



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**IMPLEMENTASI ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION
UNTUK MENENTUKAN RUTE JALUR EVAKUASI TSUNAMI
TERBAIK: STUDI KASUS BANDAR UDARA YOGYAKARTA
INTERNATIONAL AIRPORT**

ANNISA NUR AZIZAH 320210302004

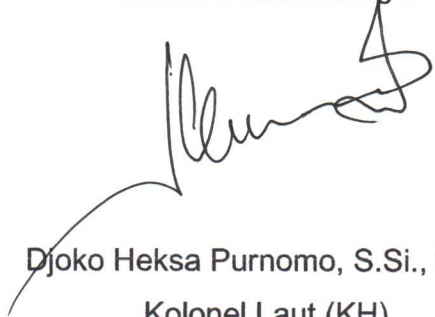
**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI MATEMATIKA
BOGOR 2025**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Annisa Nur Azizah
NIM : 320210302004
Program Studi : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Implementasi Algoritma *Ant Colony Optimization*
Untuk Menentukan Rute Jalur Evakuasi Tsunami
Terbaik: Studi Kasus Bandar Udara Yogyakarta
International Airport

Dosen Pembimbing I



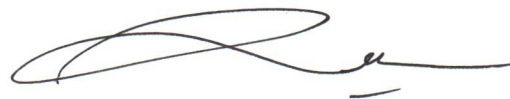
Djoko Heksa Purnomo, S.Si., M.Si.

Kolonel Laut (KH)

NRP. 14628/P

Tanggal: 3 Juli 2025

Dosen Pembimbing II



Achmad Abdurrazaq, Ph.D.

Penda Tk.I III/b

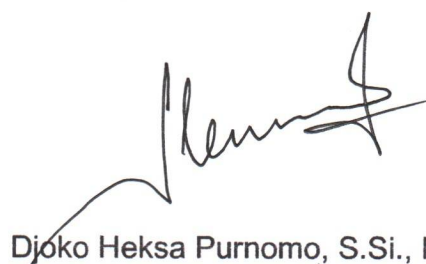
NIP. 199304032022031003

Tanggal: 3 Juli 2025

Mengetahui,

Kepala

Program Studi Matematika



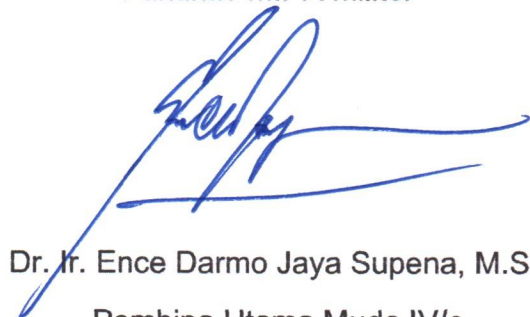
Djoko Heksa Purnomo, S.Si., M.Si.

Kolonel Laut (KH) NRP. 14628/P

Tanggal: 3 Juli 2025

Dekan

Fakultas MIPA Militer



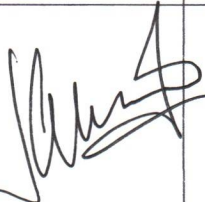
Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si.

Pembina Utama Muda IV/c

Tanggal: 12/8 2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Annisa Nur Azizah
NIM : 320210302004
Program Studi : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Implementasi Algoritma *Ant Colony Optimization*
Untuk Menentukan Rute Jalur Evakuasi Tsunami
Terbaik: Studi Kasus Bandar Udara *Yogyakarta International Airport*

No.	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dosen Pembimbing I: Djoko Heksa Purnomo S.Si, M.Si. Kolonel Laut (KH) NRP. 14628/P		3 / 7 2025
2.	Dosen Pembimbing II: Achmad Abdurrazaq, Ph.D. Penda Tk.I III/b NIP.199304032022031003		3 / 7 2025
3.	Dosen Penguji I: Dr. Ro'fah Nur Rachmawati, S.Si., M.Si. Penda Tk. I III/b NIP.1986121520220320002		3 / 7 2025
4.	Dosen Penguji II: Aditya Tri Oktaviana, S.Si., M.Si. Penda Tk. I III/b NIP. 199210082022031003		3 / 7 2025

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Bogor, 3 Juli 2025



Annisa Nur Azizah

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Annisa Nur Azizah
NIM : 320210302004
Program Studi : Sarjana Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Implementasi Algoritma Ant Colony Optimization Untuk Menentukan Rute Jalur Evakuasi Tsunami Terbaik: Studi Kasus Bandar Udara Yogyakarta International Airport

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Bogor
Pada Tanggal : 3 Juli 2025

Yang menyatakan



Annisa Nur Azizah
NIM. 320210302004

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Implementasi Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Menentukan Rute Jalur Evakuasi Tsunami Terbaik: Studi Kasus Bandar Udara *Yogyakarta International Airport* (YIA)”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer.

Penyusunan skripsi ini tentunya tidak lepas dari bantuan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kolonel Laut (KH) Djoko Heksa Purnomo, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing I, atas bimbingan, nasihat, serta dukungan yang sangat berarti dalam proses penyusunan skripsi ini.
2. Achmad Abdurrazaq, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing II, atas waktu, pemikiran, dan masukan yang telah diberikan dengan penuh kesabaran.
3. Farikhotul Chusnayah, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing dalam program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM), yang telah memberikan arahan dan bimbingan yang sangat berharga selama proses penelitian ini berlangsung.
4. Seluruh dosen dan staf di lingkungan Program Studi Matematika Militer, atas ilmu dan pelayanan terbaik yang diberikan selama masa studi.
5. Teristimewa untuk kedua jiwa saya, orang tua yang senantiasa memberikan doa dan kasih sayang. Karena pada dasarnya segala usaha dipersembahkan kepada bapak dan ibu tersayang, sumber kekuatan dan cinta yang tak henti, menjadi saksi seperjalanan dalam senyap dan harapan.
6. Rekan seperjuangan dan sahabat saya yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan penelitian.

7. Annisa Nur Azizah, saya sendiri. Terimakasih telah berjuang menuntaskan segala sesuatu yang telah dimuali, tidak menyerah, dan menik setiap langkah dari perjalanan menuju S.Mat. ini dengan impian besar. Semua jatuh dan bangun adalah biasa. *So when you have finished [your duties], then stand up [for whorship] (Q.S. 94:07).*

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, saya berharap skripsi ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang mitigasi bencana dan optimasi sistem evakuasi. Sebagai pengembangan lebih lanjut, penelitian ini diharapkan dapat menjadi bagian dari upaya mendukung sistem pertahanan nasional dalam menghadapi ancaman bencana tsunami pada objek vital nasional di wilayah pesisir.

Bogor, 3 Juli 2025

Annisa Nur Azizah

ABSTRAK

IMPLEMENTASI ALGORITMA *ANT COLONY OPTIMIZATION* UNTUK MENENTUKAN RUTE JALUR EVAKUASI TSUNAMI TERBAIK: STUDI KASUS BANDAR UDARA YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT

Wilayah pesisir merupakan kawasan strategis yang rentan terhadap ancaman gelombang ekstrem dan tsunami, dengan potensi kerusakan serius pada infrastruktur dan ekosistem, serta dampak signifikan terhadap kehidupan manusia. Salah satu lokasi yang memiliki tingkat kerentanan tinggi adalah Bandar Udara *Yogyakarta International Airport* (YIA), yang berperan sebagai objek vital nasional dengan tingkat kepadatan penumpang yang tinggi. Evakuasi yang tidak terstruktur dalam situasi darurat dapat menimbulkan korban jiwa dan kerugian besar. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan sistem evakuasi tsunami dengan menentukan rute terpendek menggunakan pendekatan *Ant Colony Optimization* (ACO). Metode ACO diterapkan dengan mempertimbangkan parameter jarak dan aksesibilitas serta guna merancang sistem peringatan dini. Penerapan ACO diharapkan mampu meningkatkan efektivitas mitigasi risiko bencana tsunami di kawasan bandara YIA dan mempercepat proses evakuasi. Penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan strategi pertahanan dan mitigasi bencana berbasis teknologi pada wilayah pesisir yang rawan tsunami.

Kata Kunci: *Ant Colony Optimization*, Evakuasi, Optimasi, Tsunami

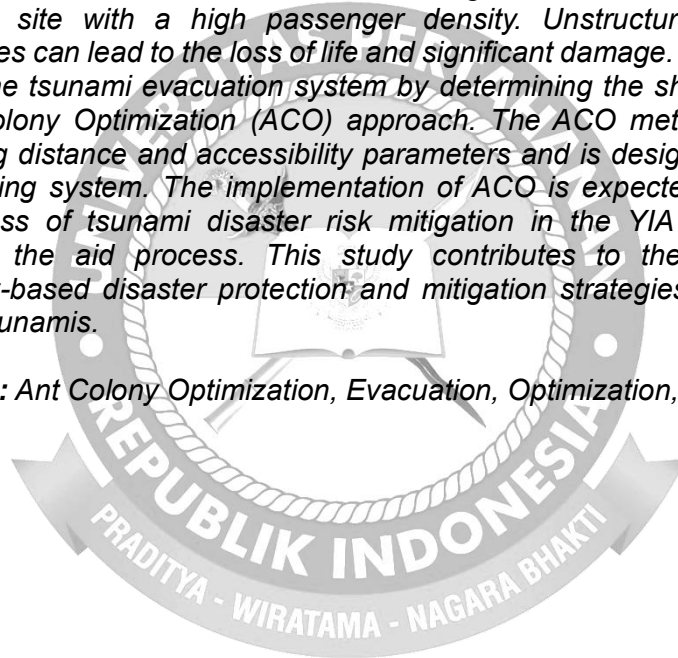


ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF ANT COLONY OPTIMIZATION ALGORITHM TO DETERMINE THE BEST TSUNAMI EVACUATION ROUTE: CASE STUDY OF YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT

Coastal areas are strategic regions that are vulnerable to the threat of extreme waves and tsunamis, with the potential for severe damage to infrastructure and ecosystems, as well as significant impacts on human life. Yogyakarta International Airport is one of the national locations with a high level of vulnerability, which acts as a vital site with a high passenger density. Unstructured evacuation in emergencies can lead to the loss of life and significant damage. This study aims to optimize the tsunami evacuation system by determining the shortest route using the Ant Colony Optimization (ACO) approach. The ACO method is applied by considering distance and accessibility parameters and is designed to support an early warning system. The implementation of ACO is expected to increase the effectiveness of tsunami disaster risk mitigation in the YIA airport area and accelerate the aid process. This study contributes to the development of technology-based disaster protection and mitigation strategies in coastal areas prone to tsunamis.

Keywords: Ant Colony Optimization, Evacuation, Optimization, Tsunami



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR ALGORITMA	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Landasan Teori	6
2.1.1 Teori Graf	6
2.1.2 <i>Ant Colony Optimization (ACO)</i>	13
2.1.3 Teori Kepadatan	18
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	20

2.3 Kerangka Berpikir	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
3.1 Metode dan Desain Penelitian	26
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.3 Alat dan Bahan.....	27
3.4 Variabel Penelitian.....	27
3.5 Kriteria Inklusi dan Eksklusi.....	28
3.6 Prosedur Penelitian.....	29
3.7 Metode Analisis	30
3.7.1 <i>Pre-processing</i>	31
3.7.2 <i>Processing Method</i>	33
3.7.3 <i>Post-Processing</i>	34
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	36
4.1 <i>Pre-Processing</i>	36
4.1.1 Digitasi Data	37
4.1.2 Konversi Peta	39
4.1.3 Representasi Graf.....	39
4.2 <i>Processing</i>	41
4.2.1 <i>Algoritma Ant Colony Optimization</i>	45
4.2.2 Simulasi	51
4.2.3 Pacu Model Skenario	52
4.3 <i>Post-processing</i>	61
4.4 Pembahasan	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan	71

5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	79



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Graf Terhubung (<i>Connected Graph</i>)	8
Gambar 2. 2 Graf Tidak Terhubung (<i>Disconnected Graph</i>)	8
Gambar 2. 3 Graf Berarah dan Berbobot	9
Gambar 2. 4 Graf Tidak Berarah dan Berbobot.....	9
Gambar 2. 5 Graf Berarah dan Tidak Berbobot.....	10
Gambar 2. 6 Graf Tidak Berarah dan Tidak Berbobot	10
Gambar 2. 7 Graf Sederhana	11
Gambar 2. 8 Graf Tak Sederhana	11
Gambar 2. 9 Visualisasi Graf	12
Gambar 2. 10 Visualisasi <i>Stifmergy</i> pada <i>Ant Coloy Optimization</i>	13
Gambar 3. 1 Prosedur Penelitian	29
Gambar 3. 2 Metode Analisis	31
Gambar 4. 1. Peta Bandara YIA	36
Gambar 4. 2. Peta Jaringan Jalan Bandara YIA	37
Gambar 4. 3. Peta Digitasi Bandara YIA.....	38
Gambar 4. 4. Piksel Satuan	38
Gambar 4. 5. Visualisasi Peta ASCII Bnadara YIA Melalui VSCode.....	39
Gambar 4. 6. Sampel Piksel Bertetangga	40
Gambar 4. 7. Matriks Ketetanggan Sampel Piksel Bertetangga	40
Gambar 4. 8. Gambar Lokasi Titik Awal	43
Gambar 4. 9. Gambar Peta Lokasi Titik Akhir	44
Gambar 4. 10 Gambar Visualisasi Jalur yang dapat Dilalui Semut	48
Gambar 4. 11 Sampel Matriks Ketetanggan.....	48
Gambar 4. 12 Peta Simulasi	51
Gambar 4. 13 Sampel Jaringan Jalan Bandara YIA.....	52
Gambar 4. 14 Panjang Lintasan Jaringan Jalan	52
Gambar 4. 15 Sampel Kasus	54
Gambar 4. 16 Visualisasi Rute.....	54
Gambar 4. 17 Rute Terpendek Sampel Kasus	56

Gambar 4. 18 Hasil Pacu Model Skenario	57
Gambar 4. 19 Visualisasi Skenario 1	58
Gambar 4. 20 Grafik Konvergensi ACO pada Skenario 1.....	60
Gambar 4. 21 Grafik Konvergensi Cost tiap Iterasi	61
Gambar 4. 22 Layering Hasil Skenario	62
Gambar 4. 23 Rancangan Peta Rute Terpendek Jalur Evakuasi Bandara Yogyakarta International Airport	63
Gambar 4. 24 Rambu Darurat Evakuasi	65
Gambar 4. 25 Perbandingan Rute Aktual dan Model	68



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Matriks Ketetanggan	12
Tabel 2. 2 <i>Fruin's Level of Service Hierarchy</i>	19
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu	20
Tabel 2. 4 Kerangka Berpikir	24
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian	26
Tabel 4. 1 <i>Traffic Counting Lobby</i> Kedatangan	42
Tabel 4. 2 Kepadatan Pengunjung Bandara YIA	42
Tabel 4. 3. Lokasi Titik Awal	43
Tabel 4. 4. Lokasi Titik Akhir	44
Tabel 4. 5 Skenario Rute	45
Tabel 4. 6 Nilai <i>Pheromone</i> Antar Titik	53
Tabel 4. 7 Hasil Iterasi ACO pada Skenario 1	58
Tabel 4. 8 Jarak Rute Tiap Skenario	64
Tabel 4. 9 Rencana Evakuasi Vertikal Bandara YIA	67

DAFTAR ALGORITMA

Algoritma 4. 1 Inisiaslisasi ACO	46
Algoritma 4. 2 <i>Convert Map</i>	47
Algoritma 4. 3 Konstruksi Rute.....	49
Algoritma 4. 4 <i>Local Search</i>	50
Algoritma 4. 5 <i>Update Pheromone</i>	51



DAFTAR SINGKATAN

ACO	: <i>Ant Colony Optimization</i>
ASCII	: <i>American Standard Code for Information Interchange</i>
DIY	: <i>Daerah Istimewa Yogyakarta</i>
EEWS	: <i>Earthquake Early Warning System</i>
GIS	: <i>Geographic Information System</i>
IoT	: <i>Internet of Things</i>
SHP	: <i>Shapefile</i>
TIFF	: <i>Tagged Image File Format</i>
UTM	: <i>Universal Transverse Mercator</i>
XML	: <i>Extensible Markup Language</i>
YIA	: <i>Yogyakarta Internatioanl Airport</i>

