

PENYELESAIAN *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM* MENGUNAKAN ALGORITMA *ANT COLONY SYSTEM*

NURANI CANDRA WIDYASARI



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Penyelesaian *Travelling Salesman Problem* Menggunakan Algoritma *Ant Colony System*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2025

Nurani Candra Widyasari
G5401211020



ABSTRAK

NURANI CANDRA WIDYASARI. Penyelesaian *Travelling Salesman Problem* Menggunakan Algoritma *Ant Colony System*. Dibimbing oleh BIB PARUHUM SILALAH dan HIDAYATUL MAYYANI.

Proses distribusi memerlukan strategi perencanaan rute yang efektif dan efisien untuk meminimalkan biaya operasional dan waktu pengiriman. Salah satu permasalahan di bidang optimasi yang berfokus pada pencarian rute terpendek adalah *Travelling Salesman Problem* (TSP). TSP dapat diselesaikan menggunakan metode eksak dan metode pendekatan. Namun, penyelesaian TSP dalam kasus besar dengan metode eksak cenderung memakan waktu yang sangat lama. Maka dari itu berbagai metode pendekatan dikembangkan untuk menyelesaikan TSP ini. Pada penelitian ini, TSP diselesaikan menggunakan metode pendekatan *Ant Colony System* (ACS) dan metode eksak *Branch and Bound* (BnB). Kemudian solusi akhir yang diperoleh dibandingkan dengan metode pendekatan lainnya di antaranya adalah *Bee Colony Optimization* (BCO), *Ant Colony Optimization* (ACO), *Grey Wolf Optimization* (GWO) dan *Simulated Annealing* (SA). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa algoritma ACS memiliki kinerja yang lebih baik dengan solusi yang dihasilkan paling mendekati optimal dan waktu komputasinya lebih cepat dibandingkan dengan metode BCO, ACO, GWO, dan SA.

Kata kunci: *ant colony system, branch and bound, metode metaheuristik, travelling salesman problem*

ABSTRACT

NURANI CANDRA WIDYASARI. Solving *Travelling Salesman Problem* with *Ant Colony System* Algorithm. Supervised by BIB PARUHUM SILALAH and HIDAYATUL MAYYANI.

The distribution process requires an effective and efficient route planning strategy to minimize operational costs and delivery time. One of the optimization problems that focuses on finding the shortest route is the *Travelling Salesman Problem* (TSP). The TSP can be solved using exact methods and approximation methods. However, solving the TSP in large-scale cases using exact methods tends to be very time-consuming. Therefore, various approximation methods have been developed to solve the TSP. In this study, the TSP is solved using the *Ant Colony System* (ACS) as an approximation method and *Branch and Bound* (BnB) as an exact method. The final solution is then compared with other approximation methods, including *Bee Colony Optimization* (BCO), *Ant Colony Optimization* (ACO), *Grey Wolf Optimization* (GWO) and *Simulated Annealing* (SA). Three TSP cases are examined in this study. The result show that the ACS algorithm performs better with producing solutions that are closest to optimal with faster computation times compared to the BCO, ACO, GWO, and SA methods.

Keywords: *ant colony system, branch and bound, metaheuristic method, travelling salesman problem*



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

PENYELESAIAN *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM* MENGUNAKAN ALGORITMA *ANT COLONY SYSTEM*

NURANI CANDRA WIDYASARI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika pada
Program Studi Matematika

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
1 Drs. Prapto Tri Supriyo, M.Kom.



Judul Skripsi : *Penyelesaian Travelling Salesman Problem Menggunakan Algoritma Ant Colony System*

Nama : Nurani Candra Widyasari

NIM : G5401211020

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Bib Paruhum Silalahi, M.Kom.

Pembimbing 2:

Hidayatul Mayyani, S.Si., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Donny Citra Lesmana, S.Si., M.Fin.Math.

NIP 197902272005011001

Tanggal Ujian: 17 Juli 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2024 sampai bulan Agustus 2025 ini ialah Riset Operasi, dengan judul “Penyelesaian *Travelling Salesman Problem* Menggunakan Algoritma *Ant Colony System*”. Proses dalam menyusun karya ilmiah ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, penulis berterima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa menguatkan langkah, meringankan proses, dan menenangkan hati dalam tiap perjalanan penyusunan tugas akhir ini,
2. Bapak Widodo dan Ibu Yati Candra Dewi, kedua orang tua tercinta, serta Arfian Candra Saputra dan Imelda Candra Puspitasari, kakak dan adik penulis, yang tak henti memberikan doa, nasihat, motivasi, dan dukungan tulus selama menempuh pendidikan di IPB University,
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Bib Paruhum Silalahi, M. Kom. selaku dosen pembimbing I, dan Ibu Hidayatul Mayyani, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing II, atas kesabaran, ilmu dan waktunya yang begitu berharga dalam membimbing penulis hingga tugas akhir ini selesai,
4. Bapak Drs. Prapto Tri Supriyo, M.Kom. selaku dosen penguji, yang telah meluangkan waktu memberi masukan berharga demi penyempurnaan tugas akhir ini,
5. dosen pembimbing akademik, serta seluruh dosen dan staf Departemen Matematika, yang telah membantu, memfasilitasi, membekali penulis dengan ilmu dan pengalaman selama perkuliahan,
6. rekan-rekan Departemen Matematika 58, yang telah kebersamai perjalanan empat tahun ini dengan tawa, tangis, dan cerita yang tak akan terlupa,
7. teman-teman Gumatika periode 2023/2024 dan 2024/2025, terutama Departemen PSDM, atas pengalaman dan kebersamaan yang begitu berharga,
8. Poppy Anggraini, Lestari Puspita Natalia Aruan, dan Septiani Rizky Dewi, sahabat-sahabat yang sudah kebersamai sejak awal perjalanan ini. Terima kasih telah menjadi ruang aman untuk berbagi cerita, tawa, tangis, dan segala hal yang tak bisa dituliskan satu per satu. *I'm so lucky to have you guys*,
9. Naufal Putra Gani, terima kasih telah menjadi rumah yang tenang di tengah hiruk pikuknya perjuangan ini. Doa, dukungan, dan ketulusanmu jadi kekuatan besar yang tak terlihat tapi selalu terasa. *I'm so grateful to have you by my side*,
10. semua pihak yang tak dapat disebutkan satu per satu, namun telah memberi arti dalam proses ini, terima kasih atas segala kebaikan dan bantuannya,
11. diri saya sendiri, terima kasih sudah kuat sejauh ini. Tak mudah, tapi kamu tetap memilih untuk terus berjalan. *You did it so well, so proud of you*, Rani.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2025

Nurani Candra Widyasari



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Optimasi	3
2.2 Penyelesaian Masalah Optimasi	3
2.3 <i>Linear Programming</i> (LP)	4
2.4 <i>Integer Linear Programming</i> (ILP)	4
2.5 <i>Travelling Salesman Problem</i> (TSP)	5
2.6 Kendala Eliminasi Subtur	7
2.7 <i>Ant Colony System</i> (ACS)	8
III METODE	14
3.1 Alat dan Bahan	14
3.2 Alur Kerja Algoritma <i>Ant Colony System</i> (ACS)	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Implementasi ACS pada Kasus 7 Kota	19
4.2 Penyelesaian TSP dengan Metode Eksak BnB pada Kasus 20, 40, dan 60 Kota	28
4.3 Penyelesaian TSP dengan Algoritma ACS pada Kasus 20, 40, dan 60 Kota	29
4.4 Perbandingan Hasil Total Jarak dan Waktu Komputasi untuk Setiap Algoritma	39
V SIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Simpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	45
RIWAYAT HIDUP	53

DAFTAR TABEL

1	Data koordinat 7 kota	19
2	Data matriks jarak 7 kota	19
3	Nilai fungsi heuristik antar kota ($\eta(t, u)$)	20
4	Nilai <i>pheromone</i> awal (τ_0)	21
5	Nilai probabilitas dan probabilitas kumulatif iterasi 1 tabu list 5	22
6	Nilai eksploitasi iterasi 1 tabu list 5, 0	22
7	Nilai probabilitas dan probabilitas kumulatif iterasi 1 tabu list 5, 0, 4	23
8	Nilai eksploitasi iterasi 1 tabu list 5, 0, 4, 1	23
9	Nilai eksploitasi iterasi 1 tabu list 5, 0, 4, 1, 3	24
10	Perubahan <i>pheromone</i> pada jalur perjalanan semut 1	25
11	Rute dan total jarak yang ditempuh oleh setiap semut pada iterasi 1	25
12	Nilai <i>pheromone</i> setelah mengalami pembaruan <i>pheromone</i> global	26
13	Perbandingan hasil pada kasus 1 dengan jumlah iterasi 10 dan jumlah semut yang berbeda (5, 10, 15)	30
14	Perbandingan hasil pada kasus 1 dengan jumlah iterasi 50 dan jumlah semut yang berbeda (5, 10, 15)	30
15	Perbandingan hasil pada kasus 1 dengan jumlah iterasi 100 dan jumlah semut yang berbeda (5, 10, 15)	30
16	Perbandingan hasil pada kasus 2 dengan jumlah iterasi 50 dan jumlah semut yang berbeda (10, 20, 30)	33
17	Perbandingan hasil pada kasus 2 dengan jumlah iterasi 100 dan jumlah semut yang berbeda (10, 20, 30)	33
18	Perbandingan hasil pada kasus 2 dengan jumlah iterasi 150 dan jumlah semut yang berbeda (10, 20, 30)	33
19	Perbandingan hasil pada kasus 3 dengan jumlah iterasi 150 dan jumlah semut yang berbeda (25, 35, 40)	36
20	Perbandingan hasil pada kasus 3 dengan jumlah iterasi 200 dan jumlah semut yang berbeda (25, 35, 40)	36
21	Perbandingan hasil pada kasus 3 dengan jumlah iterasi 250 dan jumlah semut yang berbeda (25, 35, 40)	36
22	Perbandingan waktu komputasi antara ACS dengan metode eksak BnB dan metode metaheuristik (BCO, ACO, GWO, SA)	39
23	Perbandingan total jarak antara ACS dengan metode eksak BnB dan metode metaheuristik (BCO, ACO, GWO, SA)	40
24	Perbandingan nilai persentase deviasi dari masing-masing algoritma	41

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi rute masalah TSP	5
2	Ilustrasi subtur	6
3	Ilustrasi semut mencari jalur terpendek	8
4	<i>Flowchart</i> algoritma <i>Ant Colony System</i>	12
5	Data koordinat (x, y) untuk kasus 1 dan kasus 2	14

6	Data koordinat (x, y) untuk kasus 3	15
7	Koordinat (x, y) untuk kasus 7 kota	20
8	Grafik hubungan antara jumlah iterasi dan total jarak	26
9	Solusi eksak untuk TSP untuk kasus 7 kota	27
10	Rute TSP untuk kasus 7 kota	27
11	<i>Output software</i> LINGO 21.0 untuk kasus 1	28
12	<i>Output software</i> LINGO 21.0 untuk kasus 2	28
13	<i>Output software</i> LINGO 21.0 untuk kasus 3	29
14	Pengaruh jumlah iterasi dan jumlah semut terhadap total jarak (km) pada kasus 1	31
15	Pengaruh jumlah iterasi dan jumlah semut terhadap waktu komputasi pada kasus 1	32
16	Rute perjalanan yang dihasilkan algoritma ACS pada kasus 1	32
17	Pengaruh jumlah iterasi dan jumlah semut terhadap total jarak (km) pada kasus 2	34
18	Pengaruh jumlah iterasi dan jumlah semut terhadap waktu komputasi pada kasus 2	35
19	Rute perjalanan yang dihasilkan algoritma ACS pada kasus 2	35
20	Pengaruh jumlah iterasi dan jumlah semut terhadap total jarak (km) pada kasus 3	37
21	Pengaruh jumlah iterasi dan jumlah semut terhadap waktu komputasi pada kasus 3	38
22	Rute perjalanan yang dihasilkan algoritma ACS pada kasus 3	38
23	Perbandingan waktu komputasi untuk setiap metode	40
24	Perbandingan total jarak untuk setiap metode	41

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data koordinat untuk setiap kasus	46
2	Sintaks <i>software</i> LINGO 21.0	47
3	Sintaks algoritma ACS menggunakan Python 3.12.3	48