

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah, kami sampaikan ke hadirat Allah YME, karena terealisasinya Tekinfo, Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Informasi kembali dapat terbit.

Seiring dengan meningkatnya kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan serta sumberdaya manusia maka hasil-hasil penelitian maupun sanggahan ilmiah dibidang teknik industri dan informasi perlu dipublikasikan dan dapat diakses dengan mudah dan cepat oleh pembaca. Oleh karena itu, publikasi ilmiah ini diterbitkan dalam versi cetak maupun versi online. Dalam edisi Volume 1, Nomor 2 ini, kami sajikan lima karya ilmiah yang merupakan sumbangsih dosen-dosen program studi teknik industri Universitas Setia Budi dan Universitas Veteran Bantara Sukoharjo.

Kami selalu berupaya, bahwa kualitas karya ilmiah yang dipublikasikan merupakan fokus dan komitmen kami. Edisi Tekinfo kali ini menyajikan publikasi penelitian dalam bidang perancangan sistem informasi, analisis karakteristik produk, dua buah naskah mengenai penentuan rute dan analisis sistem distribusi, pengembangan strategi pelayanan Semoga yang kami lakukan dapat berguna bagi perkembangan keilmuan Teknik Industri dan Informasi. Amien..

Tim Redaksi

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	1
DAFTAR ISI.....	2
ANALISA DAN DESAIN SISTEM INPUT MANDIRI UNTUK PUBLIKASI PENELITIAN ILMIAH DOSEN DAN MAHASISWA PADA DIGILIB	3
ANALISIS KARAKTERISTIK PENYEBAB KESUKSESAN PRODUK SHAMPO DI SUKOHARJO.....	11
PENENTUAN RUTE DAN ANALISIS SISTEM DISTRIBUSI YANG OPTIMAL DALAM UPAYA EFISIENSI BIAYA DISTRIBUSI.....	19
PENGEMBANGAN STRATEGI PELAYANAN LEMBAGA BIMBINGAN BELAJAR BAHASA INGGRIS DENGAN PENDEKATAN METODE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT DAN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (Studi Kasus di ELTI Surakarta).....	27
OPTIMASI PROSES DISTRIBUSI ES BALOK DENGAN MENGGUNAKAN METODE CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM	34

Optimasi Proses Distribusi Es Balok Dengan Menggunakan Metode *Capacitated Vehicle Routing Problem*

Nova Achmad Salim Akbar, Bagus Ismail Adhi Wicaksana

ABSTRAK

Perusahaan daerah Es Saripetojo merupakan perusahaan penghasil es balok di Surakarta yang memiliki kapasitas produksi 1045 balok es perhari. Setiap hari perusahaan mengirimkan produk kepada 39 konsumen yang tersebar se-eks Karesidenan Surakarta. Pengiriman produk menggunakan armada sebanyak 10 truk yang berkapasitas 110 balok es pertruk. Permasalahan yang dihadapi adalah belum teraturnya rute dan jumlah permintaan konsumen pada beberapa rute melebihi kapasitas kendaraan yang melayani rute tersebut, terutama rute-rute yang mengalami penitipan pada rute lain atau melakukan pengantaran tambahan. Penitipan atau pengantaran tambahan tersebut akan menambah jarak yang ditempuh kendaraan dan pada akhirnya akan menaikkan biaya pengiriman yang harus dibayar oleh perusahaan. Oleh karena itu perlu disusun suatu rute pengiriman usulan dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan sehingga meminimalkan penitipan terhadap rute lain atau pengantaran susulan yang pada akhirnya akan meminimalkan biaya pengiriman.

Metode *Capacitated Vehicle Routing Problem* adalah suatu metode yang bertujuan untuk mendesain rute-rute yang mungkin dari suatu *depot* ke sekumpulan titik (*node*) yang tersebar dengan meminimumkan biaya, dengan kendala bahwa suatu rute harus dimulai dan berakhir pada *depot* yang sama. Total *demand* dari node-node dalam rute tersebut tidak boleh melebihi kapasitas dari kendaraan. Dan semua node yang ada harus dikunjungi oleh tepat satu kendaraan, yang kemudian menghitung biaya pengiriman. Biaya pengiriman yang ditimbulkan oleh rute perusahaan dengan biaya pengiriman rute usulan yang kemudian dibandingkan.

Penelitian ini menghasilkan rute usulan yang terdiri 10 rute dengan biaya pengiriman sebesar 1,923,069 rupiah yaitu biaya yang lebih rendah daripada biaya pengiriman rute perusahaan maupun biaya pengiriman rute usulan Kurniawan (2009). Serta sanggup mengatur armada dengan lebih optimal sehingga meningkatkan utilitas kendaraan.

Kata Kunci : Distribusi, *Vehicle Routing Problem*, Rute Usulan.

PENDAHULUAN

Sistem pendistribusian memiliki arti yang penting bagi setiap perusahaan. Sistem distribusi tersebut sangat berpengaruh dalam bidang proses produksi maupun pemasaran produk. Salah satu keuntungan perusahaan bergantung pada bagaimana sistem pendistribusian tersebut dilakukan. Bagi suatu perusahaan yang memasarkan produknya secara

langsung, penting untuk memiliki sistem distribusi produk yang telah dihasilkan. Produk yang telah diproses diharuskan agar segera dipasarkan mengingat proses produksi industri tersebut bersifat berkelanjutan.

Merupakan keinginan perusahaan agar dapat memasarkan produknya dengan cepat, kontinyu dan berkualitas serta mampu untuk menambah pelanggan dalam periode waktu tertentu. Untuk memenuhi

permintaan pelanggan dan meningkatkan kepercayaan pelanggan terhadap perusahaan maka jaringan distribusi perlu dioptimalkan.

Proses distribusi tidak pernah terlepas dari biaya. Biaya distribusi ini terdiri dari biaya tenaga kerja distribusi, biaya perawatan kendaraan, dan biaya penyusutan nilai kendaraan. Salah satu komponen biaya yang mampu memaksimalkan proses distribusi yaitu biaya bahan bakar kendaraan, yang dikarenakan harga bahan bakar nasional yang semakin lama semakin tinggi, penyebab yang lain adalah kurang maksimalnya pengaturan rute pengiriman *demand*.

Biaya Bahan bakar adalah hal yang mempengaruhi tingginya biaya distribusi. Rute yang tidak teratur menyebabkan jadwal kunjungan yang juga tidak teratur sehingga kendaraan harus melewati suatu daerah konsumen secara berulang-ulang. Hal ini menyebabkan penggunaan bahan bakar yang berlebihan, dan juga menyebabkan durasi waktu pengiriman tiap rute yang tidak tentu, sehingga evaluasi kinerja pengiriman akan sangat sulit.

PT Saripetojo adalah pabrik yang menghasilkan es balok sebagai produk. Perusahaan tersebut memiliki konsumen yang banyak meliputi konsumen yang tersebar se-eks karesidenan Surakarta dan Purwodadi. Konsumen perusahaan tersebut berupa konsumen pribadi maupun perusahaan reseller yang menjual kembali produk tersebut. Sistem jual beli perusahaan adalah konsumen membeli produk yang kemudian produk tersebut dikirim dari pabrik langsung kepada konsumen. Bagi perusahaan

penentuan rute untuk melayani semua konsumen tercukupi dengan penggunaan biaya distribusi yang seminimal mungkin. Rute yang dimiliki perusahaan adalah rute yang mengalami *sub-tour* atau rute yang dilalui masih melewati rute sebelumnya, sehingga jarak yang dilalui menjadi lebih jauh dan biaya distribusi semakin besar.

Studi sebelumnya yang dilakukan oleh Kurniawan (2009), telah ditentukan rute menggunakan metode *Saving Matriks* (SM). Salah satu metode lain yang dapat digunakan untuk menentukan rute distribusi adalah metode *Vehicle Routing Problem* (VRP), yang berguna untuk meminimalkan biaya distribusi dengan meminimasi jarak tempuh dari depot ke konsumen. VRP memiliki beberapa turunan metode berdasarkan faktor, salah satu metode tersebut adalah metode *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). Metode tersebut lebih khusus membahas permasalahan dengan adanya kendala *capacity* yaitu kapasitas yang membatasi jumlah *demand* yang dapat dibawa setiap kendaraan.

LANDASAN TEORI KONSEP OPTIMASI

Optimasi ialah suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal atau optimal (nilai efektif yang dapat dicapai). Dalam disiplin matematika optimasi merujuk pada studi permasalahan yang mencoba mencari solusi optimal, yaitu penyelesaian yang tidak melanggar batasan-batasan yang ada yang paling mempunyai nilai tujuan terbesar atau terkecil,

tergantung dari fungsi tujuannya yaitu maksimal atau minimal, sedangkan Nilai optimal adalah nilai dari sebuah program linier dari sebuah fungsi tujuan yang bersesuaian dengan solusi optimalnya (Lieberman and Hillier, 1989).

KONSEP DASAR DISTRIBUSI

Menurut Kotler saluran distribusi adalah terdiri dari seperangkat lembaga yang melakukan semua kegiatan yang digunakan untuk menyalurkan produk dan status kepemilikannya dari produsen kepada konsumen. Distribusi dari suatu produk akan menciptakan hirarki dari lokasi-lokasi penyimpanan, yang meliputi pusat-pusat produksi (*manufacturing centers*), pusat-pusat distribusi (*distribution centers*), grosir (*wholesalers*) dan pengecer (*retailer*). Distribusi produk sering dikenal dengan istilah logistik.

Distribusi tidak pernah terlepas akan adanya biaya tersendiri yaitu biaya distribusi, dalam hal tersebut perlu adanya analisa biaya distribusi. Manfaat dari analisa biaya distribusi berdasarkan produk adalah untuk menunjang kebijakan penjualan bagi pimpinan bagian penjualan, yaitu yang diwujudkan sebagai ikhtisar data-data yang penting yang berkaitan dengan keuntungan atau kerugian per produk, tidak berupa pertelaan dari pembukuan.

Hal-hal yang terjadi dalam pendistribusian yang dihadapi adalah produk yang tersedia untuk diangkut sama besarnya dengan jumlah permintaan ditempat tujuan, serta jumlah kapasitas produk yang tersedia

dalam jumlah permintaan tujuan. (Gaspersz,1998) berpendapat bahwa sistem manajemen distribusi dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu sistem tarik (*pull system*) dan sistem dorong (*push system*).

1. Sistem tarik terdesentralisasi (*Decentralized Pull System*)

Prinsip dasar dari sistem tarik dalam perencanaan dan pengendalian distribusi adalah bahwa setiap pusat distribusi mengelola inventori konvensional. Setiap pusat distribusi pada tingkat lebih rendah menghitung kebutuhannya dan kemudian memesan dari pusat distribusi pada tingkat lebih tinggi. Dengan demikian, produk ditarik dari pusat melalui struktur jaringan distribusi, dipesan melalui pemesanan pengisian kembali dari lokasi stok yang secara langsung memasok kebutuhan pelanggan.

2. Sistem dorong tersentralisasi (*Centralized Push System*)

Sistem dorong ini melakukan pengendalian terpusat dari jaringan distribusi dengan menggunakan data yang diperoleh dari semua titik distribusi paling rendah (*field stocking points*). Keputusan yang berkaitan dengan apa, berapa banyak, kapan, dan dimana mengirim produk itu dibuat dari lokasi pusat. Sistem dorong mempertimbangkan kebutuhan total yang diproyeksikan dari semua *warehouse*, inventori dalam pengangkutan, *schedule receipt* dari sumber (pabrik atau supplier) dan menentukan kuantitas yang tersedia untuk setiap *warehouse*. Alokasi ini

dikendalikan secara terpusat dengan memperhatikan kriteria seperti jadwal pengiriman, dan faktor-faktor kompetitif lainnya. Dalam hal ini *central warehouse* memutuskan apa yang dikirim ke *regional warehouses*.

TRAVELLING SALESMAN PROBLEM

Vehicle Routing Problem

merupakan perkembangan atau perluasan dari permasalahan *Travelling Salesman Problem*. Egon Balas dan Neil Simonetti mendefinisikan permasalahan TSP sebagai berikut : diberikan suatu *initial ordering* dari n kota, dan sebuah integer $k > 0$, kemudian dicari biaya minimum dari *feasible tour*. *Feasible tour* yang dimaksud adalah *tour* dimana kota i didatangi sebelum kota j , jika $j = i + k$, dalam *initial ordering*. Jadi, pada permasalahan TSP yang dibahas Egon Balas dan Neil Simonetti diketahui N titik yang disebut kota, dan biaya perjalanan dari i ke j , c_{ij} , untuk semua $i, j \in N$. Tujuan dari TSP ini adalah mencari biaya permutasi atau *tour* minimum, dari semua kota. Jika $c_{ij} = c_{ji}$, maka permasalahan TSP tersebut simetris, jika tidak disebut asimetris. TSP merupakan permasalahan mencari *Hamiltonian cycle* terpedek dalam G , dimana $G = (N, A)$ merupakan *directed* atau *undirected graph*, dengan panjang c_{ij} untuk semua $(i, j) \in A$.

Gilles Pesant memperkenalkan suatu *constraint programming model I* untuk menyelesaikan masalah TSP ini. Parameter dan variabel yang digunakan dalam model ini adalah :

1. $V = \{2, n\}$ yang mewakili kota-kota yang akan dikunjungi.
2. Untuk *origin depot* dilambangkan dengan $V = 1$, sedangkan untuk *destination depot* dilambangkan $V = n + 1$. Jadi suatu *Tour* akan merupakan *Hamiltonian path* yang berawal di 1 dan berakhir di $n + 1$.
 $V_0 = V \{1\}$
 $V_d = V \{n+1\}$
 $V_{0,d} = V \{1,n+1\}$
3. c_{ij} menunjukkan biaya travel dari kota i ke kota j .
4. Bagian tengah dari model merupakan variabel $S_i, i = 1, \dots, n$, yang berkaitan dengan tiap kota (dan *origin depot*), dan yang menunjukkan *immediate successor* dalam sebuah *tour*. Sehingga *domainnya* merupakan bilangan integer antara 2, ..., $n + 1$.
5. Sebuah *tour* yang *valid*, memberikan *distinct successor* pada tiap kota dan menghindari adanya *sub-tour*.
6. i menunjukkan awal dari *partial part* melalui i , sedangkan i menunjukkan akhirnya; pada awal $i = i = i$.

VEHICLE ROUTING PROBLEM

Vehicle Routing Problem

(VRP) pertama kali diperkenalkan oleh Dantzig dan Ramser pada tahun 1959. VRP dapat dijelaskan sebagai suatu permasalahan yang bertujuan untuk mendesain rute-rute yang mungkin dari suatu *depot* ke sekumpulan titik (*node*) yang tersebar dengan meminimumkan biaya. *Depot* yang dimaksud dapat berupa *supplier*, produsen, pabrik dan lain-lain. Sedangkan *nodenya* dapat berupa

kota, konsumen, *dealer*, gudang atau yang lainnya. Kendalanya adalah bahwa suatu rute harus dimulai dan berakhir pada *depot* yang sama, total *demand* dari node-node dalam rute tersebut tidak boleh melebihi kapasitas dari kendaraan. Dan semua node yang ada harus dikunjungi oleh tepat satu kendaraan.

Menurut Machado (2002), Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan penggabungan dari dua model yaitu *Travelling Salesman Model* (TSP) dengan *Bin Packing Problem* (BPP). TSP adalah model yang digunakan untuk mencari biaya dari jarak tempuh minimum pada perjalanan dari *depot* ke konsumen, sedangkan BPP adalah model penyelesaian tentang pengaturan penempatan baru pada suatu tempat penyimpanan barang. VRP bertujuan untuk mencari biaya transportasi minimum dengan armada kendaraan yang memiliki berbagai kapasitas, dengan beragam tujuan pengiriman sesuai dengan permintaan konsumen.

Lebih lanjut menurut Kallehauge (2002) VRP didefinisikan sebagai permasalahan *m-TSP* dimana terdapat m salesman yang mengunjungi sejumlah tempat dan tiap tempat hanya dikunjungi tepat satu kali saja. Tiap salesman berawal dari suatu *depot* dan berakhir pada *depot* tersebut, dimana sebuah *demand* dapat diasosiasikan dengan sebuah kota atau seorang konsumen, dan tiap kendaraan memiliki kapasitas tertentu. Total jumlah *demand* dalam suatu rute, tidak boleh melebihi kapasitas dari kendaraan yang ditugasi rute tersebut. Hal ini membuat VRP kadang disebut juga sebagai *Capacitated Vehicle*

Routing. Dalam VRP sendiri dikenal pula istilah *depot*.

CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM

CVRP dapat didefinisikan sebagai grafik campuran $G = (V, E)$, dimana V adalah kumpulan *node* $\{0, \dots, n\}$, dan E adalah tepi (edges). *Node* 0 mewakili *depot* dimana kendaraan (M) ditempatkan. Sementara itu tiap pelanggan *node* $i > 0$, memiliki suatu *demand non negatif* q_i , dan tiap *edge* $[i, j]$ memiliki biaya *non negatif* c_{ij} . Tujuan pemodelan yang paling utama adalah meminimalkan biaya rute tiap kendaraan dengan mempertimbangkan bahwa kendaraan memiliki kapasitas tertentu serta tiap pelanggan dilayani hanya sekali, serta tiap rute dimulai dari *node* 0 (berupa *depot*) dan berakhir pada *node* $n+1$.

Dalam CVRP terdapat *mixed-integer formulation* dengan berbagai parameter dan variabel. Parameter dan variabel yang digunakan dalam tersebut antara lain :

1. K = nomor kendaraan
2. N = nomor konsumen (0 menunjukkan depot)
3. C_i = konsumen i
4. C_0 = depot
5. V_k = kapasitas akhir kendaraan k
6. c_{ijk} = biaya travel antara konsumen i ke j untuk kendaraan k
7. q_{ik} = total produk yang dibawa kendaraan k sampai konsumen i
8. v_k = kapasitas maksimum kendaraan k
9. $y_{ik} = 1$, jika konsumen i dilayani kendaraan k ; $y_{ik} = 0$, jika tidak

10. $x_{ijk} = 1$, jika kendaraan k dari konsumen i langsung ke konsumen j ;
 $x_{ijk} = 0$, jika tidak

Formulasi CVRP adalah sebagai berikut :

$$\min \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \sum_{k=1}^K C_{ij} x_{ijk}$$

$$\sum_{i=0}^N q_{ik} y_{ik} \leq v_{ik}; k = 1, \dots, K$$

$$\sum_{k=1}^K y_{ik} = \begin{cases} K, & i = 0 \\ 1, & i = 1, \dots, N \end{cases}$$

$$Y_{ik} = 0 \text{ atau } 1, i = 1, \dots, N; k = 1, \dots, K$$

$$X_{ijk} = 0 \text{ atau } 1, i = 1, \dots, N; k = 1, \dots, K$$

$$\sum_{k=1}^K x_{ijk} = y_{jk}, j = 0, \dots, N, k = 1, \dots, K$$

$$\sum_{j=0}^N x_{ijk} = y_{ik}, i = 1, \dots, N, k = 1, \dots, K$$

Tujuan dari permasalahan CVRP ini adalah untuk meminimalkan total biaya *travel*. Kendala (2.7) membatasi bahwa total jumlah *demand* yang dibawa oleh kendaraan k , tidak boleh melebihi kapasitas dari kendaraan tersebut. Kendala (2.10) dapat digunakan untuk menunjukkan bahwa tiap konsumen hanya dapat dilayani oleh satu kendaraan saja. Kendala (2.11) dan (2.12) digunakan untuk memastikan bahwa tiap konsumen hanya dapat dikunjungi

oleh kendaraan sama dengan yang sudah dijadwalkan untuk konsumen tersebut.

Data-data yang telah diperoleh dari pengumpulan data tersebut akan diolah menggunakan CRVP. Yaitu metode untuk penentuan rute dan penjadwalan dimana konsumen dikunjungi kendaraan. Komponen dalam CVRP adalah depot, yang merupakan lokasi yang akan dikunjungi, kendaraan, konsumen, informasi rute, serta kapasitas.

Fungsi tujuan dalam permasalahan CVRP yaitu meminimasi jarak tempuh, waktu tempuh dan jumlah kendaraan yang akan digunakan. Karakteristik dalam permasalahan CVRP diantaranya :

1. Setiap konsumen akan dikunjungi satu kali.
2. Total permintaan dalam setiap rute tidak melebihi kapasitas kendaraan.
3. Jarak setiap rute tidak boleh melebihi panjang rute maksimal

CVRP merupakan kasus penentuan rute dari K kendaraan yang bertujuan meminimasi biaya total jarak yang ditempuh semua rute yang akan memenuhi kapasitas kendaraan Q dalam melayani semua konsumen., Dan pengolahan data tersebut data diolah dengan bantuan komputer yaitu program *Lingo 8*, yang didalamnya terdapat teknik untuk menyelesaikan permasalahan CVRP tersebut.

Tabel 1. Matriks Jarak

Jalur	Tujuan	Rute	Jarak (Km)
A	Purwodadi	G0→G20→G0	120
B	Masaran	G0→G27→G0	50
C	Prambanan	G0→G6→G12→G32→G16→G17→G30→G28→G29→G0	86
D	Batu	G0→G10→G36→G35→G34→G33→G0	130
E	Gabugan	G0→G1→G2→G3→G26→G7→G0	75
F	Mantingan	G0→G25→G24→G22→G23→G21→G0	110
G	Sukoharjo	G0→G19→G18→G11→G9→G37→G0	85,5
H	Boyolali	G0→G4→G15→G8→G5→G14→G31→G13→G39→G28→G0	98
JUMLAH			754,5

DATA RUTE PERUSAHAAN

Data rute yang dimiliki perusahaan berdasarkan daftar alamat konsumen, dan data jarak rute dihitung menggunakan matrik jarak, seperti yang digambarkan pada tabel 1.

PENGOLAHAN DATA

Data diolah menggunakan program *Lingo* 8, dimana dalam program tersebut terdapat metode yang dapat menyelesaikan masalah *Vehicle Routing Problem*. Penggunaan program ini yaitu menerjemahkan rumus *Vehicle Routing Problems* kedalam bahasa pemrograman *Lingo*.

Pada penggunaan model CVRP ini, model membahas keterkaitan transportasi dengan kapasitas maksimum kendaraan, namun tidak menggunakan data waktu penurunan barang. Hal ini disebabkan data penurunan yang didapat berupa range waktu, sedang pada program *Lingo* tidak dilakukan perandoman

waktu dan model VRP hanya memperhatikan waktu antar konsumen untuk mengetahui jalur yang paling optimal. Data yang dibutuhkan dalam model CVRP ini adalah data matriks jarak antar konsumen, *demand*, dan kapasitas kendaraan.

Program *Lingo* 8 dalam penyelesaiannya membutuhkan bantuan program yang lain, yaitu program *Microsoft Excel*, dimana program tersebut berfungsi sebagai penyedia data yang akan diolah dalam *Lingo* yang berbentuk matrik.

Output yang dihasilkan *Lingo* 8, digunakan beberapa asumsi yang digunakan sebagai dasar penentuan rute dengan hasil perhitungan program *Lingo* 8 sehingga mendapatkan *feasible result*, asumsi tersebut sebagai berikut :

1. VRP termasuk permasalahan *lokasi-alokasi* yakni permasalahan tujuan konsumen dan permasalahan kapasitas yang dimiliki armada distribusi yang disebut dengan *combinational*

Table 2. Output Lingo

Rute	Rute Usulan	Jarak (Km)
A	G0-G7-G0	70
B	G0-G20-G0	120
C	G0-G27-G0	50
D	G0-G1-G25-G27-G2-G19-G0	49,5
E	G0-G7-G20-G26-G0	120
F	G0-G11-G10-G37-G9-G18-G0	39,5
G	G0-G17-G15-G14-G5-G31-G16-G6-G12-G0	21,5
H	G0-G33-G34-G35-G36-G0	130
I	G0-G8-G13-G29-G28-G30-G32-G38-G39-G4-G0	119
J	G0-G24-G22-G23-G21-G3-G0	109,5
Jumlah		829

mixed problem dimana VRP termasuk dalam *non polinomial hard problem (np-hard problem)*, yakni semakin banyak jumlah variabel data ($n = 40$) diperlukan kombinasi perhitungan yang sangat banyak sebanyak variabel data yang difaktorialkan ($C = 40!$), dimana $C(40) = 40! = 8.16 \times 1047$ kombinasi. Dengan kombinasi sebanyak itu diperlukan waktu yang banyak (berpuluh-puluh jam bahkan berhari-hari).

2. Dalam perjalanan iterasi pada jam ke-50 iterasi didapatkan *best objective* 584, dimana dalam durasi 10 jam berikutnya (60 jam) *best objective* tersebut tidak berubah, sedangkan dalam pekerjaan menggunakan komputer sangat dibatasi oleh waktu, maka iterasi dihentikan pada waktu 60 jam 22 menit 22 detik, yaitu pada saat terjadinya hasil yang staknan yaitu nilai *best objective* sebesar 584 dalam 10 jam (dihitung dari jam ke 50).
3. Ada kemungkinan *best objective* semakin kecil jika iterasi

dilanjutkan untuk mendapatkan hasil yang *global optimum*.

Tabel 2 adalah rute yang berhasil didapatkan berdasarkan output *Lingo 8.0*

ANALISIS DAN KESIMPULAN

Besarnya biaya usulan yang digunakan untuk menempuh 829 kilometer rute usulan adalah 1,923,069 rupiah. Berdasarkan hasil dan analisis pengolahan data, maka dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penyelesaian masalah distribusi dapat diselesaikan menggunakan metode CVRP dimana biaya distribusi dapat diminimalkan menjadi 1,923,069 rupiah, dimana rute yang diusulkan adalah sebagai berikut :

1. **Rute A** , yaitu depot – Gabukan – depot, dengan jarak tempuh 70 km.
2. **Rute B**, yaitu depot – Purwodadi – depot, dengan jarak tempuh 120 km.
3. **Rute C**, yaitu depot – Masaran – depot, dengan jarak tempuh 50 km.

4. **Rute D**, yaitu depot – Cindrejo Kidul – Kebakramat – Masaran – Gilingan – Mangkubumen – depot, dengan jarak tempuh 49,5 km.
5. **Rute E**, yaitu depot – Gabukan – Purwodadi – Gemolong – depot, dengan jarak tempuh 120 km.
6. **Rute F**, yaitu depot – Singosaren – Gading – Sukoharjo 2 – Telukan – Pasar Kembang - depot, dengan jarak tempuh 39,5 km.
7. **Rute G**, yaitu depot – Windan – Gumpang – Kartasura 5 – Kartasura 2 – Gatak – Makamhaji – Pajang – Batikan - depot, dengan jarak tempuh 21,5 km.
8. **Rute H**, yaitu depot – Baturetno – Ngadirejo – Wonogiri – Sukoharjo 1 - depot, dengan jarak tempuh 130 km.
9. **Rute I**, yaitu depot – Kartasura 3 – Kartasura 4 – Prambanan 2 – Prambanan 1 – Karangdowo – Klaten – Boyolali – Kartasura 6 – Kartasura 1 - depot, dengan jarak tempuh 119 km.
10. **Rute J**, yaitu depot – Sragen – Gondang 1 – Gondang 2 – Mantingan – Mojosongo - depot, dengan jarak tempuh 109,5 km.

DAFTAR PUSTAKA

- Ballou, Ronald H. *Business Logistics Management*. Edisi keempat, New Jersey : Prentice Hall Inc. 1998.
- Balas, Egon, dan Simonetti, Neil. (1998), *Linear Time Dynamic-Programming Algorithms for New Classes of Restricted TSPs : A Computational Study*.
- Gesperz, Vincent. *Production and Inventory Control Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufacturing 21*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama,
- Kallehauge, B., Larsen, J., and Marsen, Oli B.G.. (2001). *Lagrangian Duality Applied on Vehicle Routing With Time Windows*, Technical Report, IMM, Technical University of Denmark
- Kurniawan, Aprie. (2009). *Analisis Penyusunan Rute Distribusi Es Balok dengan menggunakan Pendekatan Saving Matrik di Perusda Saripetojo Surakarta*. Surakarta : Industrial Engineering of Setiabudi University.
- Lieberman and Hillier, (1989). *An Introductions of Operational Research*, New York: McGraw-Hill Book Company.
- Pesant, G., Gendreau, M., Potvin, JY., dan Rousseau, JM.. *An Exact Constraint Logic Programming Algorithm for The Travelling Salesman Problem with Time Windows*.
- Thangiah, S.R.. (1995). *Vehicle Routing with Time Windows Using Genetic Algorithms, Application Handbook of Genetic Algorithms* : New Frontiers, Vol. II, Lance Chamvbers (ed), CRC Press, 253-277.

