

OPTIMISASI RUTE PERJALANAN BUS PARIWISATA MENGUNAKAN *MULTI-OBJECTIVE VEHICLE ROUTING PROBLEM* *WITH TIMES WINDOWS* DENGAN PENDEKATAN *GOAL PROGRAMMING*

Muhammad Manaqib¹ dan Renova Dedi Pantoro²

¹Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta
Email: muhammad.manaqib@uinjkt.ac.id

²Program Studi Matematika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta
Email: renovadedi@gmail.com

Abstract: Determining the route of the tourism bus to visit some tourism object not only to minimize the distance, but also there are another purpose, such as minimization cost, maximizing tourism object, minimizing trip time, and maximizing the visit time in the tourism object. But, determining the route we should notice the open hours of the tourism object and operational hours for the tourism bus. The matter of determining the route that involve some purpose and considering the visit hours in the math is known as multi-objective vehicle routing problem with times windows. Goal programming is one of technique to solve the model with the multi-objective function and assist to find an optimal solution form several an compatible purpose. The purpose of goal programming is to minimize the total of deviation of all the purpose. Based on the case, goal programming will be apply the multi-objective vehicle routing problem with times windows which has been finished with goal programming approachment. Then, from the model it applied for the trip route of tourism agen Purpledia Pictures T&T in Bali island. The completion with LINGO, give an optimal route solution of the tourism bus, as many as three route with total cost IDR 1.269.700,00, as 25 tourism object which has been visited from 49 tourism place, the tour time 14.1 hours in 3 days and the total time to visited of tourism object 27 hours in 3 days.

Keywords: *multi-objective vehicle routing problem with time windows, goal programming, trip route, tourism bus.*

Abstrak: Penentuan rute perjalanan bus pariwisata untuk mengunjungi beberapa objek wisata di suatu wilayah pada kenyataannya tidak hanya sebatas meminimumkan jarak, melainkan terdapat beberapa tujuan yang lain, seperti meminimumkan biaya, memaksimalkan tempat wisata yang dikunjungi, meminimumkan perjalanan, dan memaksimalkan waktu kunjungan di tempat wisata. Akan tetapi penentuan rute tersebut juga harus memperhatikan jam buka tempat wisata dan jam operasional bus pariwisata. Masalah penentuan rute yang melibatkan beberapa tujuan dan mempertimbangkan waktu kunjungan dalam matematika dikenal sebagai *vehicle routing problem with times windows* dengan tujuan ganda. *Goal programming* merupakan salah satu teknik penyelesaian model dengan fungsi tujuan ganda (*multi objective*) dan membantu menemukan solusi optimal dari beberapa tujuan yang saling bertentangan. Tujuan *goal programming* adalah meminimumkan total simpangan semua tujuan. Berdasarkan hal tersebut, *goal programming* akan diterapkan untuk menyelesaikan *vehicle routing problem with times windows* dengan tujuan ganda untuk optimisasi rute perjalanan bus pariwisata. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh model matematika *vehicle*

routing problem with times windows yang diselesaikan dengan pendekatan *goal programming*. Selanjutnya, dari model yang diperoleh diterapkan untuk rute perjalanan bus pariwisata di Pulau Bali. Penyelesaian dengan LINGO diperoleh solusi rute optimal perjalanan bus pariwisata sebanyak 3 rute dengan total biaya perjalanan Rp. 1.269.700,00 untuk setiap hari, sebanyak 25 tempat wisata dikunjungi dari 49 tempat wisata yang ada dengan waktu perjalanan 14,1 jam dalam 3 hari, serta waktu total kunjungan tempat wisata maksimal 27 jam dalam 3 hari.

Kata kunci: multi-objective vehicle routing problem with time windows, goal programming, rute kendaraan, bus pariwisata

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu destinasi wisata di dunia, terutama di Bali dengan keindahan alam dan budaya. Banyak pengunjung yang ingin berlibur ke Bali guna mengisi liburan ataupun sekedar jalan-jalan menikmati keindahan Pulau Dewata. Banyak tempat wisata yang menarik untuk dikunjungi di Pulau Bali, dari keindahan alam berupa pantai ataupun bukit dan juga keindahan budaya seperti tari kecak yang sudah mendunia. Namun karena adanya keterbatasan waktu dalam mengunjungi Pulau Bali, maka pada umumnya para pengunjung ingin memaksimalkan kunjungan ke beberapa tempat wisata dengan mengefisienkan waktu kunjung yang ada dan rute kunjungan ke tempat wisata. Selain itu, biro perjalanan wisata sebagai penyedia jasa yang mengantar para wisatawan berwisata juga ingin mengoptimalkan rute perjalanan agar diperoleh keuntungan optimal.

Penentuan rute kendaraan untuk mengunjungi beberapa tempat, dengan tujuan meminimumkan total waktu perjalanan ataupun jarak tempuh yang memenuhi kendala-kendala yang diberikan, dalam matematika dikenal dengan masalah penentuan rute kendaraan (*Vehicle Routing Problem*) (VRP) [6]. Penentuan rute perjalanan kendaraan pada kenyataannya tidak hanya sebatas meminimumkan jarak, melainkan terdapat beberapa tujuan yang lain, seperti meminimumkan biaya, memaksimalkan pelanggan yang dilayani, meminimumkan waktu distribusi, dan memaksimalkan kapasitas angkut kendaraan. Masalah penentuan rute yang melibatkan beberapa tujuan, dalam matematika dikenal sebagai *vehicle routing problem* dengan tujuan ganda (*multi-objective*) [1, 11]. VRP dengan rute kendaraan dari depot ke himpunan tempat yang tersebar secara geografis, dengan jumlah permintaan diketahui dan kendala kapasitas kendaraan serta *time windows* yang diberikan, dikenal dengan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) [4]. Kendala *time window* terdapat pada pelanggan dan juga depot. *Time windows* pelanggan didefinisikan sebagai interval waktu yang ditentukan pelanggan untuk menerima barang sesuai dengan waktu yang diinginkan dan *time window* depot didefinisikan sebagai batas waktu kendaraan berangkat dan kembali ke depot [8].

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah membentuk model matematika *multi-objective vehicle routing problem with times windows* dengan pendekatan *goal programming* untuk menyelesaikan masalah optimisasi rute perjalanan bus pariwisata, dan mencari solusi optimal rute perjalanan bus pariwisata di Pulau Bali studi kasus agen wisata Purpledia Pictures T&T. Salah satu manfaat dari penelitian ini adalah sebagai bahan masukan agen wisata di Pulau Bali dalam menentukan rute perjalanan bus wisata.

2. DASAR TEORI

2.1. *Vehicle Routing Problem (VRP)*

VRP adalah permasalahan optimisasi yang menekankan pada bagaimana menentukan rute-rute kendaraan yang digunakan untuk melayani sejumlah pelanggan [4]. Pelanggan

tersebut tersebar secara geografis dan memiliki jarak yang berbeda-beda. Selanjutnya akan disusun rute kunjungan kendaraan yang berawal dari depot dan berakhir ke depot kembali. Tujuannya adalah untuk meminimumkan jarak tempuh kendaraan ataupun biaya perjalanan [5].

Salah satu jenis VRP adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*. CVRP mengeliminasi asumsi bahwa hanya terdapat kendaraan tunggal, melainkan digunakan k ($k > 1$) kendaraan [10]. Setiap kendaraan memiliki keterbatasan kapasitas angkut, sehingga kapasitas tersebut akan dimaksimalkan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Menurut Braysy & Gendreau [4] konsep dasar dari CVRP adalah sebagai berikut:

- a. setiap kendaraan berangkat dari depot dan berakhir di depot setelah mengunjungi beberapa pelanggan,
- b. sebuah rute dibentuk dari sebuah depot dan pelanggan-pelanggan yang dikunjungi pada rute tersebut,
- c. dengan asumsi bahwa banyaknya kendaraan sama dengan banyaknya rute, maka setiap pelanggan hanya dikunjungi oleh satu kendaraan,
- d. setiap pelanggan memperoleh alokasi sebesar q_i , ($i = 1, 2, \dots, N$) dan kapasitas maksimal kendaraan sebesar U ,
- e. solusi dari CVRP adalah sekumpulan rute dimana alokasi pelanggan tiap rute tidak melebihi U .

2.2. Goal Programming

Terdapat tiga unsur utama dalam *goal programming* yaitu fungsi tujuan, kendala non negatif, dan kendala – kendala tujuan [7]. Selain ketiga unsur utama tersebut ada unsur tambahan yang belum tentu ada yaitu kendala struktural [9].

1. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dalam *goal programming* pada umumnya adalah masalah minimalisasi, karena dalam fungsi tujuan terdapat variabel simpangan yang harus dimimumkan. Fungsi tujuan dalam *goal programming* adalah meminimumkan total penyimpangan atau variabel simpangan. Terdapat tiga jenis fungsi tujuan dalam goal programming, jika Z merupakan fungsi tujuan maka,

- a. meminimumkan

$$Z = \sum_{i=1}^m (d_i^- + d_i^+),$$

fungsi tujuan pertama digunakan jika variabel simpangan dalam suatu masalah tidak dibedakan menurut prioritas atau bobot,

- b. meminimumkan

$$Z = \sum_{i=1}^m \rho_i (d_i^- + d_i^+),$$

fungsi tujuan kedua digunakan jika fungsi tujuan dalam suatu masalah dibedakan menurut prioritas urutan, tetapi variabel deviasi di dalam setiap tingkat prioritas memiliki kepentingan yang sama,

2. meminimumkan

$$Z = \sum_{i=1}^m \omega_i (d_i^- + d_i^+)$$

- fungsi tujuan ketiga digunakan jika fungsi tujuan dalam suatu masalah dibedakan dengan diberi bobot ω_i .
3. Kendala Non Negatif
Semua variabel–variabel dalam *goal programming* bernilai positif atau sama dengan nol. Jadi, variabel keputusan dan variabel deviasi dalam masalah *goal programming* bernilai positif atau sama dengan nol. Pernyataan non negatif dilambangkan $x_i, d_i^-, d_i^+ \geq 0$.
 4. Kendala Tujuan
Kendala tujuan merupakan kendala yang berhubungan langsung dengan tujuan. Hal tersebut dinyatakan dengan variabel simpangan yang terdapat pada kendala tujuan. Bentuk umum kendala tujuan sebagai berikut,
$$a_{ij}x_{ij} + d_i^- - d_i^+ = b_i$$
dengan d_i^- dan d_i^+ adalah variabel simpangan yang berfungsi menampung simpangan yang ada di ruas kiri agar sama dengan ruas kanan.
 5. Kendala Struktural
Unsur keempat yang terdapat dalam *goal programming* adalah kendala struktural. Kendala struktural adalah kendala-kendala lingkungan yang secara tidak langsung mempengaruhi tujuan masalah-masalah yang ada. Kendala struktural tidak mengandung variabel simpangan karena tidak terdapat dalam fungsi tujuan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Model Matematika *Multi-Objective VRPTW* dengan Pendekatan *Goal Programming*

Model *multi-objective VRPTW* yang digunakan dalam penelitian ini mengacu model yang dikembangkan Fariborz Jolai dan Mehdi Aghdaghi [3] serta Calvente [2] dengan beberapa modifikasi untuk menyesuaikan permasalahan perjalanan bus pariwisata. Beberapa tujuan yang dirumuskan dalam model *multi-objective VRPTW* dengan pendekatan *goal programming* ini, meliputi

- a. Meminimumkan biaya total perjalanan
- b. Memaksimumkan banyaknya tempat yang dikunjungi
- c. Meminimumkan total waktu perjalanan
- d. Memaksimumkan total waktu kunjungan di tempat wisata.

Rute yang diperoleh harus memenuhi beberapa persyaratan atau kendala yang ada, yaitu:

- a. Setiap tempat hanya dapat dikunjungi satu kali
- b. Setiap rute perjalanan berawal dan berakhir di hotel
- c. Kekontinuan rute
- d. Tidak terdapat subtour pada rute yang di bentuk
- e. Total biaya perjalanan tidak melebihi biaya maksimal yang ditentukan
- f. Total waktu operasional bus tidak melebihi waktu maksimal yang ditetapkan
- g. Jika suatu tempat wisata dapat dikunjungi, maka waktu kedatangan dan kepergian dari tempat wisata harus pada jam operasional.

Berdasarkan formulasi masalah *multi-objective VRPTW* dengan pendekatan *goal programming* diatas, maka secara matamatis dapat dibuat model sebagai berikut. Jaringan perjalanan bus dapat direpresentasikan dalam sebuah graf. Simpul mewakili tiap lokasi tempat wisata serta garis berarah sebagai ruas jalan penghubung antar tempat wisata maupun hotel dengan tempat wisata.

Didefinisikan $G(N', A)$ adalah graf berarah yang mempresentasikan jaringan kunjungan. Didefinisikan

$N = \{1, 2, \dots, n\}$ adalah himpunan tempat wisata,

$N' = \{0, 1, 2, \dots, n, n + 1\}$ adalah himpunan yang anggotanya adalah himpunan N ditambah simpul 0, dan simpul $n + 1$, dengan 0 dan $n + 1$ mempresentasikan hotel, $A = \{(i, j) : i, j \in N'\}$, $a_i =$ jam buka tempat wisata i , $b_i =$ jam tutup tempat wisata i , $s_i =$ durasi kunjungan tempat wisata i , $t_{ij} =$ waktu perjalanan dari i ke j , $c_{ij} =$ biaya perjalanan dari i ke j , $R = \{1, 2, \dots, k\}$ adalah himpunan rute rendaraan, $TR_k =$ total waktu perjalanan rute k , $B_k =$ total biaya perjalanan rute k , $UC =$ biaya perjalanan maksimal, $UT =$ waktu perjalanan maksimal, $WR_k =$ total waktu perjalanan rute k , $WKM =$ minimal total waktu kunjungan di tempat wisata.

Selanjutnya didefinisikan variabel keputusan

$$x_{ij}^k = \begin{cases} 1, & \text{terdapat perjalanan } i \text{ ke } j \text{ pada ru te } k \\ 0, & \text{tidak ada perjalanan } i \text{ ke } j \text{ pada ru te } k \end{cases}$$

$$y_i^k = \begin{cases} 1, & \text{i diku nju ngi pada ru te } k \\ 0, & \text{i tidak diku nju ngi pada ru te } k \end{cases}$$

$w_i^k =$ waktu sampai di tepat wisata i pada rute k .

Didefinisikan variabel simpangan

$d_1^+ =$ simpangan positif tu ju an pertama,

$d_{2i}^- = \begin{cases} 0, & \text{jika pelanggan } i \text{ dapat terlayani} \\ 1, & \text{jika pelanggan } i \text{ tidak terlayani.} \end{cases}$

$d_3^+ =$ simpangan positif tu ju an ketiga

$d_4^- =$ simpangaan negatif tu ju an keempat.

Setelah semua variabel didefinisikan maka dibentuklah model matematika *multi-objective VRPTW* yang dirumuskan dalam bentuk *goal programming*. Berikut model matematika *multi-objective VRPTW* dengan pendekatan *goal programming*.

1. Fungsi Tujuan

$$\text{Meminimumkan } Z = d_1^+ + \sum_{i \in N} d_{2i}^- + d_3^+ + d_4^-.$$

2. Kendala Tujuan

a. Meminimumkan biaya perjalanan: $(\sum_{k \in R} B_k) - d_1^+ = 0$ dengan $B_k = \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} \cdot x_{ij}^k$, $\forall k \in R$,

b. Memaksimalkan banyaknya tempat wiasata yang dikunjungi $\sum_{k \in R} y_i^k + d_2^- = 1, \forall i \in N$,

c. Meminimumkan total waktu perjalanan $\sum_{k \in R} TR_k - d_3^+ = 0$ dengan

$$TR_k = \sum_{i \in 0UN} \sum_{j \in NUN+1} t_{ij} x_{ij}^k, \quad k \in R,$$

d. Memaksimalkan total waktu kunjungan di tempat wisata $d_4^- = WKM - \sum_{k \in R} WK_k$

3. Kendala Struktural

a. Setiap tempat wisata hanya dapat dikunjungi tepat satu kali $\sum_{j \in N'} x_{ij}^k = y_i^k$, $\forall i \in N', \forall k \in R$,

b. Setiap rute perjalanan kendaraan berawal dan berakhir di hotel $\sum_{j \in N} x_{0j}^k = 1$, $\forall k \in R$,

- c. Kekontinuan rute $\sum_{i \in 0UN} x_{ir}^k - \sum_{j \in NUN+1} x_{rj}^k = 0, \forall i \in N, \forall k \in R,$
- d. Tidak terdapat subroute pada rute yang dibentuk $w_i^k + s_i + t_{ij} - M(1 - x_{ij}^k) \leq w_j^k,$
 $\forall i, j \in N', \forall k \in R,$
- e. Total biaya perjalanan tidak melebihi biaya maksimal yang ditetapkan $\sum_{k \in R} B_k \leq UC,$
- f. Total waktu operasional bus kurang dari waktu operasional maksimal yang ditetapkan.
- $$\sum_{k \in R} TR_k \leq UT,$$
- g. Jika suatu tempat wisata dapat dikunjungi maka waktu kedatangan dan kepergian dari tempat wisata harus pada jam operasional tempat wisata tersebut.
- $$a_i \leq w_i^k \leq b_i - s_i, \forall i \in N, \forall k \in R.$$

3.2 Optimisasi Rute Perjalanan Bus Pariwisata di Pulau Bali

a. Perumusan Masalah

Purpledia Picture T&T adalah salah satu agent wisata di Pulau Bali yang merupakan sebuah biro jasa yang memberikan panduan bagi wisatawan untuk berkunjung di Bali. Selain itu juga memberikan pelayanan terhadap konsumen berupa fasilitas penjemputan dan tempat tinggal. Purpledia Picture T&T melayani kunjungan wisata di 49 tempat wisata di Pulau Bali. Akan tetapi, agen wisata juga memiliki keterbatasan waktu, jam operasional kendaraan, dan biaya transportasi.

Agen wisata Purpledia Pictures T&T membagi tempat wisata di Pulau Bali menjadi tiga wilayah. Ketiga wilayah tersebut adalah Bali Selatan, Bali Timur Tengah dan Bali Utara, selengkapnya terdapat pada Tabel 1. Setiap kendaraan memiliki waktu operasional 15 jam setiap hari di mulai dari pukul 07:00 WITA sampai 22.00 WITA, dan biaya bahan bakar setiap harinya maksimal Rp. 850.000,00 yang telah ditetapkan oleh agen wisata. Selain itu ditetapkan total waktu kunjungan di tempat wisata setiap harinya minimal selama 8 jam.

Penyelesaian masalah tersebut dapat dilakukan dengan pengoptimalan rute yang digunakan. Rute yang diperoleh diharapkan dapat meminimumkan biaya total perjalanan, memaksimalkan banyaknya tempat wisata yang dikunjungi, meminimumkan total waktu perjalanan, dan memaksimalkan total waktu kunjungan di tempat wisata. Yang dimaksud biaya perjalanan adalah biaya bahan bakar yang diperlukan untuk pengantaran wisatawan. Waktu perjalanan adalah waktu bus berjalan yang diperlukan untuk mengunjungi sejumlah tempat wisata. Waktu kunjungan adalah lama wisatawan di tempat wisata.

Rute yang diperoleh juga harus memenuhi beberapa hal sebagai berikut:

- 1) Setiap tempat wisata hanya dapat dikunjungi tepat satu kali.
- 2) Setiap rute perjalanan kendaraan berawal dan berakhir di hotel.
- 3) Kekontinuan rute yaitu jika suatu kendaraan mengunjungi tempat wisata maka setelah melayani akan meninggalkan tempat wisata tersebut.
- 4) Tidak terdapat *subtour* pada rute yang dibentuk.
- 5) Total biaya perjalanan tidak melebihi Rp 850.000,00.
- 6) Total waktu operasional bus tidak melebihi 15 jam.
- 7) Total waktu wisata/berkunjung di Bali adalah 3 hari, dalam 1 hari akan mengunjungi 1 wilayah yang ada (Bali bagian selatan, Bali timur bagian tengah, atau Bali bagian utara).
- 8) Jika suatu tempat wisata dapat dikunjungi maka waktu kedatangan dan kepergian dari tempat wisata harus pada jam operasional tempat wisata tersebut.

b. Pengumpulan Data

Berikut diberikan beberapa data dalam penelitian ini.

1. Daftar tempat wisata di Pulau Bali.

Setiap tempat wisata akan diberi simbol dengan angka dan hotel tempat menginap disimbolkan dengan angka 0 dan $n + 1$.

Tabel 1. Data Durasi Kunjungan, Jam Buka (a_i) dan Jam Tutup (b_i) Tempat Wisata

No	Tempat	a_i	b_i	Durasi	No	Tempat	a_i	b_i	Durasi
	Kuta (Hotel)	0	15		9.	Tegallalang	1	11	1 Jam
BALI SELATAN					10.	Tenganan	2	12	1 Jam
1	Alas Kedaton	2	13	1 Jam	11.	Tulamben	1	13	1 Jam
2	Butterfly Park	2	11	1 Jam	12.	Bukit Jambul	2	12	1 Jam
3	Legian	0	22	1 Jam	13.	Taman Soekasada	2	11	1 Jam
4	Lempuyang Agung	3	11	2 Jam	14.	Tembuku	1	11	1 Jam
5	Museum Bali	1,5	9,5	1 Jam	15.	Candidasa	2	12	1 Jam
6	Bajra Sandi	2,5	10,5	1 Jam	16.	Kubu	2	11	1 Jam
7	Nusa Dua	1	11	1 Jam	17.	Tirta Gangga	0	12	1 Jam
8	Pantai Dreamland	1	13	2 Jam	18.	Pura Tirta Empul	1	11	1 Jam
9	Pantai Balangan	0	12	2 Jam	19.	Goa Gajah	2	11	1 Jam
10	Pantai Jimbaran	0	17	2 Jam	20.	Pura Goa Lawah	1	13	1 Jam
11	Pantai Pandawa	0	12	2 Jam	21.	Taman Nusa	3	11	1 Jam
12	GWK	2	14	1 Jam	22.	Kerthagosa	2	11	1 Jam
13	Tanjung Benoa	3	10	2 Jam	23.	Tampak Siring	3	11	1 Jam
14	Tanah Lot	1	13	1 Jam					
15	Taman Ayun	2	12	1 Jam	BALI UTARA				
16	Uluwatu	2	12	1 Jam	1.	Air Terjun Git-Git	2	10	1 Jam
					2.	Nung-Nung	2	11	1 Jam
BALI TIMUR TENGAH					3.	Art Center	1,5	9,5	1 Jam
1.	Ubud	1	12	2 Jam	4.	Sekumpul	2	11	1 Jam
2.	Sukawati	0	12	2 Jam	5.	Danau Beratan	2	12	1 Jam
3.	MAS	1	13	1 Jam	6.	Jatiluwih	2	13	1 Jam
4.	Celuk	1	13	1 Jam	7.	Terunyan	3	11	1 Jam
5.	Besakih	3	11	1 Jam	8.	Air Terjun Les	2	11	1 Jam
6.	Amed	0	13	1 Jam	9.	Lovina	0	12	2 Jam
7.	Batu Bulan	2	13	1 Jam	10.	Menjangan	2	10	2 Jam
8.	Kintamani	0	13	1 Jam					

2. Data jarak dan waktu tempuh antar tempat wisata.

Perhitungan jarak dan waktu perjalanan antar tempat wisata diperoleh dengan bantuan *Google Map*, dan dipilih jarak tempuh yang paling minimal.

3. Data biaya perjalanan antar tempat wisata.

Biaya perjalanan dalam penelitian ini adalah sebatas biaya bahan bakar bus yang dibutuhkan untuk menempuh suatu jarak. Perhitungan yang digunakan adalah setiap bus pariwisata memerlukan satu liter BBM (jenis solar) setiap menempuh 2 km atau setiap 1 km memerlukan 1/2 liter BBM. Harga 1 liter BBM di SPBU per April 2017 adalah Rp 5.150,00, maka setiap perjalan 1 km membutuhkan biaya perjalanan Rp 2.575,00. Perhitungan biaya perjalanan antar tempat wisata dapat diperoleh dengan mengalikan jarak antar tempat wisata dengan Rp 2.575,00. Biaya bahan bakar setiap harinya yang ditetapkan oleh agen wisata maksimal sebesar Rp. 850.000,00.

4. Data *times windows*

Setiap kendaraan memiliki waktu operasional 15 jam setiap hari di mulai dari pukul 07:00 WITA sampai 22.00 WITA. Data tentang jam buka dan tutup tempat wisata selanjutnya dikonversi dalam rentang 0 sampai 24, dengan pukul 07.00 WITA sebagai titik awalnya.

c. Model Matematika

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, masalah penentuan rute wisata agen wisata Purpledia Pictures T&T dapat dimodelkan dalam model matematika *multi-objective VRPTW* dengan pendekatan *goal programming*. Model matematika penentuan rute wisata tersebut dibuat berdasarkan model matematika *multi-objective VRPTW* dengan pendekatan *goal programming* yang telah dijelaskan sebelumnya dan data dari hasil pengolahan. Model matematika dalam masalah ini dibuat untuk setiap wilayah.

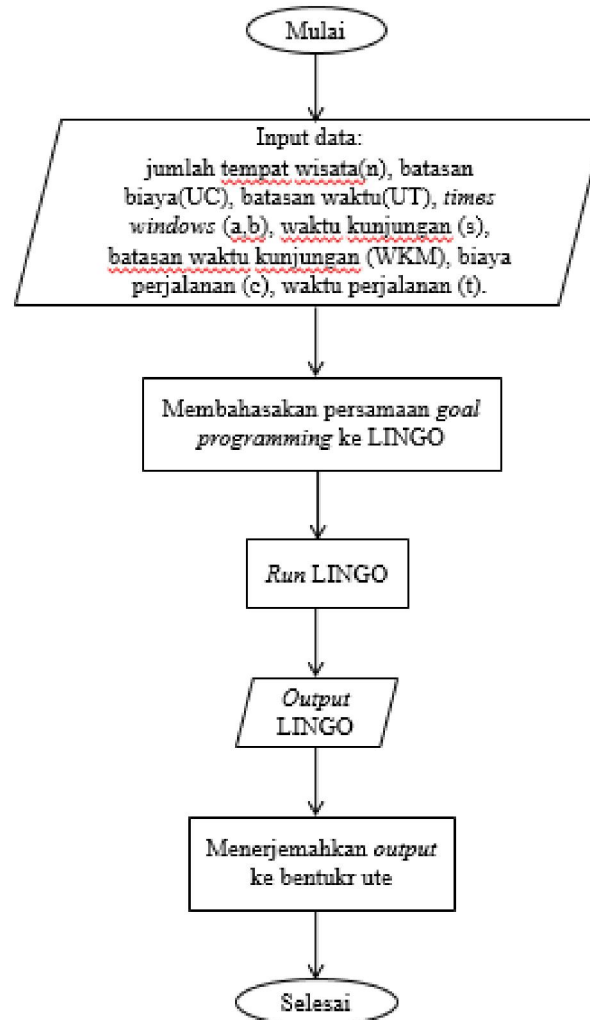
d. Penyelesaian Masalah Rute Kunjungan Tempat Wisata Di Pulau Bali

Model Matematika *multi-objective VRPTW* dengan pendekatan *goal programming* untuk setiap kendaraan kemudian diselesaikan menggunakan *software* LINGO untuk mendapatkan solusi berupa rute dengan banyaknya biaya perjalanan, banyaknya tempat wisata yang dikunjungi, waktu perjalanan, dan waktu kunjungan. *Flowchart* penyelesaian menggunakan LINGO dapat dilihat pada Gambar 1.

Penyelesaian menggunakan LINGO diperoleh 3 rute optimal untuk setiap wilayah di Pulau Bali. Rute optimal kunjungan ke tempat wisata di Pulau Bali bagian Selatan Agen Wisata Purpledia Pictures T&T adalah Hotel – Pantai Jimbaran – GWK – Uluwatu – Nusa Dua – Museum Bali – Monumen Braja Sandi – Taman Ayu – Alas Kedaton – Tanah Lot – Legian – Hotel. Sebanyak 10 tempat wisata dari 16 tempat wisata yang terdapat di Bali Selatan dapat dikunjungi. Total biaya perjalanan Rp 347.500,00, total waktu perjalanan bus 3,33 jam, sedangkan lama waktu berkunjung di tempat wisata selama 11 jam.

Rute optimal kunjungan ke tempat wisata di Pulau Bali bagian Timur Tengah Agen Wisata Purpledia Pictures T&T adalah Hotel – Celuk – Kerthagos – Pura Goa Lawah – Goa Gajah – Pura Tirta Empul – Tegalalang – Tampak Siring – MAS – Batu Bulan – Hotel. Sebanyak 9 tempat wisata dari 23 tempat wisata yang terdapat di Bali Selatan dapat dikunjungi. Total biaya perjalanan Rp 334.000,00, total waktu perjalanan bus 3,26 jam, sedangkan lama waktu berkunjung di tempat wisata selama 9 jam.

Rute optimal kunjungan ke tempat wisata di Pulau Bali bagian utara Agen Wisata Purpledia Pictures T&T adalah Hotel – Art Center – Air Terjun Sekumpul – Lovina – Git-Git – Beratan – Jati Luwih – Hotel. Sebanyak 9 tempat wisata dari 23 tempat wisata yang terdapat di Bali utara dapat dikunjungi. Total biaya perjalanan Rp 588.200,00, total waktu perjalanan bus 7.51 jam, sedangkan lama waktu berkunjung di tempat wisata selama 7 jam.



Gambar 1. Flowchart Penyelesaian LINGO

e. Rute Optimal Perjalanan Wisata

Penyelesaian menggunakan LINGO untuk setiap wilayah di Pulau Bali selanjutnya digabung menjadi satu sebagai penyelesaian masalah optimisasi rute perjalanan wisata di Pulau Bali. Hal ini tertera pada tabel 2. Berdasarkan rute yang diperoleh tersebut terlihat bahwa semua kendala telah terpenuhi yaitu : setiap tempat wisata hanya dapat dikunjungi tepat satu kali, setiap rute perjalanan kendaraan berawal dan berakhir di hotel, kekontinuan rute, tidak terdapat *subtour* pada rute yang dibentuk, total biaya perjalanan tidak melebihi Rp 850.000,00, total waktu operasional bus tidak melebihi 15 jam, total waktu wisata/berkunjung di Bali adalah 3 hari, waktu kedatangan dan kepergian dari tempat wisata pada jam operasional tempat wisata tersebut.

Semua fungsi tujuan juga telah dioptimalkan dalam rute yang diperoleh yaitu total biaya perjalanan Rp. 1.269.700,00, sebanyak 25 tempat wisata terkunjungi dari 49 tempat wisata yang ada dengan waktu perjalanan 14.1 jam dalam 3 hari, serta dapat dimaksimalkan waktu total kunjungan tempat wisata 27 jam dalam 3 hari.

Tabel 2. Solusi Optimal Rute Perjalanan Wisata

Hari	Rute	Biaya Perjalanan (rupiah)	Banyaknya Tempat Wisata	Waktu Perjalanan (jam)	Waktu Berkunjung (jam)
1.	0 – 10 – 12 – 16 – 7 – 5 – 6 – 15 – 1 – 14 – 3 – 50	347.500	10	3,33	11
2.	0 – 20 – 38 – 36 – 35 – 34 – 25 – 39 – 19 – 23 – 50	334.000	9	3,26	9
3.	0 – 42 – 43 – 48 – 40 – 44 – 45 – 50	588.200	6	7.51	7
Total		1.269.700	25	14.1	27

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan diatas maka dapat disimpulkan

1. Diperoleh model matematika *multi-objective vehicle routing problem with time windows* yang diselesaikan dengan pendekatan *goal programming* yang mengoptimalkan empat tujuan yaitu meminimumkan biaya perjalanan, memaksimalkan tempat kunjungan, meminimumkan waktu perjalanan, dan memaksimalkan waktu kunjungan wisata.
2. Diperoleh solusi rute optimal perjalanan wisata sebanyak 3 rute dengan total biaya perjalanan Rp. 1.269.700,00, sebanyak 25 tempat wisata dikunjungi dari 49 tempat wisata yang ada dengan waktu perjalanan 14.1 jam dalam 3 hari, serta dapat dimaksimalkan waktu total kunjungan tempat wisata 27 jam dalam 3 hari.

REFERENSI

- [1] Azi, dkk. 2006. An Exact Algorithm for Single-Vehicle Routing Problem with Time Windows and Multiple Routes. *European Journal of Operational Research* 178 (2007) 755–766.
- [2] Calvente, Herminia dkk. 2004. Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows: An Optimization Based Approach. *Monografias del Seminario Matemático García de Galdeano* 31, 295–304.
- [3] Fariborz Jolai and Mehdi Aghdaghi. 2008 A Goal Programming Model for Single Vehicle Routing Problem with Multiple Routes. *Journal of Industrial and Systems Engineering Vol. 2, No. 2, pp 154-163, Summer 2008.*
- [4] Golden, Bruce. 2008. *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*. New York: Springer.
- [5] Hillier, F. dan Lieberman, G. 2001. *Introduction to Operations Research Seventh Edition*, New York: McGraw-Hill.
- [6] Joubert. 2007. The Vehicle Routing Problem: Origins and Variants. *Hasil penelitian: University of Pretoria.*
- [7] Luenberger, David G. dan Yinyu. 2008. *Linear and Non Linear Programming Third Edition*. New York: Springer.
- [8] Patricia B., 2008. Scatter Search for Vehicle Routing Problem with Time Windows and Split Deliveries. *Hasil Penelitian*. Departmen of Production Engineering: University of Sao Paulo.
- [9] Taha, Hamdy A. 2007. *Operations Research: An Introduction Eighth Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- [10] Takes, Frank. 2010. Applying Monte Carlo Techniques to the Capacitated Vehicle Routing Problem. *Master Thesis: Leiden University.*
- [11] Watanabe, S. Dan Sakakibarata, K. 2007. A Multiobjectivization Approach for Vehicle Routing Problem. *Hasil penelitian: Mororan Institute of Tecnology: Ritsumeikan University.*