritma CIH dan algoritma SA di Kecamatan Ilir Timur 3.

1.3 Pembatasan Masalah

Berikut adalah batasan masalah dari penelitian ini:

1. Volume sampah tiap TPS diabaikan.
2. Kapasitas atau jenis kendaraan pengangkut sampah diasumsikan sama untuk setiap wilayah kerja.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengaplikasikan algoritma CIH dan algoritma SA pada model ACVRP untuk memperoleh rute pengangkutan sampah yang minimum di Kecamatan Ilir Timur 3.
2. Untuk membandingkan rute pengangkutan sampah optimal dalam model ACVRP dengan menggunakan algoritma CIH dan algoritma SA di Kecamatan Ilir Timur 3.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai referensi bagi pembaca atau peneliti lainnya yang tertarik untuk mempelajari lebih lanjut tentang penerapan algoritma CIH dan algoritma SA pada permasalahan pengangkutan sampah dalam model ACVRP di Kecamatan Ilir Timur 3.
2. Hasil yang didapat bisa dijadikan sebagai solusi alternatif Pemerintah atau warga setempat untuk pengangkutan sampah di Kecamatan Ilir Timur 3 Kota Palembang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldous, J. M., & Wilson, R. J. (2004). *Graphs and applications: an introductory approach*. Springer, Great Britain London Berlin Heidelberg, Inggris.
- Arga, E. S., Firmansyah, G. G., Imam, K., & Fauzi, M. (2021). *Penerapan algoritma djikstra pada pencarian jalur terpendek*. 1(2), 134–142.
- Barma, P. S., Dutta, J., Mukherjee, A., & Kar, S. (2021). A hybrid GA-BFO algorithm for the profit-maximizing capacitated vehicle routing problem under uncertain paradigm. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 40(5), 8709–8725.
- BPS. (2021). *Kota Palembang Dalam Angka 2021*. <https://palembangkota.bps.go.id/publication/2021/02/26/9d0512b1e001072a24e283ed/kota-palembang-dalam-angka-2021.html>
- Darina, S., Wibowo, A. T., & Ridwan, M. (2021). Penggunaan Algoritma Simulated Annealing Untuk Menyelesaikan Masalah Vehicle Routing Pada Rute Distribusi Supermarket. *Network Engineering Research Operation*, 6(2), 99–112.
- Fatnita, A. V., & Lukmandono. (2020). Optimasi Rute Distribusi Tabung LPG 3 Kg Dengan Menggunakan Algoritma Genetika Pada Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) (Studi kasus pada PT. Jana Pusaka Migas). *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 1(1), 39–46.
- Ghaniy, R., & Darmawan, R. (2019). Analisa dan Penerapan Algoritma Floyd Warshal Untuk Optimalisasi Jalur Berbasis GPS. *Teknois : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Dan Sains*, 8(2), 67–78.
- Hanifah, Wijayanti, D. E., Thobirin, A., & Prasetyo, P. W. (2020). Menentukan Rute Kendaraan Pengangkut Sampah Kota Yogyakarta dengan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic Modifikasi Route Construction. *Jurnal Fourier*, 9(2), 85–95.
- Hignasari, L. V., & Mahira, E. D. (2018). Optimization of Goods Distribution Route Assisted by Google MAP With Cheapest Insertion Heuristic (CIH). *SINERGI*, 22(2), 132–138.
- Leggieri, V., & Haouari, M. (2016). A matheuristic for the asymmetric capacitated vehicle routing problem. *Discrete Applied Mathematics*, 234, 139–150.
- Li, J., Li, T., Yu, Y., Zhang, Z., Pardalos, P. M., Zhang, Y., & Ma, Y. (2019).

- Discrete firefly algorithm with compound neighborhoods for asymmetric multi-depot vehicle routing problem in the maintenance of farm machinery. *Applied Soft Computing*, 81, 105460.
- Novianda, R. F., Martini, S., & Aurachman, R. (2017). Penentuan Rute Armada Menggunakan Algoritma Tabu Search Pada Homogenus Fleet Vehicle Routing Problem With Time Windows di PT . XYZ Wilayah Bandung Untuk Meminimasi Total Waktu Tempuh. *E-Proceeding of Engineering*, 4(2), 2892–2899.
- Nugracia, R., & Lhaksana, K. M. (2020). Implementasi Algoritma Simulated Annealing Terhadap Rute Perjalanan pada Sistem Rekomendasi Objek Wisata. *E-Proceeding of Engineering*, 7(1), 2444–2456.
- Paillin, D. B., Tupan, J. M., & Utami, P. R. A. (2021). Penerapan Algoritma Differential Evolution Untuk Penyelesaian Permasalahan Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) (Studi Kasus: PT. Paris Jaya Mandiri). *ALE Proceeding*, 2(April), 147–153.
- Permana, E. R., Midyanti, D. M., & Hidayati, R. (2020). Optimasi Pencarian Rute Terpendek Distribusi Barang Menggunakan Metode Simulated Annealing (Studi Kasus: PD Jaya Indah Kota Pontianak). *Jurnal Komputer Dan Aplikasi*, 8(3), 9–18.
- Prawira, H. A., & Santosa, B. (2021). Pengembangan Algoritma Particle Swarm Optimization dan Simulated Annealing untuk Menyelesaikan Vehicle Routing Problem with Drone. *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, 5(1), 1–11.
- Rahmawati, A. F., Amin, Rasminto, & Syamsu, F. D. (2021). Analisis pengelolaan sampah berkelanjutan pada wilayah perkotaan di indonesia. *Bina Gogik*, 8(1), 1–12.
- Rupiah, S., Mulyono, & Sugiharti, E. (2017). Efektifitas Algoritma Clarke-Wright Dan Sequential Insertion dalam Penentuan Rute Pendistribusian Tabung Gas LPG. *UNNES Journal of Mathematics*, 6(2), 198–210.
- Septima, R., & Zulfa, I. (2021). Pengefisiensian Penyaluran Barang dan Rute Pengiriman Ekspedisi JNE dengan Aplikasi Graf. *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)*, 5(1), 99–109.
- Togatorop, R. E. (2022). *Aplikasi Algoritma Tabu Search pada Model Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem dalam Mendesain Rute Optimal Pengangkutan Sampah di Kecamatan Ilir Timur 3*. Universitas Sriwijaya.
- Togatorop, R. E., Puspita, F. M., Octarina, S., Yuliza, E., & Dewi, N. R. (2022). Penerapan Algoritma Tabu Search Pada Model Acvrp Untuk Menentukan

Rute Pengangkutan Sampah Yang Optimal Di Kecamatan Kalidoni.
Teorema: Teori Dan Riset Matematika, 7(2), 303–310.

Utomo, R. B. (2017). Sirkuit Hamilton dalam Permainan Congklak. *AdMathEdu*, 7(1), 39–52.

Utomo, R. G., Maylawati, D. S., & Alam, C. N. (2018). Implementasi Algoritma Cheapest Insertion Heuristic (CIH) dalam Penyelesaian Travelling Salesman Problem (TSP). *Jurnal Online Informatika*, 3(1), 61–67.

Widyastiti, M., & Kamila, I. (2020). Model Vehicle Routing Problem Dalam Menentukan Banyaknya Rute Dan Armada Pengangkutan Sampah Di Kota Bogor. *Ekologia*, 19(1), 39–43.

Wulandari, C. B. K. (2020). Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Metode Nearest Neighbors dan Metode Branch and Bound Untuk Meminimumkan Biaya Distribusi di PT. X. *Jurnal Optimasi Teknik Industri (JOTI)*, 2(1), 7–12.

Yunita, A. T., & Ali, M. (2017). Analisis Sistem Transportasi Sampah Kota Tuban Menggunakan Dynamic Programming. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 6(1), 45–52.