

# **PENGOPTIMUMAN JUMLAH PENGIRIMAN ARMADA BUS TRANSJAKARTA KORIDOR 8 MENGGUNAKAN *FUZZY GOAL* PROGRAMMING**

**SALSABILLA KHOIRUNNISA YANADEWI**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
SEKOLAH SAINS DATA MATEMATIKA DAN INFORMATIKA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2025**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Pengoptimuman Jumlah Pengiriman Armada Bus TransJakarta Koridor 8 Menggunakan *Fuzzy Goal Programming* adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2025

Salsabilla Khoirunnisa Yanadewi  
G54180049

Hak cipta milik IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## ABSTRAK

SALSABILLA KHOIRUNNISA YANADEWI. Pengoptimuman Jumlah Pengiriman Armada Bus TransJakarta Koridor 8 Menggunakan *Fuzzy Goal Programming*. Dibimbing oleh PRAPTO TRI SUPRIYO dan HIDAYATUL MAYYANI.

Padatnya lalu lintas di kota-kota besar di Indonesia terutama di Jakarta karena beberapa faktor yang menyebabkannya merupakan hal yang sudah lazim terjadi. Maka, pemerintah DKI Jakarta memperkenalkan Bus TransJakarta, sebuah sarana transportasi umum dengan mode *Bus Rapid Transit (BRT)* yaitu kepemilikan keistimewaan jalur sendiri di jalan kota dan pelayanan yang prima dengan biaya yang terjangkau. Permasalahan yang kerap dihadapi oleh bus TransJakarta adalah masih sering terjadinya penumpukan penumpang pada waktu sibuk baik di halte maupun di dalam bus, dan sebaliknya banyak armada bus yang masih kosong pada waktu non sibuk. Penelitian ini bertujuan membangun model berbasis *fuzzy goal programming* guna menentukan pengiriman jumlah armada bus dengan fungsi objektif memaksimalkan keuntungan dan meminimumkan biaya kerugian waktu tunggu penumpang serta memenuhi berbagai kendala. Model selanjutnya diimplementasikan pada bus TransJakarta koridor 8 menggunakan bantuan *software* LINGO 19.0. Hasil implementasi menunjukkan bahwa jumlah bus yang optimum diberangkatkan pada tujuh partisi waktu adalah sebanyak 4, 6, 4, 4, 4, 8, dan 3 bus.

Kata kunci: *fuzzy, fuzzy goal programming*, jumlah bus, TransJakarta

## ABSTRACT

SALSABILLA KHOIRUNNISA YANADEWI. Optimizing the Number of Corridor 8 TransJakarta Bus Fleet Delivery Using *Fuzzy Goal Programming*. Supervised by PRAPTO TRI SUPRIYO and HIDAYATUL MAYYANI.

Heavy traffic in big cities in Indonesia especially in Jakarta due to several factors that cause it is a common thing. Therefore, the DKI Jakarta government introduced the TransJakarta Bus, a public transportation facility with the *Bus Rapid Transport (BRT)* mode, namely the ownership of the privilege of own lanes on city roads and excellent service at an affordable cost. The problem often faced by TransJakarta buses is that there is often a buildup of passengers at busy times both at stops and on the bus, and conversely many bus fleets are still empty at non-peak times. This research aims to build a model based on *fuzzy goal programming* to determine the number of bus fleets dispatched with the objective function of maximize profits and minimize the costs of passenger waiting time losses and meeting various constraints. The next model was implemented on the TransJakarta bus corridor 8 using the help of LINGO 19.0 *software*. The implementation results show that the optimum number of buses dispatched at seven times partitions is 4, 6, 4, 4, 4, 8, and 3 buses.

Keywords: *fuzzy, fuzzy goal programming*, number of buses, TransJakarta



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*

# **PENGOPTIMUMAN JUMLAH PENGIRIMAN ARMADA BUS TRANSJAKARTA KORIDOR 8 MENGGUNAKAN *FUZZY* *GOAL PROGRAMMING***

**SALSABILLA KHOIRUNNISA YANADEWI**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Matematika pada  
Program Studi Matematika

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
SEKOLAH SAINS DATA MATEMATIKA DAN INFORMATIKA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2025**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji pada Ujian Skripsi:  
Elis Khatizah S.Si., M.Si., Ph.D.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Skripsi : Pengoptimuman Jumlah Pengiriman Armada Bus TransJakarta Koridor 8  
Menggunakan *Fuzzy Goal Programming*

Nama : Salsabilla Khoirunnisa Yanadewi

NIM : G54180049

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Drs. Prapto Tri Supriyo, M.Kom.



Pembimbing 2:

Hidayatul Mayyani, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Matematika:

Dr. Donny Citra Lesmana, M.Fin.Math

NIP 19790227 200501 1 001



Tanggal Lulus: 18 Februari 2025





## PRAKATA

*Alhamdulillah* *ahirabbil'alamin*, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhaanahu wata'aalaa* atas segala karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengoptimuman Jumlah Pengiriman Armada Bus TransJakarta Koridor 8 menggunakan *Fuzzy Goal Programming*”. Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantupenulis, diantaranya:

1. keluarga tercinta, ayah Taryana, mama Sitha Dewi Handajani, serta kedua adik Haniifatuz Zahira Yanadewi dan Muhammad Rizqullah Arsyad yang telah senantiasa selalu berdiri di sisi penulis, mendukung, menyemangati, dan mendoakan,
2. Bapak Drs. Prapto Tri Supriyo, M.Kom. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Hidayatul Mayyani, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan, ilmu, serta saran selama proses penulisan skripsi,
3. Ibu Elis Khatizah S.Si., M.Si., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik untuk skripsi ini,
4. para dosen serta staff Departemen Matematika IPB yang telah memberikan bantuan kepada penulis selama masa studi,
5. teman dekat penulis Arini, Lisa, Fatia, Devani, dan Aini yang telah memberikan ilmu, dukungan, pengalaman, dan kenangan yang menyenangkan selama masa studi dan penulisan skripsi ini,
6. teman-teman satu bimbingan penulis Mega, Adit, dan Adinda yang telah saling mengingatkan dan memberikan dukungan selama penulisan skripsi ini,
7. teman-teman satu angkatan Matematika 55, atas kebersamaannya selama ini,
8. kucing penulis, Cookie yang senantiasa selalu menghibur penulis dengan tingkah lakunya,
9. dan pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu penulis dalam penyusunan karya ilmiah ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak yang membutuhkan.

Bogor, Mei 2025

*Salsabilla Khoirunnisa Yanadewi*





## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 TransJakarta	3
2.2 <i>Bus Rapid Transit</i> (BRT)	3
2.3 <i>Linear Programming</i> (LP)	3
2.4 Goal Programming (GP)	4
2.5 Teori <i>Fuzzy</i>	5
2.6 Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i>	5
2.7 <i>Fuzzy Goal Programming</i> (FGP)	8
2.8 Pendekatan <i>max-min</i> Bellman-Zadeh	9
III METODE PENELITIAN	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Deskripsi Masalah	12
4.2 Formulasi Masalah	12
4.3 Implementasi Model	15
V SIMPULAN DAN SARAN	21
5.1 Simpulan	21
5.2 Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	24
RIWAYAT HIDUP	35



## DAFTAR TABEL

Tabel 1	Pembagian partisi waktu pengiriman bus	17
Tabel 2	Jumlah optimal pengiriman bus TransJakarta koridor 8 untuk setiap partisi waktu dengan model FGP	19
Tabel 3	Interpretasi hasil model FGP	20
Tabel 4	Jadwal keberangkatan bus TransJakarta koridor 8 pada setiap partisi waktu	20

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Representasi linear naik	6
Gambar 2	Representasi linear turun	6
Gambar 3	Representasi kurva segitiga	7
Gambar 4	Representasi kurva trapesium	7
Gambar 5	Bentuk fungsi keanggotaan <i>fuzzy</i>	9
Gambar 6	Tahapan penelitian	10
Gambar 7	Peta rute TransJakarta koridor 8	16

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Jumlah penumpang yang naik di setiap halte untuk setiap partisi waktu	24
Lampiran 2	Jumlah penumpang yang turun di setiap halte untuk setiap partisi waktu	25
Lampiran 3	<i>Syntax</i> dan <i>output</i> program LINGO 19.0	26
Lampiran 4	Data arus penumpang	30
Lampiran 5	<i>Syntax</i> dan <i>output</i> program LINGO 19.0 pada model FGP	33



# I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Padatnya lalu lintas di kota Jakarta disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya rendahnya kedisiplinan berlalu lintas, trotoar perjalan kaki yang juga digunakan untuk kegiatan ekonomi (pedagang kaki lima), tata ruang yang kurang optimal, serta faktor utamanya yaitu pertumbuhan kendaraan bermotor pribadi berbanding lurus dengan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat pesat. Didapat hanya 14% dari penduduk Jakarta yang memanfaatkan moda transportasi umum (Zulkifli 2014). Adanya peningkatan jumlah kendaraan motor pribadi, dengan sendirinya berimplikasi pada peningkatan padatnya jalanan di Jakarta. Jika angkutan transportasi umum yang tersedia belum mencukupi aspek keamanan dan kenyamanan penumpang, maka warga biasa akan memilih menggunakan kendaraan pribadi masing-masing untuk berpergian.

Untuk mengurangi jumlah kendaraan pribadi beroperasi di jalanan dan mengefisiensi perjalanan warga kota Jakarta, pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah melakukan berbagai upaya, antara lain penerapan sistem *three-in-one*, ganjil-genap, penambahan ruas jalan, pembangunan infrastruktur, transportasi umum dan berbagai upaya lainnya (Limantara *et al.* 2017). Salah satu sarana transportasi umum yang dikembangkan oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta adalah PT Transportasi Jakarta (PT TransJakarta). Perusahaan ini menggunakan sistem mode *Bus Rapid Transit (BRT)*, yaitu sebuah sistem layanan operasi yang memiliki keistimewaan jalur sendiri yang dibatasi oleh blok agar kendaraan lain tidak bisa memasuki area jalan bus, sehingga lebih bebas terhadap kemacetan jalan. Layanan bus TransJakarta yang aman, nyaman, efisien, dan terjangkau diharapkan dapat menambah daya tarik masyarakat untuk lebih memilih menggunakan transportasi umum dan mengurangi penggunaan transportasi pribadi.

Bus TransJakarta menggunakan GPS (*Global Positioning System*) untuk memudahkan para penumpang mengetahui keberadaan bus. Walaupun dapat mengetahui keberadaan bus, para penumpang tetap tidak bisa memastikan secara pasti apakah bus akan datang sesuai waktu yang diterapkan atau tidak. Dan berdasarkan pengamatan secara langsung di lapangan, masih sering terjadinya penumpukan penumpang, baik di halte maupun di bus, khususnya pada waktu sibuk. Sedangkan sebaliknya, pada waktu non sibuk, banyak armada bus yang hanya mengangkut sedikit penumpang. Permasalahan-permasalahan inilah yang menuntut perusahaan penyedia jasa angkutan bus untuk menentukan jumlah pengiriman bus yang optimal. Apabila jumlah pengiriman bus yang dihasilkan optimal, maka perusahaan penyedia jasa angkutan bus dapat memaksimalkan keuntungan dan meminimumkan kerugian waktu tunggu penumpang yang mungkin terjadi.

Di dalam penelitian ini, akan dibahas masalah optimasi pengiriman bus TransJakarta di koridor 8 rute Lebak Bulus-Harmoni Sentral yang kemudian akan diformulasikan ke dalam *Fuzzy Goal Programming (FGP)* dan pencarian solusinya akan diselesaikan dengan bantuan *software LINGO 19.0*.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana memodelkan masalah pengiriman bus TransJakarta koridor 8?
2. Bagaimana menyelesaikan model masalah pengiriman bus TransJakarta koridor 8 agar dapat memaksimalkan keuntungan?
3. Bagaimana menyelesaikan model masalah pengiriman bus TransJakarta koridor 8 agar dapat meminimumkan biaya kerugian waktu tunggu penumpang?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk memodelkan masalah pengiriman jumlah armada bus TransJakarta koridor 8 agar dapat memaksimalkan keuntungan dan juga meminimumkan biaya kerugian waktu tunggu penumpang yang memenuhi berbagai kendala berdasarkan *fuzzy goal programming*.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi PT TransJakarta dalam melakukan pengambilan keputusan untuk menentukan jumlah pengiriman armada bus yang akan dioperasikan di setiap partisi waktu yang dapat memaksimalkan keuntungan dan juga meminimumkan biaya kerugian waktu tunggu penumpang.



## II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 TransJakarta

TransJakarta adalah suatu perusahaan yang bergerak di bidang transportasi dan merupakan sistem BRT pertama di Asia Tenggara dan Asia Selatan. TransJakarta dirancang sebagai moda transportasi massal pendukung aktivitas kota Jakarta yang sangat padat. TransJakarta resmi beroperasi di Indonesia sejak tanggal 15 Januari 2004. Dalam rangka sosialisasi dan pengenalan angkutan ini kepada masyarakat, pada 2 minggu pertama pengoperasiannya pengguna TransJakarta tidak dikenakan tarif. Kemudian mulai tanggal 1 Februari 2004, tarif TransJakarta mulai diberlakukan seharga Rp2000,00. Pada tahun 2012, Dinas Perhubungan DKI Jakarta memutuskan untuk menaikkan tarif TransJakarta menjadi Rp3500,00. Berdasarkan Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 110/2003, TransJakarta diputuskan berbentuk Badan Pengelola (BP) TransJakarta. Lalu pada tanggal 4 Mei 2006 masa kepemimpinan Gubernur Sutiyoso, BP TransJakarta berubah menjadi Badan Layanan Umum (BLU) sesuai Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 48 Tahun 2006. Kemudian pada tanggal 27 Maret 2014, TransJakarta resmi berganti nama menjadi PT Transportasi Jakarta dan berubah status menjadi Badan Usaha Milik Daerah (BUMD). Permintaan yang terus meningkat dari waktu ke waktu membuat TransJakarta semakin berkembang yang ditandai dengan berkembangnya jumlah bus, jalur, rute, halte, dan lain-lain (TransJakarta c2016).

### 2.2 Bus Rapid Transit (BRT)

Bus Rapid Transit (BRT) merupakan suatu sistem bus transit berkualitas tinggi yang memiliki mobilitas cepat, nyaman, dan hemat biaya (ITDP 2007). BRT menyediakan infrastruktur jalan yang terpisah dengan kendaraan lainnya.

Menurut Wright (2003), ciri utama dari sistem BRT, adalah:

1. jalur bus terpisah,
2. pembelian tiket secara prabayar yang efisien,
3. terminal yang aman dan nyaman,
4. informasi peta rute dan rambu yang ditampilkan secara *real-time*,
5. teknologi GPS yang dapat mendeteksi lokasi bus,
6. moda di stasiun dan terminal terintegrasi,
7. unggul dalam *marketing* (pemasaran) dan melayani penumpang, serta
8. cepat.

### 2.3 Linear Programming

Menurut Stapleton, Hanna, dan Markussen (2003), *Linear Programming* (LP) adalah suatu teknik aplikasi matematika dalam menentukan pemecahan masalah yang bertujuan untuk memaksimalkan atau meminimumkan sesuatu yang dibatasi oleh batasan-batasan tertentu. Menurut Taha (2007) model LP terdiri atas 3 komponen utama, yaitu:

1. variabel keputusan yang telah ditentukan,
2. pengoptimuman fungsi tujuan maksimum/minimum yang akan dibutuhkan,
3. kendala untuk menentukan solusi yang memenuhi.



Menurut Luenberger dan Ye (2008), LP adalah permasalahan optimisasi dimana fungsi tujuannya berbentuk linear dan kendalanya terdiri dari persamaan linear atau pertidaksamaan linear, LP dapat diformulasikan sebagai berikut:

Maksimumkan atau minimumkan

$$c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (1)$$

dengan kendala

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &= b_m, \end{aligned}$$

dan

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

dengan

$x_j$  = variabel keputusan

$a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}$  = konstanta

Menurut Sitinjak (2006), metode yang dapat digunakan untuk mencari solusi dari model LP terbagi menjadi 2, yaitu: Metode Grafik dan Metode Simpleks. Metode Grafik digunakan untuk dua variabel keputusan. Sedangkan Metode Simpleks digunakan untuk dua atau lebih variabel keputusan.

## 2.4 Goal Programming

*Goal programming* (GP) adalah suatu model yang dikembangkan dari LP dengan mempertimbangkan banyaknya fungsi tujuan dalam menemukan solusi yang disetujui. Menurut Siswanto (2007), GP merupakan salah satu model matematis yang dipakai sebagai dasar pengambilan keputusan. Pada LP masalah yang dapat diselesaikan hanya memiliki satu tujuan sedangkan model GP ini dapat digunakan untuk masalah-masalah yang memiliki banyak tujuan, dengan kehadiran sepasang variabel deviasional yang akan muncul di fungsi tujuan dan kendalanya sehingga diperoleh alternatif pemecahan masalah yang optimal.

Model umum GP adalah sebagai berikut:

minimumkan

$$\sum_{i=1}^m P_i(d_i^+ + d_i^-) \quad (2)$$

dengan kendala:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + d_1^+ + d_1^- &= b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + d_2^+ + d_2^- &= b_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n + d_m^+ + d_m^- &= b_m, \end{aligned}$$

$$x_j, d_i^+, d_i^- \geq 0$$

$P_i$  = prioritas ke- $i$

$d_i^+$  = variabel deviasi di atas target  $b_i$

- $d_i^-$  = variabel deviasi di bawah target  $b_i$   
 $a_{ij}$  = koefisien kendala tujuan  
 $x_j$  = variabel keputusan  
 $b_i$  = target yang ingin dicapai

## 2.5 Teori Fuzzy

Teori himpunan *fuzzy* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Prof. Lotfi A Zadeh. Teori himpunan *fuzzy* merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran antara benar atau salah. Teori himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari himpunan tegas (*crisp*). Himpunan tegas adalah suatu kumpulan dari objek-objek yang didefinisikan secara jelas, artinya obyek-obyek tersebut dapat ditentukan dengan jelas keberadaannya. Nilai derajat keanggotaan dari elemennya hanya mempunyai dua kemungkinan derajat keanggotaan. Nilai derajat keanggotaan suatu  $x$  dalam suatu himpunan  $A$ , dinotasikan dengan  $\mu_A(x)$  yaitu:

$$\mu_A(x) \rightarrow \{0,1\}$$

Bernilai nol yang artinya  $x$  bukan merupakan anggota dari himpunan  $A$ , dan sebaliknya jika bernilai satu maka  $x$  merupakan anggota dari himpunan  $A$  (Kusumadewi & Purnomo 2010). Sedangkan dalam teori himpunan *fuzzy* suatu nilai bisa bernilai benar atau salah secara bersama. Namun berapa besar keberadaan dan kesalahan suatu nilai tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Himpunan *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1, dan dinyatakan dengan:

$$\mu_A(x) \rightarrow [0,1]$$

nilai nol merupakan derajat keanggotaan terendah, sedangkan nilai satu merupakan derajat keanggotaan tertinggi. Nilai yang lebih dekat ke nol menunjukkan kurang bergantungnya  $x$  pada himpunan  $A$  dan nilai yang lebih dekat ke satu menunjukkan lebih bergantungnya  $x$  pada himpunan  $A$ .

## 2.6 Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan merupakan fungsi yang memetakan elemen suatu himpunan ke nilai keanggotaan pada interval  $[0,1]$ . Fungsi keanggotaan yang membedakan himpunan *fuzzy* dengan himpunan tegas. Beberapa contoh fungsi keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* beserta grafiknya adalah sebagai berikut:

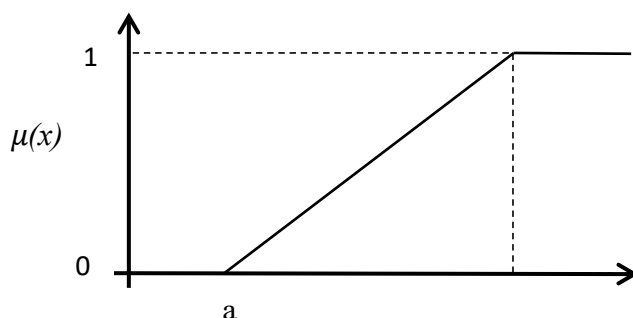
### 1. Fungsi Keanggotaan linear

Fungsi keanggotaan paling sederhana yaitu fungsi keanggotaan linear yang digambarkan sebagai suatu garis lurus. Keadaan fungsi linear ada dua, yaitu:



a. Representasi linear naik

Gambar 1 menunjukkan representasi linear naik.



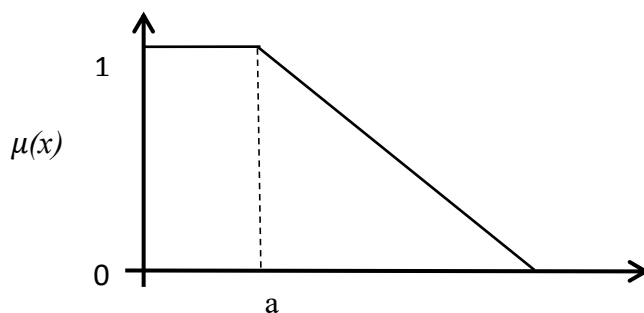
Gambar 1 Representasi linear naik

Fungsi keanggotaan linear naik:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}, & a < x < b \\ 1, & x \geq b \end{cases} \quad (3)$$

b. Representasi linear turun

Gambar 2 menunjukkan representasi linear turun.



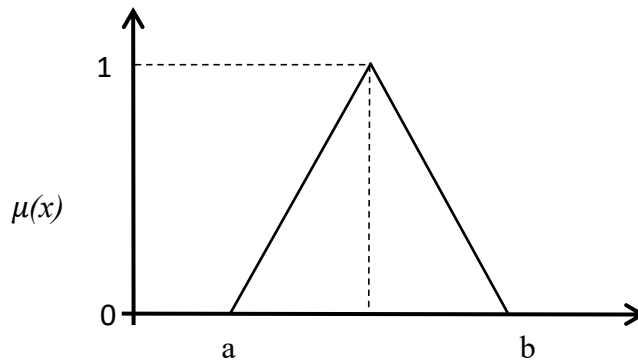
Gambar 2 Representasi linear turun

Fungsi keanggotaan linear turun:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \geq b \\ \frac{(b-x)}{(b-a)}, & a < x < b \\ 1, & x \leq a \end{cases} \quad (4)$$

## 2. Fungsi keanggotaan segitiga

Fungsi keanggotaan segitiga merupakan gabungan dari fungsi keanggotaan linear. Gambar 3 menunjukkan representasi kurva segitiga.



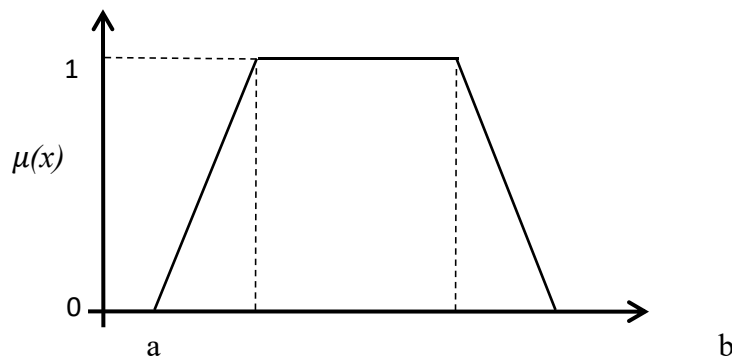
Gambar 3 Representasi kurva segitiga

Fungsi keanggotaan dari representasi kurva segitiga:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \geq c \text{ atau } x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}, & a < x < b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}, & b < x < c \end{cases} \quad (5)$$

## 3. Fungsi keanggotaan trapesium

Fungsi keanggotaan trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan. Gambar 4 menunjukkan representasi kurva trapesium.



Gambar 4 Representasi kurva trapesium

Fungsi keanggotaan untuk representasi kurva trapesium:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \geq d \text{ atau } x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}, & a < x < b \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}, & c < x < d \\ 1, & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (6)$$

## 2.7 Fuzzy Goal Programming

*Fuzzy Goal Programming* (FGP) merupakan aplikasi teori himpunan *fuzzy* pada GP yang memungkinkan pengambil keputusan untuk menentukan nilai sasaran setiap tujuan seperti “lebih besar dari”, “lebih kecil dari”, atau “sama dengan” nilai tujuan yang ingin dicapai (Kara *et al.* 2008). Walaupun model GP dan model FGP sama-sama memungkinkan penyelesaian masalah multiobjektif. Namun, model FGP dapat menyelesaikan permasalahan tanpa harus melakukan pembobotan dan pengurutan terhadap prioritas pada fungsi tujuan yang ada (M. Taufiq, A. Affandy, dan A. Marjuni, 2017).

Bentuk umum dari FGP adalah:

Tentukan  $x$  sedemikian sehingga

$$F_i(x) \geq f_i \text{ atau } F_i(x) \leq f_i \quad (7)$$

dengan kendala

$$\begin{aligned} Ax &\leq b \\ x &\geq 0 \end{aligned}$$

Keterangan:

$F_i(x)$  = fungsi tujuan ke- $i$

$x$  = himpunan variabel keputusan  $x_i$

$f_i$  = nilai aspirasi tujuan ke- $i$

$b$  = vektor kolom sisi kanan

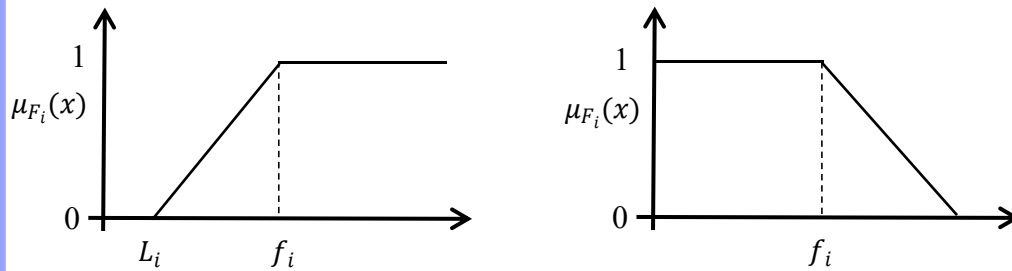
$A$  = matriks koefisien untuk menghasilkan suatu nilai variabel keputusan  $x_i$

Formulasi FGP dengan konsep fungsi keanggotaan pertama kali dilakukan oleh Narasimhan pada tahun 1980. Fungsi-fungsi ini didefinisikan pada interval  $[0,1]$ . fungsi keanggotaan untuk tujuan ke- $i$  memiliki nilai 1 ketika tujuan ini tercapai dan keputusan multikriteria tersebut benar-benar terpenuhi. Jika tidak, fungsi keanggotaan mengasumsikan nilai antara 0 dan 1. Fungsi keanggotaan linear lebih banyak digunakan dalam literatur dan praktik daripada jenis fungsi keanggotaan lainnya. Menurut Zimmermann (1976) dalam Bhargava *et al.* (2015), fungsi keanggotaan linear dalam *fuzzy* pada kasus maksimisasi dan minimisasi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\mu_{F_i}(x) = \begin{cases} 1, & \text{jika } F_i(x) \geq f_i \\ \frac{F_i(x)-L_i}{f_i-L_i}, & \text{jika } L_i \leq F_i(x) \leq f_i \\ 0, & \text{jika } F_i(x) \leq L_i \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{F_i}(x) = \begin{cases} 1, & \text{jika } F_i(x) \leq f_i \\ \frac{U_i-F_i(x)}{U_i-f_i}, & \text{jika } f_i \leq F_i(x) \leq U_i \\ 0, & \text{jika } F_i(x) \geq U_i \end{cases} \quad (9)$$

Menurut Rindengan *et al.* (2013), dalam memformulasikan model FGP diperlukan solusi LP dari setiap fungsi tujuan. Solusi yang diperoleh akan dinotasikan sebagai  $f_i$ . Nilai inilah yang akan menjadi sasaran sebagai batas maksimum atau minimum pada fungsi keanggotaan *fuzzy* setiap tujuan. Maka selanjutnya dapat ditentukan oleh pengambil keputusan batasan toleransi yang diharapkan dan akan dinotasikan dengan  $L_i$  sebagai batas bawah dan  $U_i$  sebagai batas atas. Gambar 5 menunjukkan fungsi keanggotaan *fuzzy* pada kasus ini.



Gambar 5 Bentuk fungsi keanggotaan *fuzzy*

## 2.8 Pendekatan *max-min* Bellman-Zadeh

Bellman dan Zadeh (1970) menyatakan bahwa suatu keputusan *fuzzy* merupakan himpunan *fuzzy* dari alternatif-alternatif yang dihasilkan oleh irisan (interseksi) antara tujuan dan kendala. Bila  $D$  adalah keputusan,  $G$  adalah tujuan *fuzzy*, dan  $C$  adalah kendala *fuzzy*, maka hubungan ketiganya adalah:

$$D = G \cap C \quad (10)$$

dengan fungsi keanggotaan:

$$\mu_D(x) = \min[\mu_G(x), \mu_C(x)]$$

keputusan optimal dapat ditentukan sebagai derajat maksimum dari keanggotaan untuk keputusan *fuzzy*:

$$\max \mu_D(x) = \max\{\min[\mu_G(x), \mu_C(x)]\} \quad (11)$$

Misalkan  $\lambda$  merepresentasikan tujuan dan kendala *fuzzy* dengan tingkat kepuasan dari seluruh fungsi keanggotaan. Model FGP dengan pendekatan *max-min* Bellman-Zadeh dapat diformulasikan sebagai berikut (Masoud *et al.* 2019):

Tentukan  $x$  yang memaksimalkan

$$\lambda \quad (12)$$

dengan kendala

$$\begin{aligned} \mu_{F_i}(x) &\geq \lambda \\ Ax &\leq b, x \geq 0 \end{aligned}$$

dimana

$\mu_{F_i}(x)$  = fungsi keanggotaan tujuan ke- $i$

$A$  = matriks koefisien untuk menghasilkan satu variabel keputusan

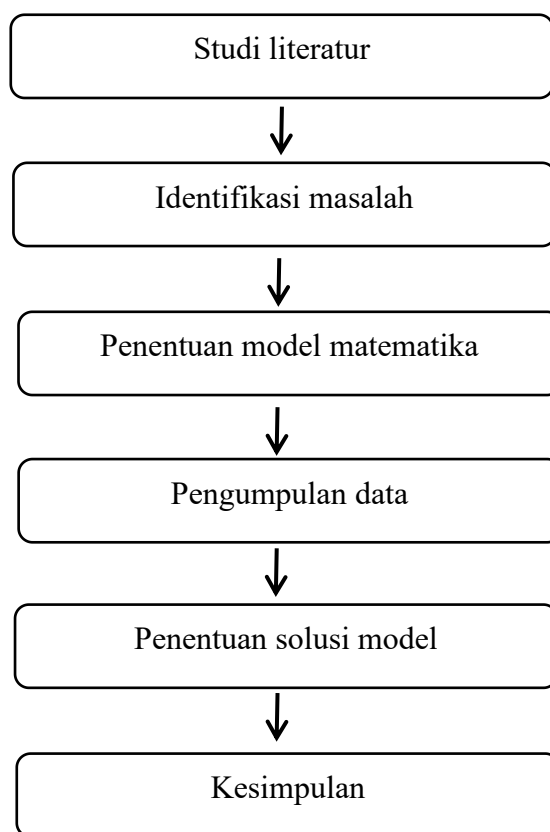
$b$  = vektor kolom sisi kanan kendala

Semakin besar nilai  $\lambda$  maka nilai keanggotaan *fuzzy* untuk setiap fungsi tujuan akan semakin besar, sehingga solusi yang diperoleh akan mendekati nilai optimal (Ertugrul dan Gunes 2007).



### III METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan jenis penelitian berupa studi literatur, yaitu serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengolah bahan penelitian. Berikut Gambar 6 yang menunjukkan tahapan penelitian yang dilakukan oleh penulis:



Gambar 6 Tahapan penelitian

Tahapan pertama yang dilakukan penulis adalah studi literatur, studi literatur dilakukan untuk mencari berbagai informasi mengenai masalah penentuan jumlah pengiriman armada bus dan mempelajari metode yang akan digunakan dalam penyelesaian masalah tersebut. Tahap yang kedua yaitu identifikasi masalah, yaitu tahapan yang dilakukan untuk meningkatkan pemahaman tentang masalah penentuan jumlah pengiriman armada bus dengan metode yang digunakan agar dapat memberikan hasil optimal sesuai dengan yang diharapkan. Dilanjut ke tahap yang ketiga yaitu penyusunan model matematika, tahap ini meliputi penetapan variabel keputusan, fungsi tujuan, dan kendala dalam masalah penentuan jumlah pengiriman armada bus dengan mempertimbangkan lebih dari satu tujuan. Lalu akan dilakukan penetapan fungsi keanggotaan *fuzzy* pada setiap fungsi tujuan dan mengontruksi model dengan pendekatan max-min Bellman-Zadeh.

Selanjutnya, untuk tahap keempat adalah pengumpulan data, pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data-data yang akan mendukung penelitian. Data yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari PT transportasi Jakarta dan *Google Maps*

2023. Data yang bersumber dari PT TransJakarta diperoleh dengan mengambil informasi dari laman resmi PT TransJakarta dan wawancara dengan petugas bagian pengendalian serta pramudi bus. Berikutnya ttahap kelima adalah penentuan solusi model, tahapan ini dilakukan setelah masalah diformulasikan dalam bentuk model matematika dan data-data yang diperlukan sudah tersedia semua. Penentuan solusi model dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* LINGO 19.0. Dan tahapan keenam atau tahapan terakhir adalah kesimpulan, pada tahap ini penulis menyimpulkan hasil akhir dari penelitian secara singkat dan informatif.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University







## IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Deskripsi Masalah

Bus TransJakarta merupakan salah satu transportasi umum yang sangat familiar bagi warga Jakarta. Selain karena efektif dan efisien, harga tiket TransJakarta pun sangat terjangkau. Menurut Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi PT TransJakarta (c2018-2019), PT TransJakarta sudah melayani 247 rute yang menyebar ke wilayah Jakarta, Bogor, Tangerang, dan Bekasi sejak tahun 2019.

PT TransJakarta memiliki Standar Pelayanan Minimal, selanjutnya disingkat SPM, yang diatur dalam Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 33 Tahun 2017, sebagai landasan dalam melakukan pelayanan untuk meningkatkan kualitas dan menjamin mutu pelayanan, serta memenuhi permintaan dan kebutuhan penumpang. Akan tetapi, berdasarkan pengamatan secara langsung di lapangan, masih sering terjadinya penumpukan penumpang, pada waktu sibuk, baik di halte maupun di dalam bus. Dan begitu pula sebaliknya, banyak armada bus yang masih kosong pada waktu non sibuk. Oleh karena itu, permasalahan tersebut dapat diatasi dengan memecah jam operasional bus selama satu hari menjadi beberapa partisi waktu. Penggunaan partisi ini dapat membantu mengatasi *demand* penumpang yang berbeda-beda.

Untuk membatasi permasalahan, terdapat beberapa asumsi yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

1. setiap bus dapat beroperasi lebih dari satu perjalanan dalam satu hari,
2. satu rit bus didefinisikan sebagai perjalanan bus dari titik pemberangkatan awal ke titik pemberangkatan akhir lalu kembali ke titik pemberangkatan awal (satu rit = awal  $\rightarrow$  akhir  $\rightarrow$  awal),
3. seluruh halte beroperasi (tidak ada halte yang sedang direvitalisasi), sehingga bus berhenti di seluruh halte,
4. tidak ada penumpang yang tidak terangkut bus,
5. waktu kedatangan penumpang adalah acak, dan
6. jenis bus homogen, sehingga kapasitas bus adalah sama.

### 4.2 Formulasi Masalah

Didefinisikan indeks, himpunan, parameter dan variabel keputusan sebagai berikut :

#### Indeks dan Himpunan

$p \in M$  = partisi waktu  $p$  dari himpunan partisi waktu  $M$ ,  $M = 1, 2, \dots, m$   
 $h \in N$  = halte  $h$  dari himpunan halte  $N$ ,  $N = 1, 2, \dots, n$

#### Variabel Keputusan

$B_p$  = banyaknya bus pada partisi waktu  $p$   
 $PN_{p,h}$  = banyaknya penumpang dalam bus di halte  $h$  pada partisi waktu  $p$   
 $KT_p$  = kapasitas total bus yang beroperasi pada partisi waktu  $p$



- $KB_{p,h}$  = kapasitas yang tersedia di dalam bus di halte  $h$  pada partisi waktu  $p$  sebelum penumpang naik
- $KS_{p,h}$  = kapasitas yang tersedia di dalam bus di halte  $h$  pada partisi waktu  $p$  sesudah penumpang naik

### Parameter

- $PNN_{p,h}$  = banyaknya penumpang yang naik di halte  $h$  pada partisi waktu  $p$
- $PNT_{p,h}$  = banyaknya penumpang yang turun di halte  $h$  pada partisi waktu  $p$
- $W_p$  = selang waktu pada partisi  $p$
- $K$  = kapasitas setiap bus dalam satuan penumpang
- $L$  = total pemasukan yang diperoleh
- $J$  = jarak tempuh bus
- $C$  = biaya operasional bus (Rp/km)
- $x$  = koefisien biaya waktu tunggu penumpang per jam

### Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan pada penelitian kali ini adalah memaksimalkan keuntungan dan meminimumkan biaya kerugian waktu tunggu penumpang.

1. Keuntungan didefinisikan dengan total pemasukan yang diperoleh dikurangi dengan biaya operasional bus. Fungsi tujuan untuk memaksimalkan keuntungan dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$\text{Maks } F_1(B_p) = L - \sum_{p \in M} C \cdot J \cdot B_p. \quad (13)$$

2. Fungsi tujuan untuk meminimumkan biaya kerugian waktu tunggu penumpang dapat didefinisikan dengan rata-rata koefisien biaya waktu tunggu penumpang dikali dengan *headway* bus (Narienda 2009 dalam Suwarno dan Nahdalina 2019).

$$\text{Min } F_2(B_p) = \frac{x}{2} \sum_{p \in M} \frac{W_p}{B_p}. \quad (14)$$

### Kendala

1. Banyaknya penumpang di dalam bus di halte pertama pada partisi waktu  $p$  sama dengan banyaknya penumpang yang naik di halte pertama pada partisi waktu  $p$ .

$$PN_{p,1} = PNN_{p,1}, p = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

2. Banyaknya penumpang dalam bus di halte berikutnya pada partisi waktu  $p$  didefinisikan sebagai banyaknya penumpang dalam bus di halte sebelumnya ditambah banyaknya penumpang yang naik bus dikurangi dengan banyaknya penumpang yang turun di halte berikutnya.

$$PN_{p,h+1} = PN_{p,h} + PNN_{p,h+1} - PNT_{p,h+1}, p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n-1 \quad (16)$$

3. Kapasitas total bus pada partisi waktu  $p$  didefinisikan sebagai perkalian antara kapasitas setiap bus dengan jumlah bus pada partisi waktu  $p$ .

$$KT_p = K \cdot B_p, p = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

4. Kapasitas yang tersedia dalam bus di halte pertama pada partisi waktu  $p$  sebelum penumpang naik sama dengan kapasitas total bus pada partisi waktu  $p$ .

$$KB_{p,1} = KT_p, p = 1, 2, \dots, m \quad (18)$$

5. Jumlah kapasitas yang tersedia dalam bus di halte berikutnya pada partisi waktu  $p$  sebelum penumpang naik merupakan kapasitas total bus pada partisi waktu  $p$  dikurangi dengan banyaknya penumpang dalam bus dari halte sebelumnya pada partisi waktu  $p$  ditambah banyaknya penumpang yang turun di halte berikutnya pada partisi waktu  $p$ .

$$KB_{p,h+1} = KT_p - PN_{p,h} + PNT_{p,h+1}, p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n - 1 \quad (19)$$

6. Kapasitas yang tersedia dalam bus di halte pertama pada partisi waktu  $p$  sebelum penumpang naik harus lebih besar atau sama dengan banyaknya penumpang yang naik pada partisi waktu  $p$ .

$$KB_{p,1} \geq PNN_{p,h}, p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n \quad (20)$$

7. Kapasitas yang tersedia dalam bus di halte  $h$  pada partisi waktu  $p$  sesudah penumpang naik didefinisikan sebagai selisih antara kapasitas yang tersedia dalam bus di halte  $h$  pada partisi waktu  $p$  sebelum penumpang naik dengan banyaknya penumpang yang naik di halte  $h$  pada partisi waktu  $p$ .

$$KS_{p,h} = KB_{p,h} - PNN_{p,h}, p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n \quad (21)$$

8. Kendala ketaknegatifan dan *integer*

$$PN_{p,h}, KB_{p,h}, KS_{p,h} \in \mathbb{Z}^+, p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n$$

$$B_p, KT_p \in \mathbb{Z}^+, p = 1, 2, \dots, m$$

Selanjutnya akan dicari solusi optimal dari setiap fungsi tujuan. Didefinisikan bahwa  $L_1$  merupakan bahwa batas bawah untuk fungsi tujuan yang ingin dimaksimumkan dan  $U_2$  merupakan batas atas untuk fungsi tujuan yang ingin diminimumkan, maka diperoleh fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk setiap fungsi tujuan yang diformulasikan sebagai berikut:

1. Fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk fungsi tujuan memaksimumkan keuntungan dinyatakan dengan  $\alpha$  seperti berikut

$$\alpha(B_p) = \begin{cases} 1, & F_1(B_p) \geq f_{1\max} \\ \frac{F_1(B_p) - L_1}{f_{1\max} - L_1}, & L_1 \leq F_1(B_p) \leq f_{1\max} \\ 0, & F_1(B_p) \leq L_1 \end{cases} \quad (22)$$

2. Fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk fungsi tujuan meminimumkan biaya kerugian waktu tunggu dinyatakan dengan  $\beta$  seperti berikut

$$\beta(B_p) = \begin{cases} 1, & F_2(B_p) \leq f_{2 \min} \\ \frac{U_2 - F_2(B_p)}{U_2 - f_{2 \min}}, & f_{2 \min} \leq F_2(B_p) \leq U_2 \\ 0, & F_2(B_p) \geq U_2 \end{cases} \quad (23)$$

Berikutnya model FGP dan fungsi keanggotaan *fuzzy* di atas dapat diselesaikan dengan pendekatan *max-min* Bellman-Zadeh dengan melibatkan variabel bantu  $\lambda$  dalam bentuk formulasi sebagai berikut:

fungsi tujuan:

$$\max \lambda \quad (24)$$

kendala tujuan:

1.  $\lambda \geq \alpha(B_p)$   
 $\lambda \geq \frac{F_1(B_p) - L_1}{f_{1 \max} - L_1}$
2.  $\lambda \leq \beta(B_p)$   
 $\lambda \leq \frac{U_2 - F_2(B_p)}{U_2 - f_{2 \min}}$
3.  $0 \leq \lambda \leq 1$
4.  $PN_{p,1} = PNN_{p,1} \quad p = 1, 2, \dots, m$
5.  $PN_{p,h+1} = PN_{p,h} + PNN_{p,h+1} - PNT_{p,h+1} \quad p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n-1$
6.  $KT_p = K \cdot B_p \quad p = 1, 2, \dots, m$
7.  $KB_{p,1} = KT_p \quad p = 1, 2, \dots, m$
8.  $KB_{p,h+1} = KT_p - PN_{p,h} + PNT_{p,h+1} \quad p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n-1$
9.  $KB_{p,1} \geq PNN_{p,h} \quad p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n$
10.  $KS_{p,h} = KB_{p,h} - PNN_{p,h} \quad p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n$
11.  $PN_{p,h}, KB_{p,h}, KS_{p,h} \in \mathbb{Z}^+ \quad p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n$   
 $B_p, KT_p \in \mathbb{Z}^+ \quad p = 1, 2, \dots, m$

### 4.3 Implementasi Model

Ruang lingkup data penelitian ini hanya dibatasi pada koridor 8 rute Lebak Bulus-Harmoni Sentral. Gambar 7 menunjukkan peta rute di koridor 8.



Gambar 7 Peta rute TransJakarta koridor 8

Data penelitian bersumber dari PT Transportasi Jakarta, *Google Maps* 2023, dan pengamatan secara langsung di lapangan. Data yang bersumber dari PT Transportasi Jakarta diperoleh dengan mengambil informasi pada laman resmi PT Transportasi Jakarta. Data yang meliputi rata-rata banyaknya penumpang, jumlah kapasitas bus, dan jumlah bus yang beroperasi, diperoleh dari hasil wawancara dengan petugas PT TransJakarta khususnya bagian pengendalian pada tanggal 11 April 2022. Jarak antar halte pada koridor 8, penulis mengacu pada data *Google Maps* 2023. Berikut merupakan data yang diperoleh untuk penentuan jumlah bus:

1. Jumlah total halte yang dilalui bus TransJakarta untuk satu perjalanan dari halte awal-halte akhir-halte awal adalah sebanyak 37 halte.
2. Berdasarkan waktu sibuk dan waktu non sibuk beserta dengan sebaran rata-rata banyaknya penumpang, penulis membagi partisi waktu menjadi 7 bagian, yaitu pukul 05.00-06.30, 06.30-08.30, 08.30-11.00, 11.00-13.30, 13.30-16.00, 16.00-18.30, dan 18.30-22.00.
3. Waktu operasional bus TransJakarta dimulai pada pukul 05.00 - 22.00 WIB dengan pembagian partisi waktu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pembagian partisi waktu pengiriman bus

No	Partisi waktu	
1	05:00	06:30
2	06:30	08:30
3	08:30	11:00
4	11:00	13:30
5	13:30	16:00
6	16:00	18:30
7	18:30	22:00

4. Karena keterbatasan data yang diperoleh peneliti dari PT. TransJakarta, data penumpang yang turun dan naik pada setiap halte merupakan data perkiraan atau data hipotetik.
5. Kapasitas bus TransJakarta adalah sebanyak 50 orang.
6. Total biaya pemasukan yang diperoleh yaitu total keseluruhan penumpang sebesar 17.573 dikali dengan harga tiket sebesar Rp3500,00.
7. Rit didefinisikan sebagai perjalanan dari titik awal ke titik akhir, lalu kembali ke titik awal. Jarak tempuh koridor 8 adalah 70 km, dihitung menggunakan bantuan *Google Maps* 2023.
8. Biaya operasional bus yang dibutuhkan untuk setiap rit diperoleh dari mengalikan biaya operasional bus per kilometer dengan jarak tempuh per rit. Biaya operasional bus per kilometernya adalah sebesar Rp11.100,00/km. Maka, biaya operasional bus yang dibutuhkan untuk setiap rit adalah Rp777.000,00.
9. Koefisien biaya waktu tunggu penumpang ditetapkan dari standar upah per jam kerja penduduk setempat (Li *et al.* 2022). Menurut data BPS tahun 2022 diperoleh upah rata-rata per jam kerja Provinsi DKI Jakarta adalah sebesar Rp32.685,00.

#### 4.3.1 Formulasi Model dan Solusinya

Formulasi model untuk penyelesaian masalah penentuan jumlah pengiriman optimal bus TransJakarta pada koridor 8 untuk setiap partisi waktu dapat dilihat sebagai berikut:

Fungsi tujuan:

1. Fungsi tujuan pertama (memaksimumkan keuntungan)

$$\text{Maks } F_1(B_p) = 61.505.500 - \sum_{p \in M} 11.100 \cdot 70 \cdot B_p \quad (25)$$

2. Fungsi tujuan kedua (meminimumkan biaya kerugian waktu tunggu penumpang)

$$\text{Min } F_2(B_p) = \frac{32685}{2} \sum_{p \in M} \frac{W_p}{B_p} \quad (26)$$

dengan kendala:

1.  $PN_{p,1} = PNN_{p,1}$   $p = 1, 2, \dots, m$
2.  $PN_{p,h+1} = PN_{p,h} + PNN_{p,h+1} - PNT_{p,h+1}$   $p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n - 1$
3.  $KT_p = 50 \cdot B_p$   $p = 1, 2, \dots, m$
4.  $KB_{p,1} = KT_p$   $p = 1, 2, \dots, m$



5.  $KB_{p,h+1} = KT_p - PN_{p,h} + PNT_{p,h+1}$   $p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n - 1$
6.  $KB_{p,1} \geq PNN_{p,h}$   $p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n$
7.  $KS_{p,h} = KB_{p,h} - PNN_{p,h}$   $p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n$
8.  $PN_{p,h}, KB_{p,h}, KS_{p,h} \in \mathbb{Z}^+$   $p = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, n$   
 $B_p, KT_p \in \mathbb{Z}^+$   $p = 1, 2, \dots, m$

Solusi optimal yang dihasilkan dari masalah di atas dengan bantuan *software* LINGO 19.0 yaitu untuk  $F_1 = \text{Rp } 35.864.500$  dan  $F_2 = \text{Rp } 66.391,41$ , detail perhitungan terdapat pada Lampiran 3. Solusi kemudian digunakan sebagai dasar pembentukan fungsi keanggotaan *fuzzy*

Hasil solusi optimal dari fungsi tujuan yang diperoleh sebelumnya ditetapkan oleh pembuat keputusan sebagai nilai aspirasi untuk setiap fungsi tujuan. Maka ditentukan batas-batas toleransi untuk setiap fungsi tujuan sebagai berikut:

- keuntungan bus terendah yang dihasilkan adalah sebesar  $L_1 = \text{Rp. } 35.000.000$
- biaya waktu tunggu penumpang tertinggi adalah sebesar  $U_2 = \text{Rp. } 70.000$

#### 4.3.2 Formulasi Fungsi Keanggotaan *Fuzzy* untuk Setiap Fungsi Tujuan

Fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk setiap fungsi tujuan dapat diformulasikan sebagai berikut.

1. Fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk fungsi tujuan memaksimumkan keuntungan bus

$$\alpha(B_p) = \begin{cases} 1, & F_1(B_p) \geq 35.864.500 \\ \frac{F_1(B_p) - 35.000.000}{35.864.500 - 35.000.000}, & 35.000.000 \leq F_1(B_p) \leq 35.864.500 \\ 0, & F_1(B_p) \leq 35.000.000 \end{cases} \quad (27)$$

2. Fungsi kenggotaan *fuzzy* untuk fungsi tujuan meminimumkan biaya kerugian waktu tunggu penumpang

$$\beta(B_p) = \begin{cases} 1, & F_2(B_p) \leq 66.391,41 \\ \frac{70.000 - F_2(B_p)}{70.000 - 66.391,41}, & 66.391,41 \leq F_2(B_p) \leq 70.000 \\ 0, & F_2(B_p) \geq 70.000 \end{cases} \quad (28)$$

Selanjutnya, model FGP untuk penentuan jumlah optimal bus TransJakarta yang akan dikirimkan koridor 8 untuk setiap partisi waktu dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$\text{maksimumkan } \lambda \quad (29)$$

dengan kendala:

1.  $\lambda \geq \alpha(B_p)$   
 $\lambda \geq \frac{F_1(B_p) - 35.000.000}{35.864.500 - 35.000.000}$
2.  $\lambda \leq \beta(B_p)$

$$\lambda \leq \frac{70.000 - F_2(B_p)}{70.000 - 66.391,41}$$

3.  $0 \leq \lambda \leq 1$
4.  $PN_{p,1} = PNN_{p,1} \quad p = 1,2, \dots, 7$
5.  $PN_{p,h+1} = PN_{p,h} + PNN_{p,h+1} - PNT_{p,h+1} \quad p = 1,2, \dots, 7; h = 1,2, \dots, 36$
6.  $KT_p = 50 \cdot B_p \quad p = 1,2, \dots, 7$
7.  $KB_{p,1} = KT_p \quad p = 1,2, \dots, 7$
8.  $KB_{p,h+1} = KT_p - PN_{p,h} + PNT_{w,h+1} \quad p = 1,2, \dots, 7; h = 1,2, \dots, 36$
9.  $KB_{p,1} \geq PNN_{w,h} \quad p = 1,2, \dots, 7; h = 1,2, \dots, 37$
10.  $KS_{p,h} = KB_{p,h} - PNN_{p,h} \quad p = 1,2, \dots, 7; h = 1,2, \dots, 37$
11.  $PN_{p,h}, KB_{p,h}, KS_{p,h} \in \mathbb{Z}^+ \quad p = 1,2, \dots, 7; h = 1,2, \dots, 37$
12.  $B_p, KT_p \in \mathbb{Z}^+ \quad p = 1,2, \dots, 7$

#### 4.3.3 Penentuan Jumlah Optimal Bus TransJakarta Koridor 8

Hasil yang diperoleh menggunakan bantuan *software* LINGO 19.0 untuk penyelesaian masalah FGP dengan pendekatan Operator Min Bellman-Zadeh dengan detail hasil dapat dilihat pada Lampiran 5 merupakan jumlah optimal bus TransJakarta yang akan dikirimkan koridor 8 untuk setiap partisi waktu. Tabel 2 menunjukkan jumlah optimal bus setiap partisi waktunya.

Tabel 2 Jumlah optimal pengiriman bus Tranjakarta koridor 8 untuk setiap partisi waktu dengan model FGP

No	Partisi waktu	Jumlah bus
1	05:00-06:30	4
2	06:30-08:30	6
3	08:30-11:00	4
4	11:00-13.30	4
5	13:30-16:00	4
6	16:00-18:30	8
7	18:30-22:00	3

Berdasarkan tabel 2 maka diperoleh jumlah armada bus TransJakarta koridor 8 yang dapat dikirimkan untuk setiap partisi waktu untuk waktu sibuk dan non sibuk. Dengan mensubstitusikan solusi pada masing-masing fungsi tujuan dan fungsi keanggotaan *fuzzy* maka diperoleh hasil model FGP dan fungsi keanggotaan *fuzzy* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Interpretasi hasil model FGP

Fungsi tujuan	Hasil FGP	Fungsi keanggotaan Fuzzy
1	35.864.500	0,9999983
2	66.391,41	0,9999983

Dengan nilai keanggotaan *fuzzy* untuk setiap fungsi tujuan bernilai 0,9999983, maka setiap fungsi tujuan berhasil tercapai dan keinginan pengambil keputusan terpenuhi.



Dengan keuntungan yang diperoleh sebesar Rp35.864.500,00 dan biaya waktu tunggu penumpang sebesar Rp66.391,41.

#### 4.3.4 Jadwal Keberangkatan Bus pada Setiap Partisi Waktu

Pada Tabel 4 penulis akan membuat jadwal keberangkatan masing-masing bus TransJakarta pada setiap partisi waktu yang didapat dari membagi lama selang waktu pada partisi waktu tertentu dengan banyaknya jumlah bus yang beroperasi pada partisi waktu tertentu tersebut.

Tabel 4 Jadwal keberangkatan bus TransJakarta pada setiap partisi waktu

No	Partisi waktu	Bus ke- <i>i</i>	Waktu keberangkatan
1	05:00-06:30	1	05:00
		2	05:22
		3	05:45
		4	06:07
2	06:30-08:30	1	06:30
		2	06:50
		3	07:10
		4	07:30
		5	07:50
		6	08:10
3	08:30-11:00	1	08:30
		2	09:07
		3	09:45
		4	10:22
4	11:00-13.30	1	11:00
		2	11:37
		3	12:15
		4	12:52
5	13:30-16:00	1	13:30
		2	14:07
		3	14:45
		4	15:22
6	16:00-18:30	1	16:00
		2	16:18
		3	16:37
		4	16:56
		5	17:15
		6	17:34
		7	17:53
		8	18:12
7	18:30-22:00	1	18:30
		2	19:40
		3	21:50



## V SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Pada karya ilmiah ini, ditunjukkan bahwa permasalahan optimasi dengan lebih dari satu fungsi tujuan dapat dimodelkan sebagai FGP. Logika *fuzzy* yang menjadi dasar pengembangan FGP, mampu mengatasi ketidakpastian yang terjadi. Model FGP tersebut dapat diselesaikan dengan pendekatan *max-min* Bellman-Zadeh dan penyelesaiannya dibantu menggunakan *software* LINGO 19.0. Mengambil contoh kasus operasional bus TransJakarta koridor 8, hasil implementasi model menunjukkan bahwa jumlah armada bus yang optimal pada partisi waktu 1 sampai 7 berturut-turut adalah sebanyak 4, 6, 4, 4, 4, 8, dan 3 bus. Dengan perolehan nilai *fuzzy* setiap fungsi tujuan yaitu  $\lambda_1 = 0,9999983$  dan  $\lambda_2 = 0,9999983$ , maka implementasi model tersebut dapat membantu pembuat keputusan dalam menentukan jumlah armada bus TransJakarta koridor 8 yang akan dikirimkan agar dapat memaksimumkan keuntungan dan meminimumkan biaya kerugian waktu tunggu penumpang.

### 5.2 Saran

Pada karya ilmiah ini, terdapat beberapa data hipotetik yang digunakan, seperti sebaran rata-rata banyaknya penumpang yang naik dan turun di setiap haltenya. Saran untuk penulisan karya ilmiah selanjutnya adalah penggunaan data yang *real*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bellman, RE & Zadeh, LA. 1970. Decision making in a fuzzy environment. *Management Science*. 17:141-164. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.17.4.B141>.
- Bhargava AK, Singh SR, Bansal D. 2015. Fuzzy goal programming techniques for production planning in industry. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*. 4(2): 92-96.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2023. Upah rata-rata per jam pekerja menurut provinsi (rupiah/jam) 2021-2022, Indonesia 2023 [internet]. [diakses 2024 Mar 15]. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTE3MiMy/upah-rata---rata-per-jam-pekerja-menurut-provinsi.html>.
- Ertugrul I, Gunes M. 2007. Fuzzy goal programming and an application of production process. Di dalam: Melin P, Castillo O, Ramirez EG, Kacprzyk J, Pedrycz W, editor. *Avances in Soft Computing: Analysis and Design of Intelligent Systems using Soft Computing Techniques*. New York (NY): Springer Berlin Heidelberg. Hlm 649-659. doi:10.1007/978-3-540-72432-2.
- [ITDP] Institute for Transportation and Development Policy. 2007. *Bus Rapid Transit Guide Planning*. [diakses 2022 Jun 12]. [https://nacto.org/docs/usdg.brt\\_guide\\_itdp.pdf](https://nacto.org/docs/usdg.brt_guide_itdp.pdf).
- Kara Y, Paksoy T, Chang CT. 2008. Binary Fuzzy Goal Programming approach to single model straight and U-shaped assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*. 195(2): 335-347. doi:10.1016/j.ejor.2008.01.003.
- Kusumadewi S, Purnomo H. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*. Yogyakarta (ID): Graha Ilmu.
- Li D, Liu B, Jiao F, Song Z, Zhao P, Wang X, Sun F. 2022. Optimization method of combined multi-mode bus scheduling under unbalanced conditions. *Sustainability*. 14(15839):1-18.
- Limantara AD, Krisnawati LD, Winardi S, Mudjarnako SW. 2017. Solusi pengawasan kebijakan mengatasi kemacetan jalan dan parkir kota berbasis internet cerdas. Di dalam: Cholissodin I, Herlambang AD, Mariana DO, Ardana NG, editor. *Rekayasa Teknologi Informasi untuk Teknologi Ramah Lingkungan dan Lingkungan yang Berkelanjutan*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa Informasi (SENTRIN) 2017; 2017 Nov 24-25; Batu, Indonesia. Malang: Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya. hlm 1-6; [diakses 2022 Mar 09]. [http://file-filkom.ub.ac.id/fileupload/assets/upload/file/PTIIK/jurnal/2017030046/2018-06/IN/DR00001201806\\_FIN.pdf](http://file-filkom.ub.ac.id/fileupload/assets/upload/file/PTIIK/jurnal/2017030046/2018-06/IN/DR00001201806_FIN.pdf)
- Luenberger DG dan Ye Y. 2008. *Linear and nonlinear programming 3<sup>rd</sup> Edition*. New York (USA): Springer Science and Business Media. doi: 10.1007/978-0-387-74503-9.
- Masoud M, Khalifa HA, Liu SQ, Elhenawy M, Wu P. 2019. A fuzzy goal programming approach for solving fuzzy multi-objective stochastic linear programming problem. Di dalam: Zheng, feifeng, Chu, Feng, Liu, Ming(Eds.) *Proceedings of the 2019 International Conference on Industrial Engineering and System Management; IESM 2019*. United State of America: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. hlm 1-6; [diakses 2023 Feb 15].
- Taufiq M, Affandy A, dan Marjuni A. 2017. Fuzzy Goal Programming Untuk Pembobotan Analytical Hierarchy Process Pada Penentuan Penerima Bantuan Siswa Miskin. *Cyberku Journal*, vol. 13, no. 2, pp. 5-5.

- [Pergub] Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 33 Tahun 2017 Tentang Standar Pelayanan Minimal Layanan Angkutan Umum TransJakarta. 2017.
- [PPIDTJ] Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi PT Transportasi Jakarta. c2018-2019. Pertumbuhan Rute dan Pelanggan TransJakarta Tahun 2017-2019 [Internet]. [diakses 2022 Jun 12]. <https://ppid.TransJakarta.co.id/lihat/20200910154558>.
- Rindengan AJ, Supriyo PT, Kustiyo A. 2012. Model fuzzy goal programming yang diselesaikan dengan linear programming pada perencanaan produksi. *Jurnal d'Cartesian*. 2(2):26. <https://doi.org/10.35799/dc.2.2.2013.3236>.
- Siswanto. 2007. *Operations Research* jilid 1. Jakarta (ID): Erlangga.
- Sitinjak TJR. 2006. *Riset Operasi Untuk Pengambilan Keputusan Manajerial*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Stapleton DM, Hanna JB, & Markussen D. 2003. Marketing Strategy Optimization: Using Linear Programming to Establish an Optimal Marketing Mixture. *American Business Review*. 21(2): 54-62.
- Suwarno N, Nahdalina. 2019. Optimasi jumlah armada busway koridor 7 dengan biaya minimum penggunaan jasa. *Jurnal Ilmiah Desain dan Konstruksi*. 18(1):80-91.
- Taha HA. 2007. *Operations Research an Introduction*. Ed ke-8. New Jersey (US): Prentice Hall.
- [TransJakarta] PT Transportasi Jakarta. c2016. Peta Per Rute [Internet]. [diakses 2022 Apr 05]. <https://TransJakarta.co.id/peta-rute/>.
- [TransJakarta] PT Transportasi Jakarta. c2016. Sekilas Sejarah PT Transportasi Jakarta [Internet]. [diakses 2024 Feb 20]. <https://TransJakarta.co.id/tentang-TransJakarta/sejarah/>.
- Wright L. 2003. *Angkutan Bus Cepat, Transportasi Berkelanjutan: Panduan Bagi Pembuat Kebijakan di Kota-Kota Berkembang*. Miftahuljannah S, penerjemah: Breithaupt M, editor. Germany: Eschborn. Terjemahan dari: *Sustainable Urban Transport Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities*.
- Zulkifli BJ. 2014. Mobilitas penduduk Jakarta sangat bergantung pada mobil pribadi [Internet]. [diunduh 2018 Okt 18]. Tersedia pada: <https://otomotif.kompas.com/read/2014/02/07/1839185/Mobilitas>.

## LAMPIRAN

Lampiran 1 Jumlah penumpang yang naik di setiap halte untuk setiap partisi waktu

Halte (h)	Partisi waktu (p)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	118	266	146	157	147	320	86
2	72	134	86	99	79	171	53
3	49	86	66	68	68	105	30
4	51	97	83	85	77	119	36
5	40	82	53	52	52	97	26
6	30	79	32	56	36	91	15
7	127	177	140	158	148	203	101
8	21	57	33	34	35	65	15
9	34	58	47	47	49	77	25
10	42	81	51	52	53	99	28
11	26	60	39	40	41	80	15
12	19	50	30	32	33	64	14
13	46	75	67	69	69	92	33
14	31	48	38	37	40	59	24
15	128	161	141	145	145	187	97
16	48	63	52	51	53	77	32
17	117	135	124	123	125	152	91
18	52	71	61	63	64	84	34
19	127	159	147	144	148	175	106
20	27	47	32	30	32	56	21
21	105	161	130	142	132	178	80
22	24	50	36	39	38	64	16
23	110	135	121	123	117	166	93
24	29	46	34	37	35	68	21
25	37	58	45	44	46	73	29
26	21	58	28	48	30	77	15
27	15	59	37	42	41	70	13
28	30	70	29	51	32	81	21
29	26	63	41	52	42	75	17
30	24	67	39	57	33	82	20
31	104	134	120	124	120	159	83
32	42	51	49	45	47	58	31
33	50	77	63	65	60	83	36
34	36	49	42	39	41	57	27
35	39	55	46	47	46	61	28
36	27	42	31	38	30	50	23
37	0	0	0	0	0	0	0
Total	1924	3161	2359	2535	2384	3775	1435



Lampiran 2 Jumlah penumpang yang turun di setiap halte untuk setiap partisi waktu

Halte (h)	Partisi waktu (p)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	131	82	98	85	147	47
3	43	98	52	67	58	95	29
4	36	117	81	80	82	100	25
5	72	93	77	75	78	98	51
6	57	98	66	77	67	79	38
7	136	182	153	168	155	294	97
8	27	76	35	46	37	62	22
9	30	70	42	43	44	77	23
10	39	87	55	58	59	63	30
11	33	67	39	40	42	66	23
12	33	58	40	44	41	47	20
13	60	75	64	72	66	78	42
14	34	50	40	41	42	57	25
15	122	147	128	125	129	223	89
16	40	52	46	47	47	60	27
17	128	156	134	133	135	193	100
18	49	79	53	55	53	73	33
19	111	147	126	122	128	238	92
20	28	47	33	30	33	61	15
21	103	158	121	137	120	203	77
22	24	52	38	39	38	58	15
23	95	162	126	141	123	208	82
24	31	55	34	48	36	71	23
25	33	59	45	49	45	79	26
26	34	67	53	51	50	82	25
27	28	64	43	50	39	70	21
28	32	62	42	66	41	57	25
29	31	78	48	50	42	91	22
30	37	55	42	43	43	78	28
31	99	159	122	133	121	214	77
32	37	50	46	44	45	68	30
33	51	66	55	58	54	77	40
34	35	45	38	37	40	59	26
35	42	52	47	44	47	58	30
36	35	46	37	39	38	60	27
37	39	101	76	85	81	131	33
Total	1924	3161	2359	2535	2384	3775	1435

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Lampiran 3 *Syntax* dan *Output* program LINGO 19.0

## Fungsi tujuan pertama

```

MODEL:
SETS:
PARTISI/1..7/:KTP,Bp;
HALTE/1..37/;;
LINK(PARTISI,HALTE):PNNph,PNTph,PNph,KBph,KSph;
ENDSETS
!fungsi tujuan;
MAX=61505500-@SUM(PARTISI(P):11100*70*Bp(P));

!kendala;
!1;
@FOR(LINK(P,H):PNph(P,1)=PNNph(P,1));
!2;
@FOR(LINK(P,H)|H#LE#36:PNph(P,H+1)=PNph(P,H)+PNNph(P,H+1)-PNTph(P,H+1));
!3;
@FOR(PARTISI(P):KTP(P)=50*Bp(P));
!4;
@FOR(LINK(P,H):KBph(P,1)=KTP(P));
!5;
@FOR(LINK(P,H)|H#LE#36:KBph(P,H+1)=KTP(P)-PNph(P,H)+PNTph(P,H+1));
!6;
@FOR(LINK(P,H):KBph(P,1)>=PNNph(P,H));
!7;
@FOR(LINK(P,H):KSph(P,H)=KBph(P,H)-PNNph(P,H));
!8;
@FOR(LINK(P,H):@GIN(PNph(P,H)));
@FOR(LINK(P,H):@GIN(KBph(P,H)));
@FOR(LINK(P,H):@GIN(KSph(P,H)));
@FOR(PARTISI(P):@GIN(KTP(P)));
@FOR(PARTISI(P):@GIN(Bp(P)));
@FOR(LINK(P,H):PNph(P,H)>=0);
@FOR(LINK(P,H):KBph(P,H)>=0);
@FOR(LINK(P,H):KSph(P,H)>0);
@FOR(PARTISI(P):KTP(P)>=0);
@FOR(PARTISI(P):Bp(P)>=0);

Data:
PNNph=@ole("C:\Users\hanii\OneDrive\Documents\SKRIPSI\Data PNNph PNTph
Transjakarta.xlsx");
PNTph=@ole("C:\Users\hanii\OneDrive\Documents\SKRIPSI\Data PNNph PNTph
Transjakarta.xlsx");
enddata

```



## Lampiran 3 (Lanjutan)

Lingo 19.0 Solver Status [Lingo1]

<b>Solver Status</b> Model Class: <b>PILP</b> State: <b>Global Opt</b> Objective: <b>3.58645e+007</b> Infeasibility: <b>0</b> Iterations: <b>0</b>		<b>Variables</b> Total: <b>532</b> Nonlinear: <b>0</b> Integers: <b>532</b>
<b>Extended Solver Status</b> Solver Type: <b>B-and-B</b> Best Obj: <b>3.58645e+007</b> Obj Bound: <b>3.58645e+007</b> Steps: <b>0</b> Active: <b>0</b>		<b>Constraints</b> Total: <b>2080</b> Nonlinear: <b>0</b>
		<b>Nonzeros</b> Total: <b>2352</b> Nonlinear: <b>0</b>
		<b>Generator Memory Used (K)</b> <b>297</b>
		<b>Elapsed Runtime (hh:mm:ss)</b> <b>00:00:00</b>
Update Interval: <b>2</b>		Interrupt Solver <b>Close</b>

Global optimal solution found.

Objective value:	0.3586450E+08
Objective bound:	0.3586450E+08
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	0
Elapsed runtime seconds:	0.32

BP( 1)	4.000000	777000.0
BP( 2)	6.000000	777000.0
BP( 3)	4.000000	777000.0
BP( 4)	4.000000	777000.0
BP( 5)	4.000000	777000.0
BP( 6)	8.000000	777000.0
BP( 7)	3.000000	777000.0

## Lampiran 3 (lanjutan)

## Fungsi tujuan kedua

MODEL:

SETS:

PARTISI/1..7/:KTp,Bp,Wp;

HALTE/1..37/;;

LINK(PARTISI,HALTE):PNNph,PNTph,PNph,KBph,KSph;

ENDSETS

!fungsi tujuan;

MIN=(32685/2)\*(@SUM(PARTISI(P):Wp/Bp(P)));

!kendala;

!1;

@FOR(LINK(P,H):PNph(P,1)=PNNph(P,1));

!2;

@FOR(LINK(P,H)|H#LE#36:PNph(P,H+1)=PNph(P,H)+PNNph(P,H+1)-PNTph(P,H+1));

!3;

@FOR(PARTISI(P):KTp(P)=50\*Bp(P));

!4;

@FOR(LINK(P,H):KBph(P,1)=KTp(P));

!5;

@FOR(LINK(P,H)|H#LE#36:KBph(P,H+1)=KTp(P)-PNph(P,H)+PNTph(P,H+1));

!6;

@FOR(LINK(P,H):KBph(P,1)&gt;=PNNph(P,H));

!7;

@FOR(LINK(P,H):KSph(P,H)=KBph(P,H)-PNNph(P,H));

!8;

@FOR(LINK(P,H):@GIN(PNph(P,H)));

@FOR(LINK(P,H):@GIN(KBph(P,H)));

@FOR(LINK(P,H):@GIN(KSph(P,H)));

@FOR(PARTISI(P):@GIN(KTp(P)));

@FOR(PARTISI(P):@GIN(Bp(P)));

@FOR(LINK(P,H):PNph(P,H)&gt;=0);

@FOR(LINK(P,H):KBph(P,H)&gt;=0);

@FOR(LINK(P,H):KSph(P,H)&gt;0);

@FOR(PARTISI(P):KTp(P)&gt;=0);

@FOR(PARTISI(P):Bp(P)&gt;=0);

Data:

PNNph=@ole("C:\Users\hanii\OneDrive\Documents\SKRIPSI\Data PNNph PNTph Transjakarta.xlsx");

PNTph=@ole("C:\Users\hanii\OneDrive\Documents\SKRIPSI\Data PNNph PNTph Transjakarta.xlsx");

Wp=@ole("C:\Users\hanii\OneDrive\Documents\SKRIPSI\Data PNNph PNTph Transjakarta.xlsx");

enddata

## Lampiran 3 (lanjutan)

Lingo 19.0 Solver Status [Lingo\_OF 2 Bismillah]

Solver Status		Variables	
Model Class:	PINLP	Total:	532
State:	Global Opt	Nonlinear:	7
Objective:	66391.4	Integers:	532
Infeasibility:	0		
Iterations:	4		

Constraints	
Total:	2081
Nonlinear:	1

Nonzeros	
Total:	2359
Nonlinear:	7

Extended Solver Status	
Solver Type:	B-and-B
Best Obj:	66391.4
Obj Bound:	66391.4
Steps:	0
Active:	0

Generator Memory Used (K)	
298	

Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
00:00:00	

Update Interval:

Global optimal solution found.

Objective value:	66391.41
Objective bound:	66391.41
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	4
Elapsed runtime seconds:	0.24

BP ( 1 )	4.000000	0.000000
BP ( 2 )	6.000000	0.000000
BP ( 3 )	4.000000	0.000000
BP ( 4 )	4.000000	0.000000
BP ( 5 )	4.000000	0.000000
BP ( 6 )	8.000000	0.000000
BP ( 7 )	3.000000	0.000000

## Lampiran 4 Data arus penumpang

### Data penumpang di dalam bus

Halte (h)	Partisi waktu (p)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	118	266	146	157	147	320	86
2	130	269	150	158	141	344	92
3	136	257	164	159	151	354	93
4	151	237	166	164	146	373	104
5	119	226	142	141	120	372	79
6	92	207	108	120	89	384	56
7	83	202	95	110	82	293	60
8	77	183	93	98	80	296	53
9	81	171	98	102	85	296	55
10	84	165	94	96	79	332	53
11	77	158	94	96	78	346	45
12	63	150	84	84	70	363	39
13	49	150	87	81	73	377	30
14	46	148	85	77	71	379	29
15	52	162	98	97	87	343	37
16	60	173	104	101	93	360	42
17	49	152	94	91	83	319	33
18	52	144	102	99	94	330	34
19	68	156	123	121	114	267	48
20	67	156	122	121	113	262	54
21	69	159	131	126	125	237	57
22	69	157	129	126	125	243	58
23	84	130	124	108	119	201	69
24	82	121	124	97	118	198	67
25	86	120	124	92	119	192	70
26	73	111	99	89	99	187	60
27	60	106	93	81	101	187	52
28	58	114	80	66	92	211	48
29	53	99	73	68	92	195	43
30	40	111	70	82	82	199	35
31	45	86	68	73	81	144	41
32	50	87	71	74	83	134	42
33	49	98	79	81	89	140	38
34	50	102	83	83	90	138	39
35	47	105	82	86	89	141	37
36	39	101	76	85	81	131	33
37	0	0	0	0	0	0	0

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## Lampiran 4 (lanjutan)

Data kapasitas bus yang tersedia sebelum penumpang naik

Halte (h)	Partisi waktu (p)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	200	300	200	200	200	400	150
2	142	165	136	141	138	227	111
3	113	129	102	109	117	151	87
4	100	160	117	121	131	146	82
5	121	156	111	111	132	125	97
6	138	172	124	136	147	107	109
7	244	275	245	248	266	310	191
8	144	174	140	136	155	169	112
9	153	187	149	145	164	181	120
10	158	216	157	156	174	167	125
11	149	202	145	144	163	134	120
12	156	200	146	148	163	101	125
13	197	225	180	188	196	115	153
14	185	200	153	160	169	80	145
15	276	299	243	248	258	244	210
16	188	190	148	150	160	117	140
17	268	283	230	232	242	233	208
18	200	227	159	164	170	154	150
19	259	303	224	223	234	308	208
20	160	191	110	109	119	194	117
21	236	302	199	216	207	341	173
22	155	193	107	113	113	221	108
23	226	305	197	215	198	365	174
24	147	225	110	140	117	270	104
25	151	238	121	152	127	281	109
26	148	247	129	159	131	290	105
27	155	253	144	161	140	283	111
28	172	256	149	185	140	270	123
29	173	264	168	184	150	280	124
30	184	256	169	175	151	283	135
31	259	348	252	251	239	415	192
32	192	264	178	171	164	324	139
33	201	279	184	184	171	343	148
34	186	247	159	156	151	319	138
35	192	250	164	161	157	320	141
36	188	241	155	153	149	319	140
37	200	300	200	200	200	400	150

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



## Lampiran 4 (lanjutan)

Data kapasitas bus yang tersedia setelah penumpang naik

Halte (h)	Partisi waktu (p)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	82	34	54	43	53	80	64
2	70	31	50	42	59	56	58
3	64	43	36	41	49	46	57
4	49	63	34	36	54	27	46
5	81	74	58	59	80	28	71
6	108	93	92	80	111	16	94
7	117	98	105	90	118	107	90
8	123	117	107	102	120	104	97
9	119	129	102	98	115	104	95
10	116	135	106	104	121	68	97
11	123	142	106	104	122	54	105
12	137	150	116	116	130	37	111
13	151	150	113	119	127	23	120
14	154	152	115	123	129	21	121
15	148	138	102	103	113	57	113
16	140	127	96	99	107	40	108
17	151	148	106	109	117	81	117
18	148	156	98	101	106	70	116
19	132	144	77	79	86	133	102
20	133	144	78	79	87	138	96
21	131	141	69	74	75	163	93
22	131	143	71	74	75	157	92
23	116	170	76	92	81	199	81
24	118	179	76	103	82	202	83
25	114	180	76	108	81	208	80
26	127	189	101	111	101	213	90
27	140	194	107	119	99	213	98
28	142	186	120	134	108	189	102
29	147	201	127	132	108	205	107
30	160	189	130	118	118	201	115
31	155	214	132	127	119	256	109
32	150	213	129	126	117	266	108
33	151	202	121	119	111	260	112
34	150	198	117	117	110	262	111
35	153	195	118	114	111	259	113
36	161	199	124	115	119	269	117
37	200	300	200	200	200	400	150

## Lampiran 5 Syntax dan Output Program LINGO 19.0 pada model *fuzzy goal programming*

```

MODEL:
SETS:
PARTISI/1..7/:KTp,Bp,Wp;
HALTE/1..37/;;
@LINK(PARTISI,HALTE):PNNph,PNTph,PNph,KBph,KSph;
ENDSETS
!fungsi tujuan;
MAX=LAMBDA;

!kendala;
(61505500-@SUM(PARTISI(P):11100*70*Bp(P)))+(35864500-
35000000)*LAMBDA>=35000000;
((32685/2)*(@SUM(PARTISI(P):Wp/Bp(P)))+(70000-66391.41)*LAMBDA<=70000;
LAMBDA>=0;
LAMBDA<=1;

!1;
@FOR(LINK(P,H):PNph(P,1)=PNNph(P,1));
!2;
@FOR(LINK(P,H)|H#LE#36:PNph(P,H+1)=PNph(P,H)+PNNph(P,H+1)-PNTph(P,H+1));
!3;
@FOR(PARTISI(P):KTp(P)=50*Bp(P));
!4;
@FOR(LINK(P,H):KBph(P,1)=KTp(P));
!5;
@FOR(LINK(P,H)|H#LE#36:KBph(P,H+1)=KTp(P)-PNph(P,H)+PNTph(P,H+1));
!6;
@FOR(LINK(P,H):KBph(P,1)>=PNNph(P,H));
!7;
@FOR(LINK(P,H):KSph(P,H)=KBph(P,H)-PNNph(P,H));
!8;
@FOR(LINK(P,H):@GIN(PNph(P,H)));
@FOR(LINK(P,H):@GIN(KBph(P,H)));
@FOR(LINK(P,H):@GIN(KSph(P,H)));
@FOR(PARTISI(P):@GIN(KTp(P)));
@FOR(PARTISI(P):@GIN(Bp(P)));
@FOR(LINK(P,H):PNph(P,H)>=0);
@FOR(LINK(P,H):KBph(P,H)>=0);
@FOR(LINK(P,H):KSph(P,H)>0);
@FOR(PARTISI(P):KTp(P)>=0);
@FOR(PARTISI(P):Bp(P)>=0);

Data:
PNNph=@ole("C:\Users\hanii\OneDrive\Documents\SKRIPSI\Data PNNph PNTph
Transjakarta.xlsx");
PNTph=@ole("C:\Users\hanii\OneDrive\Documents\SKRIPSI\Data PNNph PNTph
Transjakarta.xlsx");
Wp=@ole("C:\Users\hanii\OneDrive\Documents\SKRIPSI\Data PNNph PNTph
Transjakarta.xlsx");
PNph=@ole("C:\Users\hanii\OneDrive\Documents\SKRIPSI\Data PNph
Transjakarta.xlsx");

```

## Lampiran 5 (Lanjutan)

```
KBph=@ole("C:\Users\hanii\OneDrive\Documents\SKRIPSI\Data KBph  
Transjakarta.xlsx");  
KSph=@ole("C:\Users\hanii\OneDrive\Documents\SKRIPSI\Data KSph  
Transjakarta.xlsx");  
@Enddata
```



```
Global optimal solution found.  
Objective value: 0.9999983  
Infeasibilities: 0.000000  
Total solver iterations: 0  
Elapsed runtime seconds: 1.67
```

```
BP( 1) 4.000000 0.000000  
BP( 2) 6.000000 0.000000  
BP( 3) 4.000000 0.000000  
BP( 4) 4.000000 0.000000  
BP( 5) 4.000000 0.000000  
BP( 6) 8.000000 0.000000  
BP( 7) 3.000000 0.000000
```

## RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Salsabilla Khoirunnisa Yanadewi, dilahirkan di Semarang pada tanggal 03 Juni 2000 sebagai anak pertama dari pasangan Taryana dan Sitha Dewi Handajani. Penulis memiliki adik perempuan bernama Haniifatuz Zahira Yanadewi dan adik laki-laki bernama Muhammad Rizqullah Arsyad. Pada tahun 2018, penulis lulus dari SMAIT Al-Kahfi. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai mahasiswa program sarjana di Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Institut Pertanian Bogor (IPB) melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama berkuliah, penulis aktif di organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA IPB sebagai Sekretaris Departemen Seni dan Budaya (2019-2020). Selain itu, penulis juga turut aktif di kepanitiaan, beberapa di antaranya ialah *Sport Competition and Art Festival on MIPA Faculty* (SPIRIT FMIPA) sebagai Sekretaris Umum (2020), dan Pesta Sains Nasional (PSN) sebagai Staf Departemen *Liaison Officer* (LO)(2019). Penulis juga melakukan kegiatan Magang di Bank Rakyat Indonesia (BRI) selama 1 tahun pada tahun 2022.