

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang sejalan dengan perkembangan zaman di dunia. Dalam konteks ini, manusia perlu beradaptasi dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta dihadapkan pada kebutuhan untuk mengambil keputusan dengan cepat dan efisien. Matematika terapan adalah salah satu disiplin ilmu matematika yang muncul sebagai hasil dari kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, yang bertujuan untuk mengatasi berbagai masalah perhitungan yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, terutama dalam konteks optimasi. Kita dapat menemukan masalah optimasi dalam berbagai aspek kehidupan kita sehari-hari. Masalah ini berkaitan dengan pemecahan masalah untuk menemukan solusi penyelesaian yang optimal atau terbaik dengan cara yang tepat.

Ada dua pendekatan yang dapat dipertimbangkan dalam menyelesaikan masalah optimasi, yaitu menggunakan metode eksak dan metode heuristik. Algoritma dengan pendekatan eksak, dijamin bahwa solusi optimal akan ditemukan dalam waktu terbatas untuk masalah optimasi terkait. Sedangkan algoritma heuristik mampu memberikan solusi yang mendekati solusi terbaik dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode eksak. Adapun Algoritma metaheuristik, sebagai bagian dari algoritma optimasi heuristik, memiliki kemampuan untuk menjelajahi secara intensif daerah-daerah yang menjanjikan dalam ruang pencarian solusi [1]. Contoh dari algoritma metaheuristik adalah algoritma *Swarm Intelligence* (SI).

Swarm Intelligence (SI) atau kecerdasan kawanan mengacu pada sistem buatan atau alami yang terdiri dari individu-individu yang terorganisir yang memiliki perilaku saling berinteraksi satu sama lain. Beberapa algoritma khusus dalam *Swarm Intelligence* (SI) antara lain *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Ant Colony Optimization* (ACO), dan *Artificial Bee Colony* (ABC) [2].

Pada tahun 1995, Kennedy dan Eberhart mengembangkan *Particle Swarm Optimization* (PSO) sebagai sebuah algoritma optimasi yang sederhana namun efektif [3]. PSO terinspirasi oleh pergerakan sosial dari beberapa hewan yang hidup sebagai kawanan seperti kawanan burung, terutama ketika kawanan tersebut mencari kebutuhan dasar seperti mencari makanan. Setiap individu saling bertukar informasi tentang keberhasilan setiap individu di lingkungan tersebut.

Selama dua dekade terakhir sejak dikenalkan pada tahun 1995, penerapan PSO telah berhasil dilakukan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan dan teknologi dengan berbagai masalah optimasi yang kompleks serta telah mencapai keberhasilan yang luar biasa. Beberapa masalah optimasi tersebut diantaranya adalah masalah perutean banjir, masalah transportasi makanan, penjadwalan lampu lalu lintas, pengelompokan data, *Travelling Salesman Problem* (TSP) dan masalah optimasi lainnya [4]. *Vehicle Routing Problem* (VRP) merupakan gambaran umum yang sesuai dengan kehidupan nyata dari TSP atau masalah perjalanan *salesman*.

Masalah perutean kendaraan (*Vehicle Routing Problem/VRP*) adalah sebuah masalah optimasi yang mencari solusi rute optimal bagi sejumlah kendaraan untuk melayani pelanggan sesuai dengan permintaan mereka [5]. Penentuan rute dalam VRP memiliki signifikansi penting karena akan memengaruhi biaya transportasi yang harus ditanggung oleh perusahaan tersebut, semakin pendek rute yang ditempuh maka semakin rendah biaya transportasi yang dikeluarkan. VRP di kehidupan sehari-hari contohnya seperti pendistribusian barang ke pelanggan atau toko, pengumpulan sampah rumah tangga, truk pengantar bensin, perutean bus sekolah, dan pengiriman surat.

Selama lebih dari 50 tahun, VRP telah menarik perhatian peneliti di bidang riset operasi dengan terus mengalami perkembangan menyesuaikan dengan keadaan di kehidupan nyata [6]. Secara umum, masalah VRP memiliki variasi yang lebih spesifik dalam bidang industri, yang dikenal sebagai *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW). VRPTW merupakan bagian penting dalam pendistribusian dan transportasi yang diperkenalkan sejak tahun 1977 [6].

Dalam masalah ini, pelanggan dapat menerima layanan pengiriman dari kendaraan hanya pada interval waktu tertentu yang disebut *time windows*.

VRPTW dikenal sebagai masalah *NP-hard* (*nondeterministic polynomial-time*) dalam hal kompleksitas komputasi. Algoritma eksak hanya dapat mengatasi masalah dalam skala yang relatif kecil. Sedangkan metaheuristik mampu secara konsisten menghasilkan solusi berkualitas tinggi, terlepas dari waktu komputasinya yang lebih besar daripada heuristik. Oleh karena itu, penerapan pada masalah dengan sejumlah besar pelanggan lebih baik dengan menggunakan metaheuristik. Algoritma metaheuristik telah berhasil menyelesaikan VRPTW salah satunya adalah *Particle Swarm Optimization* (PSO) [7], [8], [9].

Algoritma PSO secara efektif dan cepat mendapatkan solusi yang optimal dari VRPTW serta mekanisme PSO menghasilkan beragam solusi dan secara konsisten mempertahankan atau meningkatkan solusi terbaik yang ditemukan. Kecepatan konvergensi algoritma sangat tergantung pada variasi PSO yang ditemukan dan nilai yang ditetapkan ke parameter control [3]. Namun, terlepas dari masalah utama ledakan kecepatan yang dihadapi versi PSO dasar memiliki satu batasan, yaitu ada kemungkinan tidak cukup menjelajahi ruang pencarian sehingga rentan terhadap konvergensi prematur dengan jatuh ke solusi optimal local [4]. Pemilihan parameter kontrol yang tidak tepat dapat menjadi penyebab yang mendasari fenomena konvergensi prematur. Oleh karena itu, banyak perbaikan untuk PSO dikembangkan untuk mengatasi masalah ini dengan cara memodifikasi algoritma PSO dasar.

Modifikasi PSO pada skripsi ini terdiri dari *Improved PSO* dan *Hybrid PSO*. *Improved PSO* merupakan algoritma yang telah ditingkatkan dari PSO dasar. Sedangkan *Hybrid PSO* menggabungkan algoritma PSO dengan algoritma metaheuristik lainnya. Metode *hybrid* terbukti lebih efektif daripada PSO asli dalam banyak kasus VRPTW terutama dengan jumlah pelanggan yang tinggi dan distribusi yang acak [10].

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian skripsi ini penulis akan menganalisis perbandingan solusi optimal yang dihasilkan dari pengembangan algoritma PSO yang dimodifikasi, diantaranya adalah *Improved PSO* dan *Hybrid*

PSO untuk menyelesaikan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW). Dengan demikian, penelitian skripsi ini berjudul “Analisis Perbandingan Modifikasi Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) pada *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW)”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang sebelumnya, penulis merumuskan permasalahan yang akan dikaji dalam skripsi ini diantaranya adalah:

1. Bagaimana perbandingan solusi optimal dari variasi *Improved* PSO untuk menyelesaikan VRPTW?
2. Bagaimana analisis hasil dari algoritma *Hybrid* PSO yang diterapkan pada VRPTW?
3. Bagaimana perbandingan solusi optimal yang dihasilkan antara *Improved* PSO dan *Hybrid* PSO pada VRPTW?

1.3 Batasan Masalah

Batasan yang diterapkan dalam skripsi ini meliputi beberapa hal, antara lain:

1. Modifikasi algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) yang digunakan adalah *Improved* PSO dan *Hybrid* PSO.
2. Model permasalahannya adalah *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW).
3. Batasan kendalanya adalah jumlah kendaraan memiliki kapasitas terbatas dengan jumlah yang sama dan terdapat *time windows* (jendela waktu) untuk mengunjungi pelanggan tertentu.
4. Data yang akan digunakan yaitu data *benchmark* Solomon (1987), yang merupakan standar permasalahan internasional untuk permasalahan VRPTW.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut.

1. Menganalisis hasil *Improved* PSO terbaik pada VRPTW untuk menentukan solusi yang optimal.

2. Menganalisis solusi yang dihasilkan dari *Hybrid* PSO yang diterapkan pada VRPTW.
3. Menganalisis solusi optimal terbaik antara *Improved* PSO dan *Hybrid* PSO untuk menyelesaikan VRPTW.

Adapun manfaat dalam penulisan penelitian ini, yaitu :

1. Untuk menambah pemahaman tentang modifikasi algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) yang diimplementasikan pada *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) untuk mendapatkan solusi optimal.
2. Dapat diaplikasikan dalam dunia industri. Implementasi modifikasi algoritma PSO pada VRPTW diharapkan dapat menghasilkan solusi yang lebih efisien dan efektif dalam mengoptimalkan rute pengiriman barang pada suatu perusahaan.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Studi literatur
Pada tahap ini, penulis melakukan pengumpulan data dan memperoleh pemahaman tentang konsep algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan modifikasinya, *Vehicle Routing Problem* (VRP), *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) melalui studi literatur yang mencakup buku, jurnal, skripsi, dan tesis.
2. Studi Kasus dan Analisa
Penulis melakukan percobaan dan analisis penerapan pada data *benchmark* Solomon dari implementasi algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) pada *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) beserta modifikasinya.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi penguraian pendahuluan yang mencakup latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat, metode penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi teori-teori penunjang yang menjelaskan konsep-konsep yang relevan dengan pembahasan skripsi ini., meliputi *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Vehicle Routing Problem* (VRP), *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW).

BAB III ANALISIS PERBANDINGAN MODIFIKASI ALGORITMA *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (PSO) PADA *VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS* (VRPTW)

Bab ini diuraikan mengenai beberapa tahapan dari implementasi algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) pada *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) beserta modifikasi dari algoritma PSO yang terdiri dari *Improved PSO* dan *Hybrid PSO*.

BAB IV STUDI KASUS DAN ANALISIS

Bab ini menjelaskan tentang objek penelitian yang menjadi fokus dalam skripsi, proses implementasi algoritma PSO pada VRPTW, serta analisis hasil dari proses implementasi modifikasi algoritma PSO berupa *Improved PSO* dan *Hybrid PSO* pada VRPTW.

BAB V PENUTUP

Bab ini disajikan kesimpulan dari hasil penelitian dan juga saran yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian lebih lanjut mengenai implementasi algoritma PSO pada VRPTW.