

**IMPLEMENTASI *FUZZY ANT COLONY SYSTEM* PADA PENYELESAIAN
DYNAMIC VEHICLE ROUTING PROBLEM DENGAN WAKTU
PELAYANAN TAK PASTI**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Matematika



Disusun oleh:

Khansa Khairunnisa Azzahra

NIM. 2103994

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

LEMBAR HAK CIPTA

**IMPLEMENTASI *FUZZY ANT COLONY SYSTEM* PADA PENYELESAIAN
DYNAMIC VEHICLE ROUTING PROBLEM DENGAN WAKTU
PELAYANAN TAK PASTI**

Oleh:

Khansa Khairunnisa Azzahra

2103994

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat dalam memperoleh gelar Sarjana
Matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Khansa Khairunnisa Azzahra 2025

Universitas Pendidikan Indonesia

April 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

KHANSA KHAIRUNNISA AZZAHRA

**IMPLEMENTASI FUZZY ANT COLONY SYSTEM PADA PENYELESAIAN
DYNAMIC VEHICLE ROUTING PROBLEM DENGAN WAKTU
PELAYANAN TAK PASTI**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing.

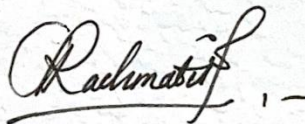
Pembimbing I,



Dr. Khusnul Novianingsih, S.Si., M.Si.

NIP. 197711282008122001

Pembimbing II,

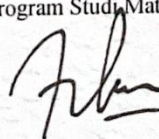


Hj. Dewi Rachmatin, S.Si., M.Si.

NIP. 196909291994122001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si.

NIP. 198207282005012001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Implementasi *Fuzzy Ant Colony System* Pada Penyelesaian *Dynamic Vehicle Routing Problem* Dengan Waktu Pelayanan Tak Pasti” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko apabila ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 16 April 2025

Khansa Khairunnisa Azzahra
NIM. 2103994

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Implementasi *Fuzzy Ant Colony System* Pada Penyelesaian *Dynamic Vehicle Routing Problem* Dengan Waktu Pelayanan Tak Pasti”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika pada Program Studi Matematika, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. Khusnul Novianingsih, S.Si., M.Si. dan Ibu Hj. Dewi Rachmatin, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih yang mendalam juga penulis sampaikan kepada kedua orang tua, keluarga, serta teman-teman atas dukungan dan bantuan yang telah diberikan selama ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk kebaikan penulis di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri, pembaca, dan pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang optimasi.

Bandung, 16 April 2025

Khansa Khairunnisa Azzahra
NIM. 2103994

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan Syukur ke hadirat Allah atas segala rahmat dan karunia-Nya, yang telah memberikan kekuatan, kesehatan, serta kelancaran dalam menjalani akademik hingga terselesaikannya skripsi ini. Perjalanan ini tentunya tidak lepas dari bantuan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis ingin menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, semangat, serta kasih sayang yang tiada henti kepada penulis dalam setiap proses yang dijalani.
2. Ibu Dr. Khusnul Novianingsih, S.Si., M.Si., selaku dosen Pembimbing I dan Ibu Hj. Dewi Rachmatin, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing II sekaligus selaku dosen pembimbing akademik yang dengan sabar telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak/Ibu dosen, yang telah tulus membagikan ilmu dan wawasan selama masa perkuliahan, menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik penulis.
4. Arya Shidika, Audina Amalia, Nuril Ali, dan Yasmine Azzahra yang telah membantu, memberikan dukungan, dan menghibur penulis selama masa penyusunan skripsi.
5. Teman-teman Matematika UPI 2021, terkhususnya “Berenam”, Valyapatra Mawar, dan Firlie Geovanie yang telah menjadi teman seperjuangan terbaik dengan saling berbagi pengalaman, dukungan, serta semangat dalam menjalani perjalanan akademik ini.
6. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung, namun kontribusinya sangat berarti bagi penulis.

ABSTRAK

Dynamic Vehicle Routing Problem (DVRP) adalah masalah penentuan rute sejumlah kendaraan dari depot ke sejumlah pelanggan, dengan mempertimbangkan adanya perubahan kondisi pelanggan secara *real-time* selama proses operasional. Selama jam kerja, pelanggan tambahan mungkin muncul, sehingga perlu diputuskan apakah pelanggan tambahan tersebut akan dilayani atau tidak, dengan tetap memperhatikan keterbasan sumber daya dan efisiensi layanan. Penelitian ini menyelesaikan DVRP menggunakan algoritma *Fuzzy Ant Colony System* (Fuzzy-ACS) yang merupakan pengembangan dari algoritma *Ant Colony System* (ACS) yang diadaptasi untuk menangani data tidak pasti melalui pendekatan teori *fuzzy*. Inisialisasi *pheromone* dilakukan menggunakan metode *cluster insertion* untuk menghasilkan *pheromone* awal yang lebih baik berdasarkan kedekatan geografis antar pasien. Hasil implementasi menggunakan algoritma *fuzzy-ACS* pada masalah layanan *homecare* di sebuah perusahaan menunjukkan bahwa masalah DVRP dapat diselesaikan dengan algoritma *fuzzy-ACS* secara efisien.

Kata kunci: *Dynamic Vehicle Routing Problem*, *Fuzzy Ant Colony System*, layanan *homecare*, optimasi rute.

ABSTRACT

Dynamic Vehicle Routing Problem (DVRP) involves determining the routes of multiple vehicles dispatched from a depot to serve a set of customers, while accounting for real-time changes in customer conditions during operational processes. During service hours, new customer requests may arise, necessitating decisions on whether these additional customers should be served, considering resource constraints and service efficiency. This study addresses DVRP using the Fuzzy Ant Colony System (Fuzzy-ACS), an extension of the Ant Colony System (ACS) algorithm, adapted to handle uncertainty through fuzzy logic. Initial pheromone values are generated using the cluster insertion method, which improves initial solution quality by considering the geographical proximity between patients. Implementation of the fuzzy-ACS algorithm on a homecare service case study demonstrates that DVRP can be solved efficiently using this approach.

Keywords: *Dynamic Vehicle Routing Problem, Fuzzy Ant Colony System, homecare services, route optimization.*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II	6
2.1 <i>Vehicle Routing Problem</i> (VRP).....	6
2.2 <i>Dynamic Vehicle Routing Problem</i> (DVRP)	9
2.3 Himpunan <i>Fuzzy</i>	11
2.3.1 Bilangan <i>Fuzzy</i>	11
2.3.2 Kredibilitas <i>Fuzzy</i>	12
2.3.3 Defuzzifikasi.....	12
2.4 <i>Ant Colony System</i> (ACS).....	13

BAB III.....	15
3.1 Deskripsi Masalah.....	15
3.2 Tahapan Penelitian	16
3.3 Model Optimasi.....	17
3.4 Teknik Penyelesaian.....	24
BAB IV	28
4.1 Penyelesaian DVRP Menggunakan <i>Fuzzy-ACS</i>	28
4.2 Implementasi	44
4.2.1 Data Penelitian.....	45
4.2.2 Model Optimasi Masalah Layanan <i>Homecare</i>	47
4.2.3 Validasi	48
4.2.4 Tahap Implementasi	48
4.2.5 Hasil Implementasi.....	49
4.2.6 Analisis Implementasi	52
4.2.7 Analisis Parameter <i>Fuzzy-ACS</i>	55
BAB V	60
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 <i>Screenshot</i> Hasil Keluaran Program Python 3.11.12.....	48
Gambar 4. 2 Gambar Diagram Langkah Kerja <i>Fuzzy</i> -ACS untuk DVRP.....	49
Gambar 4. 3 <i>Screenshot</i> Hasil Konversi Waktu Pelayanan menjadi Bilangan <i>Fuzzy</i> Segitiga.....	50
Gambar 4. 4 <i>Screenshot</i> Hasil Kategori Pelanggan	50
Gambar 4. 5 <i>Screenshot</i> Hasil Titik Pusat pada Setiap Klaster	50
Gambar 4. 6 <i>Screenshot</i> Hasil Klasterisasi Setiap Pelanggan	51
Gambar 4. 7 <i>Code</i> Program untuk Menampilkan Pelanggan Tambahan untuk Dilayani pada Interval 4.....	51
Gambar 4. 8 <i>Screenshot</i> Hasil Pelanggan Tambahan yang Muncul untuk Dilayani pada Interval 4	51
Gambar 4. 9 Hasil Analisis Tren Fungsi Objektif pada Percobaan Pertama	52

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Pelanggan Awal	28
Tabel 4. 2 Waktu Layanan Pelanggan dalam Bilangan <i>Fuzzy</i> dan Waktu Pemesanan	29
Tabel 4. 3 Parameter dan Nilai dalam Algoritma <i>Fuzzy</i> -ACS dan DVRP dengan Waktu Pelayanan Tak Pasti	30
Tabel 4. 4 Jarak Antar Pelanggan Menggunakan Rumus Jarak <i>Euclidean</i>	30
Tabel 4. 5 Evaluasi Pelanggan untuk Klaster 1	31
Tabel 4. 6 Evaluasi Pelanggan untuk Klaster 2	31
Tabel 4. 7 Hasil Klasterisasi Awal	32
Tabel 4. 8 Hasil Pembaruan Klaster Berdasarkan Evaluasi Jarak P3	32
Tabel 4. 9 Inisialisasi <i>Pheromone</i> Awal	33
Tabel 4. 10 Nilai Daya Tarik untuk Setiap Titik.....	33
Tabel 4. 11 Peluang Terpilihnya Setiap Pelanggan oleh Semut 1 dan 2	33
Tabel 4. 12 Hasil Pembaruan Klaster Berdasarkan Evaluasi Jarak P6	35
Tabel 4. 13 Nilai Daya Tarik untuk Setiap Pelanggan	35
Tabel 4. 14 Peluang Terpilihnya Pelanggan Berikutnya oleh Semut 1 dan 2	35
Tabel 4. 15 Pembaruan <i>Pheromone</i> Lokal.....	40
Tabel 4. 16 Pembaruan <i>Pheromone</i> Global	44
Tabel 4. 17 Data Lokasi dan Waktu Temu Pelanggan.....	46
Tabel 4. 18 Solusi Optimal untuk Pelayanan <i>Homecare</i>	54
Tabel 4. 19 Hasil Uji Parameter <i>Fuzzy</i> -ACS untuk Jumlah Semut = 3	57
Tabel 4. 20 Hasil Uji Parameter <i>Fuzzy</i> -ACS untuk Jumlah Semut = 10	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Historis Waktu Pelayanan Setiap Pelanggan	65
Lampiran 2 <i>Code</i> Program untuk Contoh Kasus.....	68
Lampiran 3 <i>Code</i> Program untuk Data Penelitian.....	77

DAFTAR PUSTAKA

- Applegate, D. L. (2006). *The Travelling Salesman Problem: A Computational Study* (Vol 17). Princeton University Press.
- Demirtaş, Y. E., Özdemir, E., & Demirtaş, U. (2015). A particle swarm optimization for the dynamic vehicle routing problem. In *2015 6th International Conference on Modeling, Simulation, and Applied Optimization (ICMSAO)* (pp. 1-5). IEEE.
- Desiana A., Ridwan A. Y., & Aurachman R. (2016). Penyelesaian *Vehicle Routing Problem* (VRP) Untuk Minimasi Total Biaya Transportasi Pada Pt Xyz Dengan Metode Algoritma Genetika. *eProceedings of Engineering*, 3(2).
- Diep, T. T. H., & Hop, V. N. Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Window and Backlog Orders: Ant Colony Optimization Approach.
- Dorigo, M., & Gambardella, L. M. (1997). Ant Colony System: a cooperative learning approach to the traveling salesman problem. *IEEE Transactions on evolutionary computation*, 1(1), 53-66.
- Garrido, P., & Riff, M. C. (2010). DVRP: a hard dynamic combinatorial optimization problem tackled by an evolutionary hyper-heuristic. *Journal of Heuristics*, 16, 795-834.
- Golden, B. L., & Assad, A. (1988). Vehicle routing: methods and studies. *STUDIES IN MANAGEMENT SCIENCE AND SYSTEMS*; 16.
- Hanshar, F. T., & Ombuki-Berman, B. M. (2007). Dynamic vehicle routing using genetic algorithms. *Applied Intelligence*, 27, 89-99.
- Hanzani, I. W., Aprilia, R., & Panjaitan, D. J. (2023). Penerapan Metode Stepping Stone dan VRP (Vehicle Routing Problem) Untuk Transportasi Pengiriman Hasil Produksi Kelapa Sawit. *Journal of Science and Social Research*, 6(3), 828-834.
- Kristina, S., Sianturi, R., & Wijaya, V. J. (2020). Pengembangan Algoritma Ant Colony System Pada Heterogeneous Vehicle Routing Problem with Soft Time Window. *Journal of Integrated System*, 3(2), 85-102.

- Kuo, R. J., Wibowo, B. S., & Zulvia, F. E. (2016). Application of a fuzzy ant colony system to solve the dynamic vehicle routing problem with uncertain service time. *Applied Mathematical Modelling*, 40(23-24), 9990-10001.
- Leksono, A. & Sarwadi, S. (2009). *Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) untuk Menyelesaikan Traveling Salesman Problem (TSP)* (Doctoral dissertation, Universitas Diponegoro, Mathematics and Natural science, Semarang).
- Liu, B. (2006). A survey of credibility theory. *Fuzzy optimization and decision making*, 5, 387-408.
- Marinakis, Y., Marinaki, M., & Migdalas, A. (2018) Variants and formulations of the vehicle routing problem. *Open Problems in Optimization and Data Analysis*, 91-127.
- Montemanni, R., Gambardella, L. M., Rizzoli, A. E., & Donati, A. V. (2005). Ant colony system for a dynamic vehicle routing problem. *Journal of combinatorial optimization*, 10, 327-343.
- Nugraha, D. W., Dodu, A. Y. E., & Septiana, S. (2019). Sistem Penentuan Rute Pendistribusian Produk Air Mineral Menggunakan Algoritma Ant Colony System. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 11(2), 86-94.
- Patmawati, H., & Nugroho, Y. A. (2022). Optimalisasi Rute Distribusi Matras Pada Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem Dengan Metode Algoritma Genetika. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(11), 2745-2756.
- Psaraftis, H. N. (1980). A dynamic programming solution to the single vehicle many-to-many immediate request dial-a-ride problem. *Transportation Science*, 14(2), 130-154.
- Talur, K. M. (2023). Analisis Pengaruh Kualitas Pelayanan, Kepercayaan dan Persepsi Harga Terhadap Kepuasan Pelanggan Pada CV Flobamora Logistic di Surabaya. *Jurnal Riset Manajemen*, 1(3), 203-223.
- Wilson, N. H. M., & Colvin, N. J. (1977). *Computer control of the Rochester dial-a-ride system* (No. 77). Massachusetts Institute of Technology, Center for Transportation Studies.

- Xu, H., Pu, P., & Duan, F. (2018). Dynamic vehicle routing problems with enhanced ant colony optimization. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2018(1), 1295485.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.
- Zulvia, F. E., Kuo, R. J., & Hu, T. L. (2012). Solving CVRP with time window, fuzzy travel time and demand via a hybrid ant colony optimization and genetic algorithm. In 2012 *IEEE Congress on Evolutionary Computation* (pp. 1-8). IEEE. doi: <https://doi.org/10.1109/CEC.2012.6252922>