

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, serta manfaat yang diharapkan dari penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Masalah perencanaan rute merupakan kegiatan penting dalam perencanaan logistik, transportasi, dan distribusi yang berpengaruh besar pada efisiensi manajemen sumber daya, tingkat layanan, dan kepuasan klien (Brito, Moreno, & Verdegay, 2009). Masalah ini, yang dikenal sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP), telah diteliti secara mendalam di berbagai bidang, termasuk Riset Operasi dan Kecerdasan Buatan (Brito, dkk., 2009). VRP didefinisikan sebagai sebuah masalah pencarian rute optimal untuk pengiriman atau pengumpulan barang dari satu atau beberapa depot ke beberapa kota atau pelanggan, dengan memperhatikan berbagai kendala yang ada (Yeun, Ismail, Omar, & Zirour, 2008). VRP memiliki tujuan untuk meminimumkan total jarak tempuh kendaraan (Nugroho & Abdulrahim, 2022). VRP standar pada awalnya diperkenalkan oleh Dantzig dan Ramser (1959), dan bersifat *Non-Polynomial Hard* (NP-Hard), yang termasuk dalam masalah optimasi kombinatorial yang kompleks (Dantzig & Ramser, 1959).

VRP memiliki beberapa variasi. Salah satu variasi dari masalah VRP adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). CVRP adalah masalah di mana semua permintaan pelanggan harus dipenuhi, semua permintaan diketahui, dan semua kendaraan memiliki kapasitas yang sama dan berada di depot pusat (Toth & Vigo, 2002). Selain itu, terdapat *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW). VRPTW merupakan perluasan dari CVRP dengan batasan waktu untuk menjangkau setiap pelanggan (Braysy & Gendreau, 2005). VRPTW memiliki kendala tambahan berupa adanya *time windows* sebagai batas waktu ketersediaan pelanggan (Gambardella, 1999). Waktu ketersediaan pada setiap pelanggan dapat berbeda-beda dan dinyatakan dalam selang waktu berupa batas waktu awal sampai dengan waktu

akhir pelayanan (Suprayogi & Mahmudy, 2015). Kombinasi dari CVRP dan VRPTW menghasilkan *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time windows* (CVRPTW) yang bertujuan membangun rute pengiriman optimal dengan mempertimbangkan batasan kapasitas kendaraan dan jendela waktu (*time windows*) (Puwadana, 2021). Masalah perutean sering digunakan untuk memodelkan kasus nyata, masalah tersebut dibuat dengan tujuan tunggal dan sebagian besar masalah yang dihadapi dalam industri, terutama dalam logistik, harus mempertimbangkan beberapa tujuan (*multi-objective*) (Jozefowicz, Semet, & Talbi, 2008).

Multi-objective adalah pendekatan dalam pengambilan keputusan yang berfokus pada upaya mengoptimalkan dua atau lebih fungsi tujuan yang sering kali saling bertentangan secara simultan. Dalam konteks CVRPTW, penentuan rute tidak hanya berfokus untuk meminimumkan total waktu perjalanan, tetapi juga mempertimbangkan faktor lain, seperti meminimumkan total biaya transportasi, meminimumkan jarak tempuh kendaraan, meminimumkan jumlah kendaraan, dan memaksimalkan tingkat kepuasan pelanggan. Untuk menyelesaikan masalah ini, metode *Weighted Sum Model* (WSM) dapat digunakan untuk mengonversi fungsi tujuan *multi-objective* menjadi satu fungsi tujuan (Hidayatul, Djunaidy, & Muklason, 2019).

Dalam konteks nyata, VRP seringkali dihadapkan pada ketidakpastian, menghasilkan masalah VRP *Fuzzy*, di mana parameter seperti permintaan pelanggan atau waktu tempuh tidak dapat diketahui secara pasti. Ketidakpastian ini dimodelkan dengan himpunan *Fuzzy*, di mana suatu elemen memiliki derajat keanggotaan antara 0 dan 1 (Brito, dkk., 2009). Parameter VRP yang umum menjadi *fuzzy* meliputi permintaan pelanggan, waktu pelayanan, dan biaya transportasi (Mukminin, Irawanto, Surarso, & Farikhin, 2023).

Untuk merepresentasikan ketidakpastian dalam VRP *Fuzzy*, berbagai fungsi keanggotaan (*membership functions*) digunakan untuk memetakan nilai input ke dalam derajat keanggotaan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan yang paling umum dipakai adalah fungsi keanggotaan bilangan *fuzzy* segitiga, yang terdiri dari tiga parameter

utama yaitu nilai minimum, nilai kemungkinan terbesar, dan nilai maksimum, sehingga mampu menggambarkan variasi parameter secara fleksibel (Azzahra, 2025). Selain itu, fungsi keanggotaan berbentuk trapezoid juga sering digunakan untuk merepresentasikan ketidakpastian dengan batas yang lebih datar di bagian puncak, (Sari, 2017). Selain fungsi-fungsi tersebut, terdapat jenis fungsi keanggotaan *Fuzzy* lainnya yang dapat digunakan untuk merepresentasikan ketidakpastian dalam VRP *Fuzzy*, tergantung pada karakteristik data dan kebutuhan pemodelan (Azzahra, 2025).

VRP yang mempertimbangkan ketidakpastian (*fuzzy*) dan berbagai tujuan (*multi-objective*) memiliki relevansi yang signifikan dalam berbagai bidang, salah satunya adalah pendistribusian produk. Pendistribusian produk merupakan proses pengiriman barang dari distributor ke pengecer atau konsumen akhir, yang melibatkan perencanaan rute kendaraan secara efisien untuk memastikan produk tiba tepat waktu (Susanti, Indrawati, Sitepu, Nabila, & Wulandari, 2020).

Sejauh ini, beberapa algoritma heuristik dan metaheuristik telah digunakan oleh para peneliti untuk menyelesaikan masalah MOF-VRP seperti metode kombinasi *Sweeping Algorithm*, *Fuzzy Logic*, dan *Fuzzy Arithmetic* (Teodorovic & Pavkovic, 1996), metode kombinasi *Branch-and-Bound*, *Cutting Plane Algorithm*, dan *Subgradient-Based Algorithm* (Tang, Pan, Fung, & Lau, 2009) dan metode kombinasi *Simulated Annealing (SA)*, *Modified Clarke-Wright Algorithm*, dan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* (Cirovic, Pamucar, & Bozanic, 2014). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan kombinasi algoritma heuristik dan metaheuristik telah berhasil menyelesaikan MOF-VRP. Salah satu algoritma metaheuristik lainnya yang telah terbukti berhasil menyelesaikan banyak masalah optimasi adalah Algoritma Genetika. Algoritma Genetika adalah pendekatan optimasi yang terinspirasi oleh proses evolusi yang terjadi dalam sistem alami (Holland, 1975). Algoritma Genetika merupakan metode untuk menemukan solusi yang dapat digunakan untuk memecahkan pencarian nilai dalam masalah optimasi (Gen & Cheng, 1999).

Salah satu penerapan algoritma ini terlihat dalam penelitian (Tavares, Silva, & Costa, 2021) yang membahas VRP dengan pendekatan multi-depot. Dalam penelitian ini, Algoritma Genetika digunakan untuk mengoptimalkan rute pengiriman dengan mempertimbangkan beberapa depot, dan hasilnya menunjukkan bahwa Algoritma Genetika lebih unggul dibandingkan dengan metode metaheuristik lainnya seperti *Simulated Annealing* dan *Tabu Search*, dengan peningkatan efisiensi waktu dan biaya. Selain itu, penelitian oleh Alavi, Zare, & Mohammadi (2022) membandingkan Algoritma Genetika dengan *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menyelesaikan CVRP, yang membuktikan bahwa Algoritma Genetika lebih efektif dalam menghasilkan solusi optimal dibandingkan dengan ACO.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini akan diterapkan Algoritma Genetika dan Bilangan *Fuzzy* Segitiga untuk penyelesaian *Multi-objective Fuzzy Vehicle Routing Problem* dengan mempertimbangkan batasan kapasitas (*Capacitated*) dan jendela waktu (*Time Windows*) (MOF-CVRPTW). Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan Gupta, Singh, & Pandey (2010), penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan masalah MOF-CVRPTW dengan tujuan meminimumkan total waktu distribusi, jumlah pelanggan yang terlewat, total biaya dalam melayani semua pelanggan, dan memaksimalkan tingkat kepuasan pelanggan. Penelitian ini akan mempertimbangkan ketidakpastian (*fuzzy*) terhadap waktu mulai pelayanan dalam meningkatkan kepuasan pelanggan. Kemudian, akan diimplementasikan untuk penyelesaian masalah pendistribusian barang oleh distributor. Terdapat empat produk yang didistribusikan kepada 25 pelanggan yang tersebar di wilayah Serang, Pandegalang, Rangkasbitung dan Cikande. Dengan harapan, penelitian ini dapat menghasilkan jalur distribusi yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana menerapkan Algoritma Genetika untuk penyelesaian *Multi Objective Fuzzy -Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows*?
2. Bagaimana hasil implementasi Algoritma Genetika untuk *Multi Objective Fuzzy -Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows* dalam penentuan jalur pendistribusian barang?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Menerapkan Algoritma Genetika untuk penyelesaian *Multi Objective Fuzzy-Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows*.
2. Mengimplementasikan Algoritma Genetika untuk *Multi Objective Fuzzy-Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows* dalam penentuan jalur pendistribusian barang.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis
Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bidang matematika terapan melalui pengembangan model optimasi, khususnya pada penyelesaian *Multi Objective Fuzzy-Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows* menggunakan Algoritma Genetika.
2. Manfaat praktis
Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif solusi dalam merancang rute pengiriman barang yang lebih optimal.