

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan distribusi dan penentuan rute pengiriman merupakan aspek penting dalam berbagai aktivitas sehari-hari, seperti layanan logistik, distribusi barang, transportasi, hingga layanan kurir. Dalam praktiknya, sistem distribusi seringkali melibatkan banyak lokasi tujuan dengan keterbatasan sumber daya, sehingga diperlukan perencanaan rute yang efisien untuk meminimalkan waktu tempuh dan biaya operasional. Namun, penentuan rute yang kurang optimal masih sering terjadi, yang berdampak pada pemborosan sumber daya serta menurunnya efisiensi sistem secara keseluruhan [1].

Dalam bidang optimasi, salah satu model matematis yang banyak digunakan untuk merepresentasikan permasalahan penentuan rute adalah *Travelling Salesman Problem* (TSP). Permasalahan ini bertujuan untuk menentukan rute terpendek yang harus dilalui untuk mengunjungi sejumlah lokasi tepat satu kali dan kembali ke titik awal [2]. TSP merupakan salah satu permasalahan klasik dalam optimasi kombinatorial yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi, terutama ketika jumlah lokasi yang harus dikunjungi semakin besar. Secara teoritis, TSP termasuk dalam kategori permasalahan *NP-hard*, sehingga pencarian solusi optimal menggunakan metode eksak akan membutuhkan waktu komputasi yang sangat besar untuk ukuran data yang kompleks [3].

Untuk menyelesaikan permasalahan TSP, berbagai pendekatan telah dikembangkan, baik menggunakan metode eksak maupun metode pendekatan. Metode eksak, seperti *branch and bound*, *dynamic programming*, dan *cutting plane*, mampu menghasilkan solusi optimal dengan tingkat akurasi yang tinggi. Namun, metode ini memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi komputasi, terutama ketika dihadapkan pada permasalahan dengan jumlah data yang besar. Oleh karena itu, metode eksak cenderung kurang praktis untuk digunakan dalam skala permasalahan yang kompleks [4]. Sebagai alternatif, metode pendekatan atau metaheuristik banyak digunakan karena mampu memberikan solusi mendekati optimal dalam waktu yang lebih efisien. Metode ini tidak menjamin solusi optimal secara matematis, namun memiliki kemampuan yang baik dalam mengeksplorasi ruang solusi yang luas. Beberapa metode metaheuristik yang umum digunakan antara lain *Genetic Algorithm* (GA), *Ant Colony Optimization* (ACO), *Particle Swarm Optimization* (PSO), dan *Simulated Annealing* (SA). Keunggulan utama metode metaheuristik terletak pada fleksibilitasnya dalam menangani berbagai variasi

permasalahan optimasi yang kompleks [3].

Dalam praktiknya, penyelesaian distribusi menggunakan satu agen sebagaimana TSP menjadi kurang efisien, terutama ketika jumlah lokasi tujuan cukup banyak dan terdapat keterbatasan waktu operasional. Penggunaan satu agen dapat menyebabkan rute yang terlalu panjang sehingga waktu distribusi menjadi lebih lama dan kurang sesuai untuk sistem distribusi berskala besar, seperti layanan logistik dan pengiriman barang. Oleh karena itu, proses distribusi umumnya melibatkan beberapa agen atau kendaraan agar seluruh lokasi dapat dilayani secara lebih efisien. Kondisi tersebut mendorong pengembangan TSP menjadi *Multiple Travelling Salesman Problem* (mTSP), yaitu permasalahan yang melibatkan lebih dari satu *salesman* untuk mengunjungi seluruh lokasi yang tersedia. Dalam mTSP, permasalahan tidak hanya terbatas pada penentuan rute terpendek, tetapi juga mencakup bagaimana pembagian tugas antar *salesman* dapat dilakukan secara efektif dan efisien [5].

Salah satu permasalahan utama dalam mTSP adalah ketidakseimbangan pembagian rute antar *salesman*. Pada banyak kasus, solusi yang hanya berfokus pada minimisasi total jarak cenderung menghasilkan pembagian rute yang tidak merata. Akibatnya, sebagian *salesman* memperoleh beban kerja yang lebih besar dibandingkan yang lain sehingga waktu penyelesaian keseluruhan proses distribusi bergantung pada *salesman* dengan rute terpanjang. Selain itu, kondisi ini menyebabkan pemanfaatan sumber daya menjadi kurang optimal karena sebagian kendaraan atau agen telah menyelesaikan tugasnya lebih cepat, sementara yang lain masih melayani rute yang lebih panjang. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang tidak hanya mempertimbangkan minimisasi jarak, tetapi juga mampu menjaga keseimbangan pembagian beban kerja [6].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, *Genetic Algorithm* (GA) menjadi salah satu metode yang banyak digunakan dalam penyelesaian mTSP. GA bekerja dengan memanfaatkan populasi solusi yang berevolusi melalui proses seleksi, *crossover*, dan mutasi. Metode ini memiliki kemampuan eksplorasi dan eksploitasi yang baik dalam mencari solusi optimal. Namun, dalam implementasinya, performa GA sangat dipengaruhi oleh desain operator dan parameter yang digunakan. Berdasarkan keterbatasan tersebut, diperlukan pengembangan metode yang mampu meningkatkan kualitas solusi sekaligus menjaga keseimbangan pembagian rute. Dalam penelitian ini, dilakukan pengembangan terhadap algoritma genetika dengan menambahkan beberapa operator untuk meningkatkan kualitas solusi. Salah satu pengembangan yang digunakan adalah penambahan operator *local search* berupa metode 2-opt, yang berfungsi untuk memperbaiki solusi secara lokal sehingga dapat meningkatkan kemampuan eksploitasi algoritma. Selain itu, digunakan pula operator khusus seperti *jumping gene* yang bertujuan untuk meningkatkan keberagaman solusi dan membantu algoritma keluar dari kondisi solusi lokal [7].

Selain itu, pengembangan juga dilakukan pada tahap pembentukan solusi baru melalui penggunaan metode *crossover* berbasis *Bi-directional Heuristic Crossover* (BHX), yang dirancang untuk menghasilkan keturunan dengan kualitas yang lebih baik berdasarkan informasi dari solusi induk. Sementara itu, proses mutasi dilakukan dengan pendekatan kombinasi untuk meningkatkan variasi solusi dalam populasi. Selain itu, dilakukan modifikasi pada fungsi *fitness* serta mekanisme seleksi untuk mengarahkan proses evolusi menuju solusi yang lebih optimal [7]. Kombinasi algoritma genetika dengan operator *jumping gene* dan operator heuristik tersebut selanjutnya disebut sebagai GA-JGHO. Meskipun berbagai pengembangan tersebut mampu meningkatkan kualitas solusi, permasalahan keseimbangan pembagian rute dalam mTSP masih menjadi tantangan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini diperkenalkan parameter keseimbangan yang digunakan untuk mengontrol tingkat keseimbangan pembagian rute antar *salesman*. Parameter ini memungkinkan adanya pengaturan *trade-off* antara minimisasi jarak total dan pemerataan beban kerja, sehingga solusi yang dihasilkan tidak hanya optimal dari segi jarak, tetapi juga lebih adil dalam distribusi tugas [6].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis pengaruh parameter dalam algoritma, khususnya parameter keseimbangan, terhadap kualitas solusi yang dihasilkan. Selain itu, dilakukan pula evaluasi kinerja algoritma melalui perbandingan dengan pendekatan lain, baik yang mempertimbangkan keseimbangan maupun yang hanya berfokus pada minimisasi jarak. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metode optimasi rute yang tidak hanya efisien, tetapi juga mampu menghasilkan pembagian tugas yang lebih seimbang dan realistis untuk diterapkan pada permasalahan dunia nyata.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan Algoritma GA-JGHO dalam penyelesaian masalah *Multiple Travelling Salesman Problem* (mTSP)?
2. Bagaimana pengaruh parameter dalam algoritma GA-JGHO, khususnya ukuran populasi, probabilitas *crossover*, probabilitas mutasi, jumlah generasi, probabilitas *Jumping Gene*, dan parameter keseimbangan terhadap kualitas solusi yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh parameter keseimbangan terhadap pembagian rute antar *salesman* dengan mempertimbangkan minimisasi total jarak?
4. Bagaimana kinerja algoritma yang GA-JGHO dibandingkan dengan pendekatan metaheuristik lain, baik yang menggunakan parameter keseimbangan maupun yang tidak menggunakan parameter keseimbangan?

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian agar lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah *Multiple Travelling Salesman Problem* (mTSP) dengan satu depot (*single depot*) dengan difokuskan pada minimisasi total jarak tempuh dan keseimbangan pembagian rute antar *salesman* melalui parameter keseimbangan.
2. Dataset yang digunakan berasal dari *Travelling Salesman Problem Library* (TSPLIB) dengan tipe data TSP simetris dan koordinat dua dimensi (*EUC_2D*).
3. Penelitian ini tidak mempertimbangkan faktor dunia nyata lainnya seperti kapasitas kendaraan, kondisi lalu lintas, maupun batasan waktu layanan (*time window*).

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan Algoritma GA-JGHO dalam penyelesaian masalah *Multiple Travelling Salesman Problem* (mTSP).
2. Menganalisis pengaruh parameter dalam algoritma GA-JGHO, khususnya ukuran populasi, probabilitas *crossover*, probabilitas mutasi, jumlah generasi, probabilitas *jumping gene*, dan parameter keseimbangan terhadap kualitas solusi yang dihasilkan.
3. Menganalisis pengaruh parameter keseimbangan terhadap pembagian rute antar *salesman* dengan mempertimbangkan minimisasi total jarak.
4. Membandingkan kinerja algoritma yang GA-JGHO dengan pendekatan metaheuristik lain, baik yang menggunakan parameter keseimbangan maupun yang tidak menggunakan parameter keseimbangan.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Tahap studi literatur dilakukan untuk memperoleh dasar teori dan referensi yang relevan dengan penelitian. Literatur yang dikaji meliputi *Travelling Salesman Problem* (TSP), *Multiple Travelling Salesman Problem* (mTSP), metode eksak dan metaheuristik, serta pengembangan Algoritma Genetika. Sumber literatur diperoleh

dari buku, jurnal ilmiah, dan artikel penelitian yang berkaitan dengan optimasi kombinatorial dan algoritma heuristik.

2. Eksperimen

Tahap eksperimen dilakukan dengan mengimplementasikan algoritma genetika dengan tambahan operator *jumping gene* dan heuristik untuk menyelesaikan permasalahan mTSP. Algoritma ini dikembangkan dengan penambahan operator *jumping gene* dan operator heuristik (GA-JGHO). Eksperimen dilakukan menggunakan dataset dari *Travelling Salesman Problem Library* (TSPLIB) dengan beberapa *instance* yang memiliki jumlah node berbeda. Selain itu, dilakukan pengujian terhadap beberapa parameter algoritma, yaitu ukuran populasi, probabilitas *crossover*, probabilitas mutasi, jumlah generasi, probabilitas *jumping gene*, serta parameter keseimbangan. Pengujian juga dilakukan untuk melihat pengaruh parameter keseimbangan terhadap pembagian rute antar *salesman* serta dampaknya terhadap total jarak tempuh.

3. Analisis

Tahap analisis dilakukan untuk mengevaluasi hasil dari proses eksperimen. Analisis dilakukan berdasarkan kualitas solusi yang dihasilkan, meliputi total jarak tempuh dan tingkat keseimbangan pembagian rute. Selain itu, dilakukan perbandingan antara hasil algoritma dengan parameter keseimbangan dan tanpa parameter keseimbangan, serta dibandingkan dengan pendekatan lain yang relevan. Hasil analisis ini digunakan untuk melihat efektivitas algoritma yang diusulkan dalam menyelesaikan permasalahan mTSP.

1.6 Sistematika Penulisan

Berdasarkan sistematika penulisannya, tugas akhir ini terdiri atas lima bab serta daftar pustaka, di mana dalam setiap bab terdapat beberapa subbab sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan dari permasalahan yang dikaji, yaitu *Multiple Travelling Salesman Problem* (mTSP) menggunakan Algoritma Genetika dengan Tambahan Operator *Jumping Gene* dan Heuristik (GA-JGHO).

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian, meliputi konsep *Travelling Salesman Problem* (TSP), *Multiple Travelling Salesman Problem* (mTSP), serta konsep Algoritma Genetika beserta operator-operator pendukung seperti *crossover*, mutasi, dan *local search*.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan langkah-langkah penyelesaian masalah *Multiple Travelling Salesman Problem* (mTSP) menggunakan Algoritma Genetika dengan Tambahan Operator *Jumping Gene* dan Heuristik (GA-JGHO).

BAB IV : HASIL DAN ANALISIS

Bab ini berisi hasil eksperimen dan analisis dari penerapan algoritma yang diusulkan. Pembahasan meliputi pengaruh beberapa parameter terhadap kualitas solusi, analisis keseimbangan pembagian rute antar *salesman*, serta perbandingan kinerja algoritma dengan dan tanpa penggunaan parameter keseimbangan, serta dibandingkan dengan pendekatan lain yang relevan.

BAB IV : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya terkait optimasi permasalahan *Multiple Travelling Salesman Problem*.