OPTIMISASI RUTE DISTRIBUSI AIR MINERAL GALON HR BAROKAH

PASAR KEMIS TANGERANG DENGAN MENGGUNAKAN LINGO

*OPTIMIZATION OF THE GALLON MINERAL WATER’S DISTRIBUTION ROUTE*

*AT HR BAROKAH PASAR KEMIS TANGERANG USING LINGO*

Rifki Pandu Imantoro, Prodi Matematika FMIPA UNY

Sahid \*, Prodi Matematika FMIPA UNY

\*e-mail: sahid@uny.ac.id

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rute distribusi air mineral galon di HR Barokah dengan menggunakan LINGO; dan mengetahui perbandingan hasil rute distribusi dari LINGO dengan rute distribusi awal yang digunakan HR Barokah. Permasalahan optimisasi rute distribusi air mineral galon di HR Barokah adalah Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). CVRP adalah permasalahan penentuan rute distribusi produk dari perusahaan kepada pelanggan dengan menggunakan kendaraan yang memiliki kapasitas terbatas. Permasalahan CVRP di HR Barokah diselesaikan menggunakan LINGO dengan branch and bound solver. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyelesaian CVRP pada pendistribusian air mineral galon dengan menggunakan LINGO menghasilkan total jarak tempuh sebesar 39 km. Penghematan jarak yang didapatkan jika menggunakan rute distribusi yang dihasilkan LINGO adalah sebesar 7 km atau persentase sebesar 15,2%.

**Kata kunci:** LINGO, CVRP, branch and bound solver

***Abstract***

*This study aims to determine the product distribution route at HR Barokah by using LINGO and the comparison between the distribution route generated by LINGO and the initial route used at HR Barokah. The optimization problem with the distribution route at HR Barokah is a Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). CVRP is a problem of determining a product distribution route from the company to the customers using vehicles with limited carrying capacity. The CVRP problem at HR Barokah has been solved by using LINGO with a branch and bound solver. The BB method is an exact method which calculates every possible solution to gain the best solution, resulting in an optimal solution. According to the results, the total distance of the distribution route, which is measured by LINGO, is 39 km. The distribution route generated by LINGO is 7 kilometers or 15.2% shorter.*

***Keywords****: LINGO, CVRP, branch and bound solver*

**PENDAHULUAN**

Pada era modern saat ini, kebutuhan air mineral di masyarakat meningkat pesat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk. Perusahaan-perusahaan yang bergerak dalam bisnis air mineral pun semakin bertambah sehingga tercipta tingkat persaingan yang ketat. Kondisi ini menuntut setiap perusahaan harus dapat memenuhi permintaan dengan jumlah dan waktu yang tepat agar dapat memperoleh kepercayaan dari para pelanggan. Salah satu cara yang harus dilakukan perusahaan-perusahaan tersebut adalah perlu menentukan dan menerapkan sistem distribusi yang tepat. Distribusi merupakan kegiatan menyalurkan produk dari perusahaan kepada pelanggan. Pada proses pendistribusian, perusahaan dengan banyak pelanggan memerlukan penentuan rute yang tepat guna mempercepat proses pendistribusian. Pasar Kemis merupakan salah satu kecamatan yang berada di wilayah Kabupaten Tangerang. Berdasarkan data penduduk Kabupaten Tangerang tahun 2020, Pasar Kemis merupakan kecamatan dengan jumlah penduduk terbanyak sebesar 273.659 jiwa. Data tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan air mineral di wilayah Kecamatan Pasar Kemis dapat terbilang sangat tinggi. Terdapat beberapa perusahaan perantara yang menjual produk air mineral di Kecamatan Pasar Kemis. HR Barokah merupakan salah satu perusahaan perantara terbesar di wilayah tersebut.

HR Barokah beralamat di Ruko Grand Sutera, Kecamatan Pasar kemis, Kabupaten Tangerang. HR Barokah mendistribusikan produk air mineral dalam bentuk galon kepada mitra yang tersebar di beberapa lokasi. Lokasi antara mitra yang satu dan mitra yang lain saling berjauhan. Pendistribusian produk dilakukan menggunakan kendaraan mobil pikap. Kendaraan tersebut dapat memuat 100 air mineral galon dalam satu kali perjalanan. Kendaraan berangkat dari perusahaan lalu mengunjungi beberapa mitra dalam rute perjalanan dan kembali ke perusahaan.

Penentuan rute pendistribusian air mineral galon di HR Barokah masih menggunakan perkiraan kurir sesuai dengan jalur yang biasa digunakan. Oleh karena itu, pemilik memerlukan rute yang optimal guna meminimalkan biaya perjalanan, sehingga mempercepat proses pendistribusian. Belum ada penelitian mengenai optimisasi rute distribusi air mineral galon di HR Barokah, Kecamatan Pasar Kemis, Kabupaten Tangerang, sehingga hal tersebut mendorong peneliti untuk melakukan penelitian ini. Terdapat kendala-kendala pada proses penentuan rute pendistribusian air mineral galon di HR Barokah, yaitu setiap mitra dikunjungi tepat satu kali oleh kendaraan; setiap kendaraan yang mengunjungi suatu mitra pasti akan meninggalkan mitra tersebut; dan total permintaan beberapa mitra dalam satu rute perjalanan tidak melebihi kapasitas kendaraan.

Permasalahan penentuan rute distribusi air mineral galon di HR Barokah termasuk ke dalam Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). CVRP adalah permasalahan penentuan rute distribusi produk dari perusahaan kepada pelanggan dengan menggunakan kendaraan yang memiliki kapasitas terbatas. CVRP dapat diselesaikan dengan menggunakan beberapa metode pendekatan heuristik dan metode eksak, antara lain Nearest Neighbors (NN), Clarke and Wright Savings (CWS), Sweep, dan Branch and Bound (BB). Metode BB adalah metode eksak yang menghitung setiap solusi yang mungkin sampai ditemukan solusi terbaik, sehingga metode tersebut dapat menghasilkan solusi optimal, sedangkan metode pendekatan heuristik seperti NN, CWS, dan sweep hanya menghasilkan solusi yang mendekati optimal.

Permasalahan CVRP pernah diselesaikan menggunakan menggunakan metode NN dan metode BB oleh Clara untuk meminimumkan total jarak tempuh rute. Penelitian menggunakan metode BB dan CWS pernah dilakukan oleh Febri, et al untuk menyelesaikan permasalahan penentuan usulan rancangan rute distribusi gas LPG 3 kg. Penelitian menggunakan metode BB dan sweep pernah dilakukan oleh Anton, I.G. untuk menyelesaikan masalah penyusunan rute distribusi jus dalam kemasan.

Berdasarkan hasil ketiga penelitian di atas, metode BB menghasilkan total jarak tempuh rute yang lebih minimum dibandingkan dengan metode sweep, NN, dan CWS. Oleh karena itu, metode yang digunakan oleh peneliti untuk menyelesaikan permasalahan CVRP di HR Barokah adalah metode BB. Pada penelitian ini, metode BB digunakan dalam software LINGO. LINGO digunakan sebagai alat bantu karena dapat memberikan kemudahan, yaitu dapat membuat formula masalah secara cepat dengan bentuk yang sangat mudah untuk dipahami; dan dapat secara otomatis membaca formulasi yang diberikan serta menyelesaikannya.

**METODE**Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer yang diambil langsung oleh peneliti pada tanggal 6 September 2021 sampai 8 September 2021 di HR Barokah yang beralamat di ruko Grand Sutera, Kecamatan Pasar kemis, Kabupaten Tangerang. Pengumpulan data dilakukan dengan mendatangi HR Barokah dan melakukan wawancara dengan pemilik dan kurir. Data yang diperoleh, yaitu data nama mitra, data permintaan mitra, data jarak tempuh, data kapasitas kendaraan, dan rute distribusi awal. Data jarak tempuh merupakan data riil yang didapatkan dengan cara mengukur jarak antara HR Barokah dan mitra serta mitra yang satu dan mitra yang lain. Proses pengambilan data jarak tempuh menggunakan bantuan Google Earth. Satuan jarak tempuh yang digunakan adalah kilometer (km).

Langkah-langkah penentuan rute distribusi air mineral galon yang optimal dengan menggunakan LINGO dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah-langkah penelitian

Penyiapan data adalah proses menyajikan data yang telah didapatkan ke dalam bentuk tabel di Microsoft Excel dan disimpan dalam bentuk file dengan ekstensi .xlsx. Data penelitian tersebut berupa nama mitra, permintaan mitra, jarak tempuh. Setiap mitra didefinisikan dengan kode 1 sampai 27, sedangkan HR Barokah didefinisikan dengan kode 0. Data mitra dalam file Microsoft Excel ditandai dengan name box \_m. Data jarak tempuh ditandai dengan name box \_c. Data permintaan mitra ditandai dengan name box \_d.

Pembuatan model matematis pada penelitian ini adalah proses merumuskan masalah penentuan rute distribusi yang optimal di HR Barokah ke dalam bentuk model matematis dengan menggunakan persamaan, pertidaksamaan, atau fungsi. Tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam pembuatan model matematis dari masalah tersebut, yaitu mendefinisikan variabel, himpunan, dan parameter yang terlibat; menyusun fungsi tujuan; dan menyusun fungsi kendala. Model matematis tersebut kemudian digunakan sebagai acuan dalam pembuatan model LINGO.

Setelah selesai membuat model matematis, langkah selanjutnya adalah membuat model LINGO. Struktur model LINGO diawali kata MODEL dan diakhiri dengan END. Perintah-perintah di antara kedua kata tersebut merupakan badan model. Pada badan model terdapat sets section, data section, deklarasi fungsi tujuan, dan fungsi kendala. Sets section dalam model LINGO berfungsi untuk menjelaskan indeks data yang digunakan pada data section. Data section berisikan nilai variabel yang digunakan pada fungsi tujuan dan kendala. Sets section dalam model LINGO berfungsi untuk menjelaskan indeks data yang digunakan pada data section. Data section berisikan nilai variabel yang digunakan pada fungsi tujuan (objective function declaration) dan kendala (constraints set). Fungsi tujuan dinyatakan dengan MIN/MAX lalu diikuti oleh tanda sama dengan (=), dilanjutkan dengan ekspresi yang melibatkan variabel keputusan, dan diakhiri oleh tanda semicolon (;). Model LINGO yang telah dibuat kemudian diselesaikan dengan menggunakan branch and bound solver.

Solution report yang diperoleh dari penyelesaian model LINGO, antara lain total jarak tempuh, waktu penyelesaian model, dan rute yang optimal. Total jarak tempuh dapat dilihat pada bagian objective value. Waktu penyelesaian model dapat dilihat pada elapsed runtime seconds. Rute yang terbentuk dapat dilihat pada matriks solution report yang berada di bawah bagian elapsed runtime seconds. Pada bagian matriks solution report terdapat variabel keputusan dengan value (nilai) sebesar 1 dan reduce cost yang berbeda-beda. Variabel keputusan yang bernilai 1 dapat diartikan bahwa variabel tersebut terpilih sebagai solusi. Kolom bagian reduce cost yang berada di sebelah kanan bagian value merupakan jarak tempuh setiap variabel keputusan.

Rute distribusi yang dihasilkan dari LINGO kemudian dibandingkan dengan rute distribusi awal yang digunakan perusahaan. Hasil dari proses ini akan menentukan perbedaan total jarak tempuh antara rute dari LINGO dan rute distribusi awal yang digunakan perusahaan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Air mineral merupakan salah satu sumber asupan mineral yang penting bagi tubuh manusia. Mengingat pertumbuhan penduduk di wilayah Pasar Kemis, Tangerang setiap tahunnya meningkat, menunjukan bahwa air mineral sangatlah dibutuhkan oleh masyarakat di wilayah tersebut. HR Barokah merupakan salah satu perusahaan perantara terbesar di wilayah Pasar Kemis, Tangerang yang bergerak dalam pendistribusian air mineral galon. HR Barokah mendistribusikan produk air mineral galon kepada mitra yang tersebar di beberapa lokasi.

Pada permasalahan ini yang akan diselesaikan terbatas hanya pada 27 mitra di HR Barokah yang melakukan pemesanan dengan jumlah yang tetap. Lokasi antara mitra yang satu dan mitra yang lain saling berjauhan. Setiap mitra memiliki jumlah permintaan produk yang tetap. Pendistribusian produk dilakukan menggunakan tiga kendaraan mobil pikap. Kendaraan tersebut dapat memuat 100 air mineral galon dalam satu kali perjalanan. Kendaraan berangkat dari perusahaan lalu mengunjungi beberapa mitra dalam rute perjalanan dan kembali ke perusahaan. HR Barokah biasanya menempuh jarak 46 km dari semua rute perjalanan untuk mendistribusikan produk air mineral galon ke semua mitranya. Penentuan rute pendistribusian tersebut menggunakan perkiraan kurir sesuai dengan jalur yang biasa digunakan.

Dari keterangan sebelumnya, diketahui bahwa HR Barokah mendistribusikan air mineral galon kepada mitranya dengan menggunakan kendaraan dengan kapasitas yang terbatas. Selain itu, penentuan rute pendistribusian masih menggunakan perkiraan kurir sesuai dengan jalur yang biasa digunakan, sehingga rute tersebut belum pasti optimal. Oleh karena itu, diperlukan penentuan rute pendistribusian yang optimal di HR Barokah, Pasar Kemis, Tangerang guna meminimalkan biaya perjalanan, sehingga mempercepat proses pendistribusian.

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam penentuan rute pendistribusian air mineral galon di HR Barokah, yaitu banyaknya jumlah mitra dan permintaan mitra; kapasitas kendaraan; dan jarak tempuh perjalanan.

1. Jumlah Mitra dan Permintaan Mitra

HR Barokah mendistribusikan air mineral galon dengan jumlah permintaan tetap kepada 27 mitra. Setiap mitra terhubung satu sama lain dan jarak antar mitra simetris.

1. Kapasitas Kendaraan

Pendistribusian air mineral di HR Barokah dilakukan menggunakan tiga kendaraan mobil pikap. Kendaraan tersebut dapat memuat 100 air mineral galon dalam satu kali perjalanan.

1. Jarak Tempuh Perjalanan

HR Barokah mendistribusikan produk air mineral dalam bentuk galon kepada mitra yang tersebar di beberapa lokasi. Lokasi antara mitra yang satu dan mitra yang lain saling berjauhan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pemilik HR Barokah, didapatkan aturan-aturan dalam penentuan rute distribusi air mineral galon kepada para pelanggan sebagai berikut.

1. Setiap mitra dikunjungi tepat satu kali oleh kendaraan.
2. Total permintaan beberapa mitra dalam satu rute perjalanan tidak melebihi kapasitas kendaraan. Kapasitas kendaraan untuk memenuhi permintaan mitra harus dimaksimalkan, tetapi tidak lebih dari kapasitas kendaraan tersebut.
3. Setiap kendaraan yang mengunjungi suatu mitra, setelah selesai melayani akan meninggalkan mitra tersebut.

Adapun asumsi-asumsi yang digunakan dalam penentuan rute pendistribusian air mineral galon di HR Barokah, yaitu

1. setiap pesanan mitra dapat dipenuhi oleh perusahaan
2. kecepatan kendaraan dalam kondisi konstan; dan
3. kondisi jalan tidak rusak dan tidak terjadi kemacetan.

Berdasarkan keterangan-keterangan yang sudah diuraikan sebelumnya, permasalahan penentuan rute distribusi air mineral galon di HR Barokah termasuk ke dalam Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). CVRP adalah permasalahan penentuan rute distribusi produk dari perusahaan kepada pelanggan dengan menggunakan kendaraan yang memiliki kapasitas terbatas. Permasalahan penentuan rute pendistribusian air mineral galon di HR Barokah ini akan diselesaikan menggunakana model matematis program linear dengan bantuan software LINGO 19.0. Dalam pemodelan program linear terdapat kendala-kendala yang digunakan untuk mencapai tujuan. Fungsi tujuan dalam permasalahan ini adalah meminimumkan total jarak tempuh perjalanan dari semua rute yang terbentuk, sedangkan aturan-aturan dalam penentuan rute pendistribusian dari HR Barokah dijadikan sebagai constraints (kendala).

Berikut adalah model matematis CVRP untuk penentuan rute distribusi air mineral galon di HR Barokah.

1. Himpunan dan Parameter

Himpunan dan parameter dalam permasalahan ini adalah

$V=\{v\_{0}, v\_{1}, v\_{2}, v\_{3},…,v\_{n}\}$, *V* adalah himpunan simpul;

$A=\{\left(v\_{i},v\_{j}\right): v\_{i},v\_{j}\in V, i\ne j\}$, *A* adalah himpunan sisi berarah;

$K=\{k\_{0},k\_{1},k\_{2},k\_{3},…,k\_{n}\}$, *K* adalah himpunan kendaraan;

$d=$ parameter besar jumlah permintaan pada simpul $v\_{i}$;

$Q=$ parameter besar kapasitas kendaraan; dan

$C\_{ij}=$ parameter jarak tempuh pada simpul $(v\_{i},v\_{j})$.

1. Variabel Keputusan

Untuk setiap $\left(v\_{i},v\_{j}\right)\in A, i\ne j\ne 0$ dan untuk setiap kendaraan $k$ didefinisikan variabel keputusan:

1, jika terdapat perjalanan dari simpul $v\_{i}$ ke $v\_{j}$ dengan kendaraan $k$;

$X\_{ij}^{k}=$

0, jika tidak terdapat perjalanan dari simpul $v\_{i}$ ke simpul $v\_{j}$ dengan kendaraan $k$.

1. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dalam permasalahan ini adalah meminimumkan total jarak tempuh perjalanan kendaraan. Jika Z adalah fungsi tujuan, maka

$$meminimumkan Z=\sum\_{k\in K}^{}\sum\_{i\in V}^{}\sum\_{j\in V}^{}C\_{ij}X\_{ij}^{k};$$

Diketahui terdapat total 28 simpul (simpul perusahaan dan 27 simpul mitra) dan 3 kendaraan. Setiap rute dimulai dan berakhir di simpul perusahaan serta simpul $\ne i$ , maka rumus menjadi

|  |  |
| --- | --- |
| $$Z=\sum\_{k=1}^{3}\sum\_{i=0}^{27}\sum\_{j=1}^{28}C\_{ij}X\_{ij}^{k}.$$ | (4.1) |

1. Kendala-Kendala

Kendala-kendala dalam permasalahan ini adalah

1. setiap simpul hanya dikunjungi tepat satu kali oleh satu kendaraan. Jika $X\_{ij}^{k}$ bernilai 1, artinya ada perjalanan dari simpul $v\_{i}$ ke $v\_{j}$ dengan kendaraan $k,$ atau bernilai 0 jika sebaliknya;

$$\sum\_{k\in K}^{}\sum\_{j\in V}^{}X\_{ij}^{k}=1, ∀i\in V;$$

karena jumlah simpul mitra sebanya 27 dan jumlah kendaraan sebanyak 3, maka rumus menjadi

|  |  |
| --- | --- |
| $$\sum\_{k=1}^{3}\sum\_{j=1}^{27}X\_{ij}^{k}=1, ∀i\in V;$$ | (4.2) |

1. total jumlah permintaan mitra dalam satu rute perjalanan tidak melebihi kapasitas kendaraan. Kapasitas kendaraan untuk memenuhi permintaan mitra harus dimaksimalkan, tetapi tidak lebih dari kapasitas kendaraan tersebut;

$$\sum\_{i\in V}^{}d\_{i}\sum\_{j\in V}^{}X\_{ij}^{k}\leq Q, ∀k\in K;$$

karena simpul $j\ne i$ dan kapasitas kendaraan sebesar 100, maka rumus menjadi

|  |  |
| --- | --- |
| $$\sum\_{i=0}^{27}d\_{i} \sum\_{j=1}^{28}X\_{ij}^{k}\leq 100, ∀k\in K;$$ | (4.3) |

1. kekontinuan rute, artinya setiap kendaraan yang mengunjungi suatu simpul, setelah selesai melayani akan meninggalkan simpul tersebut. Kendala ini dinyatakan dengan jumlah variabel keputusan yang masuk sama dengan jumlah variabel keputusan yang keluar;

|  |  |
| --- | --- |
| $$\sum\_{i\in V}^{}X\_{ij}^{k}-\sum\_{j\in V}^{}X\_{ji}^{k}=0,∀k\in K,$$ | (4.4) |

$∀i,j\in V, i\ne j; dan$;

1. variabel keputusan $X\_{ij}^{k}$ bernilai *biner*. Untuk setiap $\left(v\_{i},v\_{j}\right)\in A, i\ne j\ne 0$ dan untuk setiap kendaraan $k$, variabel keputusan bernilai 1 jika terdapat perjalanan antara simpul yang satu dan simpul yang lain dengan kendaraan $k$, atau bernilai 0 jika sebaliknya;

|  |  |
| --- | --- |
| $X\_{ij}^{k}\in \left\{0,1\right\}, ∀i,j\in V, ∀k\in K$*.* | (4.5) |

Setelah menentukan model matematis CVRP pada pendistribusian air mineral galon di HR Barokah, langkah selanjutnya adalah menyelesaikan model matematis tersebut. Teknik yang digunakan untuk menyelesaikan model matematis CVRP adalah dengan menggunakan LINGO dan metode (*solver*) *branch and bound*. Berikut merupakan langkah-langkah penyelesaian model matematis CVRP pada pendistribusian air mineral galon di HR Barokah dengan menggunakan LINGO dan tampilan sintaks modelnya. Di bawah ini adalah langkah-langkah penyelesaian model matematis CVRP dengan menggunakan LINGO.

1. Membuat struktur umum model LINGO yang terdiri dari kata MODEL, badan model, dan kata END. Tambahkan keterangan model matematis CVRP di bawah kata MODEL.
2. Membuat badan model yang berisikan *sets section* (SETS-ENDSETS)*,* *data section* (DATA-ENDDATA), deklarasi fungsi tujuan (*objective function declaration*), dan kendala (*constraints sets*).
3. Tuliskan indeks data pada *sets section* dengan cara memisahkan indeks data dengan satu elemen dan indeks data dengan dua elemen. Indeks data dengan satu elemen dan indeks data dengan dua elemen.
4. Input data kode mitra, permintaan mitra, jarak tempuh, dan kapasitas kendaraan ke dalam *data section*. Data tersebut merupakan data yang disimpan dalam bentuk file Microsoft Excel (.xlsx). Model membaca data tersebut dengan menggunakan perintah @OLE.
5. Langkah selanjutnya adalah memasukan model matematis CVRP ke dalam model LINGO. Persamaan (4.1) menjadi input pada fungsi tujuan dan persamaan (4.2) -(4.6) menjadi input pada kendala. Berikut adalah ringkasan tampilan *solution report* yang menunjukkan nilai fungsi tujuan dari tiga kali *running* model LINGO.

*Solution Report* 1 (*Run* 1)

Global optimal solution found.

Objective value: 39.00000

*Solution Report* 2 (*Run* 2)

Global optimal solution found.

Objective value: 39.00000

*Solution Report* 3 (*Run* 3)

Global optimal solution found.

Objective value: 39.00000

1. Berdasarkan *Solution Report* dari tiga kali *running* model LINGO, informasi yang diperoleh berupa nilai fungsi tujuan yang sama sebesar 39. Nilai fungsi tujuan tersebut merupakan total jarak tempuh dari semua rute yang terbentuk. Pada bagian matriks *solution report* terdapat variabel keputusan ($X\_{i,j}$) dengan *Value* (nilai) sebesar 1 dan *Reduce Cost* yang berbeda-beda. Nilai $X\_{i,j}$ sebesar 1 dapat diartikan bahwa variabel tersebut terpilih sebagai solusi. Kolom *Reduce Cost* yang berada di sebelah kanan nilai variabel merupakan jarak tempuh pada $X\_{i,j}$ dan jika ditotalkan seluruhnya sebesar 39. Sebagai salah satu contoh, nilai *Reduce Cost* pada X(M15, M21) adalah 2 yang berarti jarak dari mitra lima belas ke mitra dua puluh satu adalah 2 km. Berikut merupakan rute yang dihasilkan LINGO.

Rute 1: HR Barokah → Warung Madura Kholid → Toko Dewi → Warung Mang Dedi → Warung Ikk Nayla → Warung Umi Iim → Toko Sembako Barca → Warung Sembako Sumber Rezeki → Toko Wahyudi → Mustaji → HR Barokah.

Rute 2: HR Barokah → Toko Sembako Bu Ester → Toko Sembako Natasha → Warung sembako Nabila → Toko Maryati → Warung Klontong Fatma → Toko Sembako Pak Firman → Toko Oel → Warung T&D → HR Barokah.

Rute 3 : HR Barokah → Toko Edi → Toko Akmal → Toko Saputra → Warung Pa Haris → Toko Mama Fadel → Toko Sarudin → Warung sembako Stella → Maminath\_Belanja → Warung Adnan → Toko Niko Jaya → HR Barokah.

1. Setelah mendapatkan rute distribusi dari LINGO kemudian dibandingkan dengan rute distribusi awal (rute yang digunakan HR Barokah). Perbandingan rute dan total jarak tempuh dapat dilihat pada Tabel 1. Persentase perbedaan total jarak tempuh sebesar

$$= \frac{46-39}{46} ×100\%=15,2\% .$$

Berdasarkan tabel dan perhitungan di atas didapat selisih total jarak tempuh sebesar 7 km atau persentase sebesar 15,2%. Hal ini menunjukkan bahwa rute distribusi yang dihasilkan LINGO menghasilkan total jarak yang lebih minimum dibandingkan dengan rute distribusi awal yang digunakan di HR Barokah.

Tabel 1. Tabel perbandingan jarak tempuh

|  |
| --- |
| Rute distribusi awal  |
|  | Rute 1 | Rute 2 | Rute 3 | Total |
|  | 0-7-2-1-3-19-6-5-4-18-0 | 0-12-20-8-13-22-26-14-11-9-0 | 0-21-16-15-25-24-17-27-10-23-0 |  |
| Jarak | 16 km | 14 km | 16 km | 46 km |
| Rute distribusi yang dihasilkan LINGO |
|  | Rute 1 | Rute 2 | Rute 3 | Total |
|  | 0-3-6-18-16-15-21-25-7-12-0 | 0-8-13-1-19-4-5-2-20-0 | 0-23-24-17-27-22-26-9-11-14-10-0 |  |
| Jarak | 18 km | 9 km | 12 km | 39 km |

8. Langkah selanjutnya adalah menganalisis hasil penyelesaian model matematis CVRP pada pendistribusian air mineral galon di HR Barokah menggunakan LINGO dengan branch and bound solver. Menurut Laporte [1], metode branch and bound (BB) adalah metode eksak yang menghitung setiap solusi yang mungkin sampai ditemukan solusi terbaik, sehingga metode tersebut dapat menghasilkan solusi yang optimal. Terdapat beberapa penelitian yang menggunakan metode BB, antara lain penelitian yang dilakukan oleh Febri, et al untuk menyelesaikan permasalahan penentuan usulan rancangan rute distribusi gas LPG 3 kg [4]; penelitian oleh Clara untuk meminimumkan total jarak tempuh rute distribusi perusahaan [3]; dan penelitian menggunakan metode serupa pernah dilakukan oleh Anton, I.G. untuk menyelesaikan masalah penyusunan rute distribusi jus dalam kemasan [5]. Ketiga penelitian tersebut menghasilkan solusi yang optimal, yaitu total jarak tempuh yang minimum. Berdasarkan teori menurut Laporte [1] dan hasil penelitian terdahulu di atas, dapat disimpulkan bahwa penyelesaian model matematis CVRP pada pendistribusian air mineral galon di HR Barokah menggunakan LINGO dengan branch and bound solver menghasilkan solusi yang optimal, yaitu total jarak yang minimum sebesar 39 km.

Analisis waktu penyelesaian dilakukan untuk mengetahui waktu penyelesaian model LINGO jika terjadi perubahan pada jumlah mitra dan besar jarak. Variasi data jumlah mitra yang digunakan adalah data acak yang lebih kecil dan lebih besar dari data riil yang digunakan dalam penelitian (17 mitra dan 37 mitra). Variasi data jarak yang digunakan adalah data acak jarak belasan dan puluhan dari 27 mitra. Kapasitas kendaraan yang digunakan tetap (100 air mineral galon). Berikut merupakan Solution Report yang menunjukkan waktu penyelesaian model LINGO dengan menggunakan variasi jumlah mitra dan data jarak.

* 1. Solution Report 4 (jumlah mitra 17)

Global optimal solution found.

Elapsed runtime seconds: 9.01

* 1. Solution Report 5 (jumlah mitra 37)

Global optimal solution found.

Elapsed runtime seconds: 32460.96

Berdasarkan Solution Report 4 dan 5, waktu penyelesaian dari masing-masing model LINGO sebesar 9,01 detik dan 32.460,96 detik, sedangkan waktu penyelesaian pada Solution Report yang dihasilkan dari penyelesaian model LINGO HR Barokah (menggunakan data 27 mitra) adalah 489,33 detik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah mitra, maka waktu penyelesaian model LINGO semakin lama. Grafik yang menunjukkan perubahan waktu penyelesaian model LINGO terhadap perubahan jumlah mitra ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik perubahan waktu penyelesaian model terhadap perubahan
jumlah mitra

* 1. Solution Report 6 (jarak belasan)

Global optimal solution found.

Elapsed runtime seconds: 592.84

* 1. Solution Report 7 (jarak puluhan)

Global optimal solution found.

Elapsed runtime seconds: 868.62

Berdasarkan Solution Report 6 dan 7, waktu penyelesaian dari masing-masing model LINGO sebesar 592,84 detik dan 868,62 detik, sedangkan waktu penyelesaian pada Solution Report yang dihasilkan dari penyelesaian model LINGO HR Barokah (data jarak satuan) adalah 489,33 detik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar jarak tempuh, maka waktu penyelesaian model LINGO semakin lama. Grafik yang menunjukkan perubahan waktu penyelesaian model terhadap perubahan besar jarak tempuh ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik perubahan waktu penyelesaian model terhadap perubahan besar jarak tempuh

Analisis solusi optimal penyelesaian bertujuan untuk mengetahui total jarak tempuh yang optimal jika pendistribusian air mineral galon menggunakan kapasitas kendaraan yang lebih besar daripada yang digunakan HR Barokah (100). Variasi data acak yang digunakan adalah kapasitas kendaraan sebesar 150 dan 300. Data jarak dan data permintaan mitra yang digunakan sama dengan kondisi di HR Barokah. Berikut merupakan Solution Report yang menunjukkan total jarak tempuh dari penyelesaian model LINGO dengan variasi data acak berupa kapasitas kendaraan.

* 1. Solution Report 8 (kapasitas kendaraan sebesar 150)

Global optimal solution found.

Elapsed runtime seconds: 38.00000

* 1. Solution Report 9 (kapasitas kendaraan sebesar 300)

Global optimal solution found.

Elapsed runtime seconds: 37.00000

Berdasarkan Solution Report 8 dan 9, total jarak tempuh dari masing-masing model LINGO sebesar 38 km dan 37 km, sedangkan total jarak tempuh pada Solution Report yang dihasilkan dari penyelesaian model LINGO HR Barokah adalah 39 km. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kapasitas kendaraan, maka total jarak tempuh semakin optimal. Grafik yang menunjukkan perubahan total jarak tempuh terhadap perubahan kapasitas kendaraan ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik perubahan total jarak tempuh terhadap perubahan
kapasitas kendaraan

**SIMPULAN**

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Penyelesaian model matematis CVRP pada pendistribusian air mineral galon di HR Barokah, Pasar Kemis, Tangerang dengan menggunakan LINGO menghasilkan rute sebagai berikut.

Rute 1 : HR Barokah → Warung Madura Kholid → Toko Dewi → Warung Mang Dedi → Warung Ikk Nayla → Warung Umi Iim → Toko Sembako Barca → Warung Sembako Sumber Rezeki → Toko Wahyudi → Mustaji → HR Barokah.

Rute 2 : HR Barokah → Toko Sembako Bu Ester → Toko Sembako Natasha → Warung sembako Nabila → Toko Maryati → Warung Klontong Fatma → Toko Sembako Pak Firman → Toko Oel → Warung T&D → HR Barokah.

Rute 3 : HR Barokah → Toko Edi → Toko Akmal → Toko Saputra → Warung Pa Haris → Toko Mama Fadel → Toko Sarudin → Warung sembako Stella → Maminath\_Belanja → Warung Adnan → Toko Niko Jaya → HR Barokah.

1. Total jarak tempuh rute distribusi air mineral galon di HR Barokah dengan menggunakan LINGO adalah 39 km. Penghematan jarak yang didapatkan jika menggunakan rute distribusi yang dihasilkan LINGO adalah sebesar 7 km atau persentase sebesar $15,2\%$. Hal ini menunjukkan bahwa rute distribusi yang dihasilkan dari LINGO menghasilkan total jarak yang lebih minimum dibandingkan dengan rute distribusi awal yang digunakan HR Barokah

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terimakasih kepada koordinator Prodi Maatematika dan seluruh Dosen Prodi Matematika yang telah memberikan ilmu dan bimbingan hingga terselesainya artikel ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

BPS. (2021). Kabupaten Tangerang Dalam Angka. Tangerang: BPS Kabupaten Tangerang

Laporte, G. (1992). The Vehicle Routing Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms. *European Journal of Operating Research*, 59.

Clara, B.K.W. (2020). Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Metode *Nearest Neighbors* dan Metode *Branch and Bound* untuk Meminimumkan Biaya Distribusi di PT. X. *Jurnal Optimasi Teknik Industri, Vol. 2, No. 1, 7-12.*

Febri, T., et al. (2015). Usulan Rancangan Rute Distribusi Gas LPG 3 kg Menggunakan Metode *Heuristik* dan Metode *Branch And Bound* Di PT X. *Reka Integra, Vol. 3, No. 3.*

Anton, I.G. (2009). Penyusunan Rute Distribusi Jus Dalam Kemasan Menggunakan *Clark and Wright Saving Heuristic*. *INASEA, Vol.10, No.2.*

LINDO. (2020). *LINGO The Modeling Language and Optimizer*. Chicago: LINDO Systems, Inc.

Alipour, M.M. (2012). A Learning Automata Based Algorithm For Solving Capacitated Vehicle Routing Problem.