

JURNAL INTEGRITAS SERASAN SEKUNDANG

Integrity Journal of Serasan Sekundang

p-ISSN e-ISSN

Vol.06, No.01, 2024

ABSTRAK

**OPTIMASI JALUR DISTRIBUSI BERAS SEJAHTERA
DENGAN PENDEKATAN INTEGER PROGRAMMING
(Studi Kasus di Perum BULOG Divisi Regional Bengkulu)**

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan rute terpendek dalam penyelesaian *Travelling Salesperson Problem* (TSP) pada jalur pendistribusian RASTRA oleh Perum BULOG di Kota Bengkulu dengan menggunakan metode *Branch and Bound*. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah jarak jalan yang dilalui oleh mobil pendistribusian RASTRA dari e-warong ke e-warong dengan memanfaatkan *Google Maps*. Prosedur menemukan *route* terpendek ditempuh melalui titik awal, yakni gudang BULOG di Kota Bengkulu, ke setiap e-warong dan kembali lagi ke gudang BULOG dengan syarat tiap e-warong hanya dikunjungi satu kali saja. Permasalahan TSP ini dimodelkan ke dalam masalah *integer programming*. Model ini diselesaikan dengan bantuan *software* LINGO 11.0 untuk memperoleh solusi optimal. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini berupa rute terpendek dengan total jarak terpendek adalah 44,2 km dan 41,2 km.

Kata kunci: TSP, *integer programming*, *Branch and Bound*, *software* LINGO 11.0

ABSTRACT

This research aims to find a shortest path as the solution of *Traveling Sales Person Problem* (TSP) related to the RASTRA distribution route of Perum BULOG in Bengkulu City by using *Branch and Bound* method. Parameters used in this research are the distance passed through by cars distributing RASTRA from e-warong to another e-warong by using *Google Maps*. The procedure of finding shortest route from the starting point, BULOG's warehouse, to every e-warong and back to BULOG's warehouse provided that each e-warong is only visited once. This TSP problem is modeled into an *integer programming* problem. This model is solved by using LINGO 11.0 *software* to obtain the optimal solution. The obtained results of this research is a shortest route whose shortest total distances are 44.2 km and 41.2 km.

Keyword: TSP, *integer programming*, *Branch and Bound*, *software* LINGO 11.0

OPTIMASI JALUR DISTRIBUSI BERAS SEJAHTERA DENGAN PENDEKATAN INTEGER PROGRAMMING (Studi Kasus di Perum BULOG Divisi Regional Bengkulu)

Deriani Gumaratia¹, Fanani Haryo Widodo², Siska Yosmar³
Mahasiswa Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Bengkulu, Bengkulu 1
Dosen Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Bengkulu, Bengkulu 2,3
*Corresponding Author : derianigumaratia@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan rute terpendek dalam penyelesaian *Travelling Salesperson Problem* (TSP) pada jalur pendistribusian RASTRA oleh Perum BULOG di Kota Bengkulu dengan menggunakan metode *Branch and Bound*. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah jarak jalan yang dilalui oleh mobil pendistribusi RASTRA dari e-warong ke e-warong dengan memanfaatkan *Google Maps*. Prosedur menemukan *route* terpendek ditempuh melalui titik awal, yakni gudang BULOG di Kota Bengkulu, ke setiap e-warong dan kembali lagi ke gudang BULOG dengan syarat tiap e-warong hanya dikunjungi satu kali saja. Permasalahan TSP ini dimodelkan ke dalam masalah *integer programming*. Model ini diselesaikan dengan bantuan *software* LINGO 11.0 untuk memperoleh solusi optimal. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini berupa rute terpendek dengan total jarak terpendek adalah 44,2 km dan 41,2 km.

Kata kunci: TSP, *integer programming*, *Branch and Bound*, *software* LINGO 11.0

ABSTRACT

This research aims to find a shortest path as the solution of *Traveling Sales Person Problem* (TSP) related to the RASTRA distribution route of Perum BULOG in Bengkulu City by using *Branch and Bound* method. Parameters used in this research are the distance passed through by cars distributing RASTRA from e-warong to another e-warong by using *Google Maps*. The procedure of finding shortest route from the starting point, BULOG's warehouse, to every e-warong and back to BULOG's warehouse provided that each e-warong is only visited once. This TSP problem is modeled into an *integer programming* problem. This model is solved by using LINGO 11.0 software to obtain the optimal solution. The obtained results of this research is a shortest route whose shortest total distances are 44.2 km and 41.2 km.

Keyword: TSP, *integer programming*, *Branch and Bound*, *software* LINGO 11.0

1. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia sejak lama telah melakukan intervensi terkait bahan pangan pokok, khususnya beras yang bertujuan untuk ketahanan pangan nasional dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang berpendapatan rendah. Bentuk intervensi yang dilakukan Pemerintah berupa memberikan bantuan pangan diantaranya subsidi bahan pangan pokok dan bantuan sosial berupa beras. Beras sendiri adalah makanan pokok Masyarakat di Indonesia, dikonsumsi beras sebagai makanan utama (Susanto, 2019). Program Beras Sejahtera (Rastr) merupakan program pemerintah dalam bentuk non-tunai yakni beras yang diperuntukan bagi rumah tangga berpendapatan rendah (rumah tangga miskin atau rentan). Program ini diselenggarakan oleh Pemerintah Pusat dengan tujuan menanggulangi kemiskinan dan memberikan perlindungan sosial di bidang pangan (Rachman et al., 2018).

Pemerintah sudah sejak lama telah menugaskan Perum BULOG dalam hal pendistribusian pangan. Perum BULOG merupakan perusahaan umum milik negara yang bergerak di bidang logistik pangan. Perum BULOG juga mempunyai wewenang dalam menangani kebutuhan pangan masyarakat Indonesia semacam program kerja perum BULOG dalam pendistribusian Beras Sejahtera (RASTRA) (Bulog, 2019). Dalam proses logistic beras proses pengiriman merupakan proses yang penting untuk pemenuhan kebutuhan konsumen (Lean et al., 2018).

Program bantuan sembako sebagai program nasional Kementerian Sosial Republik Indonesia (Kemensos RI) berupa penyaluran uang kepada Keluarga Penerima Manfaat (KPM) melalui Kartu Keluarga Sejahtera (KKS) yang kemudian digunakan untuk membayar sembako di e-warong sebagai titik pengambilan dan penyedia sembako sangat ditentukan oleh efisiensi pengawasan program sembako di e-warong oleh pihak Perum BULOG. Perum BULOG baru bisa mengirim

bantuan RASTRA ke Rumah Tangga Sasaran (RTS) ketika telah mendapatkan surat perintah pengiriman dan data pagu telah diverifikasi dan divalidasi. Jika suatu daerah mengalami perubahan data pagu, maka Perum BULOG tidak dapat mengirimkan Bantuan RASTRA dan akan mengalami penundaan jadwal pengiriman yang membuat Perum BULOG harus melakukan pengiriman secara cepat dan tepat sebelum batas waktu pengiriman RASTRA yaitu setiap tanggal 25 tiap bulannya, sehingga Perum BULOG harus memperhatikan kecepatan dalam pengiriman Beras Sejahtera (RASTRA). Perum BULOG dalam melakukan percepatan pengiriman tentunya tidak lepas dari rute pengiriman agar jarak yang ditempuh menjadi lebih singkat/pendek.

Perum BULOG Divisi Regional Bengkulu khususnya di wilayah Kota Bengkulu seringkali dihadapkan dengan permasalahan jarak dan lokasi serta belum memiliki perencanaan. Penyebab jarak dan lokasi yang terlalu jauh serta belum memiliki perencanaan membuat terjadinya pemborosan biaya dan pemborosan jarak yang cukup besar, sehingga untuk mengantisipasi permasalahan ini, diperlukan pengendalian pengiriman beras. Perum BULOG dalam pengendalian pengirimannya yang diperlukan yaitu optimasi rute dalam pengiriman distribusi Beras Sejahtera (RASTRA) kepada masyarakat Provinsi Bengkulu. Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan optimasi rute pendistribusian untuk menyelesaikan *Travelling Salesman Problem (TSP)*. TSP dapat direpresentasikan dalam bentuk graf dan memiliki kaitan yang sangat erat dengan *integer programming*. Metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan TSP yaitu berupa metode eksak dan metode heuristik. Metode *Branch and Bound* adalah salah satu metode eksak untuk menyelesaikan persoalan mengenai TSP.

Beberapa studi telah menunjukkan bahwa *Algorithm Branch and Bound* pada kasus *Travelling Salesman Problem (TSP)* yang menyatakan bahwa hasil optimasi dengan metode *Branch and Bound* dapat menyelesaikan permasalahan

dan mendapatkan biaya yang optimal pada pendistribusian air minum (Suyitno, 2015) dan hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Branch and Bound* lebih baik dari hasil metode *Nearest Neighbor* yang juga merupakan salah satu metode dalam penyelesaian *Travelling Salesman Problem* (Akbar dan Sumiati, 2016). Akan tetapi, pada penelitian ini memfokuskan metode *Branch and Bound* untuk pengoptimalisasian jarak rute dan mengatur perencanaan keberangkatan beras dari gudang Bulog ke e-warong yang telah ditentukan untuk menghemat waktu dan biaya distribusi.

2. LANDASAN TEORI

a. Distribusi

Distribusi adalah suatu strategi dalam mengembangkan saluran distribusi dari perencanaan (*planning*), mengorganisasi (*organization*), mengoperasikan (*operation*) dan pengawasan (*controlling*) guna mencapai tujuan perusahaan. saluran distribusi sendiri merupakan sarana perpindahan barang dari produsen melalui jalur perantara hingga ke tangan konsumen atau pemakai terakhir (Suryanto, 2016)

Menurut Lubis (2020) dalam memilih saluran distribusi ini ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu sebagai berikut :

1. Lokasi tujuan
2. Penyimpanan persediaan
3. Melakukan penjadwalan dan penentuan rute
4. Jaringan pengangkutan.

Distribusi RASTRA sendiri hanya disalurkan kepada masyarakat yang termasuk ke golongan rumah tangga miskin. Kriteria masyarakat penerima RASTRA yakni rumah tangga yang berpenghasilan di bawah Rp500.000,00, rumah tangga yang berpenghasilan di atas Rp500.000,00 yang memiliki tanggungan lebih dari tiga orang, rumah tangga yang tidak memiliki tabungan minimal Rp1.500.000,00, rumah tangga yang tidak berpenghasilan tetap, rumah tangga yang tidak memiliki lahan pertanian, rumah tangga

yang tidak mampu memenuhi kebutuhan pokok ataupun masyarakat yang mampu memenuhi kebutuhan pokoknya dengan cara berhutang, rumah tangga tidak dapat mengkonsumsi protein seperti ikan/telur/daging minimal dua kali dalam seminggu, rumah tangga dengan kondisi perumahan masih mengontrak /numpang, kondisi lantai rumah tanah/semen kasar, kondisi dinding bangunan tempat tinggal masyarakat gabus, sumber air sumur masih dari menimba atau manual, dan sumber penerangan tidak menggunakan listrik atau menggunakan listrik akan tapi masih menumpang (Suryati, 2019).

Perum BULOG sendiri memiliki sekitar 26 divisi regional, 101 subdivre dan sekitar 458 gudang yang tersebar di seluruh Indonesia. Salah satu kantor pusat Perum BULOG berada di Provinsi Bengkulu dan memiliki 4 gudang yang tersebar di wilayah Provinsi Bengkulu dan memiliki 1 subdivre yang berada di Rejang Lebong. Kapasitas penyimpanan yang ada di gudang berada di kisaran 1.000 – 10.000 ton per gudang (Bulog, 2012).

b. Optimasi

Optimasi merupakan suatu upaya untuk memperoleh hasil, penerimaan, pendapatan, keuntungan, dan sebagainya dengan memperhatikan pembatasan-pembatasan yang ada. Pada dasarnya persoalan optimasi adalah suatu persoalan untuk membuat nilai suatu fungsi beberapa variabel menjadi maksimum atau minimum dengan memperhatikan pembatasan-pembatasan yang ada. Biasanya pembatasan tersebut meliputi tenaga kerja (*labour*), Uang (*money*), material yang merupakan *input* serta waktu dan ruang (Riniwati dan Harahab, 2018).

Permasalahan yang sering muncul dari optimasi merupakan yang sering terjadi di kehidupan sehari-hari. Berikut beberapa masalah dari optimasi:

1. Pencarian jalur kendaraan umum agar semua lokasi dapat terlewati dan biaya transportasi dapat diminimumkan
2. Pencarian sirkuit terpendek dari suatu tempat

ke beberapa tempat lainnya hingga sampai ke tujuan

3. Pencarian rute tercepat untuk mobil pemadam kebakaran dari kantor menuju lokasi kebakaran.

Optimasi linier berkaitan dengan penentuan nilai-nilai ekstrim dari sebuah fungsi linier maksimasi dan persoalan minimasi. Secara umum persoalan optimasi terbagi atas dua jenis optimasi dengan kendala dan optimasi tanpa kendala (Nasendi dan Anwar, 2019). Persoalan optimasi dengan kendala pada dasarnya merupakan persoalan menentukan berbagai nilai variabel suatu fungsi menjadi maksimum atau minimum dengan memperhatikan keterbatasan yang ada.

c. Pemrograman Integer

Pemrograman Integer atau biasa dikenal dengan *Integer Programming* merupakan suatu model pemrograman linier yang mana variabel yang digunakan berbentuk bilangan bulat (Integer). Dalam pemrograman Integer memiliki metode yang hampir sama dengan program linier, hanya saja pemrograman Integer memiliki batasan kalau variabelnya harus berbentuk bilangan bulat.

Menurut Winston (2004), dalam menentukan solusi optimal terdapat tiga macam penyelesaian yaitu:

1. *Pure Integer Programming Problem*

Merupakan program integer yang semua variabel keputusannya merupakan bilangan bulat non-negatif.

2. *Mixed-Integer Programming (MIP)*

biasa dikenal dengan integer campuran.

3. *Binary Integer Programming*

biasa dikenal dengan integer 0-1.

Pengembangan model dilakukan dengan menganalisa kondisi *existing* yang selanjutnya adalah menganalisa data dan menentukan beberapa skenario pola distribusi yang diberlakukan dengan memberikan Batasan pada model *Capacity Constrains* pada *node* dan *Flow Con-*

servation setiap *link in-out* agar sesuai dengan tujuan penelitian dengan fokus pada optimasi distribusi beras dalam pemenuhan persediaan pangan menggunakan metode *Mixed Integer programming* dengan *Software LINGO* (Belle-mare et al., 2013)

d. Solusi Pemrograman Integer

Penyelesaian tentang soal dari pemrograman integer atau *integer programming (IP)* bisa dilakukan dengan beberapa metode yang salah satunya dengan metode *Branch and Bound*, dan aplikasi yang bisa digunakan biasa dikenal dengan Microsoft Excel, Python, LINGO, LINDO, dan masih banyak lainnya yang bisa digunakan untuk penyelesaian dari pemrograman integer.

e. LINGO 11.0

LINGO merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi berskala besar seperti *Linier Programming (LP)*, *Integer Programming (IP)*, *Quadratic Programming (QP)*, dan *Non Linier Programming (NLP)*. LINGO memiliki empat *solver*, yaitu *direct solver*, *linier solver*, *nonlinier solver*, dan *Branch and Bound* yang digunakan untuk menyelesaikan berbagai tipe model yang berbeda. Di mana *Metode Branch and Bound* digunakan untuk menyelesaikan model bilangan bulat (integer) (Coughlan, 2018).

LINGO menyediakan paket integrasi lengkap di dalamnya, yaitu Bahasa untuk optimasi model yang mudah dipahami, Pembuatan model pada *software LINGO* membutuhkan fungsi objektif, fungsi kendala, dan batasan variabel. Adapun beberapa manfaat dan keunggulan *software LINGO* sebagai berikut:

1. Pengekspresian model yang mudah.
2. Data yang akan diolah melalui *software LINGO* bisa merupakan data yang sebelumnya ditulis dalam sebuah *database* dan *spreadsheet*. Begitu pula dengan *output* solusi bisa dikeluarkan dalam bentuk *database* atau *spreadsheet*, sehingga pengguna bisa lebih mudah dalam pembuatan laporan sesuai

dengan keinginan pengguna.

3. LINGO menyediakan semua alat bantu yang mungkin akan dibutuhkan untuk pembuatan dan running dari suatu model. LINGO juga menyediakan beberapa contoh model dasar untuk dimodifikasi dan dikembangkan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang valid dari Perum BULOG Divisi Regional Bengkulu berupa daftar seluruh e-warong di Kota Bengkulu, lokasi gudang BULOG Divisi Regional Bengkulu, dan lokasi seluruh e-warong di Kota Bengkulu. Data tersebut diperoleh melalui wawancara dengan manager atau pimpinan perusahaan dan beberapa karyawan yang berada pada bidang pengolahan data. Sedangkan data sekunder diperoleh berdasarkan asli dari hasil pengukuran *Google Maps*, yaitu jarak antar gudang dan e-warong di Kota Bengkulu.

Table 1. Data Alamat e-warong

No.	User ID e-warong	Alamat
1.	RPK Toko Iqbal	Teluk Sepang
2.	RPK Supriadi BPNT	Lempuing
3.	RPK Karlena Aprilianti	Pagar Dewa
4.	RPK Warung Kebun Geran Maju Bersama	Kebun Geran
5.	RPK Wiwi Widya Ningsih	Kebun Keling
6.	RPK Wasti Sinaga	Panorama
7.	RPK Uni Yul	Rawa Makmur
8.	RPK Nahari	Bumi ayu
9.	RPK Cibame	Kandang mas
10.	RPK Ciknur	Sawah Lebar Bara
11.	e-warong karya Bersama	Beringin raya
12.	e-warong Wanita mandiri	Kebun beler
13.	e-warong Berkah keluarga	Surabaya
14.	e-warong Usaha melinjo indah	Kandang
15.	e-warong Maju Bersama	Betungan

16.	e-warong Harapan maju	Pagar Dewa
17.	e-warong Makmur jaya	Rawa Makmur permai
18.	e-warong Muara Sejahtera	Kandang limun
19.	e-warong Jati Sejahtera	Padang jati
20.	e-warong Usaha harapan Bersama	Sumber jaya
21.	e-warong Cempaka harapan	Sido mulyo
22.	e-warong Semangat baru	Panorama
23.	RPK Wulan	Tanah patah
24.	RPK D2 kasih sayang	Surabaya
25.	RPK Delin	Kebun geran
26.	RPK	Semarang
27.	RPK Cheryl	Bentiring

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam metode ini adalah sebagai berikut:

Mengumpulkan data-datayang diperlukan yaitu data jarak dari Gudang BULOG menuju e-warong di Kota Bengkulu.

Menformulasikan model *integer programming* sesuai dengan data yang ada.

Menyelesaikan model TSP ini dengan menggunakan metode *Branch and Bound*. Penyelesaian metode ini menggunakan bantuan *software* LINGO 11.0 untuk mencari solusi optimal.

Menarik kesimpulan dari hasil yang diperoleh.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model *Travelling Salesman Problem* (TSP) dibuat berdasarkan data Alamat dari e-warong di Kota Bengkulu yang diperoleh dari kantor Perum BULOG Divisi Regional Bengkulu. Perum BULOG sendiri memiliki kisaran 27 e-warong yang pendistribusiannya dilakukan langsung oleh 2 mobil pengangkut dari pihak Perum BULOG Divisi Regional Bengkulu. Peta yang dibuat diperoleh dari *Google Maps* yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 Pada peta ini, alamat e-warong direpresentasikan sebagai vertex, dan lintasan yang menghubungkan dua vertex di-

representasikan sebagai egde.

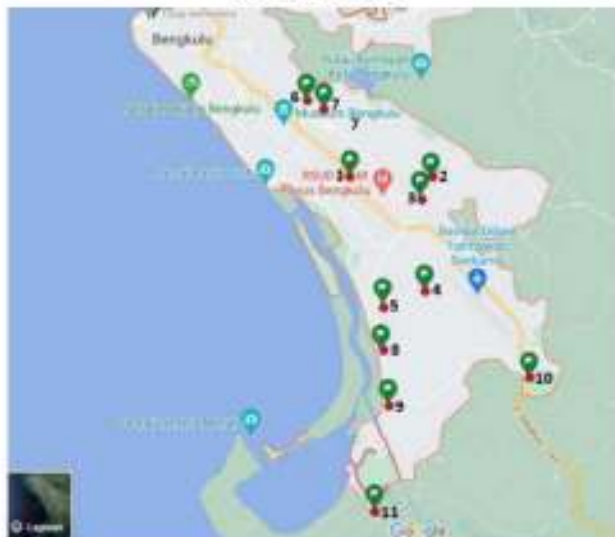
Gambar 4.1



Keterangan:

- 1 : Gudang BULOG kota Bengkulu
- 2 : Sido Mulyo
- 3 : Lempuing
- 4 : Kebun Beler
- 5 : Tanah Patah
- 6 : Padang Jati
- 7 : Kebun Geran
- 8 : Kebun Geran
- 9 : Semarang
- 10 : Sawah Lebar Baru
- 11 : Surabaya
- 12 : Surabaya
- 13 : Kebun Keling
- 14 : Rawa Makmur
- 15 : Rawa Makmur Permai
- 16 : Bentiring
- 17 : Kandang Limun
- 18 : Beringin Raya

Gambar 4.2



Keterangan:

- 1 : Gudang BULOG kota Bengkulu
- 2 : Pagar Dewa
- 3 : Pagar Dewa
- 4 : Bumi Ayu
- 5 : Kandang Mas
- 6 : Panorama
- 7 : Panorama
- 8 : Kandang
- 9 : Sumber Jaya
- 10 : Betangan
- 11 : Teluk Sepang

Jarak antar e-warong dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut:

Gambar 4.3

$i \setminus j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0	26	63	73	63	62	64	63	63	62	60	9	12	12	11	12	14	15
2	14	0	46	19	48	63	53	72	69	7	63	68	67	69	11	67	12	12
3	46	3	0	19	63	32	36	37	36	38	69	75	52	67	75	18	64	63
4	73	19	19	0	14	13	18	2	62	2	10	66	34	3	18	9	67	14
5	63	48	63	14	0	28	32	34	78	33	61	77	48	64	72	16	63	68
6	62	63	32	14	28	0	12	13	68	12	67	72	28	36	44	76	33	6
7	64	53	36	18	34	13	0	62	19	27	63	79	17	38	45	62	34	68
8	63	72	37	2	37	13	62	0	19	25	67	63	17	39	47	66	36	68
9	60	69	7	62	77	48	19	19	0	36	38	24	6	36	64	28	32	6
10	63	68	38	24	33	12	32	33	36	0	34	6	39	41	48	64	37	65
11	62	68	69	63	63	66	64	63	38	74	0	14	69	9	68	36	62	11
12	9	12	67	34	72	72	79	61	24	6	14	0	65	6	68	37	37	18
13	12	67	69	34	48	27	24	26	19	38	68	65	0	39	43	67	34	1
14	67	69	75	34	72	43	48	32	63	47	67	67	49	0	69	61	28	24
15	11	11	75	3	69	43	48	53	64	48	68	68	61	11	0	62	21	17
16	67	64	18	9	11	76	63	64	28	64	38	37	68	34	62	0	46	18
17	12	12	62	63	62	33	18	62	13	37	61	77	38	18	23	46	0	12
18	15	12	63	68	62	6	63	65	6	64	11	11	47	27	17	77	12	0

Pada kasus pendistribusian di wilayah A ini, diketahui suatu TSP terdiri dari 18 e-warong, sehingga bisa didefinisikan:

$$c_{i,j} = \text{jarak dari e-warong } i \text{ ke e-warong } j, \\ c_{i,j} > 0$$

Sehingga model TSP dari data-data di atas adalah sebagai berikut:

- Variable Keputusan

$$c_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{jika e-warong } i \text{ terhubung path } j \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

- Fungsi objektif

$$\min z = \sum_{i=1}^{18} \sum_{j=1}^{18} c_{i,j} x_{i,j}, i \neq j$$

3. Fungsi kendala

$$\sum_{i=1}^{18} x_{i,j} = 1 \text{ (untuk } j = 1,2, \dots, 18)$$

$$\sum_{j=1}^{18} x_{i,j} = 1 \text{ (untuk } i = 1,2, \dots, 18)$$

4. Batasan variable

$$v_{i,j} = 0 \text{ atau } u_j \geq 0$$

Kemudian dapat dilihat juga pada Gambar 4.4 berikut:

Gambar 4.4

c_{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	3,5	3,4	5	4,9	5,7	4,9	6,3	7,8	9
2	4,2	0	0,9	5,1	4,6	6,5	4,7	6	7,5	8,1
3	3,9	0,9	0	4,4	3,7	5,2	4,4	5,1	6,6	7,3
4	6,8	5,2	4,4	0	2,8	8,9	8,5	4,2	5,7	4,6
5	5,9	4,8	3,9	2	0	8,6	7,8	1,9	3,4	6,6
6	3,2	5,5	5,5	8,2	8,1	0	1,1	9	11	12,2
7	2,7	4,4	4,4	7,5	7,5	1,1	0	8,5	10,5	11,5
8	6,6	5,9	5	4,1	2,5	8,8	8,3	0	2,5	8
9	8,3	7,5	6,6	5,8	4,1	10,5	10,4	1,7	0	5,6
10	10,5	8,1	7,3	4,6	7,4	12	11,5	8,8	10,3	0
11	12	11,2	10,3	9,5	7,9	14,2	13,7	5,4	3,7	9,3

Pada kasus pendistribusian di wilayah B ini, diketahui suatu TSP terdiri dari 11 e-warong, sehingga bisa didefinisikan:

$$c_{i,j} = \text{jarak dari e-warong } i \text{ ke e-warong } j,$$

$$c_{i,j} > 0$$

Sehingga model TSP dari data-data di atas adalah sebagai berikut:

1. Variable Keputusan

$$c_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{jika e-warong } i \text{ terhubung path } j \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

2. Fungsi objektif

$$\min z = \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{11} c_{i,j} x_{i,j}, i \neq j$$

3. Fungsi kendala

$$\sum_{i=1}^{11} x_{i,j} = 1 \text{ (untuk } j = 1,2, \dots, 11)$$

$$\sum_{j=1}^{11} x_{i,j} = 1 \text{ (untuk } i = 1,2, \dots, 11)$$

4. Batasan variable

$$v_{i,j} = 0 \text{ atau } u_j \geq 0$$

Solusi dari persamaan di atas dan dari data yang telah diperoleh kemudian akan ditentukan rute terpendek dengan pendekatan metode *Branch and Bound*. Setiap titik lokasi menyimpan daftar tabu yang memuat titik yang sudah pernah dilalui, dimana titik lokasi tidak diijinkan untuk melalui titik yang sama dua kali dalam satu kali perjalanan. Selanjutnya, akan ditentukan rute terpendek dengan menggunakan bantuan software LINGO 11.0 sehingga akan diperoleh hasil sebagai berikut:

LINGO 11.0 Solver Status [LINGO1]	
Solver Status	
Model Class:	ILP
State:	Global Opt
Objective:	44.1
Infeasibility:	3.55271e-015
Iterations:	9505
Variables	
Total:	342
Nonlinear:	0
Integer:	324
Constraints	
Total:	360
Nonlinear:	0
Nonzeros	
Total:	2196
Nonlinear:	0
Generator Memory Used (K)	
	116
Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
	00:00:03
Update Interval:	3
<input type="button" value="Interrupt Solver"/> <input type="button" value="Close"/>	

Variable	Value	Reduced Cost
#	18.00000	0.000000
U(1)	0.000000	0.000000
U(2)	1.000000	0.000000
U(3)	2.000000	0.000000
U(4)	4.000000	0.000000
U(5)	3.000000	0.000000
U(6)	6.000000	0.000000
U(7)	7.000000	0.000000
U(8)	8.000000	0.000000
U(9)	17.00000	0.000000
U(10)	5.000000	0.000000
U(11)	15.00000	0.000000

U(12)	16.00000	0.000000	X(6, 1)	1.000000	3.200000
U(13)	9.000000	0.000000	X(7, 6)	1.000000	1.100000
U(14)	10.00000	0.000000	X(8, 9)	1.000000	2.500000
U(15)	11.00000	0.000000	X(9, 11)	1.000000	3.700000
U(16)	14.00000	0.000000	X(10, 4)	1.000000	4.600000
U(17)	13.00000	0.000000	X(11, 10)	1.000000	9.300000
U(18)	12.00000	0.000000			
X(1, 2)	1.000000	2.600000			
X(2, 3)	1.000000	4.600000			
X(3, 5)	1.000000	0.500000			
X(4, 10)	1.000000	2.000000			
X(5, 4)	1.000000	1.600000			
X(6, 7)	1.000000	1.200000			
X(7, 8)	1.000000	0.200000			
X(8, 13)	1.000000	1.700000			
X(9, 1)	1.000000	6.900000			
X(10, 6)	1.000000	1.200000			
(11, 12)	1.000000	1.400000			
X(12, 9)	1.000000	2.400000			
(13, 14)	1.000000	3.900000			
(14, 15)	1.000000	0.800000			
(15, 18)	1.000000	1.700000			
(16, 11)	1.000000	3.600000			
(17, 16)	1.000000	4.600000			
(18, 17)	1.000000	3.200000			



Variable	Value	Reduced Cost
U(1)	11.00000	0.000000
U(2)	0.000000	0.000000
U(3)	8.000000	0.000000
U(4)	7.000000	0.000000
U(5)	6.000000	0.000000
U(6)	1.000000	0.000000
U(7)	10.00000	0.000000
U(8)	9.000000	0.000000
U(9)	2.000000	0.000000
U(9)	3.000000	0.000000
U(10)	5.000000	0.000000
U(11)	4.000000	0.000000
X(1, 5)	1.000000	4.900000
X(2, 7)	1.000000	4.700000
X(3, 2)	1.000000	0.900000
X(4, 3)	1.000000	4.400000
X(5, 8)	1.000000	1.900000

Penyelesaian TSP untuk memperoleh rute terpendek pada pendistribusian RASTRA oleh Perum BULOG di Kota Bengkulu diselesaikan dengan menggunakan software LINGO 11.0. Jika diselesaikan dengan cara manual dengan metode *Branch and Bound*, perhitungannya membutuhkan waktu yang relatif lama karena terdapat banyak kemungkinan *subtour* yang terbentuk sehingga membutuhkan banyak iterasi. Pada *software* LINGO 11.0 penyelesaian integer programming termasuk TSP pada dasarnya adalah menggunakan algoritma *Branch and Bound* yang memberikan prosedur penyelesaian yang relatif lebih mudah, sehingga peneliti menggunakan *software* ini untuk memperoleh hasil yang optimal. Hasil optimal dari *software* LINGO 11.0 diperoleh dengan terlebih dahulu memasukkan *listing* program yang berisi model TSP yang disesuaikan dengan bahasa pemrograman pada *software* LINGO 11.0. berikutnya, *running* program pada LINGO 11.0 akan menghasilkan *output* secara lengkap pada pendistribusian RASTRA oleh Perum BULOG di Kota Bengkulu yakni pada wilayah A adalah 1 → 2 → 3 → 5 → 4 → 1 0 → 6 → 7 → 8 → 13 → 14 → 15 → 18 → 17 → 16 → 11 → 1 2 → 9 → 1 dengan total jarak 44,1 km dan wilayah B yakni 1 → 5 → 8 → 9 → 11 → 10 → 4 → 3 → 2 → 7 → 6 → 1 dengan total jarak 41,2 km. total iterasi yang dibutuhkan untuk memperoleh solusi optimal dengan algoritma *Branch and Bound* adalah sebanyak 9505 iterasi untuk wilayah A dan sebanyak 1621 iterasi

Untuk wilayah A. Berdasarkan hasil tersebut, rute terpendek pendistribusian Beras Sejahtera (RASTRA) oleh Perum BULOG di wilayah A Kota Bengkulu yang seharusnya dilewati adalah Gudang BULOG Kota Bengkulu → Sido Mulyo → Lempuing → Tanah Patah → Kebun Beler → Sawah Lebar Baru → Padang Jati → Kebun Geran → Kebun Geran → Kebun Keling →

Rawa Makmur → Rawa Makmur Permai → Beringin Raya → Kandang Limun → Bentiring → Surabaya → Surabaya → Semarang → Gudang BULOG Kota Bengkulu dengan total jarak yang harus ditempuh adalah 44,1 km.

Untuk wilayah B. Berdasarkan hasil tersebut, rute terpendek pendistribusian Beras Sejahtera (RASTRA) oleh Perum BULOG di wilayah B Kota Bengkulu yang seharusnya dilewati adalah Gudang BULOG Kota Bengkulu Rute terpendek pendistribusian Beras Sejahtera (RASTRA) oleh Perum BULOG di wilayah B Kota Bengkulu yang seharusnya dilewati adalah Gudang BULOG Kota Bengkulu → Pagar Dewa → Pagar Dewa → Bumi Ayu → Kandang Mas → Panorama → Panorama → Kandang → Sumber Jaya → Betungan → Teluk Sepang → Gudang BULOG Kota Bengkulu dengan total jarak yang harus ditempuh adalah 41,2 km.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan tentang penerapan metode *Branch and Bound* untuk optimasi rute distribusi RASTRA oleh Perum BULOG di Kota Bengkulu, maka dapat ditarik lokasi lain sebagai berikut:

1. Penerapan metode *Branch and Bound* untuk optimasi rute pengiriman distribusi RASTRA Pada Perum BULOG di Kota Bengkulu dapat menghasilkan rute dengan jarak tempuh yang optimum. Jarak tempuh yang optimum dapat memungkinkan terjadinya penghematan pada waktu pengiriman dan biaya tempuh dari Gudang BULOG ke okasi e-warong.
2. Solusi *Travelling Salesperson Problem (TSP)* menghasilkan Solusi optimal yang meminimumkan jarak pada pendistribusian RASTRA oleh Perum BULOG di Kota Bengkulu dengan total jarak yang harus ditempuh adalah 44,1 km dan 41,2 km.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F. F., dan Sumiati, 2016, Penentuan Rute Distribusi Teh Botol Menggunakan Metode Traveling Salesman Problem (TSP) Untuk Minimasi Biaya Distribusi, *Journal of Industrial Engineering and Management*, No.2, Vol.9, Hal. 130.
- Bellemare, M. F., Barret, C. B., & Just, D. R. (2013). The Welfare Impacts of commodity price volatility: evidence from rural Ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics*, 90(4), 877-899.
- BULOG, 2012, Perum BULOG - Alur Distribusi RASKIN, Diakses tanggal 16 Februari 2021, http://www.bulog.co.id/alur_raskin.php
- BULOG, 2019, Perum BULOG - Kajian RASKIN.
- Coughlan, R, 2018, LINGO: The Modeling Language and Optimizer, Lindo Systems INC, Chicago.
- Gross, dkk. 2019. "Graph Theory and Its Application (second Edition)", *Discrete Mathematics and Its Applications*, New York.
- Heri Susanto, E. (2019). JPM (Jurnal Pemberdayaan Masyarakat) Pengembangan Startup Guna Meningkatkan Penjualan Beras Organik di Kabupaten Banyuwangi Memanfaatkan Metode Design Sprint (Vol. 4, Issue 1).
- Ichwani, M. Rizki, & Suyitno, A., 2015, Penggunaan Algoritma Branch and Bound Pada Optimasi Rute Pendistribusian Air Minum, *Journal of Mathematics*, No.4, Vol.1, Hal. 30-37.
- Lean, Tirtana Siregar, M., Wayan Ayu Pitaloka, N., APP Jakarta, P., & Pendistribusian, K. (2018). *Lean Distribution untuk Minimasi Keterlambatan Pengiriman Produk Susu Lean Distribution To Minimize Delay in Product Milk Delivery*. 05(03).
- Lubis, A. N., 2020, Strategi Pemasaran dalam persaingan bisnis, Universitas Sumatera Utara.
- Nasendi, B. D. & Affendi Anwar. 2019. Program Linier dan Variasinya. PT. Gramedia. Jakarta.
- Pedoman Umum (Pedum) Raskin, 2013.
- Rachman, Benny, Agustian, Adang, Wahyudi. (2018). "Efektivitas dan Perspektif Pelaksanaan Program Beras Sejahtera (Rastra) dan Bantuan Pangan non-tunai". *Jurnal analisis Kebijakan Pertanian*. Vol. 6 No. 1.
- Riniwati, H., dan Harahab, N, 2018, *Optimasi Bidang Perikanan: Pendekatan Linier Programming, Transportasi dan Goal Programming*, UMM Press, Malang.
- Suryanto, 2016, Sistem Operasional Manajemen Distribusi. Gramedia Widiasarana Indonesia, Jakarta.
- Suryati, B. E. P., 2019, Pembangunan Sistem Informasi Pendataan Rakyat Miskin Untuk Program Beras Miskin (Raskin) Pada Desa Mantren Kecamatan Kebonagung Kabupaten Pacitan, *Indonesian Journal on Computer Science- Speed (IJCSS)*, No.4, Vol.2, Hal. 39.
- Winston, W.L, 2004, *Operations Research Application and Algorithm*, 3rd Edition, Indiana University, California.