

**IMPLEMENTASI ALGORITMA *IMPROVED ANT COLONY*
OPTIMIZATION UNTUK MENYELESAIKAN *CAPACITATED DYNAMIC*
*VEHICLE ROUTING PROBLEM***

SKRIPSI

*Diajukan untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Matematika Program Studi Matematika*



Oleh:

Nabila Amelia Putri

NIM. 2003764

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2024**

LEMBAR HAK CIPTA

**IMPLEMENTASI ALGORITMA *IMPROVED ANT COLONY*
OPTIMIZATION UNTUK MENYELESAIKAN *CAPACITATED DYNAMIC*
*VEHICLE ROUTING PROBLEM***

Oleh:

Nabila Amelia Putri

2003764

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

© Nabila Amelia Putri 2024

Universitas Pendidikan Indonesia

2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau Sebagian dengan dicetak
ulang, fotokopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

NABILA AMELIA PUTRI

**Implementasi Algoritma *Improved Ant Colony Optimization* Untuk
Menyelesaikan Masalah *Capacitated Dynamic Vehicle Routing Problem***

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing.

Pembimbing I



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

NIP. 197711282008122001

Pembimbing II

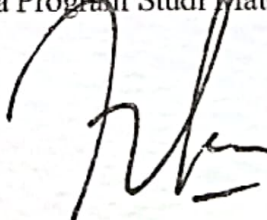


Imam Nugraha Albania, Ph.D.

NIP. 198604062010121003

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



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

NIP. 198207282005012001

Implementasi Algoritma *Improved Ant Colony Optimization* Untuk Menyelesaikan Masalah *Capacitated Dynamic Vehicle Routing Problem*

ABSTRAK

Penelitian ini membahas *Capacitated Dynamic Vehicle Routing Problem* (CDVRP), yaitu masalah penentuan rute pendistribusian barang dari depot ke sejumlah pelanggan untuk memenuhi permintaan pelanggan. Pendistribusian dilakukan oleh sejumlah kendaraan dengan batasan kapasitas tertentu. Permintaan pelanggan dapat berubah setiap saat sehingga dapat mengakibatkan rute yang sedang dijalankan oleh kendaraan mengalami perubahan. Dalam penelitian ini, CDVRP akan diselesaikan dengan menggunakan algoritma *Improved Ant Colony Optimization* dengan *local search 2-opt*, dengan parameter banyaknya semut (s) sebanyak 5, *pheromone* awal sebesar 0,5, nilai Q sebesar 100, nilai α sebesar 1, nilai β sebesar 1, tingkat penguapan *pheromone* (ρ) 0,15 atau 15%, dan banyaknya iterasi adalah 50. Dari 30 percobaan yang dilakukan, diperoleh total jarak minimum yang didapatkan adalah 1344 km. Hasil implementasi menggunakan Algoritma IACO pada masalah pendistribusian produk *skincare* suatu perusahaan menunjukkan bahwa masalah CDVRP dapat diselesaikan dengan metode IACO.

Kata kunci: *Capacitated Dynamic Vehicle Routing Problem, Improved Ant Colony Optimization*, distribusi, Optimasi rute

Implementing Improved Ant Colony Optimization Algorithm for Solving Capacitated Dynamic Vehicle Routing Problem

ABSTRACT

This research discusses a Capacitated Dynamic Vehicle Routing Problem (CDVRP), which is the problem for determining the route for distributing goods from a depot to several customers to meet customer demand. Several vehicles with certain capacity constraints carry out distribution. Customer demand can change at any time so it can cause the route being run by the vehicle to change. In this study, CDVRP will be solved using the Improved Ant Colony Optimization Algorithm with local search 2-opt, with parameters of the number of ants (s) as many as 5, the initial pheromone of 0.5, Q value of 100, α value of 1, β value of 1, pheromone evaporation rate (ρ) 0.15 or 15%, and the number of iterations is 50. From 30 experiments conducted, the total minimum distance obtained is 1344 km. The implementation results using the IACO Algorithm on the skincare product distribution problem of a company show that the CDVRP problem can be solved by the IACO method. The author's suggestion for further research is to explore the combination of the IACO method with other optimization algorithms as well as additional experiments with various parameters in IACO.

Keywords: *Capacitated Dynamic Vehicle Routing Problem, Improved Ant Colony Optimization, distribution, route optimization*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 <i>Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)</i>	6
2.2 Teori Dasar Graf.....	8
2.3 <i>Ant Colony Optimization (ACO)</i>	9
BAB III METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Deskripsi masalah	12
3.2 Tahapan Penelitian	12
3.3 Asumsi.....	14
3.4 Teknik Penyelesaian.....	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Model Optimisasi	21
4.2 Penyelesaian CDVRP Menggunakan IACO	23
4.3 Implementasi	35
4.3.1 Data Penelitian.....	36
4.3.2 Model Optimisasi Masalah Pendistribusian Produk <i>Skincare</i>	39

4.3.3	Tahapan Implementasi	40
4.3.4	Validasi	42
4.3.5	Hasil Implementasi	43
4.3.6	Analisis Hasil Implementasi	44
4.3.7	Analisis Parameter IACO	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		50
5.1	Kesimpulan.....	50
5.2	Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA		52
LAMPIRAN.....		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Flowchart CDVRP dengan metode IACO	20
Gambar 4. 1 Representasi graf dari solusi awal kendaraan 1	30
Gambar 4. 2 Representasi graf dari rute terpendek oleh semut 1	32
Gambar 4. 3 Lokasi titik di Provinsi Jawa Barat	38
Gambar 4. 4 Solusi terbaik yang dihasilkan program	42
Gambar 4. 5 Jumlah pheromone pada setiap jalur dengan $i, j \in J_0$	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Notasi dalam model CVRP.....	7
Tabel 3. 1 Interpretasi Parameter IACO di Dunia Nyata.....	15
Tabel 3. 2 Parameter dalam metode IACO	17
Tabel 4. 1 Himpunan dan Parameter dari Model CDVRP.....	21
Tabel 4. 2 Data mengenai depot dan rumah sakit	23
Tabel 4. 3 Jarak setiap titik dengan $i, j \in J0$	24
Tabel 4. 4 Posisi awal semut.....	25
Tabel 4. 5 Jumlah pheromone pada setiap jalur dengan $i, j \in J0$	25
Tabel 4. 6 Nilai visibility (η_{ij}) setiap jalur dengan $i, j \in J0$	25
Tabel 4. 7 Titik yang belum dikunjungi oleh semut 1	28
Tabel 4. 8 Probabilitas titik yang belum dikunjungi oleh semut 1	28
Tabel 4. 9 Solusi optimal yang ditemukan semut 1	32
Tabel 4. 10 Jumlah pheromone pada setiap jalur untuk semut 1 dengan $i, j \in J0$	32
Tabel 4. 11 Solusi optimal yang ditemukan oleh semut 2	33
Tabel 4. 12 Jumlah pheromone pada setiap jalur untuk semut 2 dengan $i, j \in J0$	33
Tabel 4. 13 Solusi optimal yang ditemukan oleh semut 3	34
Tabel 4. 14 Jumlah pheromone pada setiap jalur untuk semut 3 dengan $i, j \in J0$	34
Tabel 4. 15 Jumlah pheromone pada setiap jalur dengan $i, j \in J0$	35
Tabel 4. 16 Representasi dan Lokasi titik.....	36
Tabel 4. 17 Permintaan pelanggan	38
Tabel 4. 18 Solusi yang diperoleh dari perhitungan manual.....	42
Tabel 4. 19 Solusi Rute Untuk Pendistribusian Produk Skincare.....	44
Tabel 4. 20 Uji parameter IACO	47

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Coding program untuk contoh kasus.....	55
LAMPIRAN 2 Coding program untuk data penelitian.....	59

DAFTAR PUSTAKA

- Azi, N., Gendreau, M., & Potvin, J.-Y. (2012). A Dynamic Vehicle Routing Problem with Multiple Delivery Routes. *Annals of Operations Research*, 199(1), 103–112. doi: <https://doi.org/10.1007/s10479-011-0991-3>
- Bell, J. E., & McMullen, P. R. (2004). Ant Colony Optimization Techniques for the Vehicle Routing Problem. *Advanced Engineering Informatics*, 18(1), 41–48. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2004.07.001>
- Euchi, J., Yassine, A., & Chabchoub, H. (2015). The Dynamic Vehicle Routing Problem: Solution with Hybrid Metaheuristic Approach. *Swarm and Evolutionary Computation*, 21, 41-53. doi: <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2014.12.003>
- Gendreau, M., & Potvin, J.-Y. (1998). Dynamic Vehicle Routing and Dispatching. Dalam T. G. Crainic & G. Laporte (Ed.), *Fleet Management and Logistics* (hlm. 115–126). Springer US. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5755-5_5
- Gunawan, Maryati, I., & Wibowo, H. K. (2012). Optimasi Penentuan Rute Kendaraan Pada Sistem Distribusi Barang dengan Ant Colony Optimization. *Semantik*, 2(1).
- Huang, M., & Ding, P. (2013). An Improved Ant Colony Algorithm and Its Application in Vehicle Routing Problem. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013, 1–9. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/785383>
- Ibrahim A. A., Lo, N., Abdulaziz R.O, & Ishaya J.A. (2019). Capacitated Vehicle Routing Problem. *Éditions universitaires européennes*. doi: <https://doi.org/10.5281/ZENODO.2636820>
- Iswara, K. (2016). *Penggunaan Teori Graf, Pohon dan Kombinatorial dalam Game Online*.
- Karjono, K., Moedjiono, M., & Kurniawan, D. (2016). Ant colony optimization. *Jurnal Ticom*, 4(3), 93603.
- Kilby, P., Prosser, P., & Shaw, P. (1998). Dynamic VRPs: A Study of Scenarios. *University of Strathclyde Technical Report*, 1(11).
- Larsen, A. (2000). The Dynamic Vehicle Routing Problem.

- Letchford, A. N., & Salazar-González, J.-J. (2019). The Capacitated Vehicle Routing Problem: Stronger bounds in pseudo-polynomial time. *European Journal of Operational Research*, 272(1), 24–31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.06.002>
- Li, Y., Soleimani, H., & Zohal, M. (2019). An improved ant colony optimization algorithm for the multi-depot green vehicle routing problem with multiple objectives. *Journal of Cleaner Production*, 227, 1161–1172. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.185>
- Luo, J., Wang, J., & Yu, H. (2010). A Dynamic Vehicle Routing Problem for Responding to Large-Scale Emergencies. *2010 International Conference on E-Business and E-Government*, 1495–1499. doi: <https://doi.org/10.1109/ICEE.2010.380>
- Maalouf, M., MacKenzie, C. A., Radakrishnan, S., & Court, M. (2014). A New Fuzzy Logic Approach to Capacitated Dynamic Dial-A-Ride Problem. *Fuzzy Sets and Systems*, 255, 30–40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fss.2014.03.010>
- Mańdziuk, J., & Świechowski, M. (2017). UCT in Capacitated Vehicle Routing Problem with Traffic Jams. *Information Sciences*, 406–407, 42–56. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2017.04.020>
- 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(4), 327–343. doi: <https://doi.org/10.1007/s10878-005-4922-6>
- Ojeda Rios, B. H., Xavier, E. C., Miyazawa, F. K., Amorim, P., Curcio, E., & Santos, M. J. (2021). Recent dynamic vehicle routing problems: A survey. *Computers & Industrial Engineering*, 160, 107604. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107604>
- Pillac, V., Gendreau, M., Guéret, C., & Medaglia, A. L. (2013). A review of dynamic vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, 225(1), 1–11. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.08.015>
- Ramachandran Pillai, R., & Arock, M. (2021). Spiking neural firefly optimization scheme for the capacitated dynamic vehicle routing problem with time

- windows. *Neural Computing and Applications*, 33(1), 409–432. doi: <https://doi.org/10.1007/s00521-020-04983-8>
- Tyas, Y. S., & Prijodiprodjo, W. (2013). Aplikasi Pencarian Rute Terbaik dengan Metode Ant Colony Optimazation (ACO). *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, 7(1), 55. doi: <https://doi.org/10.22146/ijccs.3052>
- Udin, F., & Hendriyani, Y. (2023). Analisa Rute Penjemputan Tandan Buah Segar Kelapa Sawit Menggunakan Metode Ant Colony. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 101-113.
- Wang, Y., Wang, L., Chen, G., Cai, Z., Zhou, Y., & Xing, L. (2020). An Improved Ant Colony Optimization Algorithm to the Periodic Vehicle Routing Problem with Time Window and Service Choice. *Swarm and Evolutionary Computation*, 55, 100675. doi: <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2020.100675>
- Xiang, X., Qiu, J., Xiao, J., & Zhang, X. (2020a). Demand Coverage Diversity Based Ant Colony Optimization for Dynamic Vehicle Routing Problems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 91, 103582. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103582>
- Yang, J., & Zhuang, Y. (2010). An Improved Ant Colony Optimization Algorithm for Solving a Complex Combinatorial Optimization Problem. *Applied Soft Computing*, 10(2), 653–660. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2009.08.040>
- Yu, L., Li, M., Yang, Y., & Yao, B. (2009). An Improved Ant Colony Optimization for Vehicle Routing Problem. Dalam Logistics. Eighth International Conference of Chinese Logistics and Transportation Professionals (ICCLTP). *American Society of Civil Engineers*. doi: [https://doi.org/10.1061/40996\(330\)493](https://doi.org/10.1061/40996(330)493)
- Yuliza, E., Puspita, F. M., Yahdin, S., & Emiliya, R. (2020). Solving Capacitated Vehicle Routing Problem Using of Clarke and Wright Algorithm and LINGO in LPG Distribution. *Journal of Physics: Conference Series*, 1663(1), 012027. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1663/1/012027>