

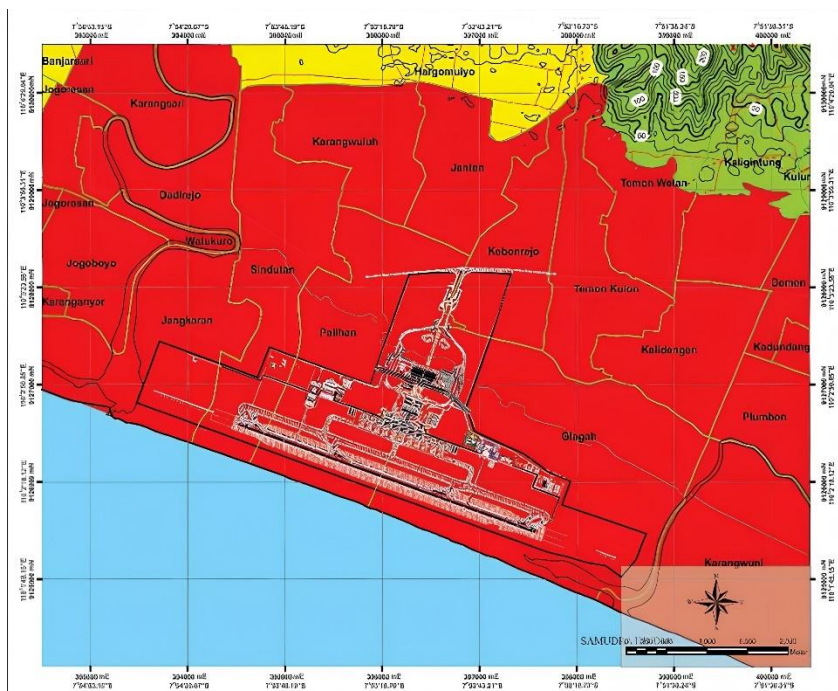
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia sebagai salah satu negara yang memiliki banyak wilayah pesisir sehingga rawan terjadi bencana tsunami (Gunawan, 2023). Tsunami merupakan gelombang air dangkal yang panjang, biasanya terlihat di lautan atau danau besar yang disebabkan karena pemindahan air yang tiba-tiba yang disebabkan oleh berbagai sumber, seperti meteor, ledakan dalam air, gempa bumi, longsor di atas laut atau bawah laut, atau sumber lain (Röbke & Vött, 2017; Frederic et al., 2019). Bencana Tsunami tentu mengganggu keamanan negara dan memperlemah pertahanan negara sehingga perlu dilakukan mitigasi bencana (Syarifah et al., 2020). Salah satu tsunami terparah yang terjadi di Indonesia terjadi di Samudera Hindia pada tahun 2004 yang menyebabkan korban sebanyak 280.000 jiwa (Salmanidou et al., 2021). Oleh karena itu diperlukan mitigasi bencana perlu dilakukan secara efektif guna meningkatkan pertahanan negara terhadap bencana tsunami. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB, 2020), daerah pesisir bagian selatan Pulau Jawa adalah daerah yang paling rentan terhadap tsunami di Indonesia. Salah satu kabupaten di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta adalah Kulon Progo, yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia (Dewatama, 2021). Terdapat infrastruktur vital di Kabupaten Kulon Progo yang rentan terhadap ancaman tsunami yaitu *Yogyakarta International Airport* (YIA).

YIA adalah salah satu bandar udara internasional yang terletak di Kecamatan Temon, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Bandara ini memiliki luas sekitar 600 hektar dengan terminal seluas 210.000 meter persegi dan kapasitas penumpang hingga 20 juta orang per tahun (Hidayatullah & Widagdo, 2024; Dewatama, 2021). Gambar 1.1 dibawah merupakan peta kerentanan YIA dan desa disekitarnya terhadap tsunami yang didapatkan dari penelitian Syahidah et al. (2023).



Gambar 1. 1 Peta Kerentanan Tsunami di YIA dan Sekitarnya

Sumber: Syahidah et al., 2023.

Berdasarkan Gambar 1.1, lokasi YIA berada di kawasan pesisir dan dikelilingi oleh desa-desa seperti Glagah, Palihan, dan Jangkar. Posisi geografisnya yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia menjadikan bandara ini berpotensi terpapar gelombang tsunami yang dapat menjangkau daratan lebih jauh (Syahidah et al., 2023). Peta ini merupakan hasil analisis yang mempertimbangkan faktor ancaman, kerentanan, ketahanan, dan keterpaparan. Disimpulkan bahwa wilayah ini sangat membutuhkan strategi mitigasi bencana yang efektif untuk mengurangi potensi dampak buruk tsunami terhadap operasional bandara dan keselamatan pengunjung (Syahidah et al., 2023). Mitigasi bencana menjadi kebutuhan strategis yang mendesak untuk memastikan keamanan bandara dalam menghadapi bencana.

YIA telah dirancang dengan sistem mitigasi bencana yang komprehensif, seperti ketahanan terhadap gempa hingga 8,8 magnitudo dan tsunami dengan ketinggian hingga 12,8 MSL (*Mean Sea Level*). Skenario evakuasi vertikal diberlakukan jika tsunami terjadi yang

diperkirakan tiba dalam 35 menit, seluruh orang di lantai dasar diarahkan menuju lantai *mezzanine* atau lantai 2 untuk keselamatan (Infotangerang, 2024). Proses evakuasi ini sangat bergantung pada perencanaan jalur yang optimal, terutama di lantai dasar yang merupakan area paling padat dengan aktivitas tinggi. Fasilitas di lantai ini mencakup 96 konter *check-in*, 12 konter imigrasi keberangkatan, 8 konter imigrasi kedatangan, 60 toilet, 45 musala, area bermain anak, dan sistem penanganan bagasi yang efisien. Area parkir juga tersedia dengan kapasitas hingga 4.900 kendaraan roda dua dan 1.230 kendaraan roda empat (Airport.ID, n.d.; Yogyakarta International Airport, n.d.). Penentuan jalur evakuasi teroptimal pada area ini menjadi penting untuk mempercepat proses evakuasi dan meminimalkan risiko korban jiwa.

Masalah rute terpendek (*shortest path*) dalam matematika dikenal sebagai salah satu cabang dari teori graf dan optimasi yang sangat penting dalam berbagai penerapan dunia nyata, termasuk perencanaan jaringan, transportasi, dan logistik (Kanchana & Kavitha, 2020). Masalah ini berfokus pada penentuan jalur dengan bobot minimum yang menghubungkan dua titik dalam sebuah graf, di mana bobot mewakili berbagai parameter yang relevan, seperti jarak, waktu, biaya, atau faktor lainnya yang memengaruhi perjalanan (Achmad et al., 2024). *Shortest Path* (SP) akan meminimumkan fungsi linear khusus dari bobot suatu jalur seperti jarak, waktu, dan biaya yang dihadapi selama perjalanan (da Silva et al., 2023).

Algoritma untuk menyelesaikan masalah SP sudah banyak dikaji menggunakan berbagai pendekatan matematis dan komputasional. Beberapa algoritma yang sering digunakan untuk menyelesaikan masalah ini antara lain Algoritma Dijkstra, A^* , dan *Bellman-Ford*, yang memiliki keunggulan masing-masing tergantung pada ukuran dan kompleksitas graf yang dihadapi (Fatima & Maurya, 2023). Algoritma Dijkstra misalnya, sangat efektif dalam mencari jalur terpendek di graf dengan bobot non-negatif, sementara A^* memberikan solusi lebih cepat dengan memanfaatkan heuristik untuk memperkirakan jarak terpendek ke tujuan.

Algoritma lain seperti *Genetic Algorithm* (GA) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) lebih banyak digunakan dalam situasi yang melibatkan ruang pencarian besar dan kompleks, seperti perencanaan rute yang mempertimbangkan berbagai faktor eksternal dan dinamis (Jovanović et al., 2024).

Algoritma Genetika merupakan algoritma pencarian stokastik yang terinspirasi oleh perilaku makhluk hidup contohnya lebah dan semut untuk mengidentifikasi jalur terpendek yang optimal dalam situasi di mana mencari melalui ruang pencarian yang sangat besar dalam waktu terbatas, serta untuk beradaptasi dengan lingkungan yang selalu berubah (Jovanović et al., 2024). Salah satu Algoritma Genetika yang menjanjikan untuk menyelesaikan permasalahan SP adalah *Algoritma Bee Colony* (ABC), pertama kali dikenalkan oleh Kamboga pada tahun 2015 yang merupakan algoritma optimasi yang terinspirasi dari perilaku lebah dalam mencari sumber makanan secara optimal (Kamboga, 2005). Algoritma ini bekerja dengan meniru proses pencarian dan pengambilan keputusan koloni lebah untuk menemukan solusi terbaik dalam suatu ruang masalah (Ebrahimnejada et al., 2016). Algoritma ini memiliki 3 fase utama dalam mencari sumber makanan terbaik, yaitu *employed bee*, *onlooker bee* dan *scout bee* (Niyomubyeyi et al., 2019). ABC memiliki keunggulan dalam konteks penentuan jalur terpendek evakuasi karena mampu menggabungkan eksplorasi solusi yang luas dengan eksploitasi solusi terbaik secara simultan, sehingga menghasilkan jalur evakuasi yang efisien (Zong et al., 2022).

Penelitian mengenai penerapan ABC telah dilakukan dalam berbagai bidang optimasi jalur. Misalnya, penelitian oleh Windayani dan Pramatha (2022) menerapkan ABC untuk menentukan rute terpendek dalam konteks pengiriman barang menggunakan pendekatan *Travelling Salesman Problem* (TSP). Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa ABC mampu menemukan jalur optimal dengan jarak tempuh 38,42 km, yang berdampak pada efisiensi pengiriman dalam industri ekspedisi. Penelitian

lain yaitu Chaerunnissa dan Respitawulan (2021) juga memanfaatkan ABC untuk menyelesaikan masalah TSP dalam konteks pengiriman paket. Penelitian ini menghasilkan rute optimal dari satu titik awal menuju satu titik akhir dengan total jarak 95,9 km, menegaskan efektivitas ABC dalam skenario pengiriman logistik. Selain itu, Fico D et al. (2023) menerapkan ABC untuk merencanakan jalur optimal bagi *drone* dalam memantau kematangan biji kopi. Penelitian ini membuktikan efektivitas ABC dalam bidang pertanian presisi, dengan hasil bahwa drone dapat menyelesaikan pemantauan pada dua area berbeda dengan waktu tempuh masing-masing 18,4 menit dan 13,4 menit.

Penelitian utama yang menjadi acuan sekaligus pembanding dalam studi ini adalah penelitian oleh Mhd. Furqan et al. (2022) yang berjudul *"Application of Artificial Bee Colony Algorithm to Optimize The Shortest Route to Distribute Clean Water Pipes"*. ABC digunakan untuk mengoptimasi rute distribusi pipa air bersih dengan mempertimbangkan jarak sebagai satu-satunya parameter, dan hanya melibatkan satu titik awal dan satu titik akhir. Hasilnya menunjukkan bahwa ABC mampu menghasilkan rute optimal dan meningkatkan efisiensi distribusi oleh PDAM Tirtanadi.

Namun, seluruh penelitian terdahulu tersebut, termasuk penelitian oleh Mhd. Furqan et al. (2022) yang dijadikan pembanding, masih memiliki keterbatasan dalam hal kompleksitas skenario dan pendekatan parameter. Umumnya, penelitian-penelitian tersebut hanya mempertimbangkan satu titik awal dan satu titik tujuan, tanpa memperhitungkan kondisi kompleks seperti banyaknya titik awal dan titik aman yang tersebar. Selain itu, sebagian besar hanya menggunakan jarak sebagai satu-satunya parameter, tanpa memperhatikan faktor lain seperti kepadatan jalur yang sangat relevan dalam konteks evakuasi. Penelitian ini merupakan pengembangan dari studi-studi sebelumnya, khususnya penelitian oleh Mhd. Furqan et al. (2022) dengan menerapkan ABC untuk penentuan rute evakuasi akibat tsunami di YIA. Hal ini diharapkan dapat menghasilkan rute

evakuasi yang tidak hanya paling singkat, tetapi juga aman dan efisien dalam menghadapi situasi darurat sehingga leboh lanjut dapat mendukung upaya pertahanan negara dalam hal menjaga keberlangsungan operasional bandara sebagai infrastruktur strategis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana penerapan ABC dalam menentukan jalur evakuasi teroptimal dengan skenario pembobotan parameter jarak dan kepadatan di lantai dasar YIA pada skenario tsunami?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan ABC dalam menentukan jalur evakuasi teroptimal dengan skenario pembobotan parameter jarak dan kepadatan pada skenario tsunami di lantai dasar YIA.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis. Manfaat penelitian ini meliputi :

- a. Manfaat Teoritis
 - 1) Mengembangkan keilmuan dalam bidang jalur evakuasi dengan menggunakan metode ABC, khususnya dalam konteks skenario tsunami.
 - 2) Meningkatkan pemahaman tentang penerapan metode ABC dalam perencanaan mitigasi bencana di fasilitas publik.
- b. Manfaat Praktis
 - 1) Menjadi sumber referensi kepada pihak Angkasa Pura 1 dalam pembuatan regulasi mengenai jalur evakuasi terpendek di YIA pada skenario bencana Tsunami.
 - 2) Membantu meningkatkan kesadaran pemerintah dan Masyarakat mengenai pentingnya keefektifan mitigasi bencana Tsunami.
 - 3) Mendukung partisipasi aktif dalam pertahanan negara melalui upaya mitigasi bencana yang lebih terstruktur dan strategis.