



EFEKTIVITAS ALGORITMA *CLARKE-WRIGHT* DAN *SEQUENTIAL INSERTION* DALAM PENENTUAN RUTE PENDISTRIBUSIAN TABUNG GAS LPG

Siti Rupiah[✉], Mulyono, dan Endang Sugiharti

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt. 1, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Agustus 2016
Disetujui Nopember 2016
Dipublikasikan Nopember 2017

Keywords:
CVRP, Clarke-Wright Algorithm,
Sequential Insertion Algorithm,
Matlab

Abstrak

Permasalahan distribusi tabung gas LPG dari salah satu agen LPG di Blora yaitu PT. X ke beberapa sub agen/pangkalan merupakan contoh kasus permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana menyelesaikan masalah rute pendistribusian tabung gas LPG menggunakan algoritma *Clarke-Wright* dan algoritma *Sequential Insertion*. Pencarian rute tersebut dilakukan secara hitungan manual dan dengan bantuan program Matlab R2014a. Selanjutnya akan ditentukan keefektifan dari penggunaan kedua algoritma tersebut. Pengambilan data dilakukan dengan metode observasi dan wawancara secara langsung dengan pegawai di PT. X. Simpulan yang diperoleh adalah pada solusi algoritma *Clarke-Wright* diperoleh penghematan jarak sebesar 146,2 km/minggu dan penghematan biaya transportasi sebesar Rp94.116,25/minggu; Sedangkan pada solusi algoritma *Sequential Insertion* diperoleh penghematan jarak sebesar 160,2 km/minggu dan penghematan biaya transportasi sebesar Rp103.128,75/minggu. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rute yang dibentuk menggunakan algoritma *Sequential Insertion* pada kasus ini lebih efektif dibandingkan rute yang dibentuk menggunakan algoritma *Clarke-Wright*.

Abstract

The problem of distribution of LPG gas cylinders from one agent LPG in Blora, namely PT. X into a number of sub agents/bases is an example of the problems of Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). In this research, the problem is how to solve the problems of the distribution of LPG using Clarke-Wright algorithm and Sequential Insertion algorithm. The search of the route was done manually and with the help of Matlab R2014a. It is then continued by determining the effectiveness of the using of the two algorithms. Data collection was performed by the method of direct observation and interviews with employees at PT. X. Conclusions obtained are the Clarke-Wright algorithm solution obtained distance savings amounted to 146.2 km/week and the transportation cost savings of Rp94.116,25/week. While the solution of Sequential Insertion algorithm obtained distance savings amounted to 160.2 km/week and the transportation cost savings of Rp103.128,75/week. It can be concluded that the route which formed by Sequential Insertion algorithm in this case is more effective than the route which formed by Clarke-Wright algorithm.

How to Cite

Rupiah S., Mulyono, & Sugiharti E. (2017). Efektivitas Algoritma Clarke-Wright dan Sequential Insertion dalam Penentuan Rute Pendistribusian Tabung Gas LPG. *Unnes Journal of Mathematics* 6(2): 198-210.

PENDAHULUAN

Distribusi adalah salah satu aspek dari pemasaran. Menurut Tjiptono (2008) distribusi dapat diartikan sebagai kegiatan pemasaran yang berusaha memperlancar dan mempermudah penyampaian barang dan jasa dari produsen kepada konsumen, sehingga penggunaannya sesuai dengan yang diperlukan (jenis, jumlah, harga, tempat, dan saat dibutuhkan). Kendala yang dihadapi perusahaan dalam mendistribusikan produknya datang dari sisi internal maupun eksternal. Dari sisi internal kendala dapat berasal dari kebijakan yang dikeluarkan perusahaan menyangkut distribusi dan pelayanan, serta sarana-prasarana penunjang dalam distribusi. Sedangkan dari sisi eksternal, kendala dapat berasal dari cara pendistribusian dan tempat yang dituju atau konsumen.

Efektivitas merupakan unsur pokok untuk mencapai tujuan atau sasaran yang telah ditentukan sebelumnya. Pada penelitian ini, kata efektivitas ditekankan pada hasil perbandingan algoritma-algoritma yang digunakan. Algoritma dikatakan efektif apabila algoritma yang dibandingkan menghasilkan rute dengan jarak tempuh yang paling minimal dalam menyelesaikan proses pengangkutan.

Pratiwi *et al* (2012) telah mengkaji masalah optimasi distribusi barang. Penerapan algoritma *Clarke-Wright* dan *Sequential Insertion* telah dikaji dalam beberapa artikel antara lain Octora *et al* (2014), Rohandi *et al* (2014) dan Kurniawan *et al* (2014). Octora *et al* (2014) mengkaji tentang pembentukan rute distribusi menggunakan algoritma *Clarke & Wright Savings* dan algoritma *Sequential Insertion*. Rohandi *et al* (2014) mengkaji penentuan rute distribusi produk obat menggunakan metode *Sequential Insertion* dan *Clarke & Wright Savings*. Kurniawan *et al* (2014) mengkaji usulan rute pendistribusian air mineral dalam kemasan menggunakan metode *Nearest Neighbour* dan *Clarke & Wright Savings*. Pradhana *et al* (2012) mengkaji penerapan algoritma *Tabu Search* untuk menyelesaikan *Vehicle Routing Problem*.

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan permasalahan yang membahas mengenai pencarian rute suatu kendaraan dengan tujuan tertentu. Menurut Toth & Vigo (2002), VRP adalah masalah penentuan rute kendaraan dalam mendistribusikan barang dari tempat produksi yang dinamakan depot ke konsumen dengan tujuan meminimumkan total jarak tempuh kendaraan. Selain dapat meminimumkan jarak tempuh kendaraan, VRP juga bertujuan meminimumkan biaya transportasi dan waktu tempuh kendaraan yang

digunakan. Permasalahan VRP erat kaitannya dengan pendistribusian produk atau barang antara depot dengan konsumen. Depot digambarkan sebagai gudang atau tempat keluar dan kembalinya kendaraan yang digunakan untuk mendistribusikan barang/produk tersebut kepada konsumen.

Menurut Solomon (1987), variasi dari VRP adalah sebagai berikut.

- (1) *Capacitated VRP* (CVRP), yaitu setiap kendaraan punya kapasitas yang terbatas.
- (2) *VRP with Time Windows* (VRPTW), yaitu setiap pelanggan harus disuplai dalam jangka waktu tertentu.
- (3) *Multiple Depot VRP* (MDVRP), yaitu distributor memiliki banyak depot untuk menyuplai pelanggan.
- (4) *VRP with Pick-Up and Delivering* (VRPPD), yaitu pelanggan mungkin mengembalikan barang pada depot asal.
- (5) *Split Delivery VRP* (SDVRP), yaitu pelanggan dilayani dengan kendaraan berbeda.
- (6) *Stochastic VRP* (SVRP), yaitu munculnya 'random values' (seperti jumlah pelanggan, jumlah permintaan, waktu pelayanan atau waktu perjalanan).
- (7) *Periodic VRP*, yaitu pengantar hanya dilakukan dihari tertentu.

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) adalah bentuk paling dasar dari VRP. CVRP adalah masalah optimasi untuk menemukan rute dengan biaya minimal (*minimum cost*) untuk sejumlah kendaraan (*vehicles*) dengan kapasitas tertentu yang homogen (*homogeneous fleet*), yang melayani permintaan sejumlah pelanggan yang kuantitas permintaannya telah diketahui sebelum proses pengiriman berlangsung.

Pada dasarnya, dalam CVRP kendaraan akan memulai perjalanan dari depot untuk melakukan pengiriman ke masing-masing pelanggan dan akan kembali ke depot. Diasumsikan jarak atau biaya perjalanan antara semua lokasi telah diketahui. Jarak antara dua lokasi adalah simetris, yang berarti jarak dari lokasi *A* ke lokasi *B* sama dengan jarak dari lokasi *B* ke lokasi *A*.

Tonci Caric and Hrvoje Gold (2008) mendefinisikan CVRP sebagai suatu graf berarah $G = (V, A)$ dengan $V = \{v_0, v_1, v_2, \dots, v_m, v_{n+1}\}$ adalah himpunan titik, v_0 menyatakan depot dan v_{n+1} merupakan depot semu dari v_0 yaitu tempat kendaraan memulai dan mengakhiri rute perjalanan. Sedangkan $A = \{(v_i, v_j) : v_i, v_j \in V, i \neq j\}$ adalah himpunan sisi yang menghubungkan antar titik. Setiap titik $v_i \in V$ memiliki permintaan (*demand*) sebagai d_i .

Himpunan $K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$ merupakan himpunan kendaraan yang homogen dengan kapasitas yang identik yaitu Q , sehingga panjang setiap rute dibatasi oleh kapasitas kendaraan. Setiap titik (v_i, v_j) memiliki jarak tempuh c_{ij} yaitu jarak dari titik v_i ke titik v_j . Jarak perjalanan ini diasumsikan simetrik yaitu $c_{ij} = c_{ji}$ dan $c_{ii} = 0$. Permasalahan CVRP adalah menentukan himpunan dari K rute kendaraan yang memiliki kondisi berikut.

- (1) Setiap rute berawal dan berakhir di depot.
- (2) Setiap konsumen harus dilayani tepat satu kali oleh satu kendaraan.
- (3) Total permintaan konsumen dari setiap rute tidak melebihi kapasitas kendaraan.
- (4) Total jarak dari semua rute diminimumkan.

Permasalahan tersebut kemudian diformulasikan ke dalam model matematika dengan tujuan meminimumkan total jarak tempuh perjalanan kendaraan.

Didefinisikan variabel keputusannya adalah :

$$x_{ij}^k = \begin{cases} 1 & \text{jika kendaraan } k \text{ melakukan perjalanan dari titik } v_i \text{ ke titik } v_j \\ 0 & \text{jika kendaraan } k \text{ tidak melakukan perjalanan dari titik } v_i \text{ ke titik } v_j \end{cases}$$

$$u_i^k = \begin{cases} 1 & \text{jika titik } v_i \text{ dilayani oleh kendaraan } k \\ 0 & \text{jika titik } v_i \text{ tidak dilayani oleh kendaraan } k \end{cases}$$

Keterangan:

$K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$ kendaraan yang digunakan

$V =$ himpunan titik

$A =$ himpunan sisi berarah (arc), $\{(v_i, v_j) : v_i, v_j \in V, i \neq j\}$

$c_{ij} =$ jarak antara titik v_i ke titik v_j

$d_i =$ jumlah permintaan pada titik v_i

$Q =$ kapasitas masing-masing kendaraan

$u_i^k =$ kendaraan k melayani titik v_i

Selanjutnya fungsi tujuannya meminimumkan total jarak tempuh perjalanan kendaraan. Jika z adalah fungsi tujuan, maka

$$\text{Minimumkan } z = \sum_{k \in K} \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} x_{ij}^k \quad (1)$$

dengan kendala-kendala :

Setiap titik hanya dikunjungi tepat satu kali oleh satu kendaraan.

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in V, i \neq j} x_{ij}^k = 1, \forall i \in V \quad (2)$$

Total jumlah permintaan pelanggan dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan yang melayani rute tersebut.

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V, j \neq i} d_i x_{ij}^k \leq Q, \forall k \in K \quad (3)$$

Setiap rute perjalanan kendaraan berawal dari depot.

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in V} x_{0i}^k = 1 \quad (4)$$

Setiap rute perjalanan kendaraan berakhir di depot.

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in V} x_{i n+1}^k = 1 \quad (5)$$

Kekontinuan rute, artinya kendaraan yang mengunjungi suatu titik, setelah selesai melayani akan meninggalkan titik tersebut.

$$\sum_{i \in V} x_{ij}^k - \sum_{j \in V} x_{ji}^k = 0, \forall i, j \in V, \forall k \in K \quad (6)$$

Batasan ini memastikan bahwa tidak terdapat subrute pada setiap rute yang terbentuk.

$$x_{ij}^k = 1 \Rightarrow u_i^k - d_j = u_j^k, \forall i, j \in V; i \neq j, K \\ = \{k_1, k_2, \dots, k_m\} \quad (7)$$

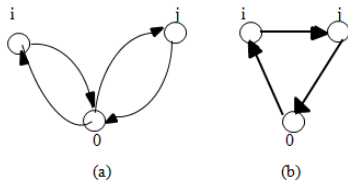
$$u_0 = Q, 0 \leq u_i, \forall i \in V \quad (8)$$

Variabel keputusan x_{ij}^k merupakan *integer biner*.

$$x_{ij}^k \in \{0, 1\}, \forall i, j \in V, i \neq j, K \\ = \{k_1, k_2, \dots, k_m\} \quad (9)$$

Pada tahun 1964, Clarke and Wright mempublikasikan sebuah algoritma sebagai solusi permasalahan dari berbagai rute kendaraan, yang sering disebut sebagai permasalahan klasik dari rute kendaraan (*the classical vehicle routing problem*). Algoritma ini didasari pada suatu konsep yang disebut konsep *savings*. Algoritma ini dirancang untuk menyelesaikan masalah rute kendaraan dengan karakteristik sebagai berikut. Dari suatu depot barang harus diantarkan kepada pelanggan yang telah memesan. Untuk sarana transportasi dari barang-barang ini, sejumlah kendaraan telah disediakan, di mana masing-masing kendaraan dengan kapasitas tertentu sesuai dengan barang yang diangkut. Setiap kendaraan yang digunakan untuk memecahkan permasalahan ini, harus menempuh rute yang telah ditentukan, memulai dan mengakhiri di depot, di mana barang-barang diantarkan kepada satu atau lebih pelanggan (Clarke G. & Wright J.W, 1964).

Algoritma *Clarke-Wright* adalah sebuah algoritma heuristik, dan oleh karena itu tidak menyediakan sebuah solusi yang optimal. Tetapi bagaimanapun juga sering menghasilkan solusi yang baik, yang merupakan suatu solusi yang sedikit berbeda dari solusi optimal. Dasar dari konsep penghematan ini untuk mendapatkan penghematan biaya dengan menggabungkan dua rute menjadi satu rute yang digambarkan pada Gambar 1, titik 0 adalah depot.



Gambar 1. Ilustrasi Konsep Penghematan

Berdasarkan Gambar 1(a) tujuan/pelanggan i dan j dikunjungi dengan rute yang terpisah. Untuk mendapatkan penghematan, tujuan/pelanggan i dan j akan dikunjungi dengan rute yang sama, contoh terlihat pada gambar 1(b). Rute kendaraan yang ditunjukkan diantara simpul i dan j oleh c_{ij} , rute kendaraan oleh

$$D_a = c_{0i} + c_{i0} + c_{0j} + c_{j0} \quad (10)$$

Ekivalen dengan rute kendaraan D_b pada gambar 1(b) adalah

$$D_b = c_{0i} + c_{ij} + c_{j0} \quad (11)$$

Dengan menggabungkan kedua rute memperoleh penghematan s_{ij} :

$$s_{ij} = c_{0i} + c_{i0} + c_{0j} + c_{j0} - (c_{0i} + c_{ij} + c_{j0}) \quad (12)$$

$$s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij} \quad (13)$$

c_{i0} = jarak dari titik i ke depot.

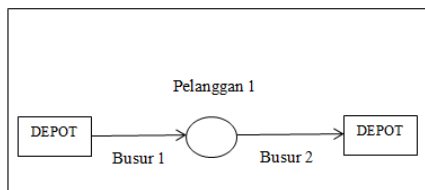
c_{0j} = jarak dari depot ke titik j .

c_{ij} = jarak dari titik i ke titik j .

s_{ij} = nilai penghematan jarak dari titik i ke titik j .

Nilai penghematan (s_{ij}) adalah jarak yang dapat dihemat jika rute $0-i-0$ digabungkan dengan rute $0-j-0$ menjadi rute tunggal $0-i-j-0$ yang dilayani oleh satu kendaraan yang sama.

Prinsip dasar dari Algoritma *Sequential insertion* adalah mencoba menyisipkan pelanggan di antara semua busur (sisi) yang ada pada rute saat ini. Busur ini didefinisikan sebagai sisi yang menghubungkan secara langsung satu lokasi dengan satu lokasi yang lain. Pada Gambar 2 pelanggan berikutnya dicoba untuk disisipkan pada busur 1 dan busur 2 yang ada pada rute saat ini.



Gambar 2. Penyisipan Pelanggan Pada Rute Saat Ini

Kelayakan diperiksa untuk semua pembatas dan kapasitas muatan kendaraan. Pelanggan dan busur yang diberikan tambahan biaya yang paling kecil dan layak selanjutnya

dipilih. Prosedur ini terus berulang hingga semua pelanggan telah ditugaskan.

Matlab merupakan bahasa pemrograman yang hadir dengan fungsi dan karakteristik yang berbeda dengan bahasa pemrograman lain yang sudah ada lebih dahulu seperti Delphi, Basic maupun C++. Matlab merupakan bahasa pemrograman level tinggi yang dikhususkan untuk kebutuhan komputasi teknis, visualisasi dan pemrograman seperti komputasi matematik, analisis data, pengembangan algoritma, simulasi dan pemodelan serta grafik-grafik perhitungan.

Matlab hadir dengan membawa warna yang berbeda. Hal ini karena Matlab membawa keistimewaan dalam fungsi-fungsi matematika, fisika, statistik, dan visualisasi. Matlab dikembangkan oleh MathWorks, yang pada awalnya dibuat untuk memberikan kemudahan mengakses data matrik pada proyek Linpack dan Eispack. Saat ini Matlab memiliki ratusan fungsi yang dapat digunakan sebagai problem solver mulai dari simple sampai masalah-masalah yang kompleks dari berbagai disiplin ilmu (Firmansyah, 2007).

METODE

Langkah-langkah yang digunakan pada penelitian ini adalah (1) metode pengambilan data, (2) analisis dan pemecahan masalah, (3) penarikan simpulan. Untuk menemukan masalah dicari sumber pustaka dan dipilih bagian dari sumber pustaka sebagai suatu masalah.

Metode pengambilan data dilakukan dengan observasi dan wawancara. Penelitian ini dilakukan dengan cara pengamatan dan melihat dari dekat secara langsung agen LPG 3 kg yaitu PT. X yang berlokasi di Kabupaten Blora. Selain itu dilakukan tanya jawab dengan pegawai di PT. X tersebut.

Tahap kajian pustaka dilakukan dengan mengkaji permasalahan secara teoritis berdasarkan sumber-sumber pustaka yang relevan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pemecahan masalah ini adalah:

- (1) mempelajari teori dan materi tentang masalah distribusi, efektivitas, graf, VRP, CVRP, algoritma *Clarke-Wright*, algoritma *Sequential Insertion* dan Matlab R2014a.
- (2) Menerapkan langkah-langkah algoritma *Clarke-Wright* dalam menyelesaikan masalah yang telah didapatkan.
- (3) Menerapkan langkah-langkah algoritma *Sequential Insertion* dalam menyelesaikan masalah yang telah didapatkan.

- (4) Membuat aplikasi CVRP dengan algoritma *Clarke-Wright* dan algoritma *Sequential Insertion* menggunakan *software* Matlab R2014a.

Penyelesaian permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan algoritma *Clarke-Wright* melalui beberapa langkah. Adapun langkah-langkah yang diadopsi dari Octora (2014) adalah sebagai berikut:

- Langkah 1 :Menentukan data pelanggan, jumlah permintaan dan kapasitas kendaraan sebagai input yang dibutuhkan.
- Langkah 2 :Buat matriks jarak antar depot ke konsumen dan antar konsumen ke konsumen.
- Langkah 3 :Hitung nilai *saving* menggunakan persamaan $s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$ pada setiap pelanggan untuk mengetahui nilai penghematan.
- Langkah 4 :Urutkan pasangan pelanggan berdasarkan nilai *saving* matriks penghematan dari nilai *saving* terbesar hingga yang terkecil. Langkah ini merupakan iterasi dari matriks penghematan, di mana jika nilai *saving* terbesar terdapat pada titik *i* dan *j* maka baris *i* dan kolom *j* dicoret, lalu *i* dan *j* digabungkan dalam satu kelompok rute, demikian seterusnya sampai iterasi yang terakhir. Iterasi akan berhenti apabila semua entri dalam baris dan kolom sudah terpilih.
- Langkah 5 :Pembentukan rute pertama ($t = 1$)
- Langkah 6 :Tentukan pelanggan pertama yang ditugaskan pada rute dengan cara memilih kombinasi pelanggan dengan nilai *saving* terbesar.
- Langkah 7 :Hitung banyaknya jumlah permintaan dari konsumen yang telah terpilih. Apabila jumlah permintaan masih memenuhi kapasitas kendaraan maka lanjut ke langkah 8. Apabila jumlah permintaan melebihi kapasitas kendaraan maka dilanjutkan ke langkah 9.
- Langkah 8 :Pilih pelanggan selanjutnya yang akan ditugaskan berdasarkan kombinasi pelanggan terakhir yang terpilih dengan nilai *saving* terbesar, kembali ke langkah 7.
- Langkah 9 :Hapus pelanggan terakhir yang terpilih, lanjut ke langkah 10.
- Langkah 10:Masukkan pelanggan yang terpilih sebelumnya untuk ditugaskan kedalam rute maka rute (t) telah

terbentuk. Apabila masih ada pelanggan yang belum terpilih maka lanjut ke langkah 11. Apabila semua pelanggan telah ditugaskan maka proses pengerjaan algoritma *Clarke & Wright* telah selesai.

- Langkah 11:Pembentukan rute baru ($t = t+1$), lanjut ke langkah 6.

Penyelesaian permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan algoritma *Sequential Insertion* melalui beberapa langkah. Adapun langkah-langkah yang diadopsi dari Octora (2014) adalah sebagai berikut:

- Langkah 1 :Menentukan data pelanggan, jumlah permintaan, kapasitas kendaraan dan matriks jarak sebagai input yang dibutuhkan.
- Langkah 2 :Penentuan rute pertama ($t = 1$) yang dimulai dari depot menuju ke konsumen kemudian kembali lagi ke depot, dipilih konsumen yang paling dekat dengan depot.
- Langkah 3 :Hitung jumlah permintaan dan total jarak tempuh dari pelanggan pada rute.
- Langkah 4 :Pilih pelanggan dengan total jarak tempuh terkecil untuk dipilih ditugaskan ke dalam rute. Apabila jumlah permintaan kurang dari kapasitas kendaraan maka dilanjutkan ke langkah 5. Apabila jumlah permintaan lebih dari kapasitas kendaraan maka dilanjutkan ke langkah 6.
- Langkah 5 :Pelanggan kemudian ditugaskan ke dalam rute dan rute (t) terbentuk. Kembali ke langkah 4.
- Langkah 6 :Jika semua pelanggan telah terpilih maka proses pengerjaan algoritma *Sequential Insertion* telah selesai. Apabila masih ada pelanggan yang belum terpilih maka lanjut ke langkah 7.
- Langkah 7 :Pembentukan rute baru ($t = t+1$), lanjut ke langkah 8.
- Langkah 8 :Masukkan pelanggan yang belum terpilih untuk ditugaskan ke dalam rute yang akan terbentuk selanjutnya, lanjut ke langkah 4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu contoh pendistribusian adalah pengiriman tabung gas LPG karena pada masa sekarang ini di masyarakat kebutuhan tabung gas LPG terus meningkat. Pengertian LPG dalam PP No. 36 Tahun 2004 tentang Kegiatan Usaha Hilir Minyak dan Gas Bumi, LPG

merupakan gas hidrokarbon yang dicairkan dengan tekanan untuk memudahkan penyimpanan, pengangkutan, dan penanganannya yang pada dasarnya terdiri atas propana (c_3), butana (c_4) atau campuran keduanya (Mix LPG). LPG diperkenalkan oleh Pertamina pada tahun 1968. Selama ini masih banyak salah pengertian mengenai apa dan darimana sumber LPG diperoleh. Menurut arti harfiah kata, LPG merupakan singkatan dari Liquefied Petroleum Gas yang artinya gas yang dicairkan pada tekanan tertentu yang diperoleh dari minyak bumi yang telah difraksionasi. Sehingga sumber utama penghasil LPG sebenarnya adalah minyak bumi, bukan gas bumi. LPG juga bisa dihasilkan dari gas bumi namun membutuhkan proses yang lebih rumit untuk mengolahnya menjadi LPG.

Terdapat beberapa agen distributor di Blora, salah satunya di PT. X. Distribusi dilakukan dari PT. X, Jalan Raya Blora Rembang km 7, kemudian akan di distribusikan ke sub agen atau pangkalan gas LPG di wilayah Blora. Permasalahan di PT. X Blora yaitu dalam mendistribusikan Gas LPG 3 kg ke wilayah Blora, pendistribusian dilakukan di 38 tempat di 7 kecamatan. PT. X biasanya mendistribusikan tabung gas ke pangkalan sebanyak 3 kali seminggu dengan menggunakan 3 kendaraan berkapasitas 560 tabung. Setiap pangkalan menerima 1 kali kiriman tabung gas per minggunya. Untuk itu akan dibentuk rute sebanyak 3 pengiriman (pengiriman pertama, pengiriman kedua dan pengiriman ketiga) selama seminggu agar diperoleh jarak minimum sehingga biaya angkut yang dikeluarkan juga dapat diminimalkan. Pendistribusian dimulai dari depot, yang dalam hal ini adalah PT. X, selanjutnya didistribusikan ke pelanggan-pelanggan sesuai permintaan sampai tabung gas LPG 3 kg di dalam kendaraan habis. Jika masih ada pelanggan yang belum terlayani maka kendaraan tersebut akan kembali ke depot untuk mengambil tabung dan mendistribusikannya lagi ke pelanggan yang lain sesuai permintaan.

Pada penelitian ini diasumsikan bahwa:

- (1) Kendaraan pengangkut selalu dalam keadaan baik.
- (2) Kemacetan diabaikan.
- (3) Ruas jalan selalu dapat terlewati.
- (4) Jarak dari lokasi i ke j sama dengan jarak dari j ke i .
- (5) Jumlah permintaan setiap pelanggan selalu tetap.

Data yang diperlukan untuk memecahkan persoalan dengan cara mengumpulkan data yang berasal dari pihak perusahaan, mengukur

jarak dengan menggunakan *google maps*, dengan *google maps* ini pencarian rute perjalanan menjadi lebih mudah dan jelas, cukup dengan mengetikkan lokasi asal menuju lokasi tujuan maka peta lokasi yang dimaksud akan tampil. Selain itu cara mengumpulkan data dengan melakukan wawancara secara langsung kepada pihak yang bersangkutan.

Berdasarkan persamaan (1) – (9), disajikan model matematika pengiriman pertama, pengiriman kedua dan pengiriman ketiga pada pendistribusian tabung gas LPG 3 kg oleh PT. X. Pada pengiriman pertama PT. X mendistribusikan tabung gas LPG 3 kg ke 13 pangkalan. Pangkalan-pangkalan tersebut adalah Bumi Sari, Dua Putri, “Enggal Jaya” Toko, Santosa LPG, UD. Sejahtera, Al Fian LPG, Al- Barkah, Alfaj Jaya, Barokah Utama, Berkah LPG, Damiu “Toyo Fresh”, Hari LPG, dan Hutami LPG.

Berikut adalah model matematika pengiriman pertama pendistribusian tabung gas LPG 3 kg:

- (1) Meminimalkan jarak tempuh (z)

$$z = \sum_{k=1}^3 \sum_{i=0}^{13} \sum_{j=0}^{13} c_{ij} x_{ij}^k$$

- (2) Perjalanan berawal dari depot

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{j=0}^{13} x_{0j}^k = 1$$

- (3) Setiap titik hanya dikunjungi 1 kali

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{j=0, j \neq i}^{13} x_{ij}^k = 1, \forall i \in V, V = \{v_0, v_1, v_2, \dots, v_{13}\}$$

- (4) Setiap kendaraan tidak melebihi kapasitas

$$\sum_{i=0}^{13} \sum_{j=0, j \neq i}^{13} d_i x_{ij}^k \leq 560, \forall k \in K, K = \{k_1, k_2, k_3\}$$

- (5) Setiap kendaraan yang mengunjungi suatu titik, setelah selesai melayani akan meninggalkan titik

$$\sum_{i=0}^{13} x_{ij}^k - \sum_{j=0}^{13} x_{ji}^k = 0, \forall i, j \in V, \forall k \in K, K = \{k_1, k_2, k_3\}$$

- (6) Perjalanan berakhir di depot

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{i=0}^{13} x_{i n+1}^k = 1$$

Pada pengiriman kedua PT. X mendistribusikan tabung gas LPG 3 kg ke 13 pangkalan. Pangkalan-pangkalan tersebut adalah Jossindo LPG, Kempot LPG, Lensa Cemerlang, Pak Yudi, Peje LPG, Puji Lestari, Setia Teman, Tasman, Tiyono LPG, To Gik,

Toko Aris, Toko Brewok Jaya, dan Toko Dali Mas.

Berikut adalah model matematika pengiriman kedua pendistribusian tabung gas LPG 3 kg:

- (1) Meminimalkan jarak tempuh (z)

$$z = \sum_{k=1}^3 \sum_{i=0}^{13} \sum_{j=0}^{13} c_{ij} x_{ij}^k$$

- (2) Perjalanan berawal dari depot

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{j=0}^{13} x_{0j}^k = 1$$

- (3) Setiap titik hanya dikunjungi 1 kali

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{j=0, i \neq j}^{13} x_{ij}^k = 1, \forall i \in V, V$$

$$= \{v_0, v_1, v_2, \dots, v_{13}\}$$

- (4) Setiap kendaraan tidak melebihi kapasitas

$$\sum_{i=0}^{13} \sum_{j=0, j \neq i}^{13} d_i x_{ij}^k \leq 560, \forall k \in K, K$$

$$= \{k_1, k_2, k_3\}$$

- (5) Setiap kendaraan yang mengunjungi suatu titik, setelah selesai melayani akan meninggalkan titik

$$\sum_{i=0}^{13} x_{ij}^k - \sum_{j=0}^{13} x_{ji}^k = 0, \forall i, j \in V, \forall k \in K, K$$

$$= \{k_1, k_2, k_3\}$$

- (6) Perjalanan berakhir di depot

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{i=0}^{13} x_{i n+1}^k = 1$$

Pada pengiriman ketiga PT. X mendistribusikan tabung gas LPG 3 kg ke 12 pangkalan. Pangkalan-pangkalan tersebut adalah Toko Brillian, Toko Eka, Toko Kayla, Toko Lembu Hafa, Toko Rahayu, Toko Rico Jaya, Toko SKR, Toko Usaha Sejahtera, UD. Alifia, UD. Fortuna, UD. Graha Kencana, dan UD. Wasiat.

Berikut adalah model matematika pengiriman ketiga pendistribusian tabung gas LPG 3 kg:

- (1) Meminimalkan jarak tempuh (z)

$$z = \sum_{k=1}^3 \sum_{i=0}^{12} \sum_{j=0}^{12} c_{ij} x_{ij}^k$$

- (2) Perjalanan berawal dari depot

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{j=0}^{12} x_{0j}^k = 1$$

- (3) Setiap titik hanya dikunjungi 1 kali

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{j=0, i \neq j}^{12} x_{ij}^k = 1, \forall i \in V, V$$

$$= \{v_0, v_1, v_2, \dots, v_{12}\}$$

- (4) Setiap kendaraan tidak melebihi kapasitas

$$\sum_{i=0}^{12} \sum_{j=0, j \neq i}^{12} d_i x_{ij}^k \leq 560, \forall k \in K, K$$

$$= \{k_1, k_2, k_3\}$$

- (5) Setiap kendaraan yang mengunjungi suatu titik, setelah selesai melayani akan meninggalkan titik

$$\sum_{i=0}^{12} x_{ij}^k - \sum_{j=0}^{12} x_{ji}^k = 0, \forall i, j \in V, \forall k \in K, K$$

$$= \{k_1, k_2, k_3\}$$

- (6) Perjalanan berakhir di depot

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{i=0}^{12} x_{i n+1}^k = 1$$

PT. X tidak menggunakan metode khusus dalam menentukan rute pendistribusian tabung gas LPG 3 kg. Berdasarkan wawancara yang dilakukan, rute yang biasa dilalui untuk proses distribusi dengan data permintaan pada bulan April 2016 adalah :

- (1) Rute Pendistribusian Gas pada Pengiriman Pertama

Rute 1: Depot – Bumi Sari – Dua Putri – “Enggal Jaya” Toko – Santoso LPG – Depot

Rute 2: Depot – UD. Sejahtera – Al Fian LPG – Al Barkah – Alfaj Jaya – Depot

Rute 3: Depot – Barokah Utama – Berkah LPG – Damiu “Toyo Fresh” – Hari LPG – Hutami LPG – Depot

- (2) Rute Pendistribusian Gas pada Pengiriman Kedua

Rute 1: Depot – Jossindo LPG – Kempot LPG – Lensa Cemerlang – Pak Yudi – Peje LPG – Depot

Rute 2: Depot – Puji Lestari – Setia Teman – Tasman – Tiyono LPG – Depot

Rute 3: Depot – To Gik – Toko Aris – Toko Brewok Jaya – Toko Dali Mas – Depot

- (3) Rute Pendistribusian Gas pada Pengiriman Ketiga

Rute 1: Depot – Toko Brillian – Toko Eka – Toko Kayla – Toko Lembu Hafa – Depot

Rute 2: Depot – Toko Rahayu – Toko Rico Jaya – Toko SKR – Toko Usaha Sejahtera – Depot

Rute 3: Depot – UD. Alifia – UD. Fortuna – UD. Graha Kencana – UD. Wasiat – Depot

Rute – rute tersebut adalah rute yang dilalui pada minggu pertama bulan April 2016. Selama 1 minggu tersebut PT. X telah mengeluarkan biaya transportasi sebesar

Rp543.131,875 untuk menempuh jarak sepanjang 843,7 km.

Selanjutnya akan diperlihatkan hasil perhitungan manual dan pembahasan aplikasi CVRP dari penggunaan algoritma *Clarke-Wright* dan algoritma *Sequential Insertion* yang diterapkan pada permasalahan rute pendistribusian tabung gas LPG 3 kg pada PT. X yang akan diaplikasikan pada perangkat lunak menggunakan program Matlab sehingga akan diketahui keakuratan hasil yang diperoleh.

Langkah-langkah penyelesaian CVRP menggunakan algoritma *Clarke-Wright* adalah sebagai berikut:

Langkah 1: Disajikan data pelanggan dan jumlah permintaan masing-masing pelanggan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Permintaan LPG 3 kg PT. X untuk Wilayah Kabupaten Blora pada Pengiriman Pertama.

No.	Nama Pangkalan	Jumlah Permintaan
1	Bumi Sari	90
2	Dua Putri	150
3	"Enggal Jaya" Toko	105
4	Santosa LPG	140
5	UD. Sejahtera	145
6	Al Fian LPG	130
7	Al - Barkah	110
8	Alfaj Jaya	95
9	Barokah Utama	120
10	Berkah LPG	85
11	Damiu "Toyo Fresh"	90
12	Hari LPG	110
13	Hutami LPG	106
Jumlah		1476

PT. X menggunakan 3 kendaraan untuk pengiriman tabung gas LPG 3 kg dengan kapasitas angkut masing-masing kendaraan maksimum 560 tabung.

Langkah 2: Selanjutnya akan dibuat matriks jarak yang entri-entrinya adalah jarak antara depot (agen) dengan pangkalan (titik) dan antar pangkalan (titik). Matriks tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks Jarak Asal - Tujuan (km) pada Pengiriman Pertama

Dr Ke	Depot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Depot														
1	14													
2	25	11												
3	37	15	4,9											
4	20	5,9	8,8	13										
5	35	20	14	13	17									
6	36	21	20	16	14	25								
7	43	29	21	16	25	28	14							
8	39	25	19	14	21	26	13	4,7						
9	22	7,8	10	14	2,7	19	15	22	18					
10	32	18	15	11	13	26	7,4	13	8,7	11				
11	21	6,8	5,9	9,9	3,4	14	16	23	19	4,7	12			
12	15	7,3	19	23	12	27	23	36	32	14	25	14		
13	19	4,8	6,8	11	2,9	15	18	24	21	4,8	13	2,2	12	

Langkah 3: Berdasarkan persamaan (13) akan dibuat matriks penghematan. Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan nilai penghematan untuk pangkalan "Bumi Sari" dan "Dua Putri", dengan menggunakan persamaan (13), dimasukkan nilai jarak, maka didapatkan nilai penghematan.

$$s_{12} = c_{01} + c_{02} - c_{12} = 14 + 25 - 11 = 28$$

Menggunakan cara yang sama, diperoleh matriks penghematan untuk semua titik disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Matriks Penghematan (km) pada Pengiriman Pertama

Dr/Ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2	28												
3	36	57,1											
4	28,1	36,2	44										
5	29	46	59	38									
6	29	41	57	42	46								
7	28	47	64	38	50	65							
8	28	45	62	38	48	62	77,3						
9	28,2	37	45	39,3	38	43	43	43					
10	28	42	58	39	41	60,6	62	62,3	43				
11	28,2	40,1	48,1	37,6	42	41	41	41	38,3	41			
12	21,7	21	48,1	23	23	28	22	22	23	22	22		
13	28,2	37,2	45	36,1	39	37	38	37	36,2	38	37,8	22	

Langkah 4: Setelah matriks penghematan terbentuk, selanjutnya menentukan kelompok rute berdasarkan nilai penghematan yang terbesar sampai yang terkecil dari matriks penghematan. Langkah ini merupakan iterasi dari matriks penghematan, di mana jika nilai penghematan terbesar terdapat pada titik *i* dan *j* maka baris *i* dan kolom *j* dicoret, lalu *i* dan *j* digabungkan dalam satu kelompok rute, demikian seterusnya sampai iterasi yang terakhir. Iterasi akan berhenti apabila semua entri dalam baris dan kolom sudah terpilih. Urutan pasangan pelanggan berdasarkan nilai *saving* disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Urutan Nilai *Saving* dari yang Terbesar ke Terkecil

Nilai <i>saving</i>	Pasangan pelanggan	Nilai <i>saving</i>	Pasangan pelanggan
77,3	(8,7)	41	(11,10)
65	(7,6)	39,3	(9,4)
62,3	(10,8)	37,8	(13,11)
59	(5,3)	28,1	(4,1)
57,1	(3,2)	23	(12,9)
46	(6,5)		

Langkah 5: Membentuk rute pertama (t=1).

Langkah 6: Pilih pelanggan 8 dan 7, sehingga rute 1 = 0 - 8 - 7 - 0.

Langkah 7: Jumlah permintaan = 95 + 110 = 205 < 560.

Langkah 8: Pilih pelanggan 6, sehingga rute 1 = 0 - 8 - 7 - 6 - 0.

Langkah 7: Jumlah permintaan = 95 + 110 + 130 = 335 < 560.

Langkah 8: Pilih pelanggan 10, sehingga rute 1 = 0 - 8 - 7 - 6 - 10 - 0.
 Langkah 7: Jumlah permintaan = 95 + 110 + 130 + 85 = 420 < 560.
 Langkah 8: Pilih pelanggan 3, sehingga rute 1 = 0 - 8 - 7 - 6 - 3 - 10 - 0.
 Langkah 7: Jumlah permintaan = 95 + 110 + 130 + 85 + 105 = 525 < 560.
 Langkah 8: Pilih pelanggan 5, sehingga rute 1 = 0 - 8 - 7 - 6 - 3 - 10 - 5 - 0.
 Langkah 7: Jumlah permintaan = 95 + 110 + 130 + 85 + 105 + 145 = 670 > 560.
 Langkah 9: Hapus pelanggan 5.
 Langkah 10: Rute 1 = 0 - 8 - 7 - 6 - 3 - 10 - 0.
 Langkah 11: Pembentukan rute baru (t=2).
 Langkah 6: Pilih pelanggan 5, sehingga rute 2 = 0 - 5 - 0.
 Langkah 7: Jumlah permintaan = 145 < 560.
 Langkah 8: Pilih pelanggan 2, sehingga rute 2 = 0 - 5 - 2 - 0.
 Langkah 7: Jumlah permintaan = 145 + 150 = 295 < 560.
 Langkah 8: Pilih pelanggan 11, sehingga rute 2 = 0 - 5 - 2 - 11 - 0.
 Langkah 7: Jumlah permintaan = 145 + 150 + 90 = 385 < 560.
 Langkah 8: Pilih pelanggan 9, sehingga rute 2 = 0 - 5 - 2 - 11 - 9 - 0.
 Langkah 7: Jumlah permintaan = 145 + 150 + 90 + 120 = 505 < 560.
 Langkah 8: Pilih pelanggan 13, sehingga rute 2 = 0 - 5 - 2 - 11 - 9 - 13 - 0.
 Langkah 7: Jumlah permintaan = 145 + 150 + 90 + 120 + 106 = 611 > 560.
 Langkah 9: Hapus pelanggan 13.
 Langkah 10: Rute 2 = 0 - 5 - 2 - 11 - 9 - 0.
 Langkah 11: Pembentukan rute baru (t=3).
 Langkah 6: Pilih pelanggan 13, sehingga rute 3 = 0 - 13 - 0.
 Langkah 7: Jumlah permintaan = 106 < 560.
 Langkah 8: Pilih pelanggan 4, sehingga rute 3 = 0 - 13 - 4 - 0.
 Langkah 7: Jumlah permintaan = 106 + 140 = 246 < 560.
 Langkah 8: Pilih pelanggan 1, sehingga rute 3 = 0 - 13 - 4 - 1 - 0.
 Langkah 7: Jumlah permintaan = 106 + 140 + 90 = 336 < 560.
 Langkah 8: Pilih pelanggan 12, sehingga rute 3 = 0 - 13 - 4 - 1 - 12 - 0.
 Langkah 7: Jumlah permintaan = 106 + 140 + 90 + 110 = 446 < 560.
 Langkah 10: Rute 3 = 0 - 13 - 4 - 1 - 12 - 0. Selesai.

Berdasarkan langkah-langkah di atas, diperoleh 3 rute distribusi LPG pada pengiriman pertama sebagai berikut :

Rute 1 : 0 - 8 - 7 - 6 - 3 - 10 - 0, dengan jumlah permintaan = 525 tabung.

Rute 2 : 0 - 5 - 2 - 11 - 9 - 0, dengan jumlah permintaan = 505 tabung.

Rute 3 : 0 - 13 - 4 - 1 - 12 - 0 dengan jumlah permintaan = 446 tabung.

Selanjutnya akan dihitung biaya bahan bakar untuk setiap rute. Jika diasumsikan biaya transportasi adalah biaya bahan bakar solar kendaraan yaitu 1 liter/Rp5.150/8 km, maka hasil rute dan biaya pada pengiriman pertama disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rute dan Biaya pada Pengiriman Pertama

	Rute 1	Rute 2	Rute 3
Dengan menggunakan Algoritma Clarke-Wright	Depot - Alfaj Jaya - Al-Barkah - Al Fian LPG - "Enggal Jaya" Toko - Berkah LPG - Depot	Depot - UD Sejahtera - Dua Putri - Damiu "Fresh" - Barokah Utama - Depot	Depot - Hutami LPG - Santosa LPG - Bumi Sari Hari LPG - Depot
Jarak tempuh	116,7 km	81,6 km	50,1 km
Biaya transportasi/ kendaraan/hari	Rp. 75.125,625	Rp. 52.530,00	Rp. 32.251,875

Disajikan data pelanggan dan jumlah permintaan masing-masing pelanggan pengiriman kedua pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Permintaan LPG 3 kg PT. X untuk Wilayah Kabupaten Blora pada Pengiriman Kedua.

No.	Nama Pangkalan	Jumlah Permintaan
1	Jossindo LPG	85
2	Kempot LPG	90
3	Lensa Cemerlang	100
4	Pak Yudi	95
5	Peje LPG	110
6	Puji Lestari	130
7	Setia Teman	147
8	Tasman	155
9	Tiyono LPG	108
10	To Gik	122
11	Toko Aris	135
12	Toko Brewok Jaya	105
13	Toko Dali Mas	145
Jumlah		1527

Analog dengan langkah-langkah penyelesaian dengan menggunakan algoritma Clarke-Wright pada pengiriman pertama, pada Tabel 7 berikut ini akan ditampilkan hasil rute dan biaya pada pengiriman kedua.

Tabel 7. Rute dan Biaya pada Pengiriman Kedua

	Rute 1	Rute 2	Rute 3
Dengan menggunakan Algoritma <i>Clarke-Wright</i>	Depot - Tasman - Lensa Cemerlang - Pak Yudi - Puji Lestari - Depot	Depot - Peje LPG - Toko Dali Mas - Tiyono LPG - Teman - Depot	Depot - Jossindo LPG - Toko Brewok Jaya - To Gik - Kempot LPG - Toko Anis - Depot
Jarak tempuh	93,3 km	93,4 km	52,4 km
Biaya transportasi/ kendaraan/hari	Rp. 60.061,875	Rp. 60.126,25	Rp. 33.732,5

Disajikan data pelanggan dan jumlah permintaan masing-masing pelanggan pengiriman ketiga pada Tabel 8.

Tabel 8. Data Permintaan LPG 3 kg PT. X untuk Wilayah Kabupaten Bloro pada Pengiriman Ketiga.

No.	Nama Pangkalan	Jumlah Permintaan
1	Toko Brilliant	97
2	Toko Eka	136
3	Toko Kayla	90
4	Toko Lembu Hafa	140
5	Toko Rahayu	110
6	Toko Rico Jaya	124
7	Toko SKR	125
8	Toko Usaha Sejahtera	130
9	UD Alifia	148
10	UD Fortuna	120
11	UD Graha Kencana	140
12	UD Wasiat	135
Jumlah		1495

Analog dengan langkah-langkah penyelesaian dengan menggunakan algoritma *Clarke-Wright* pada pengiriman pertama, pada Tabel 9 berikut ini akan ditampilkan hasil rute dan biaya pada pengiriman ketiga.

Tabel 9. Rute dan Biaya pada Pengiriman Ketiga

	Rute 1	Rute 2	Rute 3
Dengan menggunakan Algoritma <i>Clarke-Wright</i>	Depot - Toko Rico Jaya - Toko Lembu Hafa - UD Wasiat - Depot	Depot - UD. Graha Kencana - UD. Alifia - UD. Fortuna - Toko Rahayu - Depot	Depot - Toko Brilliant - Toko Kayla - Toko Usaha Sejahtera - Toko Eka - Depot
Jarak tempuh	98,6 km	67 km	44,4 km
Biaya transportasi/ kendaraan/hari	Rp. 63.473,75	Rp. 43.131,25	Rp. 28.582,5

Masalah pembentukan rute pendistribusian tabung gas LPG di wilayah Bloro akan diselesaikan menggunakan algoritma *Sequential Insertion*. Dalam algoritma ini, pemilihan pelanggan (titik) yang layak untuk disisipkan di busur penyisipan adalah pelanggan yang mempunyai total jarak tempuh

(TJ) terkecil. Berikut langkah-langkah pembentukan rute pendistribusian tabung gas LPG dengan algoritma *Sequential Insertion* pada pengiriman pertama.

Langkah 1: Data pelanggan dan jumlah permintaan masing-masing pelanggan seperti pada tabel 1, kapasitas kendaraan yang digunakan adalah 560 tabung. Sedangkan matriks jaraknya seperti pada tabel 2.

Langkah 2: Pembentukan rute pertama ($t = 1$). Pada pembentukan rute pertama, kendaraan mengawali perjalanan dari depot (0) dan mengakhiri perjalanan di depot juga. Sehingga Rute 1: 0 - 0.

Langkah 3: Permintaan sebesar 0 tabung.

Langkah 4: Berdasarkan perhitungan total jarak tempuh, pilih pelanggan 1 yang mempunyai TJ terkecil yaitu 14 km. Dengan jumlah permintaan $90 < 560$.

Langkah 5: Rute 1: 0 - 1 - 0.

Langkah 4: Pilih pelanggan 12 pada busur penyisipan antara depot dan pelanggan 1 karena mempunyai TJ terkecil yaitu 36,3 km. Permintaan sebesar $90 + 110 = 200 < 560$.

Langkah 5: Rute 1: 0 - 1 - 12 - 0.

Langkah 4: Pilih pelanggan 13 pada busur penyisipan antara pelanggan 12 dan pelanggan 1 karena mempunyai TJ terkecil yaitu 45,8 km. Permintaan sebesar $90 + 110 + 106 = 306 < 560$.

Langkah 5: Rute 1: 0 - 1 - 13 - 12 - 0.

Langkah 4: Pilih pelanggan 4 pada busur penyisipan antara pelanggan 12 dan pelanggan 13 karena mempunyai TJ terkecil yaitu 48,7 km. Permintaan sebesar $90 + 110 + 106 + 140 = 446 < 560$.

Langkah 5: Rute 1: 0 - 1 - 13 - 4 - 12 - 0.

Langkah 4: Pilih pelanggan 11 pada busur penyisipan antara pelanggan 4 dan pelanggan 13 karena mempunyai TJ terkecil yaitu 51,4 km. Permintaan sebesar $90 + 110 + 106 + 140 + 90 = 536 < 560$.

Langkah 5: Rute 1: 0 - 1 - 13 - 11 - 4 - 12 - 0.

Langkah 4: Pilih pelanggan 9 pada busur penyisipan antara pelanggan 4 dan pelanggan 11 karena mempunyai TJ terkecil yaitu 55,4 km. Permintaan sebesar $90 + 110 + 106 + 140 + 90 + 120 = 656 > 560$.

Langkah 6: lanjut langkah 7

Langkah 7: Pembentukan rute baru ($t=2$). Pada pembentukan rute kedua, kendaraan mengawali perjalanan dari depot (0) dan mengakhiri perjalanan di depot juga. Rute 2: 0 - 0.

Langkah 8: Masukkan pelanggan 9 ke dalam rute 2 sehingga Rute 2: 0 - 9 - 0.

Langkah 4: Berdasarkan perhitungan total jarak tempuh pilih pelanggan 2 pada busur penyisipan antara depot dan pelanggan 9 kaera

mempunyai TJ terkecil yaitu 57 km. Permintaan sebesar $120 + 150 = 270 < 560$.

Langkah 5: Rute 2: 0 – 9 – 2 – 0.

Langkah 4: Pilih pelanggan 3 pada busur penyisipan antara pelanggan 2 dan pelanggan 9 karena mempunyai TJ terkecil yaitu 65,9 km. Permintaan sebesar $120 + 150 + 105 = 375 < 560$.

Langkah 5: Rute 2: 0 – 9 – 3 – 2 – 0.

Langkah 4: Pilih pelanggan 10 pada busur penyisipan antara pelanggan 3 dan pelanggan 9 karena mempunyai TJ terkecil yaitu 73,9 km. Permintaan sebesar $120 + 150 + 105 + 85 = 460 < 560$.

Langkah 5: Rute 2: 0 – 9 – 10 – 3 – 2 – 0.

Langkah 4: Pilih pelanggan 6 pada busur penyisipan antara pelanggan 10 dan pelanggan 9 karena mempunyai TJ terkecil yaitu 85,3 km. Permintaan sebesar $120 + 150 + 105 + 85 + 130 = 590 > 560$.

Langkah 6: lanjut langkah 7

Langkah 7: Pembentukan rute baru ($t=3$). Pada pembentukan rute ketiga, kendaraan mengawali perjalanan dari depot (0) dan mengakhiri perjalanan di depot juga. Rute 3: 0 – 0.

Langkah 8: Masukkan pelanggan 5 ke dalam rute 3 sehingga Rute 3: 0 – 5 – 0.

Langkah 4: Berdasarkan perhitungan total jarak tempuh, pilih pelanggan 6 pada busur penyisipan antara depot dan pelanggan 5 karena mempunyai TJ terkecil yaitu 96 km. Permintaan sebesar $145 + 130 = 275 < 560$.

Langkah 5: Rute 3: 0 – 5 – 6 – 0.

Langkah 4: Pilih pelanggan 8 pada busur penyisipan antara pelanggan 6 dan pelanggan 5 karena mempunyai TJ terkecil yaitu 110 km. Permintaan sebesar $145 + 130 + 95 = 370 < 560$.

Langkah 5: Rute 3: 0 – 5 – 8 – 6 – 0.

Langkah 4: Pilih pelanggan 7 pada busur penyisipan antara pelanggan 6 dan pelanggan 8 karena mempunyai TJ terkecil yaitu 115,7 km. Permintaan sebesar $145 + 130 + 95 + 110 = 480 < 560$.

Langkah 5: Rute 3: 0 – 5 – 8 – 7 – 6 – 0.

Langkah 6: selesai.

Dari langkah-langkah penyelesaian dengan menggunakan algoritma *Sequential Insertion*, pembentukan rute distribusi tabung gas LPG di PT. X pada pengiriman pertama menghasilkan 3 rute yang melayani 13 pelanggan. Adapun rekapitulasi hasil penyelesaian masalah distribusi tabung gas LPG di PT. X pada pengiriman pertama menggunakan algoritma *Sequential Insertion* disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Penyelesaian Masalah Distribusi Tabung Gas LPG di PT. X pada Pengiriman Pertama Menggunakan Algoritma *Sequential Insertion*

No.	Rute	TJ (km)	Biaya
1.	Depot – Bumi Sari – Hutami LPG – Damiu “Toyo Fresh” – Santosa LPG – Hari LPG – Depot	51,4	Rp. 33.088,75
2.	Depot – Barokah Utama – Berkah LPG – “Enggal Jaya” Toko – Dua Putri – Depot	73,9	Rp. 47.573,125
3.	Depot – UD. Sejahtera – Alfaj Jaya – Al Barkah – Al Fian LPG – Depot	115,7	Rp. 74.481,875

Analog dengan langkah-langkah penyelesaian dengan menggunakan algoritma *Sequential Insertion* pada pengiriman pertama, berikut ini akan ditampilkan hasil penyelesaian pada pengiriman kedua dan pengiriman ketiga. Rekapitulasi hasil penyelesaian masalah distribusi tabung gas LPG di PT. X pada pengiriman kedua menggunakan algoritma *Sequential Insertion* disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Penyelesaian Masalah Distribusi Tabung Gas LPG di PT. X pada Pengiriman Kedua Menggunakan Algoritma *Sequential Insertion*

No.	Rute	TJ (km)	Biaya
1.	Depot – Toko Aris – Jossindo LPG – To Gik – Toko Brewok Jaya – Kempot LPG – Depot	50,4	Rp. 32.445,00
2.	Depot – Setia Teman – Toko Dali Mas – Pak Yudi – Tiyono LPG – Depot	76,5	Rp. 49.246,875
3.	Depot – Puji Lestari – Tasman – Lensa Cemerlang – Peje LPG – Depot	112,9	Rp. 72.679,375

Rekapitulasi hasil penyelesaian masalah distribusi tabung gas LPG di PT. X pada pengiriman ketiga menggunakan algoritma *Sequential Insertion* disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Penyelesaian Masalah Distribusi Tabung Gas LPG di PT. X pada Pengiriman Ketiga Menggunakan Algoritma *Sequential Insertion*

No.	Rute	TJ (km)	Biaya
1.	Depot – Toko Usaha Sejahtera – Toko Kayla – Toko Brilliant – Toko Eka – Depot	43,5	Rp. 28.003,125
2.	Depot – UD. Alifia – UD. Fortuna – Toko SKR – Toko Rahayu – Depot	65,8	Rp. 42.358,75
3.	Depot – UD. Graha Kencana – UD. Wasiat – Toko Lembu Hafa – Toko Rico Jaya – Depot	93,4	Rp. 60.126,25

Implementasi merupakan proses perubahan sistem yang telah dirancang

kemudian diterapkan dalam program. Tahap ini termasuk juga kegiatan menulis kode kode program dan pembuatan GUI (*Graphical User Interface*), sehingga dapat langsung digunakan untuk mencari solusi rute pendistribusian yang optimum. Penelitian ini dibuat dengan menggunakan *software* Matlab R2014a. Dalam implementasinya aplikasi ini memiliki *interface* yang mudah digunakan (*user friendly*). Antarmuka dalam aplikasi ini terbagi dua bagian, yaitu halaman depan dan halaman utama (CVRP).

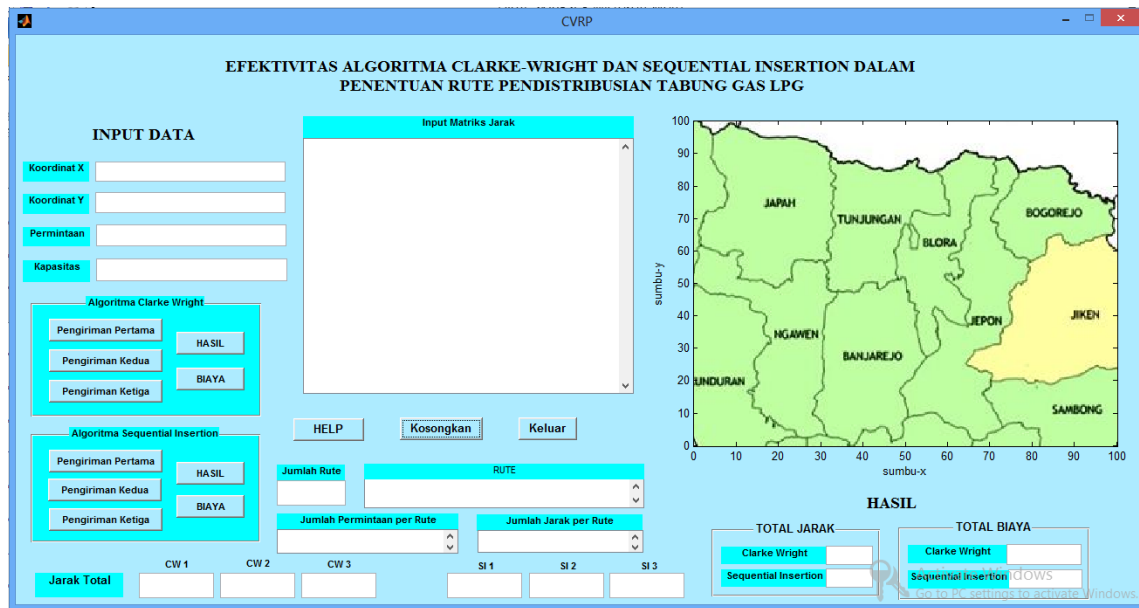
Form halaman depan ini merupakan *form* yang pertama kali dihadapkan kepada pengguna (*user*) ketika *user* menggunakan aplikasi ini. *Form* halaman depan ini berfungsi sebagai *form* awal sebelum *user* menjalankan aplikasi yang ada pada halaman utama (CVRP). Adapun tampilan *form* halaman depan terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan *Form* Halaman Depan

Pada *form* halaman depan ini terdapat satu buah tombol (*pushbutton*) utama yaitu tombol masuk. Tombol masuk dapat digunakan oleh *user* untuk dapat masuk ke *form* halaman utama (CVRP).

Tampilan *form* halaman utama (CVRP) dalam program aplikasi GUI Matlab *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan *Form* Halaman Utama (CVRP)

Pada tampilan halaman utama (CVRP) yang ada pada gambar 4 berguna untuk mencari atau menentukan rute pendistribusian tabung gas LPG menggunakan algoritma *Clarke-Wright* dan algoritma *Sequential Insertion* dengan memasukan data koordinat X dan koordinat Y alamat dari PT. X dan alamat masing-masing pelanggan, jumlah permintaan masing-masing pelanggan, kapasitas kendaraan, serta matriks jarak antar tempat.

PENUTUP

Pada solusi algoritma *Clarke-Wright* diperoleh penghematan jarak sebesar 146,2 km/minggu dan penghematan biaya transportasi sebesar Rp94.116,25/minggu. Sedangkan pada solusi algoritma *Sequential Insertion* diperoleh penghematan jarak sebesar 160,2 km/minggu dan penghematan biaya transportasi sebesar Rp103.128,75/minggu. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rute yang dibentuk menggunakan algoritma *Sequential Insertion* pada kasus ini lebih efektif dibandingkan rute yang dibentuk menggunakan

algoritma *Clarke-Wright*. Berdasarkan kesimpulan di atas, disarankan kepada PT. X untuk menggunakan metode algoritma *Sequential Insertion* dalam proses pendistribusian tabung gas LPG 3 kg sehingga biaya yang dikeluarkan minimal. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk memperlihatkan dan membuktikan keefektifan, kelebihan, keakuratan dan kelemahan dari algoritma *Sequential Insertion*, dengan tujuan untuk membandingkan antara algoritma heuristik yang ada pada berbagai data dengan tujuan titik yang lebih banyak dari yang saat ini diteliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Clarke, G. & Wright, J.W. 1964. Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Point. *Operations Research*, 12(4): 568-581.
- Firmansyah, A. 2007. *Dasar-dasar Pemograman MATLAB*. IlmuKomputer.com.
- Kurniawan, I.S., Susanty, S., & Adianto H. 2014. Usulan Rute Pendistribusian Air Mineral Dalam Kemasan Menggunakan Metode Nearest Neighbour dan Clarke & Wright Savings. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional* 1(4): 125-136.
- Octora, L., Imran, A., & Susanty, S. 2014. Pembentukan Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings dan Algoritma Sequential Insertion. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional* 2(2): 1-14.
- Pradhana, F.E., Sugiharti, E., & Kharis, M. 2012. Penerapan Algoritma Tabu Search untuk Menyelesaikan Vehicle Routing Problem. *UJM* 1(1): 16-20.
- Pratiwi, D., Zaenuri, & Suyitno, H. 2012. Optimalisasi Distribusi Gas Elpiji Menggunakan Metode Transportasi dan Transshipment. *UJM* 1(2): 94-101.
- Rohandi, S.M., Imran, A, & Prasetyo H. 2014. Penentuan Rute Distribusi Produk Obat Menggunakan Metode Sequential Insertion dan Clarke & Wright Savings. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional* 2(2): 34-45.
- Solomon, M. 1987. Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Windows Constraints. *Operations Research*, 35(2): 254-265.
- Tjiptono, F. 2008. *Strategi Pemasaran*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Tonci, C. & Hrvoje, G. 2008. *Vehicle Routing Problem*. University of Zagreb: In-the Croatia.
- Toth, P. & D. Vigo. 2002. An Overview of Vehicle Routing Problems. In *Handbook of The Vehicle Routing Problem*. Edited by Toth, P. *et al.* Philadelphia: Siam. pp. 1-26.