

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan implementasi dan analisis yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Model matematika untuk penentuan rute optimal pada pengantaran gas ini diformulasikan sebagai *Bi-objective Capacitated Vehicle Routing Problem* (BOCVRP). Tujuan dari model ini adalah untuk meminimalkan dua fungsi objektif secara simultan. Fungsi tujuan pertama (z_1) adalah total jarak tempuh. Fungsi tujuan kedua (z_2) adalah ketidakseimbangan muatan. Model ini dibatasi beberapa kendala, yaitu total permintaan dari pelanggan yang dilayani dalam satu rute tidak boleh melebihi kapasitas maksimal kendaraan, pelanggan hanya dilayani tepat satu kali dan setiap rute kendaraan harus dimulai dan diakhiri di depot.
2. Implementasi *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II) dilakukan dengan merepresentasikan rute sebagai kromosom permutasi pelanggan yang dievaluasi berdasarkan dua nilai objektif (jarak dan keseimbangan muatan) setelah memastikan tidak ada pelanggaran kapasitas. Komponen utama NSGA-II adalah proses seleksi yang menggunakan mekanisme *non-dominated sorting* dan *crowding distance* untuk memilih individu terbaik yang akan direproduksi melalui operator *Partially-Mapped Crossover* (PMX) dan *Swap Mutation* dengan menerapkan prinsip elitisme.
3. Hasil implementasi algoritma NSGA-II pada studi kasus di Sleman, Yogyakarta, berhasil menemukan sebuah solusi rute yang optimal. Algoritma mencapai konvergensi pada solusi dengan jarak tempuh minimal 32.59 km dan keseimbangan muatan (*imbalance* 3). Solusi tersebut menyajikan dua rute kendaraan yaitu rute kendaraan 1 dan rute kendaraan 2. Rute kendaraan 1 berangkat dari depot lalu mengunjungi 2 pelanggan di Jalan Opak II dan melanjutkan perjalanan ke 1 pelanggan yang berada di Jalan Opak VI.

Setelah itu mengunjungi 3 pelanggan berdekatan yang berada di Jalan Brintikan dan 3 pelanggan yang berada di Jalan Singosari. Kendaraan 1 melanjutkan perjalanan menuju 2 pelanggan yang berada di Jalan Opak IV. Lalu mengunjungi 4 pelanggan berdekatan di Jalan Kali Bening sebelum kembali ke depot. Kendaraan 2 berangkat dari depot lalu mengunjungi 1 pelanggan yang berada di Jalan Opak II. Setelah itu melanjutkan perjalanan ke 4 pelanggan berdekatan yang berada di Jalan Brintikan. Setelah itu mengunjungi 2 pelanggan yang berada di Jalan Brintikan bagian timur. Lalu melanjutkan perjalanan ke 2 pelanggan yang berada di Jalan Brintikan bagian barat dan menuju 1 pelanggan yang berada di Jalan Opak IV. Kendaraan 2 mengunjungi 2 pelanggan yang berada di Jalan Brintikan RT 3 dan 4 pelanggan yang berada di Condongcatur sebelum kembali ke depot.

5.2 Saran

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, beberapa saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

1. Pangkalan gas dapat mempertimbangkan hasil Pareto Front dari model NSGA-II ini sebagai alat bantu strategis untuk pengambilan keputusan rute harian.
2. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar mempertimbangkan penambahan batasan yang lebih kompleks untuk mendekati kondisi nyata, seperti batasan jendela waktu pengantaran (*time windows*) untuk setiap pelanggan, variasi permintaan yang bersifat dinamis, serta memperhitungkan variabel kecepatan kendaraan yang dipengaruhi oleh kondisi lalu lintas pada waktu-waktu tertentu. Lebih jauh lagi, model dapat dikembangkan dari permasalahan *bi-objective* menjadi *many-objective* dengan menambahkan fungsi tujuan lain yang relevan, seperti minimasi emisi karbon (aspek lingkungan), pemerataan beban kerja antar pengemudi (aspek keadilan), atau maksimasi kepuasan pelanggan (aspek layanan).

3. Untuk pengembangan riset lanjutan, disarankan mengeksplorasi pendekatan algoritma metaheuristik lainnya yang juga andal untuk masalah multi-objektif, seperti *Multi-Objective Ant Colony Optimization* (MOACO) atau *Multi-Objective Particle Swarm Optimization* (MOPSO). Selain itu, dapat juga dipertimbangkan pendekatan hibrida dengan menggabungkan NSGA-II dengan algoritma *local search* untuk melakukan penyempurnaan terhadap rute-rute yang dihasilkan pada Pareto Front.