

PENERAPAN ALGORITMA GENETIK UNTUK PENYELESAIAN MASALAH *VEHICLE ROUTING* DI PT.MIF

William Tanujaya¹⁾, Dian Retno Sari Dewi²⁾, Dini Endah²⁾
E-mail: williamtanujaya@msn.com

ABSTRAK

Transportasi merupakan komponen yang vital dalam manajemen logistik suatu perusahaan. Pengurangan biaya transportasi dapat dilakukan dengan menentukan rute pengiriman yang efisien. Penulisan penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu rute pengiriman yang memiliki total jarak tempuh terpendek Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) merupakan permasalahan membentuk sekumpulan rute yang optimal dengan menggunakan model matematis berdasarkan pertimbangan jarak dan waktu. Untuk dapat memperoleh solusi dari permasalahan ini digunakan algoritma genetik (GA), Genetic Algorithm dipilih karena Genetic Algorithm tidak mempunyai kriteria khusus yang dijumpai pada algoritma heuristik lainnya, maka waktu komputasi juga relatif lebih singkat, serta dapat menghasilkan beberapa alternatif solusi yang mempunyai nilai obyektif yang sama. Karena GA bersifat iteratif dan jadwal pengiriman di PT MIF berubah-ubah, maka perlu dibuat suatu program khusus untuk menyelesaikan tiap iterasi dan tiap perubahan customer dan jadwal di PT MIF. Dari hasil penelitian diperoleh rute untuk kendaraan 1 adalah dari depo menuju customer 6, customer 1, customer 18, customer 7 kemudian kembali ke depo, dengan total jarak tempuh 140km, sedangkan rute kendaraan 2 dari depo menuju customer 8 kemudian kembali lagi ke depo dengan total jarak 17,9 km. Persentase penghematan yang dapat diperoleh apabila rute hasil perhitungan metode optimasi ini diterapkan pada perusahaan adalah sebesar 7,88 %.

Kata kunci : transportasi, *Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)*, *Genetic Algorithm*.

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan komponen yang vital dalam manajemen logistik suatu perusahaan. Salah satu faktor yang menentukan dalam manajemen logistik adalah penentuan jalur distribusi yang akan berpengaruh terhadap biaya transportasi. Pada umumnya biaya transportasi menyerap persentase biaya logistik yang lebih besar daripada aktivitas logistik lainnya. Oleh karena itu, untuk mengurangi biaya transportasi, diperlukan sistem transportasi yang efisien. Dengan menurunnya biaya transportasi, harga produk juga dapat menurun dan lebih mudah bersaing dengan para kompetitor dalam hal harga.

Peningkatan efisiensi dari sistem transportasi dapat dilakukan dengan memaksimalkan utilitas dari alat transportasi yang ada. Untuk mengurangi biaya transportasi dan juga untuk meningkatkan pelayanan kepada *customer*, perlu dicari rute atau jalur transportasi terbaik yang dapat meminimalkan jarak dan waktu. Permasalahan yang bertujuan untuk membuat suatu rute yang optimal, untuk suatu kelompok kendaraan, agar dapat melayani sejumlah konsumen disebut sebagai *Vehicle Routing Problem*

Dalam beberapa dekade ini, permasalahan *VRP* mengalami beberapa

perkembangan, sehingga muncul berbagai macam variasi dari *VRP*, salah satunya adalah *Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)*. Untuk *VRPTW*, selain adanya kendala kapasitas kendaraan, terdapat tambahan kendala yang mengharuskan kendaraan untuk melayani konsumen pada time frame tertentu.

Banyak metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan *VRP* ini, salah satunya dengan Algoritma Genetika / *Genetic Algorithm*. Algoritma Genetik merupakan suatu prosedur penelusuran yang berdasarkan pada mekanisme dari *natural selection* dan *natural genetics* yang dapat digunakan untuk memecahkan *combinatorial optimization problems* yang sulit. Algoritma Genetik ini diperkenalkan oleh *John Holland* dan para peneliti dari *University of Michigan*, pada tahun 1976. Selain digunakan untuk menyelesaikan masalah mengenai *vehicle routing and scheduling*, Algoritma Genetik juga dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan seperti misalnya *scheduling and sequencing, reliability design, facility layout* dan lain – lain

Genetic Algorithm dipilih karena *Genetic Algorithm* tidak mempunyai kriteria khusus yang dijumpai pada algoritma heuristik lainnya dalam menyaring kualitas solusi, oleh

¹⁾ Mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

²⁾ Staf Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

karena itu waktu komputasi juga relatif lebih singkat, serta dapat menghasilkan beberapa alternatif solusi yang mempunyai nilai obyektif yang sama.

Dari skripsi sebelumnya dengan judul "Perencanaan Rute Transportasi Terpendek pada PT.MIF dengan Model *VRPTW*" (Martha,2005) yang membahas permasalahan *VRPTW* dengan menggunakan algoritma *Branch & Bound* yang mencari solusi optimum dengan membandingkan solusi dengan setiap solusi pada semua alternatif kombinasi untuk memastikan bahwa solusi yang didapat merupakan solusi global^[1], sedangkan di penelitian ini permasalahan *VRPTW* akan diselesaikan dengan menggunakan *Genetic Algorithm* yang mencari solusi terbaik dengan mekanisme berupa kombinasi dari pencarian acak secara terstruktur.

PT. MITRA INTERTRANS FORWARDING (MIF) yang tergabung dalam MERATUS GROUP merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa pelayaran. Perusahaan ini menyediakan layanan baik untuk domestik maupun internasional. Dalam pengiriman ke tempat – tempat tujuan, PT. MIF menggunakan rute yang hanya didasarkan pada preferensi dan pengalaman kurir saja. Perusahaan belum mempunyai prosedur penentuan rute yang optimal. Dengan banyaknya jumlah *customer*, perusahaan membutuhkan rute pengiriman yang optimal agar dapat menghemat biaya transportasi. Oleh karena itu, diperlukan suatu program khusus yang dapat memberikan solusi rute optimal untuk tiap kali pengiriman. Maka dalam penelitian ini akan dibuat program optimasi yang dapat memberikan solusi rute optimal dengan perhitungan menggunakan model *VRPTW*

TINJAUAN PUSTAKA

1 Metode Clark Wright Saving

Masalah dalam menemukan solusi terbaik pada masalah *routing* dan penjadwalan kendaraan menjadi semakin sulit dengan penambahan pembatas permasalahan. Ada banyak hal yang mempengaruhi antara lain, *time windows*, kapasitas kendaraan perbedaan kecepatan, rintangan dalam perjalanan dan lain sebagainya. Banyak pendekatan dianjurkan untuk memecahkan masalah – masalah kompleks tersebut. Akan tetapi, sebuah metode pendekatan "saving" Clark-Wright telah digunakan selama bertahun – tahun

dan cukup fleksibel untuk menangani daerah yang luas dengan pembatas – pembatas yang praktis dan relatif cepat komputasinya untuk menangani sejumlah masalah pemberhentian dan dapat membangkitkan solusi yang mendekati optimum.

Pendekatan "saving" dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Awalnya, asumsikan bahwa kendaraan dapat digunakan untuk tiap pelanggan. Persiapkan alokasi kendaraan yang menunjukkan jumlah kendaraan dan total muatan yang tersedia
2. Untuk membantu komputasi, persiapkan matrik seperti yang terlihat pada gambar 2.1. Muatan yang dikirim tiap pelanggan P_i yang terdaftar dalam kolom q . Nilai disebelah kanan tiap sel adalah jarak $d_{y,z}$ antara P_y dan P_z , dimana y dan z merupakan penanda pelanggan. Pada sel sebelah kiri bawah menandakan simpanan (*saving*) $S_{y,z}$ dari jarak yang berhubungan dengan P_y dan P_z . $S_{y,z}$ dihitung dengan

$$S_{y,z} = d_{o,y} + d_{o,z} - d_{y,z}$$

Load q	Po				
1200	9	P1			
1700	14	5	P2		
1500	21	12	7	P3	
1400	23	22	17	10	P4

Gambar 1. Matrik Set-up "Saving"

3. Cari matrik pada sel y,z yang memiliki nilai simpan terbesar dan mendapatkan bahwa pelanggan z merupakan calon untuk masuk dalam rute y , yang diikuti dengan kondisi berikut :
 - a. $f_{y,o}$ dan $f_{z,o} > 0$
 - b. Tambahan pelanggan z pada rute dengan pelanggan y tidak menyebabkan pelanggaran batas – batas lain seperti

total waktu dan *time windows*

- Pilih sebuah sel dimana 2 tour yang dapat dikombinasikan menjadi 1 tour. Nilai dari $f_{y,z} = 1$ diletakkan pada sel yang terpilih, dan semua nilai $f_{y,z}$ pada rute disesuaikan sehingga jumlah $f_{y,z}$ melintasi baris ditambah $f_{y,z}$ turun ke kolom dimana $y = z$ sama dengan 2

2. Metode Nearest Neighbor

Berikut adalah langkah – langkah dari metode nearest neighbor :

- Pilih lokasi yang terdekat dari depot untuk dikunjungi terlebih dahulu.
- Dari lokasi pertama yang terpilih lanjutkan ke lokasi lain yang terdekat dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan yang tersedia.
- Bila belum semua lokasi tercantum pada salah satu rute, ulangi langkah 1 (Pengulangan berhenti, bila semua lokasi telah masuk dalam rute)

3. Vehicle Routing Problem

Vehicle Routing Problem pertama kali diperkenalkan oleh Damtzig dan Ramser pada tahun 1959. *VRP* sebenarnya merupakan perkembangan atau perluasan dari *Travel Salesman Problem* (TSP). Versi yang paling dasar dari *VRP* adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Suatu depot harus melayani n node/customer.
- Depot mempunyai satu *vehicle* dengan kapasitas tertentu Q untuk melayani semua node.
- Tiap node mempunyai demand sebesar q yang harus dipenuhi dalam sekali pelayanan.
- Karena depot hanya mempunyai satu *vehicle* dengan kapasitas terbatas, maka *vehicle* tersebut harus secara periodik kembali ke depot untuk mengambil barang untuk memenuhi demand node yang lain (*reloading*).
- Tidak mungkin melayani lebih dari 1 node dalam waktu yang bersamaan (*split delivery*)

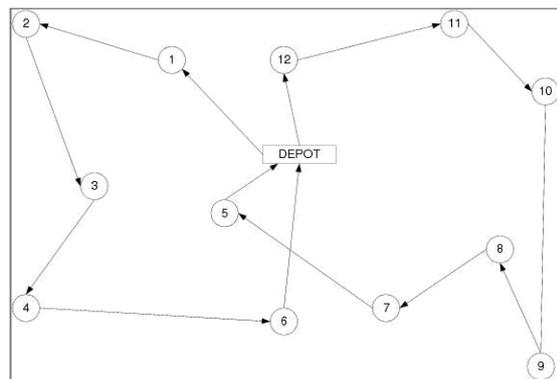
- Solusi dari *CVRP* adalah sekumpulan rute yang dilalui *vehicle*, dimana tiap node hanya dikunjungi sekali saja

Berbeda dengan *CVRP*, pada *VRP* jumlah *vehicle* nya dapat lebih dari satu. Dengan demikian *split delivery* dapat dilakukan sedangkan *reloading* dapat dihindari. Dalam perkembangan selanjutnya, *VRP* mempunyai cukup banyak variasi, antara lain :

- Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW)
- Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery* (VRPPD)
- Period Vehicle Routing Problem* (PVRP)
- Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem* (FSMVRP)
- Multi Depot VRP*

Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)

VRP dapat dianalogikan sebagai multiple TSP. Namun pada *VRP* salesmannya berupa *Vehicle* dengan kapasitas tertentu dan tiap node mempunyai demandnya masing – masing. Sama seperti TSP, pada *VRP* tiap *vehicle* harus berangkat dari suatu depot dengan rute tertentu untuk memenuhi *demand* node – node dalam rute tersebut dan kembali ke depot semula. Setiap *vehicle* mempunyai waktu operasional maksimum tertentu dimana waktu tersebut merupakan waktu maksimal bagi suatu *vehicle* untuk kembali ke depot.



Gambar 2. *VRP* sederhana dengan jumlah *vehicle* 2

Gambar di atas merupakan suatu contoh sederhana dari *VRP* dengan 2 *vehicle*. Ada 1 depot dan 12 node yang setelah di *solve* maka diperoleh dua rute yang total jaraknya paling minimum

VRPTW adalah salah satu variasi *VRP* dimana suatu node, kota, atau konsumen hanya dapat dilayani setelah waktu awal yang

ditentukan (e_i) dan tidak dapat dilayani lagi setelah waktu akhir yang ditentukan (l_i). Dengan kata lain jika suatu *vehicle* tiba atau datang pada suatu node sebelum e_i maka *vehicle* itu harus menunggu sampai e_i . Dan jika *vehicle* itu datang setelah l_i maka *vehicle* tersebut tidak diperbolehkan untuk melayani node tersebut. Interval waktu antara e_i dan l_i inilah yang disebut sebagai “*Time Windows*”

dibuat di dalam program komputer. Verifikasi berguna untuk menjamin bahwa model simulasi komputer mempresentasikan konseptual model yang dimaksudkan. Sedangkan validasi berkaitan dengan penyusunan model yang mempresentasikan sistem nyata. Verifikasi merupakan proses secara keseluruhan untuk membandingkan perilaku model dengan sistem nyatanya. Proses validasi model terdiri dari tiga langkah yaitu *face validity*, validasi asumsi model dan validasi *input-output*.

Algoritma Genetik^[2]

Algoritma Genetik (GA) merupakan suatu metode heuristic untuk mencari solusi optimum dari suatu permasalahan dengan menggunakan mekanisme pencarian yang meniru proses evolusi biologis. Mekanisme yang digunakan merupakan kombinasi dari pencarian acak dan terstruktur. Algoritma ini sudah berhasil diterapkan dalam berbagai permasalahan kombinatorial, mulai dari *Traveling Salesman Problem (TSP)*, *VRP*, dan penjadwalan produksi.

Dalam menyelesaikan penentuan kombinasi yang optimum, Algoritma Genetik berbeda dengan algoritma heuristic lainnya. Pada umumnya, metode heuristic mencari solusi optimum dengan menyusun kombinasi secara bertahap berdasarkan kriteria pemilihan dan terminasi iterasi yang tertentu. Solusi yang didapatkan hanya satu macam solusi saja. Sebaliknya, Algoritma Genetik membuat suatu kode genetic dari kombinasi yang dimaksud, yang lebih dikenal sebagai istilah gen (*genotype*) yang selanjutnya disempurnakan dengan iterasi yang menyerupai proses alam dalam menurunkan sifat – sifat genetic. Karena itu, Algoritma Genetik tidak membutuhkan kriteria khusus yang dijumpai pada algoritma heuristic lain dalam menyaring kualitas solusi ataupun mengurangi waktu komputasi serta dapat menghasilkan beberapa alternatif solusi yang mempunyai nilai fungsi obyektif yang sama^[3].

Istilah – istilah dalam Algoritma Genetik (GA)

GA menggunakan mekanisme genetika yang ada pada proses alami dan sistem buatan. Istilah – istilah yang digunakan adalah gabungan dari dua disiplin ilmu, yaitu ilmu biologi dan ilmu computer.

Semua makhluk hidup terdiri dari sel. Tiap sekumpulan sel yang sama dinamakan sebagai kromosom. Kromosom tersusun atas rangkaian DNA yang merupakan protein yang membentuk model dari seluruh makhluk hidup. Setiap kromosom terdiri dari gen, yang merupakan sebuah blok DNA yang menentukan sifat – sifat makhluk hidup. Ciri – ciri yang mungkin pada sebuah gen disebut *alleles*, sedangkan posisi gen pada kromosom disebut dengan *locus*. Kumpulan lengkap dari kromosom disebut dengan *genome*. Kelompok khusus dari gen dalam genome disebut *genotype*.

Selama reproduksi berlangsung, seleksi merupakan proses yang pertama kali terjadi. Kemudian gen dari parents (orang tua) dikombinasikan dengan cara *di-crossover* (pindah silang) atau dengan memodifikasi suatu kromosom dengan menggunakan operator mutasi. Mutasi berarti bahwa elemen – elemen dari DNA yang ada ditukar. Pertukaran ini terutama disebabkan karena adanya kemungkinan *error/kesalahan* yang terjadi pada saat *peng-copy-an* gen dari parents.

Parameter yang digunakan dalam GA^[4]

Terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam GA. Parameter yang digunakan tersebut adalah :

- Jumlah Generasi
Merupakan jumlah perulangan (iterasi) dilakukannya rekombinasi dan seleksi. Jumlah generasi ini mempengaruhi kestabilan output dan lama iterasi (waktu proses GA). Jumlah generasi yang besar dapat mengarahkan ke arah solusi yang optimal, namun akan membutuhkan waktu *running* yang lama. Sedangkan jika jumlah generasinya terlalu sedikit maka solusi akan terjebak dalam lokal optimal.
- Ukuran Populasi
Ukuran populasi mempengaruhi kinerja dan efektifitas dari GA. Jika ukuran populasi kecil maka populasi tidak menyediakan cukup materi untuk mencakup ruang permasalahan, sehingga pada umumnya kinerja GA

menjadi buruk. Dalam hal ini dibutuhkan ruang yang lebih besar untuk mempresentasikan keseluruhan ruang permasalahan. Selain itu penggunaan populasi yang besar dapat mencegah terjadinya konvergensi pada wilayah lokal.

- Probabilitas *Crossover* (P_c)
Probabilitas *crossover* ini digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator *crossover*. Dalam hal ini, dalam populasi terdapat $P_c \cdot$ ukuran populasi struktur yang akan melakukan *crossover*. Semakin besar nilai probabilitas *crossover* maka semakin cepat struktur baru diperkenalkan dalam populasi. Namun jika probabilitas *crossover* terlalu besar maka struktur dengan nilai fungsi obyektif yang baik dapat hilang dengan lebih cepat dari seleksi. Akibatnya populasi tidak dapat lagi meningkatkan nilai fungsi dari obyektifnya. Sebaliknya probabilitas *crossover* kecil akan menghalangi proses pencarian dalam proses GA. Adapun mengenai probabilitas *crossover* yang baik, dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Zbiniew Michalewics (1996) menyatakan bahwa probabilitas *crossover* yang baik adalah berada dalam range 0.65 – 1.
- Probabilitas Mutasi (P_m)
Mutasi digunakan untuk meningkatkan variasi populasi. Probabilitas mutasi ini digunakan untuk menentukan tingkat mutasi yang terjadi, karena frekuensi terjadinya mutasi tersebut menjadi $P_m \cdot$ ukuran populasi $\cdot N$, dimana N adalah panjang struktur dalam suatu individu. Probabilitas mutasi yang rendah akan menyebabkan gen – gen yang berpotensi tidak dicoba, dan sebaliknya, tingkat mutasi yang tinggi akan menyebabkan keturunan semakin mirip dengan induknya. Adapun mengenai probabilitas mutasi yang baik, dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Zbiniew Michalewics (1996) menyatakan bahwa probabilitas mutasi yang baik adalah berada dalam range 0.01 – 0.3.

Mekanisme Dasar Algoritma Genetik (GA)

Adapun mekanisme GA adalah sangat sederhana, yaitu hanya melibatkan penyalinan

string dan pertukaran bagian *string*. Siklus pengembangbiakan GA diawali dengan pembuatan himpunan solusi yang dinamakan kromosom. Selama dalam sebuah generasi, kromosom – kromosom tersebut dievaluasi dengan rumus – rumus yang ada dalam fungsi *fitness*. Untuk mendapatkan suatu kromosom baru yang dapat dilakukan dengan menggabungkan dua induk dengan menggunakan operator *crossover* (pindah silang) atau dengan memodifikasi suatu kromosom dengan menggunakan operator mutasi. Dalam kedua operator GA tersebut dapat dilakukan evaluasi dengan menggunakan fungsi obyektif dan batasan – batasan fungsi kendala sehingga individu dengan solusi yang lebih baiklah yang dipilih.

Sebelum dilakukan iterasi selanjutnya maka dilakukan seleksi sesuai fungsi *fitness* sehingga kromosom – kromosom yang fit saja yang diturunkan dan yang tidak fit dapat dihilangkan. Setelah beberapa generasi, algoritma akan konvergen pada kromosom yang terbaik. Kromosom yang terbaik tersebutlah yang merupakan nilai optimum dari permasalahan.

Langkah – Langkah Dasar Algoritma Genetik (GA)

Dalam kehidupan sehari – hari, algoritma genetik banyak digunakan untuk memecahkan masalah – masalah optimasi seperti *routing*, penjadwalan dan masalah transportasi.

Algoritma dimulai dari sekumpulan solusi (ditunjukkan oleh sekumpulan kromosom) yang dinamakan populasi. Solusi dari sebuah populasi diambil dan digunakan untuk membentuk sekumpulan populasi baru. Motivasi yang digunakan adalah sebuah harapan bahwa populasi baru tersebut nantinya akan lebih baik dari populasi yang lama. Solusi yang akhirnya dipilih untuk membentuk sekumpulan solusi baru / keturunan baru (offspring) diseleksi berdasarkan kemampuan (*fitness*) mereka. Semakin sesuai mereka semakin besar kesempatan mereka untuk bereproduksi.

Berikut ini adalah langkah – langkah dasar dalam Algoritma Genetik :

- [*Start*] *Parents* awal yang digunakan digenerate secara random atau bisa juga dengan metode heuristik tertentu.
- [*Fitness*] Mengevaluasi *fitness* $f(x)$ dari tiap kromosom x dalam populasi.
- [*New population*] Menciptakan populasi baru dengan mengulang langkah – langkah

di bawah ini sampai terbentuk populasi baru.

- [*Selection*] Pilih dua *parents* kromosom dari populasi termasuk *fitness* mereka
 - [*Crossover*] Dengan sebuah probabilitas *crossover*, penyilangan *parents* dilakukan untuk membentuk *offspring* (keturunan) yang baru. Jika tidak ada *crossover* yang terbentuk, *offspring* yang terbentuk adalah murni salinan dari orang tuanya.
 - [*Mutation*] Dengan sebuah probabilitas mutasi, *offspring* yang baru terbentuk dimutasi pada setiap locus (posisi dalam kromosom).
 - [*Accepting*] Tempatkan *offspring* yang baru pada populasi baru.
- d. [*Replace*] Gunakan generasi populasi yang baru untuk replikasi algoritma berikutnya.
- e. [*Test*] Jika kondisi akhir sudah memenuhi syarat, *Stop*, kembali ke solusi terbaik dalam populasi tersebut.
- f. [*Loop*] Kembali ke Langkah b.

METODE PENELITIAN

Pengamatan Awal

Pada tahap awal penelitian, yang dilakukan adalah mengamati bisnis proses dari perusahaan. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi perusahaan

Identifikasi Masalah

Dari pengamatan awal dapat diketahui permasalahan yang sedang dihadapi perusahaan. Selama ini perusahaan melakukan pendistribusian barang berdasarkan preferensi dan pengalaman kurir saja. Oleh karena itu rute distribusi yang digunakan dapat dikatakan tidak optimal. Dalam penelitian ini akan dicari rute yang terpendek.

Studi Literatur

Studi Literatur ini bertujuan untuk mempelajari teori – teori yang sesuai dengan masalah yang dibahas guna membantu memecahkan masalah tersebut

Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan rute distribusi. Data yang dibutuhkan adalah data jumlah, jarak node, kapasitas kendaraan yang digunakan. Selain itu

dalam tahap ini juga dikumpulkan data contoh pengiriman *multidestination* (contoh kasus) yang pernah terjadi.

Pengolahan Data dan Analisis Data

Data studi kasus yang diperoleh pada tahap pengumpulan data diolah dengan metode yang sesuai, tahapan pengolahan data antara lain

1. Membuat matrik jarak dan waktu perjalanan dari depot ke *customer* dan dari *customer* ke *customer* lain.
2. Menentukan metode untuk parent 1 yaitu metode Nearest neighbor dan parent 2 yaitu metode Clark Wright's Saving.
3. Membuat Program GA.
4. Melakukan input data terhadap program GA yang telah dibuat kemudian melakukan beberapa kali simulasi untuk menentukan nilai parameter – parameter GA yang paling baik agar mendapatkan hasil yang terbaik.

Verifikasi Hasil

Setelah diperoleh hasil, maka dilakukan verifikasi, yaitu dengan cara memeriksa hasil tersebut dengan syarat – syarat pengiriman, antara lain

1. Tidak melanggar pembatas kapasitas kendaraan
2. Semua node telah terlewati

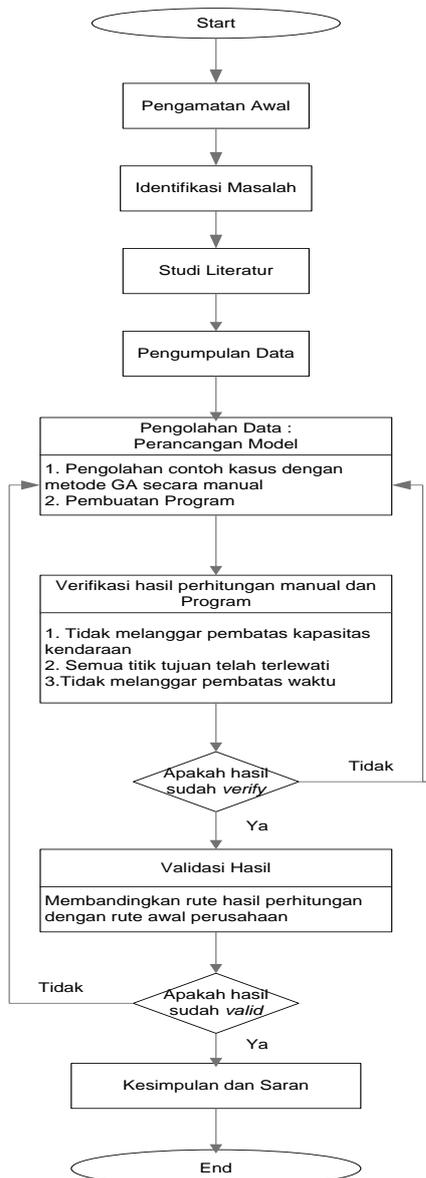
Apabila persyaratan di atas tidak dipenuhi maka akan dilakukan perhitungan kembali.

Validasi Hasil

Validasi rute hasil perhitungan model *VRPTW* dengan pendekatan GA dengan cara membandingkan jarak tempuh rute hasil perhitungan dengan rute awal perusahaan. Apabila jarak tempuh rute hasil perhitungan lebih tinggi maka akan dilakukan perhitungan kembali.

Kesimpulan dan Saran

Menarik kesimpulan terhadap analisa output dan memberi saran terhadap program penyelesaian yang dibuat.



Gambar 3. Diagram Alir Metode Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dan observasi secara langsung terhadap perusahaan. Data – data yang dibutuhkan antara lain adalah :

- Data alamat *customer*
- Data jarak antar *customer*
- Data jumlah barang yang akan dikirimkan
- Data lama loading dan unloading barang
- Data jenis dan kapasitas kendaraan

Daerah penelitian hanya dibatasi untuk wilayah Surabaya dan sekitarnya. Depo PT. MIF di Surabaya terletak di Jl. Tanjung Tembaga.

Data jumlah barang dan lama waktu loading – unloading untuk tiap kali pengiriman selalu berubah, sehingga dalam program yang dibuat data ini selalu diinputkan terlebih dahulu.

Pemodelan Regresi untuk Waktu Loading/Unloading

Dari data volume dan waktu *loading / unloading* dilakukan uji korelasi antara *volume* dengan waktu *loading / unloading*. Hasil korelasi antara *volume* dengan waktu *loading/unloading* menghasilkan *pearson correlation* 0.95 dan *p-value* 0,00 artinya ada korelasi antara *volume* dan waktu *loading/unloading*. Setelah melihat korelasi antara waktu *loading / unloading* dengan *volume* maka selanjutnya dilakukan pencarian model terbaik dengan menggunakan bantuan software *minitab*.

Tabel 1. Hasil pemodelan regresi tahap 1

The regression equation is					
Lama Loading = 0.118 + 0.0336 Total Volume					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	0.11778	0.01002	11.75	0.000	
Total Volume (m3)	0.033601	0.002894	11.61	0.000	
S = 0.0227712 R-Sq = 91.2% R-Sq(adj) = 90.5%					
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0.069899	0.069899	134.80	0.000
Residual Error	13	0.006741	0.000519		
Total	14	0.076640			

Regresi pada tabel 1 diatas merupakan model terbaik untuk waktu *loading/unloading* setelah mengalami pengurangan data yang *outlier* dan *influence*.

Kemudian untuk evaluasi kelayakan model dilakukan uji terhadap *standardized residual* dari model yang terbentuk. *standardized residual* yang diperoleh harus *Identical Independent Distribution Normal* (IIDN). Untuk mengetahui bahwa *standardized residual* IIDN dilakukan uji *normality* menggunakan *kolmogorov smirnov* untuk melihat *standardized residual* berdistribusi normal.

Uji hipotesis untuk *standardized residual*:

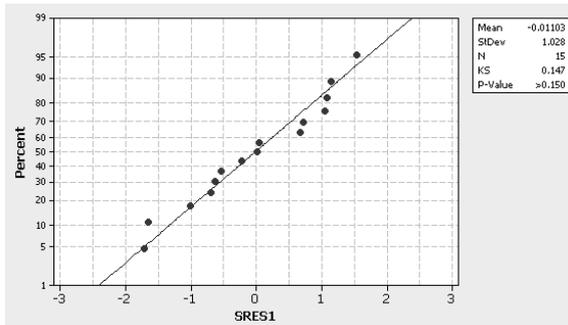
H_0 : *Standardized residual* berdistribusi normal

H_1 : *Standardized residual* tidak berdistribusi normal

α :5%

P-value standardized residual > 0,150

P-value > α , maka gagal tolak, H_0 *standardized residual* berdistribusi normal.



Gambar 4. Normality Test untuk *st.residual* waktu loading/unloading

Perhitungan Contoh Kasus

Berikut adalah perhitungan kasus pengiriman multidestination yang pernah dilakukan oleh perusahaan untuk pengiriman ke 5 tempat .

Tabel 2. Data Customer Untuk Contoh Kasus

Customer	Alamat	Volume barang (m ³)	Lama Loading (jam)	Lama Unloading (jam)
C1	Jl.Raya Pandaan	5.8	0.3	0.38
C6	Jl.Raya Sidoarjo - Krian	5.04	0.31	0.4
C7	Jl.Kalianak Barat	2	0.21	0.26
C8	Jl.Tambak Langon	2.2	0.18	0.23
C18	Jl.Sepanjang	2.06	0.21	0.25

Pengiriman ini dilakukan dengan menggunakan 1 colt diesel dan 1 truk engkel.

Rute aktual perusahaan

Rute aktual perusahaan adalah :

Kendaraan 1 : Depo → C7 → C8 → Depo

Kendaraan 2 : Depo → C1 → C6 → C18 → Depo

Metode Nearest Neighbor

Dengan menggunakan metode *Nearest Neighbour* didapatkan rute sebagai berikut :

Tabel 3. Metode *Nearest Neighbour*

	Kapasitas (m ³)	Rute	Total Jarak (Km)	Total Volume (m ³)
Kendaraan 1	8	0-1-0	111.1	5.8
Kendaraan 2	15	0-7-8-18-6-0	97.5	11.3
			208.6	17.1

Metode Clark Wright Saving

Dengan menggunakan metode *Clark Wright Saving* didapatkan rute sebagai berikut :

Tabel 4. Metode *Clark Wright Saving*

	Kapasitas (m ³)	Rute	Total Jarak (Km)	Total Volume (m ³)
Kendaraan 1	8	0-8-0	17.9	4.06
Kendaraan 2	15	0-6-1-18-7-0	140	13.04
			157.9	17.1

Algoritma Genetik

Sebagai *parent 1* yaitu rute hasil dari perhitungan metode *Nearest Neighbour* dan sebagai *parent 2* yaitu rute hasil perhitungan metode *Clark Wright Saving*.

Populasi yang digunakan sejumlah 60, Jumlah maksimum generasi sebesar 1000, yang kemudian akan mengalami *crossover*, mutasi dan seleksi, dengan nilai stopover limit 30. Iterasi dihentikan jika tidak ada peningkatan hasil sebanyak 30 kali. Selama masih ada peningkatan hasil, maka iterasi akan terus berjalan. Probabilitas *crossover* yang digunakan sebesar 0.8 dan probabilitas mutasi sebesar 0.2

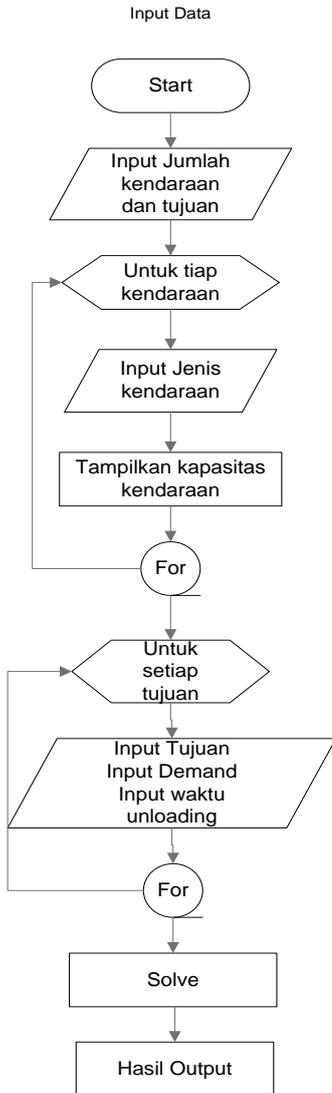
Flowchart program

- Input jumlah kendaraan dan tujuan
Menginputkan jumlah kendaraan yang akan dipakai dan jumlah *customer* yang akan dituju.
- Input jenis kendaraan
Untuk tiap kendaraan inputkan jenis kendaraan.
- Input tujuan, demand, waktu unloading
Untuk tiap tujuan diinputkan kode tujuan, jumlah barang yang akan dikirim dan lama unloadnya. Jumlah demand diinputkan dengan satuan volume m³ dan waktu unloading dalam jam
- Solve
Perhitungan solve terdiri atas
 - Penjumlahan total volume dicocokkan dengan kapasitas kendaraan pertama yang tersedia di depo
 - Penentuan *parent 1* dan *parent 2*
 - Crossover* operator (*crossover*, mutasi)
 - Pemilihan individu terbaik
- Konversi ke waktu
Membagi jarak dengan kecepatan rata – rata
- Menjumlah lama perjalanan dengan lama unloading
Menjumlah lama perjalanan dengan waktu unloading. Waktu

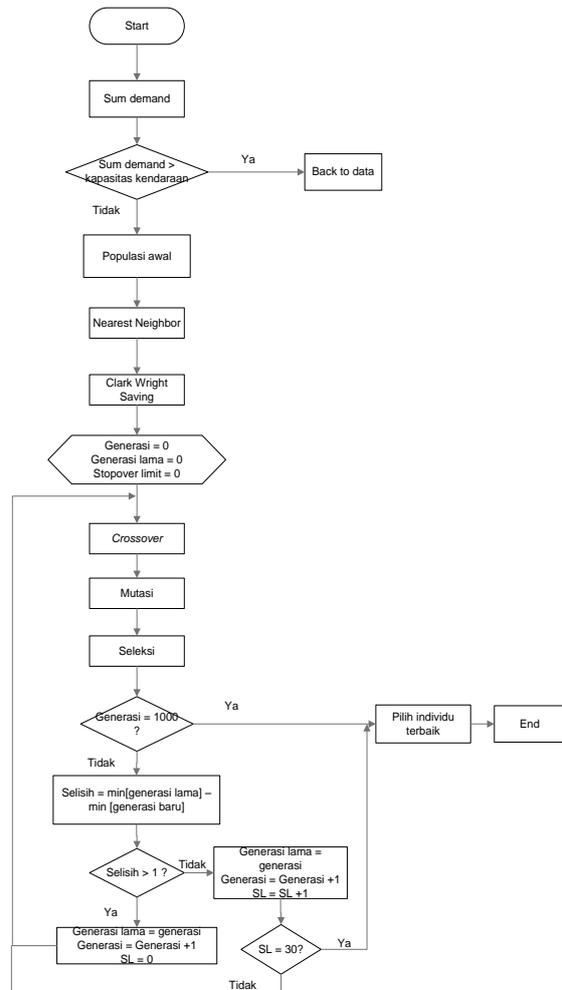
unloading harus diperhatikan agar tidak melanggar pembatas waktu.

7. Hasil output

Setelah semua perhitungan selesai dilakukan, maka akan ditampilkan hasil rute yang terbaik sesuai dengan perhitungan algoritma genetika.



Gambar 5. Flowchart Program (Input Data)



Gambar 6. Flowchart Program Solve

Hasil Perhitungan Contoh Kasus Menggunakan Program GA

Hasil perhitungan untuk contoh kasus menggunakan program algoritma genetik adalah sebagai berikut

kendaraan	kapasitas	rute	total jarak	volume
Kendaraan 2	15	C0 - C6 - C1 - C18 - C7 - C0	140	14.9
Kendaraan 1	8	C0 - C8 - C0	17.9	2.2
TOTAL			157.9	17.1

Gambar 6. Hasil perhitungan program

Rute pengiriman kendaraan 1 :

Depo → C8 → Depo

Jarak tempuh = 17.9 Km

Volume barang = 2.2 m³

Rute pengiriman kendaraan 2 :

Depo → C6 → C1 → C18 → C7 → Depo

Jarak tempuh = 140 Km

Volume barang = 14.9 m³

Dengan total jarak tempuh 157.9 Km

Verifikasi Hasil

Rute hasil perhitungan menggunakan program algoritma genetik harus diverifikasi, dengan cara memeriksa kesesuaian hasil perhitungan dengan syarat – syarat pengiriman, yaitu tidak melanggar pembatas kapasitas kendaraan dan semua titik tujuan telah terlewati.

- a. Tidak melanggar kapasitas kendaraan total *volume* barang yang diangkut \leq kapasitas kendaraan

kendaraan	kapasitas	rute	total jarak	volume
Kendaraan 2	15	C0 - C6 - C1 - C18 - C7 - C0	140	14.9
Kendaraan 1	8	C0 - C8 - C0	17.9	2.2
TOTAL			157.9	17.1

Gambar 7. Verifikasi program

Kendaraan 1 kapasitas $8 \text{ m}^3 \rightarrow$ total barang yang diangkut 2.2 m^3

Kendaraan 2 kapasitas $15 \text{ m}^3 \rightarrow$ total barang yang diangkut 14.9 m^3

Jadi semua barang yang diangkut tidak melebihi kapasitas kendaraan.

- b. Semua titik tujuan telah terlewati

kendaraan	kapasitas	rute	total jarak	volume
Kendaraan 2	15	C0 - C6 - C1 - C18 - C7 - C0	140	14.9
Kendaraan 1	8	C0 - C8 - C0	17.9	2.2
TOTAL			157.9	17.1

Gambar 8. Verifikasi program

Titik tujuan yang harus dilewati adalah C1, C6, C7, C8, C18.

Kendaraan 1 melewati C8, Kendaraan 2 melewati C6, C1, C18, C7.

Dengan demikian semua titik tujuan telah terlewati.

- c. Tidak melanggar pembatas waktu

nama	volume	jarak	waktu datang	waktu berangkat
C6	5.04	32.70	10:18	10:42
C1	5.80	38.60	12:15	12:37
C18	2.06	37.80	14:08	14:23
C7	2.00	24.80	15:23	15:38
C8	2.20	8.90	9:21	9:35

Gambar 9. Verifikasi Program

Semua titik telah dilewati sebelum jam 17:00

Validasi Hasil

Validasi hasil dilakukan dengan cara membandingkan jarak tempuh pada rute hasil perhitungan program algoritma genetik dengan jarak tempuh pada rute awal perusahaan.

Tabel 3. Selisih jarak tempuh rute perusahaan dan perhitungan program

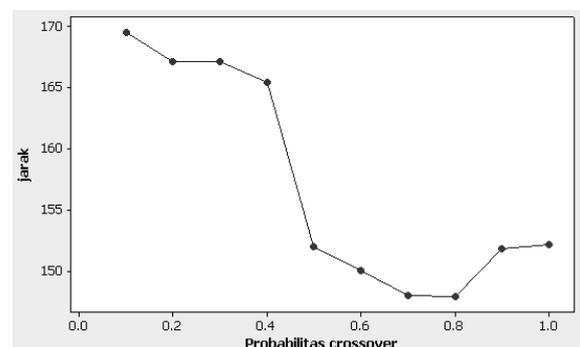
Jarak Tempuh (Km)		Selisih	Persentase
Rute Aktual	Rute Program		
171.4	157.9	13.5	7.88%

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa jarak tempuh rute awal perusahaan lebih besar daripada jarak tempuh rute hasil perhitungan program algoritma genetik. Dengan demikian rute hasil perhitungan program algoritma genetik ini dapat dikatakan valid. Selisih jarak tempuh antara kedua rute tersebut adalah sebesar 13.5 km. Jadi, persentase penghematan yang dapat diperoleh apabila rute hasil perhitungan program algoritma genetik ini diterapkan adalah sebesar 7.88 %.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisa Pengaruh Parameter Algoritma Genetik

Dalam GA terdapat beberapa parameter genetik, yaitu ukuran populasi, jumlah generasi, probabilitas *crossover*, probabilitas mutasi. Dalam hal ini ukuran populasi berarti jumlah maksimum solusi yang bisa ditampung, jumlah generasi adalah jumlah iterasi yang akan dilakukan dalam satu kali running, probabilitas *crossover* merupakan probabilitas terjadinya *crossover*, probabilitas mutasi merupakan probabilitas terjadinya mutasi



Gambar 10. Pengujian Parameter

Dalam hal ini tentu saja dibutuhkan parameter yang dapat mengurangi waktu *running* untuk populasi 60 generasi 1000 outputnya sudah cukup baik dan stabil. Sehingga bisa dikatakan

populasi 60 dan generasi 100 memberikan solusi yang terbaik, maka untuk selanjutnya populasi yang digunakan adalah 60 dan generasi yang digunakan sebanyak 1000.

Sedangkan untuk probabilitas crossover yang dipilih adalah sebesar 0.8 dan probabilitas mutasi sebesar 0.2 dan stopover limit sebesar 30

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa Rute yang diperoleh dari hasil perhitungan algoritma genetik adalah sebagai berikut :

Kendaraan 1 :

Pengiriman oleh kendaraan 1 dilakukan dari depo menuju ke *customer* 8 kemudian langsung kembali ke depo dengan total jarak 17.9Km dan volume barang yang diangkut sebesar 2.2 m³ pengiriman dilakukan selama 0.716 jam

Kendaraan 2 :

Pengiriman oleh kendaraan 2 dilakukan dari depo menuju ke customer 6, customer 1, customer 18, customer 7 kemudian kembali ke depo dengan total jarak 140 Km dan volume barang yang diangkut sebesar 14.9 m³. Pengiriman dilakukan selama 5.6 jam

Persentase penghematan yang dapat diperoleh apabila rute hasil perhitungan metode optimasi ini diterapkan pada perusahaan adalah sebesar 7,88 %.

Parameter yang digunakan untuk program GA ini adalah :

- Jumlah generasi = 1000

- Jumlah populasi = 60
- Stopover limit = 30
- Probabilitas *crossover* = 0.8
- Probabilitas mutasi = 0.2

Saran yang bisa diajukan sebagai berikut:

1. Diharapkan dalam penelitian selanjutnya penentuan parameter – parameter dalam GA disimulasikan secara terpisah sehingga didapat parameter – parameter yang dapat menghasilkan output yang baik dan juga cepat.
2. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan optimasi GA agar hasil yang didapatkan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Martha, *Perencanaan Rute Transportasi Terpendek pada PT. Mitra Intertrans Forwarding (MIF) dengan Model VRPTW*, Hlm 1-11, Skripsi Jurusan Teknik Industri, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya, 2005
- [2] Gen, M and Cheng, R, *Genetic Algorithms & Engineering Design*, Hlm 119-251, John Willey and Sons, New York, 1993
- [3] Kusiak, A, *Intelligent Design and Manufacturing*, Hlm. 649-698, John Willey and Sons, New York, 1992
- [4] Sivanandan, S.N., dan Depa, S.N., *Introduction to Genetic Algorithms*, Hlm 131-163, Springer, New York, 200.