

OPTIMASI SOLUSI PERMASALAHAN RUTE KENDARAAN DENGAN PEMERATAAN BEBAN MENGGUNAKAN GENETIC ALGORITHM

VEHICLE ROUTE OPTIMIZATION SOLUTION PROBLEM WITH LOAD-BALANCING USING GENETIC ALGORITHM

Deni Prasetyo Nugroho

Pusat Studi Transportasi dan Logistik, Universitas Gadjah Mada

Jl. Kemuning M3 Sekip Yogyakarta, Indonesia

email: deni.prasetyo@yahoo.com

Diterima: 14 Januari 2015; Direvisi: 20 Januari 2015; disetujui: 18 Februari 2015

ABSTRAK

Perum Bulog adalah salah satu perusahaan milik negara yang bertugas melakukan pendistribusian beras. Pengelolaan rute pendistribusian harus dilakukan untuk meminimasi biaya. Hal lain yang cukup penting dalam pengelolaan rute adalah besarnya pemerataan beban di setiap sopir. Distribusi beban yang seimbang dan ditambah dengan jumlah beberapa kali perjalanan yang setara akan menghindari masalah ketidakpuasan pengemudi. Permasalahan rute kendaraan diselesaikan dengan metode algoritma genetik. Metode ini termasuk metode heuristik yang berdasarkan pada mekanisme seleksi alam dan proses evolusi alam. Algoritma genetika akan menghasilkan solusi yang lebih optimal pada setiap generasinya. Hasil dari pengolahan data menggunakan metode genetic algorithm menyatakan bahwa dengan metode ini rute yang terbentuk memiliki utilitas mendekati optimal dengan nilai rata-rata utilitas sebesar 86%, artinya hampir seluruh kapasitas truk terpakai untuk memuat muatan. Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa rute hasil pengolahan dengan genetic algorithm dapat meminimasi biaya dan dapat pemeratakan beban kerja. Dilihat dari segi biaya solar, rute rancangan algoritma genetik lebih murah dari pada rute rancangan perusahaan, yaitu berturut-turut, Rp 170,625 dan Rp 171,640.62. Besarnya pemerataan beban pun, rute rancangan algoritma genetika lebih kecil dari pada rute rancangan perusahaan, yaitu sebesar 1 dan 3.40, artinya tingkat pemerataan beban antar kendaraan lebih merata bila dengan menggunakan metode algoritma genetika.

Kata kunci: minimasi biaya, pemerataan beban, algoritma genetik

ABSTRACT

Bulog is one of the state-owned company whose job is to distribute the rice. The management of the distribution must be made to minimize the cost. Another thing that is important in the management of these is the amount of load balancing on each driver. Balanced load distribution and coupled with the amount equivalent multiple entries will avoid the problem of dissatisfaction driver. Vehicle routing problems can be solved using Genetic Algorithms method. These methods include heuristic method based on the mechanism of natural selection and the process of natural evolution. Genetic algorithms will produce a more optimal solution at each generation. The results of data processing using Genetic Algorithm method states that this method has formed the Utilities nearly optimal with average utility value of 86%, meaning that almost the entire capacity of the truck used to load cargo. From the results of data processing that has been done can be seen that the result of processing with Genetic Algorithm can minimize the cost and can evenly distribute the workload. In terms of the cost of diesel, the Genetic Algorithm design is cheaper than the design service company, which successively, Rp 170,625 and Rp 171,640.62. The magnitude of any load equalization, the Genetic Algorithm design smaller than the design service company, that is equal to 1 and 3.40, meaning that the level of equalization burden more evenly between vehicles when using Genetic Algorithms.

Keywords: cost minimization, load balancing, genetic algorithms

PENDAHULUAN

Distribusi adalah proses yang penting dalam suatu perusahaan. Proses ini bertujuan untuk mengalirkan barang dari perusahaan ke proses selanjutnya, perusahaan lain, tempat pemasaran, dan atau tempat lain guna memberikan nilai tambah pada produk atau memasarkan produk. Dibeberapa kasus, proses ini tidak memberikan keuntungan bagi perusahaan, karena perusahaan harus menyiapkan

biaya untuk kepentingan pendistribusian. Semakin jauh area yang ditempuh maka semakin banyak pula biaya yang dikeluarkan. Harga BBM yang mahal juga akan menyebabkan biaya distribusi akan semakin tinggi.

Permasalahan lain yang biasa terjadi dalam proses distribusi ialah pemerataan beban kerja *driver*. Permasalahan pemerataan beban kerja antar *driver* menyebabkan ketidakpuasan *driver* dalam bekerja.

Jika permasalahan ini didiamkan maka akan terjadi permasalahan yang lebih besar, seperti demo, atau bahkan hubungan antar *driver* menjadi renggang karena merasakan ketidakadilan. Hal tersebut berpengaruh pada tingkat produktivitas *driver*, karena dari ketidakpuasan *driver* menyebabkan *driver* menjadi malas, tidak semangat dalam bekerja, dan lain-lain. Permasalahan minimasi biaya dan pemerataan beban harus diselesaikan. Salah satu cara yang dapat digunakan ialah dengan mengelola rute pendistribusian. Penentuan rute pendistribusian dikelola dan diatur secara baik agar rute yang dihasilkan dapat meminimasi biaya dan dapat pemeratakan beban kerja.

Perum Bulog adalah salah satu perusahaan milik Negara yang salah satu tugasnya adalah melakukan pendistribusian beras. Biaya distribusi sepenuhnya diatur dari Perum Bulog pusat, sehingga Perum Bulog pada Divisi Regional tidak dapat mengatur biaya pendistribusian. Permasalahan yang terjadi adalah adanya kenaikan BBM, perum Bulog pusat belum mengeluarkan keputusan untuk menaikkan biaya distribusi, artinya operasional pendistribusian harus berjalan dengan kondisi tingginya biaya. Permasalahan ini harus segera diselesaikan karena dampak dari kenaikan BBM adalah naiknya harga-harga produk lain. Kenaikan harga-harga ini menyebabkan pengalokasian dana akan semakin sulit, seperti biaya makan, biaya resiko, dan biaya lain yang menyebabkan tersendatnya pendistribusian. Pendistribusian berkaitan erat dengan rute yang ditentukan, rute yang semakin jauh menandakan pendistribusian akan semakin tinggi dan biaya pun akan tinggi pula.

Pada kasus di Perum Bulog adalah tidak adanya penentuan rute pendistribusian yang sistematis. Permasalahan tersebut menyebabkan rute yang ditentukan jauh dari optimal, sehingga biaya distribusi mahal, jarak antar armada tidak merata, terjadinya *overtime* dan lain-lain. Unit Jasa Angkut (lembaga yang mengelola pendistribusian dibawah naungan Perum Bulog) harus memikirkan cara bagaimana permasalahan ini dapat diatasi selama pihak Bulog Pusat belum memberikan kebijakan. Salah satu langkah yang bisa diambil adalah dengan pengelolaan rute pendistribusian, dan pemanfaatan kapasitas kendaraan secara maksimal. Tujuan dari pengelolaan rute adalah menemukan rute yang dapat memperpendek jarak pendistribusian. Semakin pendek jarak maka konsumsi BBM akan semakin sedikit, dan artinya biaya yang dikeluarkan untuk kebutuhan BBM dapat diminimalkan. Tujuan dari pemanfaatan kapasitas kendaraan secara maksimal adalah untuk meminimasi jumlah kendaraan yang dibutuhkan.

Hal lain yang cukup penting dalam pengelolaan rute adalah besarnya pemerataan beban di setiap *driver*. Penelitian yang dilakukan oleh Kritikos (2007) menunjukkan bahwa dengan distribusi beban yang seimbang ditambah dengan jumlah beberapa kali perjalanan yang setara akan menghindari masalah ketidakpuasan pengemudi. Untuk itu maka dalam pencarian solusi rute selain menemukan rute yang dapat meminimalkan biaya juga diharapkan dapat menemukan rute yang dapat pemeratakan beban kerja untuk menghindari ketidakpuasan pengemudi.

TINJAUAN PUSTAKA

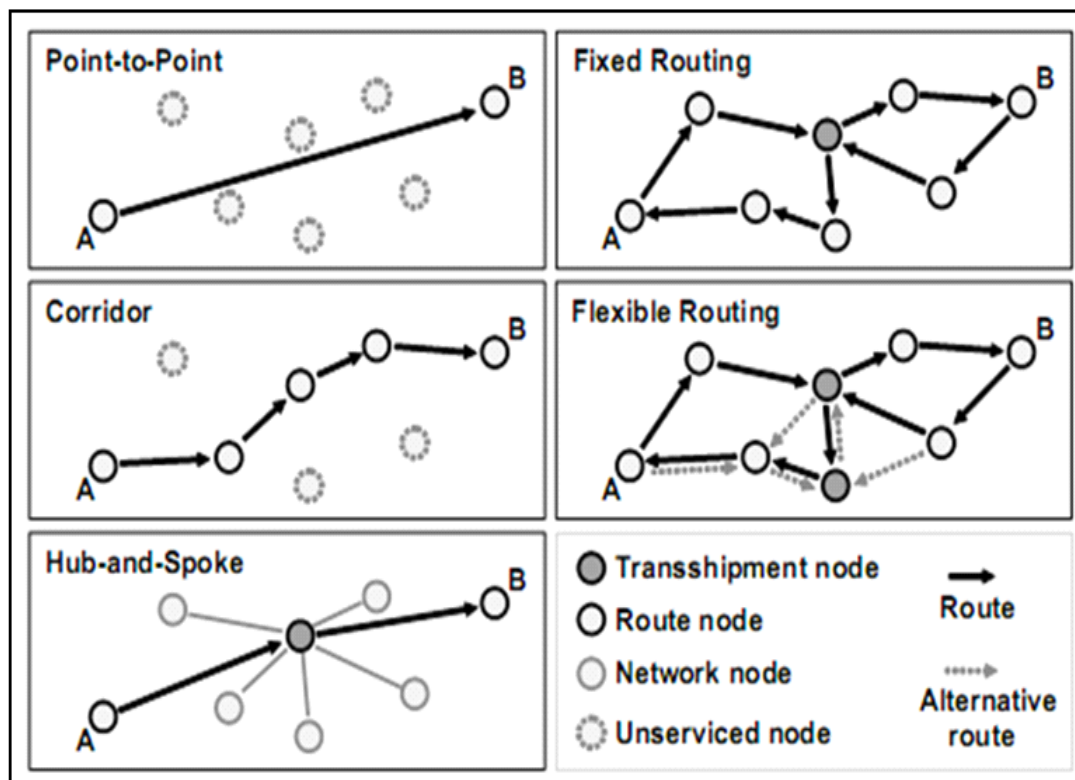
A. *Supply Chain Management (SCM)*

Distribusi merupakan bagian dari konsep *supply chain management (SCM)*. Inti dari SCM adalah integrasi, kolaborasi dalam pengelolaan *supply* dan *demand* dengan seluruh pihak yang terlibat dalam proses bisnis (*Council of Supply Chain Management Professionals*, 2010). *Supply Chain* merupakan sebuah jaringan dan pilihan distribusi yang melakukan fungsi dalam upaya mendapatkan bahan baku, transportasi bahan baku sampai pada tempat produksi dan distribusi hasil produksi kepada konsumen secara efektif dan efisien.

Pendekatan menggunakan prinsip SCM diharapkan mampu meminimalkan *gap* tersebut yang akan memberikan keunggulan kompetitif bagi pelaku bisnis. Dengan optimasi SCM, pelaku bisnis dapat meminimalkan *gap* antara ruang dan waktu dengan mempertimbangkan beberapa hal, seperti jarak lokasi asal dan tujuan, permintaan barang, *lead time*, kebutuhan jumlah moda transportasi, biaya, dan lain-lain.

Distribusi merupakan gambaran pola dan jaringan pergerakan distribusi barang/komoditi dari titik asal menuju titik *transshipment* maupun tujuan akhir. Pola distribusi juga menggambarkan pola pergerakan atau aliran barang / komoditi (asal-tujuan) yang saling terhubung dalam suatu jaringan (*network*), yang diilustrasikan dalam sebuah simbolisasi yang merepresentasikan jaringan dan konektivitasnya. Struktur jaringan harus disesuaikan dengan jarak, waktu tempuh, pola permintaan, jenis moda transportasi yang berpengaruh pada strategi distribusi seperti pada Gambar 1.

SCM bermanfaat dalam penciptaan komoditas yang berkualitas, murah, dan pasokan yang sesuai dengan kebutuhan konsumen (*demand*), baik pasar domestik maupun pasar ekspor (Bourlakis dan Weightman, 2004). Perkembangan industri yang dinamis telah membawa perubahan dalam sistem perdagangan



Gambar 1. Model Distribusi.

Sumber: Woxenius, 2002

di Indonesia, dimana terjadi ketidakpastian pasokan maupun permintaan. Jaminan ketersediaan, kedekatan dan kemudahan untuk mendapatkan bahan pangan harus dapat diwujudkan. Diperlukan suatu sistem pengelolaan yang terintegrasi dari berbagai pihak, mulai dari aspek pengadaan, produksi, hingga ke distribusi dalam suatu sistem yang tertata secara nasional.

Supply chain pangan terdiri dari aktivitas-aktivitas yang dilakukan oleh beberapa entitas, sehingga pengelolaannya tidak mudah. Kompleksitas permasalahan yang terus meningkat harus diikuti pertimbangan yang tepat dalam pengelolaan aliran produk, finansial dan informasi dalam lingkungan keseluruhan *supply chain*. Dalam konteks SCM, diperlukan sebuah sistem rantai pasok beras yang handal yang dapat mendukung terciptanya efektivitas dan efisiensi dalam perdagangan pangan. Keberlanjutan konsumsi tidak dapat dilepaskan dari keberadaan produk itu sendiri di pasaran/masyarakat. Bagaimana menjamin pasokan pangan secara kontinyu adalah pertanyaan kunci yang perlu dijawab. Dalam konteks ini, diperlukan kepastian pasokan terdistribusi ke lokasi (pasar/masyarakat/industri) secara tepat kuantitas, kualitas, dan harga.

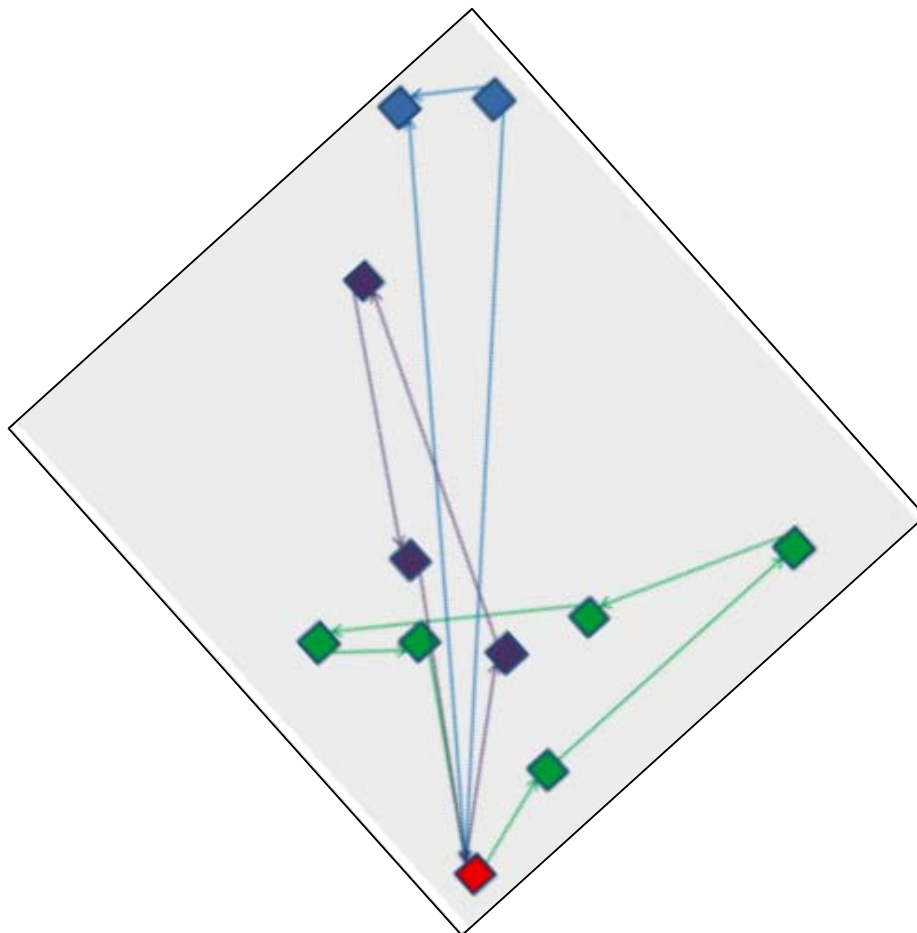
Ketiadaan atau kelangkaan produk dapat diakibatkan karena faktor produksi yang memang

minim (tidak ada) atau karena faktor distribusi yang terkendala. Dengan kata lain terjadi ketidakseimbangan atau tidak bertemunya antara *supply* dan *demand* di tingkat pasar. Untuk itu, perlu dicarikan strategi atau upaya untuk mengoptimalkan pemasaran produk agar tingkat penyerapannya dapat berjalan maksimal. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan pendekatan konsep SCM. Pada prinsipnya pendekatan SCM adalah optimasi proses produksi, distribusi, dan konsumsi suatu produk secara tepat kuantitas, kualitas, waktu, dan harga. Dalam SCM, terdapat salah satu metode yang sudah banyak diaplikasikan dalam sektor industri untuk mendapatkan optimasi distribusi produk. Metode tersebut dikenal dengan istilah *strategic routing*.

B. Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle routing problem (VRP) adalah optimasi yang dapat digambarkan sebagai perancangan rute pengiriman yang optimal dari satu atau beberapa depot ke sejumlah kota atau pelanggan yang tersebar secara geografis.

VRP adalah suatu pemrograman *integer* yang masuk kategori permasalahan *non polynomial hard* (NP-Hard Problem), yang berarti usaha komputasi yang digunakan akan semakin sulit dan banyak seiring dengan meningkatnya ruang lingkup masalah. Pada VRP armada pengangkut



Gambar 2. Perancangan Rute.
 Sumber : Laporte, (1991)

berperan sebagai *sales person* yang memiliki jumlah dan kapasitas tertentu. Variasi-variasi variabel yang terdapat dalam VRP seperti kendala kapasitas angkut, jumlah armada angkut, batasan waktu pengiriman, kendala kondisi *riil* rute yang dihadapi, serta variabel yang berkaitan dengan aktifitas apa saja yang dilakukan saat pengiriman dan lain sebagainya membuat VRP semakin berkembang menjadi berbagai macam jenis.

Salah satu jenis VRP yang ada adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*. Model tersebut adalah VRP yang mempertimbangkan kapasitas kendaraan, dimana jumlah kapasitas total permintaan dari setiap rute tidak melebihi kapasitas kendaraan (Laporte, 1991).

Menurut Thot and Vigo (2002) permasalahan rute kendaraan atau disebut VRP termasuk dalam kelas *NP-hard problem* dalam *combinatorial optimization*, sehingga sulit diselesaikan dengan metode eksak yang berlaku secara umum. Menurut Mutakhiroh et.al (2007) permasalahan ini dapat diselesaikan salah satunya dengan menggunakan metode *heuristik*. Salah satu metode *heuristik* yang biasa digunakan adalah

metode algoritma genetika.

Permasalahan VRP dapat diselesaikan dengan algoritma genetika yaitu metode *heuristik* yang berdasarkan pada mekanisme seleksi alam dan proses evolusi alam. Faradian (2007) mengatakan algoritma genetika akan menghasilkan solusi yang lebih optimal pada setiap generasinya.

C. Pemerataan Beban

Kritikos (2007) menyatakan bahwa dengan distribusi beban yang seimbang dan ditambah dengan jumlah beberapa kali perjalanan yang setara akan menghindari masalah ketidakpuasan pengemudi. Pemerataan beban kerja dapat didekati dengan metode pencarian nilai *error* pada *forecasting*. Menurut Heizer dan Render (2006) kesalahan peramalan (*forecast error*) pada periode t dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$e_{(t)} = A_{(t)} - F_{(t)} \dots\dots\dots(1)$$

dimana: $A_{(t)}$ = harga aktual pada periode t

$F_{(t)}$ = harga peramalan pada periode t

Untuk menguji performansi hasil peramalan, digunakan ukuran kesalahan peramalan antara lain:

$$Mean\ Square\ Error\ (MSE)$$

$$MSE = \frac{\sum (A_t - F_t)^2}{n} \dots\dots\dots(2)$$

$$Mean\ Absolute\ Percentage\ Error\ (MAPE)$$

$$MAPE = \left(\frac{100}{n}\right) \sum |A_t - \frac{F}{A}| \dots\dots\dots(3)$$

$$Mean\ Absolute\ Deviation\ (MAD)$$

$$MAD = \frac{\sum |A_t - F_t|}{n} \dots\dots\dots(4)$$

$$Mean\ Forecast\ Error\ (MFE)$$

$$MFE = \frac{\sum (A_t - F_t)}{n} \dots\dots\dots(5)$$

Dalam pemerataan beban ini pendekatan dapat dilakukan dari rumus-rumus di atas namun nilai aktual (A_t) pada pemerataan beban adalah nilai beban kerja (contoh = jarak) yang dimiliki setiap kendaraan dan nilai *Forecasting* (F_t) adalah nilai rata-rata beban kerja sedangkan n adalah jumlah kendaraan yang digunakan.

D. Algoritma Genetika

Terinspirasi dari teori Darwin, pada tahun 1975 John Holland dan timnya menciptakan teori *genetic algorithm*. Ide utama dibalik *Genetic Algorithm* ini adalah memodelkan proses evolusi alami menggunakan warisan genetika seperti yang diumumkan oleh Darwin. Meskipun diperkenalkan oleh John Holland, penggunaan *Genetic Algorithm* untuk memecahkan persoalan yang kompleks baru didemonstrasikan kemudian (pada tahun yang sama) oleh De Jong, dan kemudian oleh Goldberg pada tahun 1989 (Bräysy dan Gendreau, 2002).

Pendekatan yang diambil oleh algoritma ini adalah dengan menggabungkan secara acak

berbagai pilihan solusi terbaik di dalam suatu kumpulan untuk mendapatkan generasi solusi terbaik berikutnya yaitu pada suatu kondisi yang memaksimalkan kecocokannya atau lazim disebut *fitness* (Nugraha, 2008).

Representasi data yang digunakan pada algoritma genetika untuk masalah *vehicle routing* adalah representasi bilangan bulat (*integer*). Data disajikan dalam bentuk rangkaian barisan bilangan bulat, dimana dalam satu rangkaian mempresentasikan individu yang dikenal dengan sebutan kromosom. Kromosom terdiri dari kumpulan gen yang berupa bilangan bulat. Gen dalam kromosom tersebut merepresentasikan *customer* yang dikunjungi dan posisi gen merepresentasikan posisi kunjungan, sehingga kromosom tersebut merepresentasikan rute perjalanan yang ditempuh kendaraan.

METODE PENELITIAN

Proses pada algoritma genetika diawali dengan menentukan teknik pengkodean yang digunakan, selanjutnya dilakukan proses pembentukan populasi awal. Populasi awal terdiri dari kumpulan kromosom yang dibentuk dengan menggunakan *Random*. Jumlah kromosom pada populasi awal dibatasi sejumlah titik yang dikunjungi. Tahap selanjutnya yaitu perhitungan nilai *fitness*, seleksi, *crossover* dan mutasi. Tahapan tersebut terilustrasi pada Gambar 3.

1. Teknik Pengkodean
Teknik pengkodean dilakukan dengan bilangan *integer* (bilangan bulat) yang merepresetasikan kelurahan yang memesan.
2. Pembangkitan Populasi Awal
Pembangkitan populasi awal dilakukan dengan



Gambar 3. Tahapan Model Genetik Algoritma.

Tabel 1. Kromosom hasil *Vehicle Based Representation*

Truk 1 (12 ton)	Truk 2 (12 ton)
Kelurahan (8 ton)	Kelurahan (12 ton)

metode *Vehicle Based Representation*. Metode ini merupakan pengembangan dari metode *random generator*. Kromosom yang akan dibuat dengan metode ini adalah kromosom yang memiliki *block-block*. *Block-block* tersebut bertindak sebagai kendaraan yang digunakan. Dengan adanya *block* yang berkapasitas dan *genome* yang berkapasitas maka secara otomatis terdapat batasan jumlah muatan (*genome*) yang bisa ditampung dalam satu *block*. Proses pengisian *genome* kedalam kromosom tetap menggunakan bilangan acak namun berbeda dari *random generator* yang pengisiannya tidak memperhitungkan kapasitas. Dalam metode ini pengisian *genome* kedalam kromosom dengan memperhitungkan kapasitas *Block*. Jadi kromosom hasil pengolahan dengan metode ini adalah kromosom yang memiliki N buah *block* yang didalam satu *block* terdapat N buah *genome*.

3. Perhitungan Nilai *Fitness*

Proses ini dilakukan dengan menghitung jarak dari setiap solusi (kromosom) yang terbentuk. Dari jarak tersebut selanjutnya dicari biaya distribusi serta pemerataan beban.

Perhitungan Biaya Distribusi

Dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

Biaya Variabel = B

$$B = T_j / J_l \times L \dots\dots\dots(6)$$

Pengiriman lebih dari satu SPBU

$$T_j = J_{da} + J_{ab} + J_{db} \dots\dots\dots(7)$$

Pengiriman satu SPBU

$$T_j = J_{da} \times 2 \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

B = biaya bahan bakar (Rp)

T_j = total jarak tempuh (km)

J_l = jarak yang ditempuh dengan 1 liter solar (km/liter)

L = biaya 1 liter solar (Rp/liter)

J_{da} = jarak depot dengan kelurahan pertama (km)

J_{ab} = jarak antar kelurahan (km)

J_{db} = jarak depot dengan kelurahan terakhir (km)

Pemerataan Beban Kerja

Perhitungan dilakukan dengan rumus *MAD*.

$$MAD = \frac{\sum |V_d - A_d|}{n}$$

Dimana:

V_d = jarak tempuh tiap kendaraan

A_d = rata-rata jarak tempuh dari semua kendaraan yang beroperasi

Fitness Gabungan

Fitness ini adalah penjumlahan dari *fitness* biaya distribusi dengan *fitness* pemerataan beban. Untuk menjumlahkannya dibutuhkan faktor perkalian untuk pemerataan beban agar satuan

antar keduanya sama. Faktor perkalian ini didapat dari perbandingan antara nilai pemerataan beban (*MAD*) tertinggi dibagi dengan nilai biaya distribusi tertinggi.

$$\text{Faktor perkalian} = \frac{MAD_{max}}{Biaya\ Distribusi_{max}}$$

Sehingga, rumus yang digunakan adalah:

$$Total\ Fitness = C + B \times F_p$$

Dimana:

C = *Fitness* minimasi biaya

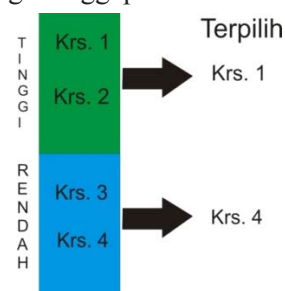
B = *Fitness* pemerataan beban

F_p = Faktor Perkalian

Dengan menggunakan *fitness* gabungan akan terjadi konflik antara dua fungsi tujuan tersebut. Konflik yang terjadi biasanya hubungan perbandingan terbalik. Dimana bila salah satu fungsi bernilai tinggi maka fungsi yang lain akan bernilai rendah begitu pula sebaliknya.

4. Seleksi

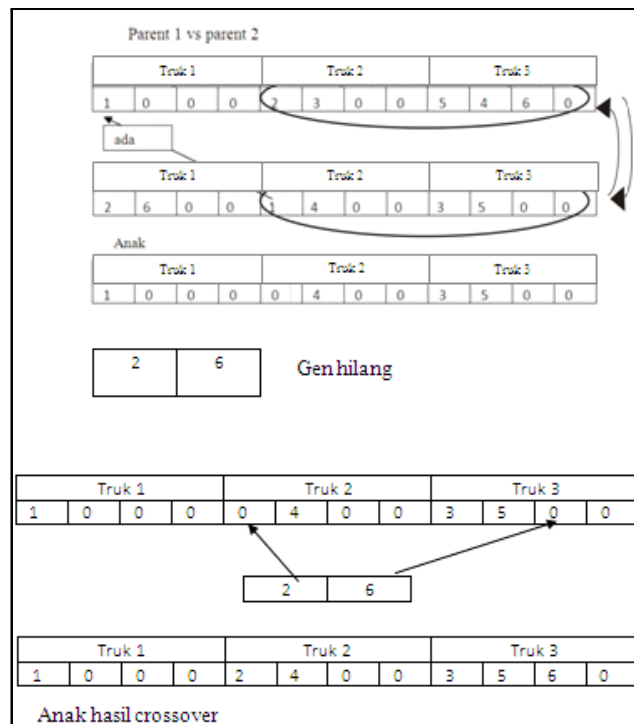
Proses seleksi dilakukan dengan metode elitisme. Cara kerja yang dilakukan adalah dengan meranking nilai *fitness* yang didapat. Kemudian beberapa persen dari kromosom yang memiliki nilai *fitness* yang dianggap tinggi diambil dan sisanya diambil dari kromosom yang memiliki nilai *fitness* yang dianggap rendah.



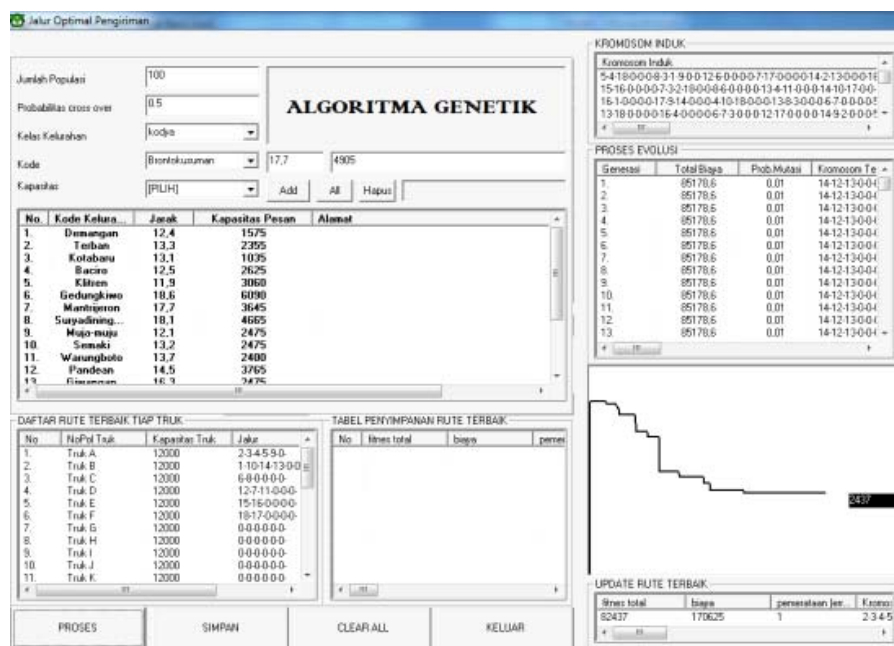
Gambar 4. Seleksi Elitisme.

5. Crossover

Proses *crossover* dijalankan dengan metode *Block Crossover*. Metode ini adalah pengembangan dari metode *Order Crossover*. Pada metode *Order Crossover* pemindahan *genome* dari kromosom lawan ke kromosom yang *di crossover* dilakukan dengan memindahkan *genome* yang belum ada pada kromosom tanpa memperhatikan kapasitas mobil tangki. Dengan pemindahan seperti ini maka akan terjadi muatan yang melebihi kapasitas mobil tangki dalam pengiriman. Untuk itu penulis membuat cara lain dalam proses *crossover*, yaitu metode *Block Crossover*. Proses metode ini adalah: Setelah diketahui *probabilitas crossover* dan diketahui mulai *genome* yang ke berapa yang akan dipindah silangkan (*random*), pemindahan *genome* dilakukan secara sekumpulan (dalam satu *block*) tidak per-*genome*. Proses persilangan dilakukan



Gambar 5. Proses Crossover.



Gambar 6. Tampilan Sistem.

dengan *block* yang memiliki kapasitas sama pada kromosom lawan.

6. Mutasi

Proses *mutasi* ini digunakan sebagai langkah untuk melengkapi *genome* yang hilang setelah dilakukan *crossover* dan juga sebagai langkah untuk mengacak posisi *genome* yang ada pada kromosom. Proses mutasi ini adalah pengembangan dari metode *Insertion Mutasi*. Dimana pada *insertion mutasi* pemilihan *genome* yang akan dimutasi dilakukan secara acak pada kromosom yang memiliki *genome* lengkap dan penyisipan *genome* yang terpilih pun dilakukan

secara *random*.

Dalam kasus ini bila pemilihan *genome* dilakukan demikian, hanya akan mengulang pekerjaan, yaitu *programmer* harus mengisikan *genome* yang belum ada pada kromosom (pada *block* yang mencukupi kapasitasnya) kemudian memilih lagi dan menyisipkan lagi pada *block* lain. Bila proses penyisipan dilakukan secara *random* akan terjadi muatan mobil tangki melebihi kapasitasnya. Untuk itu maka pada metode ini *genome* yang termutasi adalah *genome* yang hilang pada kromosom setelah dilakukan *crossover* dan *programer* memberikan

tambahan dalam proses penyisipan, yaitu dengan menambahkan proses pencarian *block* yang memiliki kapasitas mencukupi, bila *genome* yang terpilih diletakkan pada *block* tersebut. Metode ini dinamakan *Constrained Insertion Mutation*.

7. Pemilihan kromosom terbaik
Proses ini bertujuan untuk mempertahankan kromosom yang memiliki *fitness* terbaik agar tidak hilang jika kromosom hasil *crossover* memiliki nilai lebih buruk. Proses ini berjalan dengan cara mengurutkan kromosom dari nilai *fitness* terbaik (terkecil) hingga nilai *fitness* terburuk (terbesar). Selanjutnya kromosom pada urutan teratas *duplicate* dan kromosom hasil *duplicate* tersebut digunakan untuk mengganti kromosom pada urutan terbawah.
8. Evolusi
Proses evolusi berjalan dengan mengulang-ngulang proses seleksi, *crossover*, mutasi, pelestarian kromosom terbaik. Proses ini berjalan hingga jumlah generasi yang ditentukan.
9. Tampilan sistem yang dibangun
Gambar 6 adalah ilustrasi desain sistem yang dibangun menggunakan algoritma genetik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Jalannya Sistem Genetic Algorithm

Eksperimentasi dilakukan dengan menggunakan 18 data buatan (permintaan kelurahan), dengan jumlah kromosom awal sebanyak 100 kromosom, probabilitas *crossover* sebanyak 0,5. Probabilitas mutasi awal 0.01 dan Nilai konvergensi awal 0.5. Nilai *fitness* dari hasil eksplorasi dan eksploitasi data menunjukkan perubahan yang *smooth*, artinya terjadi perubahan nilai *fitness* yang tidak terlalu besar

disetiap generasinya, namun secara terus menerus *fitness* tersebut berubah, terhitung terdapat 7 kali perubahan nilai *fitness* hingga generasi terakhir. Nilai *fitness* berubah dari 83394.868 hingga 81675.559 pada generasi terakhir, dengan rata-rata perubahan (dari 7 kali perubahan) sebesar 329.359.

Pada gambar 7 dapat diketahui bahwa algoritma genetik membawa solusi ke daerah yang mendekati optimal di setiap generasinya. Hal ini dibuktikan dari grafik yang menurun mulai dari generasi 1 hingga generasi akhir. Penurunan grafik yang terjadi pun selalu berada pada daerah 81000-82000, artinya adalah solusi yang dihasilkan mendekati optimal dan tidak terjadi konvergensi dini.

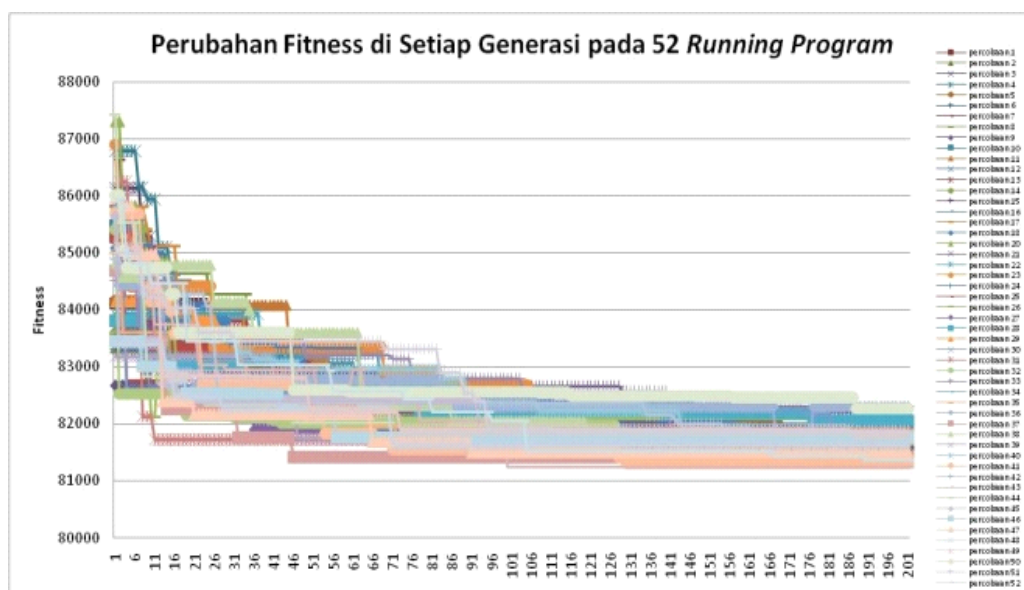
Gambar 8 menunjukkan nilai *fitness* yang cukup konstan, dengan rata-rata *fitness* sebesar 81748,44 dan standar deviasi *fitness* sebesar 241,6, nilai maksimal *fitness* sebesar 82295,48 dan nilai minimal *fitness* sebesar 81246,51. Dari hasil ini maka dapat dinyatakan bahwa pencarian solusi dengan algoritma genetik tidak mengalami optimum lokal karena angka deviasi yang kecil, sehingga solusi dari algoritma genetika dapat dijadikan sebagai keputusan.

B. Utilitas

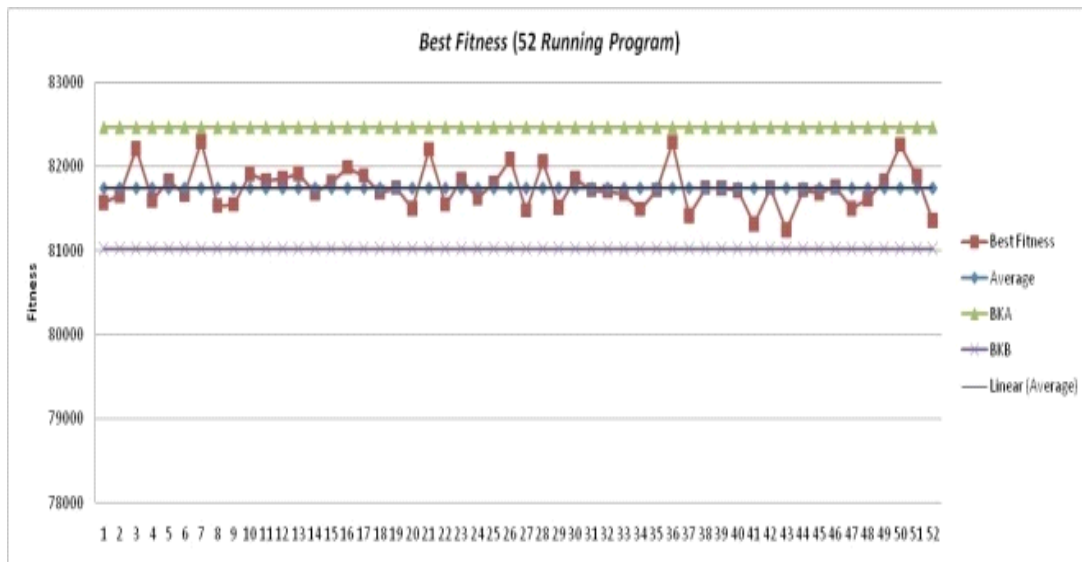
Hasil Perhitungan Utilitas:

$$\text{Utilitas} = \frac{\text{Jumlah Muatan}}{\text{Total Kapasitas Alat Angkut}} \times 100\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan utilitas kendaraan terpakai diketahui bahwa muatan yang diangkut oleh tiap kendaraan tidak melebihi kapasitas kendaraan, karena total muatan kurang dari kapasitas muatan kendaraan. Utilitas kendaraan terpakai pada beberapa kendaraan sudah opti-



Gambar 7. Perubahan *Fitness* di Setiap Generasi pada 52 *Running Program*.



Gambar 8. Best Fitness untuk 52 Running Program.

mal, karena berada pada angka 77% hingga 96%. Tidak penuhnya muatan dikarenakan sistem pengangkutan dilakukan dengan satu paket, artinya untuk satu kelurahan dilakukan pengiriman dengan satu truk, sehingga bila muatan kendaraan sudah tidak memungkinkan untuk ditambah, maka muatan tersebut di pindahkan ke kendaraan lain.

C. Perbandingan Biaya dan Pemerataan Beban Antara Rute Hasil Pemerataan Algoritma Genetika dengan Rute Rancangan Perusahaan

Biaya distribusi dihitung dari biaya bahan bakar sebesar Rp 6500,00/ liter. Penggunaan 1 liter bahan bakar mampu menjangkau hingga 8 km (menurut hasil wawancara dengan pihak Unit Jasa Angkut Bulog) dengan muatan 12 ton. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa rute rancangan algoritma genetik lebih murah dari pada rute rancangan perusahaan, yaitu berturut-turut, Rp 170,625 dan Rp 171,640.62. Besarnya pemerataan beban pun, rute rancangan algoritma genetik lebih kecil dari pada rute rancangan perusahaan, yaitu sebesar 1 dan 3.40, artinya tingkat pemerataan beban antar kendaraan lebih merata bila dengan menggunakan metode algoritma genetik. Secara keseluruhan algoritma genetik lebih baik bila dibandingkan dengan rancangan perusahaan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa disimpulkan bahwa rute hasil rancangan sistem dapat pemeratakan beban kerja dengan minimasi biaya. Hasil optimasi menggunakan algoritma genetik diperoleh nilai utilisasi kendaraan yang optimal, yaitu

77% hingga 96%. Selain itu, biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan menjadi lebih rendah dengan menggunakan algoritma genetik.

SARAN

Penelitian ini hanya menggunakan variabel jarak dan beban kerja. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan mempertimbangkan area penelitian yang lebih luas dan mempertimbangkan variabel-variabel yang terkait dengan pelayanan jalan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Transportasi Multimoda atas kesempatan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bräysy, O., Gendreau, M. "Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part II: Metaheuristics." *Transportation Science* 1 (2005) :119-124.
- Bourlakis, M, A., and Weightman, P, H, W. *Food Supply Chain Management*. Blackwell Publishing, 2004.
- Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP). *Terms and Glossary Supply Chain Management*, 2010.
- Faradian, M, I. *Perbandingan Penggunaan Algoritma Genetika dengan Algoritma Konvensional pada Traveling Salesman Problem*. Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung, 2007.
- Heizer, J., Render, B. *Operation Management*. Jakarta: Salemba Empat, 2006.
- Kritikos, M, N., Loannou, G. "The balanced cargo vehicle routing problem with time windows." *Int. J. Production Economics* (2007) :42-44.
- Laporte, G. "The Vehicle Routing Problem: An overview of exact and approximate algorithms." *European Journal of Operational Research* (1991): 345-347.

- Mutakhiroh, I., Saptono, F., Hasanah, N., Wiryadinata, R. "Pemanfaatan Metode Heuristik dalam Pencarian Jalur Terpendek dengan Algoritma Semut dan Algoritma Genetika." Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, 2007.
- Nugraha, I. *Aplikasi Algoritma Genetik Untuk Optimasi Penjadwalan Kegiatan Belajar Mengajar*. Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung, 2008.
- Thot, P., Vigo, D. *Vehicle Routing Problem*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2002.
- Woxenius. "Conceptual Modelling of an Intermodal Express Transport System." International Congress on Freight Transport Automation and Multimodality, Delft, The Netherlands, 2002.