

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era modern yang ditandai dalam meningkatnya kompleksitas sistem logistik, distribusi, dan penjadwalan, permasalahan optimasi rute menjadi salah satu aspek penting yang harus diselesaikan secara efisien. Salah satu permasalahan klasik dalam bidang optimasi dan riset operasi adalah *Traveling Salesman Problem* (TSP), yang pertama kali diperkenalkan oleh Sir William Rowan Hamilton [1]. TSP berfokus pada penentuan urutan kunjungan ke sejumlah lokasi dengan jarak tempuh minimum, di mana setiap lokasi harus dikunjungi tepat satu kali dan kembali ke titik awal. Permasalahan ini telah menjadi topik penting dalam berbagai penelitian karena aplikasinya yang sangat luas, seperti dalam optimasi rute logistik kemanusiaan selama bencana [2] [3], dan perencanaan transportasi umum di kawasan perkotaan [4]. Meskipun telah banyak dikaji, TSP terus berkembang ke dalam berbagai varian guna menyelesaikan model dengan kondisi nyata yang lebih kompleks.

Salah satu varian tersebut adalah *Traveling Salesman Problem with Job Times* (TSPJ), yang pertama kali diperkenalkan oleh Mosayebi dkk. pada tahun 2021 [5]. Varian ini tidak hanya mempertimbangkan jarak atau waktu tempuh antar lokasi, tetapi juga memperhitungkan waktu pemrosesan atau penyelesaian pekerjaan (*job times*) yang dimulai di setiap titik kunjungan. Model ini lebih merepresentasikan berbagai kondisi nyata, seperti penugasan robot otonom yang menginisiasi tugas di beberapa lokasi tanpa pengawasan lanjutan, pengiriman tim penyelamat menggunakan helikopter dalam skenario penanganan bencana, penjadwalan produksi di lingkungan manufaktur otomatis, pengalokasian tenaga kerja ke ladang pertanian, hingga distribusi bahan baku dan penjadwalan pesanan dalam sektor *food and beverage* yang melibatkan banyak dapur produksi dengan kapasitas berbeda. Kompleksitas tambahan yang ditimbulkan oleh elemen *job times* dan kebutuhan untuk menentukan urutan kunjungan serta alokasi pekerjaan secara bersamaan menyebabkan TSPJ termasuk dalam kategori masalah kombinatorial yang bersifat NP-Hard, sehingga tidak dapat diselesaikan secara efisien menggunakan metode eksak apabila skala permasalahan cukup besar.

Untuk menghadapi permasalahan tersebut, pendekatan metaheuristik menjadi salah satu alternatif yang relevan. Metaheuristik merupakan metode penyelesaian untuk permasalahan kompleks yang tidak dapat diselesaikan secara efisien dengan pendekatan eksak, namun mampu menghasilkan solusi mendekati optimal dalam waktu komputasi yang lebih singkat. Salah satu algoritma metaheuristik yang umum diterapkan dalam permasalahan optimasi adalah Algoritma Genetika. Algoritma ini meniru proses evolusi biologis dengan mengaplikasikan tiga operator utama, yaitu *selection* (seleksi), *crossover* (pindah-silang), dan *mutation* (mutasi). Dalam konteks masalah rute, solusi direpresentasikan dalam bentuk kromosom, di mana setiap gen menunjukkan urutan lokasi yang akan dikunjungi.

Algoritma genetika telah diterapkan secara luas untuk menyelesaikan berbagai permasalahan optimasi, termasuk perutean kendaraan dan penjadwalan. Dalam banyak kasus, algoritma ini terbukti mampu menghindari konvergensi dini dan menghasilkan solusi yang lebih baik dibandingkan pendekatan konvensional. Namun demikian, penerapan algoritma genetika standar untuk TSPJ masih menghadapi kendala, karena belum mempertimbangkan karakteristik khusus berupa waktu pengerjaan di setiap titik kunjungan. Hal ini dapat menyebabkan solusi yang dihasilkan tidak benar-benar optimal dari segi total waktu penyelesaian. Oleh karena itu, diperlukan modifikasi terhadap algoritma genetika, khususnya pada mekanisme *crossover* dan mutasi, agar lebih selaras dengan struktur dan kendala dalam TSPJ. Dengan penyesuaian tersebut, algoritma diharapkan mampu menghasilkan rute yang tidak hanya meminimalkan waktu tempuh, tetapi juga memperhatikan efisiensi waktu pengerjaan di setiap titik.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan algoritma genetika yang dimodifikasi dalam penyelesaian *Traveling Salesman Problem with Job Times* (TSPJ), serta mengevaluasi efektivitas algoritma dalam menghasilkan solusi yang efisien dan mendekati optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Dari permasalahan yang telah dibahas di latar belakang, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan algoritma genetika dalam menyelesaikan masalah *Traveling Salesman Problem with Job Times* (TSPJ)?
2. Bagaimana kualitas solusi yang dihasilkan oleh algoritma genetika dalam menyelesaikan TSPJ berdasarkan data *benchmark* dari TSPLIB?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada penyelesaian *Traveling Salesman Problem with Job Times* (TSPJ) dengan memepertimbangkan waktu tempuh antar lokasi dan waktu pemrosesan pekerjaan di setiap lokasi.
2. Matriks yang digunakan simetris.
3. Metode yang digunakan adalah algoritma genetika dengan operator:
 - (a) Seleksi: *Roulette Wheel Selection*
 - (b) Crossover: *Partially Matched Crossover*
 - (c) Mutasi: *Swap Mutation* dan *2-Opt*
4. Data yang digunakan adalah data *Benchmark* dari TSPLIB yang dimodifikasi.
5. Evaluasi solusi difokuskan pada minimasi waktu penyelesaian total (*Makespan*), tanpa mempertimbangkan aspek biaya, kapasitas, atau sumber daya lainnya.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menerapkan algoritma genetika dengan operator *roulette wheel selection*, *PMX crossover*, *swap mutation* dan *2-Opt* dalam menyelesaikan *Traveling Salesman Problem with Job Times* (TSPJ).
2. Mengevaluasi kualitas solusi yang dihasilkan oleh algoritma genetika berdasarkan data *benchmark* dari TSPLIB, khususnya dalam meminimalkan waktu penyelesaian total (*makespan*).

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan kontribusi dalam penyelesaian *Traveling Salesman Problem with Job Times* (TSPJ) melalui pendekatan algoritma genetika.
2. Menjadi referensi dalam optimasi rute dan penjadwalan berbasis waktu, khususnya pada permasalahan *single salesman* dengan kombinasi waktu perjalanan dan waktu pemrosesan.

3. Memberikan gambaran aplikatif mengenai implementasi algoritma genetika dalam menyelesaikan masalah optimasi berbasis data *benchmark*, seperti yang tersedia dalam TSPLIB.
4. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam bidang optimasi kombinatorial, khususnya dalam pengembangan dan evaluasi algoritma evolusioner untuk berbagai varian *Traveling Salesman Problem*.

1.5 Metodologi Penelitian

1. Studi Literatur

Tahap ini mencakup pengumpulan dan kajian literatur terkait penyelesaian permasalahan *Traveling Salesman Problem with Job Times* (TSPJ) menggunakan algoritma heuristik, seperti *Nearest Neighbor* dan *2-Opt*. Studi ini bertujuan untuk memahami metode yang telah digunakan sebelumnya serta mengidentifikasi keunggulan dan keterbatasannya sebagai dasar dalam pengembangan penelitian ini.

2. Perancangan dan Implementasi Algoritma

Pada tahap ini dilakukan perancangan algoritma genetika untuk menyelesaikan TSPJ. Algoritma dirancang dengan komponen utama berupa proses inisialisasi populasi menggunakan algoritma NNHX, seleksi menggunakan *Roulette Wheel Selection*, *crossover* menggunakan *Partially Mapped Crossover* (PMX), serta mutasi menggunakan *Swap Mutation*. Seluruh proses tersebut kemudian diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python untuk membentuk solusi rute yang mempertimbangkan waktu perjalanan dan waktu pemrosesan pekerjaan di setiap lokasi.

3. Simulasi dan Evaluasi

Simulasi dilakukan dengan menggunakan data *benchmark* dari TSPLIB yang terlebih dahulu diolah menjadi matriks jarak antar lokasi. Matriks jarak tersebut kemudian dikonversi ke dalam satuan waktu (menit) untuk membentuk matriks waktu tempuh, sehingga dapat merepresentasikan durasi perjalanan antar lokasi secara lebih realistis.

Selain itu, untuk setiap lokasi (kecuali depot), dibangkitkan nilai acak yang merepresentasikan waktu pemrosesan pekerjaan, sehingga diperoleh matriks waktu pemrosesan pekerjaan dengan ukuran yang sama seperti matriks waktu tempuh. Data waktu tempuh dan waktu pemrosesan ini menjadi input utama dalam penyelesaian *Traveling Salesman Problem with Job Times* (TSPJ) menggunakan

algoritma genetika yang telah dirancang dan diimplementasikan. Evaluasi dilakukan berdasarkan nilai waktu penyelesaian total (*makespan*) dari solusi yang dihasilkan, guna menilai efektivitas algoritma dalam mengoptimalkan urutan kunjungan lokasi dan penjadwalan pekerjaan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini terdiri atas lima bab yang disusun secara terstruktur guna mempermudah pemahaman isi dan alur penelitian, dengan rincian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang pemilihan topik penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, serta manfaat penelitian. Selain itu, disajikan juga sistematika penulisan sebagai gambaran umum isi skripsi.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini mencakup teori-teori pokok yang menjadi landasan pembahasan inti dan saling berkaitan sebagai penunjang dalam penulisan skripsi. Teori-teori yang dibahas meliputi riset operasi, optimasi, metode optimasi, pemrograman linier, *Traveling Salesman Problem*, masalah penugasan, algoritma genetika, *Nearest Neighbor* dan 2-Opt.

BAB III PENYELESAIAN *TRAVELING SALESMAN PROBLEM WITH JOB TIMES (TSPJ)* MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Pada bab ini diuraikan definisi dan formulasi matematis TSPJ, serta tahapan penyelesaiannya menggunakan algoritma genetika, mulai dari inisialisasi hingga elitisme, serta implementasi pada kasus TSPJ.

BAB IV STUDI KASUS DAN ANALISIS

Bab ini membahas studi kasus dan analisis yang meliputi penyajian data penelitian, tahapan pra-pemrosesan data pada TSPJ, serta implementasi algoritma genetika dalam menyelesaikan studi kasus tersebut. Selain itu, dijelaskan spesifikasi perangkat lunak yang digunakan dalam simulasi, serta analisis terhadap hasil yang diperoleh dari berbagai pengujian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab penutup ini berisi hasil kesimpulan dari hasil penelitian yang berkaitan dengan rumusan masalah, serta saran untuk penelitian selanjutnya sebagai pengembangan dari penyelesaian TSPJ menggunakan algoritma genetika.

DAFTAR PUSTAKA