

**PENYELESAIAN *DYNAMIC TRAVELING SALESMAN PROBLEM* (DTSP)
MENGUNAKAN ALGORITMA *ANT COLONY OPTIMIZATION*
(STUDI KASUS: PENGIRIMAN ROTI OLEH
PABRIK ROTI DI KABUPATEN CIANJUR)**

SKRIPSI

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



Oleh
Muthia Rasikha Zahra
2003169

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

LEMBAR HAK CIPTA

**PENYELESAIAN *DYNAMIC TRAVELING SALESMAN PROBLEM* (DTSP)
MENGUNAKAN ALGORITMA *ANT COLONY OPTIMIZATION*
(STUDI KASUS: PENGIRIMAN ROTI OLEH
PABRIK ROTI DI KABUPATEN CIANJUR)**

Oleh:

Muthia Rasikha Zahra

2003169

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

© Muthia Rasikha Zahra 2025

Universitas Pendidikan Indonesia

Januari 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

MUTHIA RASIKHA ZAHRA

**PENYELESAIAN *DYNAMIC TRAVELING SALESMAN PROBLEM* (DTSP)
MENGUNAKAN ALGORITMA *ANT COLONY OPTIMIZATION*
(STUDI KASUS: PENGIRIMAN ROTI OLEH
PABRIK ROTI DI KABUPATEN CIANJUR)**

disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Dr. Kartika Yulianti, M.Si.
NIP. 198207282005012001

Pembimbing II



30/01/2025

Isniet Yusnitha, Ph.D
NIP. 198506092012122002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yulianti, M.Si.
NIP. 198207282005012001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Penyelesaian *Dynamic Traveling Salesman Problem* (DTSP) Menggunakan Algoritma *Ant Colony Optimization* (Studi Kasus: Pengiriman Roti oleh Pabrik Roti di Kabupaten Cianjur)” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Januari 2025

Yang membuat pernyataan,



Muthia Rasikha Zahra

NIM. 2003169

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadiran *Allah Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penyelesaian *Dynamic Traveling Salesman Problem* (DTSP) Menggunakan Algoritma *Ant Colony Optimization* (Studi Kasus: Pengiriman Roti oleh Pabrik Roti di Kabupaten Cianjur)”. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar sarjana matematika.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan semangat dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini harapannya dapat memberikan ilmu pengetahuan mengenai penelitian yang dilakukan oleh penulis.

Penulis menyadari masih ada kekurangan pada skripsi ini yang disebabkan oleh keterbatasan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk menyempurnakan skripsi ini. Demikian skripsi ini penulis susun, semoga menjadi manfaat dan mohon maaf bila ada kekurangan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Bandung, Januari 2025



Muthia Rasikha Zahra

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan memanjatkan puji serta syukur kehadirat *Allah Subhanahu Wa Ta'ala* dan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad Shalallaahu Alaihi Wassalam, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu. Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan dan do'a dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Ibu Sundari dan Bapak M Asep Wahyuna, serta kedua adik penulis yaitu Muhammad Nabil Hilmy dan Muhammad Zamzam Fahlevy yang telah memberikan dukungan moral, dukungan materil, semangat, serta do'a yang terus dipanjatkan kepada penulis sehingga penyusunan skripsi ini bisa berjalan dengan lancar.
2. Ibu Dr. Kartika Yulianti, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I dan Ketua Program Studi Matematika yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, masukan dan motivasi yang banyak membantu penulis dari awal hingga akhir penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Isnie Yusnitha, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, masukan dan motivasi yang banyak membantu penulis dari awal hingga akhir penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Dra. Encum Sumiaty, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktunya untuk membantu dalam memberikan arahan dan juga pendampingan akademik selama masa perkuliahan penulis.
5. Seluruh dosen dan civitas akademika di lingkungan Departemen Pendidikan Matematika, Universitas Pendidikan Indonesia.
6. Rekan sejawat dan teman-teman yang telah memberikan motivasi, bantuan, dan kebersamaan kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Diri sendiri yang sudah terus berusaha untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini dari awal hingga akhir. Terima kasih sudah tetap berusaha untuk melanjutkan hidup, menapaki hari demi hari, hingga detik demi detik.

Semoga dukungan, do'a, bantuan dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan berkali-kali lipat dari *Allah Subhanahu Wa Ta'ala*.

**Penyelesaian *Dynamic Traveling Salesman Problem* (DTSP) Menggunakan
Algoritma *Ant Colony Optimization* (Studi Kasus: Pengiriman Roti
oleh Pabrik Roti di Kabupaten Cianjur)**

ABSTRAK

Dalam kehidupan sehari-hari, ketika kita berpindah dari satu tempat ke tempat lain, penting untuk mempertimbangkan waktu dan biaya agar dapat menemukan rute terpendek yang paling efisien. Permasalahan rute terpendek (*shortest path problem*) merupakan suatu permasalahan optimasi pencarian rute minimum yang diperlukan untuk mencapai tempat tujuan berdasarkan beberapa jalur yang tersedia. *Dynamic Traveling Salesman Problem* (DTSP) merupakan varian dari *Traveling Salesman Problem* (TSP) yang memperhitungkan perubahan dalam himpunan simpul yang harus dikunjungi seiring waktu, seperti pembatalan atau penambahan simpul kunjungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model DTSP dan mengimplementasikan Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menentukan rute pengiriman roti yang optimal meskipun terjadi perubahan simpul penjemputan oleh suatu pabrik roti di Kabupaten Cianjur. Metodologi yang digunakan melibatkan simulasi dan analisis terhadap rute pengiriman berdasarkan data dinamis yang ada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 13 simpul representatif yang diteliti, didapat rute optimal pengiriman roti dari pabrik ke 13 simpul dengan total jarak 13.110 meter. Perubahan berupa penghapusan simpul tidak memberikan pengaruh terhadap perubahan total jarak yang telah didapat. Sebaliknya, perubahan berupa penambahan simpul akan mempengaruhi total jarak yang semula 13.110 meter menjadi 13.380 meter dan 13.770 meter untuk 2 simpul berbeda yang ditambah. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan solusi praktis bagi pengiriman roti tetapi juga dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan solusi untuk masalah optimasi rute yang dinamis, serta memperkaya literatur tentang DTSP dan algoritma optimasi.

Kata Kunci: *Dynamic Traveling Salesman Problem*, Algoritma *Ant Colony Optimization*, pengiriman roti, optimasi rute, perubahan simpul.

***Solving the Dynamic Traveling Salesman Problem (DTSP) Using the
Ant Colony Optimization Algorithm (Case Study: Bread Delivery
by Bread Factory in Cianjur Regency)***

ABSTRACT

In everyday life, when we move from one place to another, it is important to consider time and cost in order to find the most efficient shortest route. The shortest path problem is an optimization problem of finding the minimum route required to reach a destination based on several available paths. Dynamic Traveling Salesman Problem (DTSP) is a variant of the Traveling Salesman Problem (TSP) that takes into account changes in the set of nodes that must be visited over time, such as the cancellation or addition of visit points. This research aims to develop a DTSP model and implement the Ant Colony Optimization (ACO) algorithm to determine the optimal bread delivery route despite changes in pick-up nodes by a bakery in Cianjur Regency. The methodology used involves simulation and analysis of delivery routes based on existing dynamic data. The results showed that from the 13 representative nodes studied, an optimal bread delivery route was obtained from the factory to 13 nodes with a total distance of 13.110 meters. Changes in the form of node deletion have no effect on changes in the total distance that has been obtained. Conversely, changes in the form of adding nodes will affect the total distance from 13.110 meters to 13.380 meters and 13.770 meters for the two different nodes added. Thus, this research not only provides a practical solution for bread delivery but can also contribute significantly to the development of solutions for dynamic route optimization problems, as well as enrich the literature on DTSP and optimization algorithms.

Key Words: *Dynamic Traveling Salesman Problem, Ant Colony Optimization, bread delivery, route optimization, node changes.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Graf.....	6
2.2 <i>Traveling Salesman Problem (TSP)</i>	9
2.3 <i>Dynamic Traveling Salesman Problem (DTSP)</i>	11
2.4 <i>Algoritma Ant Colony Optimization (ACO)</i>	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	16
3.1 Deskripsi Masalah	16
3.2 Asumsi.....	17
3.3 Model.....	17
3.4 Tahapan Penyelesaian	19
3.4.1 Implementasi Algoritma ACO	19
3.4.2 <i>Input Data dan Inisialisasi Parameter</i>	20
3.4.3 Membuat Tabel Feromon Awal	20
3.4.4 Menghitung Nilai Probabilitas Pilih Kota dan Mengisi <i>Tabulist</i>	21
3.4.5 Memperbarui Feromon.....	21

3.4.6	Memperbarui Data Kota Tujuan	21
3.5	Contoh	22
3.6	Validasi.....	30
3.7	Kesimpulan.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Data Penelitian	31
4.2	Representasi Graf	31
4.3	Implementasi Algoritma <i>Ant Colony Optimization</i> (ACO).....	34
4.3.1	<i>Input</i> Data dan Inisialisasi Parameter.....	34
4.3.2	Membuat Tabel Feromon Awal	36
4.3.3	Menghitung Nilai Probabilitas Pilih Kota dan Mengisi <i>Tabulist</i>	37
4.3.4	Memperbarui Feromon.....	38
4.3.5	Memperbarui Data Kota Tujuan	38
4.3.6	Hasil Akhir	40
4.4	Validasi.....	44
BAB V PENUTUP.....		45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran	46
DAFTAR PUSTAKA		48
LAMPIRAN.....		50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Graf	6
Gambar 2. 2 Ilustrasi Graf Terhubung dan Tidak Terhubung.....	7
Gambar 2. 3 Ilustrasi Graf Berbobot	7
Gambar 2. 4 Ilustrasi Graf Berarah	8
Gambar 2. 5 Ilustrasi Graf Terhubung Kuat dan Terhubung Lemah	8
Gambar 2. 6 Contoh Siklus Hamilton	9
Gambar 3. 1 Ilustrasi Graf DTSP-NC Hapus Kota	18
Gambar 3. 2 Ilustrasi Graf DTSP-NC Tambah Kota.....	18
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> ACO DTSP-NC	20
Gambar 4. 1 Data Pabrik Roti dan Warung Agen yang Diteliti	31
Gambar 4. 2 Graf Data Pabrik Roti dan Warung Agen (Lengkap)	32
Gambar 4. 3 Graf Data Pabrik Roti dan Warung Agen (Disederhanakan)	33
Gambar 4. 4 Bahasa Python untuk Membaca File Excel yang Berisikan Data Penelitian.....	34
Gambar 4. 5 Graf 13 Simpul Awal yang Akan Dikunjungi	35
Gambar 4. 6 Langkah Input Data pada Program	35
Gambar 4. 7 Bahasa Python untuk Membuat Matriks Feromon	36
Gambar 4. 8 <i>Output</i> Matriks Feromon	37
Gambar 4. 9 Bahasa Python untuk Menentukan Probabilitas Pilih Kota Selanjutnya	37
Gambar 4. 10 Bahasa Python untuk Memilih Kota Berdasarkan Probabilitas....	38
Gambar 4. 11 Hasil Rute Terbaik untuk 13 Simpul	38
Gambar 4. 12 Bahasa Python untuk Perubahan Data Simpul	39
Gambar 4. 13 <i>Output</i> Hasil Perubahan Hapus Simpul J	39
Gambar 4. 14 <i>Output</i> Hasil Perubahan Hapus Simpul L.....	40
Gambar 4. 15 <i>Output</i> Hasil Perubahan Tambah Simpul D	40
Gambar 4. 16 <i>Output</i> Hasil Perubahan Tambah Simpul N	40
Gambar 4. 17 Rute yang Terbentuk Tanpa Perubahan Data	41
Gambar 4. 18 Rute yang Terbentuk jika Simpul J Dihapus	42
Gambar 4. 19 Rute yang Terbentuk jika Simpul L Dihapus	42
Gambar 4. 20 Rute yang Terbentuk jika Simpul D Ditambah	43

Gambar 4. 21 Rute yang Terbentuk jika Simpul N Ditambah	43
Gambar 4. 22 Hasil Perhitungan Menggunakan Python untuk Validasi.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data Antar Kota (Warung Agen) untuk Contoh Kasus.....	22
Tabel 3. 2 Nilai Feromon Awal.....	22
Tabel 3. 3 Semut Memilih Kota Awal Secara Acak	23
Tabel 3. 4 Nilai Probabilitas Pilih Kota, $r=1$	24
Tabel 3. 5 <i>Tabulist</i> , $r=1$	24
Tabel 3. 6 Nilai Probabilitas Pilih Kota, $r=2$	25
Tabel 3. 7 <i>Tabulist</i> , $r=2$	25
Tabel 3. 8 Nilai Probabilitas Pilih Kota, $r=3$	25
Tabel 3. 9 <i>Tabulist</i> , $r=3$	25
Tabel 3. 10 Nilai Probabilitas Pilih Kota, $r=4$	26
Tabel 3. 11 <i>Tabulist</i> , $r=4$	26
Tabel 3. 12 Total Jarak Rute tiap Semut	26
Tabel 3. 13 Nilai Feromon Baru.....	27
Tabel 3. 14 Feromon Awal Perubahan Tambah Kota	28
Tabel 3. 15 Feromon Awal Perubahan Hapus Kota	28
Tabel 3. 16 Perubahan Data Jarak Tambah Kota	29
Tabel 3. 17 Proses ACO Perubahan Rute Tambah Kota.....	29
Tabel 3. 18 Total Jarak Perubahan Tambah Kota	29
Tabel 4. 1 Tabel Data Simpul yang Sudah Disederhanakan.....	33
Tabel 4. 2 Parameter-parameter yang Akan Digunakan	35
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Manual untuk Validasi	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data Daftar Lokasi Lengkap Pabrik Roti dan Warung	50
Lampiran 2.	Data Daftar Lokasi Simpul yang Sudah Disederhanakan	53
Lampiran 3.	Data Jarak Antar Lokasi yang Sudah Disederhanakan (dalam meter).....	54
Lampiran 4.	<i>Coding</i> Python untuk DTSP menggunakan Algoritma ACO	55

DAFTAR PUSTAKA

- Adham, M. T., & Bentley, P. J. (2014). An Artificial Ecosystem Algorithm Applied to Static and Dynamic Travelling Salesman Problems. *IEEE International Conference on Evolvable Systems* (pp. 149-156). IEEE.
- Bondy, J. A. and Murty, U. S. R. (1976). *Graph Theory with Applications*. Department of Combinatorics and Optimization. University of Waterloo. North Holland, New York.
- de Oliveira, S. M., Bezerra, L. C., Stützle, T., Dorigo, M., Wanner, E. F., & de Souza, S. R. (2021). A Computational Study on Ant Colony Optimization for the Traveling Salesman Problem with Dynamic Demands. *Computers & Operations Research*, 135, 105359.
- Di Caro, G., & Dorigo, M. (1998). AntNet: Distributed Stigmergetic Control for Communications Networks. *J. Artif. Intell. Res.*, 9, 317–365.
- Dorigo, M., Maniezzo, V., & Coloni, A. (1996). The Ant System: Optimization by A Colony of Cooperating Agents. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part B: Cybernetics*, 26(1), 29–41.
- 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.
- Eaton, J., Yang, S., & Mavrovouniotis, M. (2016). Ant Colony Optimization with Immigrants Schemes for the Dynamic Railway Junction Rescheduling Problem with Multiple Delays. *Soft Computing*, 20(8), 2951-2966.
- Guntsch, M., Middendorf, M., & Schneck H. (2001). *An Ant Colony Optimization Approach to Dynamic TSP*. Germany: University of Karlsruhe.
- Gutin, G., & Punnen, A. P. (Eds.). (2006). *The Traveling Salesman Problem and Its Variations (Vol. 12)*. Springer Science & Business Media.
- Hakim, T. R. (2015). *Hybrid Genetic Algorithms (GA) dan Ant Colony Optimization (ACO) dalam Menyelesaikan Dynamic Travelling Salesman Problem (DTSP)*. (Skripsi). Universitas Airlangga. Surabaya, Indonesia.
- Jurjee, M. M. J., Sarim, H. M., Al-Dabbagh, N. H. A., & Nababan, E. B. (2017). A Multi-Population Harmony Search Algorithm for the Dynamic Travelling Salesman Problem with Traffic Factors. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 95(2), 265.
- Mavrovouniotis, M., & Yang, S. (2013). Ant Colony Optimization Algorithms with Immigrants Schemes for The Dynamic Travelling Salesman Problem. *Evolutionary Computation for Dynamic Optimization Problems* (pp. 317-341). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Mavrovouniotis, M., Müller, F. M., & Yang, S. (2017). Ant Colony Optimization with Local Search for Dynamic Traveling Salesman Problems. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 47(7), 1743-1756.
- Mavrovouniotis, M., Yang, S., Van, M., Li, C., & Polycarpou, M. (2020). Ant Colony Optimization Algorithms for Dynamic Optimization: A Case Study of the Dynamic Travelling Salesperson Problem [Research Frontier]. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 15(1), 52-63.
- Meiliana, C., H., & Maryono, D. (2014). Aplikasi Pewarnaan Graf untuk Optimalisasi Pengaturan Traffic Light di Sukoharjo. *Jiptek*.

- Montemanni, R., Gambardella, L. M., Rizzoli, A. E., & Donati, A. V. (2005). Ant Colony System for a Dynamic Vehicle Routing Problem. *J. Combinatorial Optimization*, 10(4), 327-343.
- Munir, R. (2005). *Matematika Diskrit*. Bandung: Informatika Bandung.
- Rohman, S., Zakaria, L., Asmiati, A., & Nuryaman, A. (2020). Optimisasi Travelling Salesman Problem dengan Algoritma Genetika pada Kasus Pendistribusian Barang PT. Pos Indonesia di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Matematika Integratif*, 16(1), 61-73.
- Sianturi, R. Y. C., Rahayudi, B., & Widodo, A. W. (2021). Implementasi Algoritme Ant Colony Optimization untuk Optimasi Rute Distribusi Produk Kebutuhan Pokok dari Toko Sasana Bonafide Mojoroto. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5(7), 3190-3197.
- Silva, C., & Runkler, T. (2004). Ant Colony Optimization for Dynamic Traveling Salesman Problems. *ARCS 2004: Organic and Pervasive Computing*.
- Soleimanian, F., Maleki, I., & Farahmandian, M. (2012). *New Approach for Solving Dynamic Travelling Salesman Problem with Hybrid Genetic Algorithms and Ant Colony Optimization*. Iran: Islamic Azad University.
- Stodola, P., Michenka, K., Nohel, J., & Rybanský, M. (2020). Hybrid Algorithm Based on Ant Colony Optimization and Simulated Annealing Applied to the Dynamic Traveling Salesman Problem. *Entropy*, 22(8), 884.
- Wahyuningsih, S., Satyananda, D., & Hasanah, D. (2015). *Kajian Karakteristik Solusi Varian Traveling Salesman Problem (TSP) dan Aplikasinya*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Xu, X., Yuan, H., Matthew, P., Ray, J., Bagdasar, O., & Trovati, M. (2020). GORTS: Genetic Algorithm Based on One-by-one Revision of Two Sides for Dynamic Travelling Salesman Problems. *Soft Computing*, 24(10), 7197-7210.
- Yulianto, E., & Setiawan, A. (2018). Optimasi Rute Sales Coverage Menggunakan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic dan Layanan Google Maps API. *INTERNAL (Information System Journal)*, 1(1), 39-54.