

Optimasi *Feeder Vehicle Routing Problem* pada Distribusi Pengiriman Barang dengan menggunakan *Multiple Travelling Salesman Problem* dan Algoritme Genetika

Maya Novita Putri Riyanto¹, Imam Cholissodin², Putra Pandu Adikara³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹mayanovita96@gmail.com, ²imamcs@ub.ac.id, ³adikara.putra@ub.ac.id

Abstrak

Peningkatan jumlah penduduk berbanding lurus dengan peningkatan permintaan barang. *Block selling* merupakan konsep pengiriman barang dengan pembagian area berdasarkan jumlah armada, tetapi jika barang di armada Motor habis maka harus mengambil barang ke armada Mobil, masalah ini disebut dengan istilah *Feeder Vehicle Routing Problem*. Peneliti akan melakukan optimasi *Feeder Vehicle Routing Problem* (FVRP) pada distribusi pengiriman barang dengan menggunakan *Multiple Travelling Salesman Problem* (MTSP) dan Algoritme Genetika. Pada representasi kromosom Algoritme Genetika berdasarkan konsep MTSP dilakukan pembagian *cluster* untuk memetakan rute kendaraan pengiriman barang, meliputi Toko yang dituju, kondisi *reload* atau tidak *reload*, pemilihan Mobil untuk *reload*, posisi Mobil, dan interval posisi titik temu *reload* barang. Tahap reproduksi *Crossover* menggunakan *Partial Mapped Crossover* dan *Extended Intermediate Crossover*, sedangkan reproduksi mutasi dengan metode *Reciprocal Exchange Mutation* serta *Random Mutation*. Perhitungan nilai jarak menggunakan *Haversine Formula*, kemudian menghitung nilai *fitness* dan diseleksi dengan *Elitism*. Hasil pengujian mendapatkan nilai *fitness* terbesar 1,35926 disertai ukuran populasi 50, nilai *Cr* 0,5 dan *Mr* 0,6 pada generasi 100, selain itu konvergensi *fitness* terdapat pada sekitar nilai 1,25 hingga 1,3. Pengujian dengan ukuran populasi bernilai 50 atau lebih dari 50, serta generasi 100, dan nilai *Cr* 0,5 serta *Mr* 0,5, menghasilkan nilai *fitness* 1,266594973.

Kata kunci: algoritme genetika, *multiple travelling salesman problem*, *feeder vehicle routing problem*, distribusi barang

Abstract

The increase in population is directly proportional to the increase in demand for goods. The sales block is a concept of shipping goods by dividing the area based on the number of fleets, but the number of goods in the Motorcycle fleet is depleted, so the goods must be taken to the Car fleet, this problem is called the *Feeder Vehicle Routing Problem*. Researchers will optimize the *Feeder Vehicle Routing Problem* (FVRP) on the distribution of freight shipments using *Multiple Traveling Salesman Problems* (MTSP) and Genetic Algorithms. In the Genetic Algorithm chromosome representation based on the MTSP concept, a cluster division is made to map the shipping routes, including the destination Shop, the condition of reloading or not reloading, the selection of the Car to reload, the Position of the Car, and the time interval for changing the reloading items. Crossover Reproduction Stage uses *Partial Mapped Crossover* and *Extended Intermediate Crossover*, while the reproduction of mutations using the method. Calculate distance values using the *Haversine Formula*, then calculate fitness values and save with *Elitism*. The test results get the greatest fitness value 1.35926 assessment of population size 50, *Cr* value of 0.5 and *Mr* 0.6 in generation 100, besides fitness convergence is available at around values 1.25 to 1.3. Producing with a size of 50, or more than 50, and producing 100, and a value of *Cr* 0.5 and *Mr* 0.5, resulting in a fitness value of 1.266594973.

Keywords: genetic algorithm, *multiple travelling salesman problem*, *feeder vehicle routing problem*, distribution of goods

1. PENDAHULUAN

Masyarakat Indonesia pada tahun 2018 telah meraih jumlah hingga 266,79 juta jiwa. Indonesia terletak dalam peringkat empat dan menduduki sebagai salah satu negara dengan populasi atau kumpulan jumlah penduduk paling besar setelah Tiongkok, India, dan Amerika Serikat (Perserikatan Bangsa-Bangsa, 2018). Peningkatan jumlah masyarakat juga disertai dengan perkembangan masyarakat yang tinggi dalam kehidupan sehari-hari. Hal tersebut mengakibatkan kebutuhan akan papan yaitu barang, jasa, dan tempat tinggal semakin meningkat (Ilahi et al., 2015). Total konsumsi barang-barang kebutuhan yang dapat dimakan berbanding lurus dengan peningkatan jumlah penduduk secara eksponensial setiap kali persediaan barang melebihi permintaan penduduk (Southgate, 2009). Penduduk atau masyarakat berperan sebagai konsumen yang memerlukan berbagai macam kebutuhan atau barang. Kebutuhan tersebut disediakan atau dihasilkan oleh perusahaan-perusahaan yang berperan sebagai produsen (Decotignie & Peraldi, 2017).

Perusahaan yang memiliki peran sebagai produsen memerlukan suatu fungsi agar hasil barang dapat sampai kepada konsumen sesuai dengan permintaan kebutuhan yaitu dengan menggunakan fungsi distribusi (Nurhayati, 2011). Perusahaan distributor merupakan suatu badan usaha yang memiliki tugas untuk mendistribusikan atau mengirimkan barang maupun jasa dari produsen menuju ke konsumen (Raja, et.al., 2002). Kumpulan perusahaan yang saling berkolaborasi dengan tujuan dapat menyediakan dan memberikan barang kepada konsumen disebut sebagai *supply chain* (Al Fatta, 2007). Berbagai instansi atau perusahaan tersebut dapat meliputi *supplier* (penyedia produk), industri, distributor, konsumen atau Toko, maupun *retailer*, beserta instansi pada bidang layanan logistik (Santoso, et.al., 2013). Pada penelitian ini, salah satu perusahaan distributor pengiriman barang adalah PT Bahagia Intra Niaga yang terletak di Sidoarjo provinsi Jawa Timur.

PT Bahagia Intra Niaga atau PT BIN adalah perusahaan *sales* dan *distribution* yang bergerak dalam bidang *consumer goods* untuk menerima permintaan, serta mengirimkan barang pada setiap konsumen (PT BIN, 2018). Mekanisme distribusi pengiriman barang yang digunakan

perusahaan adalah konsep *block selling* dengan menggunakan dua jenis armada kendaraan (PT BIN, 2018). *Block selling* merupakan konsep pengiriman barang dengan pembagian area berdasarkan jumlah armada di perusahaan. Perusahaan masih mengalami kendala yaitu terjadi keterlambatan pengiriman barang, karena terdapat kondisi ketika barang yang dibawa oleh armada Motor habis, maka perlu mengambil barang pada armada Mobil (PT BIN, 2018). *Block selling* memiliki konsep bahwa masing-masing armada hanya berfokus pada area bagian saja, tetapi kurang memperhitungkan jarak dan waktu tempuh menuju setiap konsumen. Permasalahan kendaraan dalam distribusi pengiriman barang berdasarkan konsep *block selling* pada perusahaan, dapat disebut sebagai *Feeder Vehicle Routing Problem* (FVRP).

Berbagai macam algoritme pada penelitian sebelumnya telah digunakan untuk penyelesaian permasalahan ini. Penelitian pertama terkait pengoptimalan permasalahan *Multiple Travelling Salesman Problem* (MTSP) pada rute penjemputan pelanggan travel di Kota Malang menggunakan *Genetic Algorithm* (GA) dan menghasilkan solusi rute yang optimal dengan ukuran populasi sebanyak 80, jumlah generasi sejumlah 450, kombinasi nilai Cr yaitu 0,6 dan Mr 0,4, beserta nilai *fitness* paling baik adalah 8,09338 (Made, et.al., 2018). Pada penelitian kedua mengenai optimasi distribusi pupuk pada masalah (VRPTW) *Vehicle Routing Problem with Time Window* yang diterapkan menggunakan metode heuristik, yaitu Algoritme *Evolution Strategies* dan telah menghasilkan solusi dengan nilai *fitness* tertinggi yaitu 0,5421 (Muhammad, et.al., 2018). Penelitian selanjutnya mengenai pencarian solusi untuk perusahaan logistik terhadap permasalahan *Feeder Vehicle Routing Problem* (FVRP) dengan Algoritme *Ant Colony Optimization* dan telah berhasil mengoptimalkan rute pengiriman barang, serta meminimalkan *cost* antara 7,6% hingga 39,5% dibandingkan dengan *Vehicle Routing Problem* atau VRP (Huang, et.al., 2018).

Pada beberapa penelitian menunjukkan bahwa metode heuristik merupakan metode yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan optimasi. Algoritme Genetika adalah metode heuristik yang biasa diterapkan terhadap masalah optimasi, karena memiliki kemampuan untuk menyelesaikan permasalahan kompleks dengan hanya sedikit melakukan perhitungan matematis (Mahmudy, et.al., 2016). Algoritme

Genetika mempunyai sifat fleksibel yang tinggi hingga dapat dikelompokkan atau *hybrid* bersama dengan metode lainnya, berguna untuk memberikan hasil dengan lebih efisien (Gen & Cheng, 1997). *Feeder Vehicle Routing Problem* (FVRP) adalah varian atau jenis dari permasalahan rute kendaraan (*Vehicle Routing Problem*) dan mempunyai kelebihan dapat meminimalkan biaya berdasarkan rute yang ditempuh dengan konsep armada kendaraan berMotor melakukan *reloading* atau pengambilan barang pada truk selama proses distribusi pengiriman barang berdasarkan titik pertemuan yang telah ditentukan (Huang, et.al., 2018).

Penulis akan mengembangkan terkait optimasi *Feeder Vehicle Routing Problem* (FVRP) pada distribusi pengiriman barang dengan menggunakan *Multiple Travelling Salesman Problem* (MTSP) dan Algoritme Genetika sesuai pembahasan yang telah dijelaskan. Pada penelitian ini, FVRP memiliki hasil atau solusi yang lebih baik dibandingkan dengan VRP (Huang, et.al., 2018). Algoritme Genetika terbukti mempunyai kemampuan untuk dapat menyelesaikan permasalahan kompleks dalam waktu yang relatif cepat (Mahmudy, et.al., 2014). Kemampuan yang dimiliki Algoritme Genetika akan sangat layak diterapkan pada permasalahan distribusi barang (Sulistiyorini & Mahmudy, 2015). *Multiple Travelling Salesman Problem* (MTSP) akan digunakan untuk mengolah data yang kemudian ditempatkan dalam Algoritme Genetika.

2. DASAR TEORI

2.1 Normalisasi

Data biasanya dikumpulkan dari berbagai sumber yang disimpan dalam tempat penyimpanan tertentu. Data tersebut dapat berupa data mentah yang belum diolah ataupun dapat diproses dan mampu menghasilkan suatu nilai, se-hingga integrasi data perlu dilakukan untuk menghindari pengulangan nilai (*redundancy*). Salah satu cara untuk mengintegrasikan data adalah dengan transformasi atau normalisasi data yang dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi algoritme. Transformasi akan memberikan hasil yang lebih baik, jika data yang dianalisis telah dinormalisasi, yaitu dengan skala rentang tertentu seperti [0.0, 1.0] (Shalabi, et.al., 2006). Normalisasi adalah teknik penskalaan atau teknik pemetaan

pada tahap *pre-processing* berbagai macam permasalahan. Hasil normalisasi dapat berupa nilai berdasarkan rentang nilai yang ditetapkan. Teknik normalisasi terdiri dari, *Min-Max*, *Z-Score*, dan *Decimal Scaling* (Patro & Sahu, 2015). Persamaan dibawah ini adalah rumus normalisasi yang akan digunakan pada penelitian ini.

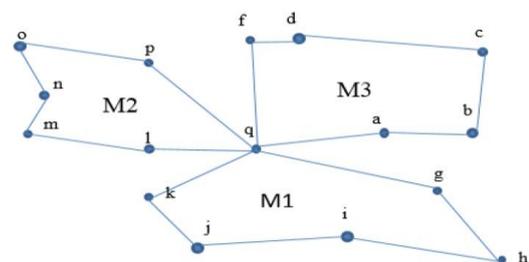
$$Normalisasi(x) = \frac{minRange + ((x - minValue) \times (maxRange - minRange))}{maxValue - minValue}$$

Keterangan:

1. x = nilai yang akan dinormalisasi
2. $minRange$ = batas nilai minimum normalisasi yang diinginkan
3. $maxRange$ = batas nilai maksimum normalisasi yang diinginkan
4. $minValue$ = nilai terendah pada dataset
5. $maxValue$ = nilai tertinggi pada dataset

2.2 Multiple Travelling Salesman Problem

Beberapa masalah perjalanan sales (M-TSP) adalah suatu ketentuan atau aturan optimasi untuk perancangan rute berawal dari lokasi m salesman dan n tempat atau kota (Zhou & Li, 2010). M-TSP juga merupakan salah satu metode yang diterapkan dalam pencarian rute terdekat yang harus dilalui oleh beberapa pekerja untuk mendatangi beberapa lokasi tujuan dari tempat awal mula (Made, et.al., 2018). Ilustasi permasalahan MTSP didapatkan pada Gambar 1, sebuah perusahaan yang memiliki 3 *sales* dan terdiri dari 16 kota yang dilalui. $M1$, $M2$, dan $M3$ adalah sales yang mendatangi setiap lima tempat atau kota. Q melambangkan sebagai tempat utama dalam melakukan transmisi, sedangkan lainnya adalah kota yang dikunjungi *sales* (Hanafi, et.al., 2018).



Gambar 1. Ilustrasi Penyelesaian M-TSP [Sumber: Hanafi, 2018]

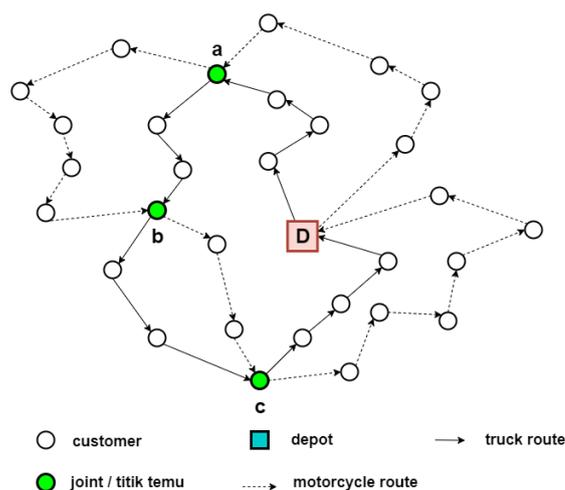
Permasalahan M-TSP adalah salah satu persoalan optimasi dan perluasan dari *Travelling Salesman Problem* (TSP) yang dapat menjadi

acuan untuk pencarian rute terpendek atau bahkan melakukan penjadwalan pada berbagai masalah optimasi (Saptaningtyas, 2015). MTSP merupakan pengembangan dari masalah *travelling salesman problem*, tidak hanya seorang *sales* yang melakukan perjalanan, tetapi lebih dari satu *sales* (Singh, et.al., 2018). MTSP juga dapat diselesaikan melalui pencarian solusi dengan menggunakan dan menerapkan berbagai macam metode. Algoritme heuristik cukup efektif untuk menyelesaikan permasalahan ini, meskipun solusi yang didapatkan hanya merupakan solusi pendekatan. Salah satu algoritme heuristik adalah Algoritma Genetika (Saptaningtyas, 2015). Pada penelitian sebelumnya, Algoritme Genetika berhasil memberikan hasil yang cukup baik berdasarkan solusi untuk permasalahan TSP pada rute loper koran di agen surat kabar (Saptaningtyas, 2015).

2.3 Feeder Vehicle Routing Problem (FVRP)

Feeder Vehicle Routing Problem (FVRP) adalah varian baru dari masalah rute kendaraan (VRP), di mana setiap pelanggan dilayani oleh kendaraan besar (truk) atau kecil (sepeda Motor). Truk dan sepeda Motor harus memulai pemberangkatan dari gudang atau depot, mengunjungi konsumen, dan akhirnya kembali lagi ke gudang. Sepeda Motor melakukan perjalanan ke lokasi truk untuk memuat ulang selama proses pengiriman (Huang, et.al., 2018). FVRP memiliki kesamaan dengan varian VRP yang berbeda, karena VRP dan FVRP adalah NP-hard, yang fokus pada kompleksitas masalah dan kesulitan penyelesaiannya. Pendekatan heuristik telah digunakan untuk memecahkan masalah optimisasi kombinatorial, yaitu terdapat Algoritme Genetika, *Ant Colony Optimization*, dan sebagainya (Cordeau, et.al., 2002).

FVRP apabila diilustrasikan dengan grafik $G=(N,A)$, N mewakili himpunan node dan A menunjukkan himpunan busur. Set N berisi node yang disebut depot dan *node* yang tersisa adalah lokasi pelanggan. Rute kendaraan yang berbeda berangkat dan berakhir di depot di FVRP. Semua pelanggan harus dilayani dan dikunjungi oleh setidaknya satu kendaraan (truk atau Motor). Gambar 2 mengilustrasikan contoh FVRP dengan satu rute truk (garis solid) dan satu rute sepeda Motor (garis putus-putus). Kedua kendaraan berangkat dari depot D , dan bertemu di tiga *joint* yang dilambangkan sebagai *node a*, *b*, dan *c*, dan kemudian kembali ke depot setelah melayani semua pelanggan (Huang, et.al., 2018).



Gambar 2. *Feeder Vehicle Routing Problem*
[Sumber: Huang, et.al., 2018]

2.3 Haversine Formula

Haversine merupakan salah satu metode untuk menghitung jarak secara akurat. Perhitungan jarak dari satu lokasi ke lokasi lain dipengaruhi oleh lengkungan derajat tertentu, sehingga pilihan metode untuk perhitungan jarak diatas permukaan dari bumi kemungkinann besar mempengaruhi akurasi hasil akhir yang didapatkan. Pada penelitian ini, rumus Haversine digunakan untuk menghitung jarak antara 2 lokasi dengan menggunakan nilai *longitude* dan *latitude*. *Latitude* disebut juga sebagai garis lintang yaitu garis yang digunakan untuk mengukur jarak antara utara dan selatan bumi terhadap garis khatulistiwa. *Longitude* atau garis bujur adalah garis yang digunakan untuk mengukur jarak antara barat dan timur bumi dari garis meridian utama. Setiap lokasi akan memiliki nilai *latitude* dan *longitude* yang berbeda-beda dan rumus *Haversine* pada Persamaan ini akan diterapkan untuk mendapatkan nilai dari jarak antara dua lokasi secara lebih akurat (Basyir, et.al., 2017).

$$d = 2r \arcsin \sqrt{\sin^2\left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2}\right) + \cos \phi_1 \times \cos \phi_2 \times \sin^2\left(\frac{\psi_2 - \psi_1}{2}\right)}$$

Keterangan:

1. d = jarak atau distance (km)
2. r = radius dari bumi, nilai konstan yaitu 6371 km
3. ϕ_2 = nilai *latitude* lokasi ke-1
4. ϕ_1 = nilai *latitude* lokasi ke-2
5. ψ_2 = nilai *longitude* lokasi ke-1
6. ψ_1 = nilai *longitude* lokasi ke-2

Nilai *latitude* dan *longitude* mempunyai satuan derajat, sehingga pada formula *Haversine* ini 1 derajat setara dengan 0,0174532925 *radian* atau radius (Basyir et al., 2017). Seluruh nilai *latitude* dan *longitude* harus dikonversi dari derajat menjadi radius terlebih dahulu untuk kemudian diolah dalam formula tersebut hingga mendapatkan hasil jarak dalam satuan km.

2.5 Algoritma Genetika

John Holland telah menemukan metode yang kompleks dan diterjemahkan menjadi bahasa komputer dengan tahapan dalam prosesnya berdasarkan alam pada tahun 1975, yang disebut evolusi. Metode tersebut biasanya diketahui sebagai Algoritme Genetika. Algoritme Genetika berhasil diterapkan oleh David Goldberg pada tahun 1989 dalam melakukan perancangan untuk sistem pendistribusian pipa gas. *Evolution Algorithm* atau Algoritme Evolusi merupakan suatu teknik atau metode optimasi dan pencarian berdasarkan proses evolusi beserta pergantian gen di kromosom makhluk hidup.

Tahap pertama dari Algoritme Genetika merupakan *generate* pilihan solusi dengan cara *random* (populasi awal). Kumpulan atau populasi tersebut tersusun dari kelompok individu, disebut sebagai kromosom yang kemudian akan diperbaharui dengan operator pada Algoritme Genetika. Pembaharuan kromosom yang telah selesai dilakukan, selanjutnya nilai *fitness* kromosom akan dapat diketahui (Goldberg, 1989). Pembaharuan atau disebut sebagai regenerasi populasi awal akan membentuk generasi atau keturunan baru yang memiliki kromosom baru, yaitu *child* (*offspring*). Kromosom *child* tersebut berasal pada hasil dari proses pengembangan kromosom dengan operator *mutation* dan penyatuan dua buah kromosom *child* dengan menerapkan operator penilangan. Suatu generasi baru dapat dibuat dengan proses pemilihan dan seleksi. Pemilihan ini memperhatikan nilai *fitness* dari kromosom parent dan *child*. Proses seleksi untuk mempertahankan ukuran kumpulan kromosom tetap stabil. Kromosom yang baik mempunyai kemungkinan lebih besar untuk dipertahankan pada generasi atau iterasi berikutnya. Beberapa generasi yang telah dihasilkan akan terbentuk kumpulan kromosom paling baik untuk solusi optimal (Gen & Cheng, 1997).

Pada Algoritme Genetika untuk membentuk keputusan perlu melengkapi syarat tertentu (Hannawati, et.al., 2002), yaitu:

1. Inisialisasi atau representasi kandidat solusi pada angka atau simbol yang disebut sebagai kromosom
2. Menetapkan ukuran atau jumlah kumpulan kromosom (populasi)
3. Evaluasi hasil nilai *fitness* pada setiap populasi
4. Melakukan pemilihan individu untuk membentuk generasi selanjutnya berdasarkan nilai *fitness*
5. Membuat generasi baru untuk kandidat solusi sesuai dengan populasi yang tersedia
6. Pemberhentian proses evolusi, jika syarat berhenti terpenuhi

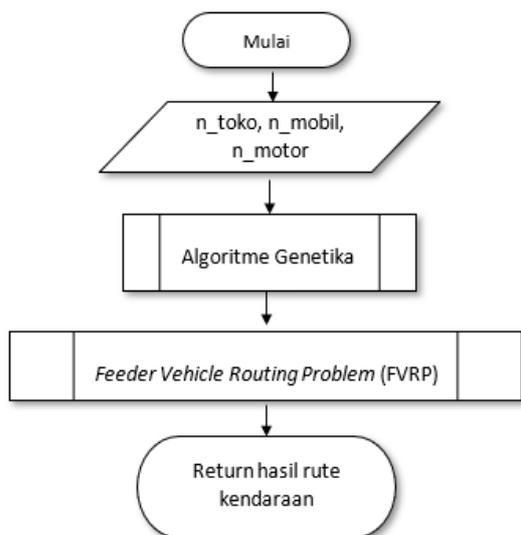
3. METODOLOGI

3.1. Pengumpulan Data

Teknik dalam mengumpulkan data dengan menggunakan studi kasus, wawancara, dan observasi. Data sekunder pada penelitian ini, tidak diperoleh atau dikumpulkan secara tidak langsung berdasarkan observasi di lapangan, tetapi berdasarkan hasil dari wawancara untuk data distribusi pengiriman barang. Observasi dilakukan untuk memahami ilmu dari suatu kejadian berdasarkan kumpulan pengetahuan atau ilmu dan gagasan yang telah diketahui sebelumnya, sehingga peneliti mendapatkan berbagai informasi yang dibutuhkan untuk diolah dalam sistem.

3.2. Perancangan Sistem Secara Umum

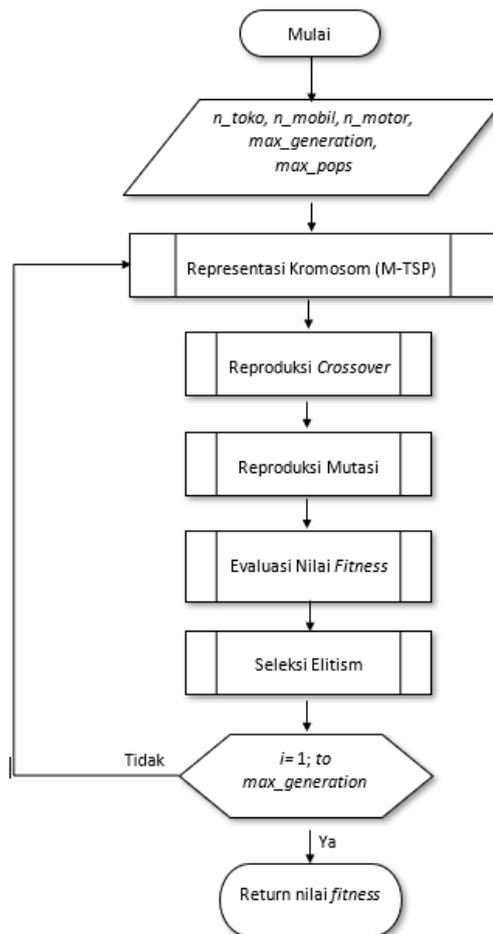
Langkah-langkah yang diterapkan dalam menyelesaikan persoalan distribusi pengiriman barang pada penelitian ini diilustrasikan pada Gambar 3. Tahap awal yang dilakukan merupakan memasukkan data yang telah disiapkan ke sistem yaitu banyak toko, banyak Mobil, banyak motor, dan menggunakan data jarak serta waktu yang telah disimpan dalam csv. Langkah berikutnya terdapat sub proses metode Algoritme Genetika yang didalamnya juga akan menggunakan MTSP dan *Haversine Formula* sebagai bantuan untuk mendapatkan *fitness* yang optimal. Hasil akhir yaitu nilai *fitness* Algoritme tersebut dimasukkan pada proses FVRP dengan ilustrasi dalam bentuk graf, hingga sistem menghasilkan solusi berupa rute dalam permasalahan pendistribusian barang.



Gambar 3. Perancangan Sistem Secara Umum

3.3 Perancangan Algoritme Genetika

Proses dalam metode Algoritme Genetika yang digunakan untuk optimasi distribusi pengiriman barang. Tahap awal dengan memasukkan data Mobil, data toko, data generasi, data populasi, dan data Motor, selanjutnya proses Algoritme Genetika dengan representasi kromosom menggunakan metode MTSP. Langkah berikutnya adalah proses reproduksi yang terdiri dari dua bagian yaitu *crossover* dan mutasi. Evaluasi dilakukan untuk melakukan perhitungan *fitness* dengan metode Haversine untuk perhitungan jarak berdasarkan keseluruhan proses sebelumnya. Tahap akhir diterapkan seleksi untuk memilih nilai *fitness* paling baik. Keseluruhan proses tersebut akan berulang apabila setelah seleksi nilai generasi belum terpenuhi, maka sistem akan kembali melakukan perulangan hingga memenuhi nilai generasi atau iterasi. Gambar 4 adalah *flowchart* tahapan dalam Algoritme Genetika.

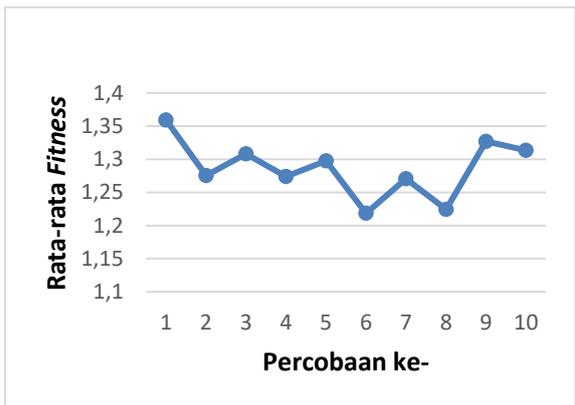


Gambar 4. Perancangan Algoritme Genetika

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Konvergensi Nilai *Fitness*

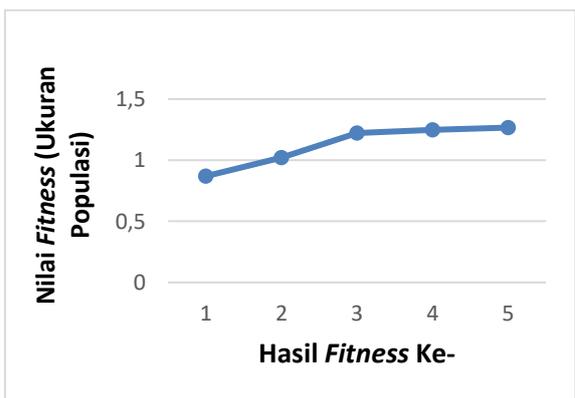
Pengujian konvergensi nilai *fitness* ini dilakukan pada seluruh data Toko, kendaraan, waktu, dan jarak dengan menggunakan nilai *Cr* 0,5, nilai *Mr* 0,6, populasi sebanyak 50 dengan generasi 100, 200, 300, 400, serta 500. Percobaan ini diulang hingga 10 kali percobaan untuk setiap generasi. Hasil akhir merupakan hasil rata-rata keseluruhan untuk masing-masing percobaan. Hasil rata-rata pada Konvergensi nilai *fitness* didapatkan ketika nilai *fitness* dalam kisaran 1,25 hingga 1,3. Percobaan pada Gambar 5 yang dilakukan hingga 10 kali membantu nilai *fitness* untuk dapat konvergen, meskipun di percobaan pertama nilai *fitness* terlalu tinggi. Semakin banyak percobaan dalam mendapatkan nilai *fitness*, maka nilai *fitness* akan memiliki kecenderungan untuk mencapai konvergen.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Konvergensi Nilai Fitness

4.2 Pengujian Ukuran Populasi

Pengujian untuk ukuran populasi yang tepat digunakan dengan generasi sebanyak 100, nilai C_r sebesar 0,5, dan nilai M_r sebesar 0,5 beserta seluruh data toko dan kendaraan. Hasil menunjukkan bahwa semakin besar ukuran populasi, maka semakin besar pula nilai $fitness$ yang dijabarkan pada Tabel 6.2. Grafik hasil pengujian ukuran populasi menunjukkan bahwa nilai $fitness$ cenderung mulai stabil dan melebihi angka 0 ketika populasi semakin besar. Berdasarkan percobaan 1 hingga percobaan 5 yang dilakukan oleh peneliti, nilai $fitness$ berkisar 1,2 hingga 1,3 keatas ketika menggunakan ukuran populasi sebesar 30 atau lebih. Gambar 6 merupakan hasil pengujian ukuran populasi yang dipetakan dengan grafik.

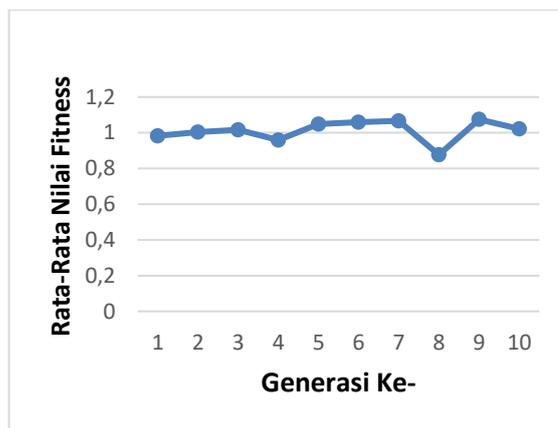


Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Ukuran Populasi

4.3 Pengujian Nilai Adaptif C_r dan M_r

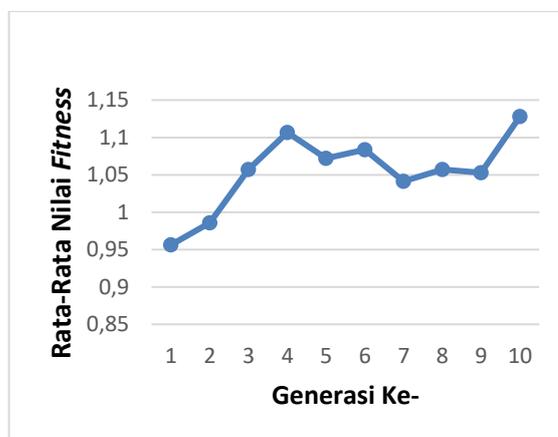
Pengujian Nilai Adaptif C_r terhadap M_r dilakukan sebanyak 10 generasi, 10 ukuran populasi, nilai M_r dari 0 hingga 1, dan nilai C_r 0,3. Seluruh nilai dengan masing-masing nilai M_r yang berbeda, kemudian pada bagian akhir

akan ditambahkan untuk dicari nilai rata-rata $fitness$. Grafik pada Gambar 6 dari hasil pengujian nilai adaptif M_r terhadap C_r menunjukkan bahwa nilai M_r dapat memiliki pengaruh besar terhadap hasil nilai $fitness$ hingga mencapai angka 1 dan nilai $fitness$ paling rendah berada pada kis-aran 0,8 hingga 0,9 ketika menggunakan nilai C_r 0,3 dan nilai M_r adaptif.



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Nilai Adaptif M_r terhadap C_r

Pengujian nilai adaptif C_r terhadap M_r juga diterapkan dengan generasi sebanyak 10, ukuran populasi sebesar 10, menggunakan seluruh data Toko dan kendaraan, nilai M_r konstan yaitu 0,1, serta nilai C_r dari interval 0 hingga 1. Grafik hasil pengujian nilai adaptif C_r terhadap M_r menunjukkan bahwa nilai C_r juga sangat mempengaruhi nilai $fitness$. Nilai M_r 0,1 dan nilai C_r yang adaptif mampu mendapatkan nilai $fitness$ paling rendah sebesar 0,95 dan $fitness$ paling tinggi dapat mencapai 1,15 pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Nilai Adaptif C_r terhadap M_r

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan yaitu optimasi *Feeder Vehicle Routing Problem* pada distribusi pengiriman barang menggunakan MTSP dan Algoritme Genetika, maka peneliti mendapatkan kesimpulan:

1. Permasalahan distribusi barang *Feeder Vehicle Routing Problem* berhasil dirancang menggunakan Algoritme Genetika dan *Multiple Travelling Salesman Problem*. Hasil akhir penelitian ini memberikan rute yang harus ditempuh kendaraan disertai dengan jarak dan posisi atau titik temu dalam *reloading* barang. Pada penelitian ini menggunakan data jarak, waktu, dan Toko, kemudian dibagi menjadi 5 *cluster*, yaitu *Cluster 1* Toko yang dituju setiap kendaraan, *Cluster 2* kondisi *reload* atau tidak *reload*, *Cluster 3* pemilihan Mobil untuk distribusi barang, *Cluster 4* posisi Mobil di Toko ke berapa, serta *Cluster 5* posisi titik temu *reload* barang berupa interval jarak. Algoritma Genetika mengolah seluruh data dan menghasilkan nilai *fitness* yang akan digunakan sebagai solusi dari permasalahan FVRP distribusi barang.
2. Hasil pengujian konvergensi nilai *fitness* didapatkan hasil *fitness* tertinggi adalah 1,35926 dengan ukuran populasi sebanyak 50, nilai *Cr* 0,5 dan *Mr* 0,6 pada generasi 100, selain itu konvergensi *fitness* terdapat pada sekitar nilai 1,25 hingga 1,3. Hasil pengujian ukuran populasi dengan nilai *fitness* terbesar adalah 50, dengan generasi sebanyak 100 dan nilai *Cr* 0,5 serta *Mr* 0,5. Semakin besar ukuran populasi, maka semakin tinggi pula nilai *fitness* yang dihasilkan pada penelitian ini. Hasil pengujian nilai adaptif *Mr* terhadap *Cr* mendapatkan *fitness* tertinggi sebesar 1,07476 ketika *Cr* bernilai 0,3 dan *Mr* 0,9, sedangkan nilai adaptif *Cr* terhadap *Mr* menghasilkan *fitness* tertinggi 1,10666 dengan *Cr* 0,4 dan *Mr* bernilai 0,1.

5.2 Saran

Penelitian ini masih memiliki kekurangan yang dapat diperbaiki atau dikembangkan pada penelitian selanjutnya. Beberapa saran akan dapat membantu peneliti berikutnya dalam mengembangkan topik ini:

1. Optimasi rute distribusi dengan menyertakan data barang, data kapasitas mobil, dan kondisi barang secara realtime, sehingga peneliti berikutnya mampu untuk mengoptimalkan hasil dari Algoritme Genetika.
2. Mengembangkan sistem pada penelitian ini berbasis web atau aplikasi yang dapat digunakan dengan mudah dan dapat diakses dimana saja, atau dapat diterapkan oleh perusahaan terkait agar lebih efisien untuk digunakan sehari-hari yang akan berguna dalam proses distribusi barang.
3. Mempertimbangkan jarak yang ditempuh ketika terjadi macet karena *traffic light*, jam berangkat atau pulang kerja, serta musibah di jalan. Sebaiknya sistem yang akan dikembangkan berikutnya menggunakan Google Maps saat proses pendistribusian barang berlangsung.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Al Fatta, Hanif., 2007. *Analisis & Perancangan Sistem Informasi untuk Keunggulan Bersaing Perusahaan & Organisasi Modern*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Basyir, M., Nasir, M., & Mellyssa, W., 2017. Determination of Nearest Emergency Service Office using Haversine Formula Based on Android Platform. Aceh: Lhokseumawe State Polytechnic
- Cordeau, J-F., Gendreau, M., Laporte, G., Potvin, J-Y. & Semet, F., 2002. *A Guide to Vehicle Routing Heuristics*. Canada.
- Decotignie, J.D. & Peraldi, M. A., 1995. *Producer-Distributor-Consumer Model On Controller Area Network*. Switzerland: Swiss Federal Institute of Technology.
- Gen, M. & Cheng, R., 1997. *Genetic Algorithm and Engineering Design*. New York: John Wiley & Sons.
- Hanafi, Anang., 2018. *Penyelesaian Multiple Travelling Salesman Problem (M-TSP)*

- dengan Menggunakan Algoritme Genetika: Studi Kasus Pendistribusian Barang di Kantor Pos Lumajang. Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
- Hannawati, A. & Thiang, E., 2002. *Pencarian Rute Optimum Menggunakan Algoritme Genetika (Studi Kasus: Kab. Jombang Jawa Timur)*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Huang, Ying-Hua., Blazquez, Carola. A., Huang, Shan-Huen., Paredes-Belmar, German. & Latorre-Nunez, Guillermo., 2018. *Solving the Feeder Vehicle Routing Problem Using Ant Colony Optimization*. Computers & Industrial Engineering.
- Ilahi, Rahman., Juita, Erna. & Zuriyani, Elvi., 2015. *Pengaruh Pertumbuhan Penduduk Terhadap Lingkungan Permukiman di Kecamatan Pauh Kota Padang*. Padang: Program Studi Pendidikan Geografi Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan.
- Mahmudy, Wayan. F., 2016. *Algoritma Evolusi*. Malang: Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (PTIIK) Universitas Brawijaya.
- Nurhayati, Yati., 2011. *Konstitusionalitas Perjanjian Distribusi dalam Persaingan Usaha Sehat*. Subang: Fakultas Hukum Universitas Subang.
- Patro, S. G. K. & Sahu, K. K., 2015. *Normaliszation: A Preprocessing Stage*. India: Department of CSE & IT, VSSUT, Burla, Odisha.
- Raja, P., Ruiz, L. & Decotignie, J.D., *On the Necessary Real-Time Conditions for the Producer-Distributor-Consumer Model*. Switzerland: Swiss Federal Institute of Technology.
- Santoso, Budi. P., Choiri, Moch. & Rahman, Arif., 2013. *Integrasi Supplier, Produsen, dan Pelanggan Pada UKM Keramik Dinoyo Dengan Cloud Computing*. Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Saptaningtyas, Fitriana. Y., 2012. Multi Travelling Salesman Problem (MTSP) dengan Algoritme Genetika untuk Menentukan Rute Loper Koran di Agen Surat Kabar. Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY.
- Shalabi, L. A., Shaaban, Z. & Kasasbeh, B., 2006. *Data Mining: A Preprocessing Engine*. Jordan: Applied Science University, Amman.
- Singh, Shalini. & Lodhi, Ejaz. A., 2014. *Comparison Study of Multiple Travelling Salesman Problem Using Genetic Algorithm*. Indira Gandhi Delhi Technical University for Women New Delhi India.
- Sulistiyorini, Riska. & Mahmudy, Wayan. F., 2015. *Penerapan Algoritma Genetika Untuk Permasalahan Optimasi Distribusi Barang Dua Tahap*. Malang: Program Studi Teknik Informatika Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.