

**PENYELESAIAN *BI-OBJECTIVE CAPACITATED VEHICLE ROUTING*
PROBLEM PADA PENGANTARAN GAS MENGGUNAKAN *NON-*
*DOMINATED SORTING GENETIC ALGORITHM II (NSGA-II)***

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Matematika*



disusun oleh:

Ade Lia Nur Fitri

2006717

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2025

LEMBAR HAK CIPTA

PENYELESAIAN BI OBJECTIVE CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM PADA PENGANTARAN GAS MENGGUNAKAN NON- DOMINATED SORTING GENETIC ALGORITHM II (NSGA-II)

Oleh
Ade Lia Nur Fitri
2006717

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh Gelar Sarjana
Matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Ade Lia Nur Fitri 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

ADE LIA NUR FITRI

**PENYELESAIAN BI OBJECTIVE CAPACITATED VEHICLE ROUTING
PROBLEM PADA PENGANTARAN GAS MENGGUNAKAN NON-
DOMINATED SORTING GENETIC ALGORITHM II (NSGA-II)**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing,

Pembimbing I



Dr. Kartika Yulianti, M.Si.

NIP. 198207282005012001

Pembimbing II



Dra. Encum Sumiaty, M.Si.

NIP. 196304201989032002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yulianti, M.Si.

NIP. 19820728200501201

ABSTRAK

Penelitian ini mengatasi masalah optimasi rute pada distribusi gas elpiji di sebuah pangkalan di Kabupaten Sleman, Yogyakarta, yang selama ini mengandalkan metode manual. Masalah ini diformulasikan sebagai *Bi-Objective Capacitated Vehicle Routing Problem* (BOCVRP) dengan dua tujuan: meminimalkan total jarak tempuh untuk menekan biaya operasional dan meminimalkan ketidakseimbangan muatan (*load imbalance*) antar kendaraan untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan. Untuk menyelesaikan masalah optimasi multi-objektif ini, diterapkan *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II). Algoritma ini diimplementasikan untuk menghasilkan sekumpulan solusi optimal yang dikenal sebagai *Pareto Front*. Proses ini melibatkan representasi rute sebagai kromosom, evaluasi *fitness* berdasarkan jarak dan keseimbangan muatan, serta mekanisme seleksi elitist menggunakan *non-dominated sorting* dan *crowding distance*. Hasil implementasi pada 31 pelanggan, 1 depot dan 2 kendaraan dengan kapasitas maksimal 60 buah tabung gas menunjukkan bahwa algoritma berhasil melakukan konvergensi dan menghasilkan serangkaian solusi non-dominan. Salah satu solusi optimal yang direkomendasikan mencapai total jarak tempuh 32.59 km dengan nilai ketidakseimbangan muatan sebesar 3.

Kata Kunci: *Capacitated Vehicle Routing Problem*, NSGA-II, Optimasi Multi-Objektif, Pareto Front, Distribusi Gas.

ABSTRACT

This research addresses the route optimization problem for LPG gas distribution at a depot in Sleman Regency, Yogyakarta, which has traditionally relied on manual methods. The problem is formulated as a Bi-Objective Capacitated Vehicle Routing Problem (BOCVRP) with two conflicting objectives: minimizing the total travel distance to reduce operational costs and minimizing the load imbalance among vehicles to enhance efficiency and safety. To solve this multi-objective optimization problem, the Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II) is applied. The algorithm is implemented to generate a set of optimal solutions known as the Pareto Front. This process involves representing routes as chromosomes, evaluating fitness based on distance and load balance, and employing an elitist selection mechanism using non-dominated sorting and crowding distance. The implementation, based on a case of 31 customers, 1 depot, and 2 vehicles with a maximum capacity of 60 gas each, demonstrates that the algorithm successfully converges and produces a set of non-dominated solutions. One of the recommended optimal solutions achieves a total travel distance of 32.59 km with a load imbalance value of 3.

Keywords: *Capacitated Vehicle Routing Problem, NSGA-II, Multi-objective Optimization, Pareto Front, Gas Distribution.*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II.....	6
2.1 Vehicle Routing Problem	6
2.2 Capacitated Vehicle Routing Problem	7
2.3 Non-dominated Sorting Genetic Algotihm II.....	9
2.3.1 Representasi Kromosom	10
2.3.2 Populasi Awal	11
2.3.3 Nilai fitness	12
2.3.4 Seleksi Non-dominasi	12
2.3.5 Crowding Distance.....	13
2.3.6 Crossover	13
2.3.7 Mutasi.....	14
BAB III	16
3.1 Deskripsi Masalah.....	16

3.2	Pembangunan Model Bi-Objective Capacitated Vehicle Routing Problem	17
3.3	Penerapan <i>Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II</i> untuk menyelesaikan <i>Bi Objective Capacitated Vehicle Routing Problem</i>	19
3.4	Contoh Penyelesaian <i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i> menggunakan Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II	23
3.4.1	Inisialisasi Populasi.....	24
3.4.2	Menghitung nilai <i>fitness</i>	25
3.4.3	Seleksi	26
3.4.4	Operator Genetik.....	29
3.4.5	Evaluasi <i>offspring</i>	33
3.4.6	Evaluasi	35
BAB IV		37
4.1	Data Penelitian	37
4.2	Penyelesaian Masalah	42
4.2.1	<i>Pre-processing</i> Data	42
4.2.2	Representasi Kromosom	44
4.2.2	Input Data.....	44
4.2.3	Inisialisasi Populasi Awal.....	46
4.2.4	Menghitung Nilai <i>Fitness</i>	47
4.2.5	Seleksi (Pengurutan Non-dominan dan <i>Crowding Distance</i>)	49
4.2.6	Operator Genetik (<i>Partially Mapped Crossover</i> dan Mutasi <i>Swap</i>) ...	53
4.3	Tahapan Implementasi.....	56
4.3.1	Persiapan dan Inisialisasi Parameter	56
4.3.2	<i>Loop</i> Utama.....	57
4.3.3	Hasil Akhir	59
4.4	Pembahasan Hasil Implementasi.....	61
4.4.1	Validasi	61
4.4.2	Skenario Pengujian.....	61
4.4.3	Analisis Konvergensi	62
4.4.5	Analisis Pareto Front	64

4.4.6 Pemilihan Rute Optimal.....	65
4.4.7 Interpretasi Rute Optimal pada Pelanggan Asli	65
BAB V.....	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....	72
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Langkah 1 Random Key Encoding.....	11
Tabel 2.2	Langkah 2 Random Key Encoding.....	12
Tabel 3.1	Koordinat dan Permintaan Pelanggan.....	23
Tabel 3.2	Matriks Jarak.....	23
Tabel 3.3	Hasil evaluasi semua individu	26
Tabel 3.4	Hasil hitung <i>crowding distance</i>	29
Tabel 3.5	Hasil evaluasi <i>offspring</i>	33
Tabel 3.6	Hasil evaluasi kombinasi parent dan offspring.....	34
Tabel 3.7	<i>Pareto front</i> contoh kasus.....	36
Tabel 4.1	Titik koordinat depot dan pelanggan.....	39
Tabel 4.2	<i>Demand</i> tiap pelanggan.....	41
Tabel 4.3	Hasil pengelompokkan pelanggan.....	43
Tabel 4.4	Parameter Pengujian.....	62
Tabel 4.5	Proses ekspansi urutan kunjungan.....	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Matriks Jarak Kelompok Pelanggan.....	76
Lampiran 2	Kode Program NSGA II.....	77
Lampiran 3	Output Hasil Akhir.....	87

DAFTAR PUSTAKA

- Aina, N., & Marbun, J. P. (2023). Penyelesaian vehicle routing problem dengan algoritma Clarke and Wright savings di Perumahan Umum Bulog Medan Amplas. *Jurnal Riset Rumpun Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(1), 87-101.
- Bean, J. C. (1994). Genetic algorithms and random keys for sequencing and optimization. *ORSA Journal on Computing*, 6(2), 154-160. <https://doi.org/10.1287/ijoc.6.2.154>
- Bhattacharjya, R. K. (2020). Efficiency of binary coded genetic algorithm in stability analysis of an earthen slope. In F. Bennis & R. Bhattacharjya (Eds.), *Nature-inspired methods for metaheuristics optimization* (pp. 181-193). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26458-1_18
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6(1), 80-91. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.1.80>
- Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., & Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(2), 182-197. <https://doi.org/10.1109/4235.996017>
- Desjardins, B., Falcon, R., Abielmona, R., & Petriu, E. (2017). Planning robust sensor relocation trajectories for a mobile robot with evolutionary multi-objective optimization. In A. Abraham, R. Falcon, & M. Köppen (Eds.), *Computational intelligence in wireless sensor networks* (pp. 179-210). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47715-2_8

- Dutta, J., Barma, P. S., Mukherjee, A., Kar, S., De, T., Pamučar, D., Sukevičius, S., & Garbinčius, G. (2021). Multi-objective green mixed vehicle routing problem under rough environment. *Transport*, 36(1), 34–47. <https://doi.org/10.3846/transport.2021.14619>
- Goel, R. K., & Maini, R. (2021). Improved multi-ant-colony algorithm for solving multi-objective vehicle routing problems. *Scientia Iranica, Transactions D: Computer Science & Engineering and Electrical Engineering*, 28(6), 3412-3428. <https://doi.org/10.24200/sci.2019.52242.2484>
- Gunawan, I., Maryati, I., & Wibowo, H. K. (2012). Optimasi penentuan rute kendaraan pada sistem distribusi barang dengan Ant Colony Optimization. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2012 (Semantik 2012)* (p. INFRM 163). Semarang: ISBN 979-26-0255-0.
- Isnaeni, S., Saepudin, D., & Umbara, R. F. (2015). Penerapan algoritma genetik multi-objective NSGA-II pada optimasi portofolio saham. *e-Proceeding of Engineering*, 2(2), 6841.
- Iswari, T., & Asih, A. M. S. (2018). Comparing genetic algorithm and particle swarm optimization for solving capacitated vehicle routing problem. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 337, 012004. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/337/1/012004>

- Karimi, A., Zhang, L., Fackrell, M., & Thompson, R. (2024). A multi-objective two-echelon vehicle routing problem with multiple delivery options. *Transportation Research Procedia*, 79, 377–384. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2024.03.050>
- Kurniawan, I. S., Susanty, S., & Adianto, H. (2013). Usulan rute pendistribusian air mineral dalam kemasan menggunakan metode nearest neighbour dan Clarke & Wright savings (studi kasus di PT. X Bandung). *Rekaintegra*, 1(4).
- Li, Y., & Wang, Y. (2018). A multi-objective optimization approach for the capacitated vehicle routing problem with time windows. *Applied Soft Computing*, 62, 103-113. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.09.022>
- Little, C., Choudhury, S., Hu, T., & Salomaa, K. (2022). Comparison of genetic operators for the multiobjective pickup and delivery problem. *Mathematics*, 10(22), 4308. <https://doi.org/10.3390/math10224308>
- Martono, S., & Warnars, H. L. H. S. (2020). Penentuan rute pengiriman barang dengan metode nearest neighbor. *PETIR*, 13(1), 44. <https://doi.org/10.33322/petir.v13i1.869>
- Masum, A. K., Shahjalal, M., Faruque, M. F., & Sarker, M. I. (2011). Solving the vehicle routing problem using genetic algorithm. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2(7), 126-131.
- Mutar, M., Burhanuddin, M., Hameed, A., Yusof, N., Alrifai, M., & Mohammed, A. (2020). Multi-objectives ant colony system for solving

multi-objectives capacitated vehicle routing problem. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 98(14).

Nugroho, D. P. (2017). Optimasi solusi permasalahan rute kendaraan dengan pemerataan beban menggunakan genetic algorithm. *MTM*, 13(1).
<https://doi.org/10.25104/mtm.v13i1.191>

Palaparthi, A., Riede, T., & Titze, I. R. (2014). Combining multiobjective optimization and cluster analysis to study vocal fold functional morphology. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 61(10), 2586-2594. <https://doi.org/10.1109/TBME.2014.2322434>

Tenemaza, M., Luján-Mora, S., De Antonio, Á., & Ramírez, J. (2020). Improving itinerary recommendations for tourists through metaheuristic algorithms: An optimization proposal. *IEEE Access*, 8, 80004-80021.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2990348>