

**OPTIMASI RUTE PENGADAAN KOMPONEN PADA
INDUSTRI MANUFAKTUR OTOMOTIF DENGAN SISTEM
MILKRUN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA
DIFFERENTIAL EVOLUTION**

SKRIPSI

**NAJUWA MUSTAFA
04 05 07 041Y**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2009**

**OPTIMASI RUTE PENGADAAN KOMPONEN PADA
INDUSTRI MANUFAKTUR OTOMOTIF DENGAN SISTEM
MILKRUN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA
DIFFERENTIAL EVOLUTION**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**NAJUWA MUSTAFA
04 05 07 041Y**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2009**

PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Najuwa Mustafa

NPM : 040507041Y

Tanda Tangan :

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Najuwa Mustafa
NPM : 040507041Y
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Optimasi Rute Pengadaan Komponen pada Industri Manufaktur Otomotif dengan Sistem *Milkrun* Menggunakan Metode *Differential Evolution*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana S1 pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Arian Dhini, ST.MT ()
Penguji : Ir. Amar Rachman, MEIM. ()
Penguji : Armand Omar Moeis, ST., M.Sc. ()
Penguji : Isti Surjandari, MT., MA., Ph.D. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 2 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, Yang Maha Pemurah lagi Maha Pengasih karena atas berkat dan rahmatNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, baik dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr.Ir. Teuku Yuri M. Zagloel, MengSC, sebagai ketua Departemen Teknik Industri yang telah memberikan kesempatan pada penyusunan penelitian ini
2. Ibu Arian Dhini, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran tidak hanya untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini, namun juga mendengarkan segala keluh kesah penulis.
3. Ir. Amar Rachman, MEIM, selaku dosen yang sangat banyak memberi masukan, waktu, tenaga dan pikiran dan membantu penulis dan berperan selayaknya pembimbing bagi penulis dalam penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh dosen Departemen Teknik Industri: Ibu Erlinda, Ibu Isti, Pak Ahmad, Pak Omar, Pak Boy, Ibu Ana, Pak Yadrifil, Pak Farizal, Pak Bintang, Pak Dachyar, Pak Djoko, Pak Rahmat, dan Ibu Betrianis yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan pelajaran hidup kepada penulis.
5. Bapak Akmal, Bapak Dynan Handika, Bapak Amin, dan seluruh pihak yang telah sangat banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang diperlukan penulis.
6. Mama, Papa, dan Nadim yang selalu menyayangi dan mendoakan tanpa henti, memberikan perhatian, motivasi, masukan dan inspirasi
7. Dwi Ananto, yang selalu memberikan perhatian, dukungan, semangat serta selalu meluangkan waktunya
8. Arthur Dias yang telah memberikan banyak bantuan dalam pemrograman yang membutuhkan totalitas dan rela untuk tidak tidur

9. Kresentia Isabella (Keshia) teman seperjuangan menempuh seluruh pelosok Jakarta, dari Kuningan ke Marunda, dari Salemba nyaris ke Citayam, dan akhirnya masing-masing berakhir di Sunter dan Daan Mogot untuk berjuang menghadapi Algoritma DE.
10. Cindy, Ayna, Intan, Dupont, Dwinta yang selalu memberikan dukungan moril, canda tawa, kebersamaan, membantu di saat penulis sakit dan tempat melepaskan segala penat
11. RC, Pipop, Deka, teman senasib dan seperjuangan "algoritma" yang selalu memberikan dukungan, bantuan, hiburan, masukan dan terutama Yopi yang telah dengan sukarela menjadi editor dalam penyusunan skripsi ini, serta Dewi, Tansen sebagai anak bimbingan Pak Amar yang telah bersedia berbagi waktu bimbingan
12. Sheila, Viga, Adek "ndut", Miska, semua Jare Sedulur, yang telah membantu dan selalu menyemangati penulis dengan caranya masing-masing
13. Teman-teman 2005 lainnya, untuk segala kekompakan, waktu, obrolan, canda tawa dan bantuan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
14. Bu Har, Mbak Anna, Mbak Willy, sebagai saksi mata atas kejadian di ruang sekretariat, Mas Mursyid, Mas Latif, Mas Iwan, Mas Dody, Mbak Fat, dan seluruh warga Teknik Industri UI yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyusunan penelitian ini dan prosedur-prosedur lainnya.
15. Mirza Anandita, yang telah memperkenalkan dan mengajarkan DE kepada kami secara kilat di PIM.
16. Pihak-pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan saudara-saudara semua. Dan semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan

Depok, Juni 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Najuwa Mustafa
NPM : 040507041Y
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“OPTIMASI RUTE PENGADAAN KOMPONEN DENGAN SISTEM
MILKRUN PADA INDUSTRI MANUFAKTUR OTOMOTIF
MENGUNAKAN METODE ALGORITMA *DIFFERENTIAL
EVOLUTION*”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilih Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : Juni 2009
Yang menyatakan

(Najuwa Mustafa)

vii

ABSTRAK

Nama : Najuwa Mustafa
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Optimasi Rute Pengadaan Komponen pada Industri Manufaktur Otomotif dengan Sistem *Milkrun* Menggunakan Algoritma *Differential Evolution*

Sistem pengadaan bahan baku pada perusahaan manufaktur dari pemasok ke pabrik produksi dituntut untuk menjadi sangat efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan jarak tempuh truk yang mengambil komponen dari pemasok berdasarkan sistem *milkrun* sehingga diperoleh rute dan penggunaan jumlah truk yang optimal pada perusahaan. Optimasi rute dihasilkan dengan menggunakan metode algoritma *Differential Evolution*. Keunggulan *Differential Evolution* adalah strukturnya yang sederhana, mudah diimplementasikan, cepat dalam mencapai tujuan, dan tangguh. Dengan menggunakan metode ini sistem transportasi dapat dioptimalkan sehingga biaya logistik dapat diminimalkan. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah penurunan jarak tempuh 1,230.4 km atau sebesar 15.23%

Kata kunci :

Optimasi ,Sistem *Milkrun*, Algoritma *Differential Evolution*

ABSTRACT

Name : Najuwa Mustafa
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Parts Procurement Route Optimization in Automotive Manufacturing Industry with Milkrun System Using Differential Evolution Algorithm

Materials procurement system in a manufacturing plant is demanded to be very effective and efficient. The purpose of this research is to minimize truck's travelled distance based on Milkrun system in order to achieve optimum routes and truck utilization in the company. The optimization was obtained using the implementation of Differential Evolution Algorithm method. DE is a population based and direct stochastic search algorithm (minimizer or maximizer) which simple, yet powerful and straightforward. The preliminary results indicated that the proposed method could provide a practical tool to significantly reduce the travel distance which also means reduce the cost of logistic. The result of this research is the decreased of truck's travelled distance by 15.23%

Keywords:

Optimization, Milkrun System, Differential Evolution Algorithm

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Diagram Keterkaitan masalah	5
1.3 Perumusan Permasalahan.....	7
1.4 Tujuan Penelitian	7
1.5 Ruang Lingkup Permasalahan.....	7
1.6 Metodologi Penelitian	8
1.7 Sistematika Penulisan	11
BAB 2 LANDASAN TEORI	12
2.1 Sistem Produksi Toyota	12
2.1.1 <i>Just in Time</i>	13
2.1.2 Sistem Kanban	13
2.1.3 <i>Cycle Issue</i>	15
2.2 Sistem <i>Milkrun</i>	16
2.3 <i>Vehicle Routing Problem</i>	17
2.4 <i>Vehicle Routing and Scheduling</i>	20
2.5 Metode Penyelesaian <i>Vehicle Routing Problems</i>	22
2.6 Algoritma Differential Evolution.....	23
2.6.1 Sejarah.....	23
2.6.2 Konsep Dasar	26
2.6.3 Tahapan Pengerjaan	27
2.6.3.1 Inisialisasi.....	27
2.6.3.2 Mutasi.....	29

2.6.3.3	Pindah Silang	29
2.6.3.4	Seleksi	30
2.6.3.5	Terminasi.....	31
BAB 3 PROFIL PERUSAHAAN DAN PENGUMPULAN DATA		33
3.1	Profil Perusahaan	33
3.2	Sistem Pengiriman Komponen.....	34
3.3	Pengumpulan Data	36
3.3.1	Data Pemasok.....	36
3.3.2	Volume Pemesanan.....	39
3.3.3	Waktu	40
3.3.3.1	Jam Kerja Perusahaan dan Pemasok.....	40
3.3.3.2	Waktu <i>loading</i> dan <i>unloading</i>	40
3.3.4	Armada Pengiriman	41
3.3.5	Jarak	43
3.3.6	Biaya Kendaraan	44
BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS.....		45
4.1	Penyusunan Algoritma	45
4.2	Verifikasi dan Validasi Program.....	53
4.3	Input Data.....	57
4.4	Hasil Pengolahan Data	59
4.5	Analisis.....	64
4.5.1	Analisis Metode	64
4.5.2	Analisis Program.....	66
4.5.3	Analisis Hasil Optimasi	68
4.5.3.1	Analisis Usulan Rute <i>Milkrun</i>	68
4.5.3.2	Analisis Utilisasi Truk	73
4.5.3.2	Analisis Biaya	76
BAB 5 KESIMPULAN		78
DAFTAR REFERENSI		79

DAFTAR GAMBAR

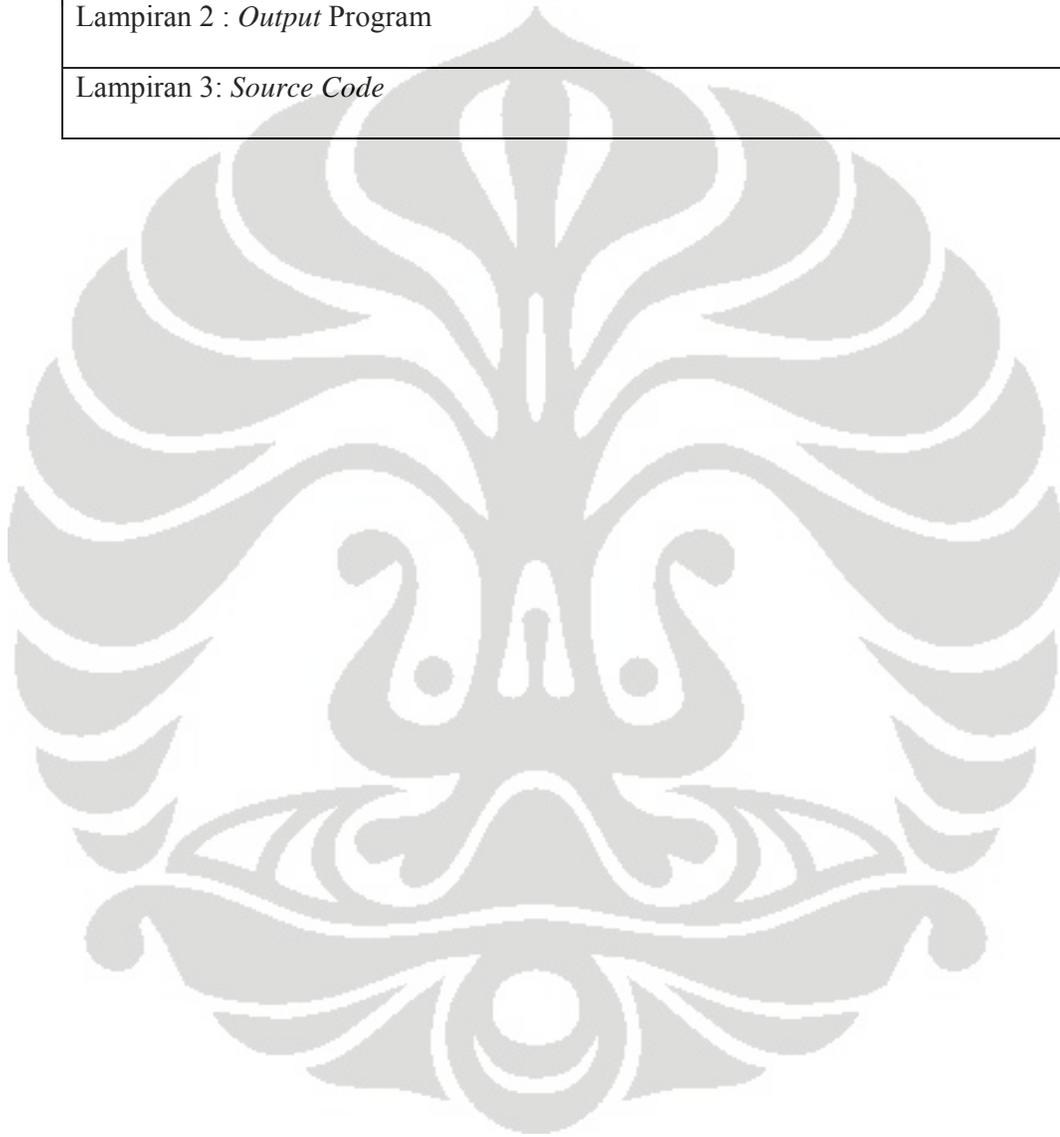
Gambar 1.1 Sistem Pengangkutan Konvensional.....	3
Gambar 1.2 Sistem <i>Milkrun</i>	4
Gambar 1.3 Diagram Keterkaitan Masalah	6
Gambar 1.4 Diagram Alir Metodologi Penelitian	10
Gambar 2.1 Macam Kanban.....	14
Gambar 2.2 Sistem Pengangkutan.....	17
Gambar 2.3 Algoritma <i>Differential Evolution</i>	27
Gambar 2.4 Proses Terjadinya Pindah Silang	30
Gambar 2.5 Diagram Alir Proses Pencarian Solusi DE	32
Gambar 3.1 Contoh rute <i>Milkrun</i>	35
Gambar 3.2 Peta Pemasok Perusahaan Wilayah Jabotabek	38
Gambar 3.3 Kegiatan <i>Unloading</i>	41
Gambar 3.4 Armada Pengangkut Komponen Menggunakan Jasa <i>3rd Party Logistics</i>	42
Gambar 3.5 Ilustrasi Penataan Komponen Dalam Truk.....	42
Gambar 3.6 <i>Packaging</i> skid.....	43
Gambar 4.1 <i>Flowchart</i> Pengerjaan dengan Algoritma DE.....	56
Gambar 4.2 Tampilan Input Parameter Program.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Daftar Pemasok Wilayah Cikarang, Cibitung, dan Karawang	37
Tabel 3.2 Daftar Volume Pesanan Komponen Per Pemasok	39
Tabel 3.3 Waktu Kerja	40
Tabel 3.4 Biaya Sewa Kendaraan.....	44
Tabel 4.1 Hasil Percobaan Penentuan Parameter	47
Tabel 4.2 Hasil Percobaan Penentuan Iterasi	52
Tabel 4.3 Matriks Jarak <i>Dummy</i>	53
Tabel 4.4 Permintaan Tiap Pelanggan Data <i>Dummy</i>	54
Tabel 4.5 Parameter yang Digunakan Dalam Proses Validasi.....	54
Tabel 4.6 Contoh Data Matriks Jarak Tempuh dan Waktu Tempuh.....	58
Tabel 4.7 Input Data Volume per <i>Cycle</i>	58
Tabel 4.8 Jarak Tempuh Total Rute untuk 5 Kali <i>Run</i> Program.....	59
Tabel 4.9 Rute <i>Milkrun</i> , Jarak, dan Waktu Tempuh Hasil Optimasi	60
Tabel 4.10 Volume dan Persentase Utilitas Kendaraan Hasil Optimasi	62
Tabel 4.11 Rute dan Jarak Tempuh Total Perusahaan Saat Ini.....	69
Tabel 4.12 Perbandingan Rute <i>Milkrun</i> Saat Ini dengan Rute <i>Milkrun</i> Usulan	72
Tabel 4.13 Volume dan Persentase Utilitas Kendaraan Perusahaan Saat Ini.....	73
Tabel 4.14 Perbandingan Rata- rata Utilitas Truk Rute Saat Ini dan Rute <i>Milkrun</i> Usulan	76
Tabel 4.15 Perbandingan Biaya Sewa Armada Rute Saat Ini dan Rute Usulan.	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Matriks Jarak dan Waktu
Lampiran 2 : <i>Output</i> Program
Lampiran 3: <i>Source Code</i>



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Pasar otomotif Indonesia dikenal sangat unik karena angka pertumbuhan dan penurunannya sangat fluktuatif sehingga sulit untuk memprediksi tren.¹ Namun secara garis besar dapat ditarik kesimpulan bahwa selama 10 tahun belakangan ini, industri manufaktur otomotif semakin berkembang dan kompetitif.

Industri mobil dalam negeri mencapai prestasi puncak pada tahun 2008. Menurut data yang didapatkan dari Gaikindo (Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia), Indonesia mencapai angka penjualan tertinggi dalam sejarah industri otomotif nasional yaitu sebesar 607.151 unit. Jumlah tersebut meningkat 40% dari tahun 2007 yang hanya 434.473 unit. Namun, kegembiraan ini tidak berlangsung lama. Hantaman krisis global saat ini memberikan dampak pada kinerja industri tersebut. Untuk dapat bertahan dalam persaingan di dunia industri dan dapat melalui krisis global, setiap perusahaan berlomba untuk mengembangkan produk dan manajemen perusahaan untuk memenuhi permintaan pelanggan dan meningkatkan efektifitas dan efisiensi operasional guna mendapatkan keuntungan yang tinggi dan penekanan biaya seminimal mungkin tanpa mengurangi kualitas. Namun tidak dapat disangkal bahwa persaingan bisnis membuat usahawan harus memutar otak demi tercapainya suatu tujuan perusahaan.

Sebagai perusahaan manufaktur, maka sistem pengadaan dan pengiriman bahan baku dari pemasok ke pabrik produksi dituntut untuk menjadi sangat efektif dan efisien. Semakin efektif dan efisien sistem maka secara langsung akan memperlancar jalur produksi dan proses-proses selanjutnya sehingga tidak akan terjadi kekurangan bahan baku, keterlambatan, bahkan berhentinya produksi. Sistem pengadaan dan pengiriman bahan baku yang efektif dan efisien juga akan mengurangi harga pokok produksi dan juga akan meningkatkan laba perusahaan.

¹ A. Abdul Malik, Industri Otomotif 2009- Unik, Karakter Pasar Mobil Indonesia, 2009, <<http://www.seputar-indonesia.com/edisicetak/com>>, (akses Maret 2009)

Biaya transportasi berkisar antara sepertiga hingga dua pertiga total biaya logistik, maka peningkatan efisiensi dalam utilisasi transportasi secara maksimal dan faktor personal sangat berpengaruh mengurangi pengeluaran biaya. Salah satu hal yang dapat dilakukan dan berpengaruh signifikan terhadap penurunan biaya transportasi adalah menentukan rute yang optimal, di mana hal tersebut merupakan area dari *Vehicle Routing Problems* (VRP). Pengertian dari VRP yaitu bagaimana merancang m set rute kendaraan dengan biaya terkecil dimana tiap kendaraan berawal dan berakhir di depot, setiap konsumen hanya dilayani sekali oleh sebuah kendaraan, serta total permintaan yang dibawa tidak melebihi kapasitas kendaraan.²

Tujuan utama solusi VRP adalah meminimalkan pengeluaran dari segi transportasi. Bagaimanapun, terdapat beberapa tujuan yang lain terkait VRP, seperti masalah batasan waktu pengiriman barang. Ada pula permasalahan VRP yang lebih rumit dimana satu pemasok harus dikunjungi pada suatu waktu yang spesifik disebut dengan *VRP with Time Windows* (VRPTW).

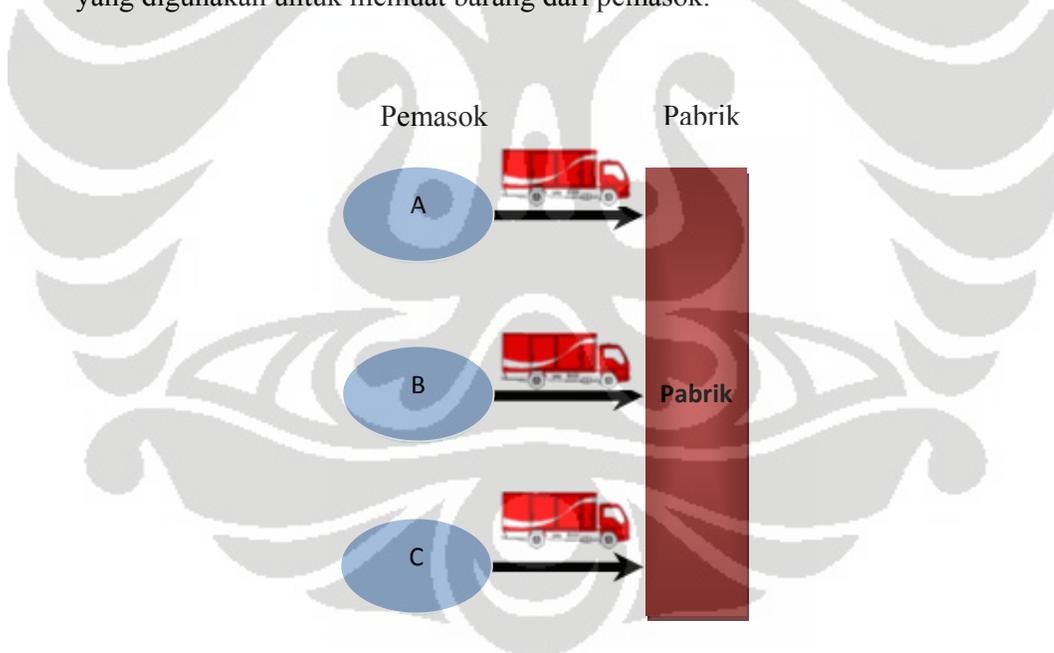
VRP pada umumnya diformulasikan dalam *Mixed Integer Problem* (MIP) dan telah banyak metode *branch and bound* digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Pada kenyataannya banyak VRP yang diformulasikan sebagai MIP diklasifikasikan sebagai *nonpolynomial hard (NP-hard) problem*, yaitu permasalahan dimana waktu penyelesaian pencarian solusinya akan meningkat secara eksponensial seiring dengan semakin besarnya ukuran permasalahan dan metode penjadwalan lama (algoritma eksakta seperti *branch and bound algorithm* dan *linear programming*) belum tentu dapat menghasilkan solusi yang optimal dan juga membutuhkan waktu perhitungan yang sangat lama. Oleh karena itu, solusi praktis yang paling tepat adalah dengan menggunakan kombinasi dari pencarian langsung dan meta-heuristik untuk mendapatkan solusi yang lebih baik.

Perusahaan manufaktur otomotif di mana penelitian ini dilakukan merupakan salah satu perusahaan dengan kapasitas produksi terbesar di Indonesia. Dengan predikat yang kini disandang perusahaan tersebut, maka sebaiknya perusahaan memiliki sistem yang optimal sehingga dapat memberikan keuntungan

² The VRP, "Society for Industrial and Applied Mathematics". Philadelphia.2001

maksimal dan tetap mendapatkan tempat tersendiri di masyarakat. Salah satu faktor yang menunjang agar sebuah perusahaan dapat selalu menjadi yang terdepan adalah adanya sistem yang optimal, di mana sistem tersebut dapat meminimalkan biaya yang harus dikeluarkan dan memperoleh profit yang maksimal.

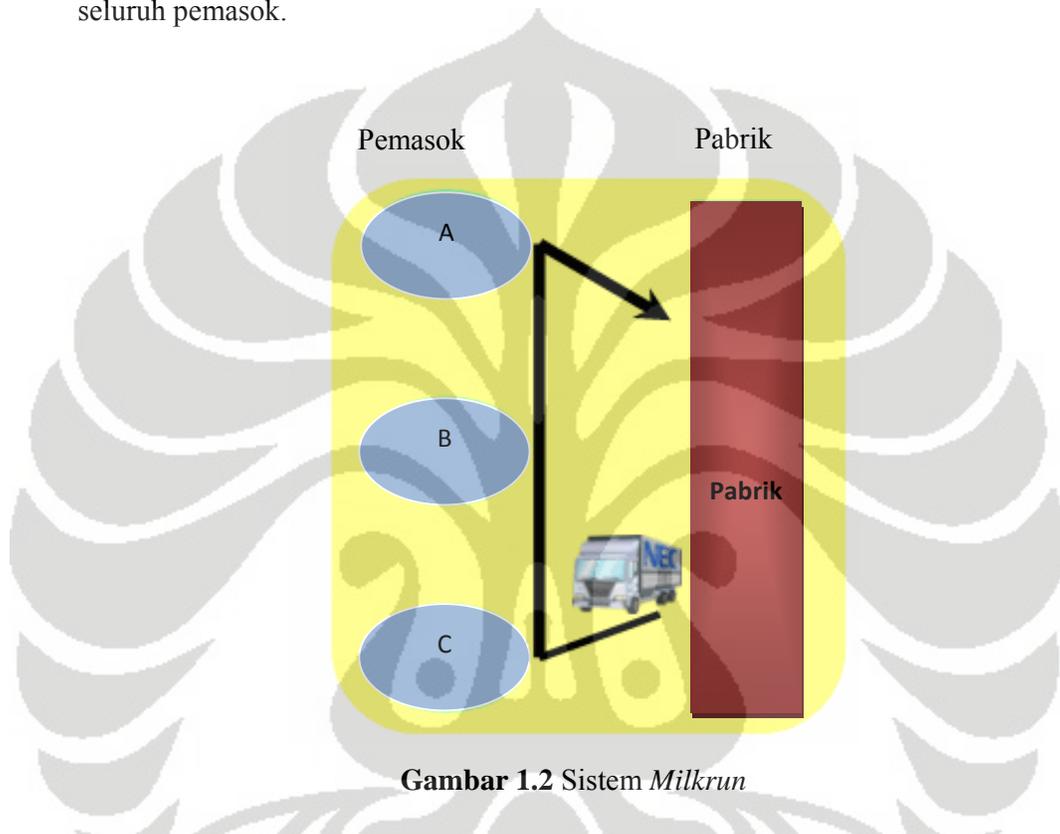
Sistem pengadaan komponen yang kini diterapkan oleh perusahaan adalah sistem *milkrun*, namun beberapa pemasok masih melakukan *direct supply*, dimana setiap pemasok mengirimkan komponen langsung ke pabrik (Gambar 1.1). Sistem pengiriman sepenuhnya merupakan tanggung jawab pemasok dengan persyaratan yang telah disepakati oleh kedua belah pihak. Pada sistem *direct supply*, jenis dan kapasitas armada merupakan tanggung jawab pemasok dengan persyaratan kapasitas permintaan sesuai dengan kebutuhan yang diminta berdasarkan *cycle issue* perusahaan dan perusahaan dikenakan biaya logistik untuk pengantaran tiap komponen. Sedangkan pada sistem *milkrun* perusahaan menyediakan armada yang digunakan untuk memuat barang dari pemasok.



Gambar 1.1 Sistem Pengangkutan Konvensional

Sistem *milkrun* adalah sistem pengangkutan dimana perusahaan sendirilah yang akan mengambil bahan baku dari pemasok. Armada akan mengambil bahan baku secara berurutan dari satu pemasok ke pemasok lain lalu kembali ke gudang

perusahaan (Gambar 1.2). Dengan sistem ini biaya transportasi akan lebih rendah dengan berkurangnya jarak tempuh dan jumlah kendaraan, sehingga harga bahan baku yang juga di dalamnya mencakup biaya transportasi dapat ditekan seminimal mungkin. Untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dari sistem yang telah ada di perusahaan saat ini, maka sistem pengadaan *milkrun* akan diterapkan kepada seluruh pemasok.



Gambar 1.2 Sistem *Milkrun*

Untuk mendapatkan gambaran sampai sejauh mana sistem yang baru bersifat lebih efisien, maka akan dilakukan perbandingan antara sistem yang lama dengan sistem baru. Perbandingan ini akan dilakukan dengan membandingkan total jarak tempuh rute masing-masing sistem pengangkutan. Rasio perbandingan inilah yang akan menjadi parameter kelayakan sistem baru.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan proses optimasi adalah *evolutionary algorithms* (EA). EA merupakan salah satu jenis algoritma pencarian langsung yang konvensional dengan menggunakan strategi yang menggerakkan variasi-variasi dari rancangan vektor-vektor parameter. Metode ini biasanya disebut “*the greedy search*”, di

mana dapat mengelompok dengan cepat namun dapat terjebak ke dalam *local minima*. Kelemahan ini dapat dihilangkan dengan menggerakkan beberapa vektor secara bersamaan. *Evolutionary algorithms* yang paling terkenal adalah *genetic algorithm* (GA). Meskipun telah banyak versi GA yang dikembangkan, semuanya masih terlalu rumit. Untuk menyelesaikan masalah ini maka sebuah strategi evolusi diusulkan oleh Storn dengan nama *Differential Evolution* (DE)³.

Prinsip *Differential Evolution* didasarkan pada konsep evolusi biologi, yang terdiri dari proses populasi, proses mutasi, proses pindah silang, dan proses seleksi. *Differential Evolution* menggunakan acak *sampling* sehingga akan menghasilkan penyelesaian berbeda meskipun model awalnya tidak diubah⁴. *Differential Evolution* akan menggabungkan elemen-elemen dari solusi-solusi yang telah ada untuk menciptakan solusi baru dengan mewarisi ciri-ciri yang dimiliki oleh tiap orang tua.

Differential Evolution terbukti lebih akurat dan lebih efisien dibandingkan dengan *simulated annealing*, *genetic algorithm*, dan juga *evolutionary algorithm* lain sekalipun. Keunggulan *Differential Evolution* adalah strukturnya yang sederhana, mudah diimplementasikan, cepat dalam mencapai tujuan, dan bersifat tangguh⁵. Dengan menggunakan metode ini, diharapkan sistem transportasi dapat dioptimalkan sehingga biaya pengangkutan barang dapat diminimalkan dengan tetap mempertahankan *service level* (tingkat pelayanan) pada pelanggan.

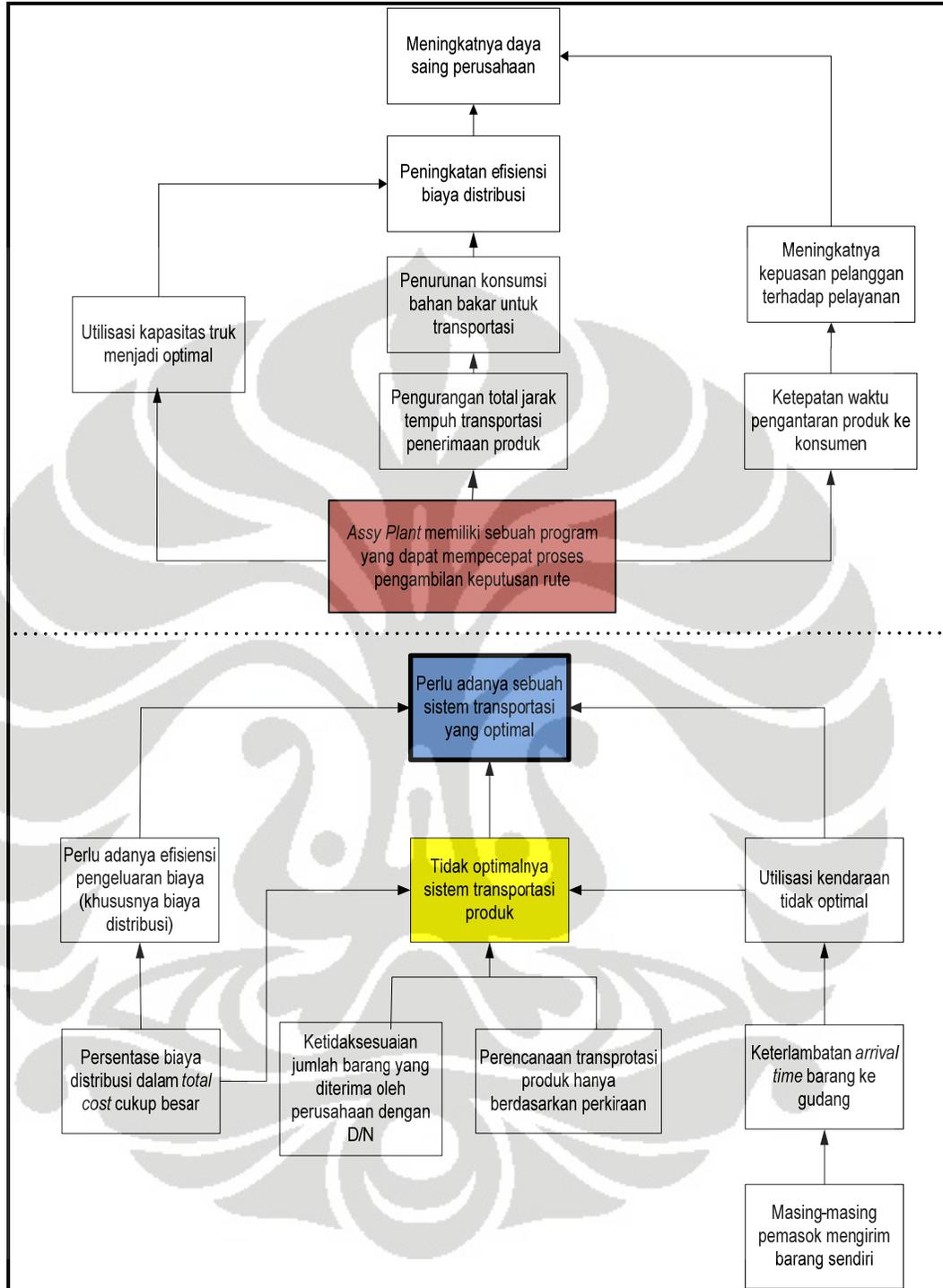
1.2 Diagram Keterkaitan masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat dibuat diagram keterkaitan masalah yang menampilkan permasalahan secara visual dan sistematis. Diagram keterkaitan masalah dari dilakukannya penelitian ini adalah seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1.3.

³ Derviş Karaboşu & Selçuk Ökdem. "A Simple and Global Optimization Algorithm for Engineering Problems:DE Algorithm", *Journal of Turkey Electrical Engineering*, vol 12, no.1. 2004.

⁴ K.V.Price, "An Introduction to Differential Evolution". editors D. Corne, M.Dorigo, dan F. Glover, , *New Ideas in Optimization*, pages 79-108. Mc Graw-Hill, UK, 1999.

⁵ Ibid



Gambar 1.3. Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Perumusan Permasalahan

Seiring dengan semakin mendesaknya kebutuhan akan peningkatan efisiensi sistem logistik, perusahaan membutuhkan suatu sistem pengangkutan komponen yang lebih efektif guna meminimalkan jarak tempuh dan biaya yang ditimbulkan dari sistem pengangkutan produk dari masing-masing pemasok ke gudang pabrik perakitan perusahaan.

Untuk mendapatkan jarak tempuh dan biaya minimal tersebut maka akan dikembangkan sistem transportasi *milkrun* di mana produk dari pemasok diambil secara berurutan oleh *logistic partners* perusahaan guna menunjang efisiensi sistem logistik.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan diagram keterkaitan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh rute yang optimal dalam pengambilan komponen dari pemasok untuk mendapatkan biaya pengangkutan bahan baku yang paling minimal guna menunjang efisiensi sistem logistik di perusahaan.

1.5 Ruang Lingkup Permasalahan

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang spesifik dan terarah sehingga akan diperoleh sesuai dengan tujuan pelaksanaannya, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya meliputi pemasok di wilayah bagian timur Jakarta (meliputi Cikarang, Cibitung, dan Karawang).
2. Penelitian dilakukan pada salah satu pabrik milik perusahaan, yaitu pabrik perakitan (*assy 1*).
3. Analisa penelitian dilakukan dari sudut pandang transportasi pengadaan komponen.
4. Aliran produk hanya dilihat dari pemasok ke gudang.
5. Pola kerja, yaitu periode kerja dan istirahat, berdasarkan pada pola yang ditentukan oleh perusahaan, pemasok dan penyewaan armada

6. Tidak memperhatikan penyimpangan yang terjadi di lapangan sehingga ketidakteraturan yang terjadi merupakan toleransi dari perusahaan dalam pelaksanaan di lapangan.

1.6 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi ini secara sistematis adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi permasalahan yang terjadi pada perusahaan

Adapun permasalahan yang teridentifikasi pada perusahaan adalah sistem transportasi pengangkutan barang/produk dari pemasok ke gudang *assembly plant* perusahaan.

2. Penentuan landasan teori melalui berbagai studi literatur

Setelah mengetahui permasalahan yang ada, maka tahap selanjutnya adalah menentukan landasan teori yang berhubungan dengan topik penelitian ini sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian. Literatur utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Vehicle Routing Problem*, *Kanban* dan Algoritma *Differential Evolution*.

3. Menentukan tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh rute yang optimal dalam pengambilan komponen dari pemasok untuk mendapatkan biaya pengangkutan bahan baku yang paling minimal guna menunjang efisiensi sistem logistik di perusahaan.

4. Mengidentifikasi dan mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam penelitian.

Dalam melakukan penelitian ini, data yang dibutuhkan merupakan data jarak dari pemasok perusahaan, data waktu operasional dan jumlah volume pesanan tiap pemasok. Untuk data alat transportasi, data yang dibutuhkan adalah: kapasitas, dan waktu operasional kendaraan. Selain itu dibutuhkan juga data mengenai jenis dan karakteristik pengemasan produk. Dari jarak pemasok tersebut maka akan dicari kombinasi yang optimal dari jarak antar pemasok dan jarak dari gudang ke tiap-tiap pemasok.

5. Melakukan pengolahan data

Pada tahapan ini, dilakukan pengolahan dari data yang diperoleh. Pengolahan data ini dilakukan dengan menggunakan algoritma *Differential Evolution* dengan menggunakan perangkat lunak *Visual Basic for Application*.

6. Melakukan *review* terhadap hasil yang diperoleh (analisa).

Review dilakukan untuk mengetahui apakah rute tersebut layak diaplikasikan ke lapangan. *Review* dilakukan dengan cara observasi ke lapangan dan konsultasi dengan perusahaan terkait. Jika rute tidak dapat dilaksanakan maka dilakukan perbaikan-perbaikan agar rute menjadi layak.

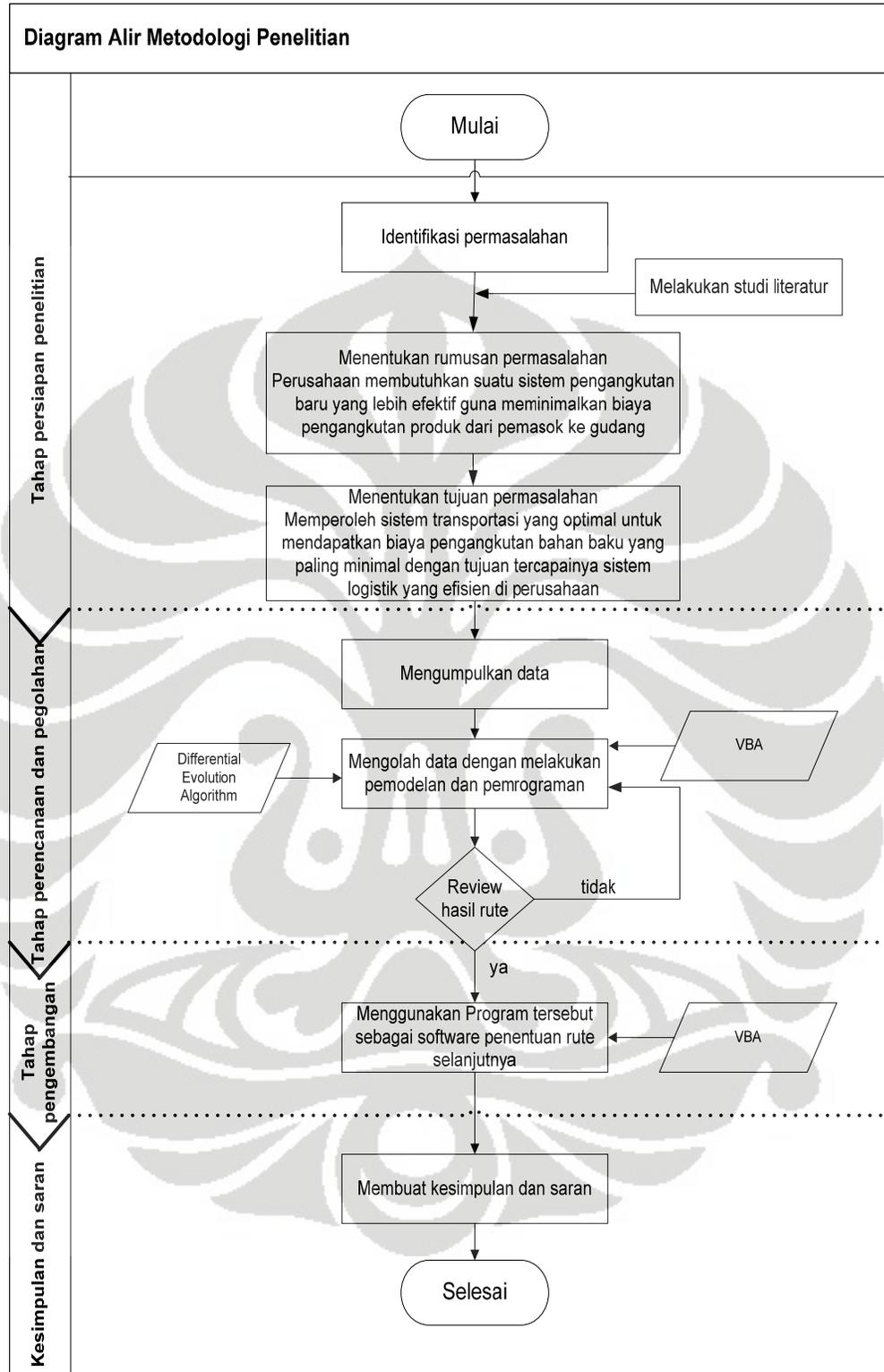
7. Menetapkan program yang digunakan

Program yang telah dibuat dan diverifikasi dengan menggunakan *Visual Basic for Application* untuk mendapatkan suatu pola yang terstruktur mengenai jarak tempuh yang optimal untuk rute pengambilan barang.

8. Kesimpulan

Dalam tahapan ini akan dihasilkan kesimpulan mengenai keseluruhan penelitian. Kesimpulan dari penelitian ini merupakan ringkasan dari hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya.

Secara lebih detail, metode penelitian pada skripsi ini dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Diagram Alir Metodologi Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Pembahasan dalam penulisan laporan penelitian ini dibagi menjadi lima bab yang saling terkait dan berkesinambungan. Berikut akan diuraikan sistem penulisannya.

Bab pertama merupakan pendahuluan. Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang dari dilakukannya penelitian. Oleh karena itu, isi utama dari bab ini adalah latar belakang permasalahan, tujuan penelitian, dan metodologi penelitian. Selain itu, pada bab ini dicantumkan juga diagram keterkaitan masalah untuk memberikan gambaran secara sistematis dari dilakukannya penelitian ini dan diagram alir metodologi penelitian yang menjelaskan mengenai langkah-langkah umum dari pelaksanaan penelitian.

Bab kedua yang berisikan dasar teori dijelaskan mengenai landasan-landasan teori yang berkaitan dari dilakukannya penelitian ini. Oleh karena itu, bab ini berisikan mengenai teori-teori yang berkaitan dengan *Vehicle Routing Problem*, metode kanban, sistem *milkrun* dan metode optimasi yang dikhususkan pada Algoritma *Differential Evolution*.

Bab ketiga yang berisikan pengumpulan data dijelaskan mengenai data yang dibutuhkan pada penelitian ini. Data-data tersebut diperoleh melalui studi lapangan, studi literatur, dan wawancara dengan staf ahli perusahaan. Data yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah data dari tiga saluran (pemasok, gudang, dan *logistic partner* perusahaan) sistem logistik eksternal perusahaan.

Bab keempat yang merupakan pengolahan data dan analisis. Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah pada pengolahan data secara lebih rinci. Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Algoritma *Differential Evolution*. Setelah data diolah, kemudian hasil yang diperoleh dari pengolahan data yang telah dijelaskan sebelumnya dianalisis.

Bab kelima yang merupakan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan merupakan ringkasan dari pembahasan pada bab sebelumnya.

BAB 2

LANDASAN TEORI

Secara umum, ada empat subjek yang akan dibahas pada bab ini, yaitu mengenai metode kanban, sistem *milkrun*, *Vehicle Routing Problem*, dan algoritma *Differential Evolution*. Pembahasan metode kanban akan dimulai dari definisi umum dan dilanjutkan dengan karakteristiknya. Selanjutnya akan dijelaskan pula sistem *milkrun* sebagai salah satu sistem pengambilan barang yang baru. Pembahasan VRP dimulai dari definisi umum, teknik pencarian solusi melalui algoritma eksak, heuristik, dan metaheuristik. Kemudian dilakukan pembahasan yang lebih mendalam mengenai metode DE sebagai salah satu pendekatan metaheuristik.

2.1 Sistem Produksi Toyota

Sistem Produksi Toyota (SPT) adalah suatu metode pembuatan produk dengan menghilangkan elemen yang tidak perlu dalam produksi, yaitu *muda* (pemborosan), *mura* (ketidakteraturan), dan *muri* (pembebanan yang melebihi kemampuan) guna mengurangi biaya produksi dan meningkatkan laba.⁶

Tujuan SPT adalah membuat mobil dengan kualitas yang lebih baik, lebih murah dan untuk keperluan pelanggan atau masyarakat luas. Untuk mencapai tujuan tersebut perlu adanya aktifitas yang sifatnya menyeluruh di dalam perusahaan, yaitu dengan konsep untuk menghilangkan pemborosan (*muda*) secara menyeluruh, mencari cara pembuatan barang yang bersifat rasional dan melakukan pengembangan teknik produksi yang lebih efisien dan efektif. Berikut adalah target dari Sistem Produksi Toyota:

1. Hanya membuat barang yang dapat dijual
2. Membuat mobil dengan kualitas baik
3. Membuat barang dengan biaya yang lebih murah

Persyaratan awal dari produksi *Just in Time* dalam Sistem Produksi Toyota adalah *me-level*-kan jumlah dan jenis barang yang bermacam-macam atau

⁶ Yasuhiro Monden. *Sistem Produksi Toyota*. Buku ke-2. Jakarta: Pustaka Binamen Pressindo, 1995. hal 44-48

meratakan jumlah kanban secara kontinyu yang disebut dengan *heijunka*. Produksi *heijunka* adalah metode yang efisien dalam menghilangkan *muda*, *mura* dan *muri* yang banyak timbul di dalam produksi yang terdiri dari berbagai macam proses. Jika variasi jumlah dan jenisnya kecil, maka menjadi sedikit *muda*-nya, tetapi sebaliknya jika variasinya besar, maka kemampuan untuk menangani hal tersebut (perlengkapan, material, dan orang) akan menjadi lebih sulit sehingga timbul kesalahan dan akan menyebabkan peningkatan biaya. Melalui penerapan *heijunka*, perusahaan dapat memproduksi beberapa jenis mobil dalam waktu bersamaan.

2.1.1 *Just in Time*

Just in Time (JIT) merupakan salah satu tiang dalam SPT. JIT adalah konsep dalam memproduksi barang yang ditekankan pada 3 poin utama yaitu memproduksi hanya barang yang diperlukan, dalam jumlah yang dibutuhkan, dan pada saat yang dibutuhkan. Tujuannya adalah mengoptimalkan proses dan prosedur dengan cara mengurangi pemborosan (*muda*), yaitu dengan memproduksi dan membawa barang sesuai dengan jumlah kebutuhan.

JIT merupakan suatu pendekatan terhadap pengendalian kualitas dan perencanaan produksi dengan cara sistem tarik (*pull system*), di mana proses berikut mengambil jumlah barang sesuai yang dibutuhkan yang diambil dari proses sebelumnya, sedangkan proses sebelumnya hanya memproduksi sejumlah barang yang telah dikurangi oleh proses berikutnya. Sistem ini direalisasikan oleh kanban.

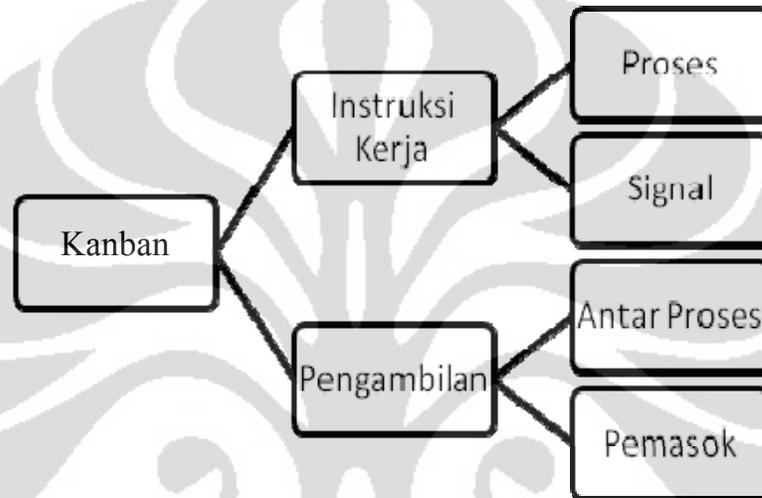
2.1.2 Sistem Kanban

Kanban adalah alat kontrol untuk mewujudkan produksi yang *Just in Time*. Kanban memiliki peranan sebagai berikut:

1. Sebagai petunjuk produksi dan pengangkutan
2. Sebagai alat kontrol visual
 - mencegah produksi berlebihan
 - peringatan keterlambatan proses
3. Alat untuk proses perbaikan (*kaizen*)

Kanban terdiri dari dua jenis (Gambar 2.1), yaitu:

1. Kanban penarikan/ instruksi kerja
 Kanban jenis ini memperlihatkan jumlah barang yang perlu diambil/ ditarik oleh proses berikutnya dari proses sebelumnya.
2. Kanban pengambilan/ pemesanan produksi
 Kanban ini memperlihatkan jumlah yang harus dihasilkan oleh proses sebelumnya.



Gambar 2.1 Macam Kanban

Ciri-ciri sistem kanban adalah:

1. Proses berikut hanya mengambil barang yang dibutuhkan dengan jumlah dan waktu sesuai dengan kebutuhan.
2. Proses sebelumnya hanya memproduksi sejumlah barang yang telah diambil oleh proses berikutnya.

Pola dasar pengelolaan kanban adalah sebagai berikut:

1. Mengurangi sebanyak mungkin prosedur dalam penjualan.
2. Mengganti hanya barang yang terjual (penyederhanaan penyediaan).
3. Pengendalian langsung di tempat.
4. Memahami pola dan kecenderungan konsumen.

Untuk menghitung jumlah total kanban yang diperlukan oleh setiap jenis komponen digunakan rumus sebagai berikut:

$$n = \frac{\text{permintaan harian komponen}}{\text{kapasitas kotak (lot size)}} \times \left\{ X \cdot \left\langle \frac{1+Z}{Y} \right\rangle \right\} + \text{safety stock} \quad (2.1)$$

dengan :

n = jumlah kanban yang dibutuhkan

X = selang waktu yang digunakan (hari)

Y = jumlah pengiriman setiap selang waktu X

Z = *lead time* pengiriman pesanan (kedatangan)

di mana,

$$\text{Safety stock} = \alpha \times \frac{\text{permintaan harian komponen}}{\text{kapasitas kotak (lot size)}}$$

Dengan α adalah koefisien *safety stock*. Sehingga,

$$n = \frac{\text{permintaan harian komponen}}{\text{kapasitas kotak (lot size)}} \times \left\{ X \cdot \left\langle \frac{1+Z}{Y} \right\rangle \right\} + \alpha \times \frac{\text{permintaan harian komponen}}{\text{kapasitas kotak (lot size)}} \quad (2.2)$$

Koefisien *safety stock* (α) merupakan koefisien yang membandingkan antara jumlah jam yang dapat dipenuhi oleh *safety stock* dengan jumlah jam kerja total.

2.1.3 Cycle Issue

Cycle issue merupakan frekuensi pengiriman barang oleh pemasok.

Pengertiannya,

X = Jumlah hari dalam pengiriman

Y = Pengiriman dalam jumlah hari pengiriman

Z = Interval dalam pengiriman setelah waktu permintaan

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam menentukan *cycle issue* adalah:

- a) Jarak pemasok
- b) Karakteristik dan varian komponen yang dipasok

- c) Jumlah pesanan per hari
- d) Kapasitas truk

2.2 Sistem *Milkrun*

Sistem *milkrun procurement* adalah sistem pengangkutan/pengambilan komponen dari sejumlah pemasok dengan menggunakan satu kendaraan dan pada waktu yang bersamaan, dan kotak kosong dikirimkan kembali kepada pemasok⁷. Sistem pengangkutan ini diterapkan pertama kali pada tahun 1995. Penamaan sistem ini berasal dari sistem tradisional dalam penjualan susu di negara-negara Barat, dimana si penjual susu berjalan dari satu pintu pelanggan ke pintu yang lain dengan membawa “*dray*” sesuai rute yang telah ditentukan untuk mengantarkan susu dan membawa kembali botol yang sudah kosong. Sistem ini telah diterapkan pada berbagai macam industri dan perusahaan manufaktur otomotif.⁸

Hal-hal yang melatarbelakangi pengembangan sistem *milkrun* adalah tingginya biaya transportasi, rendahnya efisiensi kendaraan, tanggung jawab dan disiplin pemasok dan atau supir yang rendah, serta sulitnya pengontrolan pengiriman oleh pembeli. Kurangnya disiplin supir diindikasikan dengan keterlambatan kedatangan. Pelaksanaan sistem *milkrun* dapat menentukan rute, jadwal (waktu), jenis dan jumlah komponen yang akan dikirim oleh beberapa truk dari para pemasok dengan asumsi bahwa seluruh truk harus mengembalikan palet kosong ke pusat permintaan pesanan (pabrik/perusahaan).⁹

Keuntungan konsep *milkrun* adalah:

- Memperpendek jarak tempuh rute perjalanan
- Meningkatkan efisiensi muatan kendaraan
- Mengurangi jumlah kendaraan yang digunakan
- Penjadwalan yang lebih efisien
- Secara signifikan mengurangi pembuangan emisi dan penggunaan energi

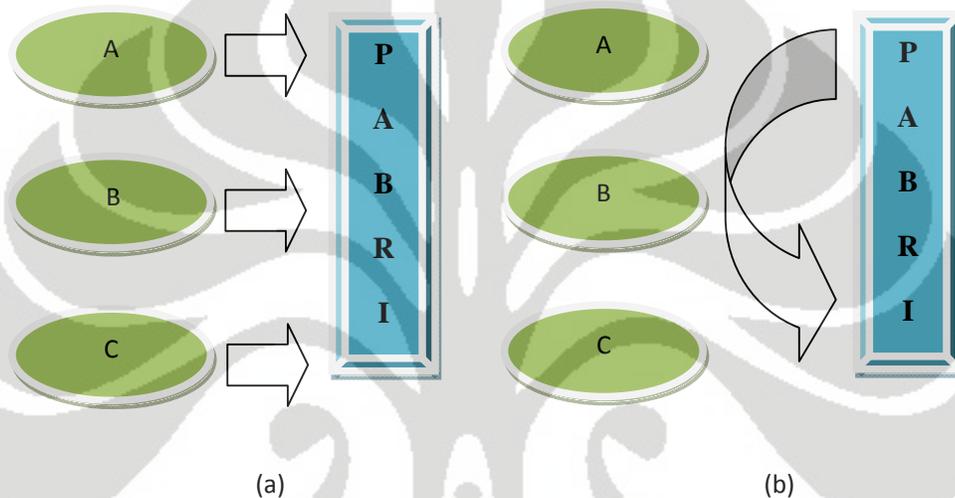
⁷ Lisa Froeclhich, *Milkruns. Denso Production Control Supplier Manual Policies and Guidelines*, 1999 (<http://www.densocorp-na-dmml.com>)

⁸ Du T, Wang F K, Lu P. (2007). *A Real Time Vehicle Dispatching System for Consolidating Milkruns*, Transportation Research Part E 43:565-577

⁹ T. Amini, M. Jafari, S.J. Sadjadi. “A New Mathematical Modeling and A Genetic Algorithm Search for Milk Run Problem (An Auto Industry Supply Chain Case Study).” *Departement of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology (2007)*.

Sedangkan hambatannya adalah:

- Skid dan kotak milik pemasok seringkali tertukar dengan milik pemasok – pemasok lain.
- Bila pemasok belum siap untuk diambil komponennya, maka pemasok harus mengirimkan sendiri komponen tersebut.
- Berkurangnya fungsi truk dan supir di sisi pemasok.



Gambar 2.2. Sistem Pengangkutan

Gambar 2.2 (a) menggambarkan sistem pengangkutan yang konvensional, dimana masing-masing pemasok mengantarkan bahan baku ke pabrik, sedangkan gambar 2.2 (b) menggambarkan sistem *milkrun*, dimana pengangkutan bahan baku dari sejumlah pemasok hanya dilakukan oleh satu kendaraan menuju ke pabrik.

2.3 Vehicle Routing Problem

Logistik mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap biaya dan keputusan suatu perusahaan, logistik juga berpengaruh untuk menghasilkan level pelayanan kepada konsumen yang berbeda-beda. Tujuan akhir manajemen logistik adalah mendapatkan sejumlah barang atau jasa yang tepat pada tempat dan waktu

yang tepat, serta kondisi yang diinginkan dengan memberikan kontribusi terbesar bagi perusahaan.

Untuk mencapai tujuan akhir manajemen logistik, diperlukanlah suatu sistem distribusi produk yang :

- Memastikan bahwa produk yang tersedia pada waktu dan jumlah yang tepat sesuai permintaan konsumen
- Memiliki kualitas yang terjamin
- Memperhatikan tingkat keselamatan dalam pendistribusiannya.

Suatu perusahaan harus dapat mengoptimalkan sistem distribusinya agar dapat bersaing dengan perusahaan sejenis lainnya. Salah satu caranya adalah dengan pengoptimalan transportasi. Salah satu permasalahan dalam transportasi adalah *Vehicle Routing Problems* (VRP).

Tujuan utama dari VRP adalah solusi yang optimal. Untuk sebuah permasalahan VRP berskala besar dimana terdapat banyak konsumen yang harus dilayani, maka upaya pencarian solusi yang optimal akan memakan waktu yang sangat lama. Hal ini dikarenakan VRP merupakan *NP-hard problems*, dimana waktu yang dibutuhkan untuk mencari solusi permasalahan bergerak secara eksponensial seiring dengan bertambahnya konsumen. Sehingga berkembanglah berbagai macam pendekatan heuristik yang mampu menghasilkan solusi yang mendekati optimal dan dalam waktu yang lebih cepat. Pendekatan heuristik ini terus berkembang dengan dibuatnya pendekatan ke dalam prosedur yang terkomputerisasi sehingga menjadi sangat aplikatif dan mudah digunakan. Penggunaan prosedur yang terkomputerisasi di dalam perencanaan proses pendistribusian telah mampu menghasilkan penghematan yang cukup signifikan, yaitu berkisar antara 5-20% biaya transportasi.¹⁰

Vehicle Routing Problems (VRP), pertama kali dikenalkan oleh Dantzig dan Ramser pada tahun 1959. VRP ini memegang peranan penting pada manajemen distribusi dan telah menjadi salah satu permasalahan dalam optimalisasi kombinasi yang dipelajari secara luas. VRP merupakan manajemen distribusi barang yang memperhatikan pelayanan, periode waktu tertentu,

¹⁰ Paolo Toth dan Daniele Vigo, *The Vehicle Routing Problem*, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, 2001, h.1

sekelompok konsumen dengan sejumlah kendaraan yang berlokasi pada satu atau lebih depot yang dijalankan oleh sekelompok pengendara, menggunakan *road network* yang sesuai. Solusi dari sebuah VRP yaitu menentukan sejumlah rute, yang masing-masing dilayani oleh suatu kendaraan yang berasal dan berakhir pada depotnya, sehingga kebutuhan pelanggan terpenuhi, semua permasalahan operasional terselesaikan dan biaya transportasi secara umum diminimalkan.

Karakteristik konsumen dalam VRP:

- Menempatkan *road graph* dimana konsumen berada
- Adanya *demand* dalam berbagai tipe dan harus diantarkan ke tempat konsumen
- Terdapat periode waktu (*time window*) dimana konsumen dapat dilayani
- Waktu yang dibutuhkan untuk mengantarkan barang ke lokasi konsumen (*loading time*), hal tersebut dapat berhubungan dengan jenis kendaraan
- Sekelompok kendaraan tersedia digunakan untuk melayani konsumen

Terdapat empat tujuan umum VRP, yaitu :

- Meminimalkan biaya transportasi global, terkait dengan jarak dan biaya tetap yang berhubungan dengan kendaraan
- Meminimalkan jumlah kendaraan (atau pengemudi) yang dibutuhkan untuk melayani semua konsumen
- Menyeimbangkan rute, untuk waktu perjalanan dan muatan kendaraan
- Meminimalkan penalti akibat *service* yang kurang memuaskan dari konsumen

Variasi permasalahan utama VRP yaitu¹¹:

- Setiap kendaraan memiliki kapasitas yang terbatas (*Capacitated VRP* CVRP)
- Setiap konsumen harus dikirim barang dalam waktu tertentu (*VRP with time windows-VRPTW*)
- Vendor menggunakan banyak depot untuk mengirim konsumen (*Multiple Depot VRP – MDVRP*)

¹¹ *Ibid.* hal.1

- Konsumen dapat mengembalikan barang-barang kembali ke depot (*VRP with pick up and delivering – VRPPD*)
- Konsumen dilayani dengan menggunakan kendaraan yang berbeda-beda (*Split Delivery VRP – SDVRP*)
- Beberapa besaran (seperti jumlah konsumen, jumlah permintaan, waktu melayani dan waktu perjalanan)
- Pengiriman dilakukan dalam periode waktu tertentu (*Periodic VRP-PVRP*)

2.4 *Vehicle Routing and Scheduling*

Vehicle routing and scheduling merupakan perluasan dari *vehicle routing problem*. Beberapa batasan yang realistis yang termasuk didalamnya adalah sebagai berikut¹² :

1. Masing-masing pemberhentian memiliki volume yang harus diambil dan dikirim.
2. Kendaraan yang digunakan mempunyai keterbatasan kapasitas yang berbeda baik kapasitas berat maupun volume.
3. Waktu perjalanan total yang diijinkan dalam satu rute sedikitnya adalah 8 jam sebelum waktu istirahat.
4. Pelaksanaan pengambilan maupun pengiriman hanya dapat dilakukan pada waktu tertentu (*time windows*).
5. Pengambilan hanya boleh dilakukan pada suatu rute setelah pengiriman selesai dilakukan.
6. Pengemudi diperbolehkan untuk istirahat atau makan siang pada satu waktu tertentu.

Batasan-batasan tersebut menambah kompleksitas permasalahan dan usaha yang lebih keras untuk mendapatkan solusi yang optimal. Namun, solusi yang baik dapat diperoleh dengan mengaplikasikan prinsip penjadwalan dan routing yang baik atau beberapa prosedur heuristik logis. Permasalahan penjadwalan dan *routing* adalah permasalahan di mana kendaraan berangkat dari depot, mendatangi

¹² R Ballou, Ronald H., *Business Logistic Management* 5th edition, 2004, hal 235

sejumlah pemberhentian untuk melakukan pengiriman dan kembali ke depot pada hari yang sama.

Pengembangan rute dan jadwal kendaraan yang bagus dapat dilakukan dengan mengaplikasikan delapan prinsip dasar berikut¹³

1. Mengisi truk sebanyak volume pemberhentian yang akan didatangi dimana titik-titik pemberhentian tersebut letaknya berdekatan satu sama lain.

Dalam membuat rute harus diperhatikan titik-titik pemberhentian yang memiliki kedekatan. Setelah itu titik-titik pemberhentian yang berdekatan perlu dibuat kelompok rute utk meminimumkan jarak antar pemberhentian, sehingga total waktu dalam satu rute menjadi minimum dengan demikian total waktu perjalanan dalam rute tersebut juga diminimumkan.

2. Titik-titik pemberhentian yang memiliki hari pengiriman yang berbeda-beda sebaiknya diatur untuk memperoleh pengelompokan yang lebih dekat.

Titik-titik pemberhentian yang memiliki hari pengiriman yang berbeda-beda harus dipisahkan untuk *routing* dan *scheduling* tiap harinya. Pembuatan rute dan penjadwalan harian juga harus menghindari pengelompokan yang tumpang tindih (*overlapping cluster*). Hal ini akan membantu meminimalkan jumlah truk yang dibutuhkan untuk melayani seluruh titik pemberhentian.

3. Dalam pembuatan rute dimulai dari titik pemberhentian terjauh dari depot agar mendapatkan rute yg efisien.

Rute yang efisien dapat dikembangkan dengan dimulai dari titik pemberhentian paling jauh dari depot ke titik yg paling dekat. Saat titik pemberhentian terjauh dari depot teridentifikasi, kapasitas yang tersisa dari kendaraan yang ditugaskan sebaiknya diisi dengan memilih sekelompok yang berdekatan dengan titik pemberhentian tersebut. Setelah kendaraan ditugaskan untuk volume titik-titik pemberhentian tersebut, mulailah membuat rute dgn kendaraan lain dan identifikasi titik-titik pemberhentian terjauh dari sisa titik-titik pemberhentian yg belum ditugaskan pada kendaraan. Terus lakukan prosedur ini sampai seluruh titik pemberhentian telah dituagaskan pada kendaraan.

¹³ Ibid h.235

4. Urutan pemberhentian pada sebuah rute sebaiknya membentuk pola air mata (*tear drop pattern*)

Hal ini ditujukan agar tidak ada jalur yang bersilangan. Batasan *time windows* dan pemberlakuan aturan pengambilan barang setelah seluruh pengiriman barang dilakukan, dapat mengakibatkan jalur rute yang bersilangan.

5. Rute yang paling efisien dibangun dengan menggunakan kendaraan dengan kapasitas terbesar.

Idealnya, penggunaan truk berkapasitas besar untuk melayani banyak titik pemberhentian dalam satu rute akan meminimalkan jarak tempuh kendaraan. Sehingga, truk dengan kapasitas terbesar harus dialokasikan terlebih dahulu.

6. Pengambilan barang (*pick up*) sebaiknya digabungkan dengan rute pengiriman barang (*delivery*), daripada pengambilan barang baru dilakukan setelah semua pengiriman dilakukan.

Hal ini guna meminimalkan jalur yg bersilangan yang dapat terjadi bila pengambilan dilakukan setelah seluruh pengiriman dilakukan

7. Titik pemberhentian yang terpisah dari pengelompokan rute adalah kandidat terbaik untuk penggunaan alat transportasi lain.

Titik pemberhentian yang terpisah dari pengelompokan, terutama titik pemberhentian dengan volume yang kecil, dilayani dengan waktu dan biaya yang relatif besar. Menggunakan kendaraan berkapasitas kecil untuk melayani titik pemberhentian tersebut dapat lebih ekonomis. Dan juga, menggunakan jasa angkutan transportasi dapat menjadi alternatif yang baik.

8. Batasan *time windows* titik pemberhentian yang berdekatan harus dihindari.

Batasan *time windows* yang sangat dekat di antara pemberhentian dapat memaksa pembentukan urutan pemberhentian jauh dari pola ideal. Oleh karena *time windows* tidak bersifat mutlak maka sebaiknya dilakukan negosiasi terhadap titik pemberhentian yang dipaksa untuk dilayani sesuai pola *routing* yg diinginkan.

2.5 Metode Penyelesaian *Vehicle Routing Problems*

Permasalahan untuk mendapatkan hasil solusi yang optimal dari pemecahan VRP (*Vehicle Routing Problems*) menjadi bertambah jika terdapat

penambahan kendala (*constraint*) pada kasus yang harus diselesaikan. Kendala-kendala tersebut antara lain batasan waktu (*time window*), jenis kendaraan angkut yang berbeda-beda kapasitas angkutnya, total waktu maksimum operator kendaraan melakukan pengiriman, hambatan-hambatan yang di perjalanan, waktu istirahat operator kendaraan ketika melakukan pengiriman dan lain sebagainya. Pada dasarnya terdapat 3 macam penyelesaian VRP:

a. Solusi eksak

Pada solusi eksak dilakukan pendekatan dengan menghitung setiap solusi yang mungkin sampai satu terbaik dapat diperoleh. *Branch and bound* dan *branch and cut* merupakan contoh dari penyelesaian eksak.

b. Heuristik

Metode Heuristik memberikan suatu cara untuk menyelesaikan permasalahan optimasi yang lebih sulit dan dengan kualitas dan waktu penyelesaian yang lebih cepat daripada solusi eksak. Contoh metode heuristik antara lain: *Saving Based*, *Matching Based*, *Multiroute improvement heuristic*, dll. Dari banyak pendekatan untuk memecahkan masalah VRP terdapat dua metode yang paling umum digunakan yaitu *sweep method* dan *savings method*.

c. Metaheuristik

Algoritma heuristik modern atau yang lebih dikenal dengan metaheuristik memecahkan masalah dengan melakukan perbaikan mulai dengan satu atau lebih solusi awal. Solusi awal ini bisa dihasilkan secara acak, bisa pula dihasilkan berdasarkan heuristik. Kualitas solusi yang dihasilkan dari metode ini jauh lebih baik daripada yang didapat heuristik klasik. Contoh metaheuristik adalah *genetic algorithm*, *simulated annealing*, *tabu search*, *ant colony system*, *differential evolution* dsb.

2.6 Algoritma Differential Evolution

2.6.1 Sejarah

Dalam bidang matematika dan komputasi, algoritma merupakan kumpulan perintah untuk menyelesaikan suatu masalah. Perintah-perintah ini dapat diterjemahkan secara bertahap dari awal hingga akhir. Masalah tersebut dapat berupa apa saja, dengan catatan untuk setiap masalah, ada kriteria kondisi awal

yang harus dipenuhi sebelum menjalankan algoritma. Algoritma sering mempunyai langkah pengulangan (iterasi) atau memerlukan keputusan (logika Boolean dan perbandingan) sampai tugasnya selesai¹⁴. Algoritma memiliki banyak kegunaan dimana salah satu kegunaannya adalah untuk permasalahan optimasi, sehingga algoritma jenis ini biasa disebut dengan algoritma optimasi. Algoritma banyak digunakan dalam pemecahan masalah optimasi karena pada umumnya di banyak kasus di dunia nyata, permasalahan yang timbul memiliki permasalahan yang sulit atau tidak mungkin dikerjakan dengan menggunakan teknik-teknik optimasi konvensional yang dikerjakan secara manual. Misalnya, dalam kebanyakan kasus berskala besar, permasalahan optimasi yang ada memiliki jumlah variabel yang sangat besar hingga mencapai ratusan, memiliki fungsi-fungsi, baik kendala maupun tujuan, yang bersifat non-linier sehingga memiliki banyak optima lokal, atau fungsi yang non-kontinu.

Algoritma optimasi memiliki jenis yang sangat banyak, namun menurut Wolpert dan Macready hingga saat ini belum ada suatu algoritma superior yang dapat menyelesaikan permasalahan. Selama empat dekade, belum ada penelitian yang dapat memberikan solusi algoritma yang terbaik, karena pada prakteknya masih banyak hambatan, seperti fungsi yang *non-differentiable*, non-kontinu, non-linear, multi-dimensi, memiliki banyak *constraint* (kendala), dan bersifat stokastik¹⁵. Hingga pada akhir tahun 1995, Storn dan Price menawarkan suatu terobosan baru, yaitu algoritma *Differential Evolution* (DE). DE pertama kali mulai dikembangkan ketika Price mencoba memecahkan permasalahan polynomial Chebyshev yang diajukan oleh Storn. Dalam mencoba memecahkan permasalahan tersebut, Price terinspirasi untuk menggunakan selisih dari vektor dalam mencari suatu solusi penyelesaian, hingga setelah melalui diskusi yang panjang dan simulasi dengan menggunakan program computer yang dilakukan oleh Storn dan Price, dikembangkanlah *Genetic Annealing* yang merupakan cikal bakal dari DE itu sendiri. DE merupakan algoritma yang masuk kedalam kelompok optimasi yang masuk ke dalam sub-kelompok algoritma evolusioner (EA). Sama seperti EA yang lainnya seperti *Genetic Algorithm* (GA), *Evolution*

¹⁴ Microsoft Encarta Premium 2006, Algorithm. (2005).Microsoft

¹⁵ Rasmus K. Urten, "Differential Evolution Made Easy", Technical Report no. 01,2005

Strategy, Learning Classifier System, dan lain-lain, DE memiliki konsep yang terinspirasi dari teori evolusi biologi, dimana di dalamnya terdapat reproduksi, mutasi, rekombinasi, dan seleksi.

DE pertama kali dijelaskan oleh Price dan Storn di ICSI *technical report* pada tahun 1995. Satu tahun kemudian, DE sukses didemonstrasikan di *First International Contest on Evolutionary Optimization* yang diadakan bersamaan dengan *International Conference on Evolutionary Computation* yang diadakan oleh IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) dan berhasil memenangkan tempat ketiga. Terinspirasi dari hasil tersebut, Price dan Storn menulis sebuah artikel untuk jurnal Dr. Dobbs ("*Differential Evolution: A Simple Evolution Strategy for Fast Optimization*") yang diterbitkan pada April 1997 dan selanjutnya mereka menerbitkan artikel lagi untuk *Journal of Global Optimization* ("*Differential Evolution: A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Space*"). Artikel-artikel ini memperkenalkan DE ke komunitas internasional dan mendemonstrasikan keunggulan yang dimiliki oleh DE dibandingkan dengan metode heuristik yang lainnya. Pada tahun 1999, Price membuat suatu ringkasan yang berisi penjelasan mengenai algoritma DE ini dalam bentuk buku yang berjudul "*New Ideas in Optimization*".

DE telah sukses diterapkan di berbagai bidang, baik teknik maupun sains, beberapa contoh diantaranya adalah:

- Desain *filter* digital (Storn, 1996)
- Pengambilan keputusan untuk produksi bahan bakar alkohol (Wang et al., 1998)
- Proses fermentasi untuk *lot size* tertentu (Chiou dan Wang, 1999)
- Perpaduan multi sensor (Joshi dan Sanderson, 1999)
- Optimasi dinamis untuk reaksi polimer yang terus-menerus (Lee et al., 1999)
- Optimasi pertukaran panas (Babu dan Munawar, 2000)
- Perencanaan persediaan (Srikanta dan Rambabu, 2003), dan lain-lain

2.6.2 Konsep Dasar

Seperti yang dijelaskan di atas, DE bekerja dengan meniru teori evolusi biologi. DE memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode optimasi klasik, diantaranya adalah:

- Memiliki populasi yang berisikan calon-calon penyelesaian
- Merupakan metode non-deterministik yang menghasilkan solusi-solusi yang berbeda meskipun model awalnya tidak dirubah, karena bekerja dengan menggunakan *random sampling*.
- Menggunakan elemen-elemen dari solusi-solusi yang telah ada untuk menciptakan solusi baru dengan cirri-ciri yang diwariskan dari elemen-elemen induknya.

Mirip dengan *Evolutionary Algorithm* lainnya, DE menggunakan vektor-vektor yang merepresentasikan kandidat-kandidat penyelesaian dimana teknik pencariannya dilakukan sekaligus atas sejumlah solusi yang disebut dengan populasi. Populasi awal (generasi ke nol) dibentuk dengan membangkitkan bilangan acak, sedangkan populasi berikutnya merupakan hasil evolusi dari vektor-vektor yang telah melalui tahap reproduksi, mutasi, rekombinasi, dan seleksi. Setiap individu didefinisikan sebagai vektor berdimensi-D dimana vektor-vektor tersebut dilambangkan sebagai $x_{i,g}$ yang merupakan anggota populasi pada generasi ke-g. Populasi dinotasikan sebagai P_x yang terdiri atas vektor-vektor tersebut yang berdimensi N_p dimana N_p merupakan ukuran populasi. Oleh karena itu, Populasi dan vektor yang menjadi calon-calon penyelesaian dapat dilambangkan ke dalam bentuk umum seperti berikut:

$$\begin{aligned} P_{x,g} &= (x_{i,g}), \quad i=0,1,\dots,N_p-1, \quad g=0,1,\dots,g_{\max} \\ x_{i,g} &= (x_{j,i,g}), \quad j=0,1,\dots,D-1 \end{aligned} \quad (2.3)$$

Pada setiap generasi, tiap individu calon penyelesaian akan melewati proses evaluasi dimana individu-individu tersebut akan membentuk vektor target dan dihitung fungsi objektifnya (atau seringkali disebut sebagai *fitness function*). Selain itu, individu-individu tersebut akan dilakukan proses mutasi dan pindah silang (*crossover*) agar dapat membentuk vektor *trial* yang digunakan untuk

membentuk populasi anak (populasi pada generasi selanjutnya). Populasi generasi selanjutnya akan dibentuk dengan cara membandingkan fungsi objektif dari vektor induk dan anak (vektor *trial*) dimana individu dengan nilai fungsi objektif yang terbaik akan lolos ke generasi selanjutnya. Proses tersebut akan terus diulang hingga kriteria terminasi terpenuhi.

2.6.3 Tahapan Pengerjaan

Dalam proses pencarian solusi, DE akan melalui tahapan-tahapan berupa inialisasi, mutasi, pindah silang, seleksi, dan terminasi. Secara garis besar, algoritmanya dapat dilihat pada gambar berikut ini.

Inialisasi
Evaluasi
Ulangi
Mutasi
Pindah silang
Evaluasi
Penyeleksian
Sampai (ditemukan kriteria terminasi)

Gambar 2.3. Algoritma *Differential Evolution*
(Sumber: Karaboga, 2004)

2.6.3.1 Inialisasi

Tahapan inialisasi merupakan penetapan parameter kontrol dan populasi awal (generasi ke-0). Tujuan penetapan parameter kontrol adalah untuk menemukan solusi yang dapat diterima melalui sejumlah evaluasi fungsi dan nantinya akan berdampak pada performa DE (efektifitas, efisiensi, dan ketangguhan). DE memiliki parameter kontrol yang tidak banyak, dimana hal ini merupakan salah satu keunggulan DE dibandingkan algoritma optimasi lainnya. Parameter kontrol pada DE diantaranya adalah ukuran populasi, parameter kontrol mutasi, dan parameter kontrol pindah silang.

Ukuran populasi (N_p) merupakan jumlah saluran populasi dalam satu generasi (berupa kolom matriks) yang nilainya tetap selama proses pencarian. Namun, jika proses pencarian mengalami hambatan, maka nilai dari N_p dapat dinaikkan. Umumnya, nilai dari $N_p = 10 \times D$, dimana D merupakan ukuran

dimensi (berupa baris matriks). Dimensi merupakan input parameter yang nilainya akan berubah-ubah selama proses pencarian solusi. Populasi awal (berisikan individu sejumlah N_p) yang diinisialisasikan, merupakan populasi solusi awal yang dapat diperoleh dari metode heuristik maupun diperoleh dengan pengambilan sampel secara acak.

Parameter kontrol mutasi (F) merupakan parameter kontrol bernilai bilangan asli positif yang berfungsi dalam mengendalikan tingkat evolusi dari populasi. Nilai efektif dari F umumnya berada pada kisaran $[0.4,1]$. Walaupun pada teorinya nilai dari parameter kontrol mutasi tersebut tidak memiliki batas atas (dapat lebih besar dari 1), sangat jarang nilainya lebih besar dari 1. Selain itu, nilai F yang lebih kecil dari 0.4 juga tidak efektif karena akan membawa vektor mutasi yang mendekati vektor target.

Parameter kontrol pindah silang (Cr) merupakan parameter yang digunakan dalam penentu pewarisan gen yang dimiliki oleh vektor target dan vektor mutasi dalam pembentukan vektor *trial* dengan cara membandingkannya dengan bilangan acak yang dibangkitkan pada proses pindah silang. Dengan kata lain CR mengendalikan operasi pindah silang. Nilai dari Cr ini berkisar pada antara $[0,1]$.

DE lebih sensitif terhadap pemilihan F daripada pemilihan CR . CR berperan sebagai *fine tuning element* (elemen penentuan), pada saat operasi pindah silang. Nilai CR yang tinggi, misal $CR=1$, mempercepat terjadinya konvergensi. Terkadang, untuk beberapa permasalahan, nilai CR perlu diturunkan supaya DE lebih *robust* (tangguh). CR untuk DE yang menggunakan pindah silang binomial (misalnya tipe DE/rand/1/bin) biasanya lebih tinggi daripada untuk DE yang menggunakan pindah silang eksponensial (misalnya DE/rand/1/exp). Umumnya N_p tidak berubah selama pencarian. Namun jika pencarian mengalami kondisi *stuck* maka N_p dapat dinaikkan, atau dengan menaikkan F . F yang berada pada rentang $[0.4,1]$ dinilai efektif.

Populasi awal yang diinisialisasikan merupakan populasi solusi awal. Solusi awal yang digunakan bisa diperoleh dari metode heuristik ataupun diperoleh secara acak. Populasi tersebut berisi individu sejumlah N_p .

Setelah menentukan parameter kontrol, maka dilakukan evaluasi dari populasi awal yang terbentuk. Evaluasi dilakukan dengan cara menghitung nilai dari fungsi objektifnya. Evaluasi ini dilakukan sebagai ukuran dalam menentukan karakteristik dari vektor pada generasi selanjutnya.

2.6.3.2 Mutasi

Setelah melakukan inisialisasi, proses selanjutnya adalah proses mutasi. Mutasi merupakan proses untuk membentuk vektor mutasi ($\mathbf{v}_{i,g}$) yang diperoleh dari mengalikan selisih dari dua vektor pada generasi sekarang yang dipilih secara acak dengan parameter kontrol mutasi (F) lalu dijumlahkan dengan vektor yang ketiga yang juga dipilih secara acak. Oleh karena itu, ukuran populasi minimal adalah empat. Rumus dari proses mutasi ini adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{v}_{i,g} = \mathbf{x}_{r0,g} + F \cdot (\mathbf{x}_{r1,g} - \mathbf{x}_{r2,g}) \quad (2.4)$$

2.6.3.3 Pindah Silang

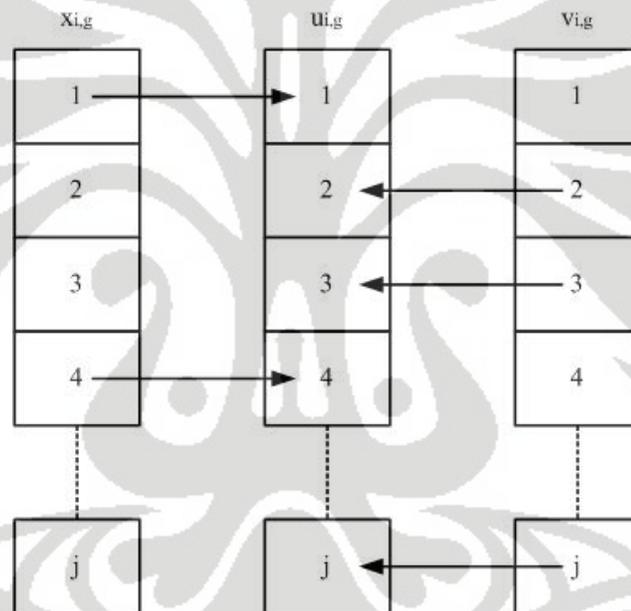
Untuk melengkapi proses mutasi, DE juga menggunakan proses pindah silang (*crossover*), atau terkadang disebut sebagai rekombinasi diskrit (*discrete recombination*)¹⁶. Pindah silang merupakan proses yang bertujuan untuk memperkaya keanekaragaman gen dalam populasi yang akan memasuki generasi yang berikutnya dengan menyilangkan gen yang dimiliki oleh populasi vektor mutan dengan populasi vektor target sehingga membentuk populasi vektor *trial*. Proses pindah silang ini melibatkan parameter kontrol pindah silang (Cr). Parameter kontrol pindah silang ini merupakan elemen yang menentukan gen-gen mana saja yang diperoleh dari vektor target dan mutan untuk diwariskan kepada vektor *trial*. Penentuan ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai Cr tersebut dengan bilangan yang dibangkitkan secara acak. Jika nilai Cr lebih besar dari bilangan acak, maka gen dari vektor mutasi akan lolos untuk memasuki vektor *trial*, sedangkan jika nilai Cr lebih kecil atau sama dengan bilangan acak,

¹⁶Price Kenneth V, Rainer M. Storn, Jouni A. Lampinen. (2005). *Differential Evolution: A Practical Approach to Global Optimization*. Germany: Springer.

maka gen dari vektor target yang akan lolos memasuki vektor *trial*. Berikut adalah formula umum dari proses pindah silang beserta representasi visualnya:

$$\mathbf{u}_{i,g} = u_{j,i,g} = \begin{cases} v_{j,i,g} & \text{if } (rand_j(0,1) \leq Cr \text{ or } j = j_{rand}) \\ x_{j,i,g} & \text{if } (rand_j(0,1) > Cr \text{ or } j \neq j_{rand}) \end{cases} \quad (2.5)$$

Setelah diperoleh populasi dari vektor *trial*, maka vektor *trial* itu akan dievaluasi nilai objektifnya sebagaimana evaluasi yang dilakukan terhadap vektor target dimana nilai ini digunakan pada proses selanjutnya, yaitu proses seleksi.



Gambar 2.4. Proses Terjadinya Pindah Silang

2.6.3.4 Seleksi

Tahapan ini merupakan tahapan dimana terjadi pemilihan antara vektor target dan vektor *trial* yang akan lolos untuk masuk ke generasi yang selanjutnya. Penyeleksian dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang merupakan hasil dari evaluasi nilai objektif pada vektor target dan vektor *trial*. Vektor yang akan lolos ke generasi selanjutnya adalah vektor yang memiliki nilai evaluasi yang terbaik seperti yang ditunjukkan oleh bentuk umum di bawah ini:

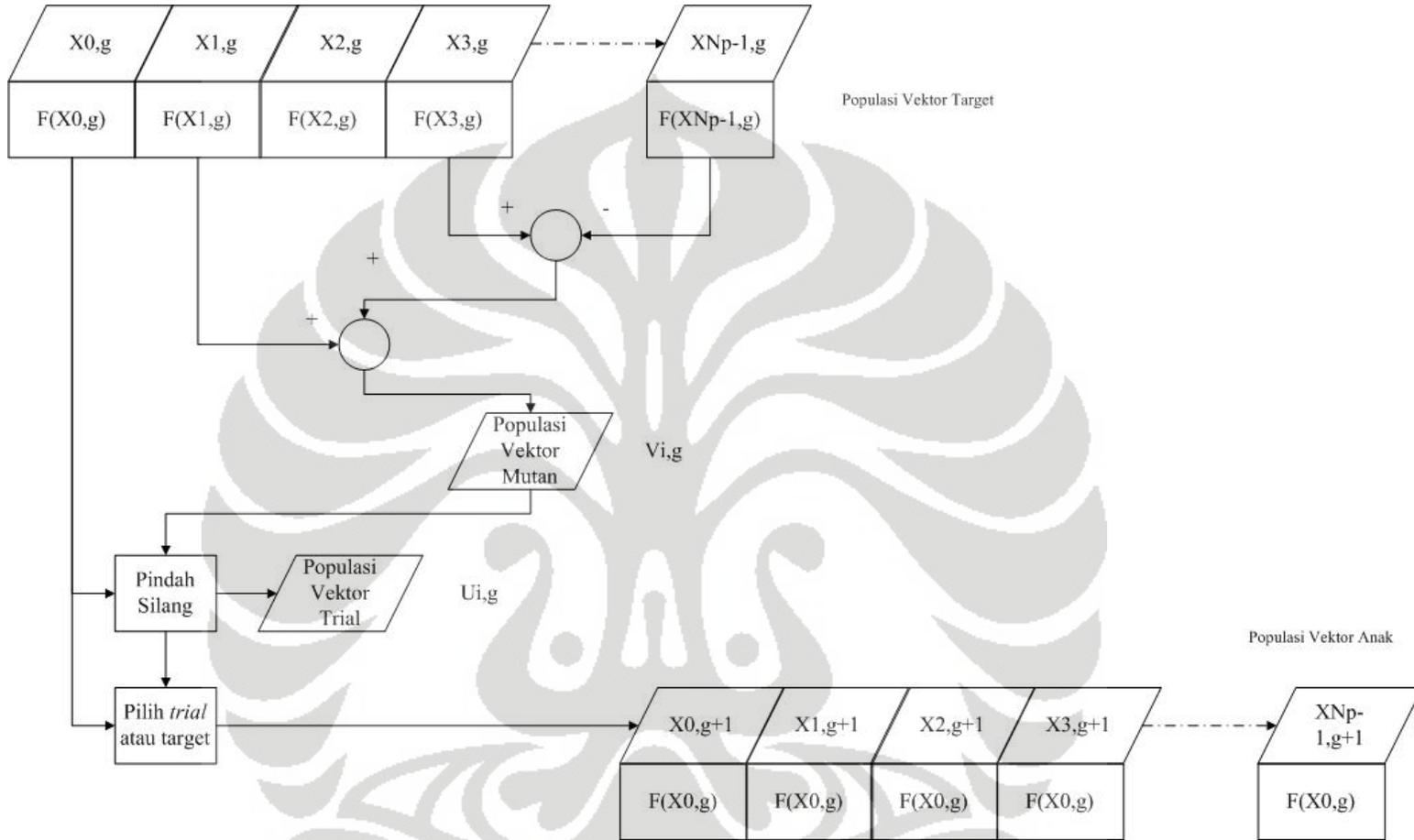
$$x_{i,g+1} = \begin{cases} u_{i,g} & \text{if } f(u_{i,g}) \leq f(x_{i,g}) \\ x_{i,g} & \text{if } f(u_{i,g}) > f(x_{i,g}) \end{cases} \quad (2.6)$$

2.6.3.5 Terminasi

Terminasi merupakan keadaan dimana proses pencarian solusi optimal berhenti. Terminasi terjadi ketika proses pencarian solusi optimal telah mencapai kriteria terminasi. Namun, bila kriteria terminasi belum terpenuhi, maka akan dibentuk lagi generasi baru dengan mengulangi langkah-langkah sebelumnya dari awal. Umumnya kriteria terminasi adalah sebagai berikut¹⁷:

- Jumlah iterasi maksimum
- Waktu komputasi maksimum
- Mencapai keadaan konvergen (nilai dari fungsi objektif yang optimal tidak lagi berubah)

¹⁷ Price, Kenneth V, Rainer M. Storn, Jouni A. Lampinen. (2005). *Differential Evolution: A Practical Approach to Global Optimization*. Germany: Springer.



Gambar 2.5. Tahapan Kerja DE

BAB 3

PROFIL PERUSAHAAN DAN PENGUMPULAN DATA

Pada bab ini akan dibahas mengenai data yang diperlukan dalam penyelesaian penelitian ini. Data yang digunakan dalam penyusunan penelitian tugas akhir ini merupakan data historis yang didapatkan langsung dari bagian *assembly plant* perusahaan tempat dilaksanakannya penelitian. Data tersebut merupakan data bulan Januari hingga Maret 2009. Data yang digunakan dalam penyusunan penelitian tugas akhir ini berupa:

- Data pemasok beserta alamatnya, dimana data pemasok yang digunakan adalah pemasok dalam wilayah bagian timur Jakarta (Cikarang, Cibitung, dan Karawang)
- Data komponen yang dikirim oleh pemasok, meliputi jenis, ukuran (volume) dan *cycle issue* pengirimannya.
- Data transportasi yang digunakan dalam pengangkutan barang, meliputi jenis, dimensi dan jumlah truk yang digunakan
- Waktu kerja perusahaan

3.1 Profil Perusahaan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan studi kasus pada perusahaan otomotif yang didirikan tahun 1992 di Indonesia sebagai sebagai agen tunggal pemegang suatu merek produk otomotif yang berasal dari Jepang. Sejarah awal berdirinya dimulai pada tahun 1907 di Osaka, Jepang. Kemudian produknya mulai memasuki pasar Indonesia pada tahun 1973 dan terus berkembang hingga akhirnya memiliki pabrik pengepresan plat baja dan pabrik mesinnya sendiri. Pada tahun 1998 perusahaan resmi memiliki empat pabrik yaitu pabrik pengepresan plat baja, mesin, pengecoran aluminium, dan perakitan.

Perusahaan memiliki filosofi yang disesuaikan dengan tuntutan jaman, yaitu:

- 1) Menjadi merek global yang dicintai di seluruh dunia.
- 2) Menjadi perusahaan yang memiliki kepercayaan diri dan kebanggaan, melalui produksi mobil yang inovatif dan terkemuka di era kita.

Perusahaan juga memiliki slogan baru di ulang tahunnya yang ke-100, “*Innovation for Tomorrow*”, yang menjadi komitmen perusahaan untuk selalu mewujudkan inovasi agar dapat bertahan di era globalisasi yang terus berkembang cepat dan menghasilkan produk yang dapat memberikan manfaat bagi masyarakat luas. Slogan baru ini merupakan aspirasi dari falsafah, visi dan prinsip-prinsip dasar tanggung jawab social serta rencana strategi global grup perusahaan untuk 100 tahun ke depan.

Sebagai agen tunggal pemegang merek produk otomotif di Indonesia, perusahaan berkomitmen untuk meningkatkan kepercayaan pelanggan melalui produk yang berkualitas tinggi, harga bersaing dan memenuhi kepuasan pelanggan. Hal ini selaras dengan visi dan misi perusahaan untuk menjadi produsen mobil compact dan memenuhi standar kualitas global.

Visi :

Menjadi nomor satu di pasar mobil *compact* di Indonesia dan sebagai basis utama produksi untuk grup perusahaan yang sama dengan standar kualitas pabrik Jepang.

Misi :

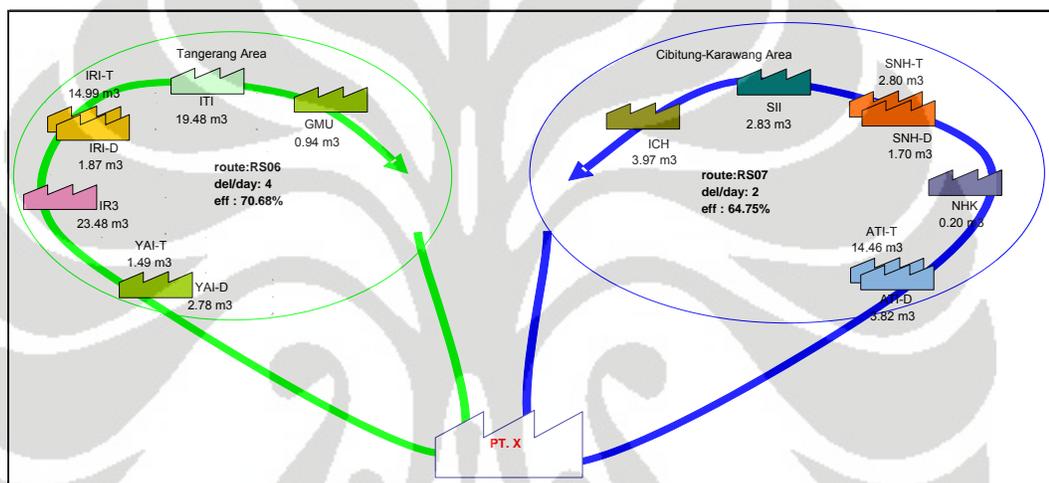
- 1) Kami memproduksi mobil dengan nilai terbaik dan menyediakan layanan terkait yang penting untuk meningkatkan nilai *stakeholders* dan ramah lingkungan.
- 2) Kami mengembangkan dan memberikan inspirasi kepada karyawan untuk mencapai kinerja tingkat dunia.

3.2 Sistem Pengiriman Komponen

Pengiriman komponen pada perusahaan selama ini secara garis besar masih terbagi menjadi dua, yaitu pengiriman komponen secara *direct supply* dan *milkrun*. Konsep *milkrun* adalah salah satu metode pengiriman komponen dari pemasok ke perusahaan dalam kegiatan eksternal logistik. Pada konsep ini, komponen yang seharusnya dikirimkan secara langsung oleh pemasok ke perusahaan, tidak lagi dikirimkan secara langsung, namun dijemput oleh perusahaan ke pemasok-pemasok yang bersangkutan. Pemasok yang dipilih adalah pemasok yang volume (m^3) pengirimannya relatif kecil dan berlokasi pada

suatu area tertentu. Penerapan konsep ini dapat mengurangi biaya transportasi yang dikeluarkan dan menurunkan frekuensi kedatangan truk pemasok ke perusahaan yang saat ini dapat mencapai 300 kali kedatangan. Dengan demikian, hal ini akan menghemat tempat parkir truk di perusahaan. Dalam melakukan penjemputan/pengambilan komponen, perusahaan menggunakan jasa transportasi yang disebut sebagai *Logistic Partner*.

Perhatikan Gambar 3.1 yang merupakan ilustrasi dari penerapan konsep *milkrun*.



Gambar 3.1 Contoh rute *Milkrun*

(Sumber: Perusahaan)

Berdasarkan gambar tersebut, terdapat dua rute *milkrun* yaitu rute daerah Tangerang dan rute daerah Cibitung-Karawang. Pada masing-masing area tersebut terdapat pemasok perusahaan.

Sebelum penerapan konsep *milkrun*, seluruh pengiriman komponen dilakukan secara langsung oleh masing-masing pemasok. Dengan penerapan konsep *milkrun*, pemasok tidak perlu lagi mengirimkan komponennya sendiri, tapi dijemput oleh *Logistic Partner* ke lokasi masing-masing.

3.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari perusahaan selama periode Maret 2009. Berikut ini adalah data-data yang dibutuhkan untuk menerapkan konsep *milkrun*:

- Daftar nama-nama pemasok dan lokasinya.
- Daftar komponen yang dikirimkan dari pemasok ke perusahaan beserta *lot size* komponen dan volume kotak yang digunakan dalam proses pengiriman.
- Tipe dan ukuran truk yang digunakan pemasok untuk mengirimkan komponen pesanan.
- NQC (*Necessary Quantity Calculation*), untuk memperoleh jumlah/volume kebutuhan komponen setiap harinya dari pemasok.
- Data spesifikasi kotak standar *milkrun*.
- Spesifikasi truk yang digunakan untuk pengiriman oleh *Logistic Partner* dengan ukuran 6.5m (P) x 2.35m (L) x 2.45m (T).
- Jumlah hari kerja dari *receiving area* pabrik (area penerimaan komponen).
- Jarak dan waktu tempuh truk dari pemasok sampai perusahaan.
- Data pendukung lainnya seperti biaya bahan bakar truk, jumlah *man power*, *loading* dan *unloading time*.

Data tersebut yang selanjutnya akan diolah sehingga dihasilkan data-data yang diinginkan seperti:

1. Efisiensi pengiriman dan efisiensi truk
2. Volume pengiriman per hari (m³), dll.
3. Jumlah truk yang diperlukan
4. Jarak tempuh armada pengangkutan (truk) yang paling minimum

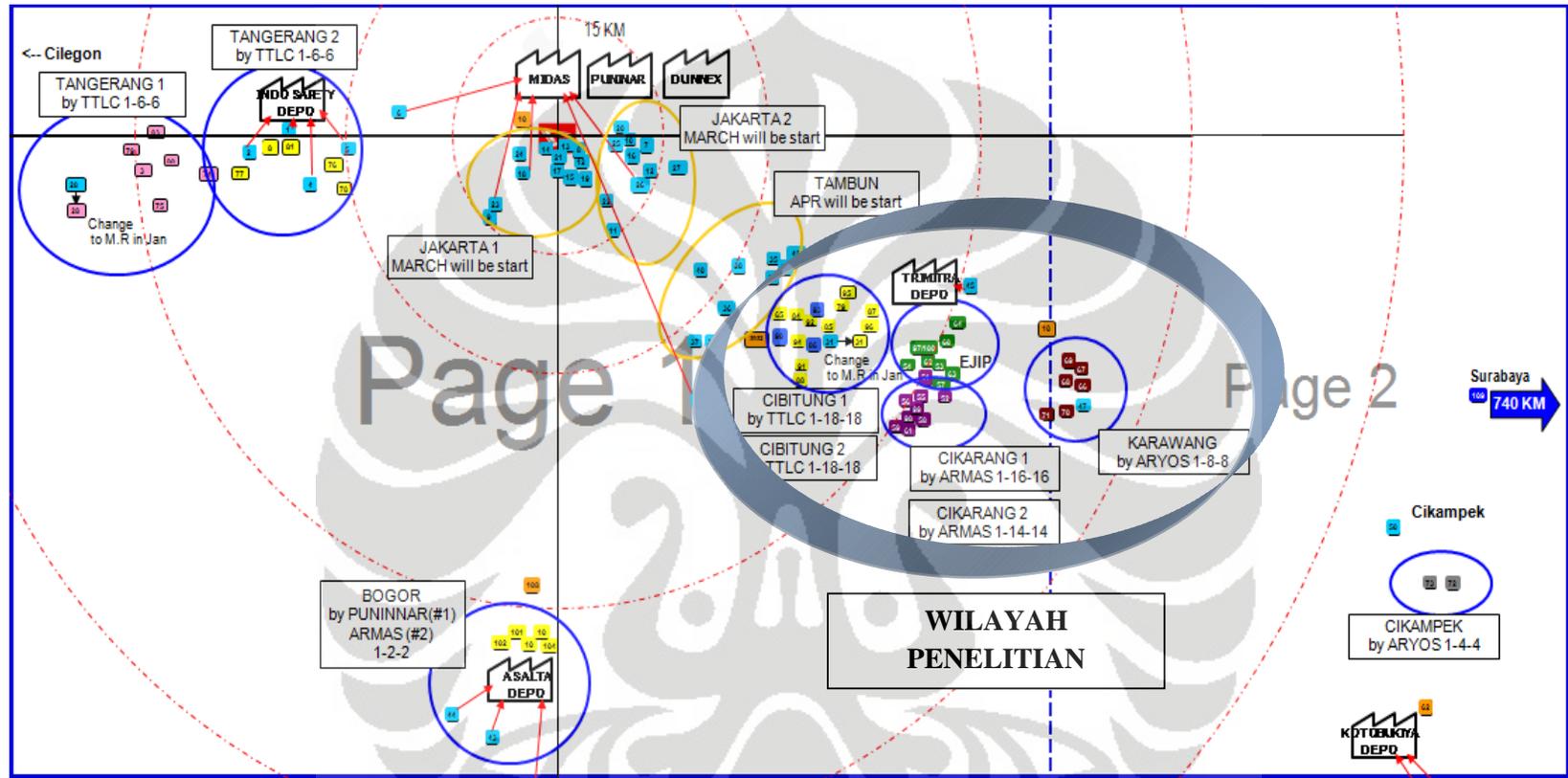
3.3.1 Data Pemasok

Terdapat tiga puluh pemasok yang berlokasi di wilayah Cibitung, Cikarang, dan Karawang sebagai wilayah dilakukannya penelitian. Ketiga puluh pemasok tersebut telah sesuai dengan criteria dan batasan yang telah ditentukan sebelumnya.

Tabel 3.1 Daftar Pemasok Wilayah Cikarang, Cibitung, dan Karawang

SUPPLIER	ADDRESS	AREA
ICH	Kawasan Industri MM2100 Blok LL No. 1, Cibitung, Bekasi	CIBITUNG
SII	MM2100 Industrial Town Blok NN No. 13, Cibitung, Bekasi	CIBITUNG
P. TOYO	Kawasan Industry MM2100 Blok H4-3, Cibitung, Bekasi	CIBITUNG
NTC	MM2100 Industrial Town Blok J-12,14,15, Cibitung, Bekasi	CIBITUNG
CHI	Jl. Inspeksi Tarum Barat, Cibitung, Bekasi	CIBITUNG
DELA	Jl. Haji Saimun No. 36, Cibitung, Bekasi	CIBITUNG
EXCEL	Jl. Akses Tol Cibitung No. 82, Cibitung, Bekasi	CIBITUNG
JVC	Jl. Akses Tol Cibitung NO.82 Bekasi	CIBITUNG
SGTY	Kawasan Industri MM2100 Jl. Bali I Blok J-No.17-20 Cibitung	CIBITUNG
TTI	Jl. Irian V Blok KK No.8 Kawasan Industri MM2100 Cibitung	CIBITUNG
SEIWA	Blok M-2-2, Kawasan Berikat, Bekasi	CIBITUNG
SGS	Desa Cibuntu Cibitung Bekasi	CIBITUNG
ALLTRY	Jl. Meranti II Blok L3-5 Cikarang 1755	CIKARANG
ARM	Bekasi Internasional Industrial Estate Blok C-1 No.3 Lemah Abang	CIKARANG
AISAN	East Jakarta Industrial Estate, Bekasi	CIKARANG
ASNO	EJIP industrial park plot.8c/B1 dan B2, Cikarang	CIKARANG
NITTO	Ejip Plot 8K-2, Lemah Abang, Cikarang, Bekasi	CIKARANG
AISIN	East Jakarta Ind. Estate Plot 5J	CIKARANG
NMCH	EJIP 17000 Bekasi	CIKARANG
TSCM	Jl. Kruing III Blok L8 No.3 Cikarang Selatan, Bekasi 17550	CIKARANG
SNH	Jl. Inti II Blok C-4 No.10 Kawasan Industri Hyundai Cikarang	CIKARANG
STEP	Jl. Jababeka Raya Blok F No. 33, Cikarang Industrial Estate	CIKARANG
MTM	Jl. Jababeka VI Blok H-3 No 12, Kawasan Industri Cikarang	CIKARANG
SHW	Jl. Jababeka Raya Cikarang Industrial Estate, Bekasi	CIKARANG
3M	Jl. Jababeka raya VI blok J6N Jababeka. Cikarang, Bekasi	CIKARANG
CHM	Jl. Jababeka Raya Blok F No. 19-28 Kws. Industri Jababeka	CIKARANG
ADK	Jl. Jababeka IV S.F.B Blok V No. 81 B Cikarang Industrial Estate	CIKARANG
ATI	Jl. Maligi III H1-5, Kawasan Industri KIIC, Karawang	KRWNG
KBI	Jl.. Maligi III Lot F-9 Kawasan KIIC, Karawang	KRWNG
MINDA	Jl. Permata Raya Lot CA 7 Kawasan Industri KIIC Karawang 41361	KRWNG

(Sumber: Perusahaan)



Gambar 3.2 Peta Pemasok Perusahaan Wilayah Jabotabek

(Sumber: Perusahaan)

3.3.2 Volume Pemesanan

Data permintaan yang dianalisa berdasarkan pada *component part list (CPL) order* bulan Maret 2009 untuk pabrik perakitan 1 (*assy 1*). Dari data tersebut dapat diperoleh jumlah kebutuhan per hari setiap jenis komponen untuk setiap pemasok. Jumlah komponen per kanban untuk setiap komponen berbeda-beda. Sejumlah komponen per kanbannya dimuat dalam satu kotak, dengan kata lain satu kanban adalah satu kotak komponen.

Setiap jenis komponen memiliki spesifikasi yang berbeda-beda sehingga jenis dan ukuran kotak yang digunakan untuk memuat komponen juga berbeda-beda. Meskipun begitu, pemasok harus menyesuaikan pola pengiriman dengan skid yang telah disediakan oleh pabrik perakitan, yaitu penyusunan kotak dengan volume maksimum 1m^3 .

Tabel 3.2 Daftar Volume Pesanan Komponen Per Pemasok

SUPPLIER CODE	vol/day (m ³)	cycle issue	vol/cycle (m ³)	SUPPLIER CODE	vol/day (m ³)	cycle issue	vol/cycle (m ³)
1	122.349	18	6.797167	16	105.798	16	6.612375
2	41.753	4	10.43825	17	0.069	1	0.069
3	6.444	4	1.611	18	12.871	12	1.072583
4	79.946	12	6.662167	19	8.37	4	2.0925
5	24.073	12	2.006083	20	1966.799	14	140.4856
6	18.052	2	9.026	21	190.017	10	19.0017
7	21.527	12	1.793917	22	0.046	6	0.007667
8	7.761	4	1.94025	23	3.177	4	0.79425
9	119.112	6	19.852	24	16.966	12	1.413833
10	0.046	1	0.046	25	2.799	4	0.69975
11	0.175	2	0.0875	26	0.232	1	0.232
12	2.335	2	1.1675	27	1.708	1	1.708
13	1.633	2	0.8165	28	40.113	6	6.6855
14	0.29	1	0.29	29	84.643	6	14.10717
15	2.101	2	1.0505	30	0.35	1	0.35

3.3.3 Waktu

Waktu merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan rute. Data waktu yang merupakan bagian dari waktu rute adalah waktu perjalanan, waktu proses *loading* dan *unloading* baik di gudang pemasok maupun di area penerimaan pabrik perakitan. Waktu rute harus berada dalam dalam waktu kerja perusahaan maupun waktu kerja pemasok.

3.3.3.1 Jam Kerja Perusahaan dan Pemasok

Waktu kerja perusahaan dibagi menjadi dua shift, yaitu shift pagi dan shift malam. Tabel berikut menunjukkan rincian waktunya.

Tabel 3.3 Waktu Kerja

Shift Kerja	Waktu Kerja (Jam)
1. Shift Pagi	07.00-16.00
2. Shift Sore	20.30-05.30
Total jam kerja	2 x 9 jam

Waktu kerja operator adalah satu shift, yaitu 9 jam per hari. Waktu kerja di selain waktu kerja tersebut di atas merupakan wakt lembur.

Oleh karena perusahaan menerapkan sifat pengiriman yang JIT, maka jam kerja pemasok mengikuti jam kerja perusahaan.

3.3.3.2 Waktu *loading* dan *unloading*

Waktu *loading* dan *unloading* dalah waktu yang diperlukan untuk handling barang. Proses ini dilakukan baik di gudang pemasok maupun di pabrik perakitan milik perusahaan. Proses handling barang di gudang pemasok adalah menurunkan kotak kosong yang dibawa dari pabrik perakitan (*assy 1*) dddan menaikkan kotak berisi komponen ke atas truk untuk dibawa kembali ke pabrik. Jumlah kotak kosong yang diturunkan dan jumlah kotak berisi komponen yang dinaikkan ke dalam truk berjumlah sama, hal ini disebabkan karena pola permintaan *per-cycle*

yang merata (*heijunka part's ordering*). Dengan begitu luas dan volume ruang yang dibutuhkan setiap pemasoknya adalah sama baik sebelum maupun sesudah proses *loading* dan *unloading* di gudang pemasok.

Waktu *loading* dan *unloading* ditetapkan dengan menggunakan perhitungan lamanya waktu penggunaan *forklift* untuk mengambil dan meletakkan skid yang berisi kotak komponen dikalikan dengan jumlah skid yang harus dipindahkan kemudian dijumlahkan dengan 15 menit sebagai waktu *allowance*. Persamaan untuk menghitung waktu *loading* dan *unloading* adalah sebagai berikut:

$$t = \{(0.7 \times 2) \times n\} + 15 \quad (3.1)$$

t = waktu *loading/unloading* yang diperlukan

n = jumlah skid yang harus dipindahkan



Gambar 3.3 Kegiatan *Unloading*

3.3.4 Armada Pengiriman

Armada pengiriman yang digunakan oleh perusahaan adalah sama, semuanya dengan spesifikasi:

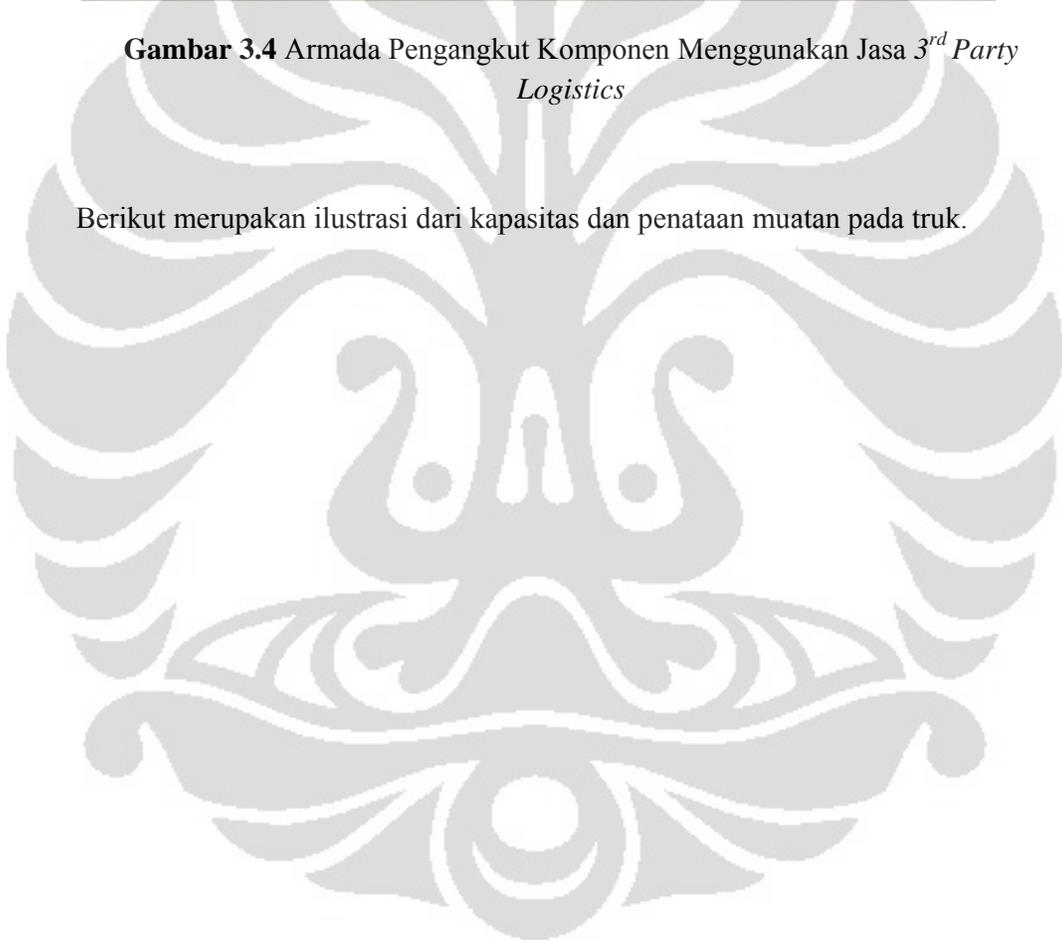
- ❖ Dimensi Truk : 6.5 x 2.45 x 2.35 m
- ❖ Kapasitas muatan Truk : 24 m³

Truk dapat memuat 24 skid (standar yang digunakan oleh perusahaan).



Gambar 3.4 Armada Pengangkut Komponen Menggunakan Jasa *3rd Party Logistics*

Berikut merupakan ilustrasi dari kapasitas dan penataan muatan pada truk.



Gambar 3.5 Ilustrasi Penataan Komponen Dalam Truk**Gambar 3.6** *Packaging* skid

Penyusunan dan *packaging* skid harus sesuai aturan supaya dalam penataan di dalam truk dapat efektif. Gambar 3.6 (a) menunjukkan *packaging* skid yang salah karena penataan tidak rata, sehingga skid sudah tidak dapat diberi tumpukan lagi di atasnya. Gambar 3.6 (b) adalah contoh *packaging* skid yang benar. Permukaannya rata sehingga dapat diberi tumpukan dan sesuai aturan.

Kapasitas muatan kendaraan dinyatakan dalam satuan m^3 dan dikonversikan dalam skid karena pengiriman produk dilakukan dengan menggunakan wadah berupa skid. Skid memiliki ukuran dimensi yang sama, yaitu $1 \times 1 \times 1$ m.

3.3.5 Jarak

Data jarak yang dikumpulkan adalah jarak antara pabrik perakitan dengan masing-masing pemasok dan jarak antara pemasok beserta waktu tempuhnya. Pengambilan data jarak ini dilakukan dengan menggunakan bantuan peta digital, dan data sekunder yang diperoleh dari sumber. Peta digital yang digunakan merupakan aplikasi yang dikeluarkan oleh Google, yaitu Google Maps (www.maps.google.com). Dengan salah satu *tool*-nya yaitu *distance measurement tool* yang dapat digunakan untuk mengukur jarak antara dua titik yang berada di peta dan hasilnya cukup akurat. Pengukuran jarak ini dilakukan dengan menandai lokasi-lokasi yang akan dicari jaraknya, kemudian mengaktifkan aplikasi *route*

based on fastest time. Pemilihan aplikasi ini dengan pertimbangan bahwa *fastest time* dipilih berdasarkan pemilihan rute yang melewati jalan tol, dimana armada pengangkutan pasti akan melewati jalan tol.

Pemilihan jalan yang menggabungkan dua titik tertentu dilakukan dengan pertimbangan waktu tempuh tercepat dan juga kondisi atau karakteristik jalan (tingkat kemacetan). Kemudian, diasumsikan jarak tempuh dari titik A ke titik B sama dengan jarak tempuh dari titik B ke titik A, sehingga matriks jarak yang dihasilkan akan simetris.

Matriks jarak dan waktu antara pabrik ke masing-masing supplier dapat dilihat pada bagian lampiran.

3.3.6 Biaya Kendaraan

Biaya sewa untuk masing-masing jenis kendaraan dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu sewa per perjalanan atau dengan sewa per bulan (kontrak). Berikut adalah tingkat harga yang dikenakan untuk penyewaan truk.

Tabel 3.4 Biaya Sewa Kendaraan

Jarak Tempuh	Biaya Sewa Truk
≤ 50 km	Rp. 350.000
50-100 km	Rp. 500.000
100 km \geq	Rp. 600.000

Untuk penyewaan secara kontrak per bulan, biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan adalah Rp. 10.000.000 / bulan. Namun saat ini perusahaan menerapkan sistem sewa truk kepada logistic partners berdasarkan sewa per perjalanan.

BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

Pengolahan data dilakukan dengan mengacu pada prosedur pengolahan data yang sudah dijelaskan pada Bab 3. Pengolahan data yang dimaksudkan pada bab ini adalah pengolahan data untuk mengetahui bagaimana pencapaian pola rute yang optimum dengan meminimalkan jarak dan penggunaan kendaraan pengangkut komponen (truk) pada penelitian ini. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan algoritma *Differential Evolution* untuk mencapai hasil yang paling optimal.

Data yang digunakan dalam penelitian ini dilampirkan di halaman lampiran dan merupakan data sekunder yang didapat dari sumber dimana penelitian dilaksanakan.

4.1 Penyusunan Algoritma

Penyelesaian kasus optimasi pada penentuan rute *milkrun* dilakukan menggunakan algoritma *differential evolution*. Untuk penulisan algoritma tersebut dilakukan menggunakan program *Visual Basic for Application (VBA) Microsoft Excel*. Untuk *source code* VBA dapat dilihat pada lampiran.

Microsoft Office Excel 2007 merupakan salah satu produk *Microsoft* untuk membuat aplikasi *spreadsheet* yang terkenal dengan kemudahan dan keandalannya. Berbagai fasilitas disediakan untuk melakukan pengembangan aplikasi. Salah satu fasilitas penting yang dimiliki oleh *Microsoft Excel* adalah VBA. Fasilitas VBA dapat digunakan untuk melakukan otomatisasi, sehingga dalam penyelesaian pekerjaan yang bersifat rutin dapat dilakukan dengan lebih mudah dan lebih cepat. Selain itu, VBA dapat melakukan modifikasi terhadap program *Microsoft Excel* sesuai kebutuhan.

Beberapa alasan mengapa digunakan *VBA Ms. Excel* dalam menuliskan *source code* adalah sebagai berikut:

1. *Microsoft Office*, terutama *Ms. Excel* sudah banyak diketahui dan digunakan, terutama pada perusahaan. Hal ini membuat proses pembuatan

aplikasi oleh *programmer* maupun pemakaian aplikasi penjadwalan oleh *user* akan lebih mudah dan cepat dimengerti tanpa harus menginstalasi ulang perangkat lunak lain.

2. VBA merupakan bahasa pemrograman yang dimiliki oleh *Microsoft Office*. Dengan demikian, VBA dan *Microsoft Excel* mempunyai keterkaitan yang erat satu dengan yang lainnya yang menyebabkan interaksi antar keduanya sangat cepat dan mudah. VBA dapat mengambil data yang terdapat pada *cells* yang terdapat di *Ms.Excel* maupun menampilkan output pada *Ms.Excel*.
3. Dalam penyusunan data menggunakan banyak tabel. Untuk itu, VBA *Excel* sangat cocok digunakan karena *Excel* sangat tangguh dalam membuat aplikasi *spreadsheet*.
4. Bahasa pemrograman VBA sangat mudah digunakan dan dimengerti.

Langkah-langkah dalam penyusunan algoritma *Differential Evolution* dalam penelitian ini adalah seperti pada penjelasan berikut ini dan diagram alir pada Gambar 4.1:

1. Penetapan parameter kontrol

Parameter kontrol yang perlu ditetapkan nilainya dalam permasalahan optimasi jarak tempuh dengan menggunakan algoritma DE ini terdiri dari tiga parameter kontrol, yaitu ukuran populasi, parameter kontrol mutasi dan parameter kontrol pindah silang. Parameter ukuran populasi merupakan parameter untuk menentukan jumlah solusi awal. Pada masalah ini, ukuran populasi ditetapkan sebesar 2 kali jumlah konsumen. Hal ini dilakukan untuk mempercepat waktu program dalam menentukan populasi awal.

Parameter kontrol yang dipergunakan dalam permasalahan optimasi jarak tempuh dengan menggunakan algoritma DE ini ditentukan berdasarkan hasil studi literatur yang didapatkan dari jurnal utama yang digunakan untuk penelitian ini. Parameter kontrol yang digunakan adalah: ukuran populasi (NP) = 60 (2 kali jumlah dimensi/pemasok); operator

mutasi (F) = 0.4; dan operator pindah silang (CR) = 0.5^{18} . Untuk memastikan bahwa kedua nilai parameter tersebut memang yang terbaik, maka dilakukan percobaan untuk membuktikannya.

Percobaan dilakukan untuk nilai efektif F , yaitu antara 0.4-1 dan nilai efektif CR , yaitu 0-1. Bila hasil percobaan menunjukkan bahwa nilai $F=0.4$ dan $CR=0.5$ memang hasil terbaik, maka proses pengolahan data akan terus menggunakan parameter ini. Namun, bila ternyata terdapat nilai lain yang lebih baik, maka nilai hasil percobaan tersebut yang akan digunakan untuk mengolah data. Hasil percobaan ini dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Percobaan Penentuan Parameter

Parameter	Computation Time	Hasil		Parameter	Computation Time	Hasil			
		Jarak	Waktu			Jarak	Waktu		
F= 0.4	CR= 0.5	18.38	6847.10	13418.00	F= 0.8	CR= 0.8	15	7065.80	13753.60
	CR= 0.6	18.4	7016.50	13428.60		CR= 0.9	15.1	7048.40	13518.80
	CR= 0.7	17.32	7374.00	14558.00		CR= 0.7	14.44	7210.70	14054.00
	CR= 0.8	14.31	7246.20	14194.20		CR= 0.8	14.06	7334.00	14471.20
	CR= 0.9	12.4	7146.20	14193.20		CR= 0.9	7.27	7214.10	14066.40
	CR= 1	12.3	6917.20	13678.60		CR= 1	7.53	7318.70	14134.80
F= 0.5	CR= 0.5	15	7055.80	13743.60	F= 0.9	CR= 0.5	17.13	7514.70	14819.80
	CR= 0.6	15.1	7047.40	13517.80		CR= 0.6	16.64	8102.40	13964.00
	CR= 0.7	14.44	7209.70	14053.00		CR= 0.7	15.01	7861.90	13385.40
	CR= 0.8	14.06	7338.90	14471.20		CR= 0.8	13.89	7997.10	13743.00
	CR= 0.9	7.27	7214.10	14066.40		CR= 0.9	7.47	7314.60	14335.40
	CR= 1	6.45	7318.70	14134.80		CR= 1	7.67	7550.40	14996.80
F= 0.6	CR= 0.5	17.53	7514.70	14719.80	F= 1.0	CR= 0.5	15.12	7847.10	13418.00
	CR= 0.6	15.01	7102.40	13954.00		CR= 0.6	15.66	8016.50	13428.60
	CR= 0.7	11.58	6861.90	13285.40		CR= 0.7	12.31	7974.00	14958.00
	CR= 0.8	7.27	6997.10	13749.00		CR= 0.8	9.23	7946.20	14944.20
	CR= 0.9	6.49	7314.60	14335.40		CR= 0.9	8.23	7846.20	14193.20
	CR= 1	6.29	7350.4	14296.8		CR= 1	7.67	7917.20	13678.60
F= 0.7	CR= 0.5	15.01	6987.10	13747.00					
	CR= 0.6	11.01	7324.60	14345.40					
	CR= 0.7	7.53	7352.4	14299.8					
	CR= 0.8	7.27	7122.40	14954.00					
	CR= 0.9	6.49	7861.90	14285.40					
	CR= 1	6.29	7714.70	14719.80					

¹⁸ Cao Erbao, L. Mingyong & N. Kai, *A differential evolution & genetic algorithm for vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up and time windows*. July, 2008

Dari tabel 4.1 terlihat bahwa parameter $F=0.4$ dan $CR=0.5$ memberikan hasil yang paling baik, walaupun tidak terlalu signifikan. Kombinasi dari dua parameter ini sebenarnya menghasilkan *computation time* yang cukup lama, jika dibandingkan dengan penggunaan CR yang lebih besar. Namun, karena penelitian ini tidak memiliki batasan waktu, maka yang lebih dipertimbangkan adalah hasil yang diperoleh. Jadi, parameter $F=0.4$ dan $CR=0.5$ akan digunakan seterusnya dalam pengolahan data.

2. Menentukan populasi awal

Langkah selanjutnya adalah membentuk populasi awal. Populasi awal merupakan sebuah matriks yang berisikan sejumlah individu awal. Dalam kasus VRP, setiap individu awal akan merepresentasikan jumlah rute untuk melayani seluruh konsumen dan urutan pengantaran di setiap rute tersebut.

Populasi awal dapat dicari secara acak atau dengan menggunakan pendekatan heuristik. Untuk menyederhanakan program, maka populasi awal pada masalah ini didapatkan secara acak. Setiap individu awal dicari dengan rumus:

$$\text{batas_bawah} + (\text{batas_atas} - \text{batas_bawah}) \times \text{bilangan acak} \quad (4.1)$$

di mana, $\text{batas_bawah} = -1$; $\text{batas_atas} = 1$ sesuai dengan yang ditetapkan pada jurnal Tasgetiren et al (2004).

Individu tersebut berupa vektor berdimensi 30 (jumlah pemasok), yang setiap dimensinya memiliki nilai berdasarkan rumus di atas. Karena populasi terdiri dari 60 individu dan setiap individu terdiri dari 30 dimensi, maka populasi awal merupakan matriks berukuran 30x60. Pada algoritma DE ini, definisi individu dan vektor adalah serupa, dan dapat pula diartikan sebagai kromosom. Individu awal tidak merepresentasikan urutan rute, dengan demikian perlu dikonversikan ke dalam vektor operasi permutasi.

Nilai dimensi ke-1 hingga ke-30 individu awal masih acak susunannya. Karena itu untuk setiap individu awal perlu dilakukan

pengurutan nilai dimensi dari yang terkecil hingga yang terbesar. Pengurutan tersebut akan menghasilkan vektor berdimensi 30 yang nilai setiap dimensinya berupa indeks hasil pengurutan. Misalnya, tiga nilai dimensi terkecil pada individu awal adalah 24, 48, dan 72, yang secara berturut-turut terdapat pada dimensi ke-7, dimensi ke-29, dan dimensi ke-2, maka nilai dimensi ke-1, dimensi ke-2, dan dimensi ke-3 pada vektor operasi mutasi berturut-turut adalah 7, 29, dan 2. Nilai dimensi ke-4 hingga ke-30 pada vektor operasi mutasi diperoleh dengan melanjutkan prosedur tersebut. Proses berlaku pada keseluruhan 60 individu, hingga hasilnya adalah matriks berukuran 30 X 60.

3. Menentukan fungsi objektif

Agar tujuan penelitian ini tercapai yaitu mengoptimasikan jarak tempuh kendaraan dalam pengambilan komponen dengan sistem *milkrun*, maka ditentukan fungsi objektif untuk meminimalkan jarak tempuh total dari semua kendaraan (truk) sebagai berikut:

$$\min Z = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_t a_{ij} x_{ijkt} \quad (4.2)$$

dengan, a_{ij} = jarak dari titik i ke titik j

$$x_{ijkt} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$$

Fungsi integer di atas menunjukkan terhubung atau tidaknya titik i dan j oleh truk k pada periode t . Nilai 0 menunjukkan tidak terhubungkannya titik i dan j , sedangkan nilai 1 menunjukkan bahwa titik i dan titik j terhubung oleh truk k pada periode t .

dengan :

$$\begin{aligned} i &= 0, 1, \dots, 30 & k &= \text{infinite} \\ j &= 1, 2, \dots, 30, 0 & t &= 1, 2, 4, \dots, 16, 18 \end{aligned}$$

Terdapat beberapa kendala yang tidak dapat dilanggar dalam pencarian solusi optimal pada penelitian ini, yaitu:

- Truk yang masuk ke titik i akan keluar lagi dari titik i

$$\sum_j \sum_t x_{jikt} = \sum_j \sum_t x_{ijkt} \quad \forall i, k; i \neq j \quad (4.3)$$

- Jumlah muatan truk k pada periode t tidak melebihi kapasitas angkutnya

$$\sum_i \sum_j b_i x_{ijkt} \leq K \quad \forall k, t \quad (4.4)$$

Dengan, b_i = volume muatan titik i

K = kapasitas truk (24 m^3)

- Terdapat C_i *cycle issue*

$$\sum_j \sum_k x_{ijkt} = C_i \quad \forall i; i \neq 0 \quad (4.5)$$

Dengan C_i = jumlah *cycle issue* titik i

4. Evaluasi

Individu awal tidak merepresentasikan urutan rute, sehingga tidak dapat dievaluasi secara langsung untuk menghitung fungsi tujuan. Pengevaluasian dilakukan dengan cara menghubungkan vektor tersebut dengan data pesanan (volume pengantaran), sehingga fungsi tujuan dapat dihitung. Pengevaluasian ini dimaksudkan untuk mengetahui individu manakah pada generasi awal yang memiliki nilai jarak tempuh terkecil.

5. Proses mutasi

Proses mutasi merupakan proses utama dari algoritma *Differential Evolution*, karena individu-individu berevolusi pertama-tama dengan cara mengalami mutasi. Mutasi ini menekankan perbedaan nilai atau selisih sepasang vektor (vektor b dan vektor c) yang memunculkan *difference vector*. Itulah mungkin yang menyebabkan algoritma ini dinamakan Algoritma *Differential Evolution*. *Difference vector* tersebut akan dikalikan dengan operator mutasi (F), yang hasilnya kemudian dijumlahkan dengan vektor target.

$$\text{Individu mutan} = a + (b-c) * 0.4 \quad (4.6)$$

Proses mutasi dianggap sangat penting, sehingga penentuan operator mutasi pun sangat dipentingkan. Pada dasar teori dikemukakan bahwa nilai F berada pada rentang 0 sampai 2, dan nilai F yang berkisar antara 0.4 sampai 1 dinilai efektif. Menurut analisis yang dilakukan, hal

tersebut dinilai efektif karena dengan rentang sebesar itu maka perpindahan vektor target tidak terlalu besar ataupun terlalu kecil. Jika F lebih dari 1 maka perpindahan vektor target akan besar, bahkan bisa melewati batas fungsi objektif. Jika F kurang dari 0.4 maka perpindahan vektor target akan sangat kecil bahkan terkesan tidak mengalami perpindahan sehingga dapat mengakibatkan kondisi *stuck*. Itulah sebabnya jika mengalami kondisi *stuck* disarankan untuk memperbesar nilai F atau NP.

6. Proses pindah silang

Pindah silang ini merupakan rekombinasi antara individu target dengan individu mutan yang kelak menghasilkan individu *trial*. Parameter atau nilai dimensi individu *trial* ini sebagian berasal dari parameter individu target dan sebagian lagi berasal dari individu mutan, dengan mempertimbangkan operator pindah silang (CR) dan bilangan acak. Jika bilangan acak r (antara 0 sampai 1) yang dihasilkan lebih kecil atau sama nilainya dengan CR maka yang berpeluang menjadi nilai dimensi ke- i individu *trial* adalah nilai dimensi ke- i individu mutan. Nilai CR berada pada rentang 0 sampai 1. Pada dasar teori dikemukakan bahwa nilai CR yang mendekati 1 akan mempercepat terjadinya konvergensi. Menurut analisis yang dilakukan, hal tersebut dikarenakan peluang munculnya bilangan acak yang lebih kecil atau sama nilainya dari CR akan semakin besar. Dengan demikian sebagian besar nilai dimensi individu *trial* berasal dari nilai dimensi individu mutan, dimana individu mutan itu merupakan hasil mutasi tiga buah vektor.

Akibat dari hal itu adalah individu-individu atau vektor-vektor di dalam populasi akan lebih cepat bergerak saling bertemu di suatu titik, namun bukan titik yang optimum. Tidak mencapainya titik optimum karena kurangnya peluang nilai dimensi individu *trial* terisi dari nilai dimensi individu target, padahal individu target itu merupakan individu yang dianggap baik nilainya ketika dievaluasi berdasarkan fungsi tujuan. Salah satu hal yang membedakan algoritma DE dengan algoritma genetik

adalah bahwa pada algoritma genetik proses pindah silang mendahului proses mutasi.

7. Proses penyeleksian

Antara individu target dengan individu *trial* akan dilakukan proses penyeleksian. Proses tersebut untuk menentukan individu manakah yang layak menjadi anggota generasi berikutnya. Proses penyeleksian dilakukan dengan membandingkan nilai fungsi objektif individu target dengan individu *trial*. Karena permasalahan optimasi ini adalah persoalan meminimumkan jarak tempuh, maka individu yang memiliki nilai jarak tempuh yang lebih kecil akan menjadi individu anggota populasi generasi berikutnya. Dengan adanya proses penyeleksian ini maka populasi individu generasi berikutnya akan semakin lebih baik.

8. Terminasi

Proses pembentukan generasi baru yang lebih baik akan berulang terus menerus sampai dicapai kondisi optimum atau mendekati optimum. Kriteria terminasi dapat ditentukan berdasarkan jumlah iterasi maksimum ataupun waktu proses. Pada penelitian ini, kriteria yang digunakan adalah jumlah iterasi maksimum. Jadi proses akan berhenti jika telah melakukan sejumlah iterasi yang telah ditentukan.

Tabel 4.2 Hasil Percobaan Penentuan Iterasi

Percobaan Ke-	Iterasi	Hasil		Computation Time (min)
		Total Jarak	Total Waktu	
1	100	7518.6	14668.8	7:40
2	200	7418.6	14475.6	12:18
3	300	7015.7	13720	13:22
4	400	7411.1	14305.8	15:50
5	500	7251.4	14113.2	19:29
6	800	6977.7	13674.8	14:03
7	1000	6906.7	13453	17:12
8	1500	7291.7	14281	22:12

Percobaan dilakukan sebanyak delapan kali dengan parameter F dan CR yang tetap yaitu masing masing 0.4 dan 0.5 untuk mengetahui pada iterasi berapakah hasil yang terbaik dihasilkan. Berdasarkan tabel di atas angka yang bercetak tebal menunjukkan nilai jarak dan waktu yang paling baik, dimana nilai terbaik tersebut diperoleh pada percobaan 1000 iterasi. Asumsinya adalah dengan melakukan iterasi sebanyak 1000 kali, program akan dapat mencari solusi yang benar-benar paling baik. Namun, pemilihan kriteria dengan 1000 terminasi tentu saja membuat waktu *running* program menjadi lebih lama.

4.2 Verifikasi dan Validasi Program

Sebelum dilakukan penyelesaian optimasi jarak tempuh kendaraan untuk pemasok di wilayah Cikarang, Cibitung, dan Karawang, maka terlebih dahulu harus dilakukan verifikasi dan validasi program. Tahap verifikasi merupakan tahap untuk mengetahui apakah program yang dirancang dalam penyelesaian permasalahan ini sesuai dengan konsep yang dimaksud. Program akan terverifikasi ketika program yang dirancang berjalan sesuai dengan konseptual model, sehingga ketika dilakukan perubahan pada nilai-nilai parameter akan berakibat pada *output* yang juga berubah. Setelah dilakukan verifikasi, maka dilakukan validasi dengan tujuan untuk dapat memastikan bahwa program berjalan sesuai dengan fungsinya.

Validasi dilakukan dengan menggunakan data *dummy* dan dilakukan dengan menggunakan 1000 iterasi sesuai dengan jumlah iterasi terbaik dari hasil percobaan penentuan iterasi.

Tabel 4.3 Matriks Jarak *Dummy*

	0	P.TOYO (3)	TTI (10)	SEIWA (11)	SGS (12)	MINDA (30)
0	0	46	48	48	44	68
P.TOYO(3)	46	0	2	2	9	35
TTI(10)	48	2	0	0.1	10	36
SEIWA(11)	48	2	0.1	0	10	36
SGS(12)	44	9	10	10	0	41
MINDA(30)	68	35	36	36	41	0

Tabel 4.4 Permintaan Tiap Pelanggan Data *Dummy*

<i>Supplier Name</i>	<i>Cycle Issue</i>	<i>vol/cycle</i>
P.TOYO (3)	4	1.611
TTI (10)	1	0.046
SEIWA (11)	2	0.0875
SGS (12)	2	1.1675
MINDA (30)	1	0.35

Kapasitas kendaraan yang digunakan adalah 24m^3 . Data *service time*, dan *time windows* sama untuk kasus perusahaan ini. Kemudian konfigurasi parameter yang digunakan untuk verifikasi program ini adalah sebagai berikut.

Tabel 4.5 Parameter yang Digunakan Dalam Proses Validasi

NP	1*Jumlah Pemasok
F	0.4
CR	0.5
Jumlah ITERASI	1000

Berdasarkan data yang digunakan, dilakukan *run* program dengan menggunakan konfigurasi diatas. Hasil *run* program menunjukkan total jarak tempuh sebesar 453 km dan waktu tempuh 875 menit. Selanjutnya, perlu dilakukan perhitungan manual untuk membuktikan hasil ini benar. Iterasi perhitungan manual yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pembentukan Solusi Awal

Solusi awal dibentuk dengan menggunakan sistem *random*. Jumlah rute acak yang harus dibentuk adalah sesuai dengan parameter NP, yaitu 5 buah. Kelima solusi awal ini adalah 12-11-10-30-3, 11-10-30-3-12, 12-10-11-3-30, 30-10-12-11-3, dan 10-3-30-12-11. Jarak masing-masing solusi ini adalah 171.1, 172.1, 159.1, 171, dan 184. Dari data ini terlihat bahwa solusi awal terbaik adalah 0-12-10-11-3-30-0.

2. Mutasi

Untuk proses mutasi, dilakukan pengambilan 2 solusi secara random sebanyak 5 kali. Pada setiap dilakukan satu kali pengambilan, individu mutan akan dibentuk dengan rumus:

$$\text{Individu mutan} = a + (b-c) * 0.4$$

Individu b dan c adalah solusi yang diambil acak, sedangkan individu a merupakan solusi awal terbaik (individu target). Misalnya, bila solusi yang diambil adalah solusi 1 dan 3, maka hasil dari $a + (b-c) * 0.4$ adalah 5.2, 6.8, 11.6, 8.4, 12.4. Nilai ini kemudian dibulatkan menjadi 3-10-11-12-30. Urutan inilah yang disebut dengan individu mutan. Dengan cara yang sama diperoleh individu mutan yang lain, yaitu 11-12-10-3-30, 3-10-12-11-30, 12-1-11-10-30, dan 3-10-30-11-12.

3. Pindah Silang

Nilai individu target dengan individu mutan akan dipertukarkan dengan menggunakan perbandingan antara nilai CR dan sebuah bilangan acak sehingga menghasilkan sebuah solusi baru (solusi *trial*). Pencarian bilangan acak digunakan dengan bantuan MS. Excel.

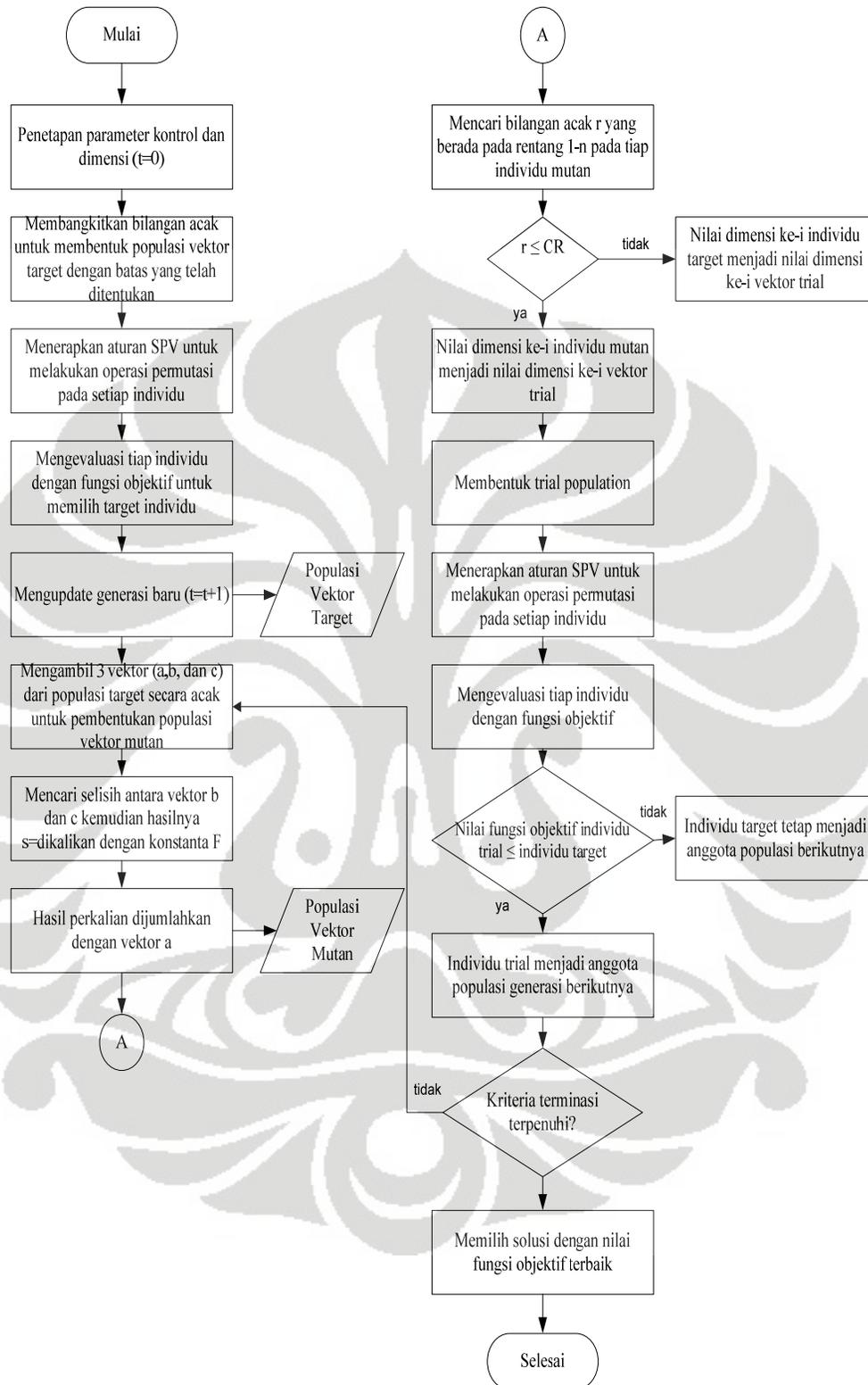
Hasil pindah silang ini adalah:

- Individu target dan mutan 1, hasilnya 3-11-30-10-12
- Individu target dan mutan 2, hasilnya 3-12-30-10-11
- Individu target dan mutan 3, hasilnya 11-12-30-10-3
- Individu target dan mutan 4, hasilnya 3-10-11-12-30
- Individu target dan mutan 5, hasilnya 12-10-30-3-11

4. Seleksi

Selanjutnya, jarak tiap solusi trial dibandingkan dengan jarak individu target. Ternyata, solusi trial nomor 4 memiliki jarak yang lebih baik daripada individu target. Solusi ini memiliki urutan pengantaran. Jadi, hasil perhitungan manual menghasilkan urutan pengantaran **0-3-10-11-12-30-0-3-11-12-0-3-0-3-0** dengan jarak 453 km.

Dapat dilihat bahwa hasil perhitungan manual diatas sama dengan hasil dari *run* program. Dengan demikian program telah tervalidasi.



Gambar 4.1 Flowchart Pengerjaan dengan Algoritma DE

4.3 Input Data

Data yang digunakan dalam penyelesaian permasalahan ini adalah data jarak antara pabrik dan pemasok dan antara pemasok, data waktu tempuhnya, serta data volume pesanan per hari dari masing-masing pemasok. Seperti yang telah dijelaskan pada Bab 3, jumlah total pemasok yang diteliti ada 30 buah yang terletak di kawasan industri Cibitung, Cikarang, dan Karawang.

Untuk melakukan perhitungan data jarak ini, data yang diperlukan adalah sebagai berikut.

- Daftar nama-nama pemasok dan lokasinya.
- Jarak dan waktu tempuh truk dari pemasok sampai perusahaan.
- NQC (*Necessary Quantity Calculation*), untuk memperoleh jumlah/volume kebutuhan komponen setiap harinya dari pemasok.
- Spesifikasi truk yang digunakan untuk pengiriman oleh *Logistic Partner* dengan ukuran 6.5m (P) x 2.35m (L) x 2.45m (T).
- Jumlah hari kerja dari *receiving area* pabrik (area penerimaan komponen).

Jumlah pemasok dan jumlah permintaan adalah sama dalam satu periode tertentu. Oleh karena itu rute *milkrun* akan sama setiap harinya dalam satu periode waktu tertentu, dalam kasus ini adalah satu bulan. Optimasi rute cukup satu kali dilakukan dan dapat digunakan selama tidak terjadi perubahan *production planning*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bulan Maret 2009.

Input data yang digunakan dapat dilihat secara lengkap pada halaman lampiran. Untuk mendapat gambaran matriks jarak tempuh, matriks waktu tempuh, dan data volume per *cycle* yang digunakan, berikut adalah tampilan sebagian data yang digunakan untuk pengolahan.

Tabel 4.6 Contoh Data Matriks Jarak Tempuh dan Waktu Tempuh

FROM \ TO	ADM STR	CIBITUNG MM2100					CIBITUNG - TAMBUN			
	ADM STR	ICH	SII	P. TOYO	NTC	CHI	DELA	EXCEL	JVC	
CIBITUNG MM2100	ADM	0	47	48	46	45	43	44	43	43
	ICH	47	0	1	1	2	8	9	8	8
	SII	48	1	0	2	3	9	10	9	9
	P. TOYO	46	1	2	0	1	6	7	6	6
	NTC	45	2	3	1	0	6	7	6	6
CIBITUNG - TAMBUN	CHI	43	8	9	6	6	0	1	2	4.5
	DELA	44	9	10	7	7	1	0	3	6
	EXCEL	43	8	9	6	6	2	3	0	6
	JVC	43	8	9	6	6	4.5	6	6	0

FROM \ TO	ADM STR	CIBITUNG MM2100					CIBITUNG - TAMBUN			
	ADM STR	ICH	SII	P. TOYO	NTC	CHI	DELA	EXCEL	JVC	
CIBITUNG MM2100	ADM	0	89	90	88	88	86	87	86	86
	ICH	89	0	5	5	10	25	25	25	25
	SII	90	5	0	10	10	25	25	25	25
	P. TOYO	88	5	10	0	5	20	20	25	25
	NTC	88	10	10	5	0	20	20	25	25
CIBITUNG - TAMBUN	CHI	86	25	25	20	20	0	5	5	13
	DELA	87	25	25	20	20	5	0	5	20
	EXCEL	86	25	25	25	25	5	5	0	20
	JVC	86	25	25	25	25	13	20	20	0

Tabel 4.7 Input Data Volume Per Cycle

Supplier Code	vol/day (m ³)	cycle issue	vol/cycle (m ³)	Supplier Code	vol/day (m ³)	cycle issue	vol/cycle (m ³)
1	122.349	18	6.797167	16	105.798	16	6.612375
2	41.753	4	10.43825	17	0.069	1	0.069
3	6.444	4	1.611	18	12.871	12	1.072583
4	79.946	12	6.662167	19	8.37	4	2.0925
5	24.073	12	2.006083	20	1966.799	14	140.4856
6	18.052	2	9.026	21	190.017	10	19.0017
7	21.527	12	1.793917	22	0.046	6	0.007667
8	7.761	4	1.94025	23	3.177	4	0.79425
9	119.112	6	19.852	24	16.966	12	1.413833
10	0.046	1	0.046	25	2.799	4	0.69975
11	0.175	2	0.0875	26	0.232	1	0.232
12	2.335	2	1.1675	27	1.708	1	1.708
13	1.633	2	0.8165	28	40.113	6	6.6855
14	0.29	1	0.29	29	84.643	6	14.10717
15	2.101	2	1.0505	30	0.35	1	0.35

4.4 Hasil Pengolahan Data

Setelah program tervalidasi, maka data yang akan diolah dimasukkan dan kemudian di- *run* untuk diperoleh hasilnya. *Output* dari program yang telah dibuat dengan perangkat lunak VBA adalah berupa rute pengiriman barang dari pabrik ke masing-masing pemasok dan juga total jarak dan waktu yang harus ditempuhnya dalam tiap *cycle*. Dari output pengolahan data juga dapat dilihat berapa volume total pengangkutan barang dari tiap rute dan *cycle*, dari output ini selanjutnya dapat diketahui persentase utilitas truk pada tiap perjalanan. Hasil pengolahan data secara lengkap dapat dilihat pada bagian lampiran.

Untuk mendapatkan solusi yang paling baik, yaitu total jarak tempuh yang paling kecil, maka dilakukan *running* program sebanyak lima kali sesuai dengan parameter yang telah ditentukan (NP =60, F= 0.4, CR=0.5, dan iterasi-1000) . Berikut ini adalah *output* jarak tempuh yang dihasilkan dari pengolahan data pada ketiga puluh pemasok.

Tabel 4.8 Jarak Tempuh Total Rute untuk 5 Kali *Run* Program

Run ke-	Hasil	
	Total Jarak	Total Waktu
1	7291.7	14281
2	6906.7	13453
3	7382.8	14253.6
4	7350.4	14296.8
5	6847.1	13418

Pada tabel di atas ditunjukkan jarak tempuh total pada setiap program di *run*. Angka total jarak tempuh (km) dan total waktu tempuh (menit) yang dicetak tebal menunjukkan nilai yang paling kecil. Oleh karena itu, solusi yang menghasilkan jarak terkecil tersebut merupakan solusi terbaik yang akan digunakan sebagai rute *milkrun* untuk pengadaan komponen. Berikut ini merupakan rute *milkrun* harian untuk periode satu bulan beserta dengan jarak dan waktu tempuh tiap rute yang merupakan hasil optimasi yang diperoleh. Tabel di

bawah merupakan hasil rekap, untuk mengetahui tampilan hasil pemrograman dapat dilihat pada lampiran 2.

Tabel 4.8 menunjukkan pola rute *milkrun* hasil optimasi dengan algoritma *Differential Evolution* menggunakan perangkat lunak VBA yang harus ditempuh setiap hari selama satu bulan. Satu hari kerja terdiri dari dua *shift*, yaitu *shift* pagi dan *shift* malam. Satu *cycle* ditandai dengan bermulanya truk pada titik 0 (ADM STR) dan berakhir pada titik yang sama. Kelompok rute *milkrun* terbentuk berdasarkan kedekatan wilayah, waktu tempuh, *cycle issue*, serta volume pengiriman *per cycle* dari masing-masing pemasok.

Tabel 4.9 Rute *Milkrun*, Jarak, dan Waktu Tempuh Hasil Optimasi

CYCLE	RUTE (KELOMPOK 1)	JARAK (KM)	WAKTU (MIN)
1	0-JVC-SGTY-AISAN-0	126	261
2	0-JVC-SGTY-0	94	194
3	0-SGTY-0	90	176
4	0-JVC-SGTY-AISAN-0	126	261
5	0-JVC-SGTY-0	94	194
6	0-SGTY-0	90	176
TOTAL		620	1262
CYCLE	RUTE (KELOMPOK 2)	JARAK (KM)	WAKTU (MIN)
1	0-ASNO-NITTO-0	115	231
2	0-ASNO-0	113	224
3	0-ASNO-0	113	224
4	0-ASNO-NITTO-0	115	231
5	0-ASNO-0	113	224
6	0-ASNO-0	113	224
TOTAL		682	1358
CYCLE	RUTE (KELOMPOK 3)	JARAK (KM)	WAKTU (MIN)
1	0-ATI-ARM-ALLTRY-MINDA-KBI-SNH-0	227	392
2	0-ATI-KBI-SNH-0	158	276
3	0-SNH-0	118	236
4	0-ATI-KBI-SNH-0	158	276
5	0-ATI-ARM-ALLTRY-KBI-SNH-0	222	380
6	0-ATI-KBI-SNH-0	158	276
7	0-SNH-0	118	236
8	0-ATI-KBI-SNH-0	158	276
TOTAL		1316	2348

Tabel 4.9 Rute *Milkrun*, Jarak, dan Waktu Tempuh Hasil Optimasi (lanjutan)

CYCLE	RUTE (KELOMPOK 4)	JARAK (KM)	WAKTU (MIN)
1	0-SII-NTC-MTM-STEP-AISIN-TTI-NMCH-SEIWA-TSCM-SHW-O	253	501
2	0-AISIN-SHW-0	131	262
3	0-SII-NTC-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	150	298
4	0-SII-NTC-MTM-STEP-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	162	322
5	0-SII-NTC-AISIN-TSCM-SHW-0	149	295
6	0-SII-NTC-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	150	298
7	0-SII-NTC-STEP-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	159	315
8	0-SII-NTC-MTM-STEP-AISIN-NMCH-SEIWA-TSCM-SHW-0	207	411
9	0-AISIN-SHW-0	131	262
10	0-SII-NTC-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	150	298
11	0-SII-NTC-MTM-STEP-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	162	322
12	0-SII-NTC-AISIN-TSCM-SHW-0	149	295
13	0-SII-NTC-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	150	298
14	0-SII-NTC-STEP-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	159	315
TOTAL		2259	4492
CYCLE	RUTE (KELOMPOK 5)	JARAK (KM)	WAKTU (MIN)
1	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	102	210
2	0-ICH-DELA-SGS-CHI-EXEL-CHM-3M-ADK-P.TOYO-0	154	321
3	0-ICH-0	94	178
4	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	102	210
5	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	102	210
6	0-ICH-0	94	178
7	0-ICH-DELA-CHI-EXCEL-3M-P.TOYO-0	141	284
8	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	102	210
9	0-ICH-0	94	178
10	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	102	210
11	0-ICH-DELA-SGS-CHI-EXEL-CHM-3M-ADK-P.TOYO-0	154	321
12	0-ICH-0	94	178
13	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	102	210
14	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	102	210
15	0-ICH-0	94	178
16	0-ICH-DELA-CHI-EXCEL-3M-P.TOYO-0	141	284
17	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	102	210
18	0-ICH-0	94	178
TOTAL		1970	3958

Kemudian, berikut ini adalah rekap hasil mengenai jumlah pengiriman yang dilakukan tiap kendaraan pada tiap *cycle* dan juga hasil perhitungan persentase utilitas tiap kendaraan.

Tabel 4.10 Volume dan Persentase Utilitas Kendaraan Hasil Optimasi

CYCLE	RUTE (KELOMPOK 1)	VOL (M3)	%UTILITAS TRUK
1	0-JVC-SGTY-AISAN-0	22.84	95.18%
2	0-JVC-SGTY-0	21.79	90.80%
3	0-SGTY-0	19.85	82.72%
4	0-JVC-SGTY-AISAN-0	22.84	95.18%
5	0-JVC-SGTY-0	21.79	90.80%
6	0-SGTY-0	19.85	82.72%
TOTAL		129	89.57%
CYCLE	RUTE (KELOMPOK 2)	VOL (M3)	%UTILITAS TRUK
1	0-ASNO-NITTO-0	17.67	73.61%
2	0-ASNO-0	17.63	73.47%
3	0-ASNO-0	17.63	73.47%
4	0-ASNO-NITTO-0	17.67	73.61%
5	0-ASNO-0	17.63	73.47%
6	0-ASNO-0	17.63	73.47%
TOTAL		106	73.52%
CYCLE	RUTE (KELOMPOK 3)	VOL (M3)	%UTILITAS TRUK
1	0-ATI-ARM-ALLTRY-MINDA-KBI-SNH-0	22.89	95.37%
2	0-ATI-KBI-SNH-0	21.58	89.90%
3	0-SNH-0	0.78	3.27%
4	0-ATI-KBI-SNH-0	21.58	89.90%
5	0-ATI-ARM-ALLTRY-KBI-SNH-0	22.54	93.91%
6	0-ATI-KBI-SNH-0	21.58	89.90%
7	0-SNH-0	0.78	3.27%
8	0-ATI-KBI-SNH-0	21.58	89.90%
TOTAL		345.0356	69.43%

Tabel 4.10 Volume dan Persentase Utilitas Kendaraan Hasil Optimasi (lanjutan)

CYCLE	RUTE (KELOMPOK 4)	VOL (M3)	%UTILITAS TRUK
1	0-SII-NTC-MTM-STEP-AISIN-TTI-NMCH-SEIWA-TSCM-SHW-O	18.24	76.00%
2	0-AISIN-SHW-0	2.13	8.88%
3	0-SII-NTC-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	17.31	72.11%
4	0-SII-NTC-MTM-STEP-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	18.11	75.45%
5	0-SII-NTC-AISIN-TSCM-SHW-0	16.47	68.62%
6	0-SII-NTC-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	17.31	72.11%
7	0-SII-NTC-STEP-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	17.31	72.14%
8	0-SII-NTC-MTM-STEP-AISIN-NMCH-SEIWA-TSCM-SHW-0	18.20	75.81%
9	0-AISIN-SHW-0	2.13	8.88%
10	0-SII-NTC-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	17.31	72.11%
11	0-SII-NTC-MTM-STEP-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	18.11	75.45%
12	0-SII-NTC-AISIN-TSCM-SHW-0	16.47	68.62%
13	0-SII-NTC-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	17.31	72.11%
14	0-SII-NTC-STEP-AISIN-NMCH-TSCM-SHW-0	17.31	72.14%
TOTAL		214	63.60%
CYCLE	RUTE (KELOMPOK 5)	VOL (M3)	%UTILITAS TRUK
1	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	12.10	50.42%
2	0-ICH-DELA-SGS-CHI-EXEL-CHM-3M-ADK-P.TOYO-0	16.55	68.96%
3	0-ICH-0	6.80	28.32%
4	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	12.10	50.42%
5	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	12.10	50.42%
6	0-ICH-0	6.80	28.32%
7	0-ICH-DELA-CHI-EXCEL-3M-P.TOYO-0	14.41	60.05%
8	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	12.10	50.42%
9	0-ICH-0	6.80	28.32%
10	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	12.10	50.42%
11	0-ICH-DELA-SGS-CHI-EXEL-CHM-3M-ADK-P.TOYO-0	16.55	68.96%
12	0-ICH-0	6.80	28.32%
13	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	12.10	50.42%
14	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	12.10	50.42%
15	0-ICH-0	6.80	28.32%
16	0-ICH-DELA-CHI-EXCEL-3M-P.TOYO-0	14.41	60.05%
17	0-ICH-DELA-CHI-EXEL-0	12.10	50.42%
18	0-ICH-0	6.80	28.32%
TOTAL		200	46.18%

Berdasarkan tabel 4.9 dan 4.10 dapat dilihat untuk ketiga puluh pemasok yang terletak di wilayah Cibitung, Cikarang, dan Karawang terbagi menjadi lima kelompok rute *milkrun*, dimana masing-masing kelompok memiliki *cycle issue*-nya masing-masing, yaitu:

1. Kelompok 1: JVC, SGTY, AISAN
2. Kelompok 2: ASNO, NITTO
3. Kelompok 3: ATI, ARM, ALLTRY, MINDA, KBI, SNH
4. Kelompok 4: SII, NTC, MTM, STEP, AISIN, TTI, NMCH, SEIWA, TSCM, SHW
5. Kelompok 5: ICH, DE;A, SGS, CHI, EXCEL, CHM, 3M, ADK, P.TOYO

Utilisasi kendaraan menunjukkan bagaimana efektifitas tiap truk dalam mengangkut komponen pada tiap *cycle*. Hasil yang bervariasi disebabkan rute yang ditempuh pada tiap *cycle* berbeda, namun tetap sesuai dengan kelompoknya.

4.5 Analisis

Penyelesaian fungsi tujuan dalam permasalahan optimasi rute dalam penelitian ini menggunakan algoritma *Differential Evolution* yang dalam pengaplikasiannya menggunakan program yang dijalankan melalui perangkat lunak VBA.

Analisis terhadap hasil pengolahan data ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu analisis metode, analisis program, dan analisis hasil optimasi.

4.5.1 Analisis Metode

Pada permasalahan ini, penyelesaian masalah VRP dilakukan dengan menggunakan program *Visual Basic for Application* yang berbasis pada Algoritma *Differential Evolution*. Algoritma *Differential Evolution* merupakan salah satu jenis algoritma evolusioner (EA) yang menggunakan konsep evolusi biologi yang dikemukakan oleh Darwin sebagai cara bekerjanya, dimana pada algoritma jenis ini individu yang kuat akan bertahan dan maju ke generasi selanjutnya dan individu yang lemah akan musnah. Kuat atau lemahnya individu ditentukan berdasarkan hasil evaluasi individu tersebut terhadap fungsi

objektifnya, yang dalam kasus ini adalah meminimumkan total jarak yang harus ditempuh dalam melayani seluruh konsumen.

Metode DE ini merupakan metode optimasi global. Berbeda dengan algoritma seperti *Tabu Search* dan SA yang merupakan metode optimasi lokal. Metode optimasi global akan menghasilkan hasil yang lebih baik daripada metode optimasi lokal. Prinsip dasar DE hampir sama dengan algoritma genetik (karena algoritma DE merupakan turunan dari algoritma genetik), hanya yang membedakan pada algoritma genetik proses pindah mendahului proses mutasi.

Populasi awal untuk metode ini dapat dibuat dengan dua cara, yaitu dengan menggunakan metode heuristik (*sweep, saving, nearest neighbor, dll*) atau dengan menggunakan bilangan acak. Untuk program ini, penulis memilih menggunakan bilangan acak dengan tujuan mempercepat terjadinya konvergensi. Individu pada populasi awal yang memiliki nilai fungsi objektif terbaik akan bertahan, dan selanjutnya disebut dengan individu target.

Pada proses seleksi, akan terjadi kompetisi antara individu target dan individu *trial* (individu hasil perkawinan antara individu target dengan individu awal yang mengalami mutasi). Ketika nilai hasil evaluasi dari individu anak lebih baik dibandingkan nilai individu target, maka individu anak akan menjadi individu target baru untuk generasi yang berikutnya dan menggantikan peranan individu target pada generasi itu. Hal inilah yang menyebabkan mengapa dengan algoritma DE cepat terjadi konvergensi, karena populasi baru tiap generasi selalu menghasilkan nilai fungsi objektif yang lebih baik dari populasi sebelumnya.

DE relatif lebih tangguh jika dibandingkan dengan algoritma evolusioner lainnya dan dapat memproduksi hasil yang sama secara konsisten untuk banyak percobaan jika telah mencapai keadaan konvergen. Selain itu, karena strukturnya yang cukup sederhana dan penggunaan parameter kontrol yang lebih sedikit, DE juga memiliki waktu yang relatif lebih singkat dalam mencari solusi optimal jika dibandingkan dengan teknik algoritma yang lainnya.

Salah satu kelemahan dari metode ini adalah solusi akhir (berupa rute terbaik dan jarak tempuhnya) yang ditawarkan akan berbeda jika dilakukan *re-run* program, walaupun hasil solusi yang ditawarkan tersebut tidak akan jauh berbeda

dengan yang ada sebelumnya. Hal ini disebabkan oleh pembangkitan bilangan acak yang dilakukan terhadap pembentukan populasi target, populasi mutan dan saat proses pindah silang.

4.5.2 Analisis Program

Secara umum, program dapat berjalan dengan baik. Ini dibuktikan dengan solusi akhir yang ditawarkan selalu lebih baik dari solusi awal. Selain itu, Hasil perhitungan jarak secara manual untuk rute-rute yang dihasilkan oleh program memberikan hasil yang sama dengan kalkulasi oleh program.

Kelemahan dari program ini adalah waktu *running* yang relatif lambat. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, *running time program* sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti parameter F, CR, NP dan kriteria terminasi. Tampilan form Input Parameter pada program ini ditunjukkan pada gambar 4.2 berikut.

	A	B	C
1	INPUT PARAMETER		
2			
3			
4	F	0.4	
5	CR	0.5	
6	Jumlah ITERASI	1000	
7			
8			
9			CLICK
10			

Gambar 4.2 Tampilan *Input* Parameter Program

Program akan berjalan semakin lambat bila pelanggan makin banyak. Hal ini disebabkan program akan memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencari kombinasi yang paling optimal. Namun karena jumlah pelanggan (pemasok) dalam penelitian ini adalah sama, maka masalah jumlah pelanggan bukan merupakan suatu hambatan. Pada pemrograman ini lamanya waktu *running* lebih dipengaruhi oleh faktor kriteria terminasi program. Penulis menetapkan program baru akan berhenti bila telah melakukan 1000 iterasi. Hal ini tentu saja memakan

waktu lebih lama dibandingkan dengan bila program hanya perlu melakukan 100 iterasi. Namun, penerapan jumlah iterasi yang sangat banyak ini berdasarkan pada hasil *running* program untuk menguji pada iterasi ke berapa program akan menghasilkan solusi yang paling optimal (dapat dilihat pada tabel 4.1). Untuk menurunkan *running time* program, cara yang dapat dilakukan adalah menurunkan jumlah iterasi ataupun menetapkan *running time* maksimum sebagai kriteria terminasi. Resiko bila hal ini dilakukan adalah hasil output program yang tidak terlalu baik. Faktor lain yang berpengaruh terhadap *running time* adalah parameter pindah silang (CR).

Kekurangan program ini adalah program belum dilengkapi dengan perintah untuk dapat menentukan jumlah volume *per cycle*. Penentuan volume *per cycle* masih berdasarkan perhitungan menggunakan *Excel* secara terpisah. Maka dari itu apabila program akan digunakan untuk mencari rute *milkrun* optimal yang lain data yang dimasukkan harus berubah secara keseluruhan. Selain itu karena perusahaan tempat penelitian ini dilakukan menerapkan prinsip *heijunka*, maka alokasi rute *shift* pagi pasti/ diusahakan sama dengan alokasi rute *shift* malam. *Output* program sebenarnya telah menghasilkan alokasi rute yang merata dalam satu hari, hanya saja tampilannya belum terpisah antar *shift* pagi dan *shift* malam, sehingga masih harus di atur secara manual. Hasil pada tabel 4.8 merupakan tampilan setelah *output* program diatur berdasarkan prinsip *heijunka*.

Asumsi-asumsi dasar yang digunakan program ataupun input program dalam melakukan penentuan rute *milkrun* optimal untuk kasus di perusahaan manufaktur otomotif ini adalah sebagai berikut:

- Jarak antartitik yang diukur merupakan jarak sesuai dengan alur jalan dengan menggunakan bantuan peta digital *Google Maps* maupun data sekunder yang diperoleh dari perusahaan. Kemudian, diasumsikan jarak tempuh dari titik A ke titik B sama dengan jarak tempuh dari titik B ke titik A.
- Data kecepatan yang digunakan adalah kecepatan rata-rata yang berlaku konstan, yang digunakan untuk menghitung waktu tempuh.
- *Service time* dan batasan waktu (*time windows*) pada setiap titik sama.

Masih terdapat beberapa kekurangan dari program yang telah dibuat ini. Untuk penggunaannya di perusahaan, masih banyak yang harus diperbaiki, misalkan membuat tampilan solusi yang lebih menarik dan hasil solusi yang langsung terbagi antara *shift* pagi dan *shift* malam. Untuk melakukan hal tersebut diperlukan tambahan kode pemrograman yang lebih lanjut. Berikut ini adalah gambaran dari tampilan *form input* tersebut.

4.5.3 Analisis Hasil Optimasi

Hasil optimasi rute *milkrun* pada perusahaan di mana penelitian dilaksanakan akan di analisa dengan membandingkan rute yang digunakan oleh perusahaan saat ini dengan rute *milkrun* usulan hasil optimasi. Analisis hasil yang akan dibahas meliputi analisis rute dan jarak tempuh, analisis utilitas kendaraan, dan analisis biaya pengiriman.

4.5.3.1 Analisis Usulan Rute *Milkrun*

Secara umum, rute *milkrun* yang dihasilkan dari hasil optimasi dengan algoritma *Differential Evolution* ini lebih baik dibandingkan dengan rute *milkrun* yang digunakan oleh pihak perusahaan saat ini. Tidak optimalnya rute yang digunakan oleh pihak perusahaan saat ini disebabkan karena pengelompokkan rute pemasok dan perhitungan utilisasi truk belum menggunakan rumusan optimasi.

Tabel 4.10 menunjukkan rute *milkrun* yang dilaksanakan oleh perusahaan saat ini. Rute *milkrun* untuk pemasok di wilayah Cibitung, Cikarang, dan Karawang terbagi menjadi lima kelompok rute *milkrun* dan dua pemasok masih melakukan *direct supply*. Sehingga belum seluruh pemasok di wilayah tersebut masuk ke dalam sistem *milkrun* perusahaan.

Tabel 4.11 Rute dan Jarak Tempuh Total Perusahaan Saat Ini

CYCLE	RUTE (KELOMPOK 1)	JARAK (KM)	WAKTU (MIN)
1	0-SHW-MTM-0	120.5	241
2	0-SHW-0	119	238
3	0-SHW-STEP-3M-0	127	254
4	0-SHW-MTM-0	120.5	241
5	0-SHW-STEP-0	121	242
6	0-SHW-CHM-0	121	242
7	0-SHW-STEP-3M-0	127	254
8	0-SHW-MTM-0	120.5	231
9	0-SHW-0	119	238
10	0-SHW-STEP-3M-0	127	80
11	0-SHW-MTM-0	120.5	231
12	0-SHW-STEP-0	121	147
13	0-SHW-CHM-0	121	37
14	0-SHW-STEP-3M-0	127	80
TOTAL		1712	2756
CYCLE	RUTE (KELOMPOK 2)	JARAK (KM)	WAKTU (MIN)
1	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-0	104	221
2	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-JVC-0	108	242
3	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-SGS-0	109	241
4	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-0	104	221
5	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-JVC-0	108	242
6	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-0	104	221
7	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-0	104	221
8	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-JVC-0	108	242
9	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-SGS-0	109	241
10	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-0	104	221
11	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-JVC-0	108	242
12	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-0	104	221
TOTAL		1274	2776

Tabel 4.11 Rute dan Jarak Tempuh Total Perusahaan Saat Ini (lanjutan)

CYCLE	RUTE (KELOMPOK 3)	JARAK (KM)	WAKTU (MIN)
1	0-ICH-0	94	178
2	0-ICH-P.TOYO-0	94	182
3	0-ICH-0	94	178
4	0-ICH-0	94	178
5	0-ICH-0	94	178
6	0-ICH-P.TOYO-0	94	182
7	0-ICH-0	94	178
8	0-ICH-SEIWA-0	96	184
9	0-ICH-0	94	178
10	0-ICH-0	94	178
11	0-ICH-P.TOYO-0	94	182
12	0-ICH-0	94	178
13	0-ICH-0	94	178
14	0-ICH-0	94	178
15	0-ICH-P.TOYO-0	94	182
16	0-ICH-0	94	178
17	0-ICH-SEIWA-0	96	184
18	0-ICH-0	94	178
TOTAL		1696	3232
CYCLE	RUTE (KELOMPOK 4)	JARAK (KM)	WAKTU (MIN)
1	0-NMCH-ARM-0	123	237
2	0-ALLTRY-AISIN-SNH-TSCM-0	130.6	265
3	0-ASNO-AISIN-NITTO-SNH-TSCM-0	124.6	253
4	0-NMCH-AISIN-TSCM-0	119.5	237
5	0-NMCH-AISIN-0	112.5	227
6	0-ASNO-SNH-TSCM-0	129.2	254
7	0-NMCH-AISAN-AISIN-TSCM-0	119.7	240
8	0-AISIN-0	112	224
9	0-ASNO-NMCH-AISIN-SNH-TSCM-0	130.7	261
10	0-NMCH-ARM-0	123	237
11	0-ALLTRY-AISIN-SNH-TSCM-0	130.6	265
12	0-ASNO-AISIN-NITTO-SNH-TSCM-0	124.6	253
13	0-NMCH-AISIN-TSCM-0	119.5	237
14	0-NMCH-AISIN-0	112.5	227
15	0-ASNO-SNH-TSCM-0	129.2	254
16	0-NMCH-AISAN-AISIN-TSCM-0	119.7	240
17	0-AISIN-0	112	224
18	0-ASNO-NMCH-AISIN-SNH-TSCM-0	130.7	261
TOTAL		2203.6	4396

Tabel 4.11 Rute dan Jarak Tempuh Total Perusahaan Saat Ini (lanjutan)

CYCLE	RUTE (KELOMPOK 5)	JARAK (KM)	WAKTU (MIN)
1	0-ADK-ATI-KBI-0	159.4	276
2	0-ATI-KBI-0	137.6	224
3	0-ADK-ATI-KBI-MINDA-0	164.1	288
4	0-ATI-KBI-0	137.6	224
5	0-ATI-KBI-0	137.6	224
6	0-ATI-KBI-0	137.6	224
TOTAL		873.9	1460
CYCLE	RUTE SGTY	JARAK (KM)	WAKTU (MIN)
1	SGTY-0	45	88
2	SGTY-0	45	88
3	SGTY-0	45	88
4	SGTY-0	45	88
5	SGTY-0	45	88
6	SGTY-0	45	88
TOTAL		270	528
CYCLE	RUTE TTI	JARAK (KM)	WAKTU (MIN)
1	TTI-0	48	90

Berikut adalah pengelompokan rute perusahaan saat ini:

- Kelompok 1: SHW, STEP, 3M, MTM, CHM
- Kelompok 2: CHI, DCI, EXCEL, NTC, SII, JVC, SGS
- Kelompok 3: ICH, P.TOYO, SEIWA
- Kelompok 4: NMCH, ARM, ALLTRY, AISIN, SNH, TSCM, NITTO, AISAN, ASNO
- Kelompok 5: ADK, ATI, KBI, MINDA
- SGTY
- TTI

Sedangkan rute *milkrun* yang diusulkan berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak VBA untuk ketiga puluh pemasok yang terletak di wilayah Cibitung, Cikarang, dan Karawang terbagi menjadi lima kelompok rute *milkrun*, yaitu:

- Kelompok 1: JVC, SGTY, AISAN
- Kelompok 2: ASNO, NITTO
- Kelompok 3: ATI, ARM, ALLTRY, MINDA, KBI, SNH
- Kelompok 4: SII, NTC, MTM, STEP, AISIN, TTI, NMCH, SEIWA, TSCM, SHW
- Kelompok 5: ICH, DELA, SGS, CHI, EXCEL, CHM, 3M, ADK, P.TOYO

Dapat dilihat pada tabel 4.8, secara garis besar rute *milkrun* yang terbentuk mengelompok berdasarkan wilayah yang terdekat. Hal ini disebabkan oleh pembentukan solusi awal adalah berdasar jarak terdekat, selanjutnya pencarian solusi optimal disesuaikan dengan fungsi tujuan dan kendala yang berdasarkan pada proses-proses algoritma *Differential Evolution*.

Tabel 4.12 Perbandingan Rute *Milkrun* Saat Ini dengan Rute *Milkrun* Usulan

Variabel	Sistem <i>Milkrun</i> Saat Ini	Usulan Sistem <i>Milkrun</i>
Total Jarak Tempuh	8077.5 km	6847.10 km
Total Waktu Tempuh	15238 menit	13418 menit

Hasil dari rute perusahaan saat ini dan optimasi rute *milkrun* dihitung secara keseluruhan dan pada tabel 4.11 dapat dilihat perbandingannya.

Rute sistem *milkrun* usulan memiliki jarak tempuh total dalam waktu sehari sebesar 6847.10 km. Sementara itu rute saat ini yang digunakan perusahaan memiliki jarak tempuh total 8077.5 km. Pengurangan jarak yang terjadi adalah sebesar 1,230.4 km atau sebesar 15.23%. Pengurangan jarak sebesar ini dapat dikatakan relatif besar, lebih lagi pengurangan jarak ini hanya terjadi pada pemasok di wilayah Cikarang, Cibitung, dan Karawang. Apabila optimasi

diterapkan pada seluruh pemasok perusahaan maka akumulasi pengurangan jarak tempuh akan sangat memangkas lamanya waktu tempuh kendaraan dan tentu saja biaya logistik juga pasti berkurang. Dengan hubungan linear antara jarak tempuh daengan waktu tempuh, maka pengurangan total jarak tempuh sebesar 15.23% juga diikuti dengan pengurangan waktu tempuh sebesar 11.94%

Jika diamati lebih lanjut, adanya pengurangan total jarak tempuh juga disebabkan oleh pengurangan kelompok rute. Pada saat kelompok rute berjumlah tujuh buah waktu tempuh dan jarak tempuhnya lebih besar daripada saat jumlah kelompok rute *milkrun* hanya lima buah. Hal ini dikarenakan jarak antara lokasi yang rata-rata berjauhan, yaitu sekitar 30-70 km. Oleh karena pengurangan satu rute akan dapat mengurangi total jarak tempuh kira-kira sebesar dua kali jarak tempuh dari depot ke rata-rata lokasi pemasok. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengelompokan rute *milkrun* yang minimal sangat penting karena akan sangat berpengaruh pada total jarak tempuh kendaraan (truk).

4.5.3.2 Analisis Utilisasi Truk

Optimasi utilitas truk memiliki peranan yang sangat penting. Berdasarkan utilitas truk ini dapat diketahui efisien atau tidaknya penggunaan sebuah truk. Berikut ini merupakan utilitas kendaraan berdasarkan rute yang digunakan perusahaan saat ini .

Tabel 4.13 Volume dan Persentase Utilitas Kendaraan Perusahaan Saat Ini

CYCLE	RUTE (KELOMPOK 1)	VOL (M3)	%UTILITAS TRUK
1	0-SHW-MTM-0	2.006107143	8.36%
2	0-SHW-0	1.211857143	5.05%
3	0-SHW-STEP-3M-0	1.91927381	8.00%
4	0-SHW-MTM-0	2.006107143	8.36%
5	0-SHW-STEP-0	1.21952381	5.08%
6	0-SHW-CHM-0	1.327857143	5.53%
7	0-SHW-STEP-3M-0	1.91927381	8.00%
8	0-SHW-MTM-0	2.006107143	8.36%
9	0-SHW-0	1.211857143	5.05%
10	0-SHW-STEP-3M-0	1.91927381	8.00%
11	0-SHW-MTM-0	2.006107143	8.36%
12	0-SHW-STEP-0	1.21952381	5.08%
13	0-SHW-CHM-0	1.327857143	5.53%
14	0-SHW-STEP-3M-0	1.91927381	8.00%
TOTAL		23.22	6.91%

Tabel 4.13 Volume dan Persentase Utilitas Kendaraan Perusahaan Saat Ini
(lanjutan)

CYCLE	RUTE (KELOMPOK 2)	VOL (M3)	%UTILITAS TRUK
1	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-0	15.44591667	64.36%
2	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-JVC-0	17.38616667	72.44%
3	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-SGS-0	16.61341667	69.22%
4	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-0	15.44591667	64.36%
5	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-JVC-0	17.38616667	72.44%
6	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-0	15.44591667	64.36%
7	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-0	15.44591667	64.36%
8	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-JVC-0	17.38616667	72.44%
9	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-SGS-0	16.61341667	69.22%
10	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-0	15.44591667	64.36%
11	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-JVC-0	17.38616667	72.44%
12	0-CHI-DCI-EXCEL-NTC-SII-0	15.44591667	64.36%
TOTAL		195.447	67.86%
CYCLE	RUTE (KELOMPOK 3)	VOL (M3)	%UTILITAS TRUK
1	0-ICH-0	6.797166667	28.32%
2	0-ICH-P.TOYO-0	8.408166667	35.03%
3	0-ICH-0	6.797166667	28.32%
4	0-ICH-0	6.797166667	28.32%
5	0-ICH-0	6.797166667	28.32%
6	0-ICH-P.TOYO-0	8.408166667	35.03%
7	0-ICH-0	6.797166667	28.32%
8	0-ICH-SEIWA-0	6.884666667	28.69%
9	0-ICH-0	6.797166667	28.32%
10	0-ICH-0	6.797166667	28.32%
11	0-ICH-P.TOYO-0	8.408166667	35.03%
12	0-ICH-0	6.797166667	28.32%
13	0-ICH-0	6.797166667	28.32%
14	0-ICH-0	6.797166667	28.32%
15	0-ICH-P.TOYO-0	8.408166667	35.03%
16	0-ICH-0	6.797166667	28.32%
17	0-ICH-SEIWA-0	6.884666667	28.69%
18	0-ICH-0	6.797166667	28.32%
TOTAL		128.968	29.85%

Tabel 4.13 Volume dan Persentase Utilitas Kendaraan Perusahaan Saat Ini
(lanjutan)

CYCLE	RUTE (KELOMPOK 4)	VOL (M3)	%UTILITAS TRUK
1	0-NMCH-ARM-0	0.982	4.09%
2	0-ALLTRY-AISIN-SNH-TSCM-0	6.715892976	27.98%
3	0-ASNO-AISIN-NITTO-SNH-TSCM-0	23.56689298	98.20%
4	0-NMCH-AISIN-TSCM-0	5.952315476	24.80%
5	0-NMCH-AISIN-0	1.756357143	7.32%
6	0-ASNO-SNH-TSCM-0	22.61303583	94.22%
7	0-NMCH-AISAN-AISIN-TSCM-0	7.002815476	29.18%
8	0-AISIN-0	0.919357143	3.83%
9	0-ASNO-NMCH-AISIN-SNH-TSCM-0	24.36939298	101.54%
10	0-NMCH-ARM-0	0.982	4.09%
11	0-ALLTRY-AISIN-SNH-TSCM-0	6.715892976	27.98%
12	0-ASNO-AISIN-NITTO-SNH-TSCM-0	23.56689298	98.20%
13	0-NMCH-AISIN-TSCM-0	5.952315476	24.80%
14	0-NMCH-AISIN-0	1.756357143	7.32%
15	0-ASNO-SNH-TSCM-0	22.61303583	94.22%
16	0-NMCH-AISAN-AISIN-TSCM-0	7.002815476	29.18%
17	0-AISIN-0	0.919357143	3.83%
18	0-ASNO-NMCH-AISIN-SNH-TSCM-0	24.36939298	101.54%
TOTAL		187.75612	43.46%
CYCLE	RUTE (KELOMPOK 5)	VOL (M3)	%UTILITAS TRUK
1	0-ADK-ATI-KBI-0	21.64666667	90.19%
2	0-ATI-KBI-0	20.79266667	86.64%
3	0-ADK-ATI-KBI-MINDA-0	21.99666667	91.65%
4	0-ATI-KBI-0	20.79266667	86.64%
5	0-ATI-KBI-0	20.79266667	86.64%
6	0-ATI-KBI-0	20.79266667	86.64%
TOTAL		126.814	88.07%
CYCLE	RUTE SGTY	VOL (M3)	%UTILITAS TRUK
1	SGTY-0	19.852	82.72%
2	SGTY-0	19.852	82.72%
3	SGTY-0	19.852	82.72%
4	SGTY-0	19.852	82.72%
5	SGTY-0	19.852	82.72%
6	SGTY-0	19.852	82.72%
TOTAL		119.112	82.72%
CYCLE	RUTE TTI	VOL (M3)	%UTILITAS TRUK
1	TTI-0	0.046	0.19%

Tabel 4.14 Perbandingan Rata- rata Utilitas Truk Rute Saat Ini dan Rute *Milkrun* Usulan

Kelompok Rute	Utilitas Kendaraan	
	Rute Saat Ini	Rute Usulan
1	6.91%	89.57%
2	67.86%	73.52%
3	29.85%	69.43%
4	43.46%	63.60%
5	88.07%	46.18%
6	82.72%	-
7	0.19%	-
Rata-rata	45.58%	68.46%

Berdasarkan perhitungan yang ditampilkan pada tabel 4.13, dapat dilihat rata-rata utilitas kendaraan pada rute usulan menjadi lebih baik dari rute yang dijalankan oleh perusahaan saat ini. Jika dihitung, utilitas rata-rata untuk satu kendaraan pada penggunaan rute *milkrun* usulan adalah sebesar 68,46%, sedangkan pada rute yang digunakan perusahaan saat ini hanya sebesar 45,58%. Dengan demikian, rute usulan dapat meningkatkan rata-rata utilitas kendaraan sebesar 22.88%.

Hal ini menunjukkan perbaikan yang sangat signifikan. Walaupun nilai utilitas truk setelah dilakukan optimasi masih jauh dari 100% namun terjadi peningkatan rata-rata utilitas truk. Peningkatan ini menunjukkan bahwa pengurangan kelompok rute juga dapat mengurangi penggunaan truk sehingga efektifitas muatan sebuah truk lebih tinggi. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa penentuan rute oleh perusahaan saat ini lebih ditekankan pada pengelompokan wilayah pemasok dan jarak tempuh, sehingga kurang mempertimbangkan optimasi utilitas truk.

4.5.3.2 Analisis Biaya

Biaya logistik ini merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk jasa logistik yang disewa oleh perusahaan untuk mengambil komponen ke masing-

masing pemasok sesuai rute yang telah ditentukan. Biaya logistik ini berdasarkan pada jarak tempuh (km) yang harus dilalui oleh truk dalam satu kali perjalanan. Variabel biaya ini merupakan variabel yang berbanding lurus dengan jarak tempuh kendaraan, dimana semakin besar jarak tempuh kendaraan, maka biayanya juga akan semakin besar.

Berikut ini merupakan perbandingan antara biaya pengiriman komponen pada rute yang saat ini digunakan oleh pihak perusahaan dan rute usulan hasil optimasi.

Tabel 4.15 Perbandingan Biaya Sewa Armada Rute Saat Ini dan Rute Usulan

KELOMPOK RUTE	TOTAL BIAYA PER HARI	
	SISTEM SAAT INI	USULAN SISTEM MILKRUN
1	Rp8,400,000	Rp3,200,000
2	Rp7,200,000	Rp3,600,000
3	Rp9,000,000	Rp5,200,000
4	Rp 10,800,000	Rp8,800,000
5	Rp3,600,000	Rp10,200,000
6	Rp2,100,000	-
7	Rp350,000	-
TOTAL BIAYA	Rp41,450,000	Rp31,000,000

Tabel 4.14 menunjukkan bahwa terjadi penurunan biaya sewa truk per harinya untuk lokasi pemasok di wilayah Cikarang, Cibitung, dan Karawang. Biaya sewa armada (truk) yang dikeluarkan oleh perusahaan saat ini sebesar Rp. 41,450,000.00, sedangkan biaya sewa armada yang dikeluarkan setelah dilakukan optimasi sebesar Rp. 31,000,00. Dengan demikian, rute *milkrun* dapat menghemat pengeluaran biaya sewa truk sebesar Rp. 10,450,00.00 per harinya atau sebesar 25.21%.

Perhitungan optimasi dengan menggunakan algoritma *Differential Evolution* ini ternyata memberikan hasil pengelompokan rute yang baik, dengan total jarak tempuh dan waktu tempuh yang lebih kecil, serta peningkatan utilitas truk. Maka dari itu, perusahaan dapat menggunakan program penentuan rute *milkrun* pada penelitian ini untuk melakukan perbaikan dan perencanaan rute *milkrun* selanjutnya.

BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian penentuan rute *milkrun* pada pabrik perakitan perusahaan manufaktur otomotif dengan menggunakan algoritma *Differential Evolution* dan bantuan bahasa pemrograman VBA, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

- Penentuan rute *milkrun* dengan algoritma *Differential Evolution* ini menghasilkan rute *milkrun* usulan yang lebih baik daripada rute yang selama ini digunakan oleh perusahaan. Jarak tempuh pada usulan yang baru dapat mengurangi jarak tempuh total dalam sehari sebesar 1,230.4 km atau sebesar 15.23%.
- Dengan hubungan linear antara jarak tempuh dengan waktu tempuh, maka pengurangan total jarak tempuh juga diikuti dengan pengurangan waktu tempuh sebesar 11.94%.
- Utilitas rata-rata untuk satu truk pada penggunaan rute usulan adalah sebesar 68.46%, sedangkan pada rute yang digunakan perusahaan saat ini hanya sebesar 45.58%. Dengan demikian, rute usulan dapat meningkatkan utilitas kendaraan sebesar 22.88%.
- Biaya pengiriman pada rute *milkrun* usulan selama satu hari adalah sebesar Rp.31,450,000.00. Penurunan biaya pengiriman yang dihasilkan adalah sebesar Rp.10,450,000.00 atau sebesar 25.21%.
- Penentuan konfigurasi parameter yang tepat akan menghasilkan solusi dengan kualitas yang baik dan waktu *run* program yang cepat. Studi parameter merupakan hal yang penting dalam pengujian metode ini, karena setiap kasus distribusi membutuhkan konfigurasi parameter yang unik untuk memperoleh hasil rute yang stabil.

DAFTAR REFERENSI

- Amini, T., M. Jafari, & Sadjadi, S.J.(2007). *A New Mathematical Modeling and A Genetic Algorithm Search for Milk Run Problem (An Auto Industry Supply Chain Case Study)*. Iran University of Science and Technology: Departement of Industrial Engineering.
- Ballou, R.H. (2004). *Business logistics management* (5th ed). New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Du T, Wang F K, & Lu P. (2007). *A Real Time Vehicle Dispathing System for Consolidating Milkruns*. *Transportation Research Part E* 43:565-577
- Erbao, C., Mingyong, L., & Kai, N. (2008, July). *A differential evolution & genetic algorithm for vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up and time windows*. Paper presented at 17th World Congress of The International Federation of Automatic Control, Seoul.
- Froechlich, Lisa. (1999). *Milkruns. Denso Production Control Supplier Manual Policies and Guidelines* (<http://www.densocorp-na-dmmi.com>)
- Karaboga, D. & Okdem, S. (2004). A simple and global optimization algorithm for engineering problems: Differential Evolution algorithm. *Turkey Journal Engineering*, 12, 1-8.
- Monden, Yasuhiro. (1995). *Sistem Produksi Toyota*. Buku ke-2. Jakarta: Pustaka Binamen Pressindo
- Price, K.V., Storn, M.R., & Lampinen, J.A. (2005). *Differential evolution: a practical approach to global optimization*. California: Springer.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Ursen, Rasmus K.(2005). *Differential Evolution Made Easy*. Technical Report no. 01,2005

Microsoft Encarta Premium 2006, Algorithm. (2005).Microsoft

Karakter Pasar Mobil Indonesia. Malik, A Abdul. Maret, 2009.

<http://www.seputar-indonesia.com/edisicetak/com>

