

Dr. Fitri Maya Puspita, M.Sc
Septia Anggraini
Weny Herlina, S.T, M.T
Yunita, S.Si, M.Cs.

**PERMASALAHAN IMPROVED WIRELESS MULTILINK
REVERSE CHARGING PADA ATTRIBUTE QUALITY
OF SERVICE END TO-END DELAY DAN BER**



**PERMASALAHAN IMPROVED WIRELESS MULTILINK REVERSE CHARGING
PADA ATTRIBUTE QUALITY OF SERVICE END TO-END DELAY DAN BER**

Oleh

Dr. Fitri Maya Puspita, M.Sc

Septia Anggraini

Weny Herlina, S.T, M.T

Yunita, S.Si, M.Cs.

UPT. Penerbit dan Percetakan

Universitas Sriwijaya 2020

Kampus Unsri Palembang

Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar Palembang 30139

Telp. 0711-360969

email : unsri.press@yahoo.com, penerbitunsri@gmail.com

website : www.unsri.unsripress.ac.id

Anggota APPTI No. 026/KTA/APPTI/X/2015

Anggota IKAPI No. 001/SMS/2009

Setting & Lay Out Isi : Devi

Cetakan Pertama, Januari 2020

140 halaman : 24 x 16 cm

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penerbit

Hak Terbit Pada Unsri Press

ISBN 978-979-587-836-0



**PERMASALAHAN *IMPROVED WIRELESS MULTILINK*
REVERSE CHARGING PADA *ATTRIBUTE QUALITY OF*
*SERVICE END TO-END DELAY DAN BER***

Oleh

Dr. Fitri Maya Puspita, M.Sc

Septia Anggraini

Weny Herlina, S.T, M.T

Yunita, S.Si, M.Cs.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr Wb,

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya sehingga buku referensi ini dapat diselesaikan dengan baik. Pembahasan materi pada buku ini dilakukan dengan cara memaparkan landasan teori Reverse Charging dengan skema pembiayaan internet *wireless* non-Linier untuk QoS attribute End to-end Delay.

Isi buku ajar ini mencakup materi mixed integer non linier programming yakni: jaringan internet dan kualitas layanan internet.

Pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada Universitas Sriwijaya yang telah membantu secara finansial melalui skema Hibah Unggulan Kompetitif Tahun 2019 . Tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Maijance Oktaryna, S.Si yang telah banyak memberikan bantuan editing agar buku ini lebih sempurna. Mudah-mudahan buku ini dapat memberikan sedikit manfaat bagi para pembaca pada umumnya.

Wassalamualaikum wr wb.

Hormat Kami

Tim Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN SAMPUL	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR ISTILAH.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 <i>Internet</i>	4
1.2 <i>Multiple QoS (Quality of Service)</i>	5
1.3 <i>Internet Service Provider (ISP)</i>	6
1.4 <i>Mixed Integer Nonlinear Programming (MINLP)</i>	8
BAB II MODEL <i>IMPROVED REVERSE CHARGING</i> PADA	
<i>ATTRIBUTE QoS END TO-END DELAY</i>	9
2.1 <i>Data</i>	9
2.2 <i>Model Improved Reverse Charging (IRC)</i>	11
2.3 <i>Parameter dan Variabel</i>	26

2.4	Solusi Optimal Model <i>Improved Reverse Charging</i> Dalam 4 Kasus pada data <i>Traffic Musi 3</i>	29
2.5	Kesimpulan	40
BAB III MODEL <i>IMPROVED REVERSE CHARGING</i> PADA ATTRIBUTE QoS <i>BIT ERROR RATE</i>		
41		
3.1	Pendeskripsian Data <i>Traffic</i>	41
3.2	Pendefinisian Parameter dan Variabel Keputusan Pada Model Jaringan Multi Layanan.....	48
3.3	Model Skema Pembiayaan Internet pada Model Original	57
3.3.1	Model Original dan Solusi Optimal Skema Pembiayaan Internet pada Atribut QoS <i>Bit Error Rate (BER)</i>	57
3.3.2	Model Original dan Solusi Optimal Skema Pembiayaan Internet Wireless Pada Model Reverse Charging terhadap Konsumsi <i>Bit Error Rate (BER)</i>	63
3.4	Model Modifikasi Skema Pembiayaan Internet.....	68
3.4.1	Model Skema Pembiayaan Internet Wireless Berdasarkan Pemakaian Data <i>Traffic Sisfo</i>	68
3.5	Solusi dan Nilai-Nilai Variabel dari Model Skema Pembiayaan Internet <i>Traffic Sisfo</i>	96

3.5.1 Solusi Optimal dari Model Skema Pembiayaan Internet pada <i>Traffic Sisfo</i> Kasus α dan β Sebagai Parameter ...	96
3.5.2 Solusi dan Nilai-Nilai Variabel dari Model Skema Pembiayaan Internet <i>Traffic File</i>	108
3.6 Perbandingan Solusi pada Model Skema Pembiayaan Internet untuk Setiap Kasus	120
DAFTAR PUSTAKA	124
INDEKS	Error! Bookmark not defined.7
BIOGRAFI PENGARANG.....	129

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Data Pemakaian Traffic Musi 3	10
Tabel 2.2 Pembiayaan Berdasarkan QoS Attribute	15
Tabel 2.3 Parameter untuk Setiap Model Improved Reverse Charging	26
Tabel 2.4 Variabel Keputusan untuk Setiap Model Improved Reverse Charging	27
Tabel 2.5. Nilai Parameter Untuk Setiap Kasus Berdasarkan Data Traffic Musi 3	28
Tabel 2.6 Solusi Optimal Model Reverse Charging pada Traffic digilib dalam Kasus α dan β Sebagai Konstanta	29
Tabel 2.7 Solusi Optimal Model Reverse Charging pada Traffic musu 3 dalam Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel	31
Tabel 2.8 Solusi Optimal Model Reverse Charging pada Traffic musu 3 dalam Kasus α dan β Sebagai Variabel	33

Tabel 2.9 Solusi Optimal Model Reverse Charging pada Traffic musisi 3 dalam Kasus α Sebagai Variabel dan β Sebagai Konstanta	35
Tabel 2.10 Nilai-Nilai Variabel Untuk Setiap Kasus Berdasarkan Data Traffic Musisi 3	38
Tabel 2.11 Perbandingan Solusi Optimal dari Model Skema Pembiayaan Internet pada Traffic Musisi 3	40
Tabel 3.1 Data Traffic pada Sisfo untuk jaringan Multi Kelas Qos	42
Tabel 3.2 Data Traffic pada File untuk jaringan Multi Kelas Qos	44
Tabel 3.3 Data Traffic pada Sisfo untuk Multi Layanan	46
Tabel 3.4 Data Traffic pada file untuk Multi Layanan	47
Tabel 3.5 Parameter untuk Setiap Kasus pada Model Improved Reverse Charging	50
Tabel 3.6 Variabel untuk Setiap Kasus pada Model Improved Reverse Charging	54
Tabel 3.7 Nilai - Nilai Parameter dalam Jaringan Multipel QoS	56

Tabel 3.8 Solusi Optimal Model Original Skema Pembiayaan Internet untuk QoS Bit Error Rate	61
Tabel 3.9 Nilai-Nilai Variabel pada Model Original Skema Pembiayaan Internet untuk QoS Bit Error Rate	62
Tabel 3.10 Solusi Optimal Model Original Skema Pembiayaan Internet Wireless pada Model Reverse Charging terhadap Konsumsi Bit Error Rate (BER)	66
Tabel 3.11 Nilai-Nilai Variabel Model Original Skema Pembiayaan Internet Wireless pada Model Reverse Charging terhadap Konsumsi Bit Error Rate	67
Tabel 3.12 Nilai - Nilai Parameter Kasus α dan β Sebagai Konstanta Berdasarkan Data Traffic Sisfo	69
Tabel 3.13 Nilai - Nilai Parameter Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel Berdasarkan Data Traffic Sisfo	76
Tabel 3.14 Nilai - Nilai Parameter Kasus α dan β Sebagai Variabel Berdasarkan DataTraffic Sisfo	83

Tabel 3.15	Nilai - Nilai Konstanta Kasus α Sebagai Variabel dan β Sebagai Konstanta Berdasarkan Data Traffic Sisfo	90
Tabel 3.16	Solusi Optimal Model Reverse Charging pada Traffic Sisfo dalam Kasus α dan β Sebagai Konstanta	97
Tabel 3.17	Solusi Optimal Model Reverse Charging pada Traffic Sisfo dalam Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel	100
Tabel 3.18	Solusi Optimal Model Reverse Charging pada Traffic Sisfo dalam Kasus α dan β Sebagai Variabel	103
Tabel 3.19	Solusi Optimal Model Reverse Charging pada Traffic Sisfo dalam Kasus α Sebagai Variabel dan β Sebagai Konstanta	106
Tabel 3.20	Solusi Optimal Model Reverse Charging pada Traffic File dalam Kasus α dan β Sebagai Parameter	109

Tabel 3.21 Solusi Optimal Model Reverse Charging pada Traffic File dalam Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel	112
Tabel 3.22 Solusi Optimal Model Reverse Charging pada Traffic File dalam Kasus α dan β Sebagai Variabel	115
Tabel 3.23 Solusi Optimal Model Reverse Charging pada Traffic File dalam Kasus α Sebagai Variabel dan β Sebagai Parameter	118
Tabel 3.24 Perbandingan Solusi Optimal dari Model Skema Pembiayaan Internet pada Traffic Sisfo	121
Tabel 3.25 Perbandingan Solusi Optimal dari Model Skema Pembiayaan Internet pada Traffic File	122

DAFTAR ISTILAH

- Flat Fee** : Pembiayaan internet yang setiap bulannya tetap, dan pengguna bebas mengakses internet dalam jangka waktu sebulan.
- Usage Based** : Pembiayaan internet dengan sistem seberapa banyak akses internet yang dipakai sebanyak itulah yang harus dibayarkan
- Two-Part
Tariff** : Pembiayaan Internet yang setiap bulannya tetap namun harga dan akses internet dibatasi sesuai keinginan pengguna
- Traffic** : Jumlah banyaknya kunjungan pada suatu website
- Traffic Musi 3** : Jumlah banyaknya kunjungan pada suatu website sistem informasi
- IP** : IP atau Internet Protocol adalah standar komunikasi data yang digunakan oleh komunitas internet dalam proses tukar-menukar data dari satu computer ke computer lain di dalam jaringan internet
- ISP** : ISP atau *Internet Service Provider* adalah penyedia jasa layanan internet
- QoS** : QoS atau *Quality of Service* adalah kualitas layanan internet

- Bit** : Satuan ukuran dalam jaringan komputer yang merupakan bilangan biner 0 dan 1
- Byte** : Satuan ukuran dalam jaringan komputer yang terbentuk dari 8 bit
- Kilobyte** : Satuan ukuran dalam jaringan komputer yang terbentuk dari 1024 byte
- Infeasibility** : Besar kelayakan suatu model berdasarkan keseluruhan kendalanya.
- GMU (Generated Memory Used)** : Besar memori yang digunakan Program Lingo dalam menyelesaikan model pada kapasitas yang disediakan perangkat.
- Elapsed Runtime (ER)** : Jumlah waktu yang digunakan dalam menghasilkan dan menyelesaikan model. Jumlah ER dapat dipengaruhi oleh banyaknya aplikasi yang sedang dijalankan pada sistem perangkat.

BAB I

PENDAHULUAN

Pada umumnya setiap orang akan membutuhkan internet. Internet merupakan sekumpulan beberapa jaringan komputer yang menghubungkan ke banyak situs. Kebutuhan akan internet terlihat dari pengguna internet di semua kalangan dan lapisan masyarakat seperti anak-anak, remaja maupun orang dewasa. Sehingga internet menjadi perbincangan hangat dalam masalah optimasi. Beberapa penelitian tentang pembiayaan internet *wireless* telah dibahas seperti skema pembiayaan internet yang berfokus pada *wireless nonlinier* yang disusun oleh Wallenius and Hamalainen (2002), skema pembiayaan internet *wireless* pada atribut QoS *bandwidth, bit error rate* (BER), *end to-end delay* (Puspita et al., 2015), skema pembiayaan internet *wireless* dengan menerapkan *Improved model C-RAN (Cloud Radio Access Network)* pada atribut QoS (Puspita, et al., 2018).

Model *Reverse Charging* merupakan model yang menghadirkan kualitas layanan dan kecepatan akses

pengguna, dengan berfokus pada charging yang hanya dilakukan oleh satu ISP ke pelanggan ISP sehingga tidak memungkinkan orang lain untuk melakukan charging sebaliknya. Menurut Stremersch and Tellis (2002), untuk transmisi data berkecepatan tinggi membutuhkan aplikasi untuk menghubungkan pelanggan ke internet yang akan mengizinkan kualitas jaringan *Quality of Service* (QoS) yang berbeda.

Menurut Sain & Herpers (2003), jaringan multilink ditujukan untuk membawa berbagai variasi layanan dan aplikasi dengan karakteristik yang berbeda dan beragam dalam waktu, koneksi dan kualitas layanan yang berbeda. Model yang diberikan umumnya dapat memenuhi permintaan dan pendapatan ISP. Atribut *end to-end delay* mengacu pada waktu yang dibutuhkan untuk suatu paket dikirimkan melalui jaringan dari sumber ke tujuan.

Model *Mixed Integer Non-Linear Programming* (MINLP) merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk merumuskan optimasi (Bussieck, 2013). Berdasarkan penelitian sebelumnya Jodie dan Ayu (2015), membahas model *Improved*

Reverse Charging pada skema pembiayaan internet *wireless* pada atribut QoS *bandwidth* dengan pembatasan link tunggal dan kelas layanan yang diaplikasikan ke dalam data *traffic sisfo* dan *traffic file*. Pada kenyataannya, jaringan internet linknya tidak hanya berupa link tunggal tapi ada juga yang *multilink*. Oleh sebab itu, perlu dikembangkan penelitian mengenai jaringan internet yang *multilink* agar sesuai dengan kenyataan yang ada pada jaringan internet. Maka dibahas mengenai jaringan internet *multilink*.

Menurut Wang and Schulzrinne (2001) fungsi utilitas saling berhubungan dengan tingkat kepuasan konsumen terhadap layanan yang diberikan penyedia layanan jasa internet, atas konsumsi tersebut bisa memperoleh keuntungan yang maksimum untuk atribut QoS *bandwidth*, *bit error rate* (BER), *end-to-end delay*. Penelitian ini membahas model *Improved Reverse Charging* dengan perluasan jaringan *wireless* ke multi layanan dengan menggunakan data sekunder, yaitu data *traffic* musisi 3 yang diperoleh dari server lokal di Palembang.

1.1 *Internet*

Interconnected-Network atau internet merupakan sekumpulan beberapa jaringan komputer yang menghubungkan ke banyak situs yaitu akademik, pemerintahan, komersial, organisasi, maupun perorangan (Ramadhani, 2013). Selain itu internet juga dapat mengakses informasi secara lengkap termasuk informasi berbasis gambar, data, maupun video. Rohaya (2008) menjelaskan bahwa bentuk layanan internet yang tersedia sesuai perbandingannya adalah seperti komunikasi langsung (*email, chat*), diskusi (*Usenet News, e-mail, milis*), dan sumber daya informasi yang terdistribusi (*World Wide Web, Gopher*), remote login dan aneka layanan lainnya. Jadi akses internet berkembang bukan hanya bisa diakses melalui komputer PC maupun laptop saja, namun akses internet sudah dapat diakses melalui telepon seluler.

Internet merupakan salah satu media komunikasi jarak jauh yang banyak digunakan oleh masyarakat. Dengan banyaknya penggunaan internet ini tentu biaya yang dikeluarkan tak sedikit. Meski demikian, jumlah permintaan untuk pembuatan layanan internet selalu tinggi. Kondisi ini bisa

dimanfaatkan untuk dapat memaksimalkan keuntungan bagi penyedia layanan internet dengan membuat sebuah *Internet Service Provider* (ISP) dengan memperhatikan juga tingkat kepuasan pelanggan.

Semakin banyaknya pengguna internet, tuntutan terhadap kualitas juga semakin besar. Ini merupakan tugas yang besar ISP untuk menyediakan kualitas layanan (*Quality of Service*, QoS) yang lebih baik dan berbeda kepada *user* atau pengguna dalam mencapai kualitas informasi terbaik dengan biaya yang efisien. Pembiayaan internet merupakan suatu masalah ekonomi global. Karena itu ISP dituntut untuk memberikan mekanisme perencanaan biaya internet yang tepat agar dapat menguntungkan ISP sebagai penyedia layanan dan user sebagai pengguna internet.

1.2 Multiple QoS (*Quality of Service*)

Quality of Service atau QoS merupakan suatu jaringan yang menyediakan layanan yang lebih baik untuk pengguna dalam menggunakan *end to-end delay* sesuai kebutuhan data, dimana teknologi ini memungkinkan administrator jaringan dapat menangani terjadinya kongesti saat berbagi layanan.

QoS bertujuan untuk menyediakan kualitas layanan yang berbeda-beda seperti layanan untuk *end to-end delay*, menurunkan hilangnya paket-paket, menurunkan waktu tunda dan beragam waktu tunda dalam proses transmisinya (Yoanes, 2008). Untuk mendorong tingkat kemajuan dari suatu penyedia layanan QoS melibatkan suatu kumpulan parameter kualitas transmisi data yang melintasi jaringan komunikasi yang dikelompokkan berdasarkan tingkat jaringan komunikasi. QoS juga melakukan pengukuran terhadap tingkat transmisi (*transmission rates*), tingkat kesalahan (*error rates*) dan tingkat karakteristik lainnya (Yang, 2004).

1.3 Internet Service Provider (ISP)

Internet Service Provider atau ISP merupakan suatu perusahaan atau badan usaha yang menyediakan suatu layanan jasa sambungan internet dan mempunyai infrastruktur telekomunikasi yang terkoneksi ke internet, dimana ISP akan membagi suatu kapasitas koneksi internet kepada konsumen. Biasanya pada sistem berlangganan yang diterapkan oleh ISP yaitu suatu sistem berlangganan tiap bulan (Sugeng, 2016).

Menurut Sahari (2015) perusahaan penyedia jasa internet pada umumnya menyediakan jasa seperti hubungan ke internet yang menlingkup pendaftaran nama domain dan *hosting* yang dilakukan oleh pengguna. Perusahaan penyedia layanan internet dituntut untuk bersaing dalam memberikan layanan yang maksimum dengan biaya minimum untuk konsumen (Indrawati, et al., 2014). Adapun fungsi ISP dalam pengaksesan jaringan internet adalah sebagai berikut :

1. Menghubungkan konsumen ke gateway internet yang terdekat.
2. Untuk suatu media yang memberikan suatu pelayanan jasa untuk terhubung ke sebuah internet.
3. ISP melakukan suatu proteksi dari penyebaran virus dengan menerapkan suatu sistem antivirus untuk pengguna.
4. ISP sebagai suatu perusahaan yang menawarkan sebuah jasa pelayanan yang berhubungan dengan sebuah jaringan internet.

Jenis layanan ISP meliputi *Dial-Up Connection* (koneksi dengan kabel), *Hotspot* (koneksi tanpa kabel) dan *Mobile Access* (koneksi dengan telepon seluler). Menurut Puspita, et al. (2013), model yang diberikan dapat memenuhi permintaan dan pendapatan ISP yaitu model dengan penambahan parameter, variabel keputusan, dan kendala dengan mempertimbangkan harga dasar dan kualitas premium layanan yang dapat menghasilkan pendapatan maksimal (Byun and Chatterjee, 2004).

1.4 *Mixed Integer Nonlinear Programming (MINLP)*

Menurut Bussieck (2013), permasalahan optimasi dapat dikelompokkan berdasarkan variabel keputusan dan fungsi objektif. MINLP merupakan perbedaan bentuk dari permasalahan *Nonlinear Programming* yang dikombinasikan dengan dengan *Integer Programming*. Fungsi objektif atau kendala bersifat nonlinear serta variabel-variabel keputusan memiliki nilai integer.

BAB II

MODEL *IMPROVED REVERSE CHARGING* PADA ATTRIBUTE QoS *END TO-END DELAY*

2.1 Data

Mendefinisikan data *traffic*, menyusun nilai-nilai parameter dan variable pada masing-masing skema pembiayaan untuk setiap jenis konsumen pada data *traffic* musi 3 dijelaskan di Tabel 2.1

Tabel 2.1 Data Pemakaian *Traffic Musi 3*

No	Tanggal	<i>Traffic (dalam bit per second)</i>	
		<i>Inbound</i>	<i>Outbound</i>
1	27 Februari 2019	3,034,187.79	6,202,441.41
2	28 Februari 2019	3,009,626.57	5,892,753.24
3	01 Maret 2019	4,475,370.52	10,959,768.08
4	02 Maret 2019	3,488,809.84	8,854,164.77
5	03 Maret 2019	4,194,255.21	9,763,278.88
6	04 Maret 2019	4,932,653.89	30,138,485.96
7	05 Maret 2019	5,851,111.29	23,087,627.49
8	06 Maret 2019	3,435,844.16	8,707,353.67
9	07 Maret 2019	5,439,213.71	12,329,098.67
10	08 Maret 2019	5,523,183.04	17,102,900.20
11	09 Maret 2019	6,640,579.13	13,245,982.36
12	10 Maret 2019	3,666,869.57	13,112,806.92
13	11 Maret 2019	4,174,233.59	11,643,540.70
14	12 Maret 2019	21,948,677.18	14,919,044.43
15	13 Maret 2019	60,978,454.46	23,491,169.67
16	14 Maret 2019	45,699,787.73	17,116,721.16
17	15 Maret 2019	34,975.97	40,091.77
18	16 Maret 2019	29,116.23	25,617.27
19	17 Maret 2019	1,603,568.54	158,804,257.76
20	18 Maret 2019	1,098,762.46	103,419,269.28
21	19 Maret 2019	467,563.23	54,115,957.89
22	20 Maret 2019	26,902.34	15,846.31
23	21 Maret 2019	209,945.92	21,733,538.25
24	22 Maret 2019	226,488.08	31,605,623.27
25	23 Maret 2019	26,489.59	15,311.91
26	24 Maret 2019	27,949.58	14,157.43
27	25 Maret 2019	28,248.35	13,856.37
28	26 Maret 2019	25,793.62	13,791.14
29	27 Maret 2019	12,857.78	6,939.15
Demand		398342879	398342879
Demand perbulan dalam bit per second		398342879	
Demand dalam <i>byte per second</i> (bps)		49792859.88	
Demand dalam <i>kilobyte per second</i> (kbps)		48625.83972	

Keterangan :

- Demand* : nilai rata-rata pemakaian dari masing – masing *traffic*
- Demand per bulan dalam bit per second* : nilai rata-rata *demand sent* dan *demand received*.
- Demand dalam byte per second* : nilai rata-rata *demand sent* dan *demand received* setelah dibagi 8.
- Demand dalam kilobyte per second* : nilai *demand* dalam *byte per second* setelah dibagi 1024.

2.2 Model Improved Reverse Charging (IRC)

Model IRC merupakan model yang baru dikembangkan dalam dunia teknologi informasi yang mana model umumnya dimanfaatkan dalam pengotimalan 11ariab seperti baterai. Pada penelitian ini dilakukan IRC berdasarkan pemakaian data internet yang berfokus pada pemakaian jaringan 3G dan 4G. Saat pengguna berada pada posisi stragis seperti berdekatan dengan menara utama maka terjangkau jaringan 4G, dan jika pengguna berada cukup jauh dari jangkauan jaringan 4G, maka

akan otomatis mengisi jaringan yang kosong dengan jaringan 3G.

Model *Improved Internet Reverse Charging* (IRC) berfokus pada pergantian 3G dan 4G saat melakukan *hosting*. Keadaan tersebut akan berubah menjadi otomatis yang dipengaruhi oleh jarak pengguna ke 12variabl utama. Untuk menyesuaikan harga, ISP seharusnya memahami kualitas layanan mempengaruhi keinginan pengguna untuk menggunakan produk ISP. Tetapi ISP tidak dapat meningkatkan kualitas layanan tanpa batas, karena sumber daya jaringan untuk produk ISP terbatas contohnya BER, kapasitas, penundaan, *jitter*, dan pemanfaatan.

Tujuan utama dari penelitian IRC adalah untuk mengoptimalkan skema penetapan harga internet dengan jaringan QoS 12variable yang melibatkan insentif dan mekanisme IRC dengan merumuskan skema penetapan harga optimal yang baru dimana skema yang ditawarkan 12variab keuntungan pada telcos.

IRC merupakan skema pembentukan yang diadaptasi agar sesuai dengan lingkungan yang memenuhi permintaan

pengguna sambil memaksimalkan keuntungan ISP dan menggabungkan mekanisme insentif (Gu, *et al.*, 2011; Loiseau, *et al.*, 2011) dalam memungkinkan ISP memberikan insentif bagi pengguna yang mampu mengurangi kongesti dan terbukti efektif dalam mendapatkan kepuasan pengguna. Mekanisme *Reverse Charging* (Sprenkels, *et al.*, 2000; Schwind, 2007) memungkinkan ISP menagih pengguna lain dari penyedia jaringan lainnya dalam mengakses data pengguna.

Mekanisme *Reverse Charging* (Sprenkels, *et al.*, 2000; Schwind, 2007) memungkinkan ISP menagih pengguna lain dari penyedia jaringan lainnya dalam mengakses data pengguna. IRC merupakan skema pembentukan yang disesuaikan agar beradaptasi dengan lingkungan yang memenuhi permintaan pengguna sambil memaksimalkan keuntungan ISP dan menggabungkan mekanisme insentif (Gu, *et al.*, 2011; Loiseau, *et al.*, 2011) dalam memungkinkan ISP memberikan insentif bagi pengguna yang mampu mengurangi kongesti dan terbukti efektif dalam mendapatkan kepuasan pengguna.

Model IRC yang digunakan pada penelitian ini didasarkan pada model yang dikemukakan oleh Wallenius and Hamalainen (2002) dengan Kendala (2.1f) sampai (2.1m) dilanjutkan dengan Kendala (2.10) sampai (2.13) dan Puspita et al., (2015) dengan Kendala (2.1a) sampai (2.1e) dilanjutkan dengan Kendala (2.2) sampai (2.9a), sebagai berikut.

Fungsi objektifnya adalah maksimumkan

$$R = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 ((PR_{ij} \pm PQ_{ij}) + (\alpha + \beta I_i) p_{ij} x_{ij}) \quad (2.1)$$

dengan kendala :

$$I_i d_{ij} x_{ij} \leq a_i C_j \quad (2.1a)$$

$$\sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 I_i d_{ij} x_{ij} \leq a_i C_j \quad (2.1b)$$

$$\sum_{i=1}^2 a_i \leq 1, a_i \in \{0,1\} \quad (2.1c)$$

$$m_i \leq I_i \leq 1, m_i \geq 0 \quad (2.1d)$$

$$0 \leq x_{ij} \leq n_i, x_{ij} \geq 0 \quad (2.1e)$$

$$PQ_{ij} = \left(1 \pm \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{ij} Lx \quad (2.1f)$$

$$PB_{ij} = a_{ij}(e - e^{-xB}) T_l/100 \quad (2.1g)$$

$$Lx = a(e - e^{-xB}) \quad (2.1h)$$

$$f \leq a_{ij} \leq g \quad (2.1i)$$

$$h \leq T_l \leq k \quad (2.1j)$$

$$0 \leq x \leq 1 \quad (2.1k)$$

$$0,8 \leq B \leq 1,07 \quad (2.1l)$$

$$a = 1 \quad (2.1m)$$

Tabel pembiayaan berdasarkan perubahan QoS *attribute* yang telah disusun oleh Wallenius and Hämäläinen (2002) seperti dijelaskan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pembiayaan Berdasarkan QoS Attribute

QoS Attribute	Conversational class nominal/change quantity	Streaming class nominal/change quantity	Interactive class nominal/change quantity	Background class nominal/change quantity	Price factor/ quantity change (PQ_{ij})
Bandwidth	1 kb/s	1 kb/s	N/A	N/A	$\left(1 \pm \frac{x}{2000}\right) PB_{ij}Lx$
End to end delay	1 ms	1 ms	N/A	N/A	$\left(1 \pm \frac{x}{350}\right) PB_{ij}Lx$
BER (Bit Error Rate)	10^{-6}	10^{-6}	N/A	N/A	$\left(1 \pm \frac{x}{10^{-7}}\right) PB_{ij}Lx$

Nilai maksimum untuk *bandwidth* adalah 2Mbps, untuk

end to end delay 350Kbps, dan untuk BER (*Bit Error Rate*) adalah 10^{-6} (atau-7) tergantung jenis lalu lintas.

Dalam penelitian ini akan dibahas 4 kasus pada model *Improved* pada *attribute* QoS *End to-end Delay*. Dimana untuk tiap-tiap kasus, fungsi objektif akan berubah tergantung kasusnya masing-masing. Dimana α merupakan biaya dasar untuk setiap layanan dan β merupakan kualitas premium untuk setiap layanan. Kasus yang dibahas, yaitu :

- **Kasus 1 : α konstanta dan β konstanta**

Maksimumkan pendapatan :

$$R = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 ((PR_{ij} \pm PQ_{ij}) + (\alpha + \beta I_i) p_{ij} x_{ij}) \quad (2.2)$$

Dengan mengikuti Kendala (2.1a) sampai (2.1m).

- **Kasus 2 : α konstanta dan β 16variable**

Maksimumkan pendapatan :

$$R = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 ((PR_{ij} \pm PQ_{ij}) + (\alpha + \beta I_i) p_{ij} x_{ij}) \quad (2.3)$$

Dengan mengikuti Kendala (2.1a) dan (2.1e), serta ditambahkan kendala :

$$\beta_i I_i \geq \beta_{i-1} I_{i-1} ; i = 2 \quad (2.3a)$$

$$I_i \leq \beta_i \leq b_i \quad (2.3b)$$

• **Kasus 3 : α 17variable dan β 17variable**

Maksimumkan pendapatan :

$$R = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 ((PR_{ij} \pm PQ_{ij}) + (\alpha + \beta I_i) p_{ij} x_{ij}) \quad (2.4)$$

Dengan mengikuti Kendala (2.1a) sampai (2.1e) dan (2.3a), serta ditambahkan kendala :

$$\alpha_i + \beta_i I_i \geq \alpha_{i-1} + \beta_{i-1} I_{i-1} ; i = 2 \quad (2.4a)$$

$$c_i \leq \alpha_i \leq g_i ; [c_i, g_i] \subseteq [0,1] \quad (2.4b)$$

• **Kasus 4 : α 17variable dan β konstanta**

Maksimumkan pendapatan :

$$R = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 ((PR_{ij} \pm PQ_{ij}) + (\alpha + \beta I_i) p_{ij} x_{ij}) \quad (2.5)$$

Dengan mengikuti Kendala (2.1a) sampai (2.1e) dan juga Kendala (2.4b), serta ditambahkan kendala berikut :

$$\alpha_i + I_i \geq \alpha_{i-1} + I_{i-1} ; i = 2 \quad (2.5a)$$

Dalam keempat kasus diatas, dibahas 4 subkasus pada masing-masing atribut QoS. Untuk setiap subkasus, fungsi objektif akan berubah tergantung pada kasusnya masing-masing. Dengan PQ_{ij} merupakan perubahan biaya sepanjang perubahan QoS. Subkasus tersebut antara lain :

• **Kasus a : PQ_{ij} meningkat dan x meningkat**

Maksimumkan pendapatan :

$$R = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 (PR_{ij} + PQ_{ij}) \quad (2.6)$$

dengan mengikuti Kendala (2.1f) sampai (2.1m).

• **Kasus b : PQ_{ij} meningkat dan x menurun**

Maksimumkan pendapatan :

$$R = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 (PR_{ij} + PQ_{ij}) \quad (2.7)$$

dengan mengikuti Kendala (2.1g) sampai (2.1m), serta ditambahkan kendala berikut :

$$PQ_{ij} = \left(1 - \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{ij} Lx \quad (2.7a)$$

• **Kasus c : PQ_{ij} menurun dan x meningkat**

Maksimumkan pendapatan :

$$R = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 (PR_{ij} - PQ_{ij}) \quad (2.8)$$

Dengan mengikuti Kendala (2.1f) sampai (2.1m). Pada kasus a dan c menggunakan Kendala (2.1f) sampai (2.1m) disebabkan oleh perubahan nilai QoS dianggap meningkat.

• **Kasus d : PQ_{ij} menurun dan x menurun**

Maksimumkan pendapatan :

$$R = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 (PR_{ij} - PQ_{ij}) \quad (2.9)$$

Dengan mengikuti Kendala (2.7a) yang dilanjutkan dengan Kendala (2.1g) sampai (2.1m). Pada kasus (b) dan (d) menggunakan Kendala (2.7a) yang dilanjutkan dengan Kendala (2.1g) sampai (2.1m), disebabkan oleh perubahan nilai QoS yang menurun.

Dengan :

α : Harga dasar untuk setiap layanan

- α_i : Harga dasar untuk layanan i
- β : Kualitas premium untuk setiap layanan
- β_i : Kualitas premium untuk layanan i
- C_1 : Kapasitas total yang terdapat pada link 1
- QB_{ij} : Nilai nominal atribut QoS dalam jaringan operator
- PR_{ij} : Biaya untuk melakukan koneksi dengan QoS yang tersedia
- PQ_{ij} : Perubahan biaya sepanjang perubahan QoS
- PB_{ij} : Biaya dasar untuk suatu koneksi dengan layanan l dan link j
- x_{ij} : Jumlah pengguna layanan l pada link j
- p_{ij} : Harga pengguna layanan l pada link j
- a_{ij} : Faktor biaya linier dalam layanan l dan link j
- m_i : Minimum QoS untuk layanan i
- n_i : Jumlah pengguna layanan i
- d_{ij} : Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan l pada link j

- c_i : Minimum kualitas premium untuk layanan i
- I_i : Harga dasar minimum yang diperlukan untuk layanan i
- T_l : Muatan *traffic*
- Lx : Faktor kelinieritasan
- B : Parameter linier yang ditetapkan
- h : Batasan muatan *traffic* yang diperbolehkan untuk Tl
- f : Batasan nilai yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk a_{ij}
- g : Batasan nilai yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk a_{ij}
- k : Batasan muatan *traffic* yang diperbolehkan untuk Tl
- x : Sejumlah kenaikan atau penurunan nilai QoS
- b_i : Harga dasar maksimum yang diperlukan untuk layanan i
- g_i : Batasan nilai yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk a_{ij}
- C_2 : Kapasitas total yang terdapat pada link 2

Berikut adalah penjelasan untuk Persamaan (2.1) sampai dengan Kendala(2.9):

1. Fungsi objektif pada Persamaan (2.1), (2.2), (2.3), (2.4), (2.5) menyatakan bahwa ISP ingin memaksimalkan keuntungan dengan menetapkan harga yang dikenakan biaya untuk harga dasar (α), kualitas premium (β), dan tingkat QoS untuk memulihkan biaya dan memungkinkan pengguna untuk memilih layanan berdasarkan kebutuhan. Dan juga untuk memaksimumkan jumlah biaya total yang terdiri atas PR_{ik} yang merupakan biaya untuk melakukan koneksi dengan QoS yang tersedia dan PQ_{ik} merupakan biaya sepanjang perubahan QoS.
2. Fungsi objektif pada Persamaan (2.1), (2.2), (2.3), (2.4), (2.5) dimana subkasus (a) dan (b), fungsi objektif sama dikarenakan perubahan biaya sepanjang perubahan QoS dianggap meningkat. Sedangkan pada subkasus (c) dan (d) nilai PQ_{ik} menjadi 22variable disebabkan oleh perubahan biaya sepanjang perubahan QoS dianggap menurun.
3. Kendala (2.1a) menjelaskan bahwa kapasitas yang diperlukan layanan tidak melebihi kapasitas jaringan yang disediakan.

4. Kendala (2.1b) menjelaskan bahwa kapasitas yang diperlukan layanan tidak dapat lebih besar dari kapasitas total jaringan di link k .
5. Kendala (2.1c) menjelaskan bahwa jumlah kapasitas jaringan memiliki alokasi yang berbeda untuk setiap layanan yang terletak antara 0 dan 1.
6. Kendala (2.1d) menyatakan bahwa tingkat QoS harus berada dalam rentang tingkat QoS yang telah ditetapkan untuk setiap layanan dan nilai tingkat QoS merupakan bilangan bulat positif.
7. Kendala (2.1e) menjelaskan bahwa pengguna menerapkan layanan nonnegative dan tidak melebihi jumlah pengguna layanan maksimum yang telah ditentukan oleh penyedia layanan.
8. Kendala (2.1f) dan (2.7a) menjelaskan perubahan biaya bergantung pada 23 variabel biaya yang melibatkan atribut QoS *bandwidth*, biaya dasar dengan layanan l dan link k , serta 23 variabel kelinieritasan.
9. Kendala (2.1g) menjelaskan biaya dasar untuk suatu koneksi dengan layanan l dan

10. link k yang bergantung pada 24variab biaya linier dalam layanan l dan link k , $(e - e^{-xB})$ dan besar muatan *traffic*.
11. Kendala (2.1h) menjelaskan 24variab kelinieritasan yang bergantung pada parameter α dan $(e - e^{-xB})$.
12. Kendala (2.1i) menjelaskan batasan nilai 24variab linier a_{ik} yang berada pada nilai yang telah ditetapkan penyedia layanan.
13. Kendala (2.1j) menjelaskan batasan muatan *traffic* yang diperbolehkan T_i yang juga ditentukan oleh penyedia layanan.
14. Kendala (2.1k) menjelaskan sejumlah kenaikan atau penurunan nilai QoS, yang ditetapkan 0 dan 1 yang menunjukkan secara 24variable bahwa jika 0 artinya berada dalam kondisi *best effort* dan 1 berada dalam kondisi layanan yang sempurna.
15. Nilai B pada Kendala (2.1l) diatur berada antara 0,8 dan 1,07 karena dalam batasan ini kualitas layanan terbaik terjadi.
16. Nilai α pada Kendala (2.1m) merupakan parameter linier yang harus ditentukan, dengan parameter α menetapkan tingkat dasar harga.

17. Kendala (2.3a) menjelaskan bahwa kualitas premium memiliki tingkat yang berbeda untuk setiap layanan setidaknya pada tingkat yang sama ataupun tingkat yang lebih rendah.
18. Kendala (2.3b) menjelaskan bahwa harga nilai kualitas premium berada diantara rentang nilai yang telah ditentukan.
19. Kendala (2.4a) menjelaskan bahwa nilai harga dasar dan kualitas premium setidaknya berada pada tingkat yang sama ataupun tingkat yang lebih rendah untuk setiap layanan.
20. Kendala (2.4b) menyatakan bahwa nilai harga dasar berada diantara rentang nilai yang telah ditentukan.
21. Kendala (2.5a) menjelaskan bahwa harga dasar setidaknya bernilai sama ataupun lebih rendah untuk setiap layanan.
22. Fungsi tujuan pada persamaan (2.6), (2.7), (2.8), dan (2.9) untuk memaksimalkan jumlah biaya total yang terdiri atas PR_{ik} yang merupakan biaya untuk melakukan koneksi dengan QoS yang tersedia dan PQ_{ik} merupakan biaya sepanjang perubahan QoS.

2.3 Parameter dan Variabel

Tabel 2.3 Parameter untuk Setiap Model *Improved Reverse Charging*

Parameter untuk model <i>Improved</i>	
A	: Harga dasar untuk setiap layanan
B	: Kualitas premium untuk setiap layanan
C	: Kapasitas total yang terdapat pada link
PR_{ij}	: Biaya untuk melakukan koneksi dengan QoS yang tersedia
p_{ij}	: Harga pengguna layanan l pada link j
m_i	: Minimum QoS untuk layanan i
n_i	: Jumlah pengguna layanan i
d_{ij}	: Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan l pada link j
f_i	: Batasan nilai yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk a_{ij}
H	: Batasan muatan <i>traffic</i> yang diperbolehkan untuk Tl
K	: Batasan muatan <i>traffic</i> yang diperbolehkan untuk Tl
g_i	: Batasan nilai yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk a_{ij}
I_i	: Harga dasar minimum yang diperlukan untuk layanan i
b_i	: Harga dasar maksimum yang diperlukan untuk layanan i
c_i	: Minimum kualitas premium untuk layanan i

Tabel 2.4 Variabel Keputusan untuk Setiap Model *Improved Reverse Charging*

Variabel keputusan untuk model <i>Improved</i>	
PQ_{ij}	: Perubahan biaya sepanjang perubahan QoS
x_{ij}	: Jumlah pengguna layanan l pada link j
PB_{ij}	: Biaya dasar untuk suatu koneksi dengan layanan l dan link j
a_{ij}	: Faktor biaya linier dalam layanan l dan link j
I_i	: Harga dasar minimum yang diperlukan untuk layanan i
Tl	: Muatan <i>traffic</i>
Lx	: elastisitas faktor
X	: Jumlah kenaikan atau penurunan nilai QoS
B	: Parameter linear yang ditentukan
β_i	: Kualitas premium untuk layanan i
α_i	: Harga dasar untuk layanan i

Setelah menentukan parameter dan 27 variable yang digunakan pada model, maka langkah selanjutnya adalah menentukan besar nilai-nilai parameter yang digunakan dalam model *Improved Reverse Charging* berdasarkan *attribute* QoS *end to-end delay* untuk setiap jenis konsumen, seperti yang disajikan pada Tabel 2.5-2.7 berikut :

Tabel 2.5. Nilai Parameter Untuk Setiap Kasus Berdasarkan Data Traffic Musi 3

Parameter	Nilai
Biaya melakukan koneksi pengguna 1 kelas 1 (PR_{11})	0,5
Biaya melakukan koneksi pengguna 2 kelas 1 (PR_{21})	0,6
Biaya melakukan koneksi pengguna 1 kelas 12 (PR_{12})	0,7
Biaya melakukan koneksi pengguna 2 kelas 2 (PR_{22})	0,8
Harga pengguna layanan 1 kelas 1 (p_{11})	35
Harga pengguna layanan 2 kelas 1 (p_{21})	35
Harga pengguna layanan 1 kelas 2 (p_{12})	35
Harga pengguna layanan 2 kelas 2 (p_{22})	35
Harga dasar setiap layanan (α)	0,1
Kualitas premium setiap layanan (β)	0,5
Kapasitas total yang terdapat pada kelas (C_1)	350000
Kapasitas total yang terdapat pada kelas (C_2)	370000
Minimum QoS untuk layanan 1 (m_1)	0,01
Minimum QoS untuk layanan 2 (m_2)	0,01
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 1 kelas 1 (d_{11})	48625.84
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 2 kelas 1 (d_{21})	48625.84
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 1 kelas 2 (d_{12})	48625.84
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 2 kelas 2 (d_{22})	48625.84
Jumlah pengguna layanan 1 (n_1)	10
Jumlah pengguna layanan 2 (n_2)	10
Maksimum kualitas premium untuk layanan 1 (b_1)	0,5
Maksimum kualitas premium untuk layanan 2 (b_2)	0,5
Kualitas indeks layanan 1 (I_1)	0,01
Kualitas indeks layanan 2 (I_2)	0,01
Harga dasar minimum untuk layanan 1 (c_1)	0
Harga dasar minimum untuk layanan 2 (c_2)	0
Harga dasar maksimum untuk layanan 1 (g_1)	1
Harga dasar maksimum untuk layanan 2 (g_2)	1

2.4 Solusi Optimal Model *Improved Reverse Charging*

Dalam 4 Kasus pada data *Traffic Musi 3*.

➤ Kasus α dan β Sebagai Konstanta

Tabel 2.6 Solusi Optimal Model *Reverse Charging* pada *Traffic digilib* dalam Kasus α dan β Sebagai Konstanta

Solver Status	Nilai Kasus α dan β Sebagai Konstanta			
	<i>PQ_{ij} naik x naik</i>	<i>PQ_{ij} naik x turun</i>	<i>PQ_{ij} turun x naik</i>	<i>PQ_{ij} turun x turun</i>
<i>Model Class</i>	MINLP	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	Local Optimal	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	360,383	360,209	329,446	329,446
<i>Infeasibility</i>	0	0	0	0
<i>Iterations</i>	66	66	49	49
Extended Solver Status				
<i>Solver Type</i>	Branch and Bound	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>
<i>Best Objective</i>	360,383	360,209	329,449	329,449
<i>Steps</i>	3	3	3	3
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	34	34	34	34
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	0

Pada kasus 1 solusi optimal yang diperoleh sebesar 360,383. Solusi ini diperoleh dari 66 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang

digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 34K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam *Elapsed Runtime* (ER) yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 2 solusi optimal yang diperoleh sebesar 360,209. Solusi ini diperoleh dari 66 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 34K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam *Elapsed Runtime* (ER) yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 3 dan 4 solusi optimal yang diperoleh sebesar 329,449. Solusinya diperoleh dari 49 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan

jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 34K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam *Elapsed Runtime* (ER) yaitu sebesar 0 detik.

➤ Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel

Tabel 2.7 Solusi Optimal Model *Reverse Charging* pada *Traffic musik 3* dalam Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel

Solver Status	Nilai Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel			
	PQ_{ij} naik x naik	PQ_{ij} naik x turun	PQ_{ij} turun x naik	PQ_{ij} turun x turun
<i>Model Class</i>	MINLP	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	Local Optimal	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	106,653	106,479	75,72	75,72
<i>Infeasibility</i>	0	0	0	0
<i>Iterations</i>	45	45	35	35
Extended Solver Status				
<i>Solver Type</i>	Branch and Bound	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>
<i>Best Objective</i>	106,653	106,479	75,72	75,72
<i>Steps</i>	2	2	2	2
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	35	35	35	35
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	1

Pada kasus 1 solusi optimal yang diperoleh sebesar 106,635. Solusi ini diperoleh dari 45 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam *Elapsed Runtime* (ER) yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 2 solusi optimal yang diperoleh sebesar 106,479. Solusi ini diperoleh dari 45 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam *Elapsed Runtime* (ER) yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 3 dan 4 solusi optimal yang diperoleh sebesar 75,72. Solusinya diperoleh dari 35 iterasi dan

Infeasibility bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam *Elapsed Runtime* (ER) yaitu sebesar 0 detik.

➤ **Kasus α dan β Sebagai Variabel**

Tabel 2.8 Solusi Optimal Model *Reverse Charging* pada *Traffic musu 3* dalam Kasus α dan β Sebagai Variabel

Solver Status	Nilai Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel			
	PQ_{ij} naik x naik	PQ_{ij} naik x turun	PQ_{ij} turun x naik	PQ_{ij} turun x turun
<i>Model Class</i>	MINLP	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	Local Optimal	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	736,653	736,479	705,72	705,72
<i>Infeasibility</i>	0	0	0	0
<i>Iterations</i>	50	50	38	38
Extended Solver Status				
<i>Solver Type</i>	Branch and Bound	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>
<i>Best Objective</i>	736,653	736,479	303,72	303,72
<i>Steps</i>	2	2	2	2
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	36	36	36	36
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	0

Pada kasus 1 pada Tabel 2.8, solusi optimal yang diperoleh sebesar 736,653. Solusi ini diperoleh dari 50 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam *Elapsed Runtime* (ER) yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 2 solusi optimal yang diperoleh sebesar 736,479. Solusi ini diperoleh dari 50 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam *Elapsed Runtime* (ER) yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 3 dan 4 solusi optimal yang diperoleh sebesar 303,72. Solusinya diperoleh dari 38 iterasi dan

Infeasibility bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam *Elapsed Runtime* (ER) yaitu sebesar 0 detik.

➤ **Kasus α Sebagai Variabel dan β Sebagai Konstanta**

Tabel 2.9 Solusi Optimal Model *Reverse Charging* pada *Traffic mus* 3 dalam Kasus α Sebagai Variabel dan β Sebagai Konstanta

Solver Status	Nilai Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel			
	PQ_{ij} naik x naik	PQ_{ij} naik x turun	PQ_{ij} turun x naik	PQ_{ij} turun x turun
<i>Model Class</i>	MINLP	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	Local Optimal	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	736,653	736,479	705,72	705,72
<i>Infeasibility</i>	0	0	0	0
<i>Iterations</i>	47	47	35	34
Extended Solver Status				
<i>Solver Type</i>	Branch and Bound	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>
<i>Best Objective</i>	736,653	736,479	705,72	705,72
<i>Steps</i>	2	2	2	2
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	35	35	35	35
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	0

Pada kasus 1 seperti ditunjukkan oleh Tabel 2.9, solusi optimal yang diperoleh sebesar 736,653. Solusi ini diperoleh dari 47 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam *Elapsed Runtime* (ER) yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 2 solusi optimal yang diperoleh sebesar 736,479. Solusi ini diperoleh dari 47 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam *Elapsed Runtime* (ER) yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 3 dan 4 solusi optimal yang diperoleh sebesar 705,72. Solusinya diperoleh dari 35 iterasi dan

Infeasibility bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam *Elapsed Runtime* (ER) yaitu sebesar 0 detik.

Program Lingo digunakan untuk memperoleh hasil optimal dan nilai untuk masing masing 37variable yang dicari. Nilai untuk masing-masing 37variable yang dicari dari model skema pembiayaan internet pada *traffic musi* 3 untuk ke empat kasus disajikan pada Tabel 1.10

**Tabel 2.10 Nilai-Nilai Variabel Untuk Setiap Kasus
Berdasarkan Data *Traffic Musi 3***

Variabel	Kasus			
	PQ_{ij} naik x naik	PQ_{ij} naik x turun	PQ_{ij} turun x naik	PQ_{ij} turun x turun
PQ_{11}	8,467065	8,438705	0,07381231	0,07381231
PQ_{21}	7,921260	7,876125	0,08857477	0,08857477
PQ_{12}	7,355456	7,313545	0,1033372	0,1033372
PQ_{22}	6,789652	6,750964	0,1180997	0,1180997
x_{11}	10	10	10	10
x_{21}	0	0	0	0
x_{12}	10	10	10	10
x_{22}	0	0	0	0
a_{11}	0,15	0,15	0,05	0,05
a_{21}	0,14	0,14	0,06	0,06
a_{12}	0,13	0,13	0,07	0,07
a_{22}	0,12	0,12	0,08	0,08
I_1	0,01	0,01	0,01	0,01
I_2	0,01	0,01	0,01	0,01
B	1,07	1,07	0,935	0,935
T_l	1000	1000	1000	1000
Lx	2,375273	2,375273	2,375273	2,375273
X	1	1	0	0

Tabel 2.10 menyajikan perbandingan nilai-nilai 39variable yang diperoleh dari model skema pembiayaan internet pada *traffic musisi 3* pada masing-masing kasus dalam mencapai solusi optimal. Berdasarkan Tabel 1.10 dapat dilihat bahwa nilai-nilai 39variable untuk kasus 1 dan kasus 2 tidak jauh berbeda, tetapi sangat jauh berbeda dengan kasus 3 dan kasus 4. Dimana kasus 3 dan kasus 4 memiliki nilai-nilai 39variable yang sama. Nilai 39variable PQ_{ij} pada kasus 1 dan kasus 2 berbeda, nilai B, Lx, TL, a_{ij} dan x untuk kasus 1 dan kasus 2 memiliki nilai-nilai 39variable yang sama. Dan nilai x_{ij} untuk setiap kasus memiliki nilai 39variable yang sama.

Tabel 2.11 menunjukkan perbandingan solusi dari model skema pembiayaan internet untuk masing-masing kasus pada *traffic musisi 3*. Berdasarkan Tabel 2.11 dilihat bahwa solusi yang paling optimal didapat dari solusi model skema pembiayaan internet pada kasus α 39variable dan β konstanta.

**Tabel 2.11 Perbandingan Solusi Optimal dari Model Skema
Pembiayaan Internet pada *Traffic Musi 3***

<i>Variabel</i>	Model Skema Pembiayaan Internet			
	α dan β Konstanta	α Konstanta dan β Variabel	α dan β Variabel	α Variabel dan β Konstanta
<i>Model Class</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	360,383	106,653	736,653	736,653
<i>Infeasibility</i>	0	0	0	0
<i>Iterations</i>	66	45	50	47
<i>GMU (K)</i>	34	35	36	35
<i>ER (sec)</i>	0	0	0	0

2.5 Kesimpulan

Skema pembiayaan yang memiliki solusi optimal baik pada skema pembiayaan internet *wireless* model *Improved Reverse Charging* pada attribute QoS *End to-end Delay* mendapatkan hasil maksimum pada kasus α Variabel dan β Konstanta dengan variable objective sebesar 736,653 /kbps.

BAB III

MODEL *IMPROVED REVERSE CHARGING* PADA ATTRIBUTE QoS *BIT EROR RATE*

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari salah satu server lokal di Palembang yaitu Politeknik Sriwijaya (Polsri). Data ini diambil dalam jangka waktu 1 bulan yaitu di mulai dari tanggal 27 februari 2019 sampai 27 Maret 2019. Terdapat 2 komponen dalam data ini yakni data pengiriman (*outbound*) dan data penerimaan (*inbound*) yang keduanya dinyatakan dalam *byte per second*. Data yang digunakan merupakan data *traffic sisfo* dan *traffic file*.

3.1 Pendeskripsian Data *Traffic*

Tabel 3.1 dan 3.2 menyajikan data *traffic* untuk jaringan multi kelas QoS yang diperoleh dari salah satu server lokal di Palembang yang memuat data *traffic* pada *sisfo* dan *file*.

Tabel 3.1 Data *Traffic* pada Sisfo untuk jaringan Multi Kelas**Qos**

No.	Tanggal	Traffic (dalam bit per second)	
		Inbound	Outbound
1	27/2/2019	147,612.96	3,724,838.58
2	28/2/2019	307,819.10	2,721,497.55
3	1/3/ 2019	198,103.45	2,423,631.04
4	2 /3/ 2019	122,279.12	1,794,422.91
5	3 /3/2019	126,117.45	1,449,675.73
6	4 /3/t2019	365,212.16	24,181,069.76
7	5 /3/ 2019	1,800,431.62	2,841,807.56
8	6 /3/019	769,563.56	2,215,248.58
9	7 /3/2019	189,580.37	1,636,460.10
10	8 /3/ 2019	250,947.17	3,163,127.34
11	9 /3/ 2019	121,012.05	1,414,543.16
12	10/3/2019	815,250.51	2,720,083.39
13	11/3/2019	222,721.90	1,929,010.29
14	12/3/2019	289,785.34	2,971,066.64
15	13/3/2019	453,004.53	2,092,246.46
16	14/3/2019	478,711.23	14,691,592.53
17	15/3/2019	222,264.57	1,961,691.55
18	16/3/2019	183,562.80	1,132,608.29
19	17/3/2019	294,580.54	3,897,878.23
20	18/3/2019	1,098,030.25	71,819,013.60
21	19/3/2019	195,755.88	1,856,540.13
22	20 3/2019	432,931.84	26,137,232.34
23	21/3/2019	242,903.90	5,068,621.39
24	22/3/2019	395,313.15	3,123,711.70
25	23/3/2019	158,890.90	2,314,213.33
26	24/3/2019	171,249.19	2,146,386.69
27	25/3/2019	284,992.87	2,768,972.12
28	26/3/2019	236,585.90	3,245,097.82
29	27/3/2019	136,702.15	1,976,361.40
Demand		10,711,916.46	199,418,650.21
Demand perbulan dalam bit per second		105,065,283.34	
Demand byte per second		13,133,160.42	
Demand kilobyte per second		12,825.35	

Tabel 3.1 merupakan data pemakaian *Bit Error Rate* (BER) pada *traffic sisfo*. Pada Tabel 3.1 untuk *traffic* pemakaian tertinggi terjadi pada tanggal 5 maret 2019 yaitu sebesar 72,917,043.85 *bit* dengan data yang diterima (*inbound*) sebesar 1,098,030.25 *bit* dan data yang dikirim (*outbound*) adalah 71,819,013.60 *bit*. Pemakaian terbanyak kedua terjadi pada tanggal 20 maret 2019 dengan *traffic* pemakaian mencapai 26,570,164.18 *bit* dengan data yang diterima (*inbound*) sebesar 432,931.84 *bit* dan data yang dikirim (*outbound*) adalah 26,137,232.34 *bit*, sedangkan untuk pemakaian terendah terjadi pada tanggal 16 maret 2019 yaitu sebesar 1,316,171.09 dengan data yang diterima (*inbound*) sebesar 183,562.80 *bit* dan data yang dikirim (*outbound*) adalah 1,132,608.29 *bit*.

Tabel 3.2 Data *Traffic* pada File untuk jaringan Multi Kelas Qos

No.	Tanggal	Traffic (dalam bit per second)	
		Inbound	Outbound
1	27/2/2019	2,482,687.87	268,149,429.75
2	28/2/2019	12,775,304.92	228,136,046.61
3	1/3/ 2019	12,280,671.23	154,675,682.17
4	2 /3/ 2019	8,859,715.13	132,043,814.01
5	3 /3/2019	38,276,957.40	25,594,601.52
6	4 /3/t2019	10,257,940.56	245,663,287.21
7	5 /3/ 2019	13,060,270.04	278,553,499.00
8	6 /3/019	8,311,188.82	146,093,050.35
9	7 /3/2019	9,360,633.43	273,944,919.83
10	8 /3/ 2019	8,656,810.14	395,028,328.99
11	9 /3/ 2019	8,580,837.99	24,433,116.49
12	10/3/2019	27,350,992.07	17,070,722.75
13	11/3/2019	11,137,696.09	363,913,727.14
14	12/3/2019	11,054,865.65	105,476,390.54
15	13/3/2019	21,095,996.10	347,348,827.40
16	14/3/2019	45,530,800.63	295,608,550.63
17	15/3/2019	10,326,661.84	126,610,690.74
18	16/3/2019	6,314,701.98	15,694,652.33
19	17/3/2019	15,350,769.46	12,971,124.44
20	18/3/2019	10,410,520.91	54,867,388.75
21	19/3/2019	7,530,557.98	48,273,720.65
22	20 3/2019	12,356,128.78	198,621,622.83
23	21/3/2019	9,988,785.79	144,776,356.35
24	22/3/2019	7,146,314.36	24,651,270.02
25	23/3/2019	10,373,278.29	115,476,190.03
26	24/3/2019	21,872,985.50	5,750,067.80
27	25/3/2019	9,306,907.92	129,884,979.57
28	26/3/2019	10,354,598.49	130,556,557.53
29	27/3/2019	7,876,604.68	18,447,539.66
Demand		388,282,184.05	4,328,316,155.09
Demand perbulan dalam bit per second		2,358,299,169.57	
Demand byte per second		294,787,396.20	
Demand kilobyte per second		287,878.32	

Tabel 3.2 merupakan data pemakaian *Bit Error Rate* (BER) pada *traffic file*. Pada Tabel 3.2 untuk *traffic* pemakaian tertinggi terjadi pada tanggal 8 maret 2019 yaitu sebesar 403,685,139.13 *bit* dengan data yang diterima (*inbound*) sebesar 8,656,810.14 *bit* dan data yang dikirim (*outbound*) adalah 395,028,328.99 *bit*. Pemakaian terbanyak kedua terjadi pada tanggal 11 maret 2019 dengan *traffic* pemakaian mencapai 375,051,423.23 *bit* dengan data yang diterima (*inbound*) sebesar 11,137,696.09 *bit* dan data yang dikirim (*outbound*) adalah 363,913,727.14 *bit*, sedangkan untuk pemakaian terendah terjadi pada tanggal 16 maret 2019 yaitu sebesar 22,009,354.31 *bit* dengan data yang diterima (*inbound*) sebesar 6,314,701.98 *bit* dan data yang dikirim (*outbound*) adalah 15,694,652.33 *bit*.

Tabel 3.3 Data Traffic pada Sisfo untuk Multi Layanan

No.	Tanggal	Inbound		Outbound	
		Link 1	Link 2	Link 1	Link 2
1	27/2/2019	0.00	147,612.96	0.00	3,724,838.58
2	28/2/2019	131,355.99	176,463.11	956,522.40	1,764,975.15
3	1/3/ 2019	72,069.18	126,034.27	1,085,137.61	1,338,493.43
4	2 /3/ 2019	47,105.00	75,174.12	670,997.15	1,123,425.76
5	3 /3/2019	58,646.97	67,470.48	649,219.88	800,455.85
6	4 /3/t2019	86,044.03	279,168.13	856,596.59	23,324,473.17
7	5 /3/ 2019	339,521.97	1,460,909.65	1,348,594.10	1,493,213.46
8	6 /3/019	416,458.09	353,105.47	1,009,699.08	1,205,549.50
9	7 /3/2019	116,007.40	73,572.97	668,825.82	967,634.28
10	8 /3/ 2019	130,212.30	120,734.87	2,019,587.54	1,143,539.80
11	9 /3/ 2019	61,733.59	59,278.46	705,342.38	709,200.78
12	10/3/2019	66,980.79	748,269.72	1,546,623.04	1,173,460.35
13	11/3/2019	80,624.97	142,096.93	771,196.86	1,157,813.43
14	12/3/2019	124,427.05	165,358.29	1,841,234.12	1,129,832.52
15	13/3/2019	248,440.69	204,563.84	737,966.58	1,354,279.88
16	14/3/2019	96,384.14	382,327.09	690,757.35	14,000,835.18
17	15/3/2019	105,996.99	116,267.58	758,707.66	1,202,983.89
18	16/3/2019	121,825.12	61,737.68	422,440.77	710,167.52
19	17/3/2019	57,192.47	237,388.07	601,157.58	3,296,720.65
20	18/3/2019	602,773.38	495,256.87	57,697,769.06	14,121,244.54
21	19/3/2019	73,435.70	122,320.18	493,967.96	1,362,572.17
22	20 3/2019	84,497.40	348,434.44	778,014.62	25,359,217.72
23	21/3/2019	106,176.62	136,727.28	888,359.78	4,180,261.61
24	22/3/2019	228,256.67	167,056.48	860,208.73	2,263,502.97
25	23/3/2019	65,536.63	93,354.27	925,792.48	1,388,420.85
26	24/3/2019	75,995.84	95,253.35	862,887.45	1,283,499.24
27	25/3/2019	90,627.29	194,365.58	933,736.51	1,835,235.61
28	26/3/2019	88,582.44	148,003.46	1,606,507.03	1,638,590.79
29	27/3/2019	136,702.15	0.00	1,976,361.40	0.00
Demand		3,913,610.86	6,798,305.60	84,364,211.53	115,054,438.68
Demand perbulan dalam bit per second (Link 1)				10,711,916.46	
Demand byte per second (Link 1)				1,338,989.56	
Demand kilobyte per second (Link 1)				1,307.61	
Demand perbulan dalam bit per second (Link 2)				199,418,650.21	
Demand byte per second (Link 2)				24,927,331.28	
Demand kilobyte per second (Link 2)				24,343.10	

Tabel 3.4 Data Traffic pada file untuk Multi Layanan

No.	Tanggal	Inbound		Outbound	
		Link 1	Link 2	Link 1	Link 2
1	27/2/2019	0.00	2,482,687.87	0.00	268,149,429.75
2	28/2/2019	9,793,350.25	2,981,954.67	77,758,340.06	150,377,706.55
3	1/3/ 2019	10,416,989.29	1,863,681.94	38,811,094.09	115,864,588.08
4	2 /3/ 2019	7,158,666.40	1,701,048.73	13,345,097.32	118,698,716.69
5	3 /3/2019	37,800,421.30	476,536.10	5,851,156.27	19,743,445.25
6	4 /3/2019	8,088,387.35	2,169,553.21	120,247,390.47	125,415,896.74
7	5 /3/ 2019	10,186,990.80	2,873,279.24	12,192,280.21	266,361,218.79
8	6 /3/019	6,296,609.63	2,014,579.19	28,738,866.97	117,354,183.38
9	7 /3/2019	6,618,544.18	2,742,089.25	17,446,208.52	256,498,711.31
10	8 /3/ 2019	8,290,696.97	366,113.17	343,297,342.55	51,730,986.44
11	9 /3/ 2019	8,469,281.00	111,556.99	20,859,390.59	3,573,725.90
12	10/3/2019	27,111,402.18	239,589.89	1,534,704.95	15,536,017.80
13	11/3/2019	8,970,572.65	2,167,123.44	178,911,280.63	185,002,446.51
14	12/3/2019	10,495,380.14	559,485.51	87,322,688.17	18,153,702.37
15	13/3/2019	14,810,842.40	6,285,153.70	146,409,851.34	200,938,976.06
16	14/3/2019	42,276,259.35	3,254,541.28	111,589,066.23	184,019,484.40
17	15/3/2019	10,169,536.73	157,125.11	103,253,262.66	23,357,428.08
18	16/3/2019	5,908,780.05	405,921.93	2,595,406.04	13,099,246.29
19	17/3/2019	15,147,506.63	203,262.83	6,286,522.49	6,684,601.95
20	18/3/2019	10,089,116.30	321,404.61	34,437,946.70	20,429,442.05
21	19/3/2019	7,129,091.02	401,466.96	2,938,357.99	45,335,362.66
22	20 3/2019	10,629,361.03	1,726,767.75	103,260,365.85	95,361,256.98
23	21/3/2019	8,657,157.48	1,331,628.31	19,510,580.36	125,265,775.99
24	22/3/2019	6,917,712.90	228,601.46	15,972,962.54	8,678,307.48
25	23/3/2019	7,012,934.86	3,360,343.43	34,914,258.66	80,561,931.37
26	24/3/2019	21,726,866.81	146,118.69	1,822,247.52	3,927,820.28
27	25/3/2019	8,900,478.68	406,429.24	29,106,012.17	100,778,967.40
28	26/3/2019	9,917,587.50	437,010.99	13,820,413.70	48,341,586.13
29	27/3/2019	7,876,604.68	0.00	18,447,539.66	0.00
Demand		346,867,128.56	41,415,055.49	1,590,680,634.71	2,669,240,962.68
Demand perbulan dalam bit per second (Link 1)					194,141,092.03
Demand byte per second (Link 1)					24,267,636.50
Demand kilobyte per second (Link 1)					23,698.86
Demand perbulan dalam bit per second (Link 2)					2,129,960,798.70
Demand byte per second (Link 2)					266,245,099.84
Demand kilobyte per second (Link 2)					260,004.98

Ket : link 1 demand dari jam (01.00 – 11.00)

link 2 demand dari jam (13.00 – 23.00)

Keterangan :

Demand : nilai rata-rata pemakaian dari masing-masing *traffic*

Demand per bulan dalam bit per second : nilai rata-rata *demand sent* dan *demand recieved*.

Demand dalam byte per second : Nilai rata-rata demand sent dan demand received setelah dibagi 8 .

Demand dalam kilobyte per second : nilai *demand* dalam *byte per second* setelah dibagi 1024.

3.2 Pendefinisian Parameter dan Variabel Keputusan Pada Model Jaringan Multi Layanan

Model untuk jaringan multi layanan sebelumnya telah di bahas pada penelitian terdahulu. Seperti pada penelitian Ayu Luvianti, S.Si dan Joddie, S.Si yang membahas tentang jaringan multi layanan single link, lalu selanjutnya penelitian berkembang dengan masalah yang lebih kompleks dengan menambahkan link terhadap jaringan multi layanan. Pada penelitian (Puspita et al ,.2014) ini digunakan 1 layanan dan 1 link. Untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan keadaan yang terjadi kita memerlukan modifikasi yang lebih kompleks untuk jaringan multi layanan dan multi link. Berdasarkan hal

tersebut penulis mengembangkan penelitian terdahulu sehingga di dapatkan modifikasi dengan menggunakan 2 layanan dan 2 link. Karena data ini diolah menggunakan program lingo, untuk kasus 2 layanan dan 2 link merupakan batas kemampuan dari program lingo.

Pada skema pembiayaan internet multi link pada jaringan multi layanan QoS terdapat beberapa parameter dan variabel yang digunakan untuk mengoptimalkan pembiayaan internet. Dalam hal ini terdapat 4 kasus yaitu :

- a) α dan β parameter.
- b) α parameter dan β sebagai variabel.
- c) α dan β sebagai variabel .
- d) α variabel dan β sebagai parameter.

Berdasarkan keempat kasus ini ditentukan parameter dan variabel keputusan yang digunakan untuk mengoptimalkan pembiayaan internet *wireless* dalam melayani jaringan multipel QoS pada masing-masing kasus modifikasi. Pada Tabel 3.5 menampilkan parameter yang digunakan untuk keempat kasus sedangkan Tabel 3.6 menampilkan variabel yang digunakan untuk keempat kasus diatas.

Tabel 3.5 Parameter untuk Setiap Kasus pada Model

Improved Reverse Charging

Kasus 1 : α dan β Sebagai Parameter	
α	: Harga dasar untuk setiap layanan
β	: Kualitas premium untuk setiap layanan
C	: Kapasitas total yang terdapat pada link
PR_{ik}	: Biaya untuk melakukan koneksi dengan QoS yang tersedia
p_{ik}	: Harga pengguna layanan i pada link k
m_i	: Minimum QoS untuk layanan i
n_i	: Jumlah pengguna layanan i
d_{ik}	: Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan i pada link k
f_i	: Batasan nilai yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk a_{ik}
h	: Batasan muatan <i>traffic</i> yang diperbolehkan untuk T_l
k	: Batasan muatan <i>traffic</i> yang diperbolehkan untuk T_l
g_i	: Batasan nilai yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk a_{ik}

Kasus 2 : α Sebagai Parameter dan β Sebagai Variabel

PR_{ik}	:	Biaya untuk melakukan koneksi dengan QoS yang tersedia
p_{ik}	:	Harga pengguna layanan i pada link k
C	:	Kapasitas total yang terdapat pada link
d_{ik}	:	Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan i pada link k
α	:	Harga dasar untuk setiap layanan
I_i	:	Harga dasar minimum yang diperlukan untuk layanan i
b_i	:	Harga dasar maksimum yang diperlukan untuk layanan i
f_i	:	Batasan nilai yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk a_{ik}
g_i	:	Batasan nilai yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk a_{ik}
h	:	Batasan muatan <i>traffic</i> yang diperbolehkan untuk T_l
k	:	Batasan muatan <i>traffic</i> yang diperbolehkan untuk T_l

Kasus 3 : α dan β Sebagai variable

PR_{ik}	:	Biaya untuk melakukan koneksi dengan QoS yang tersedia
p_{ik}	:	Harga pengguna layanan i pada link k
C	:	Kapasitas total yang terdapat pada link
d_{ik}	:	Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan i pada link k
I_i	:	Harga dasar minimum yang diperlukan untuk layanan i
b_i	:	Harga dasar maksimum yang diperlukan untuk layanan i
f_i	:	Batasan nilai yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk a_{ik}
g_i	:	Batasan nilai yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk a_{ik}
h	:	Batasan muatan <i>traffic</i> yang diperbolehkan untuk T_l
k	:	Batasan muatan <i>traffic</i> yang diperbolehkan untuk T_l
m_i	:	Minimum QoS untuk layanan i
c_i	:	Minimum kualitas premium untuk layanan i
n_i	:	Jumlah pengguna layanan i

Kasus 4 : α Sebagai Variabel dan β Sebagai Parameter	
PR_{ik}	: Biaya untuk melakukan koneksi dengan QoS yang tersedia
p_{ik}	: Harga pengguna layanan i pada link k
C	: Kapasitas total yang terdapat pada link
β	: Kualitas premium untuk setiap layanan
d_{ik}	: Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan i pada link k
I_i	: Harga dasar minimum yang diperlukan untuk layanan i
f_i	: Batasan nilai yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk a_{ik}
g_i	: Batasan nilai yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk a_{ik}
h	: Batasan muatan <i>traffic</i> yang diperbolehkan untuk T_l
k	: Batasan muatan <i>traffic</i> yang diperbolehkan untuk T_l
m_i	: Minimum QoS untuk layanan i
n_i	: Jumlah pengguna layanan i
c_i	: Minimum kualitas premium untuk layanan i

Pada Tabel 3.5 merepresentasikan parameter-parameter yang digunakan untuk setiap kasus pada model IRC.

Tabel 3.6 Variabel untuk Setiap Kasus pada Model

Improved Reverse Charging

Kasus 1 : α dan β Sebagai Parameter	
PQ_{ik}	: Perubahan biaya sepanjang perubahan QoS
x_{ik}	: Jumlah pengguna layanan i pada link k
PB_{ik}	: Biaya dasar untuk suatu koneksi dengan layanan i dan link k
a_{ik}	: Faktor biaya linier dalam layanan i dan link k
I_i	: Harga dasar minimum yang diperlukan untuk layanan i
T_l	: Muatan <i>traffic</i>
Lx	: Faktor kelinieritasan
x	: Sejumlah kenaikan atau penurunan nilai QoS
B	: Parameter linier yang ditetapkan
Kasus 2 : α Sebagai Parameter dan β Sebagai Variabel	
PQ_{ik}	: Perubahan biaya sepanjang perubahan QoS
β_i	: Kualitas premium untuk layanan i
x_{ik}	: Jumlah pengguna layanan i pada link k
PB_{ik}	: Biaya dasar untuk suatu koneksi dengan layanan i dan link k
a_{ik}	: Faktor biaya linier dalam layanan i dan link k
T_l	: Muatan <i>traffic</i>
Lx	: Faktor kelinieritasan
x	: Sejumlah kenaikan atau penurunan nilai QoS
B	: Parameter linier yang ditetapkan

Kasus 3 : α dan β Sebagai Variabel	
PQ_{ik}	: Perubahan biaya sepanjang perubahan QoS
β_i	: Kualitas premium untuk layanan i
α_i	: Harga dasar untuk layanan i
x_{ik}	: Jumlah pengguna layanan i pada link k
PB_{ik}	: Biaya dasar untuk suatu koneksi dengan layanan i dan link k
a_{ik}	: Faktor biaya linier dalam layanan i dan link k
T_l	: Muatan <i>traffic</i>
Lx	: Faktor kelinieritasan
x	: Sejumlah kenaikan atau penurunan nilai QoS
B	: Parameter linier yang ditetapkan
Kasus 4 : α Sebagai Variabel dan β Sebagai Parameter	
PQ_{ik}	: Perubahan biaya sepanjang perubahan QoS
α_i	: Harga dasar untuk layanan i
x_{ik}	: Jumlah pengguna layanan i pada link k
PB_{ik}	: Biaya dasar untuk suatu koneksi dengan layanan i dan link k
a_{ik}	: Faktor biaya linier dalam layanan i dan link k
T_l	: Muatan <i>traffic</i>
Lx	: Faktor kelinieritasan
x	: Sejumlah kenaikan atau penurunan nilai QoS
B	: Parameter linier yang ditetapkan

Pada Tabel 3.6 merepresentasikan variabel-variabel yang digunakan untuk setiap kasus pada model IRC.

Setelah parameter dan variabel yang digunakan pada model IRC ditentukan, langkah selanjutnya adalah menentukan besar nilai-nilai dari parameter yang digunakan dalam model IRC, seperti dalam Tabel 3.7 berikut :

Tabel 3.7 Nilai - Nilai Parameter dalam Jaringan Multipel

QoS

Parameter	Nilai
Biaya melakukan koneksi pengguna 1 kelas 1	0,2
Biaya melakukan koneksi pengguna 2 kelas 1	0,4
Biaya melakukan koneksi pengguna 1 kelas 2	0.6
Biaya melakukan koneksi pengguna 2 kelas 2	0.8
Harga dasar setiap layanan (α)	0,1
Kualitas premium setiap layanan (β)	0,5
Kapasitas total yang terdapat pada kelas 1 (C_1)	400000
Kapasitas total yang terdapat pada kelas 2 (C_2)	450000
Minimum QoS untuk layanan 1 (m_1)	0,01
Minimum QoS untuk layanan 2 (m_2)	0,01
Jumlah pengguna layanan 1 (n_1)	30
Jumlah pengguna layanan 2 (n_2)	30

Tabel 3.7 menunjukkan nilai parameter yang digunakan pada setiap kasus baik data *traffic sisfo* maupun *traffic file*.

3.3 Model Skema Pembiayaan Internet pada Model Original

Langkah selanjutnya, akan dicari hasil dari skema pembiayaan internet pada model original yang nantinya akan dibandingkan hasilnya dengan model modifikasi dalam penelitian ini

3.3.1 Model Original dan Solusi Optimal Skema Pembiayaan Internet pada Atribut QoS *Bit Error Rate (BER)*

Model skema pembiayaan internet nirkabel pada model original untuk setiap atribut QoS disusun berdasarkan Kendala (2.1f) sampai Kendala (2.1m). Kemudian nilai parameter yang terdapat pada Tabel 4.7 diinputkan pada Persamaan (2.1).

- Model Original pada Atribut QoS *Bit Error Rate (BER)* jika

PQ_{ik} naik dan x naik

$$\text{Maks } R = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^2 (PR_{ik} + PQ_{ik})$$

$$\begin{aligned} \text{Maks } R &= (PR_{11} + PQ_{11}) + (PR_{21} + PQ_{21}) + (PR_{12} + \\ &PQ_{12}) + (PR_{22} + PQ_{22}) \end{aligned}$$

$$= (0.2 + PQ_{11}) + (0.4 + PQ_{21}) + (0.6 + PQ_{12}) + (0.8 + PQ_{22})$$

Berdasarkan Kendala (2.1f) diperoleh :

$$PQ_{11} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{11} Lx$$

$$PQ_{21} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{21} Lx$$

$$PQ_{12} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{12} Lx$$

$$PQ_{22} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{22} Lx \quad (4.3.1. a)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.g) diperoleh :

$$PB_{11} = a_{11}(e - e^{-x B}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{21} = a_{21}(e - e^{-x B}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{12} = a_{12}(e - e^{-x B}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{22} = a_{22}(e - e^{-x B}) \frac{T_l}{100} \quad (4.3.1. b)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.h) diperoleh :

$$Lx = a (e - e^{-x B}) \quad (4.3.1.c)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.i) diperoleh :

$$0.02 \leq a_{11} \leq 0.11$$

$$0.04 \leq a_{21} \leq 0.12$$

$$0.06 \leq a_{12} \leq 0.13$$

$$0.08 \leq a_{22} \leq 0.14 \quad (4.3.1.d)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.j) diperoleh :

$$50 \leq T_l \leq 100 \quad (4.3.1.e)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.k) diperoleh :

$$0 \leq x \leq 1 \quad (4.3.1.f)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.l) diperoleh :

$$0.8 \leq B \leq 1.07 \quad (4.3.1.g)$$

Berdasarkan Kendala (2.5m) diperoleh :

$$a = 1 \quad (4.3.1.h)$$

- Model Original pada Atribut QoS *Bit Error Rate* jika PQ_{ik} turun dan x turun

$$\text{Maks } R = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^2 (PR_{ik} - PQ_{ik})$$

$$\begin{aligned} \text{Maks } R &= (PR_{11} - PQ_{11}) + (PR_{21} - PQ_{21}) + (PR_{12} - PQ_{12}) \\ &\quad + (PR_{22} - PQ_{22}) \\ &= (0.2 - PQ_{11}) + (0.4 - PQ_{21}) + (0.6 - PQ_{12}) + \\ &\quad (0.8 - PQ_{22}) \end{aligned}$$

Berdasarkan Kendala (2.1f) diperoleh :

$$PQ_{11} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{11} Lx$$

$$PQ_{21} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{21} Lx$$

$$PQ_{12} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{12} Lx$$

$$PQ_{22} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{22} Lx \quad (4.3.1.i)$$

Diikuti dengan Kendala (2.5g) sampai Kendala (2.5m).

Solusi optimal yang diperoleh untuk model original untuk atribut QoS *Bit Error Rate (BER)* dapat dilihat pada Tabel 3.8

**Tabel 3.8 Solusi Optimal Model Original Skema
Pembiayaan Internet untuk QoS *Bit Error Rate***

<i>Solver Status</i>	Kasus	
	<i>PQ_{ik} naik x naik</i>	<i>PQ_{ik} turun x turun</i>
<i>Model Class</i>	MINLP	MINLP
<i>State</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	2.82096e+007	2
<i>Infeasibility</i>	9.31323e-010	2.74918e-013
<i>Iterations</i>	17	14
<i>GMU</i>	28K	28K
<i>ER</i>	1s	0s

Pada kasus *PQ_{ik} naik x naik* solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 2.82096e+007 yang didapatkan melalui 17 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 9.31323e-010 atau. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 28K dan *Elapsed Runtime* (ER) menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik.

Pada kasus *PQ_{ik} turun x turun* solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 2 yang didapatkan dengan melakukan pengulangan sebanyak 14 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 2.74918e-013 atau mendekati 0, dengan GMU sebesar 28K dan ER sebesar 0 detik.

Nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model original pada atribut QoS *BER* masing-masing kasus dalam mencapai solusi optimalnya disajikan dalam Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Nilai-Nilai Variabel pada Model Original Skema Pembiayaan Internet untuk QoS *Bit Error Rate*

Solver Status	Kasus	
Variabel	PQ_{ik} naik x naik	PQ_{ik} turun x turun
PQ_{11}	6206122	0.0
PQ_{21}	6770315	0.0
PQ_{12}	7334508	0.0
PQ_{22}	7898701	0.0
PB_{11}	2.612801	0.1718283e-01
PB_{21}	2.850328	0.3436566e-01
PB_{12}	3.087855	0.5154848e-01
PB_{22}	3.325383	0.9450555e-01
x	1	0.1e-05
Lx	2.375273	1.718283
Tl	1000	50
B	1.07	0.935
a_{11}	0.11	0.02
a_{21}	0.12	0.04
a_{12}	0.13	0.06
a_{22}	0.14	0.11

Tabel 3.9 menyajikan perbandingan nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model original untuk atribut QoS *BER* masing-masing kasus dalam mencapai solusi optimal.

3.3.2 Model Original dan Solusi Optimal Skema Pembiayaan Internet Wireless Pada Model Reverse Charging terhadap Konsumsi *Bit Error Rate (BER)*

Model skema pembiayaan internet *wireless* pada model original untuk model *Reverse Charging* disusun berdasarkan Kendala (2.1.a) sampai Kendala (2.1.e). Selanjutnya nilai parameter yang ada pada Tabel 4.7 diinputkan pada Persamaan (2.1).

- Model Original pada Model Reverse Charging terhadap Traffic Sisfo

$$\text{Maks } R = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^2 (\alpha + \beta \cdot I_i) p_{ik} \cdot x_{ik}$$

$$\begin{aligned} \text{Maks } R &= ((\alpha + \beta I_1) p_{11} x_{11}) + ((\alpha + \beta I_2) p_{21} x_{21}) + \\ &\quad ((\alpha + \beta I_1) p_{12} x_{12}) + ((\alpha + \beta I_2) p_{22} x_{22}) \\ &= ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{11}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{21}) + \\ &\quad ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{12}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{22}) \end{aligned}$$

Berdasarkan Kendala (2.1.a) diperoleh :

$$I_1 12,825.35 x_{11} \leq a_1 400000$$

$$I_2 12,825.35 x_{21} \leq a_2 400000$$

$$I_1 12,825.35 x_{12} \leq a_1 450000$$

$$I_2 12,825.35 x_{22} \leq a_2 45000 \quad (4.3.1.j)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.b) diperoleh :

$$(I_1 12,825.35 x_{11}) + (I_2 12,825.35 x_{21}) \leq (a_1 + a_2) 400000$$

$$(I_1 12,825.35 x_{12}) + (I_2 12,825.35 x_{22}) \leq (a_1 + a_2) 450000$$

(4.3.1.k)

Berdasarkan Kendala (2.1.c) diperoleh :

$$a_1 + a_2 = 1 \quad (4.3.1.l)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.d) diperoleh :

$$0.01 \leq I_1 \leq 1$$

$$0.01 \leq I_2 \leq 1 \quad (4.3.1.m)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.e) diperoleh :

$$0 \leq x_{11} \leq 30$$

$$0 \leq x_{21} \leq 30$$

$$0 \leq x_{12} \leq 30$$

$$0 \leq x_{22} \leq 30 \quad (4.3.1.n)$$

- Model Original pada Model Reverse Charging terhadap Traffic File

$$\text{Maks } R = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^2 (\alpha + \beta \cdot I_i) p_{ik} \cdot x_{ik}$$

$$\begin{aligned} \text{Maks } R &= ((\alpha + \beta I_1) p_{11} x_{11}) + ((\alpha + \beta I_2) p_{21} x_{21}) + \\ &\quad ((\alpha + \beta I_1) p_{12} x_{12}) + ((\alpha + \beta I_2) p_{22} x_{22}) \\ &= ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{11}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{21}) + \\ &\quad ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{12}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{22}) \end{aligned}$$

Berdasarkan Kendala (2.1.a) diperoleh :

$$I_1 287,878.32 x_{11} \leq a_1 400000$$

$$I_2 287,878.32 x_{21} \leq a_2 400000$$

$$I_1 287,878.32 x_{12} \leq a_1 450000$$

$$I_2 287,878.32 x_{22} \leq a_2 450000 \quad (4.3.1.o)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.b) diperoleh :

$$(I_1 287,878.32 x_{11}) + (I_2 287,878.32 x_{21}) \leq (a_1 + a_2) 400000$$

$$(I_1 287,878.32 x_{12}) + (I_2 287,878.32 x_{22}) \leq (a_1 + a_2) 450000$$

(4.3.1.p)

Diikuti dengan Kendala (4.3.1.l) sampai Kendala (4.3.1.n).

Solusi optimal yang diperoleh untuk model original pada model *Reverse Charging* terhadap konsumsi *Bit Error Rate (BER)* dapat dilihat pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Solusi Optimal Model Original Skema Pembiayaan Internet Wireless pada Model Reverse Charging terhadap Konsumsi *Bit Error Rate (BER)*

Solver Status		
	Traffic Sisfo	Traffic File
<i>Model Class</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	720	147.79
<i>Infeasibility</i>	0	0
<i>Iterations</i>	32	49
Extended Solver Status		
<i>Solver Type</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>
<i>Best Objective</i>	720	147.79
<i>Update Interval</i>	2	2
<i>GMU (K)</i>	25	25
<i>ER (Sec)</i>	0S	0S

Tabel 3.10 menampilkan solusi optimal yang diperoleh dari model original *Reverse Charging* menggunakan nilai parameter data *traffic sisfo* dan *traffic file*.

Pada data *traffic sisfo* diperoleh solusi optimalnya yaitu sebesar 720/kbps yang didapatkan melalui 32 iterasi dan

Infeasibility bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 25K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model original *Reverse Charging* terhadap konsumsi *bandwidth* masing-masing kasus dalam mencapai solusi optimalnya disajikan dalam Tabel 3.11.

**Tabel 3.11 Nilai-Nilai Variabel Model Original Skema
Pembiayaan Internet Wireless pada Model Reverse
Charging terhadap Konsumsi *Bit Error Rate***

<i>Solver Status</i>	Nilai	
	<i>PQ_{ik} naik x naik</i>	<i>PQ_{ik} turun x turun</i>
x_{11}	6.206116	0.02952492
x_{21}	6.770308	0.05904985
x_{12}	7.334500	0.08857477
x_{22}	7.898693	0.1180997
l_1	2.612801	0.01718282
l_2	2.850328	0.03436564
a_1	1	0
a_2	2.375273	1.718282

Tabel 3.11 menyajikan perbandingan nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model original *Reverse Charging* masing-masing *traffic* dalam mencapai solusi optimal.

3.4 Model Modifikasi Skema Pembiayaan Internet

Model modifikasi dalam penelitian ini menggunakan model yang telah disediakan oleh Wallenius dan Hamalainen (2002) pada model original yang kemudian dikombinasikan dengan model skema pembiayaan internet *Reverse Charging* yang dikemukakan oleh Puspita *et al.* (2015).

3.4.1 Model Skema Pembiayaan Internet Wireless Berdasarkan Pemakaian Data *Traffic* Sisfo

Setelah menentukan variabel dan nilai-nilai parameter, selanjutnya model *Reverse Charging* diformulasikan sehingga diperoleh skema pembiayaan internet yang dapat memkasimumkan keuntungan ISP. Berdasarkan model (2.1) banyaknya jumlah pemakaian pengguna (k) adalah dua dan jumlah layanan (i) dipilih sebanyak dua.

- **Model Pada Kasus 1 (α Sebagai Parameter dan β Sebagai Parameter)**

Pada skema pembiayaan internet pada Kasus 1 diketahui α dan β sebagai parameter. Model persamaan yang digunakan pada Kasus 1 menggunakan Fungsi Tujuan (2.2) dan Kendala (2.1a) sampai Kendala (2.1m). Tabel 4.10 menunjukkan nilai parameter yang digunakan pada kasus α dan β sebagai parameter berdasarkan data *traffic sisfo*.

Tabel 3.12 Nilai - Nilai Parameter Kasus α dan β Sebagai Konstanta Berdasarkan Data *Traffic Sisfo*

Parameter	Nilai
Biaya melakukan koneksi pengguna 1 kelas 1 (PR_{11})	0,2
Biaya melakukan koneksi pengguna 2 kelas 1 (PR_{21})	0,4
Biaya melakukan koneksi pengguna 1 kelas 2 (PR_{12})	0,6
Biaya melakukan koneksi pengguna 2 kelas 2 (PR_{22})	0,8
Harga pengguna layanan 1 kelas 1 (p_{11})	20
Harga pengguna layanan 2 kelas 1 (p_{21})	20
Harga pengguna layanan 1 kelas 2 (p_{12})	20
Harga pengguna layanan 2 kelas 2 (p_{22})	20
Harga dasar setiap layanan (α)	0,1
Kualitas premium setiap layanan (β)	0,5
Kapasitas total yang terdapat pada kelas (C_1)	400000
Kapasitas total yang terdapat pada kelas (C_2)	450000
Minimum QoS untuk layanan 1 (m_1)	0,01
Minimum QoS untuk layanan 2 (m_2)	0,01
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 1 kelas 1 (d_{11})	12,825.35
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 2 kelas 1 (d_{21})	12,825.35
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 1 kelas 2 (d_{12})	12,825.35
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 2 kelas 2 (d_{22})	12,825.35
Jumlah pengguna layanan 1 (n_1)	30
Jumlah pengguna layanan 2 (n_2)	30

Pada kasus ini penentuan *BER* mengikuti ketentuan dari ISP. Selanjutnya nilai-nilai parameter yang ada pada Tabel 3.10 diinputkan pada Persamaan (2.1), maka dibentuk model *improved* sebagai berikut :

- Kasus 1 : PQ_{ik} meningkat dan x meningkat

$$\begin{aligned} \text{Maks } R &= (0.2 + PQ_{11}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{11}) + \\ &(0.4 + PQ_{21}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{21}) + \\ &(0.6 + PQ_{12}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{12}) + \\ &(0.8 + PQ_{22}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{22}) \end{aligned} \quad (4.4.1)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.a) diperoleh :

$$\begin{aligned} I_1 12,825.35 x_{11} &\leq a_1 C_1 \\ I_2 12,825.35 x_{21} &\leq a_2 C_1 \\ I_1 12,825.35 x_{12} &\leq a_1 C_2 \\ I_2 12,825.35 x_{22} &\leq a_2 C_2 \end{aligned} \quad (4.4.1.a)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.b) diperoleh :

$$\begin{aligned} (I_1 d_{11} x_{11}) + (I_2 d_{21} x_{21}) &\leq (a_1 + a_2) C_1 \\ (I_1 d_{12} x_{12}) + (I_2 d_{22} x_{22}) &\leq (a_1 + a_2) C_2 \end{aligned} \quad (4.4.1.b)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.c) diperoleh :

$$a_1 + a_2 = 1 \quad (4.4.1.c)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.d) diperoleh :

$$0.01 \leq I_1 \leq 1$$

$$0.01 \leq I_2 \leq 1 \quad (4.4.1.d)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.e) diperoleh :

$$0 \leq x_{11} \leq 30$$

$$0 \leq x_{21} \leq 30$$

$$0 \leq x_{12} \leq 30$$

$$0 \leq x_{22} \leq 30 \quad (4.4.1.e)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.f) diperoleh :

$$PQ_{11} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{11} Lx$$

$$PQ_{21} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{21} Lx$$

$$PQ_{12} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{12} Lx$$

$$PQ_{22} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{22} Lx \quad (4.4.1.f)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.g) diperoleh :

$$PB_{11} = a_{11}(e - e^{-x^B}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{21} = a_{21}(e - e^{-x^B}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{12} = a_{12}(e - e^{-x^B}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{22} = a_{22}(e - e^{-x^B}) \frac{T_l}{100} \quad (4.4.1.g)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.h) diperoleh :

$$Lx = a (e - e^{-x^B}) \quad (4.4.1.h)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.i) diperoleh :

$$0.02 \leq a_{11} \leq 0.11$$

$$0.04 \leq a_{21} \leq 0.12$$

$$0.06 \leq a_{12} \leq 0.13$$

$$0.08 \leq a_{22} \leq 0.14 \quad (4.4.1.i)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.j) diperoleh :

$$50 \leq T_l \leq 1000 \quad (4.4.1.j)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.k) diperoleh :

$$0 \leq x \leq 1 \quad (4.4.1.k)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.l) diperoleh :

$$0.8 \leq B \leq 1.07 \quad (4.4.1.l)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.m) diperoleh :

$$a = 1 \quad (4.4.1.m)$$

- Kasus 2 : PQ_{ik} meningkat dan x menurun

$$\begin{aligned} \text{Maks } R = & (0.2 + PQ_{11}) + ((0.1 + \beta_1 I_1) 20 x_{11}) + \\ & (0.4 + PQ_{21}) + ((0.1 + \beta_2 I_1) 20 x_{21}) + \\ & (0.6 + PQ_{12}) + ((0.1 + \beta_1 I_2) 20 x_{12}) + \\ & (0.8 + PQ_{22}) + ((0.1 + \beta_2 I_2) 20 x_{22}) \end{aligned} \quad (4.4.1)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.f) diperoleh :

$$PQ_{11} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{11} Lx$$

$$PQ_{21} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{21} Lx$$

$$PQ_{12} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{12} Lx$$

$$PQ_{22} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{22} Lx \quad (4.4.1.f)$$

Dan mengikuti Kendala (4.4.1a) sampai (4.4.4.1e) dilanjutkan dengan Kendala (4.4.1g) samapai (4.4.1m)

- Kasus 3 : PQ_{ik} menurun dan x meningkat

$$\begin{aligned}
 \text{Maks } R = & (0.2 - PQ_{11}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{11}) + \\
 & (0.4 - PQ_{21}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{21}) + \\
 & (0.6 - PQ_{12}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{12}) + \\
 & (0.8 - PQ_{22}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{22}) \quad (4.4)
 \end{aligned}$$

Dan mengikuti Kendala (4.2a) sampai (4.2m).

- Kasus 4 : PQ_{ik} menurun dan x menurun

$$\begin{aligned}
 \text{Maks } R = & (0.2 - PQ_{11}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{11}) + \\
 & (0.4 - PQ_{21}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{21}) + \\
 & (0.6 - PQ_{12}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{12}) + \\
 & (0.8 - PQ_{22}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{22}) \quad (4.5)
 \end{aligned}$$

Dan mengikuti Kendala (4.3a) serta diikuti Kendala (4.2a) sampai (4.2e) dan dilanjutkan dengan Kendala (4.2g) sampai (4.2m).

➤ **Model Pada Kasus 2 (α Sebagai Parameter dan β Sebagai Variabel)**

Pada skema pembiayaan internet pada kasus 2 diketahui α sebagai parameter dan β sebagai variabel. Model persamaan yang digunakan pada kasus 2 menggunakan Fungsi Tujuan (2.3) dan Kendala (2.1a) sampai Kendala (2.1m), serta dengan tambahan Kendala (2.3a) dan (2.3b). Tabel 4.13 menunjukkan nilai parameter yang digunakan pada kasus α sebagai konstanta dan β sebagai variabel berdasarkan data *traffic sisfo*.

Tabel 3.13 Nilai - Nilai Parameter Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel Berdasarkan Data *Traffic*

Sisfo

Parameter	Nilai
Biaya melakukan koneksi pengguna 1 kelas 1 (PR_{11})	0,2
Biaya melakukan koneksi pengguna 2 kelas 1 (PR_{21})	0,4
Biaya melakukan koneksi pengguna 1 kelas 2 (PR_{12})	0,6
Biaya melakukan koneksi pengguna 2 kelas 2 (PR_{22})	0,8
Harga pengguna layanan 1 kelas 1 (p_{11})	20
Harga pengguna layanan 2 kelas 1 (p_{21})	20
Harga pengguna layanan 1 kelas 2 (p_{12})	20
Harga pengguna layanan 2 kelas 2 (p_{22})	20
Harga dasar setiap layanan (α)	0.1
Maksimum kualitas premium untuk layanan 1 (b_1)	0.5
Maksimum kualitas premium untuk layanan 2 (b_2)	0.5
Kualitas indeks layanan 1 (I_1)	0.01
Kualitas indeks layanan 2 (I_2)	0.01
Kapasitas total yang terdapat pada kelas (C_1)	400000
Kapasitas total yang terdapat pada kelas (C_2)	450000
Minimum QoS untuk layanan 1 (m_1)	0,01
Minimum QoS untuk layanan 2 (m_2)	0,01
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 1 kelas 1 (d_{11})	12,825.35
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 2 kelas 1 (d_{21})	12,825.35
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 1 kelas 2 (d_{12})	12,825.35
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 2 kelas 2 (d_{22})	12,825.35
Jumlah pengguna layanan 1 (n_1)	30
Jumlah pengguna layanan 2 (n_2)	30

Pada kasus ini penentuan *bandwidth* mengikuti ketentuan dari ISP. Selanjutnya nilai-nilai parameter yang ada pada Tabel 3.13 diinputkan pada Persamaan (2.1), maka dibentuk model *improved* sebagai berikut :

- Kasus 1 : PQ_{ik} meningkat dan x meningkat

$$\begin{aligned}
\text{Maks } R &= (0.5 + PQ_{11}) + ((0.1 + \beta_1 I_1) 15 x_{11}) + \\
&\quad (0.6 + PQ_{21}) + ((0.1 + \beta_2 I_1) 15 x_{21}) + \\
&\quad (0.7 + PQ_{12}) + ((0.1 + \beta_1 I_2) 15 x_{12}) + \\
&\quad (0.8 + PQ_{22}) + ((0.1 + \beta_2 I_2) 15 x_{22}) \quad (4.6)
\end{aligned}$$

Berdasarkan Kendala (2.1.a) diperoleh :

$$I_1 12,825.35 x_{11} \leq a_1 C_1$$

$$I_2 12,825.35 x_{21} \leq a_2 C_1$$

$$I_1 12,825.35 x_{12} \leq a_1 C_2$$

$$I_2 12,825.35 x_{22} \leq a_2 C_2 \quad (4.4.2.a)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.b) diperoleh :

$$(I_1 d_{11} x_{11}) + (I_2 d_{21} x_{21}) \leq (a_1 + a_2) C_1$$

$$(I_1 d_{12} x_{12}) + (I_2 d_{22} x_{22}) \leq (a_1 + a_2) C_2 \quad (4.4.2.b)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.c) diperoleh :

$$a_1 + a_2 = 1 \quad (4.4.2c)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.d) diperoleh :

$$0.01 \leq I_1 \leq 1$$

$$0.01 \leq I_2 \leq 1 \quad (4.4.2d)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.e) diperoleh :

$$0 \leq x_{11} \leq 10$$

$$0 \leq x_{21} \leq 10$$

$$0 \leq x_{12} \leq 10$$

$$0 \leq x_{22} \leq 10 \quad (4.4.2.e)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.f) diperoleh :

$$PQ_{11} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{11} Lx$$

$$PQ_{21} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{21} Lx$$

$$PQ_{12} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{12} Lx$$

$$PQ_{22} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{22} Lx \quad (4.4.2.f)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.g) diperoleh :

$$PB_{11} = a_{11}(e - e^{-xB}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{12} = a_{12}(e - e^{-xB}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{21} = a_{21}(e - e^{-xB}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{22} = a_{22}(e - e^{-xB}) \frac{T_l}{100} \quad (4.4.2.g)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.h) diperoleh :

$$Lx = a (e - e^{-xB}) \quad (4.4.2.h)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.i) diperoleh :

$$0.02 \leq a_{11} \leq 0.11$$

$$0.04 \leq a_{21} \leq 0.12$$

$$0.06 \leq a_{12} \leq 0.13$$

$$0.08 \leq a_{22} \leq 0.14 \quad (4.4.2.i)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.j) diperoleh :

$$50 \leq T_l \leq 1000 \quad (4.4.2.j)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.k) diperoleh :

$$0 \leq x \leq 1 \quad (4.4.2.k)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.l) diperoleh :

$$0.8 \leq B \leq 1.07 \quad (4.4.2.l)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.m) diperoleh :

$$a = 1 \quad (4.4.2.m)$$

Berdasarkan Kendala (2.6a) diperoleh :

$$\beta_2 \cdot 0.01 \geq \beta_1 \cdot 0.01 \quad (4.6a)$$

Berdasarkan Kendala (2.6b) diperoleh :

$$0.01 \leq \beta_1 \leq 0.5$$

$$0.01 \leq \beta_2 \leq 0.5 \quad (4.6b)$$

- Kasus 2 : PQ_{ik} meningkat dan x menurun

$$\begin{aligned} \text{Maks } R = & (0.2 + PQ_{11}) + ((0.1 + \beta_1 I_1) 20 x_{11}) + \\ & (0.4 + PQ_{21}) + ((0.1 + \beta_2 I_1) 20 x_{21}) + \\ & (0.6 + PQ_{12}) + ((0.1 + \beta_1 I_2) 20 x_{12}) + \\ & (0.6 + PQ_{22}) + ((0.1 + \beta_2 I_2) 20 x_{22}) \end{aligned}$$

Berdasarkan Kendala (2.1.f) diperoleh :

$$PQ_{11} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{11} Lx$$

$$PQ_{21} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{21} Lx$$

$$PQ_{12} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{12} Lx$$

$$PQ_{22} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{22} Lx \quad (4.4.1.f)$$

Dan mengikuti Kendala (4.2a) sampai (4.2e) dilanjutkan dengan Kendala (4.2g) samapai (4.2m), serta dengan Kendala tambahan (4.6a) sampai (4.6b).

• Kasus 3 : PQ_{ij} menurun dan x meningkat

$$\begin{aligned} \text{Maks } R = & (0.2 - PQ_{11}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{11}) + \\ & (0.4 - PQ_{21}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{21}) + \\ & (0.6 - PQ_{12}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{12}) + \\ & (0.8 - PQ_{22}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{22}) \quad (4.8) \end{aligned}$$

Dan mengikuti Kendala (4.2a) sampai (4.6b).

• Kasus 4 : PQ_{ij} menurun dan x menurun

$$\begin{aligned} \text{Maks } R = & (0.2 - PQ_{11}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{11}) + \\ & (0.4 - PQ_{21}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{21}) + \\ & (0.6 - PQ_{12}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{12}) + \\ & (0.8 - PQ_{22}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{22}) \quad (4.9) \end{aligned}$$

Dan mengikuti Kendala (4.7a) serta diikuti Kendala (4.2a) sampai (4.2e) dan dilanjutkan dengan Kendala (4.2g) sampai (4.6b).

➤ **Model Pada Kasus 3 (α Sebagai Variabel dan β Sebagai Variabel)**

Model persamaan yang digunakan untuk kasus α dan β sebagai variabel menggunakan Fungsi Tujuan pada Persamaan (2.4) dengan Kendala (2.1a) sampai (2.1m), Kendala (2.3a) sampai (2.3b), serta dengan kendala tambahan Kendala (2.4a) dan (2.4b). Tabel 3.14 menunjukkan nilai parameter yang digunakan pada kasus α dan β sebagai variabel berdasarkan data *traffic sisfo*.

Tabel 3.14 Nilai - Nilai Parameter Kasus α dan β Sebagai Variabel Berdasarkan Data *Traffic Sisfo*

Parameter	Nilai
Biaya melakukan koneksi pengguna 1 kelas 1 (PR_{11})	0,2
Biaya melakukan koneksi pengguna 2 kelas 1 (PR_{21})	0,4
Biaya melakukan koneksi pengguna 1 kelas 2 (PR_{12})	0,6
Biaya melakukan koneksi pengguna 2 kelas 2 (PR_{22})	0,8
Harga pengguna layanan 1 kelas 1 (p_{11})	20
Harga pengguna layanan 2 kelas 1 (p_{21})	20
Harga pengguna layanan 1 kelas 2 (p_{12})	20
Harga pengguna layanan 2 kelas 2 (p_{22})	20
Maksimum kualitas premium untuk layanan 1 (b_1)	0.5
Maksimum kualitas premium untuk layanan 2 (b_2)	0.5
Kualitas indeks layanan 1 (I_1)	0.01
Kualitas indeks layanan 2 (I_2)	0.01
Kapasitas total yang terdapat pada kelas (C_1)	400000
Kapasitas total yang terdapat pada kelas (C_2)	450000
Minimum QoS untuk layanan 1 (m_1)	0,01
Minimum QoS untuk layanan 2 (m_2)	0,01
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 1 kelas 1 (\square_{11})	12,825.35
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 2 kelas 1 (\square_{21})	12,825.35
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 1 kelas 2 (\square_{12})	12,825.35
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 2 kelas 2 (\square_{22})	12,825.35
Harga dasar minimum untuk layanan 1 (\square_1)	0
Harga dasar minimum untuk layanan 2 (\square_2)	0
Harga dasar maksimum untuk layanan 1 (\square_1)	1
Harga dasar maksimum untuk layanan 2 (\square_2)	1
Jumlah pengguna layanan 1 (\square_1)	30
Jumlah pengguna layanan 2 (\square_2)	30

Pada kasus ini penentuan *BER* mengikuti ketentuan dari ISP. Selanjutnya nilai-nilai parameter yang ada pada Tabel 3.10 diinputkan pada Persamaan (2.1), maka dibentuk model *improved* sebagai berikut :

- Kasus 1 : PQ_{ik} meningkat dan x meningkat

$$\begin{aligned} \text{Maks } R = & (0.2 + PQ_{11}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{11}) + \\ & (0.4 + PQ_{21}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{21}) + \\ & (0.6 + PQ_{12}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{12}) + \\ & (0.8 + PQ_{22}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{22}) \end{aligned} \quad (4.4.1)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.a) diperoleh :

$$I_1 12,825.35 x_{11} \leq a_1 C_1$$

$$I_2 12,825.35 x_{21} \leq a_2 C_1$$

$$I_1 12,825.35 x_{12} \leq a_1 C_2$$

$$I_2 12,825.35 x_{22} \leq a_2 C_2 \quad (4.4.1.a)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.b) diperoleh :

$$(I_1 d_{11} x_{11}) + (I_2 d_{21} x_{21}) \leq (a_1 + a_2) C_1$$

$$(I_1 d_{12} x_{12}) + (I_2 d_{22} x_{22}) \leq (a_1 + a_2) C_2 \quad (4.4.1.b)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.c) diperoleh :

$$a_1 + a_2 = 1 \quad (4.4.1.c)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.d) diperoleh :

$$0.01 \leq I_1 \leq 1$$

$$0.01 \leq I_2 \leq 1 \quad (4.4.1.d)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.e) diperoleh :

$$0 \leq x_{11} \leq 30$$

$$0 \leq x_{21} \leq 30$$

$$0 \leq x_{12} \leq 30$$

$$0 \leq x_{22} \leq 30 \quad (4.4.1.e)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.f) diperoleh :

$$PQ_{11} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{11} Lx$$

$$PQ_{21} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{21} Lx$$

$$PQ_{12} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{12} Lx$$

$$PQ_{22} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{22} Lx \quad (4.4.1.f)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.g) diperoleh :

$$PB_{11} = a_{11}(e - e^{-xB}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{12} = a_{12}(e - e^{-xB}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{21} = a_{21}(e - e^{-xB}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{22} = a_{22}(e - e^{-xB}) \frac{T_l}{100}$$

(4.4.1.g)

Berdasarkan Kendala (2.1.h) diperoleh :

$$Lx = a(e - e^{-xB}) \quad (4.4.1.h)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.i) diperoleh :

$$0.02 \leq a_{11} \leq 0.11$$

$$0.04 \leq a_{21} \leq 0.12$$

$$0.06 \leq a_{12} \leq 0.13$$

$$0.08 \leq a_{22} \leq 0.14 \quad (4.4.1.i)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.j) diperoleh :

$$50 \leq T_l \leq 1000 \quad (4.4.1.j)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.k) diperoleh :

$$0 \leq x \leq 1 \quad (4.4.1.k)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.l) diperoleh :

$$0.8 \leq B \leq 1.07 \quad (4.4.1.l)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.m) diperoleh :

$$a = 1 \quad (4.4.1.m)$$

• Kasus 2 : PQ_{ik} meningkat dan x menurun

$$\begin{aligned} \text{Maks } R &= (0.2 + PQ_{11}) + ((0.1 + \beta_1 I_1) 20 x_{11}) + \\ &\quad (0.4 + PQ_{21}) + ((0.1 + \beta_2 I_1) 20 x_{21}) + \\ &\quad (0.6 + PQ_{12}) + ((0.1 + \beta_1 I_2) 20 x_{12}) + \\ &\quad (0.8 + PQ_{22}) + ((0.1 + \beta_2 I_2) 20 x_{22}) \end{aligned}$$

Berdasarkan Kendala (2.1.f) diperoleh :

$$PQ_{11} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{11} Lx$$

$$PQ_{21} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{21} Lx$$

$$PQ_{12} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{12} Lx$$

$$PQ_{22} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{22} Lx \quad (4.4.1.f)$$

Dan mengikuti Kendala (4.4.1a) sampai (4.4.4.1e) dilanjutkan dengan Kendala (4.4.1g) samapai (4.4.1m).

- Kasus 3 : PQ_{ik} menurun dan x meningkat

$$\begin{aligned}
 \text{Maks } R = & (0.2 - PQ_{11}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{11}) + \\
 & (0.4 - PQ_{21}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{21}) + \\
 & (0.6 - PQ_{12}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{12}) + \\
 & (0.8 - PQ_{22}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{22}) \quad (4.12)
 \end{aligned}$$

Dan mengikuti Kendala (4.2a) sampai (4.2m).

- Kasus 4 : PQ_{ik} menurun dan x menurun

$$\begin{aligned}
 \text{Maks } R = & (0.2 - PQ_{11}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{11}) + \\
 & (0.4 - PQ_{21}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{21}) + \\
 & (0.6 - PQ_{12}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{12}) + \\
 & (0.8 - PQ_{22}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{22}) \quad (4.5)
 \end{aligned}$$

Dan mengikuti Kendala (4.3a) serta diikuti Kendala (4.2a) sampai (4.2e) dan dilanjutkan dengan Kendala (4.2g) sampai (4.2m).

❖ **Model Pada Kasus 4 (α Sebagai Variabel dan β Sebagai Parameter)**

Model persamaan yang digunakan untuk kasus α sebagai variabel dan β sebagai parameter menggunakan Fungsi Tujuan pada Persamaan (2.5) dengan Kendala (2.1a) sampai (2.1m), Kendala (2.3b), serta dengan kendala tambahan Kendala (2.4a). Tabel 4.15 menunjukkan nilai parameter yang digunakan pada kasus α sebagai variabel dan β sebagai parameter berdasarkan data *traffic sisfo*.

Tabel 3.15 Nilai - Nilai Konstanta Kasus α Sebagai Variabel dan β Sebagai Konstanta Berdasarkan Data *Traffic Sisfo*

Parameter	Nilai
Biaya melakukan koneksi pengguna 1 kelas 1 (PR_{11})	0,2
Biaya melakukan koneksi pengguna 2 kelas 1 (PR_{21})	0,4
Biaya melakukan koneksi pengguna 1 kelas 2 (PR_{12})	0,6
Biaya melakukan koneksi pengguna 2 kelas 2 (PR_{22})	0,8
Harga pengguna layanan 1 kelas 1 (p_{11})	20
Harga pengguna layanan 2 kelas 1 (p_{21})	20
Harga pengguna layanan 1 kelas 2 (p_{12})	20
Harga pengguna layanan 2 kelas 2 (p_{22})	20
Kualitas premium untuk setiap layanan (β)	0,5
Maksimum kualitas premium untuk layanan 1 (b_1)	0.5
Maksimum kualitas premium untuk layanan 2 (b_2)	0.5
Kualitas indeks layanan 1 (I_1)	0.01
Kualitas indeks layanan 2 (I_2)	0.01
Kapasitas total yang terdapat pada kelas (C_1)	400000
Kapasitas total yang terdapat pada kelas (C_2)	450000
Minimum QoS untuk layanan 1 (m_1)	0,01
Minimum QoS untuk layanan 2 (m_2)	0,01
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 1 kelas 1 (d_{11})	12,825.35
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 2 kelas 1 (d_{21})	12,825.35
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 1 kelas 2 (d_{12})	12,825.35
Kapasitas yang dibutuhkan untuk layanan 2 kelas 2 (d_{22})	12,825.35
Harga dasar minimum untuk layanan 1 (c_1)	0
Harga dasar minimum untuk layanan 2 (c_2)	0
Harga dasar maksimum untuk layanan 1 (g_1)	1
Harga dasar maksimum untuk layanan 2 (g_2)	1
Jumlah pengguna layanan 1 (n_1)	30
Jumlah pengguna layanan 2 (n_2)	30

Pada kasus ini penentuan *BER* mengikuti ketentuan dari ISP. Selanjutnya nilai-nilai parameter yang ada pada Tabel 3.7 diinputkan pada Persamaan (2.1), maka dibentuk model *improved* sebagai berikut :

- Kasus 1 : PQ_{ik} meningkat dan x meningkat

$$\begin{aligned} \text{Maks } R = & (0.2 + PQ_{11}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{11}) + \\ & (0.4 + PQ_{21}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{21}) + \\ & (0.6 + PQ_{12}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{12}) + \\ & (0.8 + PQ_{22}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{22}) \end{aligned} \quad (4.4.1)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.a) diperoleh :

$$I_1 12,825.35 x_{11} \leq a_1 C_1$$

$$I_2 12,825.35 x_{21} \leq a_2 C_1$$

$$I_1 12,825.35 x_{12} \leq a_1 C_2$$

$$I_2 12,825.35 x_{22} \leq a_2 C_2 \quad (4.4.1.a)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.b) diperoleh :

$$(I_1 d_{11} x_{11}) + (I_2 d_{21} x_{21}) \leq (a_1 + a_2) C_1$$

$$(I_1 d_{12} x_{12}) + (I_2 d_{22} x_{22}) \leq (a_1 + a_2) C_2 \quad (4.4.1.b)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.c) diperoleh :

$$a_1 + a_2 = 1 \quad (4.4.1.c)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.d) diperoleh :

$$0.01 \leq I_1 \leq 1$$

$$0.01 \leq I_2 \leq 1 \quad (4.4.1.d)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.e) diperoleh :

$$0 \leq x_{11} \leq 30$$

$$0 \leq x_{21} \leq 30$$

$$0 \leq x_{12} \leq 30$$

$$0 \leq x_{22} \leq 30 \quad (4.4.1.e)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.f) diperoleh :

$$PQ_{11} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{11} Lx$$

$$PQ_{21} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{21} Lx$$

$$PQ_{12} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{12} Lx$$

$$PQ_{22} = \left(1 + \frac{x}{10^{-6}} \right) PB_{22} Lx \quad (4.4.1.f)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.g) diperoleh :

$$PB_{11} = a_{11}(e - e^{-xB}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{21} = a_{12}(e - e^{-xB}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{12} = a_{21}(e - e^{-xB}) \frac{T_l}{100}$$

$$PB_{22} = a_{22}(e - e^{-xB}) \frac{T_l}{100}$$

(4.4.1.g)

Berdasarkan Kendala (2.1.h) diperoleh :

$$Lx = a(e - e^{-xB}) \quad (4.4.1.h)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.i) diperoleh :

$$0.02 \leq a_{11} \leq 0.11$$

$$0.04 \leq a_{21} \leq 0.12$$

$$0.06 \leq a_{12} \leq 0.13$$

$$0.08 \leq a_{22} \leq 0.14 \quad (4.4.1.i)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.j) diperoleh :

$$50 \leq T_l \leq 1000 \quad (4.4.1.j)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.k) diperoleh :

$$0 \leq x \leq 1 \quad (4.4.1.k)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.l) diperoleh :

$$0.8 \leq B \leq 1.07 \quad (4.4.1.l)$$

Berdasarkan Kendala (2.1.m) diperoleh :

$$a = 1 \quad (4.4.1.m)$$

- Kasus 2 : PQ_{ik} meningkat dan x menurun

$$\begin{aligned} \text{Maks } R = & (0.2 + PQ_{11}) + ((0.1 + \beta_1 I_1) 20 x_{11}) + \\ & (0.4 + PQ_{21}) + ((0.1 + \beta_2 I_1) 20 x_{21}) + \\ & (0.6 + PQ_{12}) + ((0.1 + \beta_1 I_2) 20 x_{12}) + \\ & (0.8 + PQ_{22}) + ((0.1 + \beta_2 I_2) 20 x_{22}) \end{aligned}$$

Berdasarkan Kendala (2.1.f) diperoleh :

$$PQ_{11} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{11} Lx$$

$$PQ_{21} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{21} Lx$$

$$PQ_{12} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{12} Lx$$

$$PQ_{22} = \left(1 - \frac{x}{10^{-6}}\right) PB_{22} Lx$$

(4.4.1.f)

Dan mengikuti Kendala (4.4.1a) sampai (4.4.4.1e) dilanjutkan dengan Kendala (4.4.1g) samapai (4.4.1m).

- Kasus 3 : PQ_{ik} menurun dan x meningkat

$$\begin{aligned}
 \text{Maks } R = & (0.2 - PQ_{11}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{11}) + \\
 & (0.4 - PQ_{21}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{21}) + \\
 & (0.6 - PQ_{12}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{12}) + \\
 & (0.8 - PQ_{22}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{22}) \quad (4.4)
 \end{aligned}$$

Dan mengikuti Kendala (4.2a) sampai (4.2m).

- Kasus 4 : PQ_{ik} menurun dan x menurun

$$\begin{aligned}
 \text{Maks } R = & (0.2 - PQ_{11}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{11}) + \\
 & (0.4 - PQ_{21}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{21}) + \\
 & (0.6 - PQ_{12}) + ((0.1 + 0.5 I_1) 20 x_{12}) + \\
 & (0.8 - PQ_{22}) + ((0.1 + 0.5 I_2) 20 x_{22}) \quad (4.5)
 \end{aligned}$$

Dan mengikuti Kendala (4.3a) serta diikuti Kendala (4.2a) sampai (4.2e) dan dilanjutkan dengan Kendala (4.2g) sampai (4.2m).

3.5 Solusi dan Nilai-Nilai Variabel dari Model Skema Pembiayaan Internet *Traffic Sisfo*

Model yang diperoleh pada Sub Bab 3.3.1 diselesaikan menggunakan Program Lingo mulai dari Persamaan (4.2) sampai Persamaan (3.17). Dengan menggunakan data *traffic sisfo* diperoleh solusi optimal pada masing- masing kasus.

3.5.1 Solusi Optimal dari Model Skema Pembiayaan Internet pada *Traffic Sisfo* Kasus α dan β Sebagai Parameter

Pada Tabel 3.16 menampilkan solusi optimal dari model skema pembiayaan internet pada *traffic sisfo* untuk Kasus α dan β sebagai parameter. Pada Tabel 3.14 ini menampilkan *Best Objective* atau nilai optimum yang diperoleh dengan menerapkan model dengan ketentuan yang ada pada setiap subkasus.

Tabel 3.16 Solusi Optimal Model *Reverse Charging* pada *Traffic Sisfo* dalam Kasus α dan β Sebagai Konstanta

Solver Status	Nilai Kasus α dan β Sebagai Konstanta			
	PQ_{ik} naik x naik	PQ_{ik} naik x turun	PQ_{ik} turun x naik	PQ_{ik} turun x turun
<i>Model Class</i>	MINLP	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	Local Optimal	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	2.82104e+007	736.762	721.705	722
<i>Infeasibility</i>	9.31323e-010	4.44089e-016	0	2.74918e-013
<i>Iterations</i>	66	57	55	65
Extended Solver Status				
<i>Solver Type</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>
<i>Best Objective</i>	2.82104e+007	736.762	721.705	722
<i>Steps</i>	3	3	3	3
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	34	34	34	34
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	0

Pada kasus 1 solusi optimal yang diperoleh sebesar 2.82104e+007. Solusi ini diperoleh dari 66 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 9.31323e-010. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 34K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 2 solusi optimal yang diperoleh sebesar 736.762. Solusi ini diperoleh dari 57 iterasi dan *Infeasibility* bernilai $4.44089e-016$. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 34K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 3 solusi optimal yang diperoleh sebesar 721.705. Solusi ini diperoleh dari 55 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 34K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 4 solusi optimal yang diperoleh sebesar 722. Solusi ini diperoleh dari 65 iterasi dan *Infeasibility* bernilai $2.74918e-013$. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and*

Bound. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 34K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

❖ **Solusi Optimal dari Model Skema Pembiayaan Internet pada *Traffic Sisfo* Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel**

Pada Tabel 3.17 menampilkan solusi optimal dari model skema pembiayaan internet pada *traffic sisfo* untuk Kasus α sebagai parameter dan β sebagai variabel. Pada Tabel ini menampilkan *Best Objective* atau nilai optimum yang diperoleh dengan menerapkan model dengan ketentuan yang ada pada setiap subkasus.

Tabel 3.17 Solusi Optimal Model *Reverse Charging* pada *Traffic Sisfo* dalam Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel

Solver Status	Nilai Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel			
	PQ_{ik} naik x naik	PQ_{ik} naik x turun	PQ_{ik} turun x naik	PQ_{ik} turun x turun
<i>Model Class</i>	MINLP	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	Local Optimal	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	2.82098e+007	142.762	127.705	128
<i>Infeasibility</i>	9.31323e-010	4.44089e-016	1.38778e-017	2.74918e-013
<i>Iterations</i>	47	41	35	43
Extended Solver Status				
<i>Solver Type</i>	Branch and Bound	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>
<i>Best Objective</i>	2.82098e+007	142.762	127.705	128
<i>Steps</i>	2	2	2	2
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	36	36	36	36
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	1

Pada kasus 1 solusi optimal yang diperoleh sebesar **2.82098e+007**. Solusi ini diperoleh dari 47 iterasi dan *Infeasibility* bernilai **9.31323e-010**. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu

yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 2 solusi optimal yang diperoleh sebesar 142.762. Solusi ini diperoleh dari 41 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 4.44089e-016. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 3 solusi optimal yang diperoleh sebesar 127.705. Solusinya diperoleh dari 35 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 1.38778e-017. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 4 solusi optimal yang diperoleh sebesar 128. Solusinya diperoleh dari 43 iterasi dan *Infeasibility* bernilai

2.74918e-013. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 1 detik.

❖ **Solusi Optimal dari Model Skema Pembiayaan Internet pada *Traffic Sisfo* Kasus α dan β Sebagai Variabel**

Pada Tabel 3.18 menampilkan solusi optimal dari model skema pembiayaan internet pada *traffic sisfo* untuk Kasus α sebagai variabel dan β sebagai variabel. Pada Tabel ini menampilkan *Best Objective* atau nilai optimum yang diperoleh dengan menerapkan model dengan ketentuan yang ada pada setiap subkasus.

Tabel 3.18 Solusi Optimal Model *Reverse Charging* pada *Traffic Sisfo* dalam Kasus α dan β Sebagai Variabel

Solver Status	Nilai Kasus α dan β Sebagai Variabel			
	PQ_{ik} naik x naik	PQ_{ik} naik x turun	PQ_{ik} turun x naik	PQ_{ik} turun x turun
<i>Model Class</i>	MINLP	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	Local Optimal	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	2.82109e+007	1222.76	1207.7	1208
<i>Infeasibility</i>	9.31323e-010	4.44089e-016	1.38778e-017	2.74918e-013
<i>Iterations</i>	50	46	38	46
Extended Solver Status				
<i>Solver Type</i>	Branch and Bound	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>
<i>Best Objective</i>	2.82109e+007	1222.76	1207.7	1208
<i>Steps</i>	2	2	2	2
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	37	37	37	37
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	0

Pada kasus 1 solusi optimal yang diperoleh sebesar **2.82109e+007**. Solusi ini diperoleh dari 50 iterasi dan *Infeasibility* bernilai **9.31323e-010**. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 37K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 2 solusi optimal yang diperoleh sebesar **1222.76**. Solusi ini diperoleh dari 46 iterasi dan *Infeasibility* bernilai $4.44089e-016$. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 37K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 3 solusi optimal yang diperoleh sebesar 1207.7. Solusinya diperoleh dari 38 iterasi dan *Infeasibility* bernilai $1.38778e-017$. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 37K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 4 solusi optimal yang diperoleh sebesar 1208. Solusinya diperoleh dari 46 iterasi dan *Infeasibility* bernilai $2.74918e-013$. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch*

and Bound. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 37K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

❖ **Solusi Optimal dari Model Skema Pembiayaan Internet pada *Traffic Sisfo* Kasus α Sebagai Variabel dan β Sebagai Konstanta**

Pada Tabel 3.19 menampilkan solusi optimal dari model skema pembiayaan internet pada *traffic sisfo* untuk Kasus α sebagai variabel dan β sebagai parameter. Pada Tabel ini menampilkan *Best Objective* atau nilai optimum yang diperoleh dengan menerapkan model dengan ketentuan yang ada pada setiap subkasus.

Tabel 3.19 Solusi Optimal Model Reverse Charging pada Traffic Sisfo dalam Kasus α Sebagai Variabel dan β Sebagai Konstanta

Solver Status	Nilai Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel			
	PQ_{ik} naik x naik	PQ_{ik} naik x turun	PQ_{ik} turun x naik	PQ_{ik} turun x turun
<i>Model Class</i>	MINLP	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	Local Optimal	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	2.82109e+007	1222.76	1207.7	1208
<i>Infeasibility</i>	9.31323e-010	4.440089e-016	1.38778e-017	2.74918e-013
<i>Iterations</i>	47	43	35	20
Extended Solver Status				
<i>Solver Type</i>	Branch and Bound	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>
<i>Best Objective</i>	2.82109e+007	1222.76	1207.7	1208
<i>Steps</i>	2	2	2	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	36	36	36	36
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	1

Pada kasus 1 solusi optimal yang diperoleh sebesar 2.82109e+007. Solusi ini diperoleh dari 47 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 9.31323e-010. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu

yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 2 solusi optimal yang diperoleh sebesar 1222.76. Solusi ini diperoleh dari 43 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 4.440089e-016. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 3 solusi optimal yang diperoleh sebesar 1207.7. Solusinya diperoleh dari 35 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 1.38778e-017. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 4 solusi optimal yang diperoleh sebesar 1208. Solusinya diperoleh dari 20 iterasi dan

Infeasibility bernilai $2.74918e-013$. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 1 detik.

3.5.2 Solusi dan Nilai-Nilai Variabel dari Model Skema

Pembiayaan Internet *Traffic File*

- ❖ Solusi Optimal dari Model Skema Pembiayaan Internet pada *Traffic File* Kasus α dan β Sebagai Parameter

Tabel 3.20 Solusi Optimal Model *Reverse Charging* pada *Traffic File* dalam Kasus α dan β Sebagai Parameter

Solver Status	Nilai Kasus α dan β Sebagai Parameter			
	PQ_{ik} naik x naik	PQ_{ik} naik x turun	PQ_{ik} turun x naik	PQ_{ik} turun x turun
<i>Model Class</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	2.82098e+007	201.499	186.442	186.737
<i>Infeasibility</i>	0	0	0	0.00248887
<i>Iterations</i>	84	79	70	81
Extended Solver Status				
<i>Solver Type</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>
<i>Best Objective</i>	2.82098e+007	201.499	186.442	186.737
<i>Steps</i>	3	3	3	3
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	34	34	34	34
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	1

Pada kasus 1 solusi optimal yang diperoleh sebesar 2.82098e+007. Solusi ini diperoleh dari 84 iterasi dan

Infeasibility bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 34K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 2 solusi optimal yang diperoleh sebesar 201.499. Solusi ini diperoleh dari 79 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 34K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 3 solusi optimal yang diperoleh sebesar 186.442. Solusinya diperoleh dari 70 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 0. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 34K dan lamanya waktu yang digunakan dalam

menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 4 solusi optimal yang diperoleh sebesar 186.737. Solusinya diperoleh dari 81 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 0.00248887. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 34K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 1 detik.

❖ **Solusi Optimal dari Model Skema Pembiayaan Internet**
pada *Traffic File* Kasus α Sebagai Konstanta dan β
Sebagai Variabel

Tabel 3.21 Solusi Optimal Model *Reverse Charging*
pada *Traffic File* dalam Kasus α Sebagai Konstanta dan β
Sebagai Variabel

Solver Status	Nilai Kasus α Sebagai Parameter dan β Sebagai Variabel			
	PQ_{ik} naik x naik	PQ_{ik} naik x turun	PQ_{ik} turun x naik	PQ_{ik} turun x turun
<i>Model Class</i>	MINLP	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	Local Optimal	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	2.82098e+007	174.262	159.205	159.5
<i>Infeasibility</i>	9.31323e-010	4.44089e-016	1.38778e-017	2.74918e-013
<i>Iterations</i>	48	42	36	43
<i>Extended Solver Status</i>				
<i>Solver Type</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>
<i>Best Objective</i>	2.82098e+007	174.262	159.205	159.5
<i>Steps</i>	2	2	2	2
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	35	35	35	35
<i>ER (Sec)</i>	0	0	1	0

Pada kasus 1 solusi optimal yang diperoleh sebesar 2.82109e+007. Solusi ini diperoleh dari 48 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 9.31323e-010. *Extended solver status*

menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 2 solusi optimal yang diperoleh sebesar 174.262. Solusi ini diperoleh dari 42 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 4.440089e-016. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 3 solusi optimal yang diperoleh sebesar 159.205. Solusinya diperoleh dari 36 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 1.38778e-017. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan lamanya waktu yang

digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 1 detik.

Pada kasus 4 solusi optimal yang diperoleh sebesar 159.5. Solusinya diperoleh dari 43 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 2.74918e-013. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

❖ **Solusi Optimal dari Model Skema Pembiayaan Internet pada *Traffic File* Kasus α dan β Sebagai Variabel**

Tabel 3.22 Solusi Optimal Model *Reverse Charging* pada *Traffic File* dalam Kasus α dan β Sebagai Variabel

Solver Status	Nilai Kasus α Sebagai Konstanta dan β Sebagai Variabel			
	PQ_{ik} naik x naik	PQ_{ik} naik x turun	PQ_{ik} turun x naik	PQ_{ik} turun x turun
<i>Model Class</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	2.82112e+007	1524.26	1509.2	1509.5
<i>Infeasibility</i>	9.31323e-010	4.44089e-016	1.38778e-017	2.74918e-013
<i>Iterations</i>	50	45	38	46
Extended Solver Status				
<i>Solver Type</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>
<i>Best Objective</i>	2.82112e+007	1524.26	1509.2	1509.5
<i>Steps</i>	2	2	2	2
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	36	36	36	36
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	0

Pada kasus 1 solusi optimal yang diperoleh sebesar 2.82109e+007. Solusi ini diperoleh dari 50 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 9.31323e-010. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi

memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 2 solusi optimal yang diperoleh sebesar 1524.26. Solusi ini diperoleh dari 45 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 4.44089e-016. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 3 solusi optimal yang diperoleh sebesar 1509.2. Solusinya diperoleh dari 38 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 1.38778e-017. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 4 solusi optimal yang diperoleh sebesar 1509.5 Solusinya diperoleh dari 46 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 2.74918e-013. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 1 detik.

❖ **Solusi Optimal dari Model Skema Pembiayaan Internet pada *Traffic File* Kasus α Sebagai Variabel dan β Sebagai Parameter**

Tabel 3.23 Solusi Optimal Model *Reverse Charging* pada *Traffic File* dalam Kasus α Sebagai Variabel dan β Sebagai Parameter

Solver Status	Nilai Kasus α Sebagai Variabel dan β Sebagai Parameter			
	PQ_{ik} naik x naik	PQ_{ik} naik x turun	PQ_{ik} turun x naik	PQ_{ik} turun x turun
<i>Model Class</i>	MINLP	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	2.82112e+007	1524.26	1509.2	1509.5
<i>Infeasibility</i>	9.31323e-010	4.44089e-016	1.38778e-017	2.74918e-013
<i>Iterations</i>	47	42	35	20
Extended Solver Status				
<i>Solver Type</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>
<i>Best Objective</i>	2.82112e+007	1524.26	1509.2	1509.5
<i>Steps</i>	2	2	2	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	35	35	35	35
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	0

Pada kasus 1 solusi optimal yang diperoleh sebesar 2.82112e+007. Solusi ini diperoleh dari 47 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 9.31323e-010. *Extended solver status*

menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 2 solusi optimal yang diperoleh sebesar 1524.26. Solusi ini diperoleh dari 42 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 4.440089e-016. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 3 solusi optimal yang diperoleh sebesar 1509.2. Solusinya diperoleh dari 35 iterasi dan *Infeasibility* bernilai 1.38778e-017. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan lamanya waktu yang

digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

Pada kasus 4 solusi optimal yang diperoleh sebesar 1509.5. Solusinya diperoleh dari 20 iterasi dan *Infeasibility* bernilai $2.74918e-013$. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*. GMU menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam ER yaitu sebesar 0 detik.

3.6 Perbandingan Solusi pada Model Skema Pembiayaan Internet untuk Setiap Kasus

Perbandingan solusi dari model skema pembiayaan internet untuk setiap kasus disajikan dalam Tabel 3.24 dan Tabel 3.25 berikut.

Tabel 3.24 Perbandingan Solusi Optimal dari Model Skema Pembiayaan Internet pada *Traffic Sisfo*

Variabel	Model Skema Pembiayaan Internet			
	α dan β Konstanta	α Konstanta dan β Variabel	α dan β Variabel	α Variabel dan β Konstanta
<i>Model Class</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	2.82109e+007	33,2198	168,22	168,22
<i>Infeasibility</i>	0	0	0	0
<i>Iterations</i>	47	36	42	38
<i>GMU (K)</i>	27K	28K	29K	28K
<i>ER (sec)</i>	0	0	0	0

Tabel 3.24 menunjukkan perbandingan solusi dari model skema pembiayaan internet untuk masing-masing kasus pada *traffic sisfo*. Berdasarkan Tabel 3.24 dilihat bahwa solusi yang paling optimal didapat dari solusi model skema pembiayaan internet pada kasus α variabel dan β konstanta.

Tabel 3.25 Perbandingan Solusi Optimal dari Model Skema Pembiayaan Internet pada *Traffic File*

Variabel	Model Skema Pembiayaan Internet			
	α dan β Konstanta	α Konstanta dan β Variabel	α dan β Variabel	α Variabel dan β Konstanta
<i>Model Class</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>	<i>MINLP</i>
<i>State</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>	<i>Local Optimal</i>
<i>Objective</i>	287,47	64,7198	469,72	469,72
<i>Infeasibility</i>	0	0	0	0
<i>Iterations</i>	49	36	42	36
<i>GMU (K)</i>	27K	28K	29K	28K
<i>ER (sec)</i>	0	1	0	0

Tabel 3.25 menunjukkan perbandingan solusi berdasarkan model skema pembiayaan internet untuk masing-masing kasus pada *traffic file*. Berdasarkan Tabel 3.25 dilihat bahwa solusi yang paling optimal didapat dari solusi model skema pembiayaan internet pada kasus α variabel dan β konstanta.

Berdasarkan Tabel 3.24 dan Tabel 3.25 dapat dilihat solusi paling optimal untuk model skema pembiayaan internet pada data *traffic sisfo* adalah kasus α variabel dan β konstanta (menaikan biaya sepanjang perubahan QoS atau PQ_{ik} dan menaikkan nilai QoS x dimana diperoleh perbedaan pendapatan sebesar 168,22/kbps).

Solusi paling optimal untuk model skema pembiayaan internet pada data *traffic file* adalah kasus α variabel dan β konstanta (menaikan biaya sepanjang perubahan QoS atau PQ_{ik} dan menaikkan nilai QoS x dimana diperoleh perbedaan pendapatan sebesar 469,72

Berdasarkan hasil rekapitulasi solusi model penggunaan data *Traffic Sisfo* dan *Traffic File* pada tabel 4.36 dan tabel 4.37 diperoleh keuntungan maksimum pada Kasus 4 untuk penggunaan data *Traffic Sisfo* dan *Traffic File* yakni sebesar 1222.76/kbps dan 1524.26/kbps. Solusi optimal dari model ini diperoleh dengan *Extended solver status* yang menunjukkan bahwa metode yang digunakan dalam kasus ini adalah metode *Branch and Bound*.

/kbps.

DAFTAR PUSTAKA

- Byun, J., and Chatterjee, S (2004). *A strategic pricing for quality of service (QoS) network business*. Proceedings of the Tenth Americas Conference on Information Systems, 2561-2572.
- Gu, C., Zhuang, S., & Sun, Y. (2011). Pricing incentivemechanism based on multistages traffic classificationmethodology for QoS-enablednetworks. *Journal of Networks*, 6(1), 163-171.
- Hutchinson, E. (2011). *Economics*.
- Indrawati, Irmeilyana, F. M. Puspita, and Sanjaya, O. (2015), Internet pricing on *bandwidth* function diminished with increasing *bandwidth* utility function: *TELKOMNIKA*, 13(1), 299-304.
- Irmeilyana, F. M. Puspita, and I. Husniah, 2016, Optimization of Wireless Internet Pricing Scheme in Serving Multi QoS Network Using Various QoS Attributes: *TELKOMNIKA, Telecommunication, Computing, Electronics and Control*, (Vol 14).
- Loiseau, P., Schwartz, G., Musacchio, J., & Amin, S. (2011). *Incentiveschemes for Internet congestion management: Raffles versus time-of-day pricing*. Paper presentedat the IEEE-2011 49th Annual Allerton Conference on Communication, Control, and Computing, Monticello, IL, USA
- Puspita, F. M., Irmeilyana, and Indrawati. (2014). An *Improved Model of Internet Pricing Scheme of Multi Link Multi Service Network with Various Value of Base Price, Quality Premium and QoS Level: 1st International Conference on Computer Science and Engineering*, 13-16.
- Puspita, F. M., K. Seman, and Taib, B. M. (2015). The *Improved Models of Internet Pricing Scheme of Multi Service Multi Link Networks with Various Capacity Links.*, in H. A. Sulaiman, M. A. Othman, M. F. I. Othman, Y. A. Rahim, and N. C. Pee, eds., *Advanced Computer and*

Communication Engineering Technology: Lecture Notes in Electrical Engineering, (vol 315). Switzerland, Springer International Publishing.

- Puspita, F. M., E. Yuliza, and Ulfa, M. (2016b). *The Comparison of Bundle-Pricing Scheme Models Using Quasi-Linear Utility Function*: International Conference on Science, Technology, Interdisciplinary Research
- Sain, S., and Herpers, S. (2003). *Profit Maximisation in Multi Service Networks- An Optimisation Model*.: Proceedings of the 11th European Conference on Information Systems ECIS 2003.
- Schwind, M. (2007). Dynamic Pricing and Automated Resource Allocation for Complex Information Services Reinforcement Learning and Combinatorial Auctions. In M. Beckmann & H. P. Künzi (Eds.), *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* (Vol. 589). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- Sprenkels, R. A. M., Parhonyi, R., Pras, A., Beijnum, B. J. v., & Goede, B. L. d. (2000). *Reverse Charging in the Internet an Architecture for a new Accounting Scheme for Internet Traffic*. Paper presented at the IEEE Workshop on IP-Oriented Operations & Management (IPOM2000) Cracow, Cracow.
- Stremersch, S., and G. Tellis, 2002, Strategic Bundling of Products and prices: A New Synthesis for Marketing: *J. Marketing* 66(January), 55-72.
- Wallenius, E., and Hämäläinen, T. (2002). *Pricing Model for 3G/4G Networks*. The 13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications, Lisbon, Portugal.
- Wang, X., and Schulzrinne, H. (2001). *Pricing Network Resources for Adaptive Applications in a Differentiated Services Network*.
- Wu, S.-y., L. M. Hitt, P.-y. Chen, and Anandalingam, G. (2008). Customized Bundle Pricing for Information Goods: A

Nonlinear Mixed-Integer Programming Approach:
Management Science, 54(3), 608-622.

Wu, S.-y., and R. D. Banker, 2010, Best Pricing Strategy for Information Services: *Journal of the Association for Information Systems*, 11(6), 339-366.

Yang, W., 2004, *Pricing Network Resources in Differentiated Service Networks*, *Phd Thesis*. Georgia Institute of Technology, 1-111 p.

Yang, W., H. Owen, and Blough, D. M. (2004). *A Comparison of Auction and Flat Pricing for Differentiated Service Networks*: Proceedings of the IEEE International Conference on Communications, 2086-2091.

INDEKS

<i>Bandwidth</i> ,	15
<i>Bit</i> ,	vi, vii, viii, 15, 16, 43, 45, 57, 60, 61, 62, 63, 66, 67
<i>Branch and Bound</i> ,	29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
<i>Bundle Pricing, Bundling</i> ,	125
<i>Byte</i> ,	viii
<i>Cloud Radio Access Network, C-RAN</i> ,	1
<i>Dial-Up</i> ,	8
<i>END TO-END DELAY</i> ,	i
<i>ER, Elapsed Runtime</i> ,	viii, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
<i>Extended solver</i> ,	29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37
<i>Generated Memory Used, GMU, ..</i>	viii, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37
<i>Hotspot</i> ,	8
<i>Improved</i> , v, vi, v, vi, 1, 2, 3, 11, 12, 16, 26, 27, 29, 40, 50, 54, 124	
<i>Improved Reverse Charging”</i> ,	IRC V,VI, 3,11,27,29,40
<i>Inbound</i> ,	10, 42, 44, 46, 47
<i>Infeasibility</i> ,	viii, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 40
<i>Interconnected-Network, Internet</i> ,	4
<i>Internet</i> ,	vii
<i>Internet Service Provider, ISP</i> ,	v, vii, 5, 6
<i>IP, Internet Protocol</i> ,	vii

<i>Iterations</i> ,	29, 31, 33, 35, 40
<i>Kilobyte</i> ,	viii
<i>Mixed Integer Nonlinear Programming , MINLP</i> ,.....	v, 8
<i>Mobile Access</i> ,	8
<i>Networks</i> ,	124, 125, 126
<i>Outbound</i> ,	10, 42, 44, 46, 47
<i>Quality of Service, QoS</i> ,	v, vii, 2, 5
<i>Reverse Charging</i> , ii, v, vi, v, vi, 1, 3, 11, 13, 26, 27, 29, 31, 33, 35, 40	
<i>REVERSE CHARGING</i> ,	i, v, vi, 9, 41
<i>Traffic, Digilib, Sisfo</i> , vi, vii, v, vi, vii, viii, ix, vii, 10, 28, 29, 31, 33, 35, 38, 40, 41, 42, 44, 46, 47, 63, 65, 66, 68, 69, 76, 90, 96, 97, 99, 100, 102, 105, 109, 112, 115, 118, 121, 122, 123, 125	
<i>Wireless</i> ,	vi, vii, 63, 66, 67, 68, 124
<i>World Wide Web, WWW</i> ,	4

BIOGRAFI PENGARANG



Fitri Maya Puspita mendapatkan gelar S.Si nya dalam Bidang Matematika dari Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia di tahun 1997. Beliau menerima M.Sc bidang Matematika dari Curtin University of Technology (CUT) Australia Barat pada tahun 2004. Beliau mendapatkan gelar Ph.D dalam bidang Sains dan technology di tahun 2015 dari Univerisiti Sains Islam Malaysia. Beliau mulai dari Tahun 1998 sampai saat ini menjadi tenaga pendidik di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Bidang minar riset beliau adalah optimasi dan aplikasinya seperti pada masalah perutean kendaraan (Vehicle Routing Problem) dan charging dalam third generation internet.



Septia Anggraini, Mahasiswa semester 7 Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya yang sedang menyelesaikan tugas akhirnya. Bidang minat beliau adalah optimasi khususnya pengoptimalan pembiayaan internet *wireless nonlinier* pada atribut QoS.



Wenny Herlina, mendapatkan gelar S.T nya dalam Bidang Teknik Tambang dari Univeristas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia. Beliau menerima M.T bidang Tambang dari Institut Teknologi Bandung. Beliau mulai dari Tahun 1998 sampai saat ini menjadi tenaga pendidik di Jurusan Teknik Tambang Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Bidang minat riset beliau adalah Eksplorasi Batubara, Ganesa Bahan Galian, Perpetaan Geologi, Evaluasi Formasi, Teknik Pengeboran Migas, Teknik Reservoir dan Teknik Produksi Migas



Yunita, mendapatkan gelar S.Si nya dalam Bidang Matematika dari Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia di tahun 2006. Beliau menerima M.Cs bidang Ilmu Komputer dari Universitas Gadjah. Beliau mulai dari Tahun 2015 sampai saat ini menjadi tenaga pendidik di Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya. Bidang minat riset beliau adalah ilmu komputer terutama berhubungan dengan Sistem Pendukung Keputusan, Logika Informatika, Sistem Operasi dan Teori Bahasa dan Otomata