



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**IMPLEMENTASI ALGORITMA *BEE COLONY* PADA MODEL
GRAF BERBOBOT DALAM MENENTUKAN RUTE
EVAKUASI OPTIMAL GUNA MENANGGULANGI
BENCANA TSUNAMI DI YOGYAKARTA
*INTERNATIONAL AIRPORT***

DAMARIS EASTER NUGRAHITA CHRISTI 320210302009

**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 : Damaris Easter Nugrahita Christi
NIM : 320210302009
Program Studi : Matematika
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Implementasi *Algoritma Bee Colony* pada Model Graf Berbobot dalam Menentukan Rute Evakuasi Optimal Guna Menanggulangi Bencana Tsunami di *Yogyakarta International Airport*

Dosen Pembimbing 1,



Djoko Heksa Purnomo S.Si, M.Si

Kolonel Laut (KH)

NRP.14628/P

Tanggal: 5 Juli 2025

Dosen Pembimbing 2,



Achmad Abdurrazzaq, Ph.D.

Penda Tk. I III/b

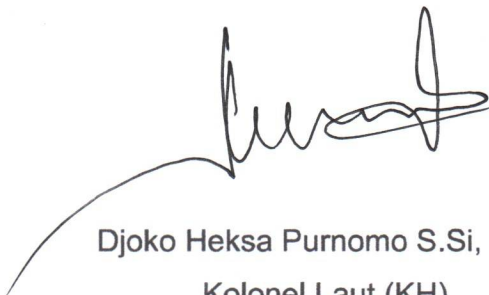
NIP. 199304032022031003

Tanggal: 5 Juli 2025

Mengetahui,

Kepala Program Studi

Matematika Militer



Djoko Heksa Purnomo S.Si, M.Si

Kolonel Laut (KH)

NRP.14628/P

Tanggal: 5 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 : Damaris Easter Nugrahita Christy
 NIM : 320210302009
 Program Studi : Matematika
 Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
 Judul Skripsi : Implementasi *Algoritma Bee Colony* pada Model
 Graf Berbobot dalam Menentukan Rute Evakuasi
 Optimal Guna Menanggulangi Bencana Tsunami di
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		5 Juli 2025
2	Dosen Pembimbing II: Achmad Abdurrazzaq, Ph.D. Penda Tk. I III/b NIP. 199304032022031003		5 Juli 2025
3	Dosen Penguji I: Dr. Ro'fah Nur Rachmawati, S.Si., M.Si. Penata Muda Tk. I III/b NIP. 198612152022032002		5 Juli 2025
4	Dosen Penguji II: Aditya Tri Oktaviana, S.Si., M.Si. Penda Tk. I III/b NIP. 199210082022031003		5 Juli 2025

PERNYATAAN ORISIONALITAS

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

Bogor, 20 Juli 2025



Damaris Easter Nugrahita Christi

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

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

Nama : Damaris Easter Nugrahita Christi
NIM : 320210302009
Program Studi : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Jenis Karya : Skripsi

demi 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 Bee Colony* pada Model Graf Berbobot dalam
Menentukan Rute Evakuasi Optimal Guna Menanggulangi Bencana
Tsunami di *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 : 15 Juli 2025

Yang menyatakan



Damaris Easter Nugrahita Christi
NIM. 320210302009

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya oleh kasih karunia dan pertolongan-Nya, penulisan skripsi dengan judul: “Implementasi *Algoritma Bee Colony* pada Model Graf Berbobot dalam Menentukan Rute Evakuasi Optimal Guna Menanggulangi Bencana Tsunami di *Yogyakarta International Airport*” dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Matematika Militer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pertahanan Republik Indonesia.

Penulis menyadari bahwa tanpa dukungan, doa, dan bantuan dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak akan berjalan dengan lancar. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Kolonel Laut (KH) Djoko Heksa Purnomo S.Si, M.Si selaku Kepala Program Studi Matematika yang telah memberikan arahan dan dukungan selama penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Kolonel Laut (KH) Djoko Heksa Purnomo S.Si, M.Si, dan Bapak Achmad Abdurrazaq, Ph.D. selaku dosen pembimbing dalam penelitian tugas akhir ini.
3. Seluruh dosen Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam selaku pendidik dan pembimbing sehingga penulis mendapatkan ilmu pengetahuan yang bermanfaat.
4. Seluruh dosen penguji skripsi, dari tahap seminar proposal hingga sidang akhir, atas masukan dan arahan yang sangat berarti bagi penyempurnaan karya ini.
5. Lebih dari segalanya, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada kedua orang tua yang tidak pernah menuntut lebih dari apa yang penulis mampu serta selalu memberikan ruang untuk tumbuh dan belajar, bahkan dari kesalahan.

Terima kasih atas pendampingan yang lembut, doa yang senantiasa dipanjatkan, dan kepercayaan penuh yang telah menjadi kekuatan terbesar dalam proses ini.

Terima kasih karena telah membiarkan penulis tumbuh dengan cara dan waktu sendiri, tanpa harus menjadi versi yang diharapkan orang lain. Kepercayaan yang diberikan orang tua telah menjadi kekuatan yang membuat penulis berani mencoba, berani gagal, dan akhirnya berani bangkit. Dukungan yang tulus tanpa syarat itu menjadi pondasi penting dalam setiap langkah yang penulis ambil.

Cinta, pengertian, dan kesabaran yang selama ini orang tua berikan bukan hanya menguatkan, tetapi juga membentuk cara pandang penulis terhadap dunia bahwa kebaikan dan kelembutan bukanlah kelemahan, melainkan kekuatan yang sesungguhnya. Semua itu menjadi bekal yang sangat berharga, tidak hanya dalam menyelesaikan skripsi ini, tetapi juga dalam menjalani kehidupan ke depan.

6. Ayah penulis yang selalu siap menjadi pendengar yang tidak menghakimi dan memberi solusi. Terima kasih telah menjadi teladan dalam keteguhan, penulis banyak belajar tentang tanggung jawab, ketulusan, dan komitmen untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih atas semua dukungan yang mungkin tidak selalu diucapkan, tapi selalu terasa.
7. Mama penulis, sumber kekuatan terbesar dalam setiap fase hidup. Terima kasih atas pesan sederhana yang selalu menguatkan :

"Terus semangat ya.. mama tahu berat banget tugasmu. Mamah minta maaf ya kak karna mamah gak bisa selalu didekatmu.. temani dan bantu kamu kak. Tapi kamu mandiri dari kecil... makanya mamah percaya kamu pasti bisa. Mamah percaya kamu bisa menjalankan tugasmu dengan baik. Sampai wisuda dengan hasil yang baik. Lov u. "

Kata-kata itu menjadi pelukan dari jauh yang selalu hidup dalam ingatan dan menjadi pengingat bahwa penulis tidak pernah sendiri.

8. Rekan SMA penulis, Milea, di manapun kalian berada. Terima kasih sudah menjadi bagian besar dalam perjalanan ini lewat semua *"info hari ini?"* itu. Berproses bersama kalian terasa sangat menyenangkan. Terima kasih telah hadir tanpa menghakimi, memberi dukungan serta menjadi tempat paling aman untuk menjadi diri sendiri. Penulis selalu berdoa agar langkah kalian selalu diberi kemudahan, hati kalian dijaga dalam ketenangan, dan harapan-harapan kalian satu per satu dikabulkan. Lebih dari itu, penulis berharap untuk selalu bisa kebersamai proses kalian dalam jatuh, tumbuh, dan semua cerita di antaranya—sampai nanti, sampai sejauh mana pun hidup akan membawa kita.
9. Rekan satu prodi Matematika serta seluruh rekan sejawat, terima kasih atas kebersamaan yang berwarna semasa pendidikan. Semoga langkah kita ke depan selalu dimudahkan dan masa depan membawa kita pada hal-hal baik yang layak diperjuangkan. Sejiwa raga selamanya, *Nara Dyaviksatra*.
10. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan seluruhnya.
11. Akhirnya, karya ini penulis persembahkan untuk diri sendiri. Terima kasih karena telah belajar mengampuni—bukan untuk siapapun, tapi untuk diri sendiri yang pantas tenang.

Karya ini menjadi pengingat bahwa penulis pernah melewati perjalanan yang tidak mudah dan memilih untuk pergi dengan hati yang utuh.

"I keep choosing myself, again and again. I walk by faith—not because I see the way, but because I trust the One who guides me."

Jika akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan, bukan karena kuat atau hebatnya penulis, tetapi karena Tuhan Yesus Kristus yang menopang sejak

awal. Tanpa penyertaan dan kasih-Nya, karya ini takkan pernah sampai pada titik ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi kontribusi ilmiah yang berguna, khususnya dalam bidang pertahanan.



Bogor, 15 Mei 2025

Damaris Easter Nugrahita Christi

ABSTRAK

IMPLEMENTASI ALGORITMA BEE COLONY PADA MODEL GRAF BERBOBOT DALAM MENENTUKAN RUTE EVAKUASI OPTIMAL GUNA MENANGGULANGI BENCANA TSUNAMI DI YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT

Yogyakarta International Airport (YIA) merupakan bandara yang berisiko tinggi terhadap ancaman tsunami karena lokasinya berada di pesisir selatan Pulau Jawa, dekat zona subduksi aktif Lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Kondisi ini menempatkan YIA pada kawasan rawan gempa megathrust yang berpotensi memicu tsunami, sehingga diperlukan perencanaan jalur evakuasi yang efektif dan berbasis spasial. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jalur evakuasi teroptimal di lantai dasar YIA menggunakan *Algoritma Bee Colony* (ABC) yang dimodifikasi. Keterbaruan penelitian ini terletak pada penerapan graf berbobot yang lebih kompleks dengan multi-titik awal dan multi-*exit*, serta integrasi parameter jarak dan kepadatan dalam penentuan jalur evakuasi, yang belum pernah diterapkan dalam penelitian sebelumnya di YIA. Selain itu, hingga saat ini Angkasa Pura I belum mempublikasikan peta jalur evakuasi secara luas kepada publik, sehingga hasil penelitian ini diharapkan dapat mengisi kekosongan informasi tersebut. Data primer berupa peta *layout* dan jumlah penumpang digunakan untuk membangun graf dan memberikan bobot pada setiap sisi jalur. Optimasi jalur dilakukan melalui tahap inisialisasi populasi, evaluasi *fitness* berbasis bobot, dan perbaikan solusi menggunakan operasi *swap* dan *insert* pada ABC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari sepuluh titik awal evakuasi, seluruhnya dialokasikan menuju jalur optimal yang mengarah ke enam *exit point*, dengan EG sebagai titik *exit* yang paling dominan. Peta evakuasi yang dihasilkan menunjukkan alur evakuasi spesifik berdasarkan zona terminal, dengan mempertimbangkan efisiensi jarak dan tingkat kepadatan. Penelitian ini menyajikan pendekatan baru dalam optimasi rute evakuasi tsunami berbasis spasial di YIA.

Kata Kunci: *Algoritma Bee Colony*, rute evakuasi, tsunami, teori graf, YIA

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF THE BEE COLONY ALGORITHM ON A WEIGHTED GRAPH MODEL TO DETERMINE THE OPTIMAL EVACUATION ROUTE FOR MITIGATING TSUNAMI DISASTERS AT YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT

Yogyakarta International Airport (YIA) is highly vulnerable to tsunami threats due to its location on the southern coast of Java Island, near the active subduction zone between the Indo-Australian and Eurasian plates. This geographical condition places YIA at risk of megathrust earthquakes that may trigger tsunamis, highlighting the urgent need for effective, spatial-based evacuation planning. This study aims to determine the optimal evacuation routes on the ground floor of YIA using a modified Artificial Bee Colony (ABC) algorithm. The novelty of this research lies in the application of a more complex weighted graph involving multiple starting points and multiple exit points, as well as the integration of distance and density parameters in evacuation route optimization, which has not been applied in previous studies at YIA. Furthermore, as of now, Angkasa Pura I has not yet published an official evacuation route map for public access, thus this research aims to fill the existing information gap. Primary data, including terminal layout maps and passenger numbers, were used to construct the graph and assign weights to each edge. Route optimization was conducted through initial population generation, fitness evaluation based on combined weights, and solution improvement using swap and insert operations within the ABC framework. The results show that all ten evacuation starting points are allocated to optimal routes leading to six exit points, with exit EG being the most frequently selected. The evacuation map produced illustrates specific evacuation flows according to terminal zones, considering both distance efficiency and density factors. This research offers a new approach to tsunami evacuation route optimization at YIA based on spatial graph modeling.

Keywords: Bee Colony Algorithm, graph theory, evacuation route, tsunami, YIA

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORISIONALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJUAN PUSTAKA	7
2.1 Landasan Teori	7
2.1.1 Teori Graf	7
2.1.2 Rute Evakuasi Terpendek	11
2.1.3 <i>Algoritma Bee Colony</i>	12
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	16
2.3 Kerangka Berpikir	18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1 Metode dan Desain Penelitian	20
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.3 Alat dan Bahan	21
3.4 Variabel Penelitian	22
3.5 Prosedur Penelitian	23
3.6 Metode Analisis	28
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Data Penelitian	29
4.2 Preprocessing Data	32
4.3 Implementasi Algoritma	37
4.4 Analisis dan Visualisasi Hasil.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Kerentanan Tsunami di YIA dan Sekitarnya	2
Gambar 2. 1 Representasi Graf	7
Gambar 2. 2 Contoh Graf Sederhana	10
Gambar 2. 3 Contoh Graf Tidak Sederhana	10
Gambar 2. 4 Contoh Graf Berarah.....	11
Gambar 2. 5 Proses Swap Operator.....	13
Gambar 2. 6 Proses Insert Operation	15
Gambar 3. 1 Data Layout Lantai Dasar YIA pada QGIS	21
Gambar 3. 2 Layout Lantai Dasar YIA Beserta Keterangan Zonasi	22
Gambar 3. 3 Prosedur Penelitian.....	23
Gambar 3. 4 Dokumentasi Observasi dan Diskusi.....	24
Gambar 4. 1 Pemodelan Graf Layout Lantai Dasar YIA dalam QGIS.....	33
Gambar 4. 2 Pemodelan Graf Berbobot	36
Gambar 4. 3 Visualisasi Graf Jalur Evakuasi Titik Awal SA.....	46
Gambar 4. 4 Visualisasi Graf Jalur Evakuasi Lantai Dasar YIA	50
Gambar 4. 5 Pemodelan Graf Penelitian Khairunnisa,dkk (2022).....	52
Gambar 4. 6 Peta Evakuasi Lantai Dasar YIA	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Matriks Ketetanggaan dari Contoh Graf.....	9
Tabel 2. 2 Hasil Penelitian Terdahulu	16
Tabel 2. 3 Kerangka Berpikir Penelitian	18
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian	20
Tabel 3. 2 Tabel Skoring dan Bobot.....	25
Tabel 4. 1 Data Jumlah Pejalan Kaki Lantai Dasar YIA.....	30
Tabel 4. 2 Analisis Kepadatan	32
Tabel 4. 3 Pembobotan Jalur	34
Tabel 4. 4 Partisi Matriks Kedekatan	37
Tabel 4. 5 Fitness Fase Inisialisasi	38
Tabel 4. 6 Swap Operation Fase Employee Bee	39
Tabel 4. 7 Fitness Fase Employee Bee	40
Tabel 4. 8 Perbandingan Fitness Fase Inisialisasi dan Employee Bee	40
Tabel 4. 9 Probabilitas Populasi.....	41
Tabel 4. 10 Insert Operation Fase Onlooker Bee.....	43
Tabel 4. 11 Fitness Fase Onlooker Bee.....	43
Tabel 4. 12 Perbandingan Fitness Fase Employee Bee dan Onlooker Bee	44
Tabel 4. 13 Nilai Fitness Akhir	45
Tabel 4. 14 Pseudocode ABC.....	47
Tabel 4. 15 Hasil Iterasi Jalur Evakuasi Terbaik Lantai Dasar YIA	49

DAFTAR SINGKATAN

- YIA : *Yogyakarta International Airport*
ABC : *Algoritma Bee Colony*
SP : *Shortest Path*
QGIS : *Quantum Geographic Information System*
SHP : *ShapeFile*
GPS : *Global Positioning System*

