

SURAT KETERANGAN
MELAKUKAN KEGIATAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
No. 382/C.02.01/LPPM/VIII/2020

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Iwan Juwana, S.T., M.EM., Ph.D.
Jabatan : Kepala
Unit Kerja : LPPM-Itenas
JL. P.K.H. Mustafa No.23 Bandung

Menerangkan bahwa,

Nama	NPP	Jabatan
Sofyan Triana, S.T., M.T.	20060207	Tenaga Ahli

Telah melakukan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat sebagai berikut:

Judul Penelitian : Integrasi Tarif Angkutan Umum Massal Wilayah Jakarta Pusat
berdasarkan Metode Dynamic Programming Back Recursion
Tempat : Kementerian Perhubungan RI
Waktu : Januari - Juli 2020
Sumber Dana : Kementerian Perhubungan RI

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 25 Agustus 2020

Lembaga Penelitian dan Pengabdian
kepada Masyarakat (LPPM) Itenas
Kepala,

Iwan Juwana, S.T., M.EM., Ph.D.
NPP. 20010601

PROPOSAL KEGIATAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT



Integrasi Tarif Angkutan Umum Massal Wilayah Jakarta Pusat berdasarkan Metode *Dynamic Programming Back Recursion*

Ketua Tim:

Sofyan Triana, S.T., M.T.

**Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional
Tahun 2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Integrasi Tarif Angkutan Umum Massal Wilayah
Jakarta Pusat berdasarkan Metode Dynamic
Programming Back Recursion

Ketua Tim Pengusul

Nama : Sofyan Triana, S.T., M.T.
NIP : 120060207
Jabatan/Golongan : Lektor / III C
Prodi/Fakultas : Teknik Sipil/ Teknik Sipil dan Perencanaan
(FTSP)
Bidang Keahlian : Transportasi
Alamat Kantor : Jl. P.H. Hasan Mustopha no. 23 Bandung
40124
Alamat Rumah : Komp. Permata Indah C-23 Arcamanik, Kota
Bandung

Lokasi Kegiatan

Wilayah Mitra : Kementerian Perhubungan
Kota/Kabupaten : Jakarta Pusat
Provinsi : DKI Jakarta
Luaran : Besaran Tarif terintegrasi Angkutan Massal di
wilayah Jakarta Pusat dan *Revenue Sharing*
antar Operator Angkutan
Waktu Pelaksanaan : Januari – Juli 2020
Total Biaya : Rp 5.000.000,-

Mengetahui,
Dekan FTSP

(Dr. Sony Darmawan)

Bandung, 20 Agustus 2020
Ketua Tim Pengusul

(Sofyan Triana, S.T., M.T.)

Disahkan Oleh
Ketua LP2M,

Iwan Juwana, S.T., M.EM., Ph.D.
NIP: 20010601

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ii
ABSTRAK	iv
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Kegiatan	3
1.3 Ruang Lingkup	4
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Angkutan Umum	5
2.1.1 Angkutan Transportasi Umum Massal	5
2.1.2 Tarif Angkutan Umum	5
2.1.3 <i>Public Service Obligation</i> (PSO)	12
2.2 Integrasi Moda Transportasi Umum	14
2.3 <i>Dynamic Programming</i> (Program Dinamis)	16
2.3.1 <i>Forward Recursion</i>	20
2.3.2 <i>Backward Recursion</i>	21
2.3.3 <i>Probability Dynamic Programming</i>	22
 BAB 3 METODE ANALISIS	 24
3.1 Identifikasi Permasalahan	25
3.2 Tinjauan Pustakan	25
3.3 Penentuan Metode Analisis	26
3.4 Pengumpulan Data	26
3.4.1 Biaya Operasional Angkutan Massal Eksisting	27
3.4.2 Inventarisasi Struktur Jaringan Transportasi Angkutan Massal Eksisting	27
3.4.3 Penentuan Besaran Subsidi Angkutan Massal Eksisting	27
3.5 Analisis Data	28
3.5.1 Pembentukan MAT Angkutan Massal Eksisting	29
3.5.2 Penyusunan Matriks berdasarkan Biaya Berdasarkan Tarif yang Diberlakukan	29
3.5.3 Optimasi	30
 BAB 4 DATA DAN ANALISIS	 43
4.1 Jaringan Angkutan Massal di Jabodetabek	43
4.1.1 <i>Commuter Line</i>	45
4.1.2 Bus TransJakarta	46
4.1.3 Mass Rapid Transyt (MRT) Jakarta	48
4.2 Biaya Transportasi Angkutan Umum	49
4.2.1 Biaya Transportasi Bus Transjakarta	50
4.2.2 Biaya Transportasi KRL Commuter Line	51
4.2.3 Biaya Transportasi Mass Rapid Transit (MRT)	53
4.3 Simulasi Analisis Tarif Terintegrasi Angkutan Massal	54
4.3.1 Analisis Tarif Terintegrasi <i>Single Fare</i> 2 moda	

	Angkutan Massal	55
4.3.2	Analisis Tarif Terintegrasi <i>Multi Fare</i> 2 moda Angkutan Massal	67
4.3.3	Analisis Tarif Terintegrasi <i>Single Fare</i> 3 moda Angkutan Massal	75
4.3.4	Analisis Tarif Terintegrasi <i>Multi Fare</i> 3 moda Angkutan Massal	88
BAB 5	KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	90
5.1	Kesimpulan	90
5.2	Rekomendasi	91
DAFTAR PUSTAKA		92

ABSTRAK

Pengoperasian Angkutan Transportasi Umum Massal di wilayah perkotaan merupakan salah satu solusi utama dalam mengatasi masalah pergerakan lalu lintas yang sangat tinggi. Dalam pengoperasian angkutan transportasi umum massal perlu dilakukan suatu upaya untuk meningkatkan kinerja angkutan transportasi umum massal dengan cara mengintegrasikan berbagai jenis moda angkutan massal yang ada secara kelembagaan, secara fisik, operasional dan sistem pentarifan. Penerapan tarif terintegrasi merupakan langkah paling akhir dari proses integrasi angkutan transportasi umum massal. Di wilayah Jabodetabek telah beroperasi 3 (tiga) angkutan massal yaitu Kereta *Commuter Line* (KRL), Bus TransJakarta dan *Mass Rapid Transit* (MRT). Pada kegiatan saat ini dilakukan kajian mengintegrasikan tarif angkutan dengan memperhatikan pendapatan setiap operator, besaran subsidi (yang menjadi beban regulator/pemerintah) dan beban tarif yang harus dibayarkan oleh pengguna angkutan massal. Untuk itu diperlukan proses optimasi agar dihasilkan maksimasi pendapatan operator, minimasi besaran subsidi dan tarif terintegrasi yang diberlakukan. Proses Optimasi menggunakan *Dynamic Programming Back Recursion*. Berdasarkan hasil analisis tarif terintegrasi diperoleh rentang tarif yang paling optimum adalah besaran tarif terendah pada zona tarif yang direncanakan s.d. besaran tarif rata-rata (*Revenue* eksisting maksimal berbanding dengan jumlah penumpang angkutan pada zona tarif tersebut).

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Angkutan umum yang bersifat massal di wilayah perkotaan merupakan salah satu jawaban masalah kebutuhan pergerakan penumpang orang dalam melakukan aktifitas rutin setiap hari. Pengoperasian angkutan massal di wilayah perkotaan menjadi salah satu solusi untuk melayani tingginya pergerakan, menurunkan tingkat kemacetan lalu lintas, menurunkan tingkat polusi dan penghematan bahan bakar. Wilayah perkotaan besar di Indonesia, sebagai contoh di wilayah Jakarta-Bogor-Depok-Tangerang-Bekasi sejak Tahun 2000 mulai menggunakan angkutan massal Kereta *Commuter* Indonesia dan Tahun 2004 telah dioperasikan angkutan Bus Transjakarta secara bertahap. Pada akhir Tahun 2019 dioperasikan Kereta *Mass Rapid Transit* (MRT) dari mulai Lebak Bulus s.d. Bundaran Hotel Indonesia sebagai segmen MRT Tahap I. Selain itu *Light Rail Transit* (LRT) masih dalam percobaan operasional pada segmen Velodrome s.d. Kelapa Gading dan segmen lainnya masih dalam tahap konstruksi dengan rute yang direncanakan adalah Bekasi Barat s.d. Cawang. Pengoperasian angkutan massal tersebut merupakan implementasi dari masterplan pengembangan jaringan angkutan massal Jabodetabek Tahun 2030. Pengoperasian angkutan massal di wilayah Jabodetabek sampai dengan saat ini dilakukan secara terpisah, artinya setiap operator mengelola dan mengoperasikan modanya masing-masing tanpa dipengaruhi secara langsung oleh operasional moda angkutan massal lainnya. Pengaturan manajerial dan operasional seperti jadwal, frekuensi, pentarifan tarif dilakukan oleh setiap operator (badan usaha).

Berdasarkan data dari Badan Pengelola Transportasi Jabodetabek (BPTJ) bahwa Tahun 2019 jumlah pergerakan rata-rata harian di wilayah Jabodetabek sebesar $\pm$ 100 juta perjalanan orang per hari. Pada Tahun 2019 jumlah penumpang Bus Transjakarta sebesar 264,6 juta penumpang (<http://data.jakarta.go.id>) dengan rata pergerakan orang harian sebesar 998.658 perjalanan orang/hari kerja dan jumlah penumpang Kereta *Commuter* Indonesia 340,65 juta penumpang

(<http://www.krl.co.id>) dengan rata pergerakan harian sebesar 979.853 perjalanan orang/hari kerja. Persentase pengguna angkutan massal harian hanya $\pm 2\%$ dari keseluruhan jumlah pergerakan di wilayah Jabodetabek. Hal ini menunjukkan rendahnya ketertarikan penggunaan angkutan umum massal di wilayah Jabodetabek. Penyebab permasalahan tersebut antara lain dikarenakan kemudahan memiliki kendaraan pribadi, layanan angkutan umum yang bersifat *private* seperti taksi atau ojek online, kebijakan pemerintah terkait penyelenggaraan transportasi, serta masalah konektivitas angkutan umum massal sebagai *backbone*/jaringan utama transportasi Jabodetabek yang tidak terkoneksi satu dengan yang lainnya sehingga terjadi kesulitan untuk mengakses antar angkutan umum massal.

Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan operasional angkutan umum massal adalah dengan dilakukannya pemberlakuan integrasi operasi dan integrasi tarif angkutan umum massal di wilayah Jabodetabek. Secara teknis operasional dengan proses penggabungan atau mengintegrasikan titik terminal dan atau stasiun antar angkutan massal agar tercipta konsep keterhubungan pergerakan pada jaringan angkutan umum utama di wilayah Jabodetabek. Konsep keterhubungan tersebut merupakan konsep integrasi berupa integrasi secara fisik, integrasi kelembagaan, integrasi pelayanan & operasional maupun integrasi tarif. Berkaca pada pengalaman negara lain mengenai pengoperasian beberapa jenis angkutan massal secara terintegrasi menunjukkan peningkatan kinerja angkutan (meningkatnya jumlah pengguna angkutan atau *ridership*). Proses pengintegrasian tersebut tidak berjalan secara langsung, tetapi dilakukan secara bertahap. Tahap paling awal adalah mengenai integrasi fisik dari titik stasiun atau terminal beberapa moda angkutan massal, setelah itu dapat dilakukan pengintegrasian secara kelembagaan, sistem (pelayanan dan operasional) dan besaran tarif.

Perencanaan penetapan tarif terintegrasi dapat diterapkan pada angkutan massal di wilayah Jakarta Pusat maka diajukan pertanyaan mengenai bagaimana jika sistem integrasi tarif diterapkan pada angkutan massal *Bus TransJakarta*, *Commuter Line* dan MRT pada wilayah tersebut. Alasan dipilihnya wilayah Jakarta Pusat sebagai wilayah kajian dikarenakan pada akhir Tahun 2019 telah beroperasi 3 (tiga) moda angkutan massal yaitu Kereta *Commuter* Indonesia, Bus TransJakarta dan Mass

Rapid Transit. Hal tersebut memerlukan kajian mendalam mengenai analisis integrasi tarif dan strategi penerapan integrasi tarif antar moda transportasi massal di wilayah Jakarta Pusat.

Jawaban atas permasalahan pada kasus pengintegrasian tarif transportasi angkutan massal di wilayah Jakarta Pusat pada kegiatan ini akan menjadi sesuatu hal yang berguna (*Significance of The Research*) yaitu:

- a. Penerapan integrasi tarif pada transportasi angkutan massal Bus TransJakarta-MRT-Commuter Line di wilayah Jakarta Pusat diharapkan akan mengurangi biaya perjalanan di Pusat Kota Jakarta
- b. Dapat mengubah pola perjalanan (dengan mengubah pola penggunaan moda) sehingga integrasi tarif merupakan salah satu *trigger* agar penggunaan transportasi angkutan massal di Ibukota Jakarta menjadi lebih menarik bagi pelaku perjalanan
- c. Dapat diusulkan skema integrasi tarif transportasi angkutan massal di wilayah Jabodetabek lainnya bagi operator transportasi angkutan massal yang terlibat (PT Transportasi Jakarta - PT MRT Jakarta - PT KAI Commuter Jabodetabek - PT Jakarta Propertindo)

Konsep integrasi tarif (metode dan analisis) yang dilakukan di Jakarta Pusat, dapat menjadi pedoman untuk pengembangan skala integrasi angkutan massal secara utuh di wilayah Jabodetabek dan kota besar lainnya di Indonesia yang akan menerapkan dan mengembangkan angkutan massal.

1.2 Tujuan Kegiatan

Tujuan kegiatan ini adalah dapat menentukan konsep dan skema integrasi tarif transportasi angkutan massal dengan studi kasus angkutan massal di wilayah Jakarta Pusat. Diharapkan konsep dan skema integrasi tarif ini dapat diterapkan di kota lainnya di wilayah Indonesia.

Konsep integrasi tarif tersebut adalah menetapkan besaran tarif terintegrasi yang optimum pada zona pelayanan angkutan massal yang dibentuk berdasarkan pergerakan penumpang harian. Optimasi yang dilakukan adalah berdasarkan besaran pendapatan operator, keuntungan pengguna angkutan massal (deviasi

antara tarif baru dengan tarif lama tidak membebani biaya pergerakan) dan besaran *Public Service Obligation/PSO*.

1.3 Ruang Lingkup

Lingkup kajian kegiatan ini merupakan batasan terkait alat kerja dan alur pikir yang diterapkan sesuai dengan metode yang akan digunakan dalam hal pengumpulan data dan proses analisis. Ruang lingkup kajian ini adalah:

- a. Transportasi angkutan massal yang akan diintegrasikan adalah *Bus TransJakarta, Commuter Line*, MRT dan LRT di wilayah Jabodetabek
- b. Rute angkutan mengikuti kondisi eksisting dan rencana yang telah ditetapkan sebelumnya (sistem jaringan transportasi)
- c. Analisis *demand* pengguna angkutan massal dan angkutan non massal menggunakan metode *Stated Preference*
- d. Penentuan besaran proporsi penggunaan moda angkutan massal dan angkutan non massal menggunakan metode *Discrete Choice Model*
- e. Proses optimasi dinamik dalam mencari besaran tarif yang paling optimum berdasarkan batasan subsidi dan pendapatan operator.
- f. Proses Bisnis (*Business Plan*) setiap moda angkutan umum massal yang akan di-integrasi-kan untuk perhitungan *operational cost* dan *provit sharing* berdasarkan tarif dasar dan jarak tempuh

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Angkutan Umum

Pengertian angkutan umum secara umum adalah layanan angkutan penumpang yang digunakan bersama yang tersedia untuk masyarakat umum dan menggunakan sistem pembayaran (Vuchic, 2005). Angkutan umum adalah angkutan penumpang yang dilakukan dengan sistem sewa atau bayar, termasuk dalam pengertian angkutan umum penumpang adalah angkutan kota (bus dan minibus), kereta api, angkutan air dan angkutan udara. Angkutan umum ada yang bersifat angkutan massal maupun angkutan individual (Warpani, 2002). Sistem angkutan massal terdiri dari sistem transit dan sistem *rapid* transit.

2.1.1 Angkutan Transportasi Umum Massal

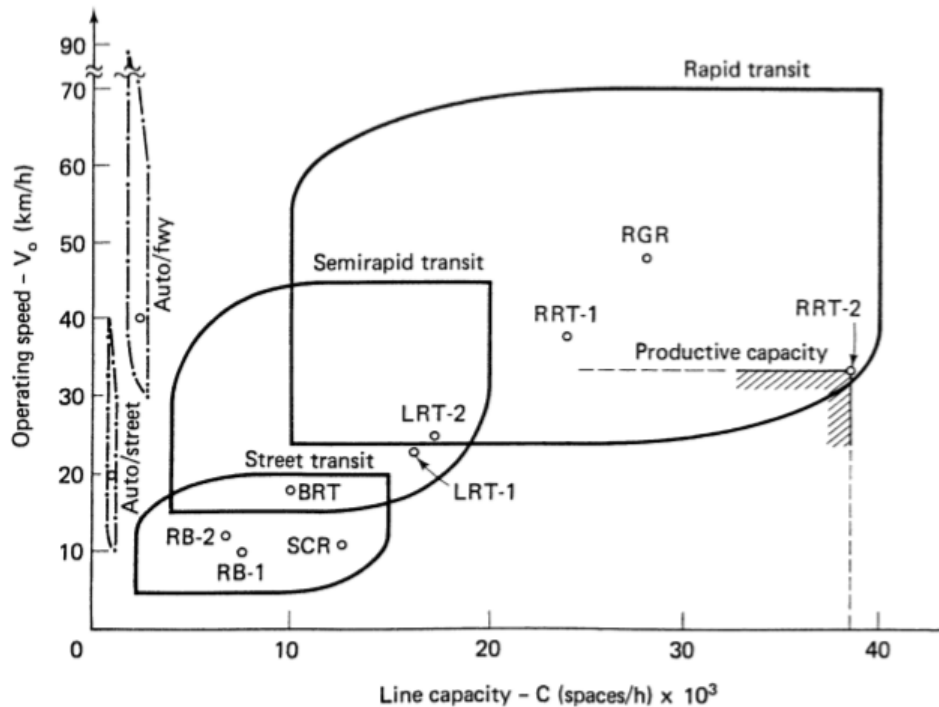
Angkutan transportasi massal merupakan angkutan umum dengan kapasitas atau daya tampung penumpang dalam jumlah yang besar. Transportasi massal adalah moda transportasi yang didesain untuk memindahkan jumlah penumpang yang sangat besar dari suatu area asal pada waktu yang bersamaan (Vuchnic, 2005). Karakteristik transportasi massal adalah bersifat kapasitas tinggi, cepat, dengan frekuensi tinggi dan biasanya terpisah/terlindung dari lalu lintas lainnya (dapat menggunakan prasarana jalan atau berbasis rel).

Jenis-jenis angkutan massal dapat dibedakan berdasarkan spesifikasi moda angkutan seperti kapasitas angkut dan kecepatan moda. Moda angkutan massal berbasis jalan memiliki kapasitas angkut per jam lebih kecil jika dibandingkan moda angkutan massal berbasis rel (seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 mengenai Kapasitas dan kecepatan moda angkutan massal).

2.1.2 Tarif Angkutan Umum

Pengertian tarif menurut Vuchic, 2005 adalah *the amount a user must pay for service* yaitu sejumlah harga yang harus dibayar untuk memperoleh pelayanan/jasa. Kegiatan pelayanan atau jasa (Kotler, 2000) adalah setiap tindakan atau unjuk kerja

yang ditawarkan oleh salah satu pihak ke pihak lain yang secara prinsip tidak berwujud dan tidak menyebabkan perpindahan kepemilikan apapun. Produksinya bisa juga tidak terikat pada suatu produk.



RB = Regular Bus; SCR = Street Car; BRT = Bus Rapid Transit; LRT = Light Rail Transit; RRT = Rail Rapid Transit; RGR = Regional Rail

Gambar 2.1 Kapasitas dan Kecepatan Moda Angkutan Massal
(Vuchic, V., R., 2005)

Tarif angkutan umum adalah besaran harga yang harus ditanggung oleh pengguna angkutan umum. Besarnya harga tarif sangat bergantung pada pihak yang terlibat dalam proses perangkutan, yaitu pihak penyelenggara jasa angkutan (perusahaan angkutan umum dan atau operator), pihak pengguna jasa angkutan umum dan pihak pemerintah (Pemerintah Pusat maupun Pemerintah Daerah) selaku penyelenggara infrastruktur dan regulator. Penentuan tarif dari sisi operator adalah berdasarkan nilai investasi, biaya operasional, pemeliharaan dan keuntungan operator, sedangkan dari sisi pengguna angkutan umum, besaran tarif akan sangat tergantung dari kemampuan daya beli transportasi serta kemauan masyarakat membayar sejumlah harga untuk menggunakan angkutan umum tersebut. Permasalahan penentuan tarif tentunya harus diperhitungkan secara proporsional agar tercipta kondisi bahwa operator dapat memperoleh keuntungan dan angkutan umum

menarik minat penggunanya. Penetapan tarif yang proporsional merupakan suatu langkah paling awal untuk meningkatkan jumlah pengguna angkutan umum tersebut.

Tarif di sisi penyedia jasa transportasi (operator angkutan) adalah harga dari jasa yang diberikan bagi para pengguna angkutan tersebut. Dari sisi pengguna jasa angkutan, besaran tarif merupakan biaya yang harus dibayarkan untuk jasa angkutan yang telah digunakan. Jasa yang diberikan berupa pelayanan angkutan dalam sebuah moda. Sebelum tarif tersebut itu dibentuk, maka harus dikelompokkan dalam 2 (dua) golongan yaitu:

a. *Common Carrier*

Common carrier merupakan jasa angkutan umum yang menentukan tarif angkutannya dengan suatu daftar tarif tertentu dan melayani pengguna jasa transportasi pada waktu tertentu dan pada trayek yang telah ditetapkan. Golongan ini merupakan usaha angkutan umum dan bersifat reguler.

b. *Contract Carrier*

Jasa angkutan yang memberikan pelayanan jasa angkutan pada waktu yang diperlukan oleh pengguna jasa. Besaran tarif ditentukan secara langsung oleh pengaruh *supply* dan *demand*. Operasional angkutan ini beroperasi pada trayek yang diperlukan oleh pengguna jasa angkutan. Contoh angkutan pada golongan ini merupakan jasa angkutan carteran.

Berdasarkan kelompok pada golongan angkutan umum (*common carrier*) maka besaran tarif angkutan umum dapat dilihat dari proses pembentukan tarif yang secara mendasar terdiri dari:

a. *Cost of Service Pricing* (Sistem pembentukan tarif atas dasar produksi jasa transportasi). Tarif ini dibentuk atas dasar biaya produksi jasa transportasi ditambah dengan keuntungan yang layak bagi keberlangsungan hidup dan pengembangan usaha operator angkutan.

Besaran produksi jasa transportasi dihitung berdasarkan biaya yang harus dikeluarkan oleh operator angkutan. Biaya transportasi yang dikeluarkan meliputi biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya yang bersifat langsung yang keluar saat jasa angkutan umum beroperasi, sedangkan biaya yang bersifat tidak langsung adalah besaran biaya yang tetap keluar walaupun

angkutan tersebut tidak beroperasi. Biaya yang bersifat langsung dan tidak langsung tersebut merupakan biaya minimal yang harus dikeluarkan oleh operator angkutan agar jasa angkutan dapat berjalan dan terus melakukan usaha angkutan tersebut sampai dengan masa yang akan datang. Tarif yang dibentuk merupakan tarif minimum (tarif terkecil yang masih dapat diterapkan guna memenuhi biaya investasi, biaya operasional serta keuntungan usaha jasa angkutan agar dapat beroperasi pada masa yang akan datang/mempertahankan usahanya).

- b. *Value of Service Pricing* (Sistem pembentukan tarif dengan dasar nilai jasa transportasi). Penetapan tarif ini didasarkan atas nilai yang dapat diberikan oleh operator jasa angkutan terhadap pengguna jasa angkutan. Pengenaan tarif ini dikenakan dengan mempertimbangkan bahwa semakin tinggi tingkat pelayanan maka akan semakin mahal tarif yang dibebankan kepada pengguna jasa angkutan. Tarif yang dihitung berdasarkan nilai pelayanan merupakan besaran tarif maksimum.
- c. *Charging What the Traffic Will Bear*. Tarif didasarkan kepada elastisitas permintaan jasa angkutan tersebut, semakin besar kapasitas angkut yang terisi (*load factor*) maka tarif yang dikenakan akan semakin tinggi, biasanya tarif maksimal akan dikenakan pada masa-masa *peak season* seperti libur hari raya dan liburan sekolah. Pentarifan ini cenderung bersandar kepada mekanisme pasar secara terbuka atau *laize faire*.

Berdasarkan penjelasan pembentukan tarif, maka besaran tarif angkutan umum merupakan fungsi dari 5 (lima) komponen utama yaitu:

- a. Biaya Investasi
- b. Biaya Operasional Kendaraan
- c. Jumlah *Demand*/Besaran angkutan penumpang
- d. *Public Service Obligation* (PSO)
- e. Keuntungan.

a. Biaya Investasi (*Investment Cost*)

Secara konsep biaya investasi dalam bidang transportasi adalah sejumlah biaya yang diperlukan untuk mempersiapkan dan mengadakan prasarana dan sarana transportasi. Dalam perkembangannya terkait proses kerja sama antar operator ataupun pemerintah dan operator, bahwa dalam hal perencanaan, pengadaan, pengoperasian hingga perawatan merupakan sesuatu hal yang dapat dibentuk pendanaannya melalui kerja sama dan atau masing-masing pihak akan memiliki tanggung jawabnya masing-masing. Selanjutnya pada masing-masing bentuk tanggung jawab yang telah dilaksanakan akan dibentuk sebagai aset yang harus dapat dikembalikan sehingga keberlangsungan usaha perangkutan dapat terus terjaga.

Biaya Investasi merupakan biaya pengadaan prasarana dan sarana angkutan umum serta perawatan infrastruktur tersebut. Pengadaan prasarana dan sarana menjadi bagian investasi yang dapat menjadi tanggung jawab perusahaan angkutan umum, ataupun menjadi tanggung jawab pemerintah dalam kaitannya dengan kewajiban pelayanan publik untuk bidang transportasi berbasis jalan dan jalan rel

b. Biaya Operasional (*Operational Cost*)

Biaya Operasional merupakan biaya yang dikeluarkan selama kegiatan perangkutan dilakukan. Biaya operasional ini ada yang bersifat biaya operasional langsung dan biaya operasional tidak langsung. Biaya operasional langsung adalah biaya yang langsung berhubungan dengan proses operasional angkutan secara langsung di lapangan, sedangkan biaya operasional tidak langsung merupakan biaya yang dikeluarkan untuk mendukung kegiatan manajerial perangkutan. Besaran biaya ini tentunya harus disesuaikan dengan kondisi sarana angkutan yang dimiliki oleh perusahaan/operator angkutan.

Secara konsep biaya operasional dalam bidang transportasi adalah sejumlah biaya yang diperlukan untuk membiayai kegiatan transportasi yang dilakukan. Biaya merupakan faktor yang sangat menentukan dalam kegiatan transportasi dalam hal penentuan besaran tarif dan sebagai alat kontrol agar dalam pengoperasian angkutan mencapai tingkat yang seefisien dan seefektif

mungkin. Berdasarkan kelompok yang akan mengeluarkan biaya transportasi, maka dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu:

1. Biaya yang dikeluarkan Operator Angkutan

Biaya yang dikeluarkan oleh operator angkutan umum mulai dari pengadaan awal angkutan sampai dengan mengoperasikannya adalah:

- Biaya modal/investasi (*Capital Cost*) yaitu biaya yang biasanya digunakan untuk investasi pengadaan moda angkutan dan peralatan pendukung jasa angkutan.
- Biaya Operasional Angkutan (*Operational Cost*) yang meliputi biaya tetap (*fixed cost*), biaya tidak tetap (*Variable Cost*) dan kemungkinan pengeluaran biaya tidak terduga.

2. Biaya yang dikeluarkan Pemakai Jasa Angkutan

Besaran biaya yang dikeluarkan pemakai jasa angkutan, dalam hal ini merupakan besaran tarif yang dimaksud.

3. Biaya yang dikeluarkan oleh Pemerintah

Pemerintah mengeluarkan suatu biaya penyelenggaraan infrastruktur transportasi dan pada beberapa kasus juga menyelenggarakan pengadaan moda transportasi yang akan digunakan.

Pembentukan tarif yang dihitung berdasarkan biaya yang dikeluarkan oleh operator angkutan mengacu pada peraturan yang berlaku terkait analisis biaya operasional kendaraan berbasis jalan dan berbasis jalan rel. Teknis perhitungan tarif angkutan berbasis jalan rel sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor 17 Tahun 2018, sedangkan teknis perhitungan tarif angkutan berbasis jalan untuk moda bus sesuai dengan peraturan Kementerian Perhubungan nomor 89 Tahun 2002.

Secara mendasar komponen biaya untuk perhitungan tarif angkutan orang meliputi:

1. Modal

- 1) Penyusutan aset tetap sarana perkeretaapian
- 2) Bunga modal
- 3) Sewa guna usaha

2. Biaya Operasi

1) Biaya langsung tetap

- Biaya pegawai awak sarana perkeretaapian
- Biaya penggunaan prasarana perkeretaapian
- Asuransi

2) Biaya langsung tidak tetap

- Biaya bahan bakar minyak (tergantung jenis sarana)
- Listrik aliran atas (tergantung jenis sarana)
- *On train cleaning*
- *Customer service on train*
- Security (Petugas pengamanan kereta)
- Cucian sarana harian
- Fumigasi
- Pest control
- Pelumas
- Tunjangan kerja operasi (TKO) awak sarana perkeretaapian

3) Biaya tidak langsung tetap

- Gaji pegawai non awak sarana perkeretaapian
- Tunjangan kerja operasi non awak sarana perkeretaapian
- Biaya umum kantor
- Pajak perusahaan
- Perijinan dan sertifikasi
- Pelayanan penumpang di stasiun

4) Biaya tidak langsung tidak tetap

- Biaya pemasaran (promosi, agen dan dokumen)
- Kegiatan dan pengembangan (litbang)
- Pengembangan sumber daya manusia

3. Biaya Perawatan Sarana (Lokomotif, Kereta Berpenggerak, Kereta Tanpa Penggerak)

4. Keuntungan (Untuk kereta api angkutan orang pelayanan kelas ekonomi yang merupakan penugasan oleh pemerintah, tingkat keuntungan (margin)

maksimal sebesar 10% (sepuluh persen) yang dihitung dari jumlah biaya pokok).

- c. *Demand/Besaran* angkutan penumpang sangat menentukan sebuah trayek dapat dilayani oleh jasa angkutan umum. Jumlah rencana penumpang seharusnya dapat disesuaikan dengan ketersediaan sarana angkutan umum. Selain masalah jumlah, karakteristik penumpang dapat menentukan besaran biaya operasional yang akan dikeluarkan sebagai biaya pengganti/biaya atas jasa yang diterima/tarif angkutan.
- d. Subsidi merupakan sebuah pembayaran oleh pemerintah untuk produsen, distributor, konsumen dan masyarakat dalam bidang tertentu. Secara umum di Indonesia, biasanya subsidi dibagi menjadi 2 (dua) bidang, yaitu Subsidi Energi dan Subsidi Non Energi. Subsidi Energi ditujukan untuk menstabilkan harga bahan bakar minyak sedangkan subsidi non BBM terdiri atas subsidi listrik, subsidi pangan (Raskin), subsidi pupuk, subsidi benih, subsidi kredit program dan *Public Service Obligation* (PSO).
- e. Keuntungan merupakan selisih antara pendapatan dikurangi total biaya produksi. Besarnya keuntungan dalam penyelenggaraan angkutan umum telah diatur dalam peraturan Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, bahwa besaran keuntungan telah ditetapkan maksimal 10% dari total biaya produksi (sebelum pajak). Untuk perencanaan angkutan massal berbasis jalan telah tercantum dalam PM no 89 Tahun 2002 (Mekanisme Penetapan Tarif dan Formula Perhitungan Biaya Pokok Angkutan Penumpang Mobil Bus Umum Kelas Ekonomi) dan untuk angkutan massal berbasis rel tercantum dalam Permenhub no. 17 Tahun 2018 tentang Pedoman Tata Cara Perhitungan dan Penetapan Tarif Angkutan Orang dengan Kereta Api.

2.1.3 *Public Service Obligation* (PSO)

Public Service Obligation merupakan salah satu bentuk subsidi. PSO adalah biaya yang harus dikeluarkan oleh negara akibat disparitas/perbedaan harga pokok penjualan dengan harga atas produk/jasa tertentu yang ditetapkan oleh Pemerintah agar pelayanan produk/jasa tetap terjamin dan terjangkau oleh sebagian besar masyarakat (publik). Dalam perihal angkutan umum yang merupakan salah satu

jenis pelayanan publik (UU no. 25 Tahun 2009), kewajiban untuk menyelenggarakan prasarana (maupun sarana) merupakan pihak badan usaha ataupun pihak Pemerintah dan Pemerintah Daerah. Dasar hukum PSO adalah Undang-Undang RI No 19 Tahun 2003 tentang Badan Usaha Milik Negara Pasal 66 ayat 1.

Jenis subsidi yang diberikan dalam pengembangan angkutan transportasi dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu:

a. Subsidi Infrastruktur

Infrastruktur yang dibutuhkan dalam penyelenggaraan angkutan jalan perkotaan umumnya disediakan oleh pemerintah sebagai bagian dari *public service* di sektor jalan. Salah satunya Penyertaan Modal Pemerintah (PMP) dari Pemerintah ke BUMN atau dari Pemerintah Daerah ke BUMD.

b. Subsidi Pengguna

Pada umumnya, subsidi jenis ini diberikan dalam wujud potongan harga tiket, kepada golongan Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR) dan pelajar. Misalnya, pelajar hanya perlu membayar tiket Rp 2.000,- untuk sekali perjalanan sedangkan harga tiket komersial adalah Rp 3.000,-. Subsidi semacam ini cukup baik dikembangkan untuk menghindari operator yang terlalu mengandalkan subsidi sebagai pendapatannya.

c. Subsidi Operasional

Biasanya berwujud pembayaran BOK, bahan bakar, atau suku cadang, dari pemerintah langsung kepada operator. Dalam konteks penugasan pemerintah ke badan usaha semestinya dimungkinkan adanya PSO (*Public Service Obligation*) sebagai salah satu bentuk subsidi operasional.

Subsidi diselenggarakan dengan tujuan untuk mewujudkan pelayanan jasa angkutan yang selamat, aman, cepat, lancar, tertib dan teratur, nyaman dan efisien, mampu memadukan beragam moda transportasi, menjangkau seluruh pelosok wilayah daratan, dan juga mampu menunjang pemerataan berdasarkan pasal 2 KM No. 60 Tahun 2007 tentang Pemberian Subsidi Angkutan Penumpang Umum di Jalan. Subsidi dimaksudkan untuk tercapainya pertumbuhan nasional khususnya di daerah terisolir yang belum berkembang serta memberikan kemudahan pelayanan

angkutan orang yang merupakan kebutuhan pokok masyarakat di kawasan perkotaan dan pedesaan dengan biaya yang terjangkau masyarakat.

Subsidi dapat juga sebagai kompensasi terhadap peningkatan manfaat sosial ekonomi. Sebagai contoh, pemerintah memberikan subsidi pelayanan dan ongkos angkutan umum, yang berdampak pada peningkatan jumlah pengguna angkutan umum yang secara langsung memberikan manfaat terhadap meningkatnya kesehatan lingkungan, dan mengurangi proporsi biaya transportasi bulanan masyarakat.

Pemberian subsidi harus memperhatikan komponen sebagai berikut:

- a. Besar subsidi angkutan penumpang umum di jalan diberikan pada suatu trayek tertentu berdasarkan:
 - 1) Selisih biaya pengoperasian angkutan umum yang dikeluarkan oleh penyedia jasa angkutan umum dengan pendapatan operasional apabila pendapatan diambil langsung oleh penyedia jasa.
 - 2) Biaya pengoperasian angkutan umum yang dikeluarkan oleh penyedia jasa angkutan penumpang umum apabila pendapatan diambil oleh pihak lain yang ditunjuk oleh pemberi subsidi.
- b. Perhitungan biaya pengoperasian angkutan umum, sebagaimana dimaksud pada KM No. 60 Tahun 2007 ayat (1) berdasarkan biaya pokok angkutan ditambahkan dengan keuntungan maksimal 10%.

2.2 Integrasi Moda Transportasi Umum

Integrasi moda transportasi umum merupakan manajemen sistem transportasi umum yang mengkombinasikan dua atau lebih moda transportasi umum guna mewujudkan pelayanan transportasi publik yang optimal, karena sistem transportasi publik sendiri pada dasarnya diselenggarakan dengan maksud untuk mengkoordinasi semua proses pergerakan penumpang dengan cara mengatur setiap komponen dalam proses transportasi. Secara umum, integrasi transportasi menunjukkan konsep dan solusi teknis, ekonomi, organisasi, berbasis kebijakan dan informasi yang menjamin kelangsungan perjalanan dari pintu ke pintu (Solecka, K. & Zak, J., 2014). Penerapan berbagai solusi integrasi transportasi dapat menghasilkan manfaat pengurangan waktu perjalanan, biaya transportasi,

kemacetan lalu lintas dan polusi lingkungan. Solusi pengintegrasian transportasi dapat meningkatkan aksesibilitas sistem transportasi umum perkotaan dan daya saing secara keseluruhan serta memastikan pemanfaatan yang lebih baik berbagai sarana dan infrastruktur transportasi.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam proses integrasi angkutan umum dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Integrasi Kelembagaan

Integrasi kelembagaan yang perlu dilakukan adalah dengan membuat suatu lembaga sendiri yang membawahi setiap Operator Angkutan yang melakukan integrasi. Lembaga ini tentunya akan bertugas sebagai pihak yang akan mengumpulkan masalah pendapatan dari tiket dan PSO, yang selanjutnya akan dibagikan pada setiap operator sesuai dengan proporsi yang telah ditetapkan (proporsi dapat ditetapkan berdasarkan penumpang.jarak)

b. Integrasi Fisik

Secara fisik, fasilitas integrasi angkutan umum harus dipersiapkan agar pengguna angkutan dapat dipastikan berada pada sistem integrasi selama melakukan pergerakan. Fasilitas yang harus dipersiapkan berupa:

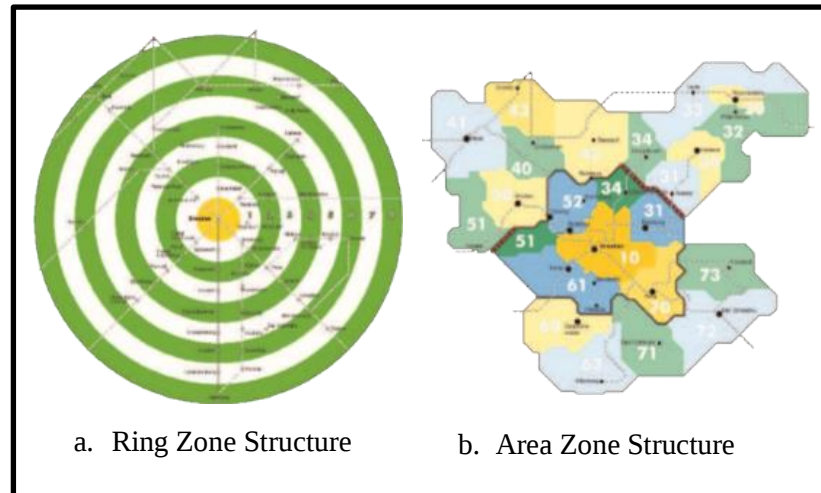
1. Integrasi infrastruktur yaitu titik perhentian angkutan umum (stasiun, halte, terminal)
2. Integrasi sistem pembayaran (*E-Ticketing* atau *Electronic Fare Collection*)
3. Sarana angkutan umum harus dipersiapkan dalam hal jumlah (frekuensi) dan kualitas pelayanan (memenuhi standar pelayanan minimum untuk angkutan umum meliputi keselamatan, keamanan, kehandalan, kenyamanan, kemudahan dan kesetaraan)
4. Sistem jaringan pelayanan angkutan umum yang diintegrasikan meliputi jaringan angkutan umum terintegrasi dan jadwal pelayanan moda angkutan umum yang diintegrasikan

c. Integrasi Tarif

Integrasi tarif yang akan diterapkan harus memperhatikan kondisi tarif eksisting dan besaran PSO (yang diberikan oleh Pemerintah). Dalam hal ini dalam penetapan besaran tarif dapat menguntungkan dimata pengguna angkutan umum dan tetap dapat menguntungkan operator penyelenggara

angkutan umum. Adapun untuk pembagian pendapatan tarif dapat dilakukan dengan proporsi jumlah penumpang dan jarak perjalanan penumpang.

Bentuk atau struktur jaringan pelayanan angkutan umum pada jaringan pelayanan angkutan umum yang diintegrasikan dapat berbentuk *Ring Zone Structure* dan *Area Zone Structure*.



Gambar 2.2 Struktur Jaringan Pelayanan Angkutan Umum
(Sumber: SPUTNIC, 2014)

2.3 *Dynamic Programming* (Program Dinamis)

Riset operasi berkenaan dengan pengambilan keputusan permasalahan yang sedang dihadapi perusahaan

a. Mengkonstruksi masalah tersebut dalam bentuk model

Berdasarkan permasalahan yang ada dibuat model matematis (model yang menggunakan symbol-simbol matematika) untuk membuat permasalahan lebih jelas dalam mengetahui hubungan yang saling terkait.

b. Menentukan model solusi masalah

Berdasarkan alat analisis yang ada pada riset operasi, dipilih alat mana yang akan digunakan untuk memecahkan masalah tersebut.

c. Melaksanakan (implementasi) dari hasil pemecahan masalah

Menjalankan keputusan sesuai dengan apa yang telah dibuat pembuat keputusan.

Program dinamik adalah suatu teknik tentang optimasi proses banyak tahap. Suatu masalah pengambilan keputusan yang multistage dipisah-pisahkan menjadi suatu

sub masalah yang berurutan dan saling berhubungan. Program dinamik terbagi menjadi dua yaitu secara Program Dinamik Deterministik dan Program Dinamik Probabilistik.

Tujuan utama dari program dinamik ini adalah untuk mempermudah penyelesaian persoalan optimisasi yang dapat dibagi ke dalam tahap-tahap. Hal ini sesuai dengan ide dasar dari program dinamik yaitu membagi suatu persoalan menjadi persoalan yang lebih kecil sehingga mempermudah penyelesaiannya.

Pemrograman dinamik memberikan prosedur yang sistematis untuk menentukan kombinasi pengambilan keputusan yang memaksimalkan keseluruhan efektivitas. Berbeda dengan linier programming dalam pemrograman dinamik tidak ada rumus (formula) matematis standar, pemrograman dinamik ini lebih merupakan suatu tipe untuk pemecahan suatu masalah dengan cara pendekatan secara umum. Persamaan khusus yang akan digunakan harus dikembangkan sesuai dengan setiap situasi individual. Oleh sebab itu penguasaan dan keahlian tertentu struktur umum masalah program dinamik diperlukan untuk menentukan apakah suatu masalah dapat dipecahkan dengan prosedur-prosedur program dinamik atau tidak dan bagaimana hal itu akan dilakukan. Istilah-istilah yang biasa digunakan dalam program dinamik antara lain:

- a. *Stage* (tahap) adalah bagian persoalan yang mengandung *decision variable*
- b. Alternatif, pada setiap *stage* terdapat *decision variable* dan fungsi tujuan yang menentukan besarnya nilai setiap alternative
- c. *State, state* menunjukkan kaitan satu *stage* dengan *stage* lainnya, sedemikian sehingga setiap *stage* dapat dioptimisasikan secara terpisah sehingga hasil optimisasi layak untuk seluruh persoalan.

Program Dinamik dibagi menjadi 2 (dua) jenis yaitu:

- a. Program Dinamik Deterministik
Sebuah objek disebut berulang (*recursive*) jika setiap objek mengandung dirinya sendiri atau didefinisikan dengan dirinya sendiri. Dalam matematika, definisi rekursif sebuah fungsi adalah definisi fungsi yang menggunakan fungsi tersebut. Ada dua macam prosedur rekursif yaitu *forward recursive equation* (perhitungan dari depan ke belakang) dan *backward recursive equation*

(perhitungan dari belakang ke depan). Dengan menggunakan hubungan rekursif ini, prosedur penyelesaian bergerak dari tahap ke tahap sampai kebijaksanaan optimum tahap terakhir ditemukan.

Sifat dasar yang menjadi ciri masalah pemrograman dinamik sebagai berikut:

1. Masalah dapat dibagi menjadi tahap-tahap, dengan keputusan kebijakan yang dibuat pada masing-masing tahap
2. Masing-masing tahap mempunyai state yang berhubungan dengan kondisi awal tahap
3. Efek keputusan kebijakan pada setiap tahap adalah mengubah state saat ini menjadi state lain pada awal tahap berikutnya
4. Prosedur penyelesaian dirancang untuk menemukan kebijakan optimal dari keseluruhan masalah, yang menunjukkan keputusan kebijakan mana yang optimal pada setiap tahap untuk setiap state yang mungkin
5. Berkaitan dengan state saat ini, kebijakan optimal untuk langkah tersisa bersifat independen terhadap keputusan kebijakan yang telah diambil pada tahap sebelumnya. Oleh karena itu, keputusan optimal selanjutnya hanya bergantung pada state saat ini dan bukan cara mencapai state saat ini. Inilah prinsip optimalitas untuk pemrograman dinamik
6. Prosedur penyelesaian dimulai dengan mencari kebijakan optimal untuk langkah terakhir
7. Tersedia hubungan rekursif yang menunjukkan kebijakan optimal untuk tahap n dengan dasar kebijakan optimal untuk langkah $n + 1$

Bentuk yang tepat dari hubungan rekursif ini berbeda dalam masalah pemrograman dinamik yang berbeda.

N = jumlah tahap

n = label untuk tahap sekarang ($n = 1, 2, \dots, N$)

s_n = *state* sekarang untuk tahap n

x_n = variabel keputusan untuk tahap n

x_n^* = nilai optimal untuk x_n (pada s_n tertentu)

$f_n(s_n, x_n)$ = kontribusi tahap $n, n + 1, \dots, N$ pada fungsi tujuan jika sistem dimulai dari state s_n pada tahap n keputusan selanjutnya adalah x_n dan keputusan optimal belum dibuat.

$$f_n^* (s_n) = f_n (s_n, x_n^*) \quad (2.8)$$

Hubungan rekursif akan selalu berbentuk maksimasi ataupun minimasi

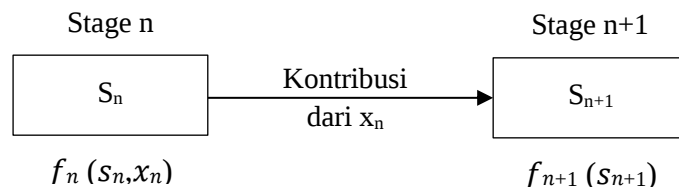
$$f_n^* (s_n) = \max_{x_n} \{f_n (s_n, x_n^*)\} \quad (2.9)$$

atau

$$f_n^* (s_n) = \min_{x_n} \{f_n (s_n, x_n^*)\} \quad (2.10)$$

Dengan $f_n (s_n, x_n)$ akan dinyatakan dalam $s_n, x_n, f_{n+1}^* (s_{n+1})$, dan mungkin beberapa ukuran menyangkut kontribusi langsung x_n terhadap fungsi tujuan. Dengan memasukkan $f_{n+1}^* (s_{n+1})$ dalam ruas kanan persamaan maka $f_n^* (s_n)$ dapat dinyatakan dalam $f_{n+1}^* (s_{n+1})$, yang membuat persamaan untuk $f_n^* (s_n)$ adalah hubungan rekursif.

Hubungan rekursif akan terus berlangsung saat bergerak mundur tahap demi tahap. Ketika tahap sekarang n berkurang 1, fungsi baru $f_n^* (s_n)$ diperoleh dengan fungsi $f_{n+1}^* (s_{n+1})$ yang baru saja diperoleh dari iterasi sebelumnya dan proses ini terus berulang. Hal ini menjadi perhatian dari sifat berikut (dan terakhir) pemrograman dinamik.



Gambar 2.4 Hubungan Rekursif antar Stage

Ketika menggunakan hubungan rekursif ini, prosedur penyelesaian mulai dari bagian akhir dan bergerak mundur tahap demi tahap setiap kali mencari kebijakan optimal untuk tahap itu, sampai ditemukan kebijakan optimal untuk tahap pertama. Kebijakan optimal ini seketika dapat menghasilkan solusi optimal untuk keseluruhan masalah yaitu x_1^* untuk state awal s_1 ,

kemudian x_2^* untuk state s_2 , kemudian x_3^* untuk state s_3 , dan seterusnya sampai x_N^* untuk state s_N .

Penyelesaian masalah menggunakan Program Dinamik memiliki empat tahapan yang utama yaitu:

1. Mengidentifikasi karakteristik dari struktur solusi optimalnya. Langkah ini meliputi pembagian masalah menjadi beberapa sub-masalah yang berdiri sendiri (*independent*)
2. Mendefinisikan fungsi rekursif yang memberikan nilai pada solusi optimalnya
3. Menghitung nilai dari solusi optimal secara maju atau mundur menggunakan fungsi rekursif yang telah dibuat
4. Menyusun solusi optimal dari informasi perhitungan pada langkah sebelumnya. Langkah ini mengandung maksud untuk mengkombinasikan solusi dari setiap sub-masalah yang ada.

b. Program Dinamik Probabilistik

Pada Program Dinamik Probabilistik, dengan adanya struktur probabilistik, maka hubungan antara $f_n(s_n, x_n)$ dan $f_{n+1}(s_n, x_n)$ akan menjadi lebih rumit dibandingkan dengan program dinamik deterministik. Terdapat dua hal dalam pemrograman dinamik probabilistik yaitu:

Stage berikutnya tidak seluruhnya ditentukan oleh stage dan keputusan pada stage saat ini, tetapi ada suatu distribusi kemungkinan mengenai apa yang akan terjadi.

2.3.1 *Forward Recursion*

Penyelesaian suatu masalah dalam program dinamik dilakukan dengan merincikan masalah menjadi beberapa bagian masalah (sub masalah). Setiap bagian masalah kemudian dipertimbangkan secara terpisah dengan tujuan untuk mengurangi jumlah dan kerumitan perhitungan. Dikarenakan semua bagian masalah saling bergantung maka harus dilakukan sebuah prosedur untuk menghubungkan perhitungan dengan cara yang menjamin bahwa pemecahan yang layak untuk setiap tahap yang layak untuk keseluruhan masalah. Program dinamik secara praktis menghilangkan pengaruh saling ketergantungan diantara setiap tahap dengan

menghubungkan definisi suatu keadaan pada setiap tahapan. Suatu keadaan bisa didefinisikan untuk menunjukkan status batasan yang mengikat semua tahap secara bersama-sama. Untuk program dinamik yang akan diselesaikan dengan *forward recursive* (perhitungan maju), maka perhitungan setiap tahap untuk mendapatkan keputusan optimal dimulai dari keadaan masalah yang pertama ke masalah yang terakhir.

$$f_0(x_0) = 0 \quad (2.11)$$

$$f_n^*(s_n) = \text{opt} \{p_n(x_n) \otimes f_{n-1}^*(s_n \otimes x_n)\} ; n = 1, 2, 3, \dots, N \quad (2.12)$$

Keterangan:

$f_n^*(S_n)$ = Fungsi optimum

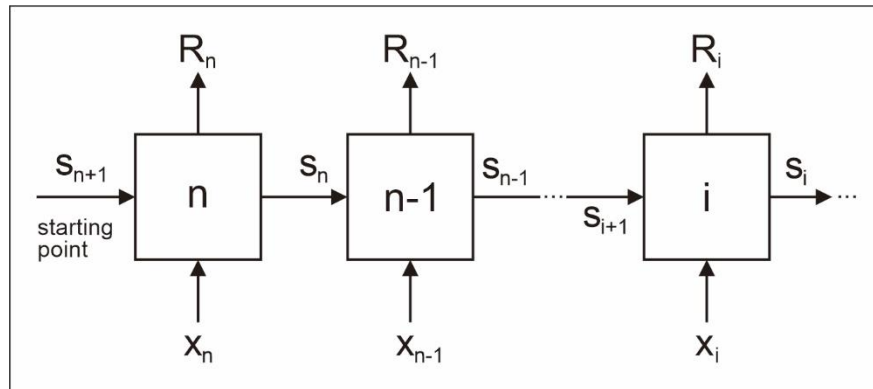
S = State (keadaan)

$s_n \otimes x_n$ = Fungsi transisi

n = Tahap ke - n

x = Variabel keputusan

N = Banyaknya tahap



Gambar 2.5 Konsep Forward Recursion

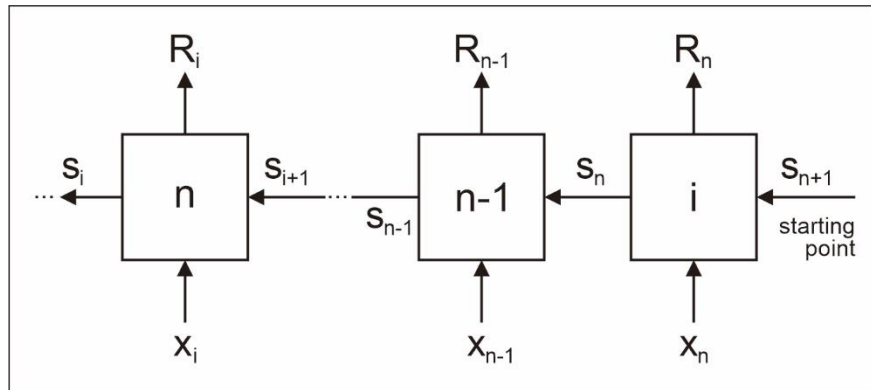
2.3.2 Backward Recursion

Untuk program dinamik yang akan diselesaikan dengan perhitungan mundur (backward recursive), maka perhitungan n tahap untuk mendapatkan keputusan optimal dimulai dari keadaan dari masalah yang akhir ke masalah pertama.

$$f_0(x_0) = 0$$

$$f_n^*(s_n) = \text{opt} \{p_n(x_n) \otimes f_{n-1}^*(s_n \otimes x_n)\} ; n = N, N-1, \dots, 1 \quad (2.13)$$

Perbedaan pokok antara metode forward dan backward terletak dalam cara mendefinisikan state. Simbol $\otimes$ menyatakan hubungan matematis antara s_n dengan x_n , misalnya tambah, kurang, kali, akar dan lain-lain. Hubungan rekursif dinamakan demikian karena hubungan tersebut selalu berulang setiap bergerak tahap demi tahap. Bila tahap sekarang bernomor n diturunkan satu tahap, maka fungsi $f^*(s_n)$ baru akan diturunkan menggunakan $f_{n+1}^*(s_{n+1})$ yang baru saja diturunkan dalam iterasi sebelumnya, proses ini akan berulang terus menerus.

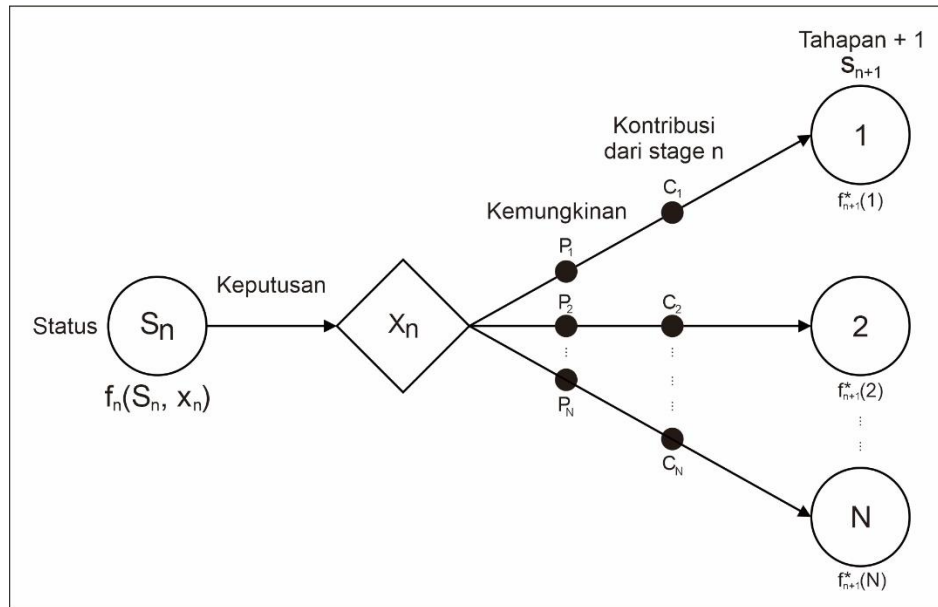


Gambar 2.6 Konsep Backward Recursion

2.3.3 Probability Dynamic Programming

Program dinamik probabilistik merupakan program dinamik yang memiliki ciri-ciri bahwa status pada suatu tahap ditentukan oleh distribusi kemungkinan sebelumnya. Berdasarkan Gambar 2.7, dapat terlihat bahwa keputusan di stage tertentu memiliki kontribusi yang berbeda peluangnya terhadap keputusan di tahap selanjutnya. Semakin besar nilai probabilitas tersebut akan semakin besar pula pengaruhnya terhadap keputusan di tahap yang lain, begitu pula berlaku sebaliknya.

Distribusi kemungkinan ini masih seluruhnya ditentukan oleh state dan keputusan pada stage saat ini. Struktur dasar dalam pemrograman dinamik probabilistik, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7.



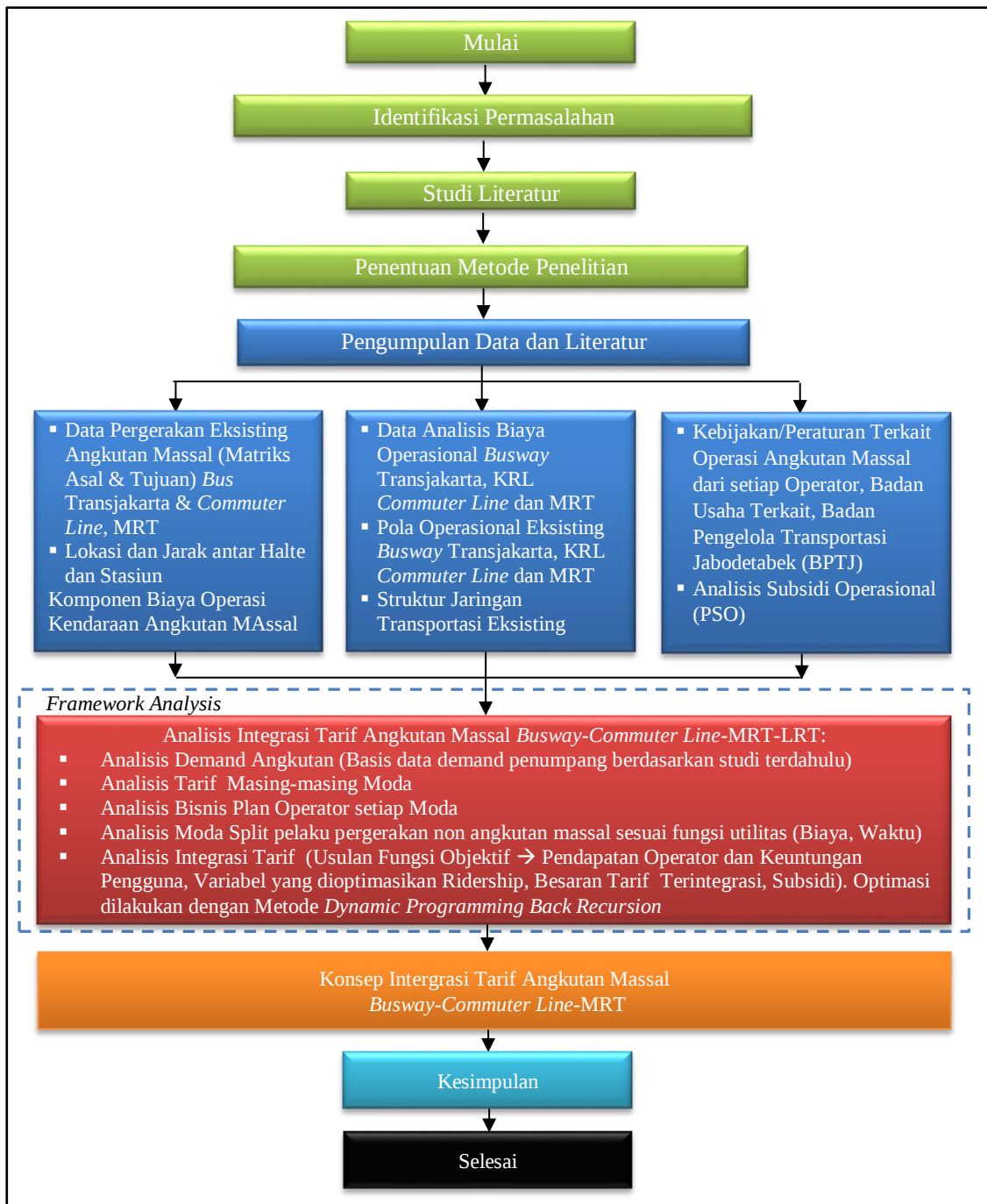
Gambar 2.7 Konsep Probability Dynamic Programming

Keterangan Gambar 2.7 adalah:

1. S melambangkan banyaknya keadaan yang mungkin pada tahap (stage) $n + 1$ dan keadaan ini didambarkan pada sisi sebelah kanan sebagai 1, 2, ..., s
2. Sistem bergerak ke keadaan i dengan peluang p_i dimana $i = 1, 2, \dots, s$, bila diketahui keadaan s_n dan keputusan x_n pada tahap ke- n ($p_1, p_2, \dots, p_n$) adalah distribusi kemungkinan dari terjadinya suatu state berdasarkan state s_n dan keputusan x_n pada stage n
3. C_i adalah kontribusi dari stage n terhadap fungsi tujuan jika state berubah menjadi state i
4. $f_n(s_n, x_n)$ menunjukkan jumlah ekspektasi minimal dari tahap n ke depan, dengan diberikan status dan keputusan pada tahap n masing-masing s_n dan x_n

BAB 3 METODE ANALISIS

Metode analisis yang ditetapkan pada kegiatan ini akan digunakan sebagai landasan dan alur pikir kerja secara utuh, yang dimulai dari proses persiapan sampai dengan kesimpulan yang diharapkan dapat menjawab tujuan kegiatan.



Gambar 3.1 Bagan Alir Umum

3.1 Identifikasi Permasalahan

Permasalahan biaya transportasi di wilayah perkotaan adalah mengenai kemacetan dan hambatan samping lalu lintas yang begitu tinggi. Suatu pemecahan masalah kemacetan adalah dengan mengurangi penggunaan kendaraan pribadi dan meningkatkan pelayanan angkutan umum menjadi angkutan umum bersifat massal. Wilayah Jakarta saat ini menjadi barometer penanganan masalah transportasi masyarakat kota. Beroperasinya angkutan massal di wilayah Jakarta Pusat (dan wilayah Jabodetabek pada umumnya) merupakan suatu usaha untuk dapat mengurangi biaya transportasi yang dapat diusulkan dengan melakukan proses integrasi tarif angkutan massal. Secara garis besar disebutkan bahwa konsep penanganan masalah integrasi transportasi angkutan umum massal (dalam hal ini difokuskan pada 2 (dua) hal yaitu:

- Secara spasial adalah permasalahan angkutan massal di wilayah Jakarta Pusat
- Secara sistem integrasi akan menitikberatkan pada Analisis Integrasi Tarif dan Strategi penerapannya.

3.2 Tinjauan Pustaka

Studi literatur yang dilakukan pada tahap ini adalah studi literatur terkait:

- a. Pemahaman sistem angkutan umum dan angkutan umum massal
- b. Pengertian dan konsep integrasi transportasi angkutan massal
- c. Data *demand* pergerakan berdasarkan studi terdahulu terkait angkutan massal yang akan dianalisis. Model bangkitan pergerakan (Besaran dan Pola Pergerakan) diperlukan untuk menentukan *demand* penumpang angkutan massal
- d. Studi/Kajian terdahulu mengenai konsep penentuan integrasi tarif transportasi angkutan massal
- e. Deskripsi angkutan massal yang telah beroperasi dan menerapkan sistem tarif terintegrasi
- f. Metode pengumpulan data mengenai rencana kebutuhan data, pengolahan data dan validasi data
- g. Peraturan dan perundangan terkait rencana penyelenggaraan transportasi massal di wilayah Jabodetabek

Metode Optimasi yang dilakukan dengan Metode *Dynamic Programming Back Recursion* untuk mengkaji variabel yang mempengaruhi penentuan tarif terintegrasi.

3.3 Penentuan Metode Analisis

Berdasarkan studi literatur awal yang telah dikumpulkan maka dapat disusun mengenai batasan penyelesaian pekerjaan, ruang lingkup pekerjaan, pengumpulan data literatur lanjut serta penyusunan metode kerja secara umum dan analisis detail mengenai proses penentuan batasan kajian secara spasial dan sistem mengenai rute dan jenis angkutan massal yang akan diintegrasikan. Dalam hal ini metode analisis merupakan sebuah *Conceptual Framework* yang secara spesifik akan mengarahkan alur pikir serta membatasi masalah yang akan dianalisis. Pada prosesnya akan terkait dengan penentuan metode analisis demand pergerakan, teknik pengumpulan data demand pergerakan, proses analisis tarif, proses bisnis operator transportasi angkutan massal yang direncanakan diintegrasikan, penetapan tarif bersama, strategi penerapan sistem integrasi angkutan massal di wilayah Jakarta Pusat.

3.4 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data disesuaikan dengan metode penyelesaian pekerjaan yang telah ditetapkan. Di dalam bagan alir umum metode analitis bahwa data yang diperlukan untuk kegiatan ini adalah data meliputi:

- a. Data *demand* pergerakan orang dan penumpang di wilayah Jakarta Pusat
- b. Struktur Jaringan Transportasi di wilayah Jakarta Pusat
- c. Data sarana angkutan massal yang beroperasi (Spesifikasi moda angkutan massal) maupun yang akan beroperasi
- d. Operasional angkutan massal (Pola operasi angkutan eksisting saat ini dan rencana pola operasi angkutan massal lainnya yang masih dalam tahap pembangunan)
- e. Koridor rute angkutan massal yang akan diintegrasikan
- f. *Demand* pergerakan setiap angkutan massal Bus TransJakarta, *Commuter Line* dan Mass Rapid Transit
- g. Besaran subsidi saat ini yang diberikan Pemerintah.

3.4.1 Biaya Operasional Angkutan Massal Eksisting

Pengumpulan data terkait biaya operasional angkutan massal eksisting di wilayah Jakarta Pusat yaitu *Busway* Transjakarta, *KRL Commuter Line* dan *Mass Rapid Transit*. Analisis perhitungan tarif yang telah dikumpulkan selanjutnya dilakukan re-analisis dengan PM no 89 Tahun 2002 (Mekanisme Penetapan Tarif dan Formula Perhitungan Biaya Pokok Angkutan Penumpang Mobil Bus Umum Kelas Ekonomi yang digunakan dalam perhitungan biaya operasional *Busway* Transjakarta, dan PM no. 64 Tahun 2016 tentang Pedoman Perhitungan dan Penetapan Tarif Angkutan Orang dengan Kereta Api untuk perhitungan *KRL Commuter Line* Jabodetabek dan MRT.

3.4.2 Inventarisasi Struktur Jaringan Transportasi Angkutan Massal Eksisting

Struktur jaringan transportasi angkutan massal eksisting secara data tabular dan grafis harus diperiksa ulang dengan kondisi di lapangan. Pemeriksaan ini terkait kondisi eksisting saat ini dan berhubungan dengan pola operasional angkutan massal tersebut.

Hal lain yang perlu dilakukan penelusuran lapangan adalah lokasi eksisting saat ini dimana ada beberapa stasiun/terminal/halte yang telah diintegrasikan secara fisik. Struktur jaringan transportasi eksisting dan rencana perlu ditetapkan sejak awal pada kegiatan ini karena akan dikaitkan dengan pembentukan pergerakan asal dan tujuan yang berdasarkan studi terdahulu bahwa asal dan tujuan pergerakan adalah bermula dan berakhir di stasiun/terminal/halte.

3.4.3 Penentuan Besaran Subsidi Angkutan Massal Eksisting

Besaran subsidi dalam kaitannya penugasan badan usaha untuk menjalankan kegiatan perangkutan pada moda *Bus* Transjakarta, *KRL Commuter Line* dan MRT bahwa dalam penentuan besaran tersebut, Pemerintah (Pusat maupun Daerah) harus menutupi besaran tarif di luar kemampuan (daya beli) masyarakat umum pengguna angkutan massal di wilayah Jakarta Pusat. Sampai dengan saat ini diperoleh data mengenai skenario pemberian subsidi *Public Service Obligation* (PSO) oleh

Pemerintah Pusat untuk PT Kereta Commuter Indonesia (KCI), serta Pemerintah Provinsi DKI Jakarta untuk PT BusTransjakarta dan PT MRT adalah:

- PSO tarif untuk *Busway* Transjakarta sebesar Rp 3.000,-/penumpang
- PSO tarif untuk KRL *Commuter Line* sebesar Rp 3.250,-/penumpang untuk 25 km pertama, dan Rp 1.000,-/penumpang untuk 10 km berikutnya.
- PSO tarif untuk MRT sebesar Rp 1.386,-/penumpang/km.

3.5 Analisis Data

Pada gambar bagan alir kerja secara garis besar menunjukkan proses persiapan, pengumpulan data, analisis sampai dengan penyusunan konsep integrasi tarif angkutan massal yang merupakan pedoman dalam proses perencanaan dan pelaksanaan integrasi tarif angkutan massal di Indonesia.

Proses analisis dari data yang telah dikumpulkan pada tahap pengumpulan data. Data tersebut selanjutnya diolah dan dilakukan proses validasi terkait keabsahan data dan keakuratan data. Analisis yang dilakukan adalah:

- a. Penelusuran potensi *demand* pergerakan (bangkitan pergerakan) angkutan massal di wilayah Jakarta Pusat. berdasarkan studi terdahulu serta studi yang akan dilakukan pada Tahun 2018 terkait operasional MRT dan LRT
- b. Pembentukan MAT Angkutan Massal Eksisting
- c. Pembentukan matriks biaya/tarif eksisting untuk KRL *Commuter Line* dan Bus Transjakarta
- d. Perhitungan biaya operasi untuk KRL *Commuter Line* dan Bus Transjakarta
- e. Penetapan tarif berdasarkan biaya operasi kendaraan sebagai tarif jarak inisial
- f. Perhitungan besaran subsidi (PSO) berdasarkan tarif eksisting yang dibandingkan dengan tarif berdasarkan biaya operasional
- g. Analisis pendapatan operator yang berasal dari tiket dan subsidi pada kondisi eksisting
- h. Penentuan tarif terintegrasi berdasarkan Metode Steiner
- i. Penetapan zona pelayanan tarif berdasarkan profil pergerakan asal tujuan eksisting

- j. Analisis tarif terintegrasi dengan beberapa besaran tarif dengan untuk mendapatkan besaran tarif yang paling optimum dari sisi pengguna dan operator. Proses optimasi dilakukan dengan menentukan besaran pendapatan yang berasal dari tiket dan besar pendapatan dari subsidi sebagai fungsi objektif. Adapun variabel yang akan mempengaruhi besaran fungsi objektif tersebut adalah jumlah pengguna angkutan massal, sistem penzonaan dan besaran tarif integrasi angkutan massal. Fungsi batas yang dicoba diterapkan adalah bahwa total pendapatan operator pada kondisi eksisting adalah sama dengan total pendapatan operator pada saat pemberlakuan skenario tarif integrasi angkutan massal.

3.5.1 Pembentukan MAT Angkutan Massal Eksisting

Rencana pembentukan MAT akan sangat bergantung pada struktur jaringan angkutan massal yang akan diintegrasikan. Untuk tahap awal, dapat dilakukan dengan mengolah data strktur jaringan jalan eksisting yang telah dikonfirmasi dengan survey lapangan pada koridor Bus Transjakarta, koridor KRL *Commuter Line* dan Jalur MRT. MAT akan dibentuk zona internal berdasarkan zona Stasiun/Halte/Terminal kedua angkutan massal yang beroperasi. Pada proses pembentukan MAT eksisting tersebut dianggap sebagai suatu sistem tertutup, dimana tidak ada klasifikasi zona eksternal yang mempengaruhi data pergerakan antar stasiun/halte/terminal. Ukuran MAT yang akan dihasilkan dalam proses analisis ini akan disesuaikan dengan kondisi lapangan sesuai dengan kondisi di lapangan.

3.5.2 Penyusunan Matriks Biaya berdasarkan Tarif yang Diberlakukan

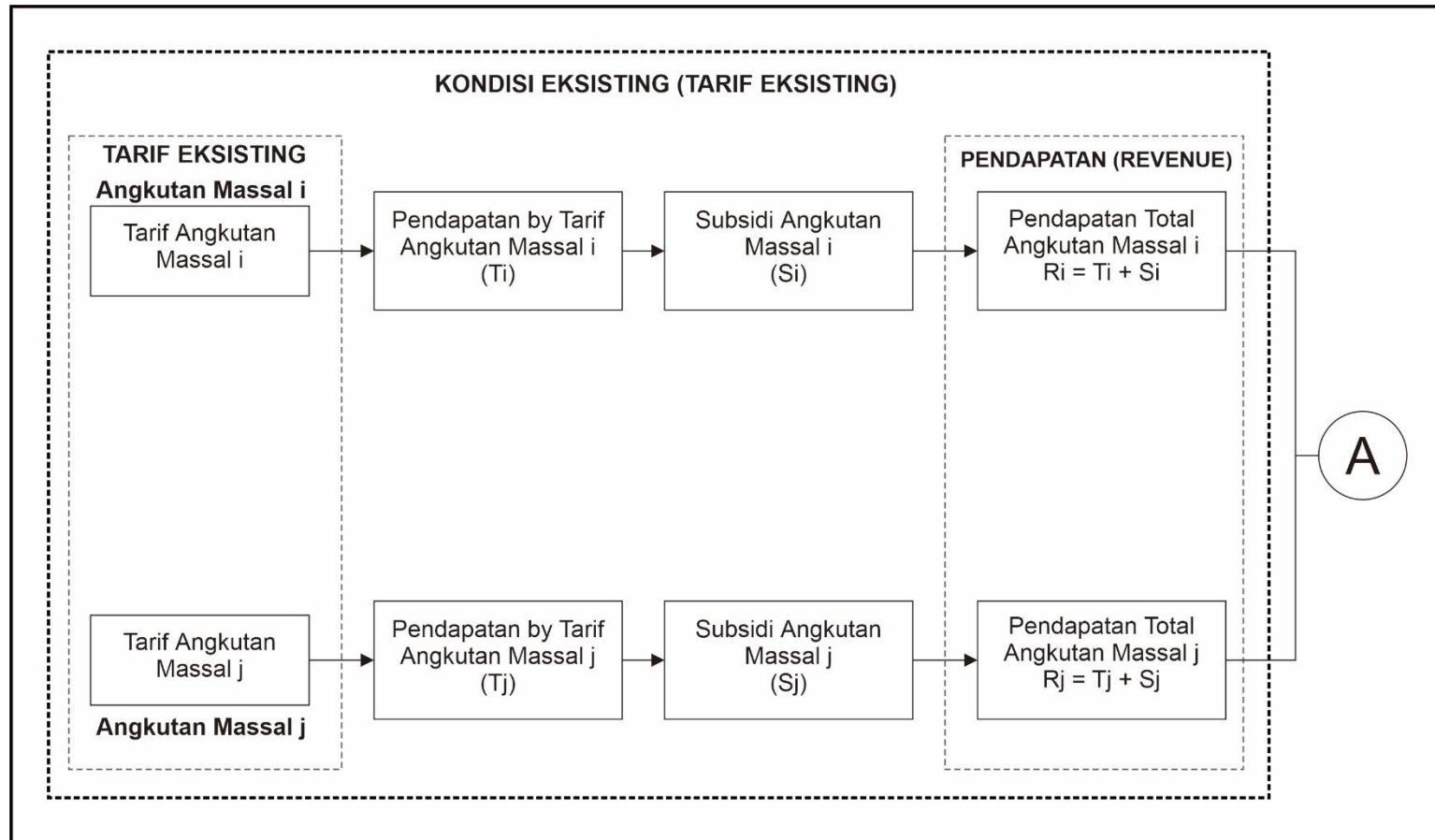
Matriks biaya yang dibentuk adalah matriks tarif angkutan massal yang diberlakukan serta matriks besaran subsidi untuk setiap pasangan perjalanan. Matriks biaya yang dibentuk selanjutnya merupakan matriks biaya berdasarkan usulan tarif integrasi angkutan massal dengan suatu sistem zona tarif tertentu. Dasar penetapan tarif mengikuti dengan melakukan skenario pemodelan tarif mulai dari tarif terendah sampai dengan tarif tertinggi yang mungkin ditawarkan kepada para pengguna angkutan umum. Konsekuensinya adalah harus dilakukan proses

optimasi agar besaran tarif yang diberlakukan tidak terlalu rendah yang mana hal ini akan menyebabkan beban subsidi akan meningkat. Hal sebaliknya pun terjadi apabila tarif terlampaui tinggi, hal ini akan memberatkan para pengguna angkutan tetapi memperringan besaran subsidi yang diberikan pemerintah kepada operator untuk menutupi biaya produksinya.

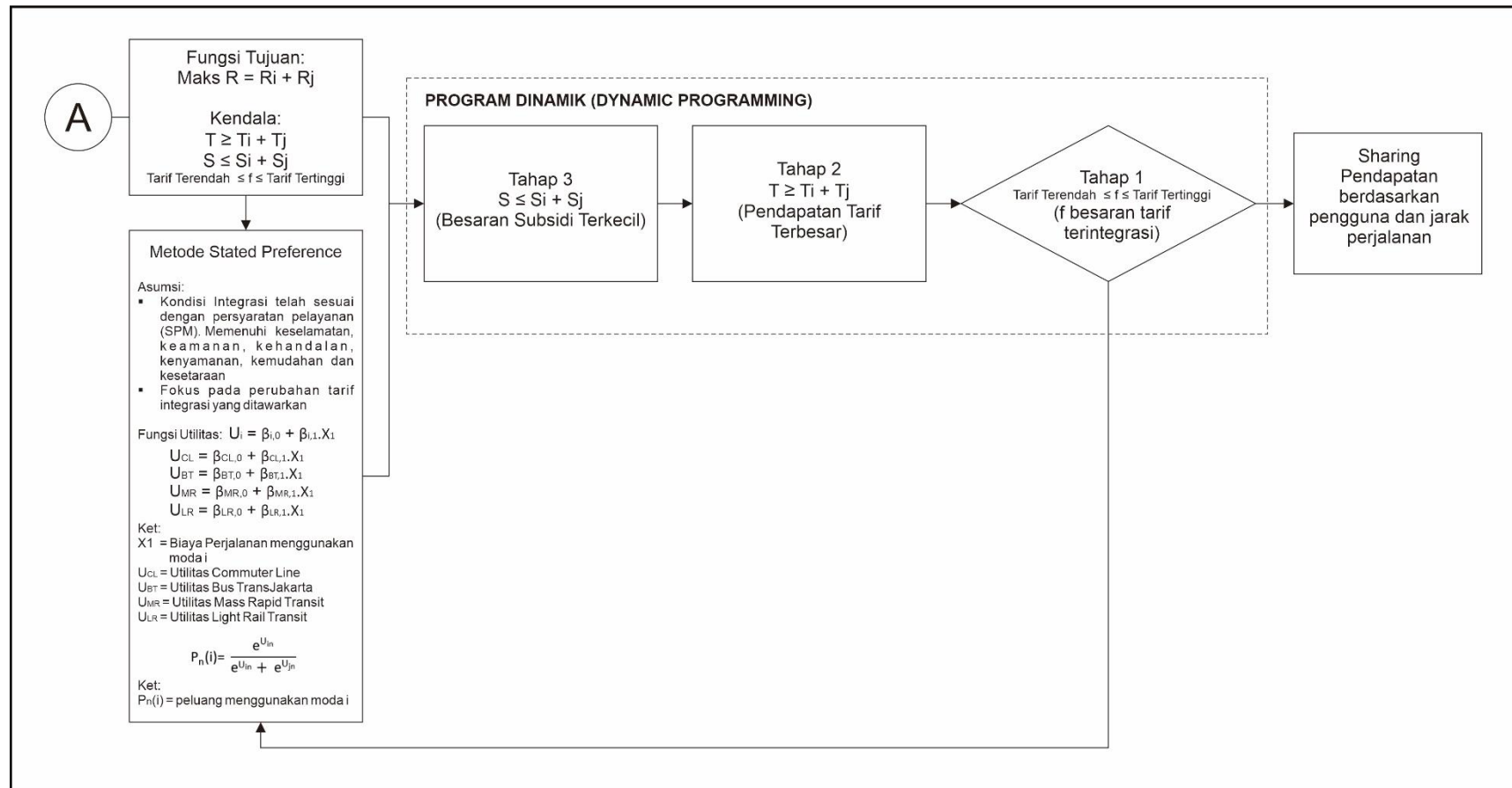
3.5.3 Optimasi

Optimasi adalah cara mendapatkan harga ekstrim baik maksimum atau minimum dari suatu fungsi tertentu dengan faktor-faktor pembatasnya. Jika persoalan yang akan diselesaikan dicari nilai maksimumnya maka keputusannya berupa maksimasi. Optimasi dalam penyelesaian masalah merupakan suatu cara pengambilan keputusan sehingga didapatkan hasil penyelesaian yang optimal sesuai dengan fungsi objektif yang akan dituju. Optimasi yang dilakukan pada kegiatan ini adalah melakukan proses optimasi besaran tarif integrasi angkutan massa, jumlah pengguna angkutan massal dan sistem zona yang dibentuk. Adapun fungsi objektif yang ditetapkan pada proses ini adalah Pendapatan Operator dan Besaran Subsidi. Fungsi batas yang diterapkan adalah besaran tarif integrasi dengan tarif eksisting (sebelum integrasi) yaitu dengan melihat deviasi besaran tarif saat ini dan tarif terintegrasi berdasarkan pengguna angkutan massal. Fungsi batas lainnya adalah Total Pendapatan Operator Angkutan Massal pada kondisi Tarif Terintegrasi adalah sama dengan kondisi saat sebelum integrasi. Metode optimasi akan diselesaikan dengan *Dynamic Programming* dengan *Back Recursion*.

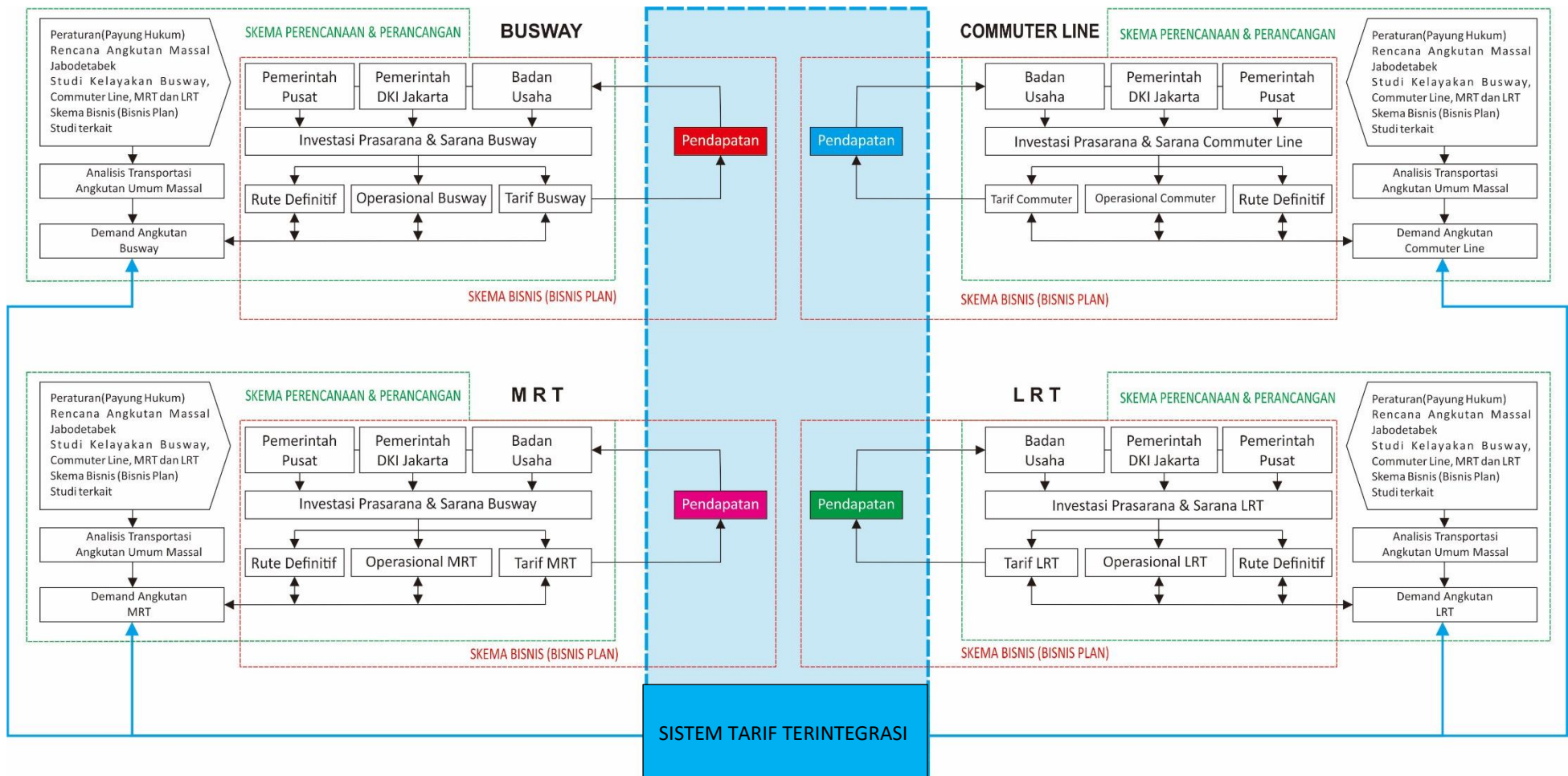
Berdasarkan langkah kerja yang telah dijelaskan pada bagan alir kegiatan yang dimulai dari tahap awal berupa pemantapan topik kegiatan, hingga rencana analisis data, maka secara grafis dapat digambarkan rangkaian analisis terstruktur pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Framework Analysis (1)



Gambar 3.3 Framework Analysis (2)



Gambar 3.4 Skema Penentuan Tarif Terintegrasi (Moda Eksisting dan Moda Rencana)

BAB 4 DATA DAN ANALISIS

4.1 Jaringan Angkutan Massal di Jabodetabek

Jaringan pelayanan angkutan massal di wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi (Jabodetabek) sampai dengan saat ini, Tahun 2020 telah dilayani oleh 3 (tiga) jenis moda angkutan massal yaitu Kereta *Commuter Line* (PT Kereta Commuter Indonesia, PT KCI), Bus TransJakarta (PT Transportasi Jakarta), *Mass Rapid Transit/MRT* (PT MRT Jakarta) dan *Light Rail Train/LRT* (PT LRT Jakarta).

Kereta *Commuter Line* pada Tahun 2019, jumlah pengguna rata-rata KRL per hari mencapai 979.853 pengguna pada hari kerja (dengan jumlah pengguna tertinggi yang dilayani dalam satu hari mencapai 1.154.080 pengguna). PT KCI sebagai operator sarana kereta *Commuter Line* melayani 80 stasiun di seluruh Jabodetabek, Banten dan Cikarang dengan jangkauan rute sepanjang 418,5 km.

Bus TransJakarta pada Tahun 2019, jumlah pengguna rata-rata Bus TransJakarta per hari mencapai 725.079 pengguna per hari, dengan jumlah total pengguna Bus TransJakarta selama 264.653.712 pengguna. Jumlah rute Bus TransJakarta sebanyak 247 rute dengan jumlah halte 278 buah halte.

MRT di wilayah Jakarta, beroperasi mulai pada 1 April 2019. Jalur MRT ini dimulai dari Lebak Bulus s.d. Bundaran HI. Jalur pelayanan tersebut merupakan fase 1 dari jalur pelayanan yang akan berakhir di Jakarta Kota. Data yang tercatat mulai MRT beroperasi s.d. Desember 2019, penumpang MRT mencapai 21.715.008 penumpang (Rata-rata jumlah penumpang per hari sebanyak 93.083 penumpang).

Sampai dengan saat ini masih dilakukan pembangunan LRT dengan jalur pelayanan adalah dari Bekasi Timur sampai dengan Cawang sepanjang 23,8 km. Sepanjang 5,8 km jalur LRT mulai Kelapa Gading-Velodrome telah beroperasi sejak 1 Desember 2019. Jumlah rata-rata penumpang LRT per hari adalah 5.400 penumpang.

4.1.1 Commuter Line

Kereta api listrik di Ibukota Jakarta (*Railway Commuter System*) merupakan jalur angkutan transportasi massal berbasis rel dengan rute Jakarta-Bogor and Depok-Tangerang-Bekasi (Jabotabek) yang dikelola oleh PT KAI Commuter Jabodetabek. Sistem pengoperasian *commuter* terpadu di wilayah Jabotabek dimulai pada Tahun 2000, saat itu pemerintah Indonesia menerima hibah 72 unit KRL. Sebanyak 50 unit gerbong bisa langsung digunakan dan dioperasikan sebagai rangkaian-rangkaian KRL Pakuan yang melayani rute:

- a. Jakarta – Bogor (Pulang Pergi/PP)
- b. Jakarta – Tanahabang (PP)
- c. Jakarta – Bekasi (PP)
- d. Jakarta – Tangerang (PP)
- e. Jakarta – Serpong (PP).

Selain itu, ada juga Commuter lingkaran Jakarta dengan nama KRL Ciliwung, dengan rute Manggarai – Tanahabang – Angke – Kemayoran – Pasarsenen – Jatinegara dan kembali ke Manggarai dan arah sebaliknya. Bagi pekerja di wilayah Jabotabek yang terpaksa pulang malam hari, kini telah dioperasikan Commuter ekonomi AC malam hari untuk lintas Jakarta – Bogor, Jakarta – Depok, Jakarta – Bekasi, Manggarai – Tangerang dan Manggarai – Serpong. Untuk jadwal non reguler hari kerja, terdapat pelayan di Hari Sabtu dan Minggu telah tersedia pula Commuter Wisata yang melayani jalur Stasiun Bogor – Stasiun Ancol dan Stasiun Serpong – Stasiun Ancol, Stasiun Tangerang – Stasiun Ancol, Stasiun Bekasi – Stasiun Ancol.

Tabel 4.1 Jumlah Penumpang Commuter Line Jakarta
(<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2020>)

Tujuan	Penumpang per Tahun		
	2017	2018	2019
Jabodetabek	315.854.000	336.799.000	336.045.000

Besarnya tarif yang diberlakukan oleh PT KAI Commuter Jabodetabek bersifat progresif yaitu untuk 25 kilometer pertama sebesar Rp 3.000,- (Tiga ribu rupiah) dan setiap 10 kilometer selanjutnya sebesar Rp 1.000,- (Seribu Rupiah).

4.1.2 Bus TransJakarta

Bus TransJakarta merupakan tonggak awal penggunaan transportasi massal di kota-kota di Indonesia. Pada tanggal 4 Mei 2006 Gubernur DKI Jakarta melalui Peraturan Gubernur (Pergub) DKI no. 48 Tahun 2006 mengubah Badan Pengelola Transjakarta menjadi Badan Layanan Umum (BLU) Transjakarta yang merupakan Unit Pelayanan Teknis (UPT) di bawah Dinas Perhubungan (Dishub) Provinsi DKI Jakarta. Selanjutnya pada tanggal 27 Maret 2014 Transjakarta berubah status menjadi BUMD (Badan Usaha Milik Daerah) dan resmi berganti nama menjadi PT Transportasi Jakarta.

Busway TransJakarta mulai dioperasikan pada Tanggal 15 Januari 2004 dan merupakan program unggulan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta untuk pengembangan transportasi publik berbasis bus. TransJakarta *Busway* merupakan pionir reformasi angkutan umum yang memprioritaskan kenyamanan, keamanan, keselamatan dan keterjangkauan bagi masyarakat. Sarana dan prasarana TransJakarta dirancang secara khusus untuk berfungsi sebagai sistem transportasi yang mampu mengangkut penumpang dalam jumlah cukup besar. Infrastruktur, pengelolaan, pengendalian dan perencanaan sistem TransJakarta *Busway* disediakan oleh Pemerintah Daerah DKI Jakarta, sementara kegiatan operasional bus dan penerimaan pembayaran dari sistem tiket dikerjasamakan dengan pihak swasta.

Secara geografis beberapa halte TransJakarta berdekatan dengan stasiun kereta Jabodetabek sehingga memungkinkan untuk satu sama lain moda transportasi ini berfungsi sebagai pengumpan atau *feeder*. Saat ini stasiun kereta dan halte *Busway* telah diintegrasikan secara fisik, sehingga penumpang dapat langsung menuju ke satu sama lain moda (berpindah) di dalam satu lokasi. Lokasi stasiun kereta yang telah diintegrasikan dengan halte *Busway* adalah Jakarta Kota, Manggarai, Tebet, Cawang, Palmerah, Pesing dan Juanda.

Pada Gambar IV.2 ditunjukkan koridor *Busway* TransJakarta yang telah beroperasi dan koridor rencana pengembangan. Secara keseluruhan jumlah koridor *Busway* TransJakarta berjumlah 15 koridor (12 koridor aktif, 3 koridor rencana). Semua koridor yang bersinggungan secara internal telah terintegrasi, artinya pengguna *Busway* dapat melakukan perpindahan bus dari koridor yang satu ke koridor lainnya secara bebas (hanya 1 kali membayar tiket). Tarif *Busway* TransJakarta per Bulan Januari 2017 adalah pada pukul 05.00 – 07.00 sebesar Rp 2.000,- (Dua ribu rupiah) dan pada pukul 07.00 – 05.00 sebesar Rp 3.500,- (Tiga Ribu Lima Ratus Rupiah).

Tabel 4.2 Jumlah Penumpang Busway TransJakarta Tahun 2018 (BPS, 2019)

No.	Koridor	Rute	Jumlah Penumpang (per tahun)
1	Koridor I	Blok M – Kota	25.903.476
2	Koridor II	Pulo Gadung – Harmoni	8.688.543
3	Koridor III	Kalideres – Pasar Baru	11.705.373
4	Koridor IV	Pulo Gadung 2 – Dukuh Atas 2	7.365.538
5	Koridor V	Kp. Melayu – Ancol	10.724.041
6	Koridor VI	Ragunan – Dukuh Atas 2	10.404.231
7	Koridor VII	Kp. Rambutan – Kp. Melayu	10.207.703
8	Koridor VIII	Lebak Bulus – Harmoni	10.482.669
9	Koridor IX	Pinang Ranti – Pluit	15.789.634
10	Koridor X	PGC 2 Cililitan – Tanjung Priok	8.176.594
11	Koridor XI	Kp. Melayu – Pulo Gebang	3.101.770
12	Koridor XII	Penjaringan – Tanjung Priok	2.396.056
13	Koridor XIII	Ciledug – Kapten Tandean	6.102.115
Lainnya (Rute Tambahan)			55.086.689
Jumlah			186.134.432

Dalam pengusahaannya, Bus Transjakarta merupakan suatu badan usaha yang bekerjasama dengan beberapa operator bus dengan diikat oleh skema Sistem Kontrak Kerjasama (KKS). Skema ini berupa dokumen kerjasama antara perusahaan angkutan umum dengan operator bus, yang berisi tentang penyediaan operator angkutan umum. Pihak Transjakarta akan membayar biaya operasional dan keuntungan kepada pihak operator dengan satuan volume pekerjaan tertentu (sampai dengan saat ini dengan satuan rupiah per kilometer), istilah ini dinamakan *Buy the Service*. Sesuai dengan rencana pengoperasian dan standar prosedur penyediaan angkutan umum, dalam KKS perlu diperhatikan hal-hal berikut ini:

- a. Volume pekerjaan, yaitu jumlah total kilometer produksi atas seluruh angkutan perkotaan selama masa kontrak
- b. Jangka waktu kontrak, ditetapkan selama tujuh tahun terhitung sejak tanggal kontrak dan apabila pada saat kontrak berakhir, volume pekerjaan belum tercapai, maka kontrak ini dapat diperpanjang untuk jangka waktu paling lama dua tahun atau hingga volume pekerjaan tercapai (mana yang lebih dahulu)
- c. Rupiah per kilometer (Rp/km), yaitu biaya atas jasa operator angkutan perkotaan per 1 (satu) kilometer tempuh berdasarkan hasil lelang
- d. Pendapatan operator bus, yaitu pendapatan bulanan yang berasal dari pembayaran atas jasa operator angkutan perkotaan yang dihitung berdasarkan kilometer tempuh
- e. Dikalikan rupiah per kilometer (Rp/km), Kilometer tempuh bulanan ditetapkan setelah melalui proses verifikasi antara perusahaan dan operator angkutan perkotaan
- f. Mengatur hak dan kewajiban masing-masing pihak
- g. Operator angkutan perkotaan wajib mengoperasikan bus dalam kondisi laik jalan dan telah memenuhi seluruh persyaratan dan kewajiban berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku
- h. Denda dan sanksi dikenakan kepada operator angkutan perkotaan apabila lalai mematuhi kewajiban dan tanggung jawab, juga dalam menerapkan standar prosedur operasi, dan/atau standar pelayanan minimum, seperti yang tercantum dalam kontrak. Sanksi diberikan berupa pengurangan kilometer tempuh
- i. Memuat klausul-klausul umum yang ada dalam suatu kontrak seperti pengakhiran kontrak, kerahasiaan, penyelesaian perselisihan, pajak dan asuransi, *force majeure*, serta ketentuan lain.

4.1.3 Mass Rapid Transit (MRT) Jakarta

PT *Mass Rapid Transit* Jakarta (PT MRT Jakarta) berbentuk badan hukum Perseroan Terbatas, yang secara mayoritas sahamnya dimiliki oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Berdiri pada Tanggal 17 Juni 2008, PT MRT Jakarta memiliki ruang lingkup kegiatan untuk pengusahaan dan pembangunan prasarana dan sarana MRT, pengoperasian dan perawatan (*operation and maintenance*,

O&M) prasarana dan sarana MRT serta pengembangan dan pengelolaan properti/bisnis di stasiun dan kawasan sekitarnya, serta depo dan kawasan sekitarnya (Pemanfaatan Aset).

Berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku, terdapat 3 jenis badan usaha yang dapat dibentuk oleh Pemerintah Daerah, yaitu Badan Pengelola (BP), Badan Usaha Milik Daerah dalam bentuk Perusahaan Daerah (BUMD/PD) dan Badan Usaha Milik Daerah dalam bentuk Perseroan Terbatas (BUMD/PT). Ditinjau dari perspektif manajemen, baik BP maupun BUMD/PD tidak memiliki fleksibilitas yang cukup untuk alih daya (*outsource*) maupun bekerjasama dengan sektor swasta, sehingga beresiko terjadinya in-efisiensi karena terbatasnya pendanaan dari Pemerintah Daerah. Sementara BUMD/PT memiliki fungsi yang sama dengan sektor swasta sehingga mampu memanfaatkan sumber daya eksternal secara maksimal. Berdasarkan hal inilah maka kemudian dibentuk PT MRT Jakarta. Adapun struktur kepemilikan PT MRT Jakarta, yakni sebagai berikut:

- Pemerintah Daerah Provinsi DKI Jakarta: 99,98%
- PD Pasar Jaya: 0,02%.

Jalur MRT Jakarta tahap I sepanjang ± 16 km dari Terminal Lebak Bulus hingga Bundaran Hotel Indonesia yang memiliki 13 stasiun berikut 1 Depo telah beroperasi pada 1 April 2019. Jalur pelayanan tersebut merupakan fase 1 dari jalur pelayanan yang akan berakhir di Jakarta Kota. Jumlah penumpang MRT s.d. bulan Desember 2019 mencapai 21.715.008 penumpang (Rata-rata jumlah penumpang per hari sebanyak 93.083 penumpang).

4.2 Biaya Transportasi Angkutan Umum

Biaya transportasi merupakan sejumlah biaya yang dikeluarkan dalam menyelenggarakan proses transportasi. Komponen biaya transportasi meliputi:

- a. Biaya Penyediaan Prasarana
- b. Biaya Penyediaan Sarana
- c. Biaya Operasional Kendaraan.

Komponen biaya operasional untuk angkutan umum massal di wilayah Jabodetabek mengacu pada peraturan biaya operasional angkutan penumpang berbasis jalan dengan moda mobil bus (KM. 89 Tahun 2002 Mekanisme Penetapan Tarif Dan Formula Perhitungan Biaya Pokok Angkutan Penumpang dengan Mobil Bus Umum Antar Kota Kelas Ekonomi) dan angkutan berbasis rel dengan moda *Heavy Train*, *Medium Train* dan *Light Rail Train* (PM no. 17 Tahun 2018 Pedoman Tata Cara Perhitungan dan Penetapan Tarif Angkutan Orang dengan Kereta Api).

Tarif jasa transportasi selanjutnya disusun berdasarkan pada biaya langsung, biaya tidak langsung dan keuntungan (imbal jasa). Biaya langsung merupakan semua biaya yang dikeluarkan dalam proses langsung beroperasinya kendaraan saat melakukan kegiatan perangkutan penumpang. Biaya Tidak Langsung merupakan biaya penunjang (dan tidak berhubungan secara langsung saat dilakukannya kegiatan perangkutan). Komponen terbentuknya tarif yang terakhir adalah keuntungan atau imbal jasa yang digunakan untuk kelangsungan dan pengembangan usaha perangkutan dengan keuntungan sebesar 10% yang dihitung dari Jumlah Biaya Pokok (Biaya Modal, Biaya Operasi dan Biaya Perawatan Sarana), hal ini sesuai dengan PM no. 17 Tahun 2018.

4.2.1 Biaya Transportasi Bus Transjakarta

Berdasarkan peraturan Kementerian Perhubungan mengenai biaya operasional bus kota kelas ekonomi dalam hal ini merupakan dasar perhitungan biaya operasi Bus Transjakarta. Perhitungan biaya operasional tersebut mengikuti detail perhitungan Kementerian Perhubungan no. 89 Tahun 2002 mengenai mekanisme penetapan tarif dan formula perhitungan biaya pokok angkutan penumpang dengan mobil bus umum antar kota kelas ekonomi. Perhitungan biaya operasi Bus Transjakarta merupakan biaya pokok yaitu biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan angkutan untuk penyediaan jasa angkutan yang meliputi biaya langsung dan biaya tidak langsung. Prinsip dasar perhitungan biaya pokok meliputi:

- a. Biaya per unit adalah biaya per penumpang kilometer yang diperoleh dari biaya total operasi bus dibagi total produksi dengan faktor muat sebesar 70%
- b. Biaya total operasi dihitung berdasarkan biaya penuh (*full cost*)

- c. Data standar operasional dan biaya yang digunakan dalam perhitungan biaya pokok memperhatikan tingkat akurasi kewajaran dan efisiensi biaya serta dapat dipertanggungjawabkan.

Perhitungan biaya operasi kendaraan Busway Transjakarta merupakan biaya yang diperlukan untuk beroperasi yang sesuai dengan Standar Pelayanan Minimal (SPM) Unit Pengelola Transjakarta-Busway pada Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta no. 35 Tahun 2014. Spesifikasi bus yang digunakan sebagai kendaraan rencana dan koridor rencana adalah:

- a. Sarana bus yang paling banyak beroperasi (pada koridor yang dianalisis)
- b. Bus merk Mercedes Benz OC500 RF 2542
- c. Konfigurasi roda 6x2
- d. Harga Bus Rp 2,5 Milyar
- e. Kapasitas bus sebanyak 100 penumpang (43 kursi dan 57 berdiri)
- f. Panjang koridor 9,0 km.

Hasil perhitungan Biaya Operasional Kendaraan beserta besaran jasa yang diterima (sebesar 10% dari BOK dengan *load factor* sebesar 70%) diperoleh bahwa besaran tarif jarak adalah Rp 966,-/penumpang/km. Berdasarkan besar tarif Bus Transjakarta eksisting sebesar Rp 3.500,-/penumpang diperoleh besaran subsidi untuk perhitungan tersebut adalah sebesar Rp 577,-/penumpang/km.

4.2.2 Biaya Transportasi KRL *Commuter Line*

Analisis biaya operasional KRL *Commuter Line* berdasarkan hasil survey di Kementerian Perhubungan, Direktorat Jenderal Perkeretaapian Satuan Kerja Pengembangan Lalu Lintas dan Peningkatan Angkutan Kereta Api telah diperoleh mengenai perhitungan biaya operasional kereta api commuter Jabodetabek. Perhitungan biaya operasi kendaraan tersebut dilakukan berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan no. 17 Tahun 2018 tentang Pedoman Tata Cara Perhitungan dan Penetapan Tarif Angkutan Orang dengan Kereta Api. Perhitungan tarif dasar adalah besaran tarif yang dinyatakan dalam nilai rupiah per penumpang per kilometer (Rp/km.pnp).

Prinsip dasar perhitungan tarif kereta angkutan orang adalah sebagai berikut:

- a. Biaya per unit (*cost per unit*) merupakan biaya penumpang kilometer yang diperoleh dari biaya total operasi kereta api dengan faktor muat berdasarkan realisasi tahun sebelumnya
- b. Untuk kereta api lintas pelayanan baru faktor muat berdasarkan kajian potensi angkutan
- c. Data standar operasional dan biaya yang digunakan dalam perhitungan biaya pokok memperhatikan tingkat akurasi, kewajaran dan efisiensi biaya serta dapat dipertanggungjawabkan
- d. Perhitungan biaya pokok bersumber dari data yang tertuang dalam rencana kerja dan anggaran periode pengoperasian kereta api dari Badan Usaha Penyelenggara Sarana
- e. Apabila pada saat perhitungan biaya pokok kereta api angkutan orang pelayanan kelas ekonomi yang merupakan penugasan oleh pemerintah. Rencana kerja dan anggaran badan usaha penyelenggara sarana perkeretaapian sesuai periode penugasan belum disahkan maka dapat menggunakan data dalam rencana kerja dan anggaran tahun berjalan ditambah eskalasi
- f. Untuk kereta api angkutan orang pelayanan kelas ekonomi yang merupakan penugasan oleh pemerintah, tingkat keuntungan (margin) maksimal sebesar 10% yang dihitung dari jumlah biaya pokok.

Spesifikasi KRL *Commuter Line* yang digunakan adalah:

- a. Spesifikasi KRL *Commuter Line* adalah Kereta Tokyo Metro seri 7000
- b. Jumlah kereta dalam satu rangkaian adalah 10 kereta
- c. Jumlah rangkaian adalah 4 rangkaian
- d. Harga 1 rangkaian kereta listrik Tokyo Metro seri 7000 adalah Rp 9,75 Milyar
- e. Kapasitas penumpang dalam 1 rangkaian adalah 2.500 penumpang
- f. Berat rangkaian 276 ton
- g. Asumsi panjang lintasan 20 km
- i. Waktu tempuh 1 jam/lintas (Waktu perjalanan dan waktu di stasiun)
- j. Hari kerja operasional adalah 365 hari (masing-masing kereta beroperasi 304 hari, selebihnya 61 hari menjalani perawatan di Depo)
- k. Utilisasi sarana 12 jam/hari.

Hasil perhitungan Biaya Operasional Kendaraan beserta besaran jasa yang diterima (sebesar 10% dari BOK dengan *load factor* sebesar 70%) diperoleh bahwa besaran tarif jarak adalah Rp 453,-/penumpang/km. Berdasarkan besar tarif KRL Commuter Line eksisting sebesar Rp 2.500,-/penumpang/15 km (ditambah Rp 500,-/penumpang/5 km selanjutnya) diperoleh besaran subsidi untuk perhitungan tersebut adalah sebesar Rp 314,-/penumpang/km. Adapun perhitungan besaran tarif jarak kereta *commuter line* ditunjukkan pada Lampiran 2.

4.2.3 Biaya Transportasi Mass Rapid Transit (MRT)

Analisis biaya operasional *Mass Rapid Transit* (MRT) berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan no. 17 Tahun 2018 tentang Pedoman Tata Cara Perhitungan dan Penetapan Tarif Angkutan Orang dengan Kereta Api dengan perhitungan seperti KRL Commuter Line yang sama berbasis rel. Perhitungan tarif dasar adalah besaran tarif yang dinyatakan dalam nilai rupiah per penumpang per kilometer (Rp/km.pnp).

Prinsip dasar perhitungan tarif kereta angkutan orang adalah sebagai berikut:

- a. Biaya per unit (*cost per unit*) merupakan biaya penumpang kilometer yang diperoleh dari biaya total operasi kereta api dengan faktor muat berdasarkan realisasi tahun sebelumnya
- b. Untuk kereta api lintas pelayanan baru faktor muat diasumsikan sebesar faktor muat 70%
- c. Data standar operasional dan biaya yang digunakan dalam perhitungan biaya pokok memperhatikan tingkat akurasi, kewajaran dan efisiensi biaya serta dapat dipertanggungjawabkan
- d. Perhitungan biaya pokok bersumber dari data yang tertuang dalam rencana kerja dan anggaran periode pengoperasian kereta api dari Badan Usaha Penyelenggara Sarana
- e. Apabila pada saat perhitungan biaya pokok kereta api angkutan orang pelayanan kelas ekonomi yang merupakan penugasan oleh pemerintah. Rencana kerja dan anggaran badan usaha penyelenggara sarana perkeretaapian sesuai periode penugasan belum disahkan maka dapat menggunakan data dalam rencana kerja dan anggaran tahun berjalan ditambah eskalasi

- f. Untuk kereta api angkutan orang pelayanan kelas ekonomi yang merupakan penugasan oleh pemerintah, tingkat keuntungan (margin) maksimal sebesar 10% yang dihitung dari jumlah biaya pokok.

Spesifikasi *Mass Rapid Transit* (MRT) yang digunakan adalah:

- a. Spesifikasi *Mass Rapid Transit* (MRT) menggunakan kereta buatan Jepang Nippon Sharyo model Strasya
- b. Jumlah kereta dalam satu rangkaian adalah 6 kereta
- c. Jumlah rangkaian adalah 16 rangkaian
- d. Harga 1 rangkaian kereta listrik Nippon Sharyo adalah Rp 87,5 Milyar
- e. Kapasitas penumpang dalam 1 rangkaian adalah 1.950 penumpang
- f. Berat rangkaian 35 ton
- g. Panjang lintasan 16 km
- i. Waktu tempuh 0,5 jam/lintas (Waktu perjalanan dan waktu di stasiun)
- j. Hari kerja operasional adalah 365 hari (masing-masing kereta beroperasi 304 hari, selebihnya 61 hari menjalani perawatan di Depo)
- k. Utilisasi sarana 19 jam/hari.

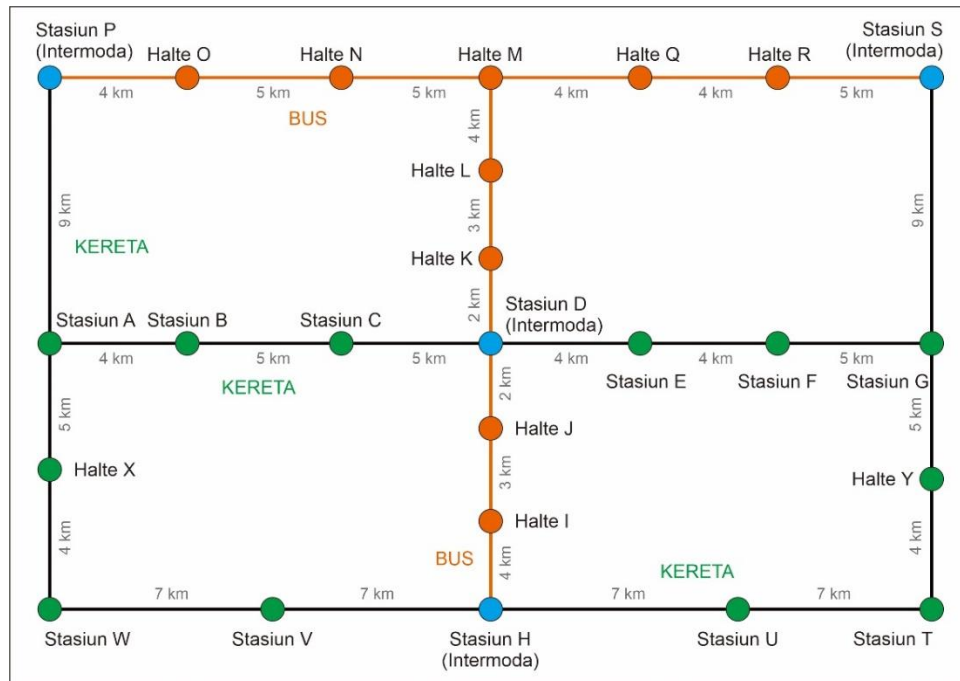
Hasil perhitungan Biaya Operasional Kendaraan beserta besaran jasa yang diterima (sebesar 10% dari BOK dengan *load factor* sebesar 70%) diperoleh bahwa besaran tarif jarak adalah Rp 2.236,-/penumpang/km. Besaran subsidi dihitung berdasarkan selisih tarif berdasarkan biaya operasi MRT dikurangi dengan tarif eksisting MRT adalah sebesar Rp 1.386,-/penumpang/km. Adapun perhitungan besaran tarif jarak kereta *Mass Rapid Transit* (MRT) ditunjukkan pada Lampiran 3.

4.3 Simulasi Analisis Tarif Terintegrasi Angkutan Massal

Analisis tarif terintegrasi angkutan massal dilakukan secara bertahap. Langkah awal yang dilakukan adalah melakukan simulasi analisis pada jaringan sederhana angkutan massal. Proses simulasi akan dilakukan dengan analisis *Single Fare* dan *Multi Fare*. Jaringan sederhana angkutan massal disusun dengan mendekati bentuk jaringan angkutan umum massal di wilayah Jabodetabek dengan fokus pada salah satu titik integrasi.

4.3.1 Analisis Tarif Terintegrasi *Single Fare* untuk 2 Moda Angkutan Massal

Bentuk jaringan transportasi angkutan massal yang dibuat terdiri dari dua moda angkutan, yaitu Kereta *Commuter Line* dan Bus TransJakarta. Jaringan transportasi angkutan massal ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Model Simulasi Jaringan Transportasi Sederhana – *Single Fare* untuk 2 Moda Angkutan Massal

Rekapitulasi data pada jaringan transportasi angkutan umum massal adalah:

- Jaringan transportasi berbentuk grid
- Angkutan massal yang beroperasi adalah Commuter Line dan Bus TransJakarta
- Tarif Dasar Commuter Line dan Bus TransJakarta
Tarif dasar Commuer Line dihitung berdasarkan
- Besaran Subsidi (Rp/pnp.km) berdasarkan kondisi eksisting
- Tarif Eksisting KRL dan Bus TransJakarta (Tarif yang telah disubsidi)
- MAT Penumpang KRL dan Bus TransJakarta (OD setiap stasiun/halte)
- Matriks Jarak antar stasiun/halte
- Matriks Tarif Eksisting antar stasiun/halte
- Lokasi Integrasi pada stasiun kereta dan halte bus.

Tabel 4.3 MAT Penumpang Jaringan Simulasi Transportasi Sederhana (satuan: Orang/jam)

Oi/Dd		KRL			Inter moda	KRL			Inter moda	BUS							Inter moda	BUS		Inter moda	KRL						Oi
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
KRL	A	0	100	150	200	175	100	75	10	15	25	30	50	75	30	15	75	25	15	5	15	20	25	50	70	25	1375
	B	50	0	75	150	100	75	50	15	25	30	35	45	50	25	15	40	30	20	15	10	15	20	30	40	10	970
	C	25	75	0	100	75	50	25	25	30	40	40	35	20	10	5	15	20	15	5	15	25	20	25	35	10	740
Intermoda	D	50	75	100	0	100	75	50	100	75	50	50	75	125	75	50	35	60	75	30	15	25	25	15	10	25	1365
KRL	E	25	50	75	100	0	75	50	25	50	75	50	20	15	10	5	10	25	20	15	20	30	35	25	15	35	855
	F	10	20	50	75	100	0	50	15	25	35	40	25	15	10	5	5	20	15	10	30	25	25	15	10	50	680
	G	20	40	75	100	125	50	0	20	30	50	40	25	20	10	10	5	25	40	75	150	75	50	30	15	100	1180
Intermoda	H	5	10	15	50	35	25	10	0	50	25	20	15	10	20	15	30	25	30	20	50	25	25	50	60	20	640
BUS	I	3	15	25	65	50	40	35	25	0	100	75	50	25	40	30	20	35	30	15	50	40	30	20	5	5	828
	J	10	15	35	50	40	30	20	15	25	0	20	30	50	25	15	5	25	20	15	50	40	30	25	15	10	615
	K	5	15	20	70	40	60	30	5	10	20	0	25	10	40	35	20	35	40	25	5	10	10	5	15	5	555
	L	5	10	15	50	30	45	15	10	20	30	50	0	50	60	40	25	50	40	25	5	5	15	5	10	2	612
	M	2	15	25	75	50	25	15	5	10	20	30	50	0	50	25	10	65	75	50	2	10	15	20	25	4	673
	N	5	5	20	45	40	30	15	5	15	15	20	25	30	0	45	25	30	15	10	1	10	10	25	30	5	476
	O	35	25	15	10	15	20	5	10	20	15	25	30	15	30	0	25	15	15	5	2	15	10	20	20	5	402
Intermoda	P	100	75	60	50	40	30	20	2	5	10	15	15	25	50	100	0	75	50	10	5	10	15	25	35	5	827
BUS	Q	25	30	40	50	45	35	15	4	10	15	20	30	20	15	10	5	0	10	5	5	20	25	15	15	5	469
	R	15	20	30	50	40	30	10	2	5	10	15	15	25	15	10	5	20	0	40	25	20	15	20	25	20	482
Intermoda	S	10	15	25	35	30	75	100	1	5	5	10	10	55	35	20	15	35	60	0	50	25	5	5	2	65	693
KRL	T	50	5	10	20	30	50	50	200	10	5	5	5	15	10	5	25	15	20	175	0	150	250	300	150	200	1755
	U	125	10	5	20	15	30	75	125	15	20	15	10	20	15	10	30	10	15	25	125	0	75	50	35	100	975
	V	25	30	40	50	25	15	15	35	50	30	20	5	20	10	5	15	10	10	15	50	75	0	75	50	20	695
	W	25	50	30	35	20	10	10	25	35	20	10	5	15	10	5	20	5	5	5	50	60	75	0	75	10	610
	X	50	70	50	35	20	15	5	50	20	10	5	2	10	20	25	50	10	2	5	25	20	50	100	0	15	664
	Y	5	5	10	25	30	50	25	35	30	20	10	5	5	5	5	10	5	5	25	75	50	20	15	5	0	475
Dd		680	780	995	1510	1270	1040	770	764	585	675	650	602	720	620	505	520	670	642	625	830	800	875	965	767	751	19611

Tabel 4.4 Matriks Jarak antar Halte dan Stasiun (satuan: km)

Oi/Dd		KRL			Intermoda	KRL			Intermoda	BUS							Intermoda	BUS			Intermoda	KRL						
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y		
KRL	A	0	4	9	14	18	22	27	23	19	16	16	19	23	18	13	9	27	31	36	37	30	16	9	5	32		
	B	4	0	5	10	14	18	23	19	15	12	12	15	19	22	17	13	23	27	32	32	26	20	13	9	28		
	C	9	5	0	5	9	13	18	14	10	7	7	10	14	19	22	18	18	22	27	27	21	21	18	14	23		
Intermoda	D	14	10	5	0	4	8	13	9	5	2	2	5	9	14	19	23	13	17	22	23	16	16	23	19	18		
KRL	E	18	14	9	4	0	4	9	13	9	6	6	9	13	18	23	27	17	23	18	18	20	20	27	23	14		
	F	22	18	13	8	4	0	5	17	13	10	10	13	17	22	27	31	23	19	14	14	21	24	31	27	10		
	G	27	23	18	13	9	5	0	23	18	15	15	18	22	27	32	36	18	14	9	9	16	30	37	32	5		
Intermoda	H	23	19	14	9	13	17	23	0	4	7	11	14	18	23	28	32	22	26	31	14	7	7	14	18	18		
BUS	I	19	15	10	5	9	13	18	4	0	3	7	10	14	19	24	28	18	22	27	18	11	11	18	22	22		
	J	16	12	7	2	6	10	15	7	3	0	4	7	11	16	21	25	15	19	24	21	14	14	21	21	20		
	K	16	12	7	2	6	10	15	11	7	4	0	3	7	12	17	21	11	15	20	25	18	18	25	21	20		
	L	19	15	10	5	9	13	18	14	10	7	3	0	4	9	14	18	8	12	17	27	21	21	28	24	23		
	M	23	19	14	9	13	17	22	18	14	11	7	4	0	5	10	14	4	8	13	31	25	25	32	28	27		
	N	18	22	19	14	18	22	27	23	19	16	12	9	5	0	5	9	9	13	18	36	30	30	27	23	32		
	O	13	17	22	19	23	27	32	28	24	21	17	14	10	5	0	4	18	22	27	45	35	29	22	18	41		
Intermoda	P	9	13	18	23	27	31	36	32	28	25	21	18	14	9	4	0	18	22	27	46	39	25	18	14	41		
BUS	Q	27	23	18	13	17	23	18	22	18	15	11	8	4	9	18	18	0	4	9	27	29	29	36	32	23		
	R	31	27	22	17	23	19	14	26	22	19	15	12	8	13	22	22	4	0	5	23	30	33	40	36	19		
Intermoda	S	36	32	27	22	18	14	9	31	27	24	20	17	13	18	27	27	9	5	0	18	25	39	46	41	14		
KRL	T	37	32	27	23	18	14	9	14	18	21	25	27	31	36	45	46	27	23	18	0	7	21	28	32	4		
	U	30	26	21	16	20	21	16	7	11	14	18	21	25	30	35	39	29	30	25	7	0	14	21	25	11		
	V	16	20	21	16	20	24	30	7	11	14	18	21	25	30	29	25	29	33	39	21	14	0	7	11	25		
	W	9	13	18	23	27	31	37	14	18	21	25	28	32	27	22	18	36	40	46	28	21	7	0	4	32		
	X	5	9	14	19	23	27	32	18	22	21	21	24	28	23	18	14	32	36	41	32	25	11	4	0	36		
	Y	32	28	23	18	14	10	5	18	22	20	20	23	27	32	41	41	23	19	14	4	11	25	32	36	0		

Tabel 4.5 Matriks Tarif *Commuter Line* dan Bus TransJakarta antar Halte dan Stasiun (satuan: Rupiah/pnp)

Oi/Dd		KRL			Intermoda	KRL			Intermoda	BUS							Intermoda	BUS			Intermoda	KRL						
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y		
KRL	A	0	2.500	2.500	2.500	3.000	3.500	4.000	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	4.500	4.000	3.000	2.500	2.500	5.000		
	B	2.500	0	2.500	2.500	2.500	3.000	3.500	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	4.500	4.000	3.000	2.500	2.500	4.000		
	C	2.500	2.500	0	2.500	2.500	2.500	3.000	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	4.000	4.500	3.500	3.000	2.500	3.500		
Intermoda	D	2.500	2.500	2.500	0	2.500	2.500	2.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	3.500	4.000	4.000	3.500	3.000	3.000		
KRL	E	3.000	2.500	2.500	2.500	0	2.500	2.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	3.000	3.500	4.500	4.000	3.500	2.500		
	F	3.500	3.000	2.500	2.500	2.500	0	2.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	2.500	3.000	4.000	4.500	4.000	2.500		
	G	4.000	3.500	3.000	2.500	2.500	2.500	0	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	2.500	3.000	4.000	4.500	4.500	2.500		
Intermoda	H	7.500	7.000	6.500	6.000	6.000	6.000	6.000	0	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	2.500	2.500	2.500	2.500	3.000	3.000		
BUS	I	7.500	7.000	6.500	6.000	6.000	6.000	6.000	3.500	0	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.500	6.500		
	J	7.500	7.000	6.500	6.000	6.000	6.000	6.000	3.500	3.500	0	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.500	6.500		
	K	7.500	7.000	6.500	6.000	6.000	6.000	6.000	3.500	3.500	3.500	0	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.500	6.500		
	L	7.500	7.000	6.500	6.000	6.000	6.000	6.000	3.500	3.500	3.500	3.500	0	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.500	6.500		
	M	7.500	7.000	6.500	6.000	6.000	6.000	6.000	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	0	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.500	6.500		
	N	7.500	7.000	6.500	6.000	6.000	6.000	6.000	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	0	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.500	6.500		
	O	7.500	7.000	6.500	6.000	6.000	6.000	6.000	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	0	3.500	3.500	3.500	3.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.500	6.500		
Intermoda	P	7.500	7.000	6.500	6.000	6.000	6.000	6.000	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	0	3.500	3.500	3.500	6.000	5.500	4.000	3.000	2.500	6.500		
BUS	Q	7.500	7.000	6.500	6.000	6.000	6.000	6.000	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	0	3.500	3.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.500	6.500		
	R	7.500	7.000	6.500	6.000	6.000	6.000	6.000	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	0	3.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.500	6.500		
Intermoda	S	7.500	7.000	6.500	6.000	6.000	6.000	6.000	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	0	3.000	3.500	4.500	5.000	5.500	2.500		
KRL	T	4.500	4.500	4.000	3.500	3.000	2.500	2.500	2.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	3.000	0	2.500	3.000	3.500	4.000	2.500		
	U	4.000	4.000	4.500	4.000	3.500	3.000	3.000	2.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	5.500	6.000	6.000	3.500	2.500	0	2.500	3.000	3.500	2.500		
	V	3.000	3.000	3.500	4.000	4.500	4.000	4.000	2.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	4.000	6.000	6.000	4.500	3.000	2.500	0	2.500	2.500	3.000		
	W	2.500	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500	4.500	2.500	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	3.000	6.000	6.000	5.000	3.500	3.000	2.500	0	2.500	3.500		
	X	2.500	2.500	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500	3.000	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	2.500	6.500	6.500	5.500	4.000	3.500	2.500	2.500	0	4.500		
	Y	5.000	4.000	3.500	3.000	2.500	2.500	2.500	3.000	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	2.500	2.500	2.500	3.000	3.500	4.500	0		

Asumsi analisis penerapan Tarif Terintegrasi 1 (satu) tarif (*Single Fare*):

- a. Perubahan Besaran Tarif belum memperhitungkan pemilihan moda angkutan
- b. Batas tarif terendah dan tarif tertinggi ditetapkan berdasarkan besaran tarif yang berlaku

Tarif Dasar *Commuter Line* dan Bus TransJakarta

a. Tarif Dasar *Commuter Line*

1. PM 69 Tahun 2014 (Pedoman Perhitungan dan Penetapan Tarif Angkutan Orang dengan Kereta Api)
2. Tarif dasar *Commuter Line* = Rp 453,-/pnp/km

b. Tarif Dasar Bus TransJakarta

1. PM no. 89 Tahun 2002 (Perhitungan Biaya Operasi Bus Transjakarta)
2. Tarif dasar Bus TransJakarta = Rp 965,-/pnp/km

Besaran Subsidi (Rp/pnp.km) berdasarkan kondisi eksisting

- a. Besaran Subsidi *Commuter Line* = Rp 322,-/pnp/km
- b. Besaran Subsidi Bus TransJakarta = Rp 577,-/pnp/km

Tarif Eksisting KRL dan Bus TransJakarta (tarif yang telah disubsidi)

- a. Tarif Eksisting *Commuter Line* = Rp 2.500,-/15 km (Rp 500,-/5 km selanjutnya)
- b. Tarif Dasar Bus TransJakarta = Rp 3.500,- (Flat)

Analisis Pendapatan Operator *Commuter Line* dan Operator BusTransjakarta pada Kondisi Eksisting (pada Jaringan Simulasi Sederhana menyerupai Wilayah Jakarta Kota) yaitu kondisi sebelum dilakukan integrasi operasional (integrasi tarif angkutan). Pendapatan yang diperoleh yaitu:

- a. Pendapatan Tarif Eksisting (T)
- b. Pendapatan Subsidi (S)
- c. Total Pendapatan (R).

Keterangan Notasi:

CL = *Commuter Line*

BT = Bus TransJakarta
 R = Pendapatan Total/*Revenue* (Rupiah/satuan waktu)
 T = Pendapatan dari Tarif (Rupiah/satuan waktu)
 S = Pendapatan dari Subsidi (Rupiah/satuan waktu)
 R_{CL} = Pendapatan (*Revenue*) Commuter Line (Rupiah/satuan waktu)
 R_{BT} = Pendapatan (*Revenue*) Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu)
 T_{CL} = Pendapatan Tarif Commuter Line (Rupiah/satuan waktu)
 T_{BT} = Pendapatan Tarif Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu)
 S_{CL} = Subsidi Commuter Line (Rupiah/satuan waktu)
 S_{BT} = Subsidi Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu)
 s_{CL} = Subsidi Commuter Line per penumpang per km (Rupiah/pnp/km)
 s_{BT} = Subsidi Bus TransJakarta per penumpang per km (Rupiah/pnp/km)
 i = Stasiun/Halte i
 d = Stasiun/Halte d
 t_{id} = Trip (trip) dari stasiun/halte i ke stasiun/halte d (penumpang/satuan waktu)
 l_{id} = Jarak (length) dari stasiun/halte i ke stasiun/halte d (km)
 f_{CL} = Tarif Commuter Line (Rupiah per penumpang)
 f_{BT} = Tarif Bus TransJakarta (Rupiah per penumpang)
 f_{Single} = Tarif Terintegrasi 1 harga (Single Fare)
 f_{zi} = Tarif Terintegrasi untuk Zona Pelayanan i
 AM_i = Angkutan Massal yang diintegrasikan pada zona tarif i
 s_{CL} = Subsidi Commuter Line
 s_{BT} = Subsidi Bus TransJakarta

a. Perhitungan Pendapatan dari Tarif Eksisting

1) Pendapatan dari Tarif Eksisting Commuter Line (T_{CL})

$$T_{CL} = \sum_{i=1}^d t_{id \text{ CL}} * f_{CL} \quad (4.1)$$

$$T_{CL} = \text{Rp } 42.060.500,-/\text{jam}$$

2) Bus TransJakarta (BT)

$$T_{BT} = \sum_{i=1}^d t_{id \text{ BT}} * f_{BT} \quad (4.2)$$

$$T_{BT} = \text{Rp } 35.683.500,-/\text{jam}$$

b. Pendapatan dari Subsidi Eksisting

1) Pendapatan dari Subsidi Eksisting Commuter Line (S_{CL})

$$S_{CL} = \sum_{i=1}^d t_{id\ CL} * l_{id\ CL} * s_{CL}$$

(4.3)

$$S_{CL} = \text{Rp } 61.073.482,-/\text{jam}$$

2) Pendapatan dari Subsidi Eksisting Bus TransJakarta (S_{BT})

$$S_{BT} = \sum_{i=1}^d t_{id\ BT} * l_{id\ BT} * s_{BT}$$

(4.4)

$$S_{BT} = \text{Rp } 62.559.610,-/\text{jam}$$

c. Pendapatan Total dari Tarif Eksisting dan Subsidi Eksisting

1) Pendapatan Total Commuter Line (R_{CL})

$$R_{CL} = T_{CL} + S_{CL}$$

(4.5)

$$R_{CL} = \text{Rp } 42.060.500,-/\text{jam} + \text{Rp } 61.073.482,-/\text{jam}$$

$$R_{CL} = \text{Rp } 103.133.982,-/\text{jam}$$

2) Pendapatan Total Bus TransJakarta (R_{BT})

$$R_{BT} = T_{BT} + S_{BT}$$

(4.6)

$$R_{BT} = \text{Rp } 35.683.500,-/\text{jam} + \text{Rp } 62.559.610,-/\text{jam}$$

$$R_{BT} = \text{Rp } 98.243.110,-/\text{jam}$$

3) Pendapatan Total (R) Commuter Line (R_{CL}) dan Bus TransJakarta (R_{BT})

$$R = R_{CL} + R_{BT}$$

(4.7)

$$R = \text{Rp } 103.133.982,-/\text{jam} + \text{Rp } 98.243.110,-/\text{jam}$$

$$R = \text{Rp } 201.377.092,-/\text{jam}$$

Analisis Skenario Integrasi *Single Fare* Commuter Line dan Bus TransJakarta dilakukan dengan Metode Program Dinamik *Backward Recursion*. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penetapan Tarif Single Fare:

a. **Menentukan Fungsi Tujuan dan Syarat Batas** sebagai ketentuan agar tarif yang diberlakukan tidak membebani penumpang dan tidak mengurangi pendapatan operator

- Model Fungsi Tujuan Memaksimumkan Pendapatan Total (*Revenue*)

$$\text{Maksimum } R = R_{CL} + R_{BT}$$

(4.8)

$$\text{Maksimum } R = [T_{CL} + S_{CL}] + [T_{BT} + S_{BT}]$$

(4.9)

$$\text{Maksimum } R = T_{AM} + [S_{CL} + S_{BT}]$$

(4.10)

$$T_{AM} = \sum_{i=1}^d t_{id AM} * f_{single}$$

(4.11)

- Model Kendala Tarif menjadi 1 Tarif (*Single Fare*):

$$f_{CL} = f_{BT} = f$$

$$f_{terendah} \leq f \leq f_{tertinggi}$$

$$Rp\ 2.500,- \leq f \leq Rp\ 8.500,-$$

$$\sum_{i=1}^d t_{id AM} * f_{terendah} \leq f \leq \sum_{i=1}^d t_{id AM} * f_{tertinggi}$$

(4.12)

$$\sum_{i=1}^d t_{id AM} * Rp\ 2.500,- \leq f \leq \sum_{i=1}^d t_{id AM} * Rp\ 8.500,-$$

- Model Kendala Subsidi:

$$S_{CL} \leq R_{CL}$$

$$\sum_{i=1}^d t_{id CL} * l_{id CL} * s_{CL} \leq R_{CL}$$

(4.13)

$$S_{BT} \leq R_{BT}$$

$$\sum_{i=1}^d t_{id BT} * l_{id BT} * s_{BT} \leq R_{BT}$$

(4.14)

- b. **Model Program Dinamik** menjadi:

- **Maksimumkan R = T + S** (dari Pers. 4.10)

$$R = \left[\sum_{i=1}^d t_{id AM} * f_{single} \right] + \left[\sum_{i=1}^d t_{id CL} * l_{id CL} * s_{CL} \right] + \left[\sum_{i=1}^d t_{id BT} * l_{id BT} * s_{BT} \right]$$

$$\text{Rp } 201.377.092,-/\text{jam} = \left[\sum_{i=1}^d t_{id \text{ AM}} * f_{\text{single}} \right] + \left[\sum_{i=1}^d t_{id \text{ CL}} * l_{id \text{ CL}} * s_{\text{CL}} \right] + \left[\sum_{i=1}^d t_{id \text{ BT}} * l_{id \text{ BT}} * s_{\text{BT}} \right]$$

Keterangan: $t_{id \text{ AM}}$, $l_{id \text{ AM}}$, $t_{id \text{ CL}}$, $l_{id \text{ CL}}$, $t_{id \text{ BT}}$, $l_{id \text{ BT}}$ → diketahui
 Nilai yang dicari f_{single} , s_{CL} , s_{BT} ?

▪ **Kendala (Syarat Batas)**

Subsidi: $s_{\text{CL}} \geq 0$, $s_{\text{BT}} \geq 0$ (dari Pers. 4.13)

$$0 \leq \sum_{i=1}^d t_{id \text{ CL}} * l_{id \text{ CL}} * s_{\text{CL}} \leq \text{Rp } 103.133.982,-/\text{jam}$$

$$0 \leq s_{\text{CL}} \leq \text{Rp } 544,-/\text{orang/km}$$

$$0 \leq \sum_{i=1}^d t_{id \text{ BT}} * l_{id \text{ BT}} * s_{\text{BT}} \leq \text{Rp } 98.243.110,-/\text{jam}$$

$$0 \leq s_{\text{BT}} \leq \text{Rp } 906,-/\text{orang/km}$$

Tarif: $f_{\text{CL}} = f_{\text{BT}} = f$

$f_{\text{terendah}} \leq f \leq f_{\text{tertinggi}}$

$\text{Rp } 2.500,- \leq f \leq \text{Rp } 8.500,-$

c. Penyelesaian Model Program Dinamik dengan **Metode Back Recursion** (Rekursi ke Belakang)

Langkah 1: Menentukan alur tahapan pencarian nilai optimum. Tahapan/Stage dilakukan berdasarkan fungsi tujuan dan syarat batas pada setiap tahap

Langkah 2: Visualisasi Program Dinamik *Back Recursion*

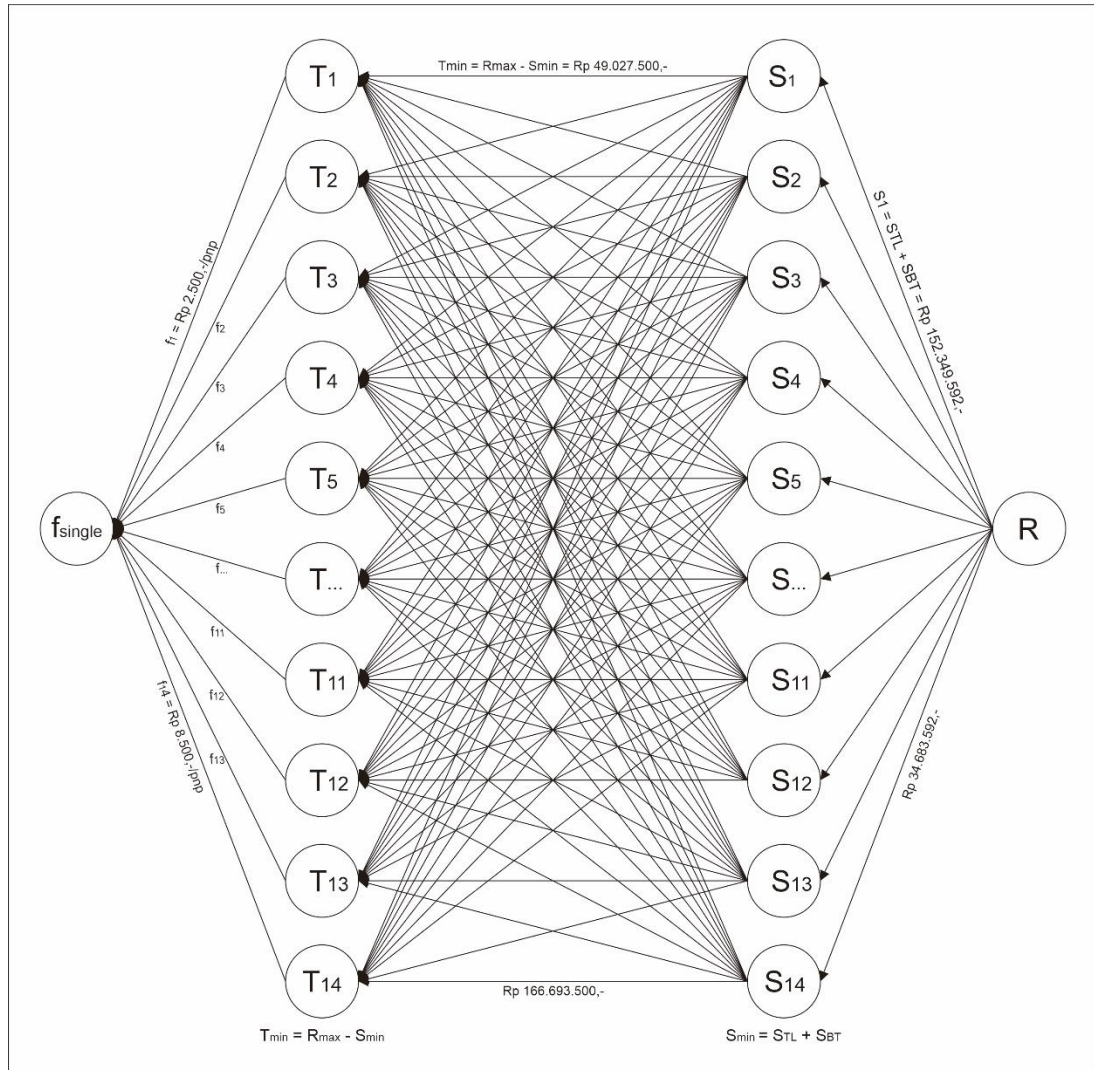
Langkah 3: Model Matematis Fungsi Tujuan (*State*) dan Syarat Batas

Langkah 4: Proses Pencarian Nilai setiap tahap/stage

Langkah 1: Fungsi Tujuan yaitu Pendapatan Total (*Revenue*) dari Commuter Line dan Bus Transjakarta sebagai Pendapatan Maksimum R_{max} .

Nilai Pendapatan maksimum diperoleh dari kondisi eksisting dimana Commuter Line dan Bus TransJakarta beroperasi masing-masing, yaitu sebesar Rp 201.377.092,-/jam.

Langkah 2: Visual Model Program Dinamik – *Back Recursion*



Gambar 4.3 Model Dinamik *Back Recursion* pada Simulasi Jaringan Transportasi Sederhana (*Single Fare*) untuk 2 Moda Angkutan Massal

Persamaan Matematik Model Dinamik *Back Recursion* pada Simulasi Jaringan Transportasi Sederhana

$$f_i(x_i) = \text{Max} \{d(x_i, x_{i+1}) + f_{i+1}(x_{i+1})\}, i = 1, 2, 3 \rightarrow \text{Fungsi Tujuan}$$

TAHAP 3

$$f_4(x_4) = 0$$

Syarat Batas:

$$R \rightarrow R \leq \text{Rp } 201.377.092,-/\text{jam}$$

Tabel 4.6 Tahap 3 (Single Fare) 2 Moda Angkutan Massal Backward Recursion

x ₃	d(x ₃ , x ₄) + f ₄ (x ₄)	Solusi Optimum	
		f ₃ (x ₃)	x ₄
S ₁	Rp 152.349.592,-	Rp 152.349.592,-	R
S...	...	...	R
S ₄	Rp 132.738.592,-	Rp 132.738.592,-	R
S ₅	Rp 123.633.092,-	Rp 123.633.092,-	R
S ₆	Rp 122.933.092,-	Rp 122.933.092,-	R
S...	...	...	R
S ₁₄	Rp 34.683.592,-	Rp 34.683.592,-	R

TAHAP 2

Syarat Batas:

$$R \leq \text{Rp } 201.377.092,-/\text{jam}$$

$$T_{\min} = R_{\max} - S_{\min}$$

Tabel 4.7 Tahap 2 (Single Fare) 2 Moda Angkutan Massal Backward Recursion

X ₂	x ₃ = S ₁	d(x ₂ , x ₃) + f ₃ (x ₃)					Solusi Optimum	
		x ₃ = S ₄	x ₃ = S ₅	x ₃ = S ₆	x ₃ = S ₁₄	f ₂ (x ₂)	x ₃ *	
T ₁	Rp 49.027.500 + Rp 152.349.592 = Rp201.377.092	Rp 49.027.500 + Rp132.738.592 = Rp181.766.092	Rp 49.027.500 + Rp123.633.092 = Rp172.660.592	Rp 49.027.500 + Rp122.933.092 = Rp171.960.592	Rp 49.027.500 + Rp 34.683.592 = Rp 83.711.092	Rp 49.027.500	S ₁	
T _{...}	...	...	...	...	...	...	...	
T ₄	Rp 68.638.500 + Rp 152.349.592 = Rp 220.988.092	Rp 68.638.500 + Rp132.738.592 = Rp 201.377.092 Rp 77.744.000	Rp 68.638.500 + Rp123.633.092 = Rp192.271.592	Rp 68.638.500 + Rp122.933.092 = Rp 191.571.592	Rp 68.638.500 + Rp 34.683.592 = Rp 103.322.092	Rp 68.638.500	S ₄	
T ₅	Rp 77.744.000 + Rp 152.349.592 = Rp 230.093.592	Rp 77.744.000 + Rp132.738.592 = Rp 210.482.592 Rp 78.444.000+	Rp 77.744.000 + Rp123.633.092 = Rp201.377.092 Rp 78.444.000+	Rp 77.744.000 + Rp122.933.092 = Rp 200.677.092	Rp 77.744.000 + Rp 34.683.592 = Rp 112.427.592	Rp 77.744.000	S ₅	
T ₆	Rp 78.444.000 + Rp 152.349.592 = Rp 230.793.592	Rp 78.444.000+ Rp132.738.592 = Rp 211.182.592	Rp 78.444.000+ Rp123.633.092 = Rp202.077.092	Rp 78.444.000+ Rp122.933.092 = Rp 201.377.092	Rp 78.444.000+ Rp 34.683.592 = Rp 113.127.592	Rp 78.444.000	S ₆	
T _{...}	...	...	...	...	...	...	...	
T ₁₄	Rp 166.693.500 + Rp 152.349.592 = Rp 319.043.092	Rp 166.693.500 + Rp132.738.592 = Rp299.432.092	Rp 166.693.500 + Rp123.633.092 = Rp290.326.592	Rp 166.693.500 + Rp122.933.092 = Rp 289.626.592	Rp 166.693.500 + Rp 34.683.592 = Rp 201.377.092	Rp 166.693.500	S ₁₀	

TAHAP 1

Syarat Batas:

$$f_{\text{terendah}} \leq f \leq f_{\text{tertinggi}}$$

$$\text{Rp } 2.500,- \leq f \leq \text{Rp } 6.500,-$$

Tabel 4.8 Tahap 1 (Single Fare) 2 Moda Angkutan Massal Backward Recursion

d(x ₁ , x ₂) + f ₂ (x ₂)								Solusi Optimum	
X ₁	x ₂ = T ₁	x ₂ = T _{...}	x ₂ = T ₄	x ₂ = T ₅	x ₂ = T ₆	x ₂ = T _{...}	x ₂ = T ₁₄	f ₁ (x ₁)	x ₂ * ^o
f _{single}	Rp		Rp	Rp	Rp		Rp		
	49.027.500 /	...	68.638.000/	77.744.000/	78.444.000/	...	166.693.000/	Rp 3.964.-	T ₅
	[Σtid.lid] =		[Σtid.lid] =	[Σtid.lid] =	[Σtid.lid] =		[Σtid.lid] =		
	Rp 2.500/pnp		Rp 3.500/pnp	Rp 3.964/pnp	Rp 4.000/pnp		Rp 8.500/pnp		

SOLUSI OPTIMUM

dari Tahap 1 menuju T_5 menuju S_5 menjadi R

$$F_{\text{single}} \rightarrow T_5 \rightarrow S_5 \rightarrow R$$

$$\text{Rp } 3.964 \rightarrow T_5 = \text{Rp } 77.744.000/\text{jam} \rightarrow S_5 = \text{Rp } 123.633.092,-/\text{jam}$$

$$\rightarrow R = \text{Rp } 201.377.092,-/\text{jam}$$

d. **Pembagian Pendapatan dan Subsidi** pada Jaringan Angkutan Massal Terintegrasi 2 Moda Angkutan Massal dengan *Single Fare* dilakukan berdasarkan:

- Untuk penumpang yang menggunakan 1 moda angkutan massal maka besaran pendapatan dari Tarif dan Subsidi diberikan pada operator angkutan massal yang bersangkutan
- Untuk penumpang yang menggunakan lebih dari 1 moda (dalam hal ini 2 moda angkutan massal), maka pembagian Pendapatan dari Tarif dan Subsidi dilakukan berdasarkan Proporsi Jarak Perjalanan Penumpang
- Proporsi pendapatan tarif diperoleh berdasarkan bobot (persentase) pendapatan tarif jarak. Begitu juga dengan besaran subsidi, diperoleh berdasarkan bobot (persentase) besaran subsidi/jarak dari setiap moda.

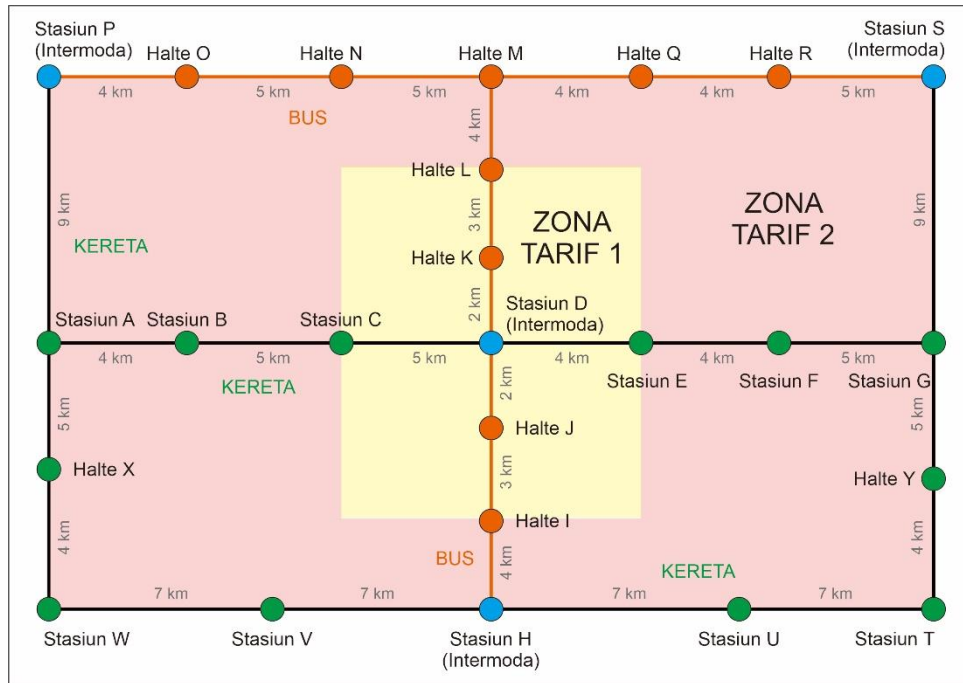
Hasil analisis pembagian pendapatan tarif dan besaran subsidi pada single fare sebesar Rp 3.964,-/penumpang adalah:

- KRL
 - Pendapatan Tarif = Rp 42.060.500,-
 - Subsidi KRL = Rp 61.073.482,-
- Bus TransJakarta
 - Pendapatan Tarif = Rp 35.683.500,-

➤ Subsidi Bus TransJakarta = Rp 62.559.610,-

4.3.2 Analisis Tarif Terintegrasi *Multi Fare* untuk 2 Moda Angkutan Massal

Bentuk jaringan transportasi angkutan massal yang dibuat terdiri dari dua moda angkutan, yaitu Kereta *Commuter Line* dan Bus TransJakarta. Jaringan transportasi angkutan massal ditunjukkan pada Gambar IV.4.



Gambar 4.4 Model Simulasi Jaringan Transportasi Sederhana – *Multi Fare* untuk 2 Moda Angkutan Massal

- a. **Menentukan Fungsi Tujuan dan Syarat Batas** sebagai ketentuan agar tarif yang diberlakukan tidak membebani penumpang dan tidak mengurangi pendapatan operator

Keterangan Notasi:

- $R_{CL-ZONA1}$ = Pendapatan (*Revenue*) dari Tarif *Commuter Line* (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 1
- $R_{BT-ZONA1}$ = Pendapatan (*Revenue*) dari Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 1
- $R_{CL-ZONA2}$ = Pendapatan (*Revenue*) dari *Commuter Line* (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 2
- $R_{BT-ZONA2}$ = Pendapatan (*Revenue*) dari Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 2
- $S_{CL-ZONA1}$ = Pendapatan (Subsidi) *Commuter Line* (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 1

- $S_{BT-ZONA1}$ = Pendapatan (Subsidi) Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 1
 $S_{CL-ZONA2}$ = Pendapatan (Subsidi) *Commuter Line* (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 2
 $S_{BT-ZONA2}$ = Pendapatan (Subsidi) Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 2
 $T_{AM-ZONA1}$ = Pendapatan (*Revenue*) Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 1
 $T_{AM-ZONA2}$ = Pendapatan (*Revenue*) *Commuter Line* (Rupiah/satuan waktu)
 i_1, d_1 = Asal-Tujuan Zona Tarif 1 (satu)
 i_2, d_2 = Asal-Tujuan Zona Tarif 2 (dua)

- Model Fungsi Tujuan Memaksimumkan Pendapatan Total (*Revenue*)
 Maksimum $R = [R_{CL-ZONA1} + R_{BT-ZONA1}] + [R_{CL-ZONA2} + R_{BT-ZONA2}]$
 Maksimum $R = [(T_{CL-ZONA1} + S_{CL-ZONA1}) + (T_{BT-ZONA1} + S_{BT-ZONA1})] + [(T_{CL-ZONA2} + S_{CL-ZONA2}) + (T_{BT-ZONA2} + S_{BT-ZONA2})]$
 Maksimum $R = T_{AM-ZONA1} + T_{AM-ZONA2} + [S_{CL-ZONA1} + S_{CL-ZONA2} + S_{BT-ZONA1} + S_{BT-ZONA2}]$

$$T_{AM} = \left[\sum_{i1=1}^{d1} t_{id1\ AM} * f_1 \right] + \left[\sum_{i2=1}^{d2} t_{id2\ AM} * f_2 \right]$$

- Model Kendala Tarif menjadi 2 Tarif Terintegrasi (*Dual Fare*):

Zona 1

$$f_{CL} = f_{BT} = f$$

$$f_{terendah} \leq f \leq f_{tertinggi}$$

$$Rp\ 2.500,- \leq f \leq Rp\ 6.000,-$$

$$\sum_{i1=1}^{d1} t_{id1\ AM} * f_{terendah} \leq f_1 \leq \sum_{i1=1}^{d1} t_{id1\ AM} * f_{tertinggi}$$

$$\sum_{i1=1}^{d1} t_{id1\ AM} * Rp\ 2.500,- \leq f_1 \leq \sum_{i1=1}^{d1} t_{id1\ AM} * Rp\ 6.000,-$$

Zona 2

$$f_{CL} = f_{BT} = f$$

$$f_{terendah} \leq f \leq f_{tertinggi}$$

$$Rp\ 2.500,- \leq f \leq Rp\ 8.500,-$$

$$\sum_{i2=1}^{d2} t_{id2 \text{ AM}} * f_{\text{terendah}} \leq f_2 \leq \sum_{i2=1}^{d1,2} t_{id2 \text{ AM}} * f_{\text{tertinggi}}$$

$$\sum_{i2=1}^{d2} t_{id2 \text{ AM}} * \text{Rp } 2.500,- \leq f_2 \leq \sum_{i2=1}^{d2} t_{id2 \text{ AM}} * \text{Rp } 8.500,-$$

- Model Kendala Subsidi:

$$S_{\text{CL-ZONA1}} \leq R_{\text{CL-ZONA1}}$$

$$\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ CL-ZONA1}} * l_{id \text{ CL-ZONA1}} * s_{\text{CL-ZONA1}} \leq R_{\text{CL-ZONA1}}$$

$$\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ CL-ZONA1}} * l_{id \text{ CL-ZONA1}} * s_{\text{CL-ZONA1}} \leq \text{Rp } 4.720.932,-$$

$$S_{\text{CL-ZONA2}} \leq R_{\text{CL-ZONA2}}$$

$$\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ CL-ZONA2}} * l_{id \text{ CL-ZONA2}} * s_{\text{CL-ZONA2}} \leq R_{\text{CL-ZONA2}}$$

$$\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ CL-ZONA2}} * l_{id \text{ CL-ZONA2}} * s_{\text{CL-ZONA2}} \leq \text{Rp } 98.413.050,-$$

$$S_{\text{BT-ZONA1}} \leq R_{\text{BT-ZONA1}}$$

$$\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ BT-ZONA1}} * l_{id \text{ BT-ZONA1}} * s_{\text{BT-ZONA1}} \leq R_{\text{BT-ZONA1}}$$

$$\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ BT-ZONA1}} * l_{id \text{ BT-ZONA1}} * s_{\text{BT-ZONA1}} \leq \text{Rp } 8.946.692,-$$

$$S_{\text{BT-ZONA2}} \leq R_{\text{BT-ZONA2}}$$

$$\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ BT-ZONA2}} * l_{id \text{ BT-ZONA2}} * s_{\text{BT-ZONA2}} \leq R_{\text{BT-ZONA2}}$$

$$\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ BT-ZONA2}} * l_{id \text{ BT-ZONA2}} * s_{\text{BT-ZONA2}} \leq \text{Rp } 89.296.418,-$$

- b. Model Program Dinamik menjadi:

- Maksimumkan R = T + S

ZONA 1

$$\text{Maksimum } R_{\text{zona 1}} = R_{\text{CL-ZONA1}} + R_{\text{BT-ZONA1}}$$

$$\text{Maks } R_{\text{zona 1}} \geq \left[\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ CL-ZONA1}} * f_1 \right] + \left[\sum_{i2=1}^{d1} t_{id \text{ BT-ZONA1}} * f_1 \right]$$

$$\text{Rp } 13.667.624,- \geq \left[\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ CL-ZONA1}} * f_1 \right] + \left[\sum_{i2=1}^{d1} t_{id \text{ BT-ZONA1}} * f_1 \right]$$

ZONA 2

$$\text{Maksimum } R_{\text{zona 2}} = R_{\text{CL-ZONA2}} + R_{\text{BT-ZONA2}}$$

$$\text{Maks } R_{\text{zona 2}} \geq \left[\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ CL-ZONA2}} * l_{id \text{ CL-ZONA2}} * f_2 \right] + \left[\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ BT-ZONA2}} * l_{id \text{ BT-ZONA2}} * f_2 \right]$$

$$\text{Rp } 187.709.468,- \geq \left[\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ CL-ZONA2}} * l_{id \text{ CL-ZONA2}} * f_2 \right] +$$

$$\left[\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ BT-ZONA2}} * l_{id \text{ BT-ZONA2}} * f_2 \right]$$

Keterangan: $t_{id \text{ AM-ZONA1}}$, $t_{id \text{ AM-ZONA2}}$, $l_{id \text{ AM-ZONA1}}$, $l_{id \text{ AM-ZONA2}}$, $t_{id \text{ CL-ZONA1}}$, $t_{id \text{ CL-ZONA2}}$, $l_{id \text{ CL-ZONA1}}$, $l_{id \text{ CL-ZONA2}}$, $t_{id \text{ BT-ZONA1}}$, $t_{id \text{ BT-ZONA2}}$, $l_{id \text{ BT-ZONA1}}$, $l_{id \text{ BT-ZONA2}} \rightarrow$ diketahui
 Nilai yang dicari f_1 , f_2 , s_{CL} , s_{BT} ?

▪ **Kendala (Syarat Batas)**

$$\text{Subsidi: } s_{\text{CL}} \geq 0, s_{\text{BT}} \geq 0$$

ZONA 1 Commuter Line

$$0 \leq \sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ CL-ZONA1}} * l_{id \text{ CL-ZONA1}} * s_{\text{CL-ZONA1}} \leq \text{Rp } 4.720.932,- / \text{jam}$$

$$0 \leq s_{\text{CL-ZONA1}} \leq \text{Rp } 818,- / \text{orang/km}$$

ZONA 1 Bus TransJakarta

$$0 \leq \sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ BT-ZONA1}} * l_{id \text{ BT-ZONA1}} * s_{\text{BT-ZONA1}} \leq \text{Rp } 8.946.692,- / \text{jam}$$

$$0 \leq s_{\text{BT-ZONA1}} \leq \text{Rp } 1.444,- / \text{orang/km}$$

ZONA 2 Commuter Line

$$0 \leq \sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ CL-ZONA2}} * l_{id \text{ CL-ZONA2}} * s_{\text{CL-ZONA2}} \leq \text{Rp } 98.413.050,-/\text{jam}$$

$$0 \leq s_{\text{CL-ZON}} \leq \text{Rp } 535,-/\text{orang/km}$$

ZONA 2 Bus TransJakarta

$$0 \leq \sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ BT-ZONA2}} * l_{id \text{ BT-ZONA2}} * s_{\text{BT-ZONA2}} \leq \text{Rp } 89.296.418,-/\text{jam}$$

$$0 \leq s_{\text{BT-ZONA2}} \leq \text{Rp } 873,-/\text{orang/km}$$

Tarif:

$$f_{\text{CL-ZONA1}} = f_{\text{BT-ZONA1}} = f_1$$

$$f_{\text{CL-ZONA2}} = f_{\text{BT-ZONA2}} = f_2$$

$$f_{\text{terendah}} \leq f \leq f_{\text{tertinggi}}$$

$$\text{Rp } 2.500,- \leq f \leq \text{Rp } 6.500,-$$

c. **Penyelesaian Model Program Dinamik dengan Metode *Back Recursion*** (Rekursi ke Belakang) pada kasus Multifare

Langkah 1: Menentukan alur tahapan pencarian nilai optimum. Tahapan/Stage dilakukan berdasarkan fungsi tujuan dan syarat batas pada setiap tahap

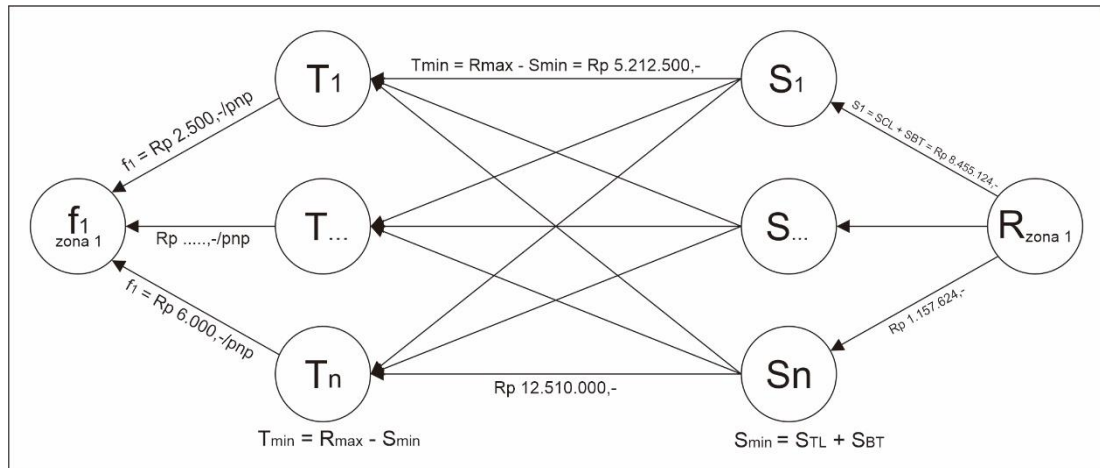
Langkah 2: Visualisasi program Dinamik Back Recursion

Langkah 3: Model Matematis Fungsi Tujuan (*State*) dan Syarat Batas

Langkah 4: Proses Pencarian Nilai setiap tahap/stage

Langkah 1: Fungsi Tujuan yaitu Pendapatan Total (*Revenue*) dari Commuter Line dan Bus Transjakarta sebagai Pendapatan Maksimum $R_{\max}$ untuk Zona 1 dan Zona 2. Nilai Pendapatan maksimum diperoleh dari kondisi eksisting dimana Commuter Line dan Bus TransJakarta beroperasi masing-masing, yaitu untuk zona 1 sebesar Rp 13.667.624,-/jam, dan zona 2 sebesar Rp 187.709.468,-/jam.

Langkah 2: Visual Model Program Dinamik – *Back Recursion*



Gambar 4.5 Model Dinamik *Back Recursion* pada Simulasi Jaringan Transportasi Sederhana (*Multi Fare*) untuk 2 Moda Angkutan Massal – Zona 1

Persamaan Matematik Model Dinamik *Back Recursion* pada Zona 1 dalam Jaringan Transportasi Sederhana

$$f_{i \text{ zona } 1}(x_i) = \text{Max} \{d(x_i, x_{i+1}) + f_{i+1 \text{ zona } 1}(x_{i+1})\}, i = 1, 2, 3 \rightarrow \text{Fungsi Tujuan}$$

TAHAP 3 – ZONA 1

$$f_4(x_4) = 0$$

Syarat Batas:

$$R \rightarrow R_{\text{max}} \leq \text{Rp } 13.667.624,-/\text{jam}$$

**Tabel 4.9 Tahap 3 (*Multi Fare*) 2 Moda Angkutan Massal - Zona 1
*Backward Recursion***

x3	d(x3, x4) + f4(x4)	Solusi Optimum	
		f3(x3)	x4
S1	Rp 8.455.124,-	Rp 8.455.124,-	R
S...	...	...	R
S3	Rp 6.370.124,-	Rp 6.370.124,-	R
S4	Rp 5.432.624,-	Rp 5.432.624,-	R
S5	Rp 5.327.624,-	Rp 5.327.624,-	R
S...	...	...	R
S9	Rp 1.157.624,-	Rp 1.157.624,-	R

TAHAP 2 – ZONA 1

Syarat Batas:

$$R \leq \text{Rp } 13.667.624,-/\text{jam}$$

$$T_{\text{min}} = R_{\text{max}} - S_{\text{min}}$$

Tabel 4.10 Tahap 2 (Multi Fare) 2 Moda Angkutan Massal - Zona 1 Backward Recursion

X ₂	d(x ₂ , x ₃) + f ₃ (x ₃)						Solusi Optimum		
	x ₃ = S ₁	x ₃ = S ₂	x ₃ = S ₃	x ₃ = S ₄	x ₃ = S ₅	x ₃ = S ₆	x ₃ = S ₉	f ₂ (x ₂)	x ₃ *
T ₁	Rp 5.212.500 + Rp 8.455.124 = Rp 13.667.624	...	Rp 5.212.500 + Rp 6.370.124 = Rp 11.582.624	Rp 5.212.500 + Rp 5.432.624 = Rp 10.645.124	Rp 5.212.500 + Rp 5.327.624 = Rp 10.540.124	...	Rp 5.212.500 + Rp 1.157.624 = Rp 6.370.124	Rp 5.212.500	S ₁
T _{...}	...	...	...	...	...	...	...	...	...
T ₃	Rp 7.297.500 + Rp 8.455.124 = Rp 15.752.624	...	Rp 7.297.500 + Rp 6.370.124 = Rp13.667.624	Rp 7.297.500 + Rp 5.432.624 = Rp 12.730.124	Rp 7.297.500 + Rp 5.327.624 = Rp 12.625.124	...	Rp 7.297.500 + Rp 1.157.624 = Rp 8.455.124	Rp 7.297.500	S ₃
T ₄	Rp 8.235.000 + Rp 8.455.124 = Rp 16.690.124	...	Rp 8.235.000 + Rp 6.370.124 = Rp 14.605.124	Rp 8.235.000 + Rp 5.432.624 = Rp 13.667.624	Rp 8.235.000 + Rp 5.327.624 = Rp 13.562.624	...	Rp 8.235.000 + Rp 1.157.624 = Rp 9.392.624	Rp 8.235.000	S ₄
T ₅	Rp 8.340.000 + Rp 8.455.124 = Rp 16.795.124	...	Rp 8.340.000 + Rp 6.370.124 = Rp 14.710.124	Rp 8.340.000 + Rp 5.432.624 = Rp 13.772.624	Rp 8.340.000 + Rp 5.327.624 = Rp 13.667.624	...	Rp 8.340.000 + Rp 1.157.624 = Rp 9.497.624	Rp 8.340.000	S ₅
T _{...}	...	...	...	...	...	...	...	...	...
T ₉	Rp 12.510.000 + Rp 8.455.124 = Rp20.965.124	...	Rp 12.510.000+ Rp 6.370.124 = Rp 18.880.124	Rp 12.510.000 + Rp 5.432.624 = Rp 17.942.624	Rp 12.510.000 + Rp 5.327.624 = Rp 17.837.624	...	Rp 12.510.000 + Rp 1.157.624 = Rp 13.667.624	Rp 12.510.000	S ₉

TAHAP 1 – ZONA 1

Syarat Batas:

$$f_{\text{terendah}} \leq f \leq f_{\text{tertinggi}}$$

$$\text{Rp } 2.500,- \leq f \leq \text{Rp } 6.000,-$$

Tabel 4.11 Tahap 1 (Multi Fare) 2 Moda Angkutan Massal - Zona 1 Backward Recursion

X ₁	d(x ₁ , x ₂) + f ₂ (x ₂)						Solusi Optimum		
	x ₂ = T ₁	x ₂ = T _{....}	x ₂ = T ₃	x ₂ = T ₄	x ₂ = T ₅	x ₂ = T _{....}	x ₂ = T ₉	f ₁ (x ₁)	x ₂ *
f _{single}	Rp 5.212.500 / [Σtid.lid] = Rp 2.500/pnp	...	Rp7.297.500 / [Σtid.lid] = Rp 3.500/pnp	Rp 8.235.000/ [Σtid.lid] = Rp 3.950/pnp	Rp 8.340.000/ [Σtid.lid] = Rp 4.000/pnp	...	Rp 12.510.000/ [Σtid.lid] = Rp 6.000/pnp	Rp 3.964.-	T ₄

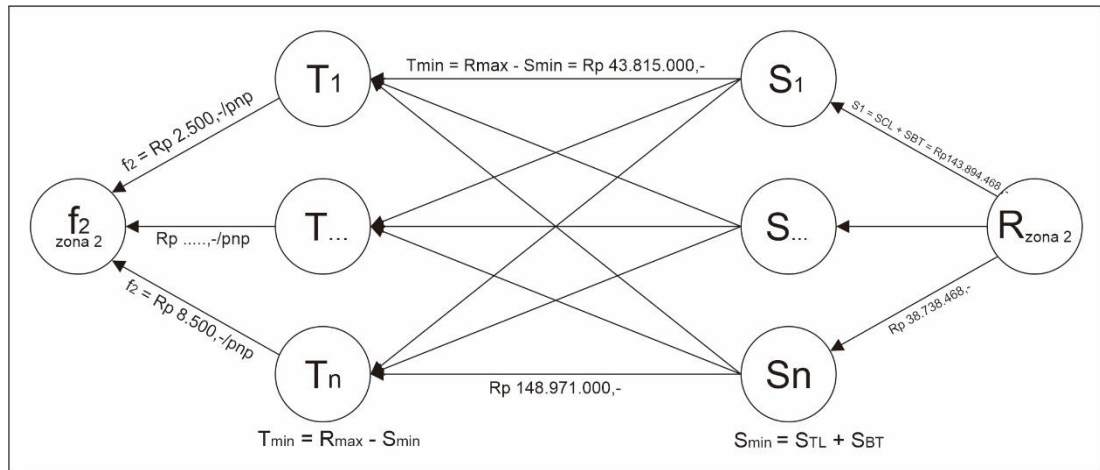
SOLUSI OPTIMUM – ZONA 1

dari Tahap 1 menuju T₄ menuju S₄ menjadi R

$$F_{\text{single}} \rightarrow T_4 \rightarrow S_4 \rightarrow R$$

$$\text{Rp } 3.950 \rightarrow T_4 = \text{Rp } 8.235.000/\text{jam} \rightarrow S_4 = \text{Rp } 5.432.624,-/\text{jam}$$

$$\rightarrow R = \text{Rp } 13.667.624,-/\text{jam}$$



Gambar 4.6 Model Dinamik *Back Recursion* pada Simulasi Jaringan Transportasi Sederhana (*Multi Fare*) untuk 2 Moda Angkutan Massal – Zona 2

Persamaan Matematik Model Dinamik *Back Recursion* pada Zona 2 dalam Jaringan Transportasi Sederhana

$$f_{i \text{ zona } 2}(x_i) = \text{Max} \{d(x_i, x_{i+1}) + f_{i+1 \text{ zona } 2}(x_{i+1})\}, i = 1, 2, 3 \rightarrow \text{Fungsi Tujuan}$$

TAHAP 3 – ZONA 2

$$f_4(x_4) = 0$$

Syarat Batas:

$$R \rightarrow R_{\max} \leq \text{Rp } 187.709.468,-/\text{jam}$$

**Tabel 4.12 Tahap 3 (*Multi Fare*) 2 Moda Angkutan Massal - Zona 2
*Backward Recursion***

x_3	$d(x_3, x_4) + f_4(x_4)$	Solusi Optimum	
		$f_3(x_3)$	x_4
S_1	Rp 143.894.468,-	Rp 143.894.468,-	R
$S_{\dots}$	...	...	R
S_3	Rp 126.368.468,-	Rp 126.368.468,-	R
S_4	Rp 118.200.468,-	Rp 118.200.468,-	R
S_5	Rp 117.605.468,-	Rp 117.605.468,-	R
$S_{\dots}$	...	...	R
S_{14}	Rp 38.738.468,-	Rp 38.738.468,-	R

TAHAP 2 – ZONA 2

Syarat Batas:

$$R \leq \text{Rp } 187.709.468,-/\text{jam}$$

$$T_{\min} = R_{\max} - S_{\min}$$

Tabel 4.13 Tahap 2 (Multi Fare) 2 Moda Angkutan Massal Zona 2
Backward Recursion

X ₂	d(x ₂ , x ₃) + f ₃ (x ₃)							Solusi Optimum	
	x ₃ = S ₁	x ₃ = S ₂	x ₃ = S ₃	x ₃ = S ₄	x ₃ = S ₅	x ₃ = S ₆	x ₃ = S ₉	f ₂ (x ₂)	x ₃ *
T ₁	Rp 43.815.000 + Rp 143.894.468 = Rp 187.709.468	...	Rp 43.815.000 + Rp 126.368.468 = Rp 170.183.468	Rp 43.815.000 + Rp 118.200.468 = Rp 162.015.468	Rp 43.815.000 + Rp 117.605.468 = Rp 161.420.468	...	Rp 43.815.000 + Rp 38.738.468 = Rp 82.553.468	Rp 43.815.000	S ₁
T _{...}	...	...	...	...	...	...	...	...	...
T ₃	Rp 61.341.000 + Rp 143.894.468 = Rp 205.235.468	...	Rp 61.341.000 + Rp 126.368.468 = Rp 187.709.468	Rp 61.341.000 + Rp 118.200.468 = Rp 179.541.468	Rp 61.341.000 + Rp 117.605.468 = Rp 178.946.468	...	Rp 61.341.000 + Rp 38.738.468 = Rp 100.079.468	Rp 61.341.000	S ₃
T ₄	Rp 69.509.000 + Rp 143.894.468 = Rp 213.403.468	...	Rp 69.509.000 + Rp 126.368.468 = Rp 195.877.468	Rp 69.509.000 + Rp 118.200.468 = Rp 187.709.468	Rp 69.509.000 + Rp 117.605.468 = Rp 187.114.468	...	Rp 69.509.000 + Rp 38.738.468 = Rp 108.247.468	Rp 69.509.000	S ₄
T ₅	Rp 70.104.000 + Rp 143.894.468 = Rp 213.998.468	...	Rp 70.104.000 + Rp 126.368.468 = Rp 196.472.468	Rp 70.104.000 + Rp 118.200.468 = Rp 188.304.468	Rp 70.104.000 + Rp 117.605.468 = Rp 187.709.468	...	Rp 70.104.000 + Rp 38.738.468 = Rp 108.842.468	Rp 70.104.000	S ₅
T _{...}	...	...	...	...	...	...	...	...	...
T ₉	Rp 148.971.000 + Rp 143.894.468 = Rp 292.865.468	...	Rp 148.971.000 + Rp 126.368.468 = Rp 275.339.468	Rp 148.971.000 + Rp 118.200.468 = Rp 267.171.468	Rp 148.971.000 + Rp 117.605.468 = Rp 266.576.468	...	Rp 148.971.000 + Rp 38.738.468 = Rp 187.709.468	Rp 148.971.000	S ₉

TAHAP 1 – ZONA 2

Syarat Batas:

$$f_{\text{terendah}} \leq f \leq f_{\text{tertinggi}}$$

$$Rp\ 2.500,- \leq f \leq Rp\ 8.500,-$$

Tabel 4.14 Tahap 1 (Multi Fare) 2 Moda Angkutan Massal Zona 2
Backward Recursion

X ₁		d(x ₁ , x ₂) + f ₂ (x ₂)						Solusi Optimum		
		x ₂ = T ₁	x ₂ = T _{...}	x ₂ = T ₃	x ₂ = T ₄	x ₂ = T ₅	x ₂ = T _{...}	x ₂ = T ₉	f ₁ (x ₁)	x ₂ *
f _{single}	Rp		Rp	Rp	Rp		Rp			
	43.815.000 / [Σtid.lid] = Rp 2.500/npn	...	61.341.000/ [Σtid.lid] = Rp 3.500/npn	69.509.000/ [Σtid.lid] = Rp 3.966/npn	70.104.000/ [Σtid.lid] = Rp 4.000/npn	...	148.971.000/ [Σtid.lid] = Rp 8.500/npn	Rp 3.966.-	T ₅	

SOLUSI OPTIMUM – ZONA 2

dari Tahap 1 menuju T₄ menuju S₄ menjadi R

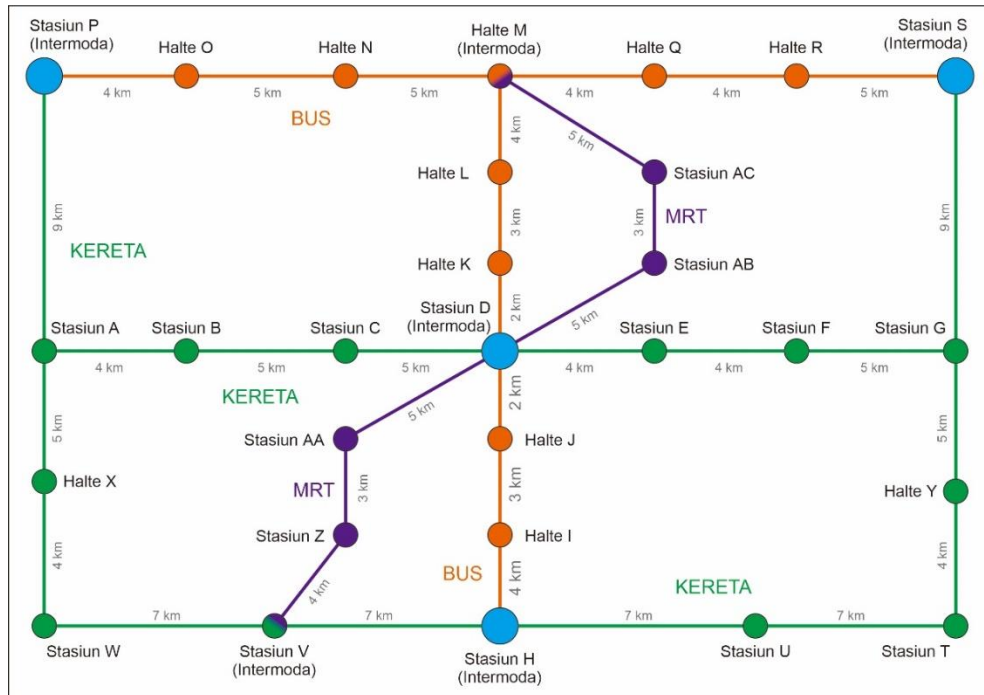
$$F_{\text{single}} \rightarrow T_4 \rightarrow S_4 \rightarrow R$$

$$Rp\ 3.966 \rightarrow T_4 = Rp\ 69.509.000/\text{jam} \rightarrow S_5 = Rp\ 118.200.468,-/\text{jam}$$

$$\rightarrow R = Rp\ 187.709.468,-/\text{jam}$$

4.3.3 Analisis Tarif Terintegrasi Single Fare untuk 3 Moda Angkutan Massal

Bentuk jaringan transportasi angkutan massal yang dibuat terdiri dari dua moda angkutan, yaitu Kereta *Commuter Line*, Bus TransJakarta dan *Mass Rapid Transit* (MRT). Jaringan transportasi angkutan massal ditunjukkan pada Gambar IV.6.



Gambar 4.7 Model Simulasi Jaringan Transportasi Sederhana – *Multi Fare* untuk 3 Moda Angkutan Massal

Tabel 4.15 MAT Penumpang Jaringan Simulasi Transportasi Sederhana dengan 3 Moda Angkutan Massal (satuan: Orang/jam)

Oi/Dd		KRL			Inter	KRL				Inter	BUS							Inter	BUS		Inter	KRL							MRT				Oi
					moda					moda								moda															
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC			
KRL	A	0	100	150	200	175	100	75	10	15	25	30	50	75	30	15	75	25	15	5	15	20	25	50	70	25	138	130	130	153	1925		
	B	50	0	75	150	100	75	50	15	25	30	35	45	50	25	15	40	30	20	15	10	15	20	30	40	10	123	100	100	123	1415		
	C	25	75	0	100	75	50	25	25	30	40	40	35	20	10	5	15	20	15	5	15	25	20	25	35	10	84	60	60	84	1029		
Intermoda	D	50	75	100	0	100	75	50	100	75	50	50	75	125	75	50	35	60	75	30	15	25	25	15	10	25	45	21	21	45	1496		
KRL	E	25	50	75	100	0	75	50	25	50	75	50	20	15	10	5	10	25	20	15	20	30	35	25	15	35	76	53	53	76	1113		
	F	10	20	50	75	100	0	50	15	25	35	40	25	15	10	5	5	20	15	10	30	25	25	15	10	50	108	84	84	108	1063		
	G	20	40	75	100	125	50	0	20	30	50	40	25	20	10	10	5	25	40	75	150	75	50	30	15	100	145	123	123	145	1715		
Intermoda	H	5	10	15	50	35	25	10	0	50	25	20	15	10	20	15	30	25	30	20	50	25	25	50	60	20	68	92	92	115	1008		
BUS	I	3	15	25	65	50	40	35	25	0	100	75	50	25	40	30	20	35	30	15	50	40	30	20	5	5	100	60	60	84	1133		
	J	10	15	35	50	40	30	20	15	25	0	20	30	50	25	15	5	25	20	15	50	40	30	25	15	10	60	37	37	37	785		
	K	5	15	20	70	40	60	30	5	10	20	0	25	10	40	35	20	35	40	25	5	10	10	5	15	5	60	37	37	60	749		
	L	5	10	15	50	30	45	15	10	20	30	50	0	50	60	40	25	50	40	25	5	5	15	5	10	2	84	60	60	76	893		
	M	2	15	25	75	50	25	15	5	10	20	30	50	0	50	25	10	65	75	50	2	10	15	20	25	4	145	123	45	21	1006		
	N	5	5	20	45	40	30	15	5	15	15	20	25	30	0	45	25	30	15	10	1	10	10	25	30	5	153	130	84	60	903		
	O	35	25	15	10	15	20	5	10	20	15	25	30	15	30	0	25	15	15	5	2	15	10	20	20	5	190	168	123	100	982		
Intermoda	P	100	75	60	50	40	30	20	2	5	10	15	15	25	50	100	0	75	50	10	5	10	15	25	35	5	205	198	153	130	1512		
BUS	Q	25	30	40	50	45	35	15	4	10	15	20	30	20	15	10	5	0	10	5	5	20	25	15	15	5	145	123	76	53	865		
	R	15	20	30	50	40	30	10	2	5	10	15	15	25	15	10	5	20	0	40	25	20	15	20	25	20	175	153	108	84	1001		
Intermoda	S	10	15	25	35	30	75	100	1	5	5	10	10	55	35	20	15	35	60	0	50	25	5	5	2	65	213	190	145	123	1363		
KRL	T	50	5	10	20	30	50	50	200	10	5	5	5	15	10	5	25	15	20	175	0	150	250	300	150	200	175	198	190	213	2530		
	U	125	10	5	20	15	30	75	125	15	20	15	10	20	15	10	30	10	15	25	125	0	75	50	35	100	123	145	220	243	1705		
	V	25	30	40	50	25	15	15	35	50	30	20	5	20	10	5	15	10	10	15	50	75	0	75	50	20	13	37	115	138	997		
	W	25	50	30	35	20	10	10	25	35	20	10	5	15	10	5	20	5	5	5	50	60	75	0	75	10	68	92	168	190	1128		
	X	50	70	50	35	20	15	5	50	20	10	5	2	10	20	25	50	10	2	5	25	20	50	100	0	15	100	123	198	220	1304		
	Y	5	5	10	25	30	50	25	35	30	20	10	5	5	5	5	5	10	5	5	25	75	50	20	15	5	0	205	160	160	183	1183	
MRT	Z	138	123	84	45	76	108	145	68	100	60	60	84	145	153	190	205	145	175	213	175	123	13	68	100	205	0	5	84	108	3196		
	AA	130	100	60	21	53	84	123	92	60	37	37	60	123	130	168	198	123	153	190	198	145	37	92	123	160	5	0	60	84	2843		
	AB	130	100	60	21	53	84	123	92	60	37	37	60	45	84	123	153	76	108	145	190	220	115	168	198	160	84	60	0	5	2789		
	AC	153	123	84	45	76	108	145	115	84	37	60	76	21	60	100	130	53	84	123	213	243	138	190	220	183	108	84	5	0	3057		
Dd		1230	1225	1284	1641	1528	1423	1305	1132	890	845	844	883	1053	1047	1085	1205	1066	1161	1295	1605	1530	1177	1483	1407	1459	3196	2843	2789	3057	42688		

Tabel 4.16 Matriks Jarak antar Halte dan Stasiun dengan 3 Moda Angkutan Massal (satuan: km)

Oi/Dd		KRL			Inter	KRL			Inter	BUS							Inter	BUS		Inter	KRL						MRT			
					moda				moda								moda													
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
KRL	A	0	4	9	14	18	22	27	23	19	16	16	19	23	18	13	9	27	31	36	37	30	16	9	5	32	20	19	19	22
	B	4	0	5	10	14	18	23	19	15	12	12	15	19	22	17	13	23	27	32	32	26	20	13	9	28	18	15	15	18
	C	9	5	0	5	9	13	18	14	10	7	7	10	14	19	22	18	18	22	27	27	21	21	18	14	23	13	10	10	13
Intermoda	D	14	10	5	0	4	8	13	9	5	2	2	5	9	14	19	23	13	17	22	23	16	16	23	19	18	8	5	5	8
KRL	E	18	14	9	4	0	4	9	13	9	6	6	9	13	18	23	27	17	23	18	18	20	20	27	23	14	12	9	9	12
	F	22	18	13	8	4	0	5	17	13	10	10	13	17	22	27	31	23	19	14	14	21	24	31	27	10	16	13	13	16
	G	27	23	18	13	9	5	0	23	18	15	15	18	22	27	32	36	18	14	9	9	16	30	37	32	5	21	18	18	21
Intermoda	H	23	19	14	9	13	17	23	0	4	7	11	14	18	23	28	32	22	26	31	14	7	7	14	18	18	11	14	14	17
BUS	I	19	15	10	5	9	13	18	4	0	3	7	10	14	19	24	28	18	22	27	18	11	11	18	22	22	15	10	10	13
	J	16	12	7	2	6	10	15	7	3	0	4	7	11	16	21	25	15	19	24	21	14	14	21	21	20	10	7	7	7
	K	16	12	7	2	6	10	15	11	7	4	0	3	7	12	17	21	11	15	20	25	18	18	25	21	20	10	7	7	10
	L	19	15	10	5	9	13	18	14	10	7	3	0	4	9	14	18	8	12	17	27	21	21	28	24	23	13	10	10	12
	M	23	19	14	9	13	17	22	18	14	11	7	4	0	5	10	14	4	8	13	31	25	25	32	28	27	21	18	8	5
	N	18	22	19	14	18	22	27	23	19	16	12	9	5	0	5	9	9	13	18	36	30	30	27	23	32	22	19	13	10
O	13	17	22	19	23	27	32	28	24	21	17	14	10	5	0	4	18	22	27	45	35	29	22	18	41	27	24	18	15	
Intermoda	P	9	13	18	23	27	31	36	32	28	25	21	18	14	9	4	0	18	22	27	46	39	25	18	14	41	29	28	22	19
BUS	Q	27	23	18	13	17	23	18	22	18	15	11	8	4	9	18	18	0	4	9	27	29	29	36	32	23	21	18	12	9
	R	31	27	22	17	23	19	14	26	22	19	15	12	8	13	22	22	4	0	5	23	30	33	40	36	19	25	22	16	13
Intermoda	S	36	32	27	22	18	14	9	31	27	24	20	17	13	18	27	27	9	5	0	18	25	39	46	41	14	30	27	21	18
KRL	T	37	32	27	23	18	14	9	14	18	21	25	27	31	36	45	46	27	23	18	0	7	21	28	32	4	25	28	27	30
	U	30	26	21	16	20	21	16	7	11	14	18	21	25	30	35	39	29	30	25	7	0	14	21	25	11	18	21	31	34
	V	16	20	21	16	20	24	30	7	11	14	18	21	25	30	29	25	29	33	39	21	14	0	7	11	25	4	7	17	20
	W	9	13	18	23	27	31	37	14	18	21	25	28	32	27	22	18	36	40	46	28	21	7	0	4	32	11	14	24	27
	X	5	9	14	19	23	27	32	18	22	21	21	24	28	23	18	14	32	36	41	32	25	11	4	0	36	15	18	28	31
Y	32	28	23	18	14	10	5	18	22	20	20	23	27	32	41	41	23	19	14	4	11	25	32	36	0	29	23	23	26	
MRT	Z	20	18	13	8	12	16	21	11	15	10	10	13	21	22	27	29	21	25	30	25	18	4	11	15	29	0	3	13	16
	AA	19	15	10	5	9	13	18	14	10	7	7	10	18	19	24	28	18	22	27	28	21	7	14	18	23	3	0	10	13
	AB	19	15	10	5	9	13	18	14	10	7	7	10	8	13	18	22	12	16	21	27	31	17	24	28	23	13	10	0	3
AC	22	18	13	8	12	16	21	17	13	7	10	12	5	10	15	19	9	13	18	30	34	20	27	31	26	16	13	3	0	

Tabel 4.17 Matriks Tarif Commuter Line dan Bus TransJakarta antar Halte dan Stasiun dengan 3 Moda Angkutan Massal (satuan: Rupiah/pnp)

Oi/Dd		KRL			Inter moda	KRL			Inter moda	BUS							Inter moda	BUS		Inter moda	KRL						MRT				
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	
KRL	A	0	2500	2500	2500	3000	3500	4000	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	4500	4000	3000	2500	2500	5000	8000	8500	8500	11000	
	B	2500	0	2500	2500	2500	3000	3500	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	4500	4000	3000	2500	2500	4000	11000	8500	8500	11000	
	C	2500	2500	0	2500	2500	2500	3000	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	4000	4500	3500	3000	2500	3500	11000	8500	8500	11000	
Intermoda	D	2500	2500	2500	0	2500	2500	2500	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	3500	4000	4000	3500	3000	3000	8500	6000	6000	8500	
KRL	E	3000	2500	2500	2500	0	2500	2500	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	3000	3500	4500	4000	3500	2500	11000	8500	8500	11000	
	F	3500	3000	2500	2500	2500	0	2500	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	2500	3000	4000	4500	4000	2500	11000	8500	8500	11000	
	G	4000	3500	3000	2500	2500	2500	0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	2500	3000	4000	4500	4500	2500	11000	8500	8500	11000	
Intermoda	H	7500	7000	6500	6000	6000	6000	6000	0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	2500	2500	2500	3000	3000	7500	10000	9500	12000		
BUS	I	7500	7000	6500	6000	6000	6000	6000	3500	0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	6000	6000	6000	6000	6500	6500	11000	9500	9500	12000	
	J	7500	7000	6500	6000	6000	6000	6000	3500	3500	0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	6000	6000	6000	6000	6500	6500	12000	9500	9500	12000	
	K	7500	7000	6500	6000	6000	6000	6000	3500	3500	3500	0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	6000	6000	6000	6000	6500	6500	12000	9500	9500	12000	
	L	7500	7000	6500	6000	6000	6000	6000	3500	3500	3500	3500	0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	6000	6000	6000	6000	6500	6500	12000	9500	9500	12000	
	M	7500	7000	6500	6000	6000	6000	6000	3500	3500	3500	3500	3500	3500	0	3500	3500	3500	3500	3500	6000	6000	6000	6000	6500	6500	19500	17000	8500	6000	
	N	7500	7000	6500	6000	6000	6000	6000	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	0	3500	3500	3500	3500	6000	6000	6000	6000	6500	6500	12000	9500	12000	9500	
	O	7500	7000	6500	6000	6000	6000	6000	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	0	3500	3500	3500	3500	6000	6000	6000	6000	6500	6500	12000	9500	12000	9500
Intermoda	P	7500	7000	6500	6000	6000	6000	6000	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	0	3500	3500	3500	6000	5500	4000	3000	2500	6500	8500	9500	12000	9500	
BUS	Q	7500	7000	6500	6000	6000	6000	6000	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	0	3500	3500	6000	6000	6000	6000	6500	6500	12000	9500	12000	9500	
	R	7500	7000	6500	6000	6000	6000	6000	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	0	3500	6000	6000	6000	6000	6500	6500	12000	9500	12000	9500	
Intermoda	S	7500	7000	6500	6000	6000	6000	6000	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	0	3000	3500	4500	5000	5500	2500	12000	9500	12000	9500	
KRL	T	4500	4500	4000	3500	3000	2500	2500	2500	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	3000	0	2500	3000	3500	4000	2500	8500	11000	9500	12000	
	U	4000	4000	4500	4000	3500	3000	3000	2500	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	5500	6000	6000	3500	2500	0	2500	3000	3500	2500	7500	10000	18500	21000
	V	3000	3000	3500	4000	4500	4000	4000	2500	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	4000	6000	6000	4500	3000	2500	0	2500	3000	5000	7500	16000	18500	
	W	2500	2500	3000	3500	4000	4500	4500	2500	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	3000	6000	6000	5000	3500	3000	2500	0	2500	3500	7500	10000	18500	21000
	X	2500	2500	2500	3000	3500	4000	4500	3000	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	2500	6500	6500	5500	4000	3500	2500	0	4500	7500	10000	18500	21000	
	Y	5000	4000	3500	3000	2500	2500	2500	3000	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	2500	2500	3000	3500	4500	0	8500	9000	9000	11500	
MRT	Z	8000	11000	11000	8500	11000	11000	11000	7500	11000	12000	12000	12000	19500	12000	12000	8500	12000	12000	12000	8500	7500	5000	7500	7500	8500	0	4000	12500	15000	
	AA	8500	8500	8500	6000	8500	8500	8500	10000	9500	9500	9500	9500	17000	9500	9500	9500	9500	9500	9500	9500	11000	10000	7500	10000	9000	4000	0	10000	12500	
	AB	8500	8500	8500	6000	8500	8500	8500	9500	9500	9500	9500	9500	8500	12000	12000	12000	12000	12000	12000	9500	18500	16000	18500	18500	9000	12500	10000	0	4000	
	AC	11000	11000	11000	8500	11000	11000	11000	12000	12000	12000	12000	12000	6000	9500	9500	9500	9500	9500	9500	9500	12000	21000	18500	21000	21000	11500	15000	12500	4000	0

Asumsi analisis penerapan Tarif Terintegrasi 1 (satu) tarif (*Single Fare*) untuk 3 moda angkutan massal adalah:

- a. Perubahan Besaran Tarif belum memperhitungkan pemilihan moda angkutan
- b. Batas tarif terendah dan tarif tertinggi ditetapkan berdasarkan besaran tarif yang berlaku

Tarif Dasar *Commuter Line* dan Bus TransJakarta

a. Tarif Dasar *Commuter Line*

1. PM 69 Tahun 2014 (Pedoman Perhitungan dan Penetapan Tarif Angkutan Orang dengan Kereta Api)
2. Tarif dasar *Commuter Line* = Rp 453,-/pnp/km

b. Tarif Dasar Bus TransJakarta

1. PM no. 89 Tahun 2002 (Perhitungan Biaya Operasi Bus Transjakarta)
2. Tarif dasar Bus TransJakarta = Rp 965,-/pnp/km

c. Tarif Dasar *Mass Rapid Transit*

1. PM 69 Tahun 2014 (Pedoman Perhitungan dan Penetapan Tarif Angkutan Orang dengan Kereta Api)
2. Tarif dasar *Mass Rapid Transit* (MRT) = Rp 2.236,-/pnp/km

Besaran Subsidi (Rp/pnp.km) berdasarkan kondisi eksisting

- a. Besaran Subsidi *Commuter Line* = Rp 322,-/pnp/km
- b. Besaran Subsidi Bus TransJakarta = Rp 577,-/pnp/km
- c. Besaran Subsidi *Mass Rapid Transit* = Rp 1.386,-/pnp/km

Tarif Eksisting KRL dan Bus TransJakarta (tarif yang telah disubsidi)

- a. Tarif Eksisting *Commuter Line* = Rp 2.500,-/15 km (Rp 500,-/5 km selanjutnya)
- b. Tarif Dasar Bus TransJakarta = Rp 3.500,- (Flat)
- c. Tarif Dasar *Mass Rapid Transit* = Tarif Jarak (Ditunjukkan Tabel IV.12)

Analisis Pendapatan Operator *Commuter Line* dan Operator Bus TransJakarta pada Kondisi Eksisting (pada Jaringan Simulasi Sederhana menyerupai Wilayah Jakarta

Kota) yaitu kondisi sebelum dilakukan integrasi operasional (integrasi tarif angkutan). Pendapatan yang diperoleh yaitu:

- Pendapatan Tarif Eksisting (T)
- Pendapatan Subsidi (S)
- Total Pendapatan (R).

Tabel 4.18 Tarif MRT pada Model Simulasi

Tarif asal/tujuan	V	Z	AA	D	AB	AC	M
V	0	5.000	7.500	11.500	16.000	18.500	23.000
Z	5.000	0	4.000	8.500	12.500	15.000	18.500
AA	7.500	4.000	0	6.000	10.000	12.500	16.000
D	11.500	8.500	6.000	0	6.000	8.500	12.500
AB	16.000	12.500	10.000	6.000	0	4.000	7.500
AC	18.500	15.000	12.500	8.500	4.000	0	5.000
M	23.000	18.500	16.000	12.500	7.500	5.000	0

Keterangan Notasi:

- CL = *Commuter Line*
BT = Bus TransJakarta
MR = *Mass Rapid Transit*
R = Pendapatan Total/*Revenue* (Rupiah/satuan waktu)
T = Pendapatan dari Tarif (Rupiah/satuan waktu)
S = Pendapatan dari Subsidi (Rupiah/satuan waktu)
R_{CL} = Pendapatan (*Revenue*) *Commuter Line* (Rupiah/satuan waktu)
R_{BT} = Pendapatan (*Revenue*) Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu)
R_{MR} = Pendapatan (*Revenue*) *Mass Rapid Transit* (Rupiah/satuan waktu)
T_{CL} = Pendapatan Tarif *Commuter Line* (Rupiah/satuan waktu)
T_{BT} = Pendapatan Tarif Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu)
T_{MR} = Pendapatan Tarif *Mass Rapid Transit* (Rupiah/satuan waktu)
S_{CL} = Subsidi *Commuter Line* (Rupiah/satuan waktu)
S_{BT} = Subsidi Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu)
S_{MR} = Subsidi *Mass Rapid Transit* (Rupiah/satuan waktu)
s_{CL} = Subsidi *Commuter Line* per penumpang per km (Rupiah/pnp/km)
s_{BT} = Subsidi Bus TransJakarta per penumpang per km (Rupiah/pnp/km)
s_{MR} = Subsidi *Mass Rapid Transit* per penumpang per km (Rupiah/pnp/km)
i = Stasiun/Halte i
d = Stasiun/Halte d
t_{id} = Trip (trip) dari stasiun/halte i ke stasiun/halte d (penumpang/satuan waktu)

l_{id} = Jarak (length) dari stasiun/halte i ke stasiun/halte d (km)
 f_{CL} = Tarif Commuter Line (Rupiah per penumpang)
 f_{BT} = Tarif Bus TransJakarta (Rupiah per penumpang)
 f_{MR} = Tarif *Mass Rapid Transit* (Rupiah per penumpang)
 f_{Single} = Tarif Terintegrasi 1 harga (Single Fare)
 f_{zi} = Tarif Terintegrasi untuk Zona Pelayanan i
 AM_i = Angkutan Massal yang diintegrasikan pada zona tarif i
 s_{CL} = Subsidi Commuter Line
 s_{BT} = Subsidi Bus TransJakarta
 s_{MR} = Subsidi *Mass Rapid Transit*

a. Perhitungan Pendapatan dari Tarif Eksisting

1) Pendapatan dari Tarif Eksisting Commuter Line (T_{CL})

$$T_{CL} = \sum_{i=1}^d t_{id\ CL} * f_{CL}$$

(4.15)

$$T_{CL} = \text{Rp } 76.579.667,-/\text{jam}$$

2) Bus TransJakarta (BT)

$$T_{BT} = \sum_{i=1}^d t_{id\ BT} * f_{BT}$$

(4.16)

$$T_{BT} = \text{Rp } 65.211.417,-/\text{jam}$$

3) *Mass Rapid Transit* (MR)

$$T_{MR} = \sum_{i=1}^d t_{id\ MR} * f_{MR}$$

(4.17)

$$T_{BT} = \text{Rp } 144.791.875,-/\text{jam}$$

b. Pendapatan dari Subsidi Eksisting

1) Pendapatan dari Subsidi Eksisting Commuter Line (S_{CL})

$$S_{CL} = \sum_{i=1}^d t_{id\ CL} * l_{id\ CL} * s_{CL}$$

(4.18)

$$S_{CL} = \text{Rp } 115.024.907,-/\text{jam}$$

2) Pendapatan dari Subsidi Eksisting Bus TransJakarta (S_{BT})

$$S_{BT} = \sum_{i=1}^d t_{id BT} * l_{id BT} * s_{BT}$$

(4.19)

$$S_{BT} = \text{Rp } 121.087.125,-/\text{jam}$$

3) Pendapatan dari Subsidi Eksisting *Mass Rapid Transit* (S_{MR})

$$S_{MR} = \sum_{i=1}^d t_{id MR} * l_{id MR} * s_{MR}$$

(4.20)

$$S_{MR} = \text{Rp } 267.502.893,-/\text{jam}$$

c. Pendapatan Total dari Tarif Eksisting dan Subsidi Eksisting

1) Pendapatan Total Commuter Line (R_{CL})

$$R_{CL} = T_{CL} + S_{CL}$$

(4.21)

$$R_{CL} = \text{Rp } 76.579.667,-/\text{jam} + \text{Rp } 115.024.907,-/\text{jam}$$

$$R_{CL} = \text{Rp } 191.604.574,-/\text{jam}$$

2) Pendapatan Total Bus TransJakarta (R_{BT})

$$R_{BT} = T_{BT} + S_{BT}$$

(4.22)

$$R_{BT} = \text{Rp } 65.211.417,-/\text{jam} + \text{Rp } 121.087.125,-/\text{jam}$$

$$R_{BT} = \text{Rp } 186.298.541,-/\text{jam}$$

3) Pendapatan Total *Mass Rapid Transit* (R_{MR})

$$R_{MR} = T_{MR} + S_{MR}$$

(4.23)

$$R_{MR} = \text{Rp } 144.791.875,-/\text{jam} + \text{Rp } 267.502.893,-/\text{jam}$$

$$R_{MR} = \text{Rp } 412.294.768,-/\text{jam}$$

4) Pendapatan Total (R) Commuter Line (R_{CL}), Bus TransJakarta (R_{BT}) dan *Mass Rapid Transit* (R_{MR})

$$R = R_{CL} + R_{BT} + R_{MR}$$

(4.24)

$$R = \text{Rp } 191.604.574,-/\text{jam} + \text{Rp } 186.298.541,-/\text{jam} + \text{Rp } 412.294.768,-/\text{jam}$$

$$R = \text{Rp } 790.197.883,-/\text{jam}$$

Analisis Skenario Integrasi *Single Fare* pada 3 (tiga) moda angkutan massal *Commuter Line*, Bus TransJakarta dan *Mass Rapid Transit* dilakukan dengan Metode Program Dinamik *Backward Recursion*. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penetapan Tarif *Single Fare*:

- a. Menentukan Fungsi Tujuan dan Syarat Batas sebagai ketentuan agar tarif yang diberlakukan tidak membebani penumpang dan tidak mengurangi pendapatan operator

- Model Fungsi Tujuan Memaksimumkan Pendapatan Total (*Revenue*)

$$\text{Maksimum } R = R_{CL} + R_{BT} + R_{MR} \quad (4.25)$$

$$\text{Maksimum } R = [T_{CL} + S_{CL}] + [T_{BT} + S_{BT}] + [T_{MR} + S_{MR}] \quad (4.26)$$

$$\text{Maksimum } R = T_{AM} + [S_{CL} + S_{BT} + S_{MR}] \quad (4.27)$$

$$T_{AM} = \sum_{i=1}^d t_{id \text{ AM}} * f_{\text{single}}$$

- Model Kendala Tarif menjadi 1 Tarif (*Single Fare*):

$$f_{CL} = f_{BT} = f_{MR} = f$$

$$f_{\text{terendah}} \leq f \leq f_{\text{tertinggi}}$$

$$\text{Rp } 2.500,- \leq f \leq \text{Rp } 19.500,-$$

$$\sum_{i=1}^d t_{id \text{ AM}} * f_{\text{terendah}} \leq f \leq \sum_{i=1}^d t_{id \text{ AM}} * f_{\text{tertinggi}}$$

$$\sum_{i=1}^d t_{id \text{ AM}} * \text{Rp } 2.500,- \leq f \leq \sum_{i=1}^d t_{id \text{ AM}} * \text{Rp } 19.500,-$$

- Model Kendala Subsidi:

$$S_{CL} \leq R_{CL}$$

$$\sum_{i=1}^d t_{id \text{ CL}} * l_{id \text{ CL}} * s_{CL} \leq R_{CL}$$

$$S_{BT} \leq R_{BT}$$

$$\sum_{i=1}^d t_{id \text{ BT}} * l_{id \text{ BT}} * s_{BT} \leq R_{BT}$$

$$S_{MR} \leq R_{MR}$$

$$\sum_{i=1}^d t_{id MR} * l_{id MR} * s_{MR} \leq R_{MR}$$

b. Model Program Dinamik menjadi:

- **Maksimumkan R = T + S** (dari Pers. 4.27)

$$R = \left[\sum_{i=1}^d t_{id AM} * f_{single} \right] + \left[\sum_{i=1}^d t_{id CL} * l_{id CL} * s_{CL} \right] + \left[\sum_{i=1}^d t_{id BT} * l_{id BT} * s_{BT} \right] + \left[\sum_{i=1}^d t_{id MR} * l_{id MR} * s_{MR} \right]$$

$$Rp 790.197.883,-/jam = \left[\sum_{i=1}^d t_{id AM} * f_{single} \right] + \left[\sum_{i=1}^d t_{id CL} * l_{id CL} * s_{CL} \right] + \left[\sum_{i=1}^d t_{id BT} * l_{id BT} * s_{BT} \right] + \left[\sum_{i=1}^d t_{id MR} * l_{id MR} * s_{MR} \right]$$

Keterangan: $t_{id AM}$, $l_{id AM}$, $t_{id CL}$, $l_{id CL}$, $t_{id BT}$, $l_{id BT}$, $t_{id MR}$, $l_{id MR} \rightarrow$ diketahui
 Nilai yang dicari f_{single} , s_{CL} , s_{BT} , s_{MR} ?

- **Kendala (Syarat Batas)**

Subsidi: $s_{CL} \geq 0$, $s_{BT} \geq 0$, $s_{MR} \geq 0$

$$0 \leq \sum_{i=1}^d t_{id CL} * l_{id CL} * s_{CL} \leq Rp 191.604.574,-/jam$$

$$0 \leq s_{CL} \leq Rp 544,-/orang/km$$

$$0 \leq \sum_{i=1}^d t_{id BT} * l_{id BT} * s_{BT} \leq Rp 186.298.541,-/jam$$

$$0 \leq s_{BT} \leq Rp 906,-/orang/km$$

$$0 \leq \sum_{i=1}^d t_{id MR} * l_{id MR} * s_{MR} \leq Rp 412.294.768,-/jam$$

$$0 \leq s_{MR} \leq \text{Rp } 1.386,-/\text{orang/km}$$

Tarif: $f_{CL} = f_{BT} = f_{MR} = f$

$$f_{\text{terendah}} \leq f \leq f_{\text{tertinggi}}$$

$$\text{Rp } 2.500,- \leq f \leq \text{Rp } 19.500,-$$

c. Penyelesaian Model Program Dinamik dengan Metode *Back Recursion* (Rekursi ke Belakang)

Langkah 1: Menentukan alur tahapan pencarian nilai optimum. Tahapan/Stage dilakukan berdasarkan fungsi tujuan dan syarat batas pada setiap tahap

Langkah 2: Visualisasi Program Dinamik *Back Recursion*

Langkah 3: Model Matematis Fungsi Tujuan (*State*) dan Syarat Batas

Langkah 4: Proses Pencarian Nilai setiap tahap/stage

Langkah 1: Fungsi Tujuan yaitu Pendapatan Total (*Revenue*) dari Commuter Line, Bus Transjakarta dan *Mass Rapid Transit* sebagai Pendapatan Maksimum $R_{\max}$. Nilai Pendapatan maksimum diperoleh dari kondisi eksisting dimana Commuter Line, Bus TransJakarta dan *Mass Rapid Transit* beroperasi masing-masing, yaitu sebesar Rp 790.197.883,-/jam.

Persamaan Matematik Model Dinamik *Back Recursion* pada Simulasi Jaringan Transportasi Sederhana

$$f_i(x_i) = \text{Max} \{d(x_i, x_{i+1}) + f_{i+1}(x_{i+1})\}, i = 1, 2, 3 \rightarrow \text{Fungsi Tujuan}$$

TAHAP 3

$$f_4(x_4) = 0$$

Syarat Batas:

$$R \rightarrow R \leq \text{Rp } 790.197.883,-/\text{jam}$$

**Tabel 4.19 Tahap 3 (*Single Fare*) 3 Moda Angkutan Massal
*Backward Recursion***

x_3	$d(x_3, x_4) + f_4(x_4)$	Solusi Optimum	
		$f_3(x_3)$	x_4
S_1	Rp 484.771.219,-	Rp 484.771.219,-	R
$S_{\dots}$	...	...	R
S_9	Rp 363.662.826,-	Rp 363.662.826,-	R
S_{10}	Rp 357.199.157,-	Rp 357.199.157,-	R
S_{11}	Rp 348.524.277,-	Rp 348.524.277,-	R
$S_{\dots}$	...	...	R
S_{34}	Rp 337.648,-	Rp 337.648,-	R

TAHAP 2

Syarat Batas:

$$R \leq \text{Rp } 790.197.883,-/\text{jam}$$

$$T_{\min} = R_{\max} - S_{\min}$$

Tabel 4.20 Tahap 2 (Single Fare) 3 Moda Angkutan Massal Backward Recursion

X ₂	x ₃ = S ₁	d(x ₂ , x ₃) + f ₃ (x ₃)					Solusi Optimum	
		x ₃ = S ₉	x ₃ = S ₁₀	x ₃ = S ₁₁	x ₃ = S ₃₄	f ₂ (x ₂)	x ₃ *	
T ₁	Rp106.719.167+ Rp 484.711.219 = Rp591.430.386	Rp106.719.167+ Rp363.662.826 = Rp470.381.993	Rp106.719.167+ Rp357.199.157 = Rp463.918.324	Rp106.719.167+ Rp348.524.277 = Rp455.243.444	Rp106.719.167 + Rp337.648 = Rp107.056.815	Rp106.719.167	S ₁	
T _{...}	...	...	...	...	...	...	...	
T ₉	Rp277.469.833 + Rp484.711.219 = Rp762.181.052	Rp277.469.833 + Rp363.662.826 = Rp641.132.659	Rp277.469.833 + Rp357.199.157 = Rp634.668.990	Rp277.469.833 + Rp348.524.277 = Rp625.994.110	Rp277.469.833 + Rp337.648 = Rp277.807.481	Rp277.469.833	S ₄	
T ₁₀	Rp286.582.958 + Rp484.711.219 = Rp771.294.177	Rp286.582.958 + Rp363.662.826 = Rp650.245.784	Rp286.582.958 + Rp357.199.157 = Rp643.782.115	Rp286.582.958 + Rp348.524.277 = Rp635.107.235	Rp286.582.958 + Rp337.648 = Rp286.920.606	Rp286.582.958	S ₅	
T ₁₁	Rp298.813.667 + Rp484.711.219 = Rp783.524.886	Rp298.813.667 + Rp363.662.826 = Rp662.476.493	Rp298.813.667 + Rp357.199.157 = Rp656.012.824	Rp298.813.667 + Rp348.524.277 = Rp647.337.944	Rp298.813.667 + Rp337.648 = Rp299.151.315	Rp298.813.667	S ₆	
T _{...}	...	...	...	...	...	...	...	
T ₃₄	Rp789.721.833 + Rp484.711.219 = Rp1.274.433.052	Rp789.721.833 + Rp363.662.826 = Rp1.153.384.659	Rp789.721.833 + Rp357.199.157 = Rp1.146.920.990	Rp789.721.833 + Rp348.524.277 = Rp1.138.246.110	Rp789.721.833 + Rp 337.648 = Rp790.059.481	Rp789.721.833	S ₁₀	

TAHAP 1

Syarat Batas:

$$f_{\text{terendah}} \leq f \leq f_{\text{tertinggi}}$$

$$\text{Rp } 2.500,- \leq f \leq \text{Rp } 19.500,-$$

Tabel 4.21 Tahap 1 (Single Fare) 3 Moda Angkutan Massal Backward Recursion

X ₁	x ₂ = T ₁	d(x ₁ , x ₂) + f ₂ (x ₂)					Solusi Optimum	
		x ₂ = T ₉	x ₂ = T ₁₀	x ₂ = T ₁₁	x ₂ = T ₃₄	f ₁ (x ₁)	x ₂ *	
f _{single}	Rp 106.719.167 / [Σtid.lid] = Rp 2.500/pnp	Rp 277.469.833 / [Σtid.lid] = Rp 6.500/pnp	Rp 286.582.958 / [Σtid.lid] = Rp 6.713/pnp	Rp 298.813.667 / [Σtid.lid] = Rp 7.000/pnp	Rp 789.721.833/ [Σtid.lid] = Rp 19.500/pnp	Rp 6.713,-	T ₅	

SOLUSI OPTIMUM

dari Tahap 1 menuju T₁₀ menuju S₁₀ menjadi R

$$F_{\text{single}} \rightarrow T_{10} \rightarrow S_{10} \rightarrow R$$

$$\text{Rp } 6.713 \rightarrow T_{10} = \text{Rp } 286.582.958/\text{jam} \rightarrow S_{10} = \text{Rp } 357.199.157,-/\text{jam}$$

$$\rightarrow R = \text{Rp } 643.182.115,-/\text{jam}$$

d. Pembagian Pendapatan dan Subsidi pada Jaringan Angkutan Massal Terintegrasi 3 Moda Angkutan Massal dengan *Single Fare* dilakukan berdasarkan:

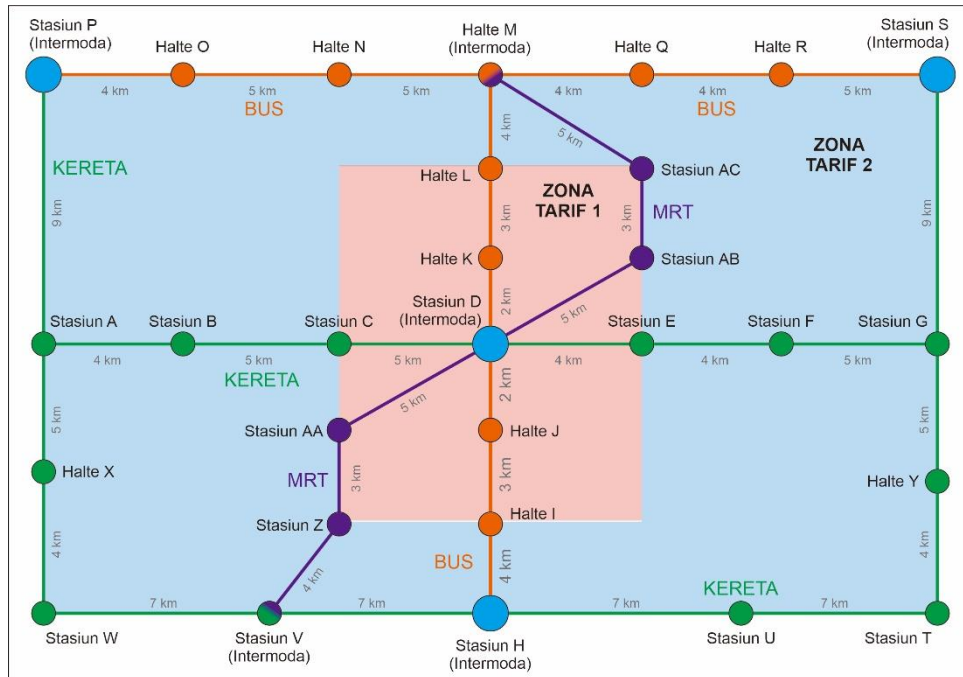
- Untuk penumpang yang menggunakan 1 moda angkutan massal maka besaran pendapatan dari Tarif dan Subsidi diberikan pada operator angkutan massal yang bersangkutan
- Untuk penumpang yang menggunakan lebih dari 1 moda (dalam hal ini 2 moda angkutan massal), maka pembagian Pendapatan dari Tarif dan Subsidi dilakukan berdasarkan Proporsi Jarak Perjalanan Penumpang
- Proporsi pendapatan tarif diperoleh berdasarkan bobot (persentase) pendapatan tarif jarak. Begitu juga dengan besaran subsidi, diperoleh berdasarkan bobot (persentase) besaran subsidi/jarak dari setiap moda.

Hasil analisis pembagian pendapatan tarif dan besaran subsidi pada *single fare* sebesar Rp 6.713,-/penumpang adalah:

- KRL
 - Pendapatan Tarif = Rp 76.579.667,-
 - Subsidi KRL = Rp 115.024.907,-
- Bus TransJakarta
 - Pendapatan Tarif = Rp 65.211.417,-
 - Subsidi Bus TransJakarta = Rp 121.087.125,-
- MRT
 - Pendapatan Tarif = Rp 144.791.875,-
 - Subsidi MRT = Rp 267.502.893,-

4.3.4 Analisis Tarif Terintegrasi *Multi Fare* untuk 3 Moda Angkutan Massal

Bentuk jaringan transportasi angkutan massal yang dibuat terdiri dari dua moda angkutan, yaitu Kereta *Commuter Line*, Bus TransJakarta dan *Mass Rapid Transit*. Jaringan transportasi angkutan massal ditunjukkan pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.8 Model Simulasi Jaringan Transportasi Sederhana –
Multi Fare untuk 3 Moda Angkutan Massal**

- Menentukan Fungsi Tujuan dan Syarat Batas sebagai ketentuan agar tarif yang diberlakukan tidak membebani penumpang dan tidak mengurangi pendapatan operator

Keterangan Notasi:

- $R_{CL-ZONA1}$ = Pendapatan (*Revenue*) dari Tarif *Commuter Line* (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 1
- $R_{BT-ZONA1}$ = Pendapatan (*Revenue*) dari Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 1
- $R_{MR-ZONA1}$ = Pendapatan (*Revenue*) dari *Mass Rapid Transit* (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 1
- $R_{CL-ZONA2}$ = Pendapatan (*Revenue*) dari *Commuter Line* (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 2
- $R_{BT-ZONA2}$ = Pendapatan (*Revenue*) dari Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 2
- $R_{MR-ZONA2}$ = Pendapatan (*Revenue*) dari *Mass Rapid Transit* (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 2
- $S_{CL-ZONA1}$ = Pendapatan (Subsidi) *Commuter Line* (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 1
- $S_{BT-ZONA1}$ = Pendapatan (Subsidi) Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 1
- $S_{MR-ZONA1}$ = Pendapatan (Subsidi) *Mass Rapid Transit* (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 1

- $S_{CL-ZONA2}$ = Pendapatan (Subsidi) *Commuter Line* (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 2
 $S_{BT-ZONA2}$ = Pendapatan (Subsidi) Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 2
 $S_{MR-ZONA2}$ = Pendapatan (Subsidi) *Mass Rapid Transit* (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 2
 $T_{AM-ZONA1}$ = Pendapatan (*Revenue*) Bus TransJakarta (Rupiah/satuan waktu) pada Zona 1
 $T_{AM-ZONA2}$ = Pendapatan (*Revenue*) *Commuter Line* (Rupiah/satuan waktu)
 i_1, d_1 = Asal-Tujuan Zona Tarif 1 (satu)
 i_2, d_2 = Asal-Tujuan Zona Tarif 2 (dua)

▪ Model Fungsi Tujuan Memaksimumkan Pendapatan Total (*Revenue*)

$$\text{Maksimum } R = [R_{CL-ZONA1} + R_{BT-ZONA1} + R_{MR-ZONA1}] + [R_{CL-ZONA2} + R_{BT-ZONA2} + R_{MR-ZONA2}]$$

$$\text{Maksimum } R = [(T_{CL-ZONA1} + S_{CL-ZONA1}) + (T_{BT-ZONA1} + S_{BT-ZONA1}) + (T_{MR-ZONA1} + S_{MR-ZONA1})] + [(T_{CL-ZONA2} + S_{CL-ZONA2}) + (T_{BT-ZONA2} + S_{BT-ZONA2}) + (T_{MR-ZONA2} + S_{MR-ZONA2})]$$

$$\text{Maksimum } R = T_{AM-ZONA1} + T_{AM-ZONA2} + [S_{CL-ZONA1} + S_{CL-ZONA2} + S_{BT-ZONA1} + S_{BT-ZONA2} + S_{MR-ZONA1} + S_{MR-ZONA2}]$$

$$T_{AM} = \left[\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ AM-ZONA1}} * f_1 \right] + \left[\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ AM-ZONA2}} * f_2 \right]$$

▪ Model Kendala Tarif menjadi 2 Tarif Terintegrasi (*Dual Fare*):

Zona 1

$$f_{CL} = f_{BT} = f$$

$$f_{\text{terendah}} \leq f \leq f_{\text{tertinggi}}$$

$$\text{Rp } 2.500,- \leq f \leq \text{Rp } 15.000,-$$

$$\sum_{i1=1}^{d1} t_{id1 \text{ AM}} * f_{\text{terendah}} \leq f_1 \leq \sum_{i1=1}^{d1} t_{id1 \text{ AM}} * f_{\text{tertinggi}}$$

$$\sum_{i1=1}^{d1} t_{id1 \text{ AM}} * \text{Rp } 2.500,- \leq f_1 \leq \sum_{i1=1}^{d1} t_{id1 \text{ AM}} * \text{Rp } 15.000,-$$

Zona 2

$$f_{CL} = f_{BT} = f$$

$$f_{\text{terendah}} \leq f \leq f_{\text{tertinggi}}$$

$$\text{Rp } 2.500,- \leq f \leq \text{Rp } 19.500,-$$

$$\sum_{i2=1}^{d2} t_{id2 \text{ AM}} * f_{\text{terendah}} \leq f_2 \leq \sum_{i2=1}^{d1,2} t_{id2 \text{ AM}} * f_{\text{tertinggi}}$$

$$\sum_{i2=1}^{d2} t_{id2 \text{ AM}} * \text{Rp } 2.500,- \leq f_2 \leq \sum_{i2=1}^{d2} t_{id2 \text{ AM}} * \text{Rp } 19.500,-$$

▪ Model Kendala Subsidi:

$$S_{\text{CL-ZONA1}} \leq R_{\text{CL-ZONA1}}$$

$$\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ CL-ZONA1}} * l_{id \text{ CL-ZONA1}} * s_{\text{CL-ZONA1}} \leq R_{\text{CL-ZONA1}}$$

$$\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ CL-ZONA1}} * l_{id \text{ CL-ZONA1}} * s_{\text{CL-ZONA1}} \leq \text{Rp } 10.000.043,-$$

$$S_{\text{CL-ZONA2}} \leq R_{\text{CL-ZONA2}}$$

$$\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ CL-ZONA2}} * l_{id \text{ CL-ZONA2}} * s_{\text{CL-ZONA2}} \leq R_{\text{CL-ZONA2}}$$

$$\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ CL-ZONA2}} * l_{id \text{ CL-ZONA2}} * s_{\text{CL-ZONA2}} \leq \text{Rp } 181.604.531,-$$

$$S_{\text{BT-ZONA1}} \leq R_{\text{BT-ZONA1}}$$

$$\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ BT-ZONA1}} * l_{id \text{ BT-ZONA1}} * s_{\text{BT-ZONA1}} \leq R_{\text{BT-ZONA1}}$$

$$\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ BT-ZONA1}} * l_{id \text{ BT-ZONA1}} * s_{\text{BT-ZONA1}} \leq \text{Rp } 19.495.962,-$$

$$S_{\text{BT-ZONA2}} \leq R_{\text{BT-ZONA2}}$$

$$\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ BT-ZONA2}} * l_{id \text{ BT-ZONA2}} * s_{\text{BT-ZONA2}} \leq R_{\text{BT-ZONA2}}$$

$$\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ BT-ZONA2}} * l_{id \text{ BT-ZONA2}} * s_{\text{BT-ZONA2}} \leq \text{Rp } 166.802.579,-$$

$$S_{\text{MR-ZONA1}} \leq R_{\text{MR-ZONA1}}$$

$$\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ MR-ZONA1}} * l_{id \text{ MR-ZONA1}} * s_{\text{MR-ZONA1}} \leq R_{\text{MR-ZONA1}}$$

$$\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ MR-ZONA1}} * l_{id \text{ MR-ZONA1}} * s_{\text{MR-ZONA1}} \leq \text{Rp } 68.403.142,-$$

$$S_{\text{MR-ZONA2}} \leq R_{\text{MR-ZONA2}}$$

$$\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ MR-ZONA2}} * l_{id \text{ MR-ZONA2}} * s_{\text{MR-ZONA2}} \leq R_{\text{MR-ZONA2}}$$

$$\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ MR-ZONA2}} * l_{id \text{ MR-ZONA2}} * s_{\text{MR-ZONA2}} \leq \text{Rp } 343.891.626,-$$

b. Model Program Dinamik menjadi:

- **Maksimumkan R = T + S**

ZONA 1

$$\text{Maksimum } R_{\text{zona 1}} = R_{\text{CL-ZONA1}} + R_{\text{BT-ZONA1}} + R_{\text{MR-ZONA1}}$$

$$\begin{aligned} \text{Maks } R_{\text{zona 1}} &\geq \left[\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ CL-ZONA1}} * f_1 \right] + \left[\sum_{i2=1}^{d1} t_{id \text{ BT-ZONA1}} * f_1 \right] + \\ &\left[\sum_{i2=1}^{d1} t_{id \text{ MR-ZONA1}} * f_1 \right] \\ \text{Rp } 97.899.147,- &\geq \left[\sum_{i1=1}^{d1} t_{id \text{ CL-ZONA1}} * f_1 \right] + \left[\sum_{i2=1}^{d1} t_{id \text{ BT-ZONA1}} * f_1 \right] + \\ &\left[\sum_{i2=1}^{d1} t_{id \text{ MR-ZONA1}} * f_1 \right] \end{aligned}$$

ZONA 2

$$\text{Maksimum } R_{\text{zona 2}} = R_{\text{CL-ZONA2}} + R_{\text{BT-ZONA2}} + R_{\text{MR-ZONA2}}$$

$$\begin{aligned} \text{Maks } R_{\text{zona 2}} &\geq \left[\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ CL-ZONA2}} * l_{id \text{ CL-ZONA2}} * f_2 \right] + \left[\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ BT-ZONA2}} * l_{id \text{ BT-ZONA2}} * f_2 \right] + \\ &\left[\sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ MR-ZONA2}} * l_{id \text{ MR-ZONA2}} * f_2 \right] \end{aligned}$$

$$Rp\ 692.298.736,- \geq \left[\sum_{i2=1}^{d2} t_{id\ CL-ZONA2} * l_{id\ CL-ZONA2} * f_2 \right] + \left[\sum_{i2=1}^{d2} t_{id\ BT-ZONA2} * l_{id\ BT-ZONA2} * f_2 \right] + \left[\sum_{i2=1}^{d2} t_{id\ MR-ZONA2} * l_{id\ MR-ZONA2} * f_2 \right]$$

Keterangan: $t_{id\ AM-ZONA1}$, $t_{id\ AM-ZONA2}$, $l_{id\ AM-ZONA1}$, $l_{id\ AM-ZONA2}$, $t_{id\ CL-ZONA1}$, $t_{id\ CL-ZONA2}$, $l_{id\ CL-ZONA1}$, $l_{id\ CL-ZONA2}$, $t_{id\ BT-ZONA1}$, $t_{id\ BT-ZONA2}$, $l_{id\ BT-ZONA1}$, $l_{id\ BT-ZONA2}$, $t_{id\ MR-ZONA1}$, $t_{id\ MR-ZONA2}$, $l_{id\ MR-ZONA1}$, $l_{id\ MR-ZONA2} \rightarrow$ diketahui
 Nilai yang dicari f_1 , f_2 , S_{CL} , S_{BT} , S_{MR} ?

▪ Kendala (Syarat Batas)

Subsidi: $S_{CL} \geq 0$, $S_{BT} \geq 0$

ZONA 1 Commuter Line

$$0 \leq \sum_{i1=1}^{d1} t_{id\ CL-ZONA1} * l_{id\ CL-ZONA1} * S_{CL-ZONA1} \leq 10.000.043,- /jam$$

$$0 \leq S_{CL-ZONA1} \leq Rp\ 825,-/orang/km$$

ZONA 1 Bus TransJakarta

$$0 \leq \sum_{i1=1}^{d1} t_{id\ BT-ZONA1} * l_{id\ BT-ZONA1} * S_{BT-ZONA1} \leq Rp\ 19.495.962,- /jam$$

$$0 \leq S_{BT-ZONA1} \leq Rp\ 1.506,-/orang/km$$

ZONA 1 Mass Rapid Transit

$$0 \leq \sum_{i1=1}^{d1} t_{id\ MR-ZONA1} * l_{id\ MR-ZONA1} * S_{MR-ZONA1} \leq Rp\ 68.403.142,- /jam$$

$$0 \leq S_{MR-ZONA1} \leq Rp\ 12.250,-/orang/km$$

ZONA 2 Commuter Line

$$0 \leq \sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ CL-ZONA2}} * l_{id \text{ CL-ZONA2}} * s_{\text{CL-ZONA2}} \leq \text{Rp } 181.604.531,-/\text{jam}$$

$$0 \leq s_{\text{CL-ZON}} \leq \text{Rp } 526,-/\text{orang/km}$$

ZONA 2 Bus TransJakarta

$$0 \leq \sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ BT-ZONA2}} * l_{id \text{ BT-ZONA2}} * s_{\text{BT-ZONA2}} \leq \text{Rp } 166.802.579,-/\text{jam}$$

$$0 \leq s_{\text{BT-ZONA2}} \leq \text{Rp } 847,-/\text{orang/km}$$

ZONA 3 Mass Rapid Transit

$$0 \leq \sum_{i2=1}^{d2} t_{id \text{ MR-ZONA2}} * l_{id \text{ MR-ZONA2}} * s_{\text{MR-ZONA2}} \leq \text{Rp } 343.891.626,-/\text{jam}$$

$$0 \leq s_{\text{MR-ZONA2}} \leq \text{Rp } 2.114,-/\text{orang/km}$$

Tarif:

$$f_{\text{CL-ZONA1}} = f_{\text{BT-ZONA1}} = f_{\text{MR-ZONA1}} = f_1$$

$$f_{\text{CL-ZONA2}} = f_{\text{BT-ZONA2}} = f_{\text{MR-ZONA2}} = f_2$$

$$f_{\text{terendah}} \leq f \leq f_{\text{tertinggi}}$$

$$\text{Rp } 2.500,- \leq f \leq \text{Rp } 19.500,-$$

- c. Penyelesaian Model Program Dinamik dengan Metode *Back Recursion* (Rekursi ke Belakang) pada kasus Multifare

Langkah 1: Menentukan alur tahapan pencarian nilai optimum. Tahapan/Stage dilakukan berdasarkan fungsi tujuan dan syarat batas pada setiap tahap

Langkah 2: Visualisasi program Dinamik Back Recursion

Langkah 3: Model Matematis Fungsi Tujuan (*State*) dan Syarat Batas

Langkah 4: Proses Pencarian Nilai setiap tahap/stage

Langkah 1: Fungsi Tujuan yaitu Pendapatan Total (*Revenue*) dari Commuter Line dan Bus Transjakarta sebagai Pendapatan Maksimum $R_{\max}$ untuk Zona 1 dan Zona 2. Nilai Pendapatan maksimum diperoleh

dari kondisi eksisting dimana *Commuter Line*, Bus TransJakarta dan *Mass Rapid Transit* beroperasi masing-masing, yaitu untuk zona 1 sebesar Rp 97.899.147,-/jam, dan zona 2 sebesar Rp 692.298.736,-/jam.

Persamaan Matematik Model Dinamik *Back Recursion* pada Zona 1 dalam Jaringan Transportasi Sederhana

$$f_{i \text{ zona } 1}(x_i) = \text{Max} \{d(x_i, x_{i+1}) + f_{i+1 \text{ zona } 1}(x_{i+1})\}, i = 1, 2, 3 \rightarrow \text{Fungsi Tujuan}$$

Program Dinamik Back Recursion Zona 1

TAHAP 3 – ZONA 1

$$f_4(x_4) = 0$$

Syarat Batas:

$$R \rightarrow R_{\max} \leq \text{Rp } 97.899.147,-/\text{jam}$$

Tabel 4.22 Tahap 3 (Multi Fare) 3 Moda Angkutan Massal - Zona 1
Backward Recursion

x ₃	d(x ₃ , x ₄) + f ₄ (x ₄)	Solusi Optimum	
		f ₃ (x ₃)	x ₄
S ₁	Rp 82.813.731,-	Rp 82.813.731,-	R
S...	...	...	R
S ₁₀	Rp 55.659.981,-	Rp 55.659.981,-	R
S ₁₁	Rp 53.502.897,-	Rp 53.502.897,-	R
S ₁₂	Rp 52.642.897,-	Rp 52.642.897,-	R
S...	...	...	R
S ₂₇	Rp 7.386.647,-	Rp 7.386.647,-	R

TAHAP 2 – ZONA 1

Syarat Batas:

$$R \leq \text{Rp } 97.899.147,-/\text{jam}$$

$$T_{\min} = R_{\max} - S_{\min}$$

Tabel 4.23 Tahap 2 (Multi Fare) 3 Moda Angkutan Massal - Zona 1
Backward Recursion

X ₂	d(x ₂ , x ₃) + f ₃ (x ₃)						Solusi Optimum	
	x ₃ = S ₁	x ₃ = S ₁₀	x ₃ = S ₁₁	x ₃ = S ₁₂	x ₃ = S ₂₇	f ₂ (x ₂)	x ₃ *	
T ₁	Rp15.085.417 + Rp82.813.731 = Rp97.899.148	...	Rp15.085.417 + Rp55.659.981 = Rp70.745.398	Rp15.085.417 + Rp53.502.897 = Rp68.588.314	Rp15.085.417 + Rp52.642.897 = Rp67.728.314	...	Rp15.085.417 + Rp7.386.647 = Rp22.472.064	Rp 15.085.417 S ₁
T...	...	...	...	...	...	...	...	...
T ₁₀	Rp42.239.167 + Rp82.813.731 = Rp125.052.898	...	Rp42.239.167 + Rp55.659.981 = Rp97.899.148	Rp42.239.167 + Rp53.502.897 = Rp95.742.064	Rp42.239.167 + Rp52.642.897 = Rp94.882.064	...	Rp42.239.167 + Rp7.386.647 = Rp49.625.814	Rp 42.239.167 S ₁₀

T ₁₁	Rp44.396.250 + Rp82.813.731 = Rp127.209.981	...	Rp44.396.250 + Rp55.659.981 = Rp100.056.231	Rp44.396.250 + Rp53.502.897 = Rp97.899.147	Rp44.396.250 + Rp52.642.897 = Rp97.039.147	...	Rp44.396.250 + Rp7.386.647 = Rp51.782.897	Rp 44.396.250	S ₁₁
T ₁₂	Rp45.256.250 + Rp82.813.731 = Rp128.069.981	...	Rp45.256.250 + Rp55.659.981 = Rp100.916.231	Rp45.256.250 + Rp53.502.897 = Rp98.759.147	Rp45.256.250 + Rp52.642.897 = Rp97.899.147	...	Rp45.256.250 + Rp7.386.647 = Rp52.642.897	Rp 45.256.250	S ₁₂
T _{...}	...	...	...	...	...	...	...	...	...
T ₂₇	Rp90.512.500 + Rp82.813.731 = Rp173.326.231	...	Rp90.512.500 + Rp55.659.981 = Rp146.172.481	Rp90.512.500 + Rp53.502.897 = Rp144.015.397	Rp90.512.500 + Rp52.642.897 = Rp143.155.397	...	Rp90.512.500 + Rp7.386.647 = Rp97.899.147	Rp 90.512.500	S ₂₇

TAHAP 1 – ZONA 1

Syarat Batas:

$$f_{\text{terendah}} \leq f \leq f_{\text{tertinggi}}$$

$$\text{Rp } 2.500,- \leq f \leq \text{Rp } 15.000,-$$

**Tabel 4.24 Tahap 1 (Multi Fare) 3 Moda Angkutan Massal - Zona 1
Backward Recursion**

X ₁	d(x ₁ , x ₂) + f ₂ (x ₂)						Solusi Optimum		
	x ₂ = T ₁	x ₂ = T _{...}	x ₂ = T ₁₁	x ₂ = T ₁₂	x ₂ = T ₁₃	x ₂ = T _{...}	x ₂ = T ₂₇	f ₁ (x ₁)	x ₂ *
f _{single}	Rp15.085.417 / [Σtid.lid] = Rp 2.500/pnp	...	Rp42.239.167 / [Σtid.lid] = Rp 7.000/pnp	Rp44.396.25 0 / [Σtid.lid] = = Rp 7.357/pnp	Rp45.256.250 / [Σtid.lid] = Rp 7.500/pnp	...	Rp90.512.500 / [Σtid.lid] = Rp 15.000/pnp	Rp 7.357.-	T ₁₂

SOLUSI OPTIMUM – ZONA 1

dari Tahap 1 menuju T₁₂ menuju S₁₂ menjadi R

$$F_{\text{single}} \rightarrow T_{12} \rightarrow S_{12} \rightarrow R$$

$$\begin{aligned} \text{Rp } 7.357 \rightarrow T_{12} &= \text{Rp } 44.396.250/\text{jam} \rightarrow S_{12} = \text{Rp } 53.502.897,-/\text{jam} \\ &\rightarrow R = \text{Rp } 97.899.147,-/\text{jam} \end{aligned}$$

Program Dinamik Back Recursion Zona 2

Persamaan Matematik Model Dinamik *Back Recursion* pada Zona 2 dalam Jaringan Transportasi Sederhana

$$f_{i \text{ zona } 2}(x_i) = \text{Max} \{d(x_i, x_{i+1}) + f_{i+1 \text{ zona } 2}(x_{i+1})\}, i = 1, 2, 3 \rightarrow \text{Fungsi Tujuan}$$

TAHAP 3 – ZONA 2

$$f_4(x_4) = 0$$

Syarat Batas:

$$R \rightarrow R_{\text{max}} \leq \text{Rp } 692.298.736,-/\text{jam}$$

Tabel 4.25 Tahap 3 (Multi Fare) 3 Moda Angkutan Massal - Zona 2 Backward Recursion

x_3	$d(x_3, x_4) + f_4(x_4)$	Solusi Optimum	
		$f_3(x_3)$	x_4
S_1	Rp 600.664.986,-	Rp 600.664.986,-	R
$S_{\dots}$	...	...	R
S_9	Rp 454.050.986,-	Rp 454.050.986,-	R
S_{10}	Rp 450.112.027,-	Rp 450.112.027,-	R
S_{11}	Rp 435.724.236,-	Rp 435.724.236,-	R
$S_{\dots}$	...	...	R
S_{34}	Rp 14.208.986,-	Rp 14.208.986,-	R

TAHAP 2 – ZONA 2

Syarat Batas:

$$R \leq \text{Rp } 692.298.736,-/\text{jam}$$

$$T_{\min} = R_{\max} - S_{\min}$$

Tabel 4.26 Tahap 2 (Multi Fare) 3 Moda Angkutan Massal Zona 2 Backward Recursion

X_2	$x_3 = S_1$	$d(x_2, x_3) + f_3(x_3)$					Solusi Optimum		
		$x_3 = S_{\dots}$	$x_3 = S_9$	$x_3 = S_{10}$	$x_3 = S_{12}$	$x_3 = S_{\dots}$	$x_3 = S_{36}$	$f_2(x_2)$	x_3^*
T_1	Rp91.633.750 + Rp600.664.986 = Rp 187.709.468	...	Rp91.633.750 + Rp454.050.986= Rp 170.183.468	Rp91.633.750 + Rp450.112.027= Rp 162.015.468	Rp91.633.750 + Rp435.724.236= Rp 161.420.468	...	Rp91.633.750 + Rp14.208.986 = Rp 82.553.468	Rp 91.633.750	S_1
$T_{\dots}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...
T_9	Rp238.247.750 + Rp600.664.986 = Rp 205.235.468	...	Rp238.247.750+ Rp454.050.986= Rp187.709.468	Rp238.247.750+ Rp450.112.027= Rp 179.541.468	Rp238.247.750+ Rp435.724.236= Rp 178.946.468	...	Rp238.247.750+ Rp14.208.986 = Rp 100.079.468	Rp 238.247.750	S_9
T_{10}	Rp242.186.708+ Rp600.664.986 = Rp 213.403.468	...	Rp242.186.708+ Rp454.050.986= Rp 195.877.468	Rp242.186.708 + Rp450.112.027 Rp 187.709.468	Rp242.186.708+ Rp435.724.236= Rp 187.114.468	...	Rp242.186.708+ Rp14.208.986 = Rp 108.247.468	Rp 242.186.708	S_{10}
T_{11}	Rp256.574.500+ Rp600.664.986 = Rp 213.998.468	...	Rp256.574.500+ Rp454.050.986= Rp 196.472.468	Rp256.574.500+ Rp450.112.027 Rp 188.304.468	Rp256.574.500+ Rp435.724.236= Rp 187.709.468	...	Rp256.574.500+ Rp14.208.986 = Rp 108.842.468	Rp 70.104.000	S_{11}
$T_{\dots}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...
T_{34}	Rp714.743.250+ Rp600.664.986 = Rp 292.865.468	...	Rp714.743.250+ Rp454.050.986= Rp 275.339.468	Rp714.743.250+ Rp450.112.027= Rp 267.171.468	Rp714.743.250+ Rp435.724.236= Rp 266.576.468	...	Rp714.743.250+ Rp Rp14.208.986 = Rp 187.709.468	Rp 714.743.250	S_{34}

TAHAP 1 – ZONA 2

Syarat Batas:

$$f_{\text{terendah}} \leq f \leq f_{\text{tertinggi}}$$

$$\text{Rp } 2.500,- \leq f \leq \text{Rp } 19.500,-$$

Tabel 4.27 Tahap 1 (*Multi Fare*) 3 Moda Angkutan Massal Zona 2
Backward Recursion

X ₁	d(x ₁ , x ₂) + f ₂ (x ₂)						Solusi Optimum	
	x ₂ = T ₁	x ₂ = T ₉	x ₂ = T ₁₀	x ₂ = T ₁₁	x ₂ = T ₃₄	f ₁ (x ₁)	x ₂ *	
f _{single}	Rp 600.664.986 / [Σtid.lid] = Rp 2.500/pnp	Rp 238.247.750 / [Σtid.lid] = Rp 6.500/pnp	Rp242.186.708 / [Σtid.lid] = Rp 6.607/pnp	Rp256.574.500 / [Σtid.lid] = Rp 7.000/pnp	Rp714.743.250 / [Σtid.lid] = Rp 19.500/pnp	Rp 6.607.-	T ₁₀	

SOLUSI OPTIMUM – ZONA 2

dari Tahap 1 menuju T_{10} menuju S_{10} menjadi R

$$F_{\text{single}} \rightarrow T_{10} \rightarrow S_{10} \rightarrow R$$

Rp 6.607 → T₁₀ = Rp 242.186.708/jam → S₁₀ = Rp 450.112.027,-/jam
→ R = Rp 692.298.736,-/jam

Bab V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis integrasi tarif berdasarkan metode *Dynamic Programming Back Recursion* dapat ditarik kesimpulan bahwa Berdasarkan hasil analisis tarif terintegrasi diperoleh rentang tarif yang paling optimum adalah besaran tarif terendah pada zona tarif yang direncanakan s.d. besaran tarif rata-rata (*Revenue* eksisting maksimal berbanding dengan jumlah penumpang angkutan pada zona tarif tersebut). Hasil analisis pada wilayah Jabodetabek adalah:

- a. Pada Kondisi Eksisting dan Kondisi Optimasi dengan penetapan 1 tarif (*single fare*) pada wilayah kajian Jakarta Selatan dengan fungsi tujuan adalah Maksimasi Revenue Total diperoleh besaran tarif terintegrasi sebesar Rp 6.713 (dengan pembulatan Rp 6.750,-). *Sharing revenue* pada kondisi tarif terintegrasi adalah:

- Kereta Commuter Line (KRL)
 - Pendapatan Tarif = Rp 76.579.667,-
 - Subsidi KRL = Rp 115.024.907,-
- Bus TransJakarta
 - Pendapatan Tarif = Rp 65.211.417,-
 - Subsidi Bus TransJakarta = Rp 121.087.125,-
- Mass Rapid Transit (MRT)
 - Pendapatan Tarif = Rp 144.791.875,-
 - Subsidi Bus MRT = Rp 121.087.125,-

- b. Pada Kondisi Eksisting dan Kondisi Optimasi dengan penetapan 2 tarif (*multi fare*) pada wilayah kajian Jakarta Selatan dengan fungsi tujuan adalah Maksimasi Revenue Total diperoleh besaran tarif terintegrasi untuk Zona 1 sebesar Rp 7.357 (dengan pembulatan Rp 7.400,-). *Sharing revenue* pada kondisi tarif terintegrasi adalah:

- Kereta Commuter Line (KRL)
 - Pendapatan Tarif = Rp 6.095.833,-

- Subsidi KRL = Rp 3.904.210,-
- Bus TransJakarta
 - Pendapatan Tarif = Rp 12.028.333,-
 - Subsidi Bus TransJakarta = Rp 7.467.628,-
- Mass Rapid Transit (MRT)
 - Pendapatan Tarif = Rp 26.272.083,-
 - Subsidi Bus MRT = Rp 42.131.059,-

Zona 2 sebesar Rp 6.607 (dengan pembulatan Rp 6.600,-). *Sharing revenue* pada kondisi tarif terintegrasi adalah:

- Kereta Commuter Line (KRL)
 - Pendapatan Tarif = Rp 70.483.833,-
 - Subsidi KRL = Rp 111.120.697,-
- Bus TransJakarta
 - Pendapatan Tarif = Rp 53.183.083,-
 - Subsidi Bus TransJakarta = Rp 113.619.496,-
- Mass Rapid Transit (MRT)
 - Pendapatan Tarif = Rp 118.519.792,-
 - Subsidi Bus MRT = Rp 225.371.834,-

5.2 Rekomendasi

Analisis lanjutan terkait integrasi tarif angkutan massal di wilayah Jakarta Pusat dapat diterapkan pada wilayah yang lebih besar di Jabodetabek. Selain itu dapat dilakukan analisis dengan menambahkan moda angkutan umum massal *Light Rail Train* (LRT) di daerah Velodrome, Rawamangun Jakarta Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrate, G., Piacenza, M., Vannoni, D. (2005): The Impact of Integrated Fare Systems on Public Transport Demand: Evidence from Italy, University of Eastern Piedmont and HERMES
- Auckland Transport (2011): Integrated Transport Programme, An Auckland Council Organisation
- Badan Pusat Statistik Ibukota Jakarta (2005 dan 2015): Buku Ibukota Jakarta Dalam Angka
- Bangun, P.B.J., Octarina, S. (2013): Kajian Perencanaan Sistem Zona Tarif dalam Optimasi Transportasi Publik, FMIPA Universitas Sriwijaya
- Bellman, R. (1957): Dynamic Programming, Princeton University, United States of America
- Departement for Transport (2013): Building Better Bus Service: Multi-Operator Ticketing, Guidance for Local Transport Authorities on Planning and Implementing Multi-Operator Ticketing Service
- Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta, (2014): Peraturan Gubernur DKI Jakarta nomor 35 Tahun 2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Unit Pengelola TransJakarta – Busway
- Hrelja, R. (2014): Integrating transport and land-use planning? How steering cultures in local authorities affect implementation of integrated public transport and land-use planning, Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden
- Indah, F., Susantono, B., Riyanto, B. (2015): Analisis Tingkat Pelayanan Transportasi Berkesinambungan (Seamless Service) (Studi Kasus: Perjalanan Komuter Jabodetabek melalui Stasiun Kereta Api Bekasi), Universitas Diponegoro
- Jovicic., G. (2001): Activity Based Travel Demand Modelling, Danmarks Transportforskning
- Khisty, C.J. dan Lall, B.K. (2003): Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi (Jilid 2), Penerbit Erlangga
- Land Transport Authority (2012): Land Transport Masterplan 2013 Singapore
- Liyanage, T., U., Kumarage, A., S. (2007): Activity Based Trip Generation Forecasting for Suburban Area, The Institution of Engineers, Sri Lanka
- McFadden, D. (2000): Disaggregate Behavioral Travel Demand's RUM Side, Department of Economics, University of California, Berkeley
- Masruroh, I., (2014): Analisis Model Penentuan Tarif Berdasarkan Activity Based Costing (Studi Kasus Pada Troy Wedding Organizer), Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang
- Moeckel, R., Huntsinger, L., Donnelly, R. (2015): Microscopic trip generation: Adding fidelity to trip-based travel demand models, University of Maryland
- Meyer, M., D., & Miller, E., J. (1984): Urban Transportation Planning: A Decision – Oriented Approach, McGraw-Hill, USA
- Nosal, K., Katarzyna, S. (2014): Application of AHP method for multi-criteria evaluation of variants of the integration of urban public transport, Transportation Research Procedia

- Pemerintah Republik Indonesia (2014): Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, nomor 74 Tahun 2014 tentang Angkutan Jalan
- Pemerintah Republik Indonesia, (1999): Undang-Undang nomor 22 Tahun 1999 tentang Otonomi Daerah
- Puhe, M., Edelmann, M., Reichenbach, M. (2014): Integrated urban e-ticketing for public transport and touristic sites, Science and Technology Options Assessment (STOA), Directorate for Impact Assessment and European Added Value, DG Parliamentary Research Services, European Parliament
- Schöbel, Anita. (2004): Design of Zone Fare Systems in Public Transportation, Technische Universität Kaiserslautern
- Serpa, J., C., J., Sanchez, R., E., A., et all (2015): Fare Integration for Public Transportation in the Metropolitan Area of Bucaramanga, INGE CUC
- Simpson, B., J., (1994): Urban Public Transport Today, E & FN Spon
- Solecka, K., Zak, J. (2014): Integration of The Urban public Transortation System with the Application of Traffic Simulation, Cracow University of Technology
- Tamin, O., Z. (2005): Perencanaan & Permodelan Transportasi . Penerbit ITB
- Transport fo London (2016): The London Transportation Studies Model (LTS), Mayor of London
- Takahashi, T. (2014): Economic Analysis of Fare Integration in Public Transport, University of Tokyo
- Vuchic, V.R. (2005): Urban Transit: Operations, Planning, and Economics, John Wiley & Sons., Inc.
- Vrtic, M., Frohlich, P., Schussler, N., Axhausen, K., W., Lohse, D., Schiller, C., Teichert, H. (2006): Two-dimensionally constrained disaggregate trip generation, distribution and mode choice model: Theory and application for a Swiss national model, Transportation Research Procedia
- Warpani, S., P. (2002): Pengelolaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Penerbit ITB
- White, P., (1995): Public Transport: Its Planning, managment and operation, University College London
- Yao, L., Guan, H., Hai, Yan. (2008): Trip Generation Model Based on Destination Attractiveness. Beijing University of Technology
- Data Rute Bus TransJakarta, diperoleh dari www.transjakarta.co.id/peta-rute/. Diunduh 2 Februari 2019
- Data Rute MRT Jakarta, diperoleh dari www.jakartamrt.co.id/konektivitas/peta-transportasi-publik/. Diunduh 21 Desember 2018
- Data Rute LRT Jabodetabek, diperoleh dari http://www.krl.co.id/#m_perjalanankrl. Diunduh 21 Desember 2018