MASALAH RUTE DISTRIBUSI MULTIDEPOT DENGAN KAPASITAS DAN KECEPATAN KENDARAAN HETEROGEN

Adam Priyo Hartono¹⁾, Farida Hanum²⁾, Toni Bakhtiar³⁾

¹⁾²⁾³⁾Departemen Matematika, FMIPA, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga, Bogor

¹⁾adampriyohartono@gmail.com

²⁾faridahanum00@yahoo.com

³⁾tonibakhtiar@yahoo.com

Abstract— Penelitian ini membahas masalah pengoptimasian pada penentuan rute distribusi barang. Masalah diformulasikan dalam bentuk *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan *time-windows* dengan armada berkapasitas berbeda dan berjalan dengan kecepatan tak-konstan. Model melibatkan sejumlah kendala generik, kekontinuan rute, kejamakan depot, dan waktu pelayanan serta fungsi objektif minimisasi biaya operasional kendaraan. Fitur unik berupa kecepatan kendaraan tak-konstan diakomodasi dengan membuat profil kecepatan heterogen di beberapa segmen jalan. Pendekatan eksak digunakan untuk menentukan solusi optimum rute kendaraan dan awal waktu pelayanan.

Keywords— Kecepatan tak-konstan, multidepot, rute distribusi, *time-windows*, *vehicle routing problem*.

I. PENDAHULUAN

Permasalahan yang sering dihadapi dalam pendistribusian barang ialah penentuan rute perjalanan yang harus dilewati oleh kendaraan pengirim barang. Pemilihan rute pendistribusian harus tepat agar meminimumkan biaya yang dikeluarkan. Permasalahan penentuan rute tersebut secara matematis dapat diformulasikan sebagai suatu *Vehicle Routing Problem* (VRP). Rute yang dimaksud merupakan rute kendaraan yang mengunjungi setiap pelanggan tepat satu kali dengan mempertimbangkan kendala-kendala yang ada.

Dalam penentuan rute distribusi, setiap perusahaan dapat memiliki karakteristik pendistribusian yang berbeda. Banyaknya depot (gudang) untuk melayani pelanggan bisa satu (*single depot*) atau lebih dari satu (*multidepot*). Pada umumnya, perusahaan besar memiliki lebih dari satu depot. Selain itu, armada kendaraan yang digunakan untuk melayani semua pelanggan dapat bersifat homogen atau heterogen. Terdapat pula perusahaan yang membatasi waktu setiap agen dalam melakukan bongkar muat barang, dengan batasan waktu yang berbeda-beda pula di setiap lokasi pelanggan. Hal ini mengakibatkan waktu-

sampai kendaraan di tempat pelanggan dan kegiatan bongkar muat barang yang dilakukan harus sesuai dengan batas waktu yang disediakan. Akan tetapi seringkali terdapat kendala selama perjalanan, misalnya kondisi jalan antarlokasi yang membuat kecepatan kendaraan tidak konstan dan hal-hal tidak terduga selama perjalanan yang dapat mengganggu waktu perjalanan tersebut, seperti kemacetan, pecah ban, gangguan pada mesin kendaraan, dan sebagainya. Hal tersebut dapat mengganggu jadwal perjalanan yang sudah ditetapkan. Solusi yang mungkin dapat diberikan adalah dengan memberikan waktu ekstra dalam perjalanan antarlokasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN METODE PENELITIAN

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan masalah optimisasi kombinatorial untuk menentukan rute perjalanan optimal yang melayani sejumlah pelanggan dengan sejumlah kendaraan yang tersedia. VRP adalah model yang banyak digunakan dalam perencanaan dan pengambilan keputusan di antaranya dalam masalah pendistribusian barang, pengambilan sampah, pengumpulan uang dari mesin ATM (Anjungan Tunai Mandiri), dan sebagainya. Dalam (Sarker dan Newton, 2008) model VRP yang standar bisa digambarkan sebagai berikut:

- sejumlah kendaraan dengan kapasitas yang telah diketahui berada di suatu depot,
 - terdapat sejumlah pelanggan dan setiap pelanggan memiliki permintaan,
 - terdapat biaya perjalanan antarlokasi,
 - bertujuan mencari rute pengiriman barang yang meminimumkan biaya yang diperlukan. Rute kendaraan harus diawali dan diakhiri di depot dan setiap pelanggan dikunjungi tepat satu kali.
- Solusi dari VRP ialah himpunan dari rute perjalanan oleh satu kendaraan dan rute yang dihasilkan harus

memenuhi semua permintaan dan kendala yang diberikan.

Sejak diperkenalkan dalam (Dantzig & Ramser, 1959) hingga saat ini VRP memiliki beberapa variasi antara lain: VRP dengan beberapa depot disebut *Multi-Depot Vehicle Routing Problem* (MDVRP), VRP dengan adanya kendala selang waktu tertentu untuk melayani setiap agen disebut *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW), VRP dengan kapasitas kendaraan yang tidak sama (heterogen) disebut *Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleet* (VRPHF), dan sebagainya.

Pada *Multi-Depot Vehicle Routing Problem* (MDVRP), agen dilayani oleh lebih dari satu depot. MDVRP dapat diselesaikan dengan membagi *node-node* menjadi beberapa kelompok dengan satu kelompok terdiri dari satu depot dan sejumlah agen yang saling berdekatan, atau dapat diselesaikan dengan satu kelompok besar dengan beberapa depot dan sejumlah agen yang harus terlayani dengan kendaraan-kendaraan yang tersedia (Montoya-Torres *et al.* 2015). Pada *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Windows*, beberapa jenis kendaraan yang tersedia dengan berbagai kapasitas dan biaya yang berbeda-beda harus memulai pelayanan pada periode waktu tertentu. Kendaraan-kendaraan tidak boleh datang lebih awal maupun terlambat dari waktu yang telah ditentukan. Jika kendaraan tersebut datang lebih awal, maka kendaraan tersebut harus menunggu sampai waktu yang telah ditentukan (Koç *et al.* 2015).

Dalam penelitian ini, masalah pendistribusian yang dihadapi memiliki karakteristik tambahan sebagai berikut: terdapat lebih dari satu depot pelayanan, terdapat selang waktu pelayanan di setiap pelanggan, armada kendaraan yang tersedia tidak homogen baik dari sisi kapasitas maupun kecepatan kendaraan sehingga dipandang perlu untuk diberikan waktu ekstra dalam melayani pelanggan. Di sini, masalah penentuan rute pendistribusian yang optimal dengan karakteristik seperti tersebut di atas akan diformulasikan sebagai *Time-Dependent Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows and Heterogeneous Fleet* yang dimodifikasi dari beberapa model pendistribusian terutama model pendistribusian yang dikemukakan oleh Afshar-Nadjafi dan Afshar-Nadjafi (2014). Selanjutnya, akan dilakukan implementasi model untuk menyelesaikan masalah pendistribusian dengan menggunakan data hipotetik dan diselesaikan dengan bantuan perangkat lunak LINGO 11.0.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Masalah pendistribusian yang dimaksudkan dalam penelitian ini ialah masalah penentuan rute

perjalanan dari beberapa kendaraan yang dimiliki suatu perusahaan yang berasal dari sejumlah m depot ke sejumlah agen yang bertujuan meminimumkan total biaya yang dikeluarkan dalam satu periode distribusi. Total biaya distribusi merupakan penjumlahan dari biaya tetap penggunaan suatu kendaraan dan biaya perjalanan. Misalkan terdapat sejumlah K kendaraan yang dimiliki perusahaan. Setiap kendaraan harus berangkat dari suatu depot dan juga berakhir di depot semula. Setiap agen hanya dikunjungi tepat satu kali oleh suatu kendaraan. Kendaraan diperbolehkan untuk tinggal di depot jika tidak digunakan. Setiap agen memiliki kendala *time windows* sebagai waktu diperbolehkannya melakukan bongkar muat barang dan berakibat kendaraan harus sampai pada selang waktu tersebut. Setiap agen memiliki permintaan yang harus dipenuhi dan setiap kendaraan memiliki kapasitas maksimum yang tidak boleh dilanggar.

Setiap perjalanan antarlokasi diasumsikan memiliki kondisi jalan yang berbeda-beda, sehingga kecepatan kendaraan dapat berubah-ubah setiap waktunya mengakibatkan lama perjalanan yang ditempuh antarlokasi juga berbeda-beda. Perubahan kecepatan pada suatu waktu ini dapat digambarkan sebagai sebaran kecepatan yang diilustrasikan pada Gambar 1.

Gambar 1. Sebaran kecepatan

Masalah pendistribusian barang seperti ini dapat diformulasikan sebagai suatu *Integer Programming* sebagai berikut.

Misalkan didefinisikan himpunan-himpunan:

W : himpunan depot, $W = \{1, \dots, m\}$

V : himpunan pelanggan, $V = \{m + 1, \dots, n\}$

N : himpunan lokasi, $N = W \cup V = \{1, 2, \dots, n\}$

F_m : himpunan kendaraan yang dimiliki Depot m ,

$F_m = \{h_{m-1} + 1, \dots, h_m\}$

$F = \sum_{i \in W} F_i = \{1, \dots, f\}$ ialah himpunan kendaraan.

Indeks yang digunakan ialah i, j, r untuk menyatakan lokasi, dan k untuk menyatakan kendaraan, sedangkan parameter yang digunakan ialah:

q_i : permintaan pelanggan i ,

s_i : waktu pelayanan pelanggan i ,

$[a_i, b_i]$: batas waktu pelayanan pelanggan i ,

C_k : kapasitas kendaraan k ,

cf_k : biaya tetap kendaraan k ,
 cv_k : biaya perjalanan kendaraan k per kilometer,
 d_{ij} : jarak antara lokasi i dan j ,
 c_{ij}^k : biaya perjalanan antara lokasi i dan j untuk kendaraan k , dan $c_{ij}^k = d_{ij} \times cv_k$,

t_{ij} : waktu perjalanan antara lokasi i dan j ,

M : konstanta positif yang nilainya relatif besar,

Z : nilai fungsi objektif.

Variabel keputusan yang digunakan ialah

$x_{ij}^k = 1$ jika kendaraan k berjalan dari lokasi i ke lokasi j dan bernilai 0 jika sebaliknya,

y_i^k : waktu awal pelayanan pelanggan i oleh kendaraan k , $y_i^k \in [a_i, b_i]$.

Dalam penelitian ini, diinginkan hasil berupa rute yang meminimumkan biaya, sehingga fungsi objektifnya terdiri atas penjumlahan biaya tetap dari penggunaan suatu kendaraan dan biaya perjalanan. Secara matematis fungsi objektifnya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^f c_{ij}^k x_{ij}^k + \sum_{i=1}^m \sum_{j=m+1}^n \sum_{k=1}^f cf_k x_{ij}^k.$$

Kendala yang harus dipenuhi ialah sebagai berikut:

- 1 Setiap pelanggan hanya dikunjungi tepat satu kali oleh tepat satu kendaraan,

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^f x_{ij}^k = 1, \forall j \in V.$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^f x_{ij}^k = 1, \forall i \in V.$$

- 2 Setiap kendaraan berangkat dari depot dan tidak semua kendaraan harus digunakan,

$$\sum_{j=m+1}^n x_{ij}^k \leq 1, \forall k \in F_i; \forall i \in W.$$

- 3 Kendaraan yang digunakan harus kembali ke depot yang sama saat kendaraan tersebut berangkat,

$$\sum_{i=m+1}^n x_{ij}^k \leq 1, \forall k \in F_j; \forall j \in W$$

- 4 Tidak ada perjalanan oleh kendaraan yang bukan berasal dari depotnya,

$$\sum_{j=m+1}^n x_{ij}^k = 0, \forall k \notin F_i; \forall i \in W$$

$$\sum_{i=m+1}^n x_{ij}^k = 0, \forall k \notin F_j; \forall j \in W.$$

- 5 Rute harus kontinu, artinya setiap kendaraan yang mengunjungi suatu pelanggan pasti akan meninggalkan pelanggan tersebut,

$$\sum_{i=1}^n x_{ir}^k = \sum_{j=1}^n x_{rj}^k, \forall k \in F, \forall r \in V.$$

- 6 Kendala batas waktu pelayanan.

$$a_i \leq y_i^k, \forall k \in F; \forall i \in N,$$

$$y_i^k + s_i \leq b_i, \forall k \in F; \forall i \in N.$$

- 7 Waktu mulai pelayanan pada suatu pelanggan harus fisibel berdasarkan waktu perjalanan antargen tidak terdapat *subtour*

$$y_i^k + s_i + t_{ij}(y_i^k + s_i) - y_j^k \leq M(1 - x_{ij}^k),$$

$$\forall k \in F; \forall i \in N; \forall j \in V.$$

- 8 Total permintaan semua agen yang dibawa oleh setiap kendaraan tidak boleh melebihi kapasitas maksimum kendaraan yang digunakan,

$$\sum_{i=m+1}^n q_i \sum_{j=1}^n x_{ij}^k \leq C_k, \forall k \in F.$$

- 9 Tidak ada perjalanan antardepot,

$$x_{ij}^k = 0, \forall k \in F; \forall i, j \in W.$$

- 10 Kendala variabel keputusan:

$$y_i^k \in \mathbb{R}^+, \forall k \in F; \forall i \in N.$$

$$x_{ij}^k \in \{0,1\}, \forall k \in F; \forall i, j \in N.$$

Misalkan dalam suatu masalah pendistribusian air mineral, perusahaan mempunyai dua depot ($W = \{1,2\}$) dan 18 agen penjualan ($V = \{3,4,5, \dots, 20\}$) yang akan menerima barang dari depot dan akan meneruskan penjualan kepada konsumen. Setiap agen memiliki jumlah permintaan (q_i), lama pelayanan (s_i) dan *time windows* berbeda-beda yang dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1 DATA PERMINTAAN, LAMA PELAYANAN, DAN TIME WINDOWS DI SETIAP NODE

Node (i)	Permintaan (karton)	Lama Pelayanan (jam)	Time Windows [a_i, b_i]
1 (depot)	0	0	06.00-22.00
2 (depot)	0	0	06.00-22.00
3	90	1	07.00-12.00
4	96	1	08.00-13.00
5	99	1	09.00-14.00
6	100	1	10.00-15.00
7	57	1	11.00-16.00
8	68	1	12.00-17.00
9	66	1	13.00-18.00
10	95	1	14.00-19.00
11	90	1	15.00-20.00
12	80	1	16.00-21.00
13	62	1	17.00-21.00
14	59	1	16.00-21.00
15	58	1	07.00-11.00
16	82	1	09.00-13.00
17	84	1	11.00-15.00
18	52	1	13.00-17.00
19	78	1	15.00-19.00
20	57	1	17.00-21.00

Dalam pendistribusian air mineral, perusahaan memiliki enam kendaraan ($F = \{1,2, \dots, 6\}$) dengan

kapasitas (C_k), biaya tetap (cf_k), dan biaya perjalanan (cv_k) yang berbeda-beda setiap kendaraan. Kendaraan 1, 2, dan 3 merupakan kendaraan yang dimiliki oleh Depot 1 ($F_1 = \{1,2,3\}$) dan Kendaraan 4, 5, dan 6 dimiliki oleh Depot 2 ($F_2 = \{4,5,6\}$). Kapasitas kendaraan dan biaya-biaya yang diperlukan dalam pendistribusian dapat dilihat pada Tabel 2. Diasumsikan jarak antarlokasi bersifat simetrik dan diberikan pada tabel di akhir tulisan ini. Misalkan terdapat 6 jenis kondisi jalan sehingga terdapat 6 jenis sebaran kecepatan yang terdapat pada jalur perjalanan antarlokasi.

TABEL 2 DATA KAPASITAS, BIAYA TETAP, DAN BIAYA PERJALANAN SETIAP KENDARAAN

Kenda- raan (k)	Kapasitas (karton) (C_k)	Biaya Tetap (Rp) (cf_k)	Biaya Perjalanan (Rp/km) (cv_k)
1	550	120000	1000
2	450	100000	1000
3	300	97000	1000
4	275	95000	1000
5	195	92500	1000
6	100	90000	1000

Data jenis kondisi jalan, dan lama perjalanan dapat dilihat di akhir tulisan ini, sedangkan sebaran kecepatan kendaraan antarlokasi diberikan pada Gambar 2.

Gambar 2a. Sebaran kecepatan pada jalan dengan kondisi 1

Gambar 2b. Sebaran kecepatan pada jalan dengan kondisi 2

Gambar 2c. Sebaran kecepatan pada jalan dengan kondisi 3

Gambar 2d. Sebaran kecepatan pada jalan dengan kondisi 4

Gambar 2e. Sebaran kecepatan pada jalan dengan kondisi 5

Gambar 2f. Sebaran kecepatan pada jalan dengan kondisi 6

Perusahaan air mineral ini menginginkan agar rute yang dilalui oleh setiap kendaraan yang digunakan untuk melakukan distribusi merupakan rute yang meminimumkan biaya yang dikeluarkan. Dengan model yang telah dibahas sebelumnya dan dengan menggunakan perangkat lunak LINGO 11.0 diperoleh rute optimal seperti pada Tabel 3 dan Gambar 3.

TABEL 3 RUTE PENDISTRIBUSIAN

Kenda- raan (k)	Rute Pendistribusian	Total Barang (karton)	Jarak yang Ditempuh (km)
1	1 → 5 → 6 → 14 → 12 → 1	338	35
2	1 → 4 → 3 → 10 → 13 → 1	343	39
3	1 → 16 → 7 → 8 → 19 → 1	285	26
4	2 → 15 → 18 → 20 → 2	167	43
5	2 → 17 → 9 → 2	150	26
6	2 → 11 → 2	90	4

Gambar 3. Rute pendistribusian

Dari hasil tersebut terlihat bahwa pendistribusian air mineral di lokasi agen-agen dilakukan oleh semua kendaraan yang tersedia. Waktu pelayanan pada suatu agen harus sesuai dengan *time windows* dari agen tersebut dan waktu perjalanan berada pada suatu interval waktu. Jadwal perjalanan dan pelayanan dari setiap agen oleh satu kendaraan (misalkan Kendaraan 1) dapat diperoleh dan ditunjukkan pada Tabel di bagian akhir tulisan ini.

Jadwal perjalanan dan pelayanan yang dihasilkan pada implementasi model tidak kontinu, artinya terdapat jeda waktu sebagai toleransi keberangkatan suatu kendaraan. Waktu toleransi keberangkatan kendaraan tersebut dari berakhirnya waktu pelayanan pada agen tersebut sampai dengan waktu mulai pelayanan agen selanjutnya dikurangi dengan lama perjalanan ke agen selanjutnya. Setelah selesai mendistribusikan barang ke agen-agen, kendaraan harus kembali ke depot. Waktu tiba suatu kendaraan di depot tidak ditentukan. Tapi karena depot memiliki *time windows*, sehingga batas maksimal kendaraan harus tiba di depot sesuai dengan batas akhir *time windows* depot tersebut.

Pengemudi kendaraan diperbolehkan memilih waktu keberangkatan antaragen, tetapi waktu mulai pelayanan suatu agen tidak boleh dilanggar. Pemilihan waktu keberangkatan kendaraan sesuai keadaan perjalanan yang akan dilewati dan telah diketahui oleh pengemudi kendaraan tersebut. Jika pengemudi merasa perjalanan akan tersendat, maka pengemudi akan memilih berangkat lebih awal. Jika ternyata dugaan pengemudi salah dan kendaraan tersebut sampai di lokasi selanjutnya sebelum jadwal pelayanan yang telah ditentukan, maka kendaraan tersebut harus menunggu sampai dengan jadwal pelayanan yang telah ditentukan.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

Masalah pendistribusian dengan multidepot, kendala *time windows*, kondisi dan armada

kendaraan tidak homogen dapat diformulasikan menjadi *Multi-Depot Time-Dependent Vehicle Routing Problem with Time Windows and Heterogeneous Fleet*. Model ini bertujuan meminimumkan total biaya yang harus dikeluarkan dalam pendistribusian barang. Selain itu jadwal pelayanan dan perjalanan yang didapatkan tidak kontinu, terdapat jeda waktu yang merupakan waktu ekstra di setiap perjalanan antar-*node* yang dapat digunakan sebagai waktu toleransi keberangkatan kendaraan yang dapat dipilih oleh pengemudi untuk mengantisipasi hal-hal yang dapat mengganggu perjalanan dan diharapkan jadwal pelayanan pada suatu agen tidak akan terganggu.

Penelitian ini dapat dikembangkan agar mendapatkan waktu ekstra yang lebih sesuai dengan kondisi yang sebenarnya sehingga diperlukan penyesuaian model kembali. Selain itu, data yang digunakan pada penelitian ini adalah data hipotetik, sehingga perlu diujicobakan pada kasus yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afshar-Nadjafi, B., Afshar-Nadjafi, A., 2014, "A constructive heuristic for time-dependent multi-depot vehicle routing problem with time-windows and heterogeneous fleet", Journal of King Saud University-Engineering Sciences. ISSN 1018-3639. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksues.2014.04.007>.
- Dantzig, G.B., Ramser, J.H., 1959, "The truck dispatching problem", Manage. Sci. ISSN 0025-1909 Vol. 6, No.1, Oktober 1959 p.80–91.
- Koç Ç, Bektaş T, Jabali O, Laporte G. 2015. A hybrid evolutionary algorithm for heterogeneous fleet vehicle routing problems with time windows. *Computers & Operations Research*. 64(1):11-27. doi:10.1016/j.cor.2015.05.004.
- Montoya-Torres JR, Franco JL, Isaza SN, Jiménez HF, Herazo-Padilla N.2015. A literature review on the vehicle routing problem with multiple depot. *Computers & Industrial Engineering*. 79(1):115-129. doi:10.1016/j.cie.2014.10.029.
- Sarker, R.A., dan Newton, C.S. 2008, *Optimization Modelling: A Practical Approach*. CRC Press Taylor & Francis, Boca Raton.

TABEL. DATA JARAK ANTARLOKASI

Node	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	14	20	10	1	3	20	2	8	10	3	25	16	15	15	15	17	2	4	17
2		0	23	25	22	25	9	18	11	7	2	14	12	21	13	6	12	19	24	15
3			0	1	21	12	18	24	15	8	3	23	18	4	20	11	25	18	14	5
4				0	16	10	3	17	5	4	11	7	16	5	22	6	22	21	10	11
5					0	4	6	20	22	5	19	5	3	6	25	16	13	19	1	5
6						0	12	16	6	19	16	10	8	3	15	16	8	21	7	25
7							0	4	19	19	13	1	11	3	15	2	13	12	23	24
8								0	23	2	4	10	25	16	11	3	16	21	1	23
9									0	20	12	13	12	22	19	11	3	16	18	24
10										0	18	13	4	25	6	4	24	21	16	6
11											0	18	4	16	7	22	7	18	23	21
12												0	19	2	7	9	22	4	10	12
13													0	11	17	25	19	1	14	17
14														0	2	3	18	8	23	8
15															0	18	10	10	22	24
16																0	6	25	20	4
17																	0	11	15	4
18																		0	13	5
19																			0	23
20																				0

TABEL KONDISI JALAN SESUAI DENGAN SEBARAN KECEPATAN

Node	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	3	2	3	3	1	3	4	2	2	2	1	5	6	4	2	5	2	6	5
2		0	1	6	3	4	4	5	3	6	5	5	5	6	2	5	3	6	6	1
3			0	5	3	6	4	6	1	2	2	1	5	4	3	2	2	4	1	4
4				0	4	2	5	5	4	5	1	1	2	3	3	3	1	5	2	2
5					0	6	6	4	2	6	3	4	1	6	6	2	6	3	2	4
6						0	5	5	5	5	6	6	1	1	1	4	2	2	6	2
7							0	4	1	3	2	5	5	2	4	2	6	6	6	6
8								0	3	5	3	3	5	4	3	6	2	5	4	3
9									0	2	6	5	5	5	6	6	3	2	3	1
10										0	1	1	5	1	4	1	6	6	4	6
11											0	1	6	2	2	4	5	1	1	2
12												0	2	4	3	6	4	1	4	4
13													0	4	2	2	2	3	3	6
14														0	6	2	3	2	6	2
15															0	3	2	4	1	6
16																0	3	3	3	5
17																	0	6	4	1
18																		0	3	2
19																			0	1
20																				0

TABEL JADWAL PERJALANAN DAN PELAYANAN OLEH KENDARAAN 1

Node	Time Windows	Lama Pelayanan (jam)	Awal Pelayanan	Akhir Pelayanan	Batas Waktu Meninggalkan Node i	Lama Perjalanan ke Node j
(i)	$[a_i, b_i]$	(s_i)	(y_i^1)			(t_{ij})
1	06.00 - 22.00	0	06.00.00	06.00.00	08.54.00	6 menit
5	09.00 - 14.00	1	09.00.00	10.00.00	12.10.30	14 menit 30 detik
6	10.00 - 15.00	1	12.25.00	13.25.00	16.28.04	10 menit 45 detik
14	16.00 - 21.00	1	16.38.49	17.38.49	19.52.00	8 menit
12	16.00 - 21.00	1	20.00.00	21.00.00	21.11.40	48 menit 20 detik
1	06.00 - 22.00	0	-	-		

TABEL JADWAL PERJALANAN DAN PELAYANAN OLEH KENDARAAN 2

<i>Node</i>	<i>Time Windows</i>	Lama Pelayanan (jam)	Awal Pelayanan	Akhir Pelayanan	Batas Waktu Meninggalkan <i>Node i</i>	Lama Perjalanan ke <i>Node j</i>
(i)	$[a_i, b_i]$	(s_i)	(y_i^2)			(t_{ij})
3	07.00 - 12.00	1	10.15.25	11.15.25	15.25.01	24 menit 20 detik
10	14.00 - 19.00	1	15.49.21	16.49.21	19.48.40	11 menit 20 detik
13	17.00 - 21.00	1	20.00.00	21.00.00	21.27.15	32 menit 45 detik
1	06.00 - 22.00	0	-	-		

TABEL JADWAL PERJALANAN DAN PELAYANAN OLEH KENDARAAN 3

<i>Node</i>	<i>Time Windows</i>	Lama Pelayanan (jam)	Awal Pelayanan	Akhir Pelayanan	Batas Waktu Meninggalkan <i>Node i</i>	Lama Perjalanan ke <i>Node j</i>
(i)	$[a_i, b_i]$	(s_i)	(y_i^3)			(t_{ij})
1	06.00 - 22.00	0	06.00.00	06.00.00	08.45.00	33 menit
16	09.00 - 13.00	1	09.18.00	10.18.00	11.32.24	8 menit
7	11.00 - 16.00	1	11.40.24	12.40.24	15.03.24	12 menit 15 detik
8	12.00 - 17.00	1	15.15.39	16.15.39	17.56.00	4 menit
19	15.00 - 19.00	1	18.00.00	19.00.00	21.45.30	14 menit 30 detik
1	06.00 - 22.00	0	-	-		

TABEL JADWAL PERJALANAN DAN PELAYANAN OLEH KENDARAAN 4

<i>Node</i>	<i>Time Windows</i>	Lama Pelayanan (jam)	Awal Pelayanan	Akhir Pelayanan	Batas Waktu Meninggalkan <i>Node i</i>	Lama Perjalanan ke <i>Node j</i>
(i)	$[a_i, b_i]$	(s_i)	(y_i^4)			(t_{ij})
2	06.00 - 22.00	0	06.00.00	06.00.00	08.33.00	30 menit 36 detik
15	07.00 - 11.00	1	09.03.36	10.03.36	13.16.07	21 menit 15 detik
18	13.00 - 17.00	1	13.37.22	14.37.22	19.41.40	18 menit 20 detik
20	17.00 - 21.00	1	20.00.00	21.00.00	21.27.00	33 menit
2	06.00 - 22.00	0	-	-	-	

TABEL JADWAL PERJALANAN DAN PELAYANAN OLEH KENDARAAN 5

<i>Node</i>	<i>Time Windows</i>	Lama Pelayanan (jam)	Awal Pelayanan	Akhir Pelayanan	Batas Waktu Meninggalkan <i>Node i</i>	Lama Perjalanan ke <i>Node j</i>
(i)	$[a_i, b_i]$	(s_i)	(y_i^5)			(t_{ij})
2	06.00 - 22.00	0	06.00.00	06.00.00	10.35.36	24 menit 24 detik
17	11.00 - 15.00	1	11.00.00	12.00.00	16.47.20	12 menit 40 detik
9	13.00 - 18.00	1	17.00.00	18.00.00	21.36.48	23 menit 12 detik
2	06.00 - 22.00	0	-	-	-	

TABEL JADWAL PERJALANAN DAN PELAYANAN OLEH KENDARAAN 6

<i>Node</i>	<i>Time Windows</i>	Lama Pelayanan (jam)	Awal Pelayanan	Akhir Pelayanan	Batas Waktu Meninggalkan <i>Node i</i>	Lama Perjalanan ke <i>Node j</i>
(i)	$[a_i, b_i]$	(s_i)	(y_i^6)			(t_{ij})
2	06.00 - 22.00	0	06.00.00	06.00.00	14.52.40	7 menit 20 detik
11	15.00 - 20.00	1	15.00.00	16.00.00	21.52.40	7 menit 20 detik
2	06.00 - 22.00	0	-	-	-	

TABEL . DATA WAKTU TEMPUH ANTARLOKASI

Node	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	0.446	0.650	0.366	0.100	0.179	0.566	0.133	0.405	0.450	0.233	0.805	0.545	0.541	0.479	0.550	0.570	0.183	0.241	0.570
2		0	0.738	0.816	0.622	0.750	0.329	0.595	0.386	0.320	0.122	0.495	0.445	0.736	0.510	0.255	0.406	0.696	0.796	0.550
3			0	0.088	0.588	0.445	0.554	0.796	0.550	0.405	0.233	0.738	0.595	0.204	0.566	0.470	0.750	0.554	0.530	0.229
4				0	0.504	0.450	0.155	0.570	0.229	0.188	0.425	0.279	0.570	0.266	0.622	0.286	0.705	0.670	0.450	0.470
5					0	0.241	0.295	0.604	0.690	0.270	0.546	0.229	0.179	0.295	0.816	0.570	0.470	0.546	0.100	0.229
6						0	0.445	0.545	0.255	0.620	0.591	0.395	0.304	0.179	0.550	0.504	0.405	0.670	0.320	0.750
7							0	0.204	0.579	0.630	0.426	0.100	0.420	0.155	0.550	0.133	0.510	0.445	0.776	0.796
8								0	0.655	0.122	0.244	0.366	0.750	0.504	0.386	0.191	0.570	0.670	0.066	0.655
9									0	0.65	0.445	0.470	0.445	0.690	0.696	0.420	0.211	0.570	0.526	0.772
10										0	0.61	0.510	0.188	0.805	0.254	0.204	0.796	0.736	0.504	0.295
11											0	0.610	0.241	0.570	0.372	0.654	0.288	0.610	0.738	0.670
12												0	0.630	0.133	0.306	0.370	0.654	0.204	0.354	0.404
13													0	0.379	0.590	0.750	0.630	0.100	0.446	0.641
14														0	0.141	0.233	0.526	0.405	0.776	0.405
15															0	0.326	0.450	0.354	0.705	0.796
16																0	0.286	0.722	0.566	0.188
17																	0	0.420	0.479	0.204
18																		0	0.426	0.305
19																			0	0.738
20																				0