

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, permasalahan optimasi menjadi salah satu bahasan yang banyak mendapat perhatian karena perannya yang penting dalam berbagai bidang, seperti transportasi, logistik, distribusi barang, dan perencanaan rute perjalanan. Permasalahan optimasi bertujuan untuk menentukan solusi terbaik dari sejumlah kemungkinan solusi yang tersedia dengan mempertimbangkan berbagai kendala yang ada. Salah satu permasalahan optimasi yang paling terkenal dan banyak dikaji adalah *Traveling Salesman Problem*.

Traveling Salesman Problem (TSP) merupakan permasalahan penentuan rute terpendek yang harus ditempuh oleh *salesman* untuk mengunjungi sejumlah titik tepat satu kali dan kembali ke titik asal. Permasalahan TSP ini termasuk ke dalam kategori NP-hard, tidak terdapat algoritma yang mampu menyelesaikannya secara efisien untuk ukuran masalah yang besar [1]. Oleh karena itu, berbagai metode dikembangkan untuk memperoleh solusi yang mendekati optimal dalam waktu komputasi yang lebih singkat.

Dalam perkembangannya, TSP memiliki berbagai variasi yang lebih kompleks di antaranya *Symmetric Traveling Salesman Problem* (STSP) dan *Asymmetric Traveling Salesman Problem* (ATSP) di mana jarak atau biaya perjalanan dari suatu kota ke kota lainnya bisa jadi sama atau bahkan berbeda dengan arah kembalinya [1]. Variasi ini lebih merepresentasikan kondisi nyata seperti perbedaan waktu tempuh akibat kondisi lalu lintas, sistem jalan satu arah, atau perbedaan biaya distribusi. Salah satu bentuk khusus dari TSP adalah *Traveling Salesman Problem with Job-times* (TSPJ) yang mempertimbangkan tambahan aspek pekerjaan (*job*) yang harus diselesaikan di setiap titik sehingga kompleksitas permasalahan menjadi semakin tinggi [2].

Untuk menyelesaikan permasalahan TSP dan variasinya terdapat beberapa metode yang dapat digunakan yaitu metode eksak, metode heuristik, dan metode metaheuristik. Metode eksak seperti Pemrograman Linear mampu memberikan solusi optimal, namun memiliki keterbatasan dalam hal waktu komputasi [3].

Metode heuristik seperti *Nearest Neighbor* menghasilkan rute cukup baik dan cepat [4]. Namun, metode metaheuristik seperti Algoritma Genetika banyak digunakan karena kemampuannya dalam mengeksplorasi ruang solusi secara efisien dan menghasilkan solusi mendekati optimal dalam waktu yang relatif singkat [5].

Algoritma genetika merupakan salah satu metode metaheuristik berbasis evolusi yang meniru mekanisme seleksi alam seperti seleksi, *crossover*, dan mutasi. Meskipun demikian, performa algoritma genetika sangat dipengaruhi oleh jenis operator yang digunakan. Penggunaan operator tunggal seringkali menyebabkan algoritma terjebak pada optimum lokal dan kurang optimal dalam mengeksplorasi ruang solusi. Oleh karena itu, kombinasi beberapa operator dalam satu algoritma terbukti dapat meningkatkan keberagaman populasi serta kemampuan eksplorasi dan eksploitasi algoritma, sehingga berpotensi menghasilkan solusi yang lebih baik [6].

Namun demikian, penerapan algoritma genetika dengan pendekatan multioperator pada permasalahan TSPJ masih relatif terbatas dan belum banyak dikaji secara mendalam, khususnya dalam menganalisis pengaruh penggunaan berbagai operator terhadap kualitas solusi yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian yang mengkaji implementasi algoritma genetika multioperator dalam menyelesaikan TSPJ serta mengevaluasi performanya.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma genetika dengan pendekatan multioperator dalam menyelesaikan *Traveling Salesman Problem with Job-times* (TSPJ), serta menganalisis kualitas solusi dan kinerja algoritma yang dihasilkan. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metode optimasi, khususnya dalam meningkatkan performa algoritma genetika pada permasalahan kombinatorial yang kompleks.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan di atas, maka penelitian ini memiliki beberapa rumusan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana mengintegrasikan waktu pemrosesan pekerjaan (*job-times*) ke dalam penentuan rute perjalanan (*traveling salesman problem*) agar diperoleh total waktu penyelesaian (*makespan*) minimum pada *traveling salesman problem with job-times*?

2. Bagaimana performa algoritma genetika multioperator ketika diterapkan pada kumpulan data simetri dan asimetri yang memiliki jumlah kota dan pekerjaan dalam berbagai skala masalah?
3. Bagaimana pengaruh variasi strategi inisialisasi populasi awal terhadap efektivitas dan kestabilan algoritma genetika multioperator dalam meminimalkan *makespan* (total waktu penyelesaian) pada *traveling salesman problem with job-times*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Masalah *traveling salesman problem with job-times* yang dibahas bersifat statis dengan menggunakan matriks jarak yang bersifat simetri dan asimetri sebagai representasi masalah.
2. Algoritma metaheuristik yang digunakan adalah algoritma genetika multioperator dengan empat operator inisialisasi populasi, dua operator *crossover* serta enam operator mutasi dengan operator LSJA sebagai intensifikasi.
3. Data uji diambil dari pustaka TSPLib dengan tambahan waktu pemrosesan yang dibangkitkan dari 50%-80% nilai *Best Known Solution* tiap dataset.
4. Implementasi algoritma yang digunakan menggunakan bahasa pemrograman *Python*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang serta rumusan masalah yang diuraikan sebelumnya, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui penerapan algoritma genetika multioperator dalam menyelesaikan *traveling salesman problem with job-times* dalam meminimalkan *makespan* (total waktu penyelesaian).
2. Menganalisis efektivitas dan stabilitas algoritma genetika multioperator dalam menyelesaikan *traveling salesman problem with job-times* untuk meminimalkan *makespan* pada berbagai skala masalah.
3. Menganalisis pengaruh variasi strategi inisialisasi populasi awal terhadap

efektivitas dan kestabilan performa algoritma genetika multioperator dalam meminimalkan *makespan* pada *traveling salesman problem with job-times*.

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu matematika optimasi khususnya mengenai cara kerja gabungan beberapa operator genetika dalam satu algoritma.
2. Menjadi rujukan bagi pihak industri dalam merancang sistem rute pengiriman yang terdapat waktu penyelesaian di setiap kota agar lebih efisien.
3. Meningkatkan kemampuan teknis dalam memodelkan masalah nyata ke dalam bentuk kode program komputasi.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur dilakukan pengumpulan dan pengkajian materi terkait konsep *Traveling Salesman Problem with Job-times* (TSPJ), algoritma genetika, serta mekanisme algoritma genetika multioperator dan heuristik dengan merujuk pada buku, jurnal ilmiah, artikel, dan skripsi dari penelitian sebelumnya. Studi literatur ini bertujuan untuk memahami bagaimana algoritma genetika multioperator tersebut dapat menyelesaikan TSPJ yaitu penelitian oleh Pablo Gutiérrez-Aguirre, Carlos Contreras-Bolton dalam jurnal berjudul “*A multioperator genetic algorithm for traveling salesman problem with job-times*”.

2. Simulasi

Tahap simulasi dalam penelitian ini dilakukan melalui dua pendekatan utama untuk menguji performa algoritma genetika multioperator dalam menyelesaikan masalah TSPJ. Pertama, algoritma divalidasi menggunakan data simulasi untuk mengetahui mekanisme penyelesaian langkah demi langkah proses algoritma. Kedua, algoritma divalidasi dengan kumpulan data standar simetri dan asimetri dari TSPLib untuk memastikan performa algoritma stabil dan tetap tangguh di berbagai skala masalah dengan kombinasi multioperatornya. Seluruh proses simulasi ini diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman *Python* untuk mengetahui rute dan

jadwal yang paling efisien sehingga menghasilkan nilai *makespan* terkecil.

3. Analisis

Tahap analisis dilakukan dengan pengujian terhadap parameter algoritma untuk menentukan konfigurasi yang paling stabil dan adaptif terhadap berbagai karakteristik dataset. Selanjutnya, mengevaluasi efektivitas algoritma genetika multioperator dalam menyelesaikan TSPJ melalui performa tiap skala masalah simetri dan asimetri. Selanjutnya, perbandingan struktur inisialisasi populasi di awal proses algoritma yang mempengaruhi nilai *makespan* terkecil. Fokus utama analisis ini meliputi kualitas solusi yang diukur dari nilai *Global Mean* (rata-rata keseluruhan) *makespan* minimum. Adapun kestabilan solusi menjadi tambahan fokus ketika tiap *running* menghasilkan *makespan* yang kompetitif, maka perlu diperhatikan nilai *Global Coefficient of Variation* (rata-rata CV). Selain itu, efisiensi waktu komputasi dalam menangani dataset dari TSPLib.

1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini akan disusun dalam sebuah skripsi yang sistematis. Berikut ini merupakan sistematika penulisan dari penelitian yang akan dilakukan:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang teori-teori yang menjadi landasan pembahasan dalam skripsi ini. Secara garis besar, bab ini mencakup teori-teori yang berkaitan dengan *traveling salesman problem with job-times*, algoritma genetika multioperator, dan operator heuristik.

BAB 3 PENYELESAIAN TRAVELING SALESMAN POBLEM WITH JOB-TIMES MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA MULTIOPERATOR

Bab ini berisi pembahasan utama mengenai algoritma genetika multioperator. Fokus pembahasan pada bab ini adalah kompleksitas TSPJ, representasi solusi TSPJ dalam algoritma genetika multioperator, prosedur algoritma genetika multioperator untuk TSPJ dan implementasi sederhana algoritma genetika multioperator pada

permasalahan TSPJ yang menyajikan data simulasi dan juga langkah-langkah simulasi menggunakan algoritma genetika multioperator.

BAB 4 STUDI KASUS DAN ANALISIS

Bab ini menjelaskan studi kasus dan analisis performa algoritma genetika multioperator dalam menyelesaikan *traveling salesman problem with job-times*. Pembahasan pertama adalah penyajian data penelitian dari TSPLib dilanjutkan dengan tahap pra-pemrosesan data untuk masalah simetri dan asimetri untuk mentransformasikan matriks jarak dan matriks waktu pemrosesan pekerjaan. Selanjutnya, dilakukan pengujian untuk menentukan parameter algoritma terbaik seperti ukuran populasi, probabilitas *crossover*, probabilitas mutasi, maksimum generasi, dan ukuran turnamen seleksi. Sebagai inti pembahasan, bab ini menyajikan analisis hasil komputasi untuk mengevaluasi efektivitas algoritma genetika multioperator serta perbandingannya dengan empat strategi inisialisasi populasi awal dalam meminimalkan *makespan*.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari analisis yang dilakukan pada Bab 4 sesuai dengan tujuan penelitian, serta saran yang dapat dijadikan dasar untuk penelitian selanjutnya.

