

***PENYELESAIAN MULTI DEPOT VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH
TIME WINDOWS MENGGUNAKAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION
ALGORITHM***

(Studi Kasus: Rute Pengambilan Bahan Baku)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika



Oleh :

Khairunnisa Aulia Azzahra

1904435

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

2024

LEMBAR HAK CIPTA

PENYELESAIAN MULTI DEPOT VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH
TIME WINDOWS MENGGUNAKAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION
ALGORITHM
(Studi Kasus: Rute Pengambilan Bahan Baku)

Oleh
Khairunnisa Aulia Azzahra
NIM 1904435

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan pada Fakultas Pendidikan Bahasa dan Seni

© Khairunnisa Aulia Azzahra 2024
Universitas Pendidikan Indonesia
Januari 2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

KHAIRUNNISA AULIA AZZAHRA

PENYELESAIAN *MULTI DEPOT VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS* MENGGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION ALGORITHM*

(Studi Kasus: Rute Pengambilan Bahan Baku)

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing :

Pembimbing I,



Dr. Khusnul Novianingsih, 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

ABSTRAK

Penelitian ini membahas *Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows* (MDVRPTW), yaitu masalah penentuan rute kendaraan dari sejumlah depot untuk melayani beberapa pelanggan tepat satu kali dan kembali ke depot semula dengan mempertimbangkan batasan *time windows* dalam setiap rutenya. Tujuan penyelesaian MDVRPTW adalah mendapatkan rute optimal dengan total *travel time* terpendek tetapi tidak melebihi *time windows*-nya. Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) digunakan untuk menyelesaikan MDVRPTW. Cara kerja PSO diadaptasi dari perilaku sosial dari tindakan tiap individu dalam sekawanan burung terhadap kawanannya. Algoritma ini bekerja dengan cara melakukan inisialisasi, mengevaluasi, mengonstruksi rute, dan memperbaharui rute hingga optimal. Penelitian di uji pada studi kasus pengambilan bahan baku suatu perusahaan. Implementasi PSO berhasil membentuk 5 rute optimal untuk Depot Pertama dan 8 rute optimal untuk Depot Kedua. Hasil optimisasi menunjukkan bahwa total *travel time* minimum tercapai, *time windows* tidak dilanggar, dan kapasitas kendaraan terpenuhi. Hasil ini menggambarkan efektivitas Algoritma PSO dalam menyelesaikan permasalahan MDVRPTW dan memberikan kontribusi pada perencanaan rute pengambilan bahan yang efisien dan optimal.

Kata Kunci : *Multi Depot Vehicle Routing Problem, Particle Swarm Optimization, Vehicle Routing Problem, Rute, Time Windows.*

ABSTRACT

This research discusses the Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows (MDVRPTW), which involves determining vehicle routes from multiple depots to serve several customers exactly once and return to the original depot, considering time window constraints on each route. The objective of solving MDVRPTW is to obtain optimal routes with the shortest total travel time without exceeding their time windows. The Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm is employed to address MDVRPTW. The PSO operates by adapting the social behavior observed in the actions of each individual within a flock of birds towards their flock. The algorithm works through initialization, evaluation, route construction, and route updating until an optimal solution is achieved. The research is tested on a case study involving the procurement of raw materials for a company. The implementation of PSO successfully forms 5 optimal routes for the First Depot and 8 optimal routes for the Second Depot. The optimization results indicate that the minimum total travel time is achieved, time windows are not violated, and vehicle capacities are fulfilled. These results illustrate the effectiveness of the PSO algorithm in solving the MDVRPTW and contribute to efficient and optimal route planning for material procurement.

Keywords: *Multi Depot Vehicle Routing Problem, Particle Swarm Optimization, Vehicle Routing Problem, Route, Time Windows.*

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	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II.....	4
2.1 <i>Vehicle Routing Problem</i>	4
2.2 <i>Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows</i>	6
2.3 <i>Particle Swarm Optimization</i>	6
BAB III	9
3.1 Deskripsi Masalah	9
3.2 Tahapan Penelitian.....	9
3.3 Asumsi Penelitian	10
3.4 Model Optimisasi	11
3.5 Penyelesaian Model Optimisasi menggunakan <i>Particle Swarm Optimization</i>	12
3.5.1 <i>Classification</i>	13
3.5.2 <i>Optimization</i>	13
3.4 Contoh Penyelesaian <i>Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows</i> Menggunakan Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i>	17
BAB IV	21
4.1 Data Penelitian.....	21
4.2 Model Optimisasi	22
4.3 Tahapan Implementasi.....	23
4.4 Validasi.....	25
4.5 Hasil Implementasi	25
4.6 Analisis Parameter PSO.....	28
BAB V	32
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Flowchart Algoritma PSO untuk Permasalahan MDVRPTW	16
Gambar 4. 1 Output Python - Kasus Bab III	25

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data Depot, Pelanggan, Titik Koordinat, dan Permintaan.....	17
Tabel 3. 2 Matriks Jarak (Km).....	17
Tabel 3. 3 Rute Solusi Iterasi Pertama.....	19
Tabel 3. 4 Rute Solusi Iterasi Keempat.. ..	21
Tabel 4. 1 Hasil Implementasi Algoritma PSO untuk Depot Pertama.....	25
Tabel 4. 2 Hasil Implementasi Algoritma PSO untuk Depot Kedua	26
Tabel 4. 3 Parameter Set Analisis Hasil Algoritma PSO.....	28
Tabel 4. 4 Kombinasi Parameter Analisis Hasil Algoritma PSO	28
Tabel 4. 5 Analisis Hasil Berdasarkan <i>Learning Rates</i>	29
Tabel 4. 6 Analisis Hasil Berdasarkan Inertia Weight.....	30
Tabel 4. 7 Analisis Hasil Berdasarkan Kecepatan Awal Partikel	30
Tabel 4. 8 Analisis Hasil Berdasarkan Jumlah <i>Swarm</i>	31
Tabel 4. 9 Analisis Hasil Berdasarkan Jumlah Iterasi	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Depot, Data Pelanggan, data Koordinat, dan Data Permintaan	36
Lampiran 2 <i>Source Code</i> Python	41

DAFTAR PUSTAKA

- Arafah, L. (2021). *Penyelesaian Vehicle Routing Problem with Time Windows dengan Menggunakan Algoritma Honey Bee Mating Optimization*. (Skripsi). FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung
- Ariyanto, D., & Suseno. (2024). Optimalisasi Penentuan Rute Distribusi Roti Bakar Dengan Metode Saving Matrix dan Algoritma Nearest Neighbor Pada Pabrik Roti Bakar Azhari. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Inovasi (2:1)*. doi : [10.59024/jisi.v2i1.494](https://doi.org/10.59024/jisi.v2i1.494)
- Asteria, C. (2008). *Penentuan Rute Distribusi dengan Algoritma Tabu Search untuk VRP Time Windows*. (Tesis). Teknik Industri, Universitas Indonesia, Depok
- Atiqoh, A. N. (2020). *Analisis Inertia Weight pada Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) untuk Optimalisasi dan Pemodelan Sistem Terhadap Persoalan Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW)*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya
- Bai, Q. (2010). Analysis of Particle Swarm Optimization Algorithm. *Computer and Information Science (3:1)*. doi : [10.5539/cis.v3n1p180](https://doi.org/10.5539/cis.v3n1p180)
- Fatimah, Z. M. (2016). *Penerapan Algoritma Particle Swarm Optimization Untuk Vehicle Routing Problem with Time Windows Pada Kasus Pendistribusian Barang*. (Skripsi). Universitas Jember, Jember
- Fitriana, R., & Moengin, P. (2019). Improvement Route for Distribution Solutions MDVRP using Genetic Algorithm. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. doi : [10.1088/1757-899X/528/1/012042](https://doi.org/10.1088/1757-899X/528/1/012042)
- Fitri, A. (2023). *Penyelesaian Multi Depot Vehicle Routing Problem Menggunakan Grey Wolf Optimizer Algorithm*. (Skripsi). FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung
- Gamayanti, N., Alkaff, A., & Mangatas, R. (2015). Optimasi MDVRP dengan Variabel Travel Time menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization. *JAVA Journal of Electrical and Electronics Engineering (13:1)*. Surabaya

- Gunawan, Maryati, I., & Wibowo, H. (2012). Optimasi Penentuan Rute Kendaraan Pada Sistem Distribusi Barang Dengan Ant Colony Optimization. *Semantik*, ISBM 979 - 26 - 0255 – 0
- Heechul, B., Ilkyung, M., Wonyoung, Y. (2016). A Time-varying lot sizes approach for the economic lot scheduling problem with return. *International Journal of Production Research*. doi : [10.1080/00207543.2015.1110633](https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1110633)
- Kennedy, J., & Eberhart, R. (1995). Particle Swarm Optimization. *Proceedings of 4th IEEE Int. Conference on Neural Networks*. doi : [10.1109/ICNN.1995.488968](https://doi.org/10.1109/ICNN.1995.488968)
- Kurniawan, Sidik, I., Susanty, S., Adiarto, H. (2014). Usulan Rute 42 Pendistribusian Air Mineral Dalam Kemasan Menggunakan Metode Nearest Neighbour Dan Clarke & Wright Savings. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 01(04):125–36.
- Laporte, Gilbert. (1992). The Traveling Salesman Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59(2):231–47.
- Lalang, D., Making, S. R., & Manapa, I. (2019). Modulating the Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows using Occasional Driver. *IJICC, 5(Special Edition: Science, Applied Science, Teaching and Education)*.
- Liong, C.Y., Ismail, W.R., Omar, K., & Zirour, M. (2008). Vehicle routing problem: models and solutions. *Journal of Quality Measurement and Analysis*.
- Nugroho, R. H. (2015). *Algoritma Ant Colony System untuk Menyelesaikan Multi Depot Vehicle Routing Problem dengan Variabel Travel Time*. (Skripsi). Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Ramos, Tânia Rodrigues Pereira, Maria Isabel Gomes, and Ana Paula Barbosa Póvoa. (2020). Multi-Depot Vehicle Routing Problem: A Comparative Study of 43 Alternative Formulations. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 23(2):103–20.
- Santosa, B. (2011). *Tutorial Particle Swarm Optimization*. Surabaya : Dosen Teknik Industri ITS.

- Shami, T.M., El-Saleh, A.A., Alswaitti, M., Al-Tashi, Q., Summakieh, M.A., & Mirjalili, S.M. (2022). Particle Swarm Optimization: A Comprehensive Survey. *IEEE Access*. doi: [10.1109/ACCESS.2022.3142859](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3142859)
- Shi, Y. (2007). Particle Swarm Optimization. *IEEE Neural Networks Society*
- Sinaga, R. L. (2015). *Algoritma Simulated Annealing untuk Menyelesaikan Multi Depot Vehicle Routing Problem dengan Variabel Travel Time*. (Skripsi). Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Tansini, L., & Viera, O. (2004). *Adapted Clustering Algoritim for The Assignment Problem in the MDVRPTW*. Uruguay : Instituto de Computacion - Facultad de Ingenieria
- Toth, P., & Vigo, D. (2014). *The Family of Vehicle Routing Problems : Problems, Methods, and Applications Second Edition*. Bologna : The Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia
- Tuegeh, M., Soeprijanto, & Purnomo, M. H. (2009). Modified Improved Particle Swarm Optimization for Optimal Generator Scheduling. *SNATI*. ISSN: 1907-5022