

Dr. Fitri Maya Puspita, M.Sc

Evi Yuliza, M.Si

Maijance Oktaryna, S.Si

Yayan Febrian



**Model *Improved Bundle Pricing* pada Skema Pembiayaan  
Internet Wireless dalam Melayani Jaringan Multipel QoS  
Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas, Quasi Linier,  
*Perfect Substitute* dan Bandwidth**

**Model *Improved Bundle Pricing* pada Skema Pembiayaan Internet *Wireless* dalam Melayani Jaringan Multipel QoS Berdasarkan Fungsi Utilitas *Cobb Douglas*, *Quasi Linier*, *Perfect Substitute* dan *Bandwidth***

Oleh :

Dr. Fitri Maya Puspita, M.Sc

Evi Yuliza, M.Si

Maijance Oktaryna, S.Si

Yayan Febrian

UPT. Penerbit dan Percetakan

Universitas Sriwijaya 2017

Kampus Unsri Palembang

Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar Palembang 30139

Telp. 0711-360969

email : [unsri.press@yahoo.com](mailto:unsri.press@yahoo.com), [penerbitunsri@gmail.com](mailto:penerbitunsri@gmail.com)

website : [www.unsri.unsripress.ac.id](http://www.unsri.unsripress.ac.id)

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

Anggota IKAPI No. 001/SMS/2009

Setting & layout isi : Devi

Cetakan pertama, Oktober 2017

xiv + 110 hal : 23 x 15 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 : 979 - 587 - 686 - 4



**Model *Improved Bundle Pricing* pada Skema Pembiayaan  
Internet *Wireless* dalam Melayani Jaringan Multipel QoS  
Berdasarkan Fungsi Utilitas *Cobb Douglas*, *Quasi Linier*, *Perfect  
Subtitute* dan *Bandwidth***

Oleh

**Dr. Fitri Maya Puspita, M.Sc  
Evi Yuliza, M.Si  
Maijance Oktaryna, S.Si  
Yayan Febrian**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJYA**

## PRAKATA

**Assalamualaikum Wr Wb,**

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya sehingga Bahan Ajar Model Improved *Bundle Pricing Wireless* ini dapat diselesaikan dengan baik. Pembahasan materi pada bahan ajar ini dilakukan dengan cara memaparkan landasan teori Bundle pricing dengan skema pembiayaan internet yaitu flat fee, usage based, dan two-part tariff berdasarkan Fungsi utilitas Cobb Douglas, Quasi Linier, *Perfect Substitute* dan *Bandwidth*.

Isi buku ajar ini mencakup materi mixed integer non linier programming yakni: bundle pricing, jaringan internet dan kualitas layanan internet, fungsi utilitas Cobb Douglas, fungsi utilitas Quasi-Linier, fungsi utilitas Perfect Substitute dan fungsi utilitas Bandwidth. Isi materi buk uteks ini merupakan salah stu bahan pembelajaran dalam mata kuliah Integer Programming yang merupakan mata kuliah Pilihan Jurusan Matematika Bidang Kajian Optimasi di FMIPA Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada pihak yang telah membantu penyusunan dalam menyelesaikan buku ajar ini Mudah-mudahan buku ajar ini dapat memberikan sedikit manfaat bagi para pembaca pada umumnya.

Wassalamualaikum wr wb.

Hormat Kami

Tim Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	xii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Model <i>Bundling</i> .....	2
1.1.1 Optimasi Masalah <i>Bundling</i> .....	2
1.1.2 Optimasi Masalah Konsumen .....	3
1.2 Fungsi Utilitas .....	4
1.2.1 Fungsi Utilitas Cobb Douglas .....	4
1.2.2 Fungsi Utilitas Quasi Linier .....	4
1.2.3 Fungsi Utilitas Perfect Substitute .....	4
1.2.4 Fungsi Utilitas Bandwitdh .....	4
1.3 Jaringan Multipel QoS.....	5
<b>BAB II MODEL ORIGINAL BUNDLING</b>	<b>8</b>
2.1 Data , Parameter dan Variabel .....	8
2.2 Model Original Bundle Pricing Internet Wireless.....	11
2.3 Solusi Model Original Bundling Internet Wireless dengan Program LINGO .....	13
<b>BAB III FUNGSI UTILITAS COBB DOUGLAS</b>	<b>16</b>
3.1 Model <i>Improved Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas untuk Konsumen Homogen .....	16
3.1.1 Model untuk Konsumen Homogen.....	16
3.1.2 Solusi Model untuk Konsumen Homogen .....	17
3.2 Model <i>Improved Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas untuk Konsumen Heterogen .....	30
3.2.1 Model Untuk Konsumen Heterogen.....	30
3.2.2 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen.....	31
3.3 Kesimpulan.....	43
<b>BAB IV FUNGSI UTILITAS QUASI LINIER</b>	<b>44</b>
4.1 Model <i>Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier Konsumen Homogen .....	44
4.1.1 Model untuk Konsumen Homogen.....	44
4.1.2 Solusi untuk Model <i>Improved</i> Konsumen	

	Homogen .....	45
	4.2 Model <i>Improved Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen .....	60
	4.2.1 Model untuk Konsumen Heterogen.....	60
	4.2.2 Solusi Model <i>Improved</i> untuk Konsumen Heterogen .....	61
	4.3 Kesimpulan .....	75
<b>BAB V</b>	<b>FUNGSI UTILITAS PERFECT SUBSTITUTE</b>	<b>76</b>
	5.1 Model <i>Improved Bundling</i> Jaringan Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Homogen.....	76
	5.1.1 Solusi Model untuk Konsumen Homogen .....	77
	5.2 Model <i>Improved Bundling</i> Jaringan Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen.....	83
	5.2.1 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen .....	85
	5.3 Kesimpulan .....	90
<b>BAB VI</b>	<b>FUNGSI UTILITAS BANDWITDH</b>	<b>91</b>
	6.1 Model <i>Improved Bundling</i> Jaringan Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Homogen.....	91
	6.1.1 Solusi Model untuk Konsumen Homogen .....	93
	6.2 Model <i>Improved Bundling</i> Jaringan Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen.....	98
	6.2.1 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen.....	99
	6.3 Kesimpulan .....	105
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	106
	<b>BIOGRAFI PENGARANG</b> .....	108
	<b>INDEKS</b> .....	109

## DAFTAR TABEL

		<b>Halaman</b>
Tabel 1.1	Pembiayaan Berdasarkan QoS <i>Attribute</i> .....	6
Tabel 2.1	Data Pemakaian <i>Traffic Digilib</i> Untuk Jam Sibuk dan Jam Tidak Sibuk .....	8
Tabel 2.2	Data Pemakaian <i>Traffic Sisfo</i> untuk Jam Sibuk dan Jam Tidak Sibuk .....	8
Tabel 2.3	Parameter untuk Setiap Model <i>Improved</i> Pembiayaan Internet .....	9
Tabel 2.4	Variabel Keputusan untuk Setiap Model <i>Improved</i> Pembiayaan Internet .....	9
Tabel 2.5	Nilai-Nilai Parameter untuk Model <i>Improved</i> .....	10
Tabel 2.6	Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Model <i>Improved</i> Original .....	10
Tabel 2.7	Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Konsumen Homogen.....	10
Tabel 2.8	Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Konsumen Heterogen.....	11
Tabel 2.9a	Solusi Optimal Model Original <i>Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> untuk QoS <i>BER</i> .....	13
Tabel 2.9b	Solusi Optimal Model Original <i>Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> untuk QoS <i>End to end delay</i> .....	13
Tabel 2.10a	Nilai-Nilai Variabel Model Original <i>Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> untuk QoS <i>BER</i> .....	14
Tabel 2.10b	Nilai-Nilai Variabel Model Original <i>Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> untuk QoS <i>End to End delay</i> .....	15
Tabel 3.1	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	18
Tabel 3.2	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	19
Tabel 3.3	Solusi Model <i>Improved Bundling wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	20
Tabel 3.4	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	21
Tabel 3.5	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two part Tariff</i> .....	22

Tabel 3.6	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	23
Tabel 3.7	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	24
Tabel 3.8	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	25
Tabel 3.9	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	26
Tabel 3.10	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	27
Tabel 3.11	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	28
Tabel 3.12	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	29
Tabel 3.13	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	31
Tabel 3.14	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	32
Tabel 3.15	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage based</i> .....	33
Tabel 3.16	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	34
Tabel 3.17	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	35
Tabel 3.18	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	36
Tabel 3.19	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Cobb- Douglas</i> Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	37



Tabel 3.20	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	38
Tabel 3.21	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage based</i> .....	39
Tabel 3.22	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	40
Tabel 3.23	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	41
Tabel 3.24	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	42
Tabel 4.1	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	45
Tabel 4.2	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	47
Tabel 4.3	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	48
Tabel 4.4	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	49
Tabel 4.5	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	50
Tabel 4.6	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	52
Tabel 4.7	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	53
Tabel 4.8	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	54

Tabel 4.9	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	55
Tabel 4.10	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	57
Tabel 4.11	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	58
Tabel 4.12	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	59
Tabel 4.13	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	62
Tabel 4.14	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	63
Tabel 4.15	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	64
Tabel 4.16	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	65
Tabel 4.17	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	66
Tabel 4.18	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	67
Tabel 4.19	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	68
Tabel 4.20	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	70
Tabel 4.21	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	71
Tabel 4.22	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	72

Tabel 4.23	Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	73
Tabel 4.24	Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i> .....	74
Tabel 5.1	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Kasus Homogen .....	78
Tabel 5.2	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .	79
Tabel 5.3	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two part Tariff</i> .....	80
Tabel 5.4	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	81
Tabel 5.5	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema pembiayaan <i>Usage Based</i> .	82
Tabel 5.6	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two-part-tariff</i> .....	83
Tabel 5.7	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen.....	85
Tabel 5.8	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i>	86
Tabel 5.9	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two-part-Tariff</i> .....	87
Tabel 5.10	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	88
Tabel 5.11	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema pembiayaan <i>Usage Based</i>	89

Tabel 5.12	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two-part-tariff</i> .....	90
Tabel 6.1	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Kasus Homogen .....	93
Tabel 6.2	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	94
Tabel 6.3	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two part Tariff</i> .....	95
Tabel 6.4	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	96
Tabel 6.5	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	97
Tabel 6.6	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two-part-tariff</i> .....	98
Tabel 6.7	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen .....	100
Tabel 6.8	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> .....	101
Tabel 6.9	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two-part-Tariff</i> .....	102
Tabel 6.10	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i> .....	103
Tabel 6.11	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema pembiayaan .....	104
Tabel 6.12	Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two-part-tariff</i> .....	105



## DAFTAR ISTILAH

<i>Flat Fee</i>	:	Pembiayaan internet yang setiap bulannya tetap, dan pengguna bebas mengakses internet dalam jangka waktu sebulan.
<i>Usage Based</i>	:	Pembiayaan internet dengan sistem seberapa banyak akses internet yang dipakai sebanyak itulah yang harus dibayarkan
<i>Two-Part Tariff</i>	:	Pembiayaan Internet yang setiap bulannya tetap namun harga dan akses internet dibatasi sesuai keinginan pengguna
<i>Traffic</i>	:	Jumlah banyaknya kunjungan pada suatu website
<i>Traffic Sisfo</i>	:	Jumlah banyaknya kunjungan pada suatu website sistem informasi
<i>TCP</i>	:	TCP atau Transmission Control adalah standar komunikasi data yang digunakan oleh komunitas internet dalam proses tukar-menukar data dari satu computer ke computer lain di dalam jaringan internet.
<i>IP</i>	:	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
<i>ISP</i>	:	ISP atau Internet Service Provider adalah penyedia jasa layanan internet
<i>QoS</i>	:	QoS atau Quality of Service adalah kualitas layanan internet
<i>Bit</i>	:	Satuan ukuran dalam jaringan komputer yang merupakan bilangan biner 0 dan 1
<i>Byte</i>	:	Satuan ukuran dalam jaringan komputer yang terbentuk dari 8 bit
<i>Kilobyte</i>	:	Satuan ukuran dalam jaringan komputer yang terbentuk dari 1024 byte
<i>Infeasibility</i>	:	Besar kelayakan suatu model berdasarkan keseluruhan kendalanya.
<i>GMU (Generated Memory Used)</i>	:	Besar memori yang digunakan Program Lingo dalam menyelesaikan model pada kapasitas yang disediakan perangkat.
<i>Elapsed Runtime (ER)</i>	:	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

Penggunaan internet hampir tidak terlepas dari masyarakat, sehingga di kalangan masyarakat internet sangat penting. Akibatnya, kualitas layanan internet dituntut untuk semakin meningkat. Kualitas layanan atau *Quality of Service* (QoS) yang lebih baik kepada pengguna layanan dalam mencapai kualitas informasi terbaik serta dapat memperoleh keuntungan maksimal diharapkan dapat diberikan ISP (Byun and Chatterjee, 2004).

Sain and Herpers (2003), Byun and Chatterjee (2004), Yang (2004), dan penelitian lanjutan oleh Puspita et al., (2015; 2013a, 2013b), Irmeilyana (2015; 2014; 2014) serta Indrawati *et al.*, (2014; 2015) membahas mengenai model pembiayaan bagi layanan internet berdasarkan tingkatan kualitas yang berbeda dengan memfokuskan pada skema pembiayaan atas dasar pemakaian dalam berbagai skema yang berbeda yang melibatkan jaringan QoS dan jaringan multi layanan.

Skema pembiayaan internet terkini didasarkan atas pembiayaan *flat fee*, *usage based*, dan *two part tariff*. Skema pembiayaan *flat fee* yaitu pembiayaan internet yang tetap setiap bulan dengan biaya dan akses internet tidak dibatasi. *Usage based* yaitu pembiayaan internet tergantung banyaknya pemakaian internet. *Two part tariff* yaitu pembiayaan internet yang tetap setiap bulan dengan biaya dan akses internet dibatasi.

*Bundle pricing* adalah praktek pemasaran di mana dua atau lebih produk berbeda disatukan dalam satu paket, strategi ini meluas di pasar dalam berbagai bentuk, dalam satu dekade terakhir, *bundle pricing* telah berkembang dan mendapatkan perhatian dalam pemasaran produk (Stremersch and Tellis, 2002). *Bundle pricing* merupakan salah satu strategi yang dapat dilakukan agar ISP dapat meminimumkan biaya dan memaksimumkan keuntungan (Viswanathan and Anandalingam, 2005).

*Bundle Pricing* dinilai mampu mengatasi ketidakpastian konsumen terhadap produk layanan informasi yang ditawarkan, serta dianggap mampu mengatasi keragaman jenis konsumen dan memiliki penilaian baik dari konsumen (Wu et al., 2008). Fungsi utilitas berhubungan dengan tingkat kepuasan yang didapatkan konsumen atas konsumsi layanan informasi yang dapat memaksimumkan keuntungan untuk mencapai tujuan tertentu (Wang and Schulzrinne, 2001). Fungsi utilitas memiliki beberapa jenis, diantaranya yaitu fungsi utilitas Cobb Douglas, fungsi utilitas *Perfect Substitutes*, fungsi utilitas Quasi Linier dan fungsi utilitas *Bandwidth* (Hutchinson, 2011).

Untuk itu, pengembangan riset untuk strategi *bundling* dan *bundle pricing* produk layanan informasi yang merupakan salah satu isu kritis yang dihadapi ISP sangatlah diperlukan secara mendalam. Pendekatan secara matematis secara optimasi difokuskan dalam menyelesaikan model *bundling* tersebut. Strategi *bundling improved* akan dikembangkan yang diharapkan di masa mendatang dapat dijadikan acuan bagi penyedia layanan dalam mengoptimalkan pendapatan yang diperoleh. Hasil terkini yang didiskusikan oleh Puspita and Ulfa (2016), Puspita et al (2016) menunjukkan bahwa skema *improved MINLP* (*mixed integer nonlinier programming*) pada strategi *bundle pricing* terbukti lebih baik daripada skema *bundle pricing* yang tidak melibatkan fungsi utilitas.

Berdasarkan hasil yang demikian, dicoba pengembangan model *improved* dari jaringan *wired* ke jaringan *wireless* yang sesuai dengan era internet sekarang ini. Pengembangan model pada jaringan *wireless* ini perlu dikaji karena isu ini termasuk isu kritis yang perlu dicari pemecahannya dalam mendapatkan keuntungan maksimum bagi penyedia layanan dan diperolehnya kepuasan pelanggan.

### 1.1 Model Bundling

*Bundling* adalah penjualan dua atau lebih produk dalam satu bentuk paket (Stremersch and Tellis, 2002). Model yang digunakan sebagai model original pada penelitian ini didasarkan pada model yang dikemukakan oleh Wu et al., (2008).

#### 1.1.1 Optimasi Masalah Bundling

Untuk memaksimalkan keuntungan bagi penyedia jasa layanan maka ditetapkan harga untuk setiap layanan dalam *bundling* setiap layanan  $j$ , pada konsumen  $i$ .

Parameter-parameter yang digunakan oleh (Wu et al., 2008) :

$B_j$  : Biaya dalam pembuatan *bundle* untuk setiap layanan  $j$ . Termasuk didalamnya biaya produksi marginal, biaya transaksi, biaya pengikatan dan lain-lain. Diasumsikan nilainya sama untuk setiap jenis *bundle* pada layanan  $j$ .

$I$  : Jumlah konsumen berpotensi sebagai target pemasaran.

$J$  : Jumlah layanan yang disediakan penyedia layanan.

$M$  : Biaya marginal jika menambahkan lebih dari satu layanan *bundle* dalam menu.

$V_{ik}$  : Harga pemesanan konsumen ke- $i$  untuk setiap layanan favorit ke- $k$ .

$R_{ij}$  : Total harga pemesanan untuk setiap kosumen ke- $i$  pada setiap layanan ke- $k$ ,

$$\text{yaitu } R_{ij} = \sum_{k=1}^j V_{ik}$$

Variabel Keputusan :

$R$  : Pendapatan penyedia layanan pada setiap *bundle*

$P_j$  : Harga yang ditetapkan untuk setiap *bundle* dari layanan  $j$ .

$S_i$  : Keuntungan pemakaian untuk konsumen ke- $i$ .

$X_{ij}$  : Bernilai 1 jika konsumen  $i$  memilih *bundle* dalam layanan  $j$  yang diberikan dan bernilai 0 jika sebaliknya.

$Y_j$  : Bernilai 1 jika penyedia layanan menawarkan *bundle* dari layanan  $j$  pada menu, dan bernilai 0 jika sebaliknya.

Optimasi Masalah *Bundling* (Wu et al., 2008) adalah sebagai berikut :

$$\text{Maks } R = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^J M Y_j \quad (1.1.1)$$

dengan Kendala :

$$S_i \geq (R_{ij} - P_j) Y_j, \quad i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J \quad (1.1.1a)$$

$$S_i = \sum_{j=1}^J (R_{ij} - P_j) X_{ij}, \quad i = 1, \dots, I \quad (1.1.1b)$$

$$(R_{ij} - P_j) X_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J \quad (1.1.1c)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} \leq 1, \quad i = 1, \dots, I \quad (1.1.1d)$$



$$X_{ij} \leq Y_j, \quad i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J \quad (1.1.1e)$$

$$S_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, J \quad (1.1.1f)$$

$$P_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, J \quad (1.1.1g)$$

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika pengguna } i \text{ memilih salah satu bundle dalam layanan } j \\ 0, & \text{jika pengguna } i \text{ tidak memilih salah satu bundle dalam layanan } j \end{cases} \quad (1.1.1h)$$

$$Y_j = \begin{cases} 1, & \text{jika penyedia layanan menyediakan bundle dari layanan } j \\ 0, & \text{jika penyedia layanan tidak menyediakan bundle dari layanan } j \end{cases} \quad (1.1.1i)$$

Fungsi objektif (1.1.1) digunakan untuk memaksimalkan pendapatan penyedia layanan pada setiap pemesanan *bundle* yang ditentukan oleh konsumen  $i$ . Jika konsumen  $i$  memilih tidak memesan *bundle* maka  $X_{ij}$  bernilai 0, sehingga akan mengakibatkan Kendala (1.1.1b) dan (1.1.1c) bernilai 0. Jika konsumen  $i$  memilih bergabung dengan *bundle* yang disediakan maka  $X_{ij}$  bernilai 1 sehingga harus dihitung nilai  $P_j$  yang nilainya tidak akan melebihi batas atas dari Kendala (1.1.1g).

### 1.1.2 Optimasi Masalah Konsumen

Dalam tujuan memaksimalkan tingkat kepuasan konsumen maka ditetapkan skema pembiayaan (*flat fee*, *usage-based* dan *two part tariff*) dan harga yang sesuai dengan penyedia layanan informasi.

Konsumen  $i$  dapat menentukan untuk bergabung dengan layanan pada saat jam sibuk atau jam tidak sibuk. Diasumsikan jam sibuk ialah pada pukul 07.00-16.59 sedangkan untuk jam tidak sibuk ialah pada pukul 17.00-06.59.

Berikut ialah parameter-parameter yang diusulkan oleh Wu and Banker (2010) :

$P$  : Biaya yang akan dikeluarkan konsumen untuk mengikuti layanan.

$P_X$  : Harga satuan yang ditetapkan oleh penyedia layanan di jam sibuk.

$P_Y$  : Harga satuan yang ditetapkan oleh penyedia layanan di jam tidak sibuk.

$U_{i(X_i, Y_i)}$  : Fungsi utilitas konsumen  $i$  pada tingkat konsumsi di jam sibuk dan jam tidak sibuk.

Variabel Keputusan:

$X_i$  : Tingkat konsumsi konsumen  $i$  pada layanan di jam sibuk.

$Y_i$  : Tingkat konsumsi konsumen  $i$  pada layanan di jam tidak sibuk.

$Z_i$  : Variabel keputusan yang bernilai 1 jika konsumen memilih untuk bergabung dengan program dan bernilai 0 jika tidak ingin bergabung.

$\bar{X}_i$  : Tingkat konsumsi maksimum konsumen  $i$  pada layanan di jam sibuk.

$\bar{Y}_i$  : Tingkat konsumsi maksimum konsumen  $i$  pada layanan di jam tidak sibuk.

Optimasi Masalah Konsumen:

$$\text{Maks } \theta = U_{i(X_i, Y_i)} - P_X X_i - P_Y Y_i - P Z_i \quad (1.1.2)$$

dengan Kendala:

$$X_i \leq \bar{X}_i Z_i \quad (1.1.2a)$$

$$Y_i \leq \bar{Y}_i Z_i \quad (1.1.2b)$$

$$U_{i(X_i, Y_i)} - P_X X_i - P_Y Y_i - P Z_i \geq 0 \quad (1.1.2c)$$

$$Z_i = \begin{cases} 1, & \text{jika konsumen memilih bergabung dengan program} \\ 0, & \text{jika konsumen memilih tidak bergabung dengan program} \end{cases} \quad (1.1.2d)$$

Fungsi objektif (1.1.2) digunakan untuk memaksimalkan kelebihan pemakai berdasarkan harga yang ditetapkan oleh penyedia layanan informasi. Dalam model ini tidak dipertimbangkan biaya awal bagi konsumen untuk bergabung dalam program, kecuali pertimbangan hubungan jangka panjang antara penyedia dan konsumen yang tidak boleh menggunakan biaya untuk jangka waktu pendek atau jangka waktu tertentu.

Kendala (1.1.2d) ditentukan oleh konsumen  $i$ , jika konsumen  $i$  memilih tidak bergabung dengan program maka  $Z_i$  bernilai 0 sehingga Kendala (1.1.2a) dan (1.1.2b) bernilai nol untuk tingkat konsumsinya ( $X_i$  dan  $Y_i$ ) dan utilitas total serta biaya keduanya bernilai nol. Jika konsumen  $i$  memutuskan untuk bergabung dengan program ini dan memilih  $Z_i = 1$ , maka konsumen tersebut harus memutuskan tingkat konsumsi optimal  $X_i$  dan  $Y_i$ , yang tidak bisa melebihi batas atasnya  $\bar{X}_i$  dan  $\bar{Y}_i$ .

Tingkat konsumsi  $X_i$  dan  $Y_i$  juga dapat menjadi waktu penggunaan, seperti komunikasi suara jasa, atau volume lalu lintas pada layanan transmisi data.

## 1.2 Fungsi Utilitas

Fungsi utilitas memiliki beberapa jenis, diantaranya yaitu fungsi utilitas Cobb Douglas, fungsi utilitas *perfect substitutes*, fungsi utilitas Quasi Linier dan fungsi utilitas *bandwidth* (Hutchinson, 2011).

### 1.2.1 Fungsi Utilitas Berdasarkan Cobb Douglas

Menurut Hutchison (2011) bentuk umum fungsi utilitas berdasarkan Cobb Douglas:

$$U(X, Y) = X^a Y^b; a > 0, b > 0, a > b \quad (1.2.1)$$

Keterangan :  $X$  merupakan tingkat penggunaan layanan saat jam sibuk dan  $Y$  merupakan tingkat penggunaan layanan saat jam tidak sibuk; dengan  $a$  dan  $b$  merupakan konstanta.

### 1.2.2 Fungsi Utilitas Berdasarkan Quasi Linier

Menurut Hutchison (2011) bentuk umum fungsi utilitas berdasarkan Quasi Linier:

$$U(X, Y) = aX + f(Y) \quad (1.2.2)$$

$f(Y)$  merupakan fungsi non linier dan  $a$  merupakan konstanta. Fungsi non linier yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $f(Y) = Y^b$  dengan  $b$  merupakan konstanta.

### 1.2.3 Fungsi Utilitas Berdasarkan Perfect Substitute

Menurut (2011), bentuk umum fungsi utilitas berdasarkan *perfect substitute*:

$$U(X, Y) = aX + bY, a \text{ dan } b \text{ merupakan konstanta.} \quad (1.2.3)$$

### 1.2.4 Fungsi Utilitas Berdasarkan fungsi Bandwidth

Menurut (2004), bentuk umum fungsi utilitas berdasarkan fungsi *bandwidth* :

$$U_{kj} = U_{0j} + W_j \ln \frac{X_{kj}}{L_{mj}} \quad (1.2.4)$$

dengan :

$U_{kj}$  : Penghasilan yang diperoleh dari konsumen  $k$  pada kelas  $j$ .

- $W_j$  : Sensitifitas harga untuk *bandwidth* pada kelas  $j$ .  
 $U_{0j}$  : Peluang keuangan bagi kelas  $j$  ketika konsumen telah mempersiapkan saat tingkat *QoS* terendah.  
 $L_{mj}$  : Tingkat terendah (minimum) *bandwidth* pada kelas  $j$ .  
 $X_{kj}$  : *Bandwidth* yang didapat oleh konsumen  $k$  pada kelas  $j$ .

Untuk mempermudah perhitungan, Persamaan (1.2.4) diubah menjadi :

$$U(x, y) = U_0 + a \ln \frac{x+1}{x_m+1} + b \ln \frac{y+1}{y_m+1} \quad (1.2.4a)$$

Perubahan ini dilakukan untuk mempermudah dalam perhitungan ketika tingkat konsumsi minimum,  $X_m$  dan  $Y_m$  serta tingkat konsumsi ketika jam sibuk maupun jam tidak sibuk berturut-turut,  $X$  dan  $Y$  dapat menghasilkan nilai minimum 0.

### 1.3 Jaringan Multipel QoS

Yang (2004) menggambarkan skema pembiayaan internet berbasis lelang untuk mengalokasikan QoS dan memaksimalkan pendapatan ISP menggunakan parameter QoS tunggal yaitu *bandwidth* dalam penelitiannya mengenai jaringan multi kelas QoS. Pada jaringan terdapat banyak sekali parameter yang mempengaruhi QoS yang dapat dipertimbangkan.

Dalam penelitian ini model skema pembiayaan internet menurut jaringan multi kelas QoS yang dipakai adalah model yang telah disediakan oleh Wallenius & Hämäläinen (2002) yang dikombinasikan dengan model Yang (2004). Model dibentuk dengan mencari informasi mengenai parameter dan variabel. Akan tetapi, pendekatan tidak dilakukan dengan melakukan simulasi.

Dengan demikian, fungsi objektifnya adalah

$$\text{Maks } P = \sum_j^m \sum_i^n (PR_{ij} \pm PQ_{ij} + \alpha_j Z_{ij} + W_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{mj}}) \quad (1.5) \quad (1.3)$$

dengan Kendala :

$$PQ_{ij} = \left(1 \pm \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{ij} Lx \quad (1.5a) \quad (1.3a)$$

$$PB_{ij} = a_{ij} (e - e^{-xB}) T_l / 100 \quad (1.5b) \quad (1.3b)$$

$$L_x = a(e - e^{-xB}) \quad (1.5c) \quad (1.3c)$$

$$f \leq a_{ij} \leq g \quad (1.5d) \quad (1.3d)$$

$$h \leq T_l \leq k \quad (1.5e) \quad (1.3e)$$

$$0 \leq x \leq 1 \quad (1.5f) \quad (1.3f)$$

$$0,8 \leq B \leq 1,07 \quad (1.3g)$$

$$a = 1 \quad (1.3h)$$

yang selanjutnya diikuti oleh Kendala sebagai berikut :

$$\sum_{j=1}^2 \sum_i \tilde{X}_{ij} \leq Q, i = 1, \dots, n \quad (1.3i)$$

$$\tilde{X}_{ij} \geq L_{mj} - (1 - Z_{ij}), i = 1, \dots, n; j = 1, 2, \dots \quad (1.3j)$$

$$W_j \leq W_{ij} + (1 - Z_{ij}), i = 1, \dots, n; j = 1, 2, \dots \quad (1.3k)$$

$$\tilde{X}_{ij} \geq V_i - (1 - Z_{ij}), i = 1, \dots, n; j = 1, 2, \dots \quad (1.3l)$$

$$\tilde{X}_{ij} \geq X_j - (1 - Z_{ij}), i = 1, \dots, n; j = 1, 2, \dots \quad (1.3m)$$

$$\tilde{X}_{ij} \geq Z_{ij}, i = 1, \dots, n; j = 1, 2, \dots \quad (1.3n)$$

$$\tilde{X}_{ij} \geq 0, i = 1, \dots, n; j = 1, 2, \dots \quad (1.3o)$$

$$L_{m_j} \geq 0,01, j = 1, 2, \dots \quad (1.3p)$$

$$W_j \geq 0, j = 1, 2, \dots \quad (1.3q)$$

$$\tilde{X}_{ij} \leq X_j, i = 1, \dots, n; j = 1, 2, \dots \quad (1.3r)$$

$$Z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika pengguna } i \text{ berada di kelas } j \\ 0, & \text{pengguna } i \text{ tidak berada di kelas } j \end{cases} \quad (1.3s)$$

Fungsi objektif (1.3) berguna untuk memaksimalkan jumlah biaya total yang terdiri atas biaya melakukan koneksi dengan QoS yang tersedia ( $PR_{ij}$ ), perubahan biaya sepanjang perubahan QoS ( $PQ_{ij}$ ), dan model formulasi pembiayaan internet pada multi *class* QoS network yang diusulkan oleh Yang (2004) dimana  $\alpha_j$  merupakan harga dasar untuk masing-masing kelas  $j$ . Himpunan kendala yang berperan sebagai pembatas fungsi objektif harus dipenuhi dalam tujuan memperoleh hasil optimal (Puspita et al., 2016).

Tabel pembiayaan berdasarkan perubahan QoS *attribute* yang telah disusun oleh Wallenius and Hämäläinen (2002) dijelaskan dalam Tabel 1.1.

**Tabel 1.1 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	$(1 \pm \frac{x}{2000}) PB_{ij}Lx$
End to end delay	1 ms	1 ms	N/A	N/A	$(1 \pm \frac{x}{350}) PB_{ij}Lx$
BER (Bit Error Rate)	$10^{-6}$	$10^{-6}$	N/A	N/A	$(1 \pm \frac{x}{10^{-6\text{atau}-7}}) PB_{ij}Lx$

Nilai maksimum untuk *bandwidth* adalah 2Mbps, untuk *end to end delay* 350Kbps, dan untuk BER (*Bit Error Rate*) adalah  $10^{-6(\text{atau}-7)}$  tergantung jenis lalu lintas.

Dalam penelitian ini akan dibahas 4 kasus pada model original pada masing-masing QoS *attribute*. Dimana untuk tiap-tiap kasus, fungsi objektif akan berubah tergantung kasusnya masing-masing. Kasus yang dibahas, yaitu :

**i. Kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik)**

Fungsi objektifnya adalah :

$$\text{Maks } P = \sum_j^m \sum_i^n (PR_{ij} + PQ_{ij} + \alpha_j Z_{ij} + W_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{m_j}}) \quad (1.3.1)$$

dengan Kendala :

$$PQ_{ij} = \left(1 + \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{ij}Lx \quad (1.3.1a)$$

dan dilanjutkan dengan Kendala (1.3b) sampai Kendala (1.3s).

**ii. Kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun)**

Fungsi objektifnya adalah Fungsi Objektif (1.3.1)

dengan Kendala :

$$PQ_{ij} = \left(1 - \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{ij}Lx \quad (1.3.1b)$$

dan dilanjutkan dengan Kendala (1.3b) sampai Kendala (1.3s).

**iii. Kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik)**

Fungsi objektifnya adalah Fungsi Objektif (1.3.1)  
dengan Kendala:

$$PQ_{ij} = \left(1 + \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{ij}Lx \quad (1.3.1c)$$

dan dilanjutkan oleh Kendala (1.3b) sampai Kendala (1.3s).

**iv. Kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun)**

Fungsi objektifnya adalah Fungsi Objektif (1.3.1)  
dengan Kendala:

$$PQ_{ij} = \left(1 - \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{ij}Lx \quad (1.3.1d)$$

dan dilanjutkan oleh Kendala (1.3b) sampai Kendala (1.3s).

Parameter serta variabel yang terlibat dalam model modifikasi ini juga meliputi parameter dan variabel yang terlibat dalam model original, hanya saja terdapat beberapa tambahan variabel yang masuk ke dalam fungsi objektif dan Kendalanya, yaitu :

$P$  : Fungsi untuk pendapatan (Biaya total)

$\alpha_j$  : harga dasar untuk kelas  $j$ .

$Z_{ij} : \begin{cases} 1, & \text{jika pengguna } i \text{ berada di kelas } j \\ 0, & \text{pengguna } i \text{ tidak berada di kelas } j \end{cases}$

$W_j$  : harga sensitivitas untuk kelas  $j$ .

$\tilde{X}_{ij}$  : *bandwidth* akhir yang diperoleh pengguna  $i$  untuk kelas  $j$ .

$L_{mj}$  : *bandwidth* minimum untuk kelas  $j$ .

$Q$  : total *bandwidth*

$W_{ij}$  : harga sensitivitas pengguna  $i$  di kelas  $j$ .

$V_i$  : *bandwidth* minimum yang dibutuhkan oleh pengguna  $i$ .

$X_j$  : *bandwidth* untuk tiap individu di kelas  $j$ .

## BAB II MODEL ORIGINAL BUNDLING

Sebelum membahas mengenai model original bundling, berikut adalah data yang dibutuhkan dalam bentuk Tabel 2.1 –Tabel 2.4.

### 2.1 Data, Parameter dan Variabel

Mendefinisikan data *traffic*, menyusun nilai-nilai parameter dan variabel pada masing-masing skema pembiayaan untuk setiap jenis konsumen pada data *traffic diglib* dan *sisfo* berdasarkan persamaan pada Bab II.

**Tabel 2.1 Data Pemakaian *Traffic Digilib* Untuk Jam Sibuk dan Jam Tidak Sibuk**

	Pemakaian <i>Digilib</i> (byte)	Pemakaian <i>digilib</i> (kbps)
$\bar{X} = \bar{X}_1$	55.013,00	53,72
$\bar{X}_2$	33.817,00	33,02
$X_m$	10.537,00	10,29
$\bar{Y} = \bar{Y}_1$	60.998,00	59,57
$\bar{Y}_2$	47.829,00	46,71
$Y_m$	7.217,00	7,05

**Tabel 2.2 Data Pemakaian *Traffic Sisfo* untuk Jam Sibuk dan Jam Tidak Sibuk**

	Pemakaian <i>Sisfo</i> (byte)	Pemakaian <i>Sisfo</i> (kbps)
$\bar{X} = \bar{X}_1$	39953311,28	4877,11
$\bar{X}_2$	22197872,71	2709,70
$X_m$	278158,41	33,95
$\bar{Y} = \bar{Y}_1$	4432561,88	727,73
$\bar{Y}_2$	4432561,88	541,08
$Y_m$	149117,24	18,20

Keterangan :

1.  $\bar{X}$  atau  $\bar{X}_1$  merupakan tingkat konsumsi yang paling maksimum pertama pada saat jam sibuk dalam satuan kilo byte per *second*.
2.  $\bar{X}_2$  merupakan tingkat konsumsi yang paling maksimum kedua pada saat jam sibuk dalam satuan kilo byte per *second*.
3.  $X_m$  merupakan tingkat konsumsi yang paling rendah pada saat jam sibuk dalam satuan kilo byte per *second*.
4.  $\bar{Y}$  atau  $\bar{Y}_1$  merupakan tingkat konsumsi yang paling maksimum pertama pada saat jam tidak sibuk dalam satuan kilo byte per *second*.
5.  $\bar{Y}_2$  merupakan tingkat konsumsi yang paling maksimum kedua pada saat jam tidak sibuk dalam satuan kilo byte per *second*.
6.  $Y_m$  merupakan tingkat konsumsi yang paling rendah pada saat jam tidak sibuk dalam satuan kilo byte per *second*.

**Tabel 2.3 Parameter untuk Setiap Model *Improved* Pembiayaan Internet**

Parameter untuk model <i>improved</i>	
$PR_{ij}$	:Parameter linier yang ditetapkan
$a$	:Biaya untuk melakukan koneksi dengan QoS yang tersedia (rupiah)
$Q_{bij}$	:Nilai nominal atribut QoS dalam jaringan operator ( <i>kbps</i> )
$f$	:Nilai minimum yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk $a_{ij}$
$g$	:Nilai maksimum yang telah ditetapkan penyedia layanan untuk $a_{ij}$
$h$	:Jumlah muatan trafik minimum yang diperbolehkan untuk $T_j$ ( <i>kbps</i> )
$k$	:Jumlah muatan trafik maksimum yang diperbolehkan untuk $T_j$ ( <i>kbps</i> )
$\alpha_j$	:Harga dasar untuk kelas $j$ (rupiah)
$Q$	:Total <i>bandwidth</i> ( <i>kbps</i> )
$V_i$	: <i>Bandwidth</i> minimum yang dibutuhkan oleh pengguna $i$
$B_j$	:Biaya dalam pembuatan <i>bundle</i> untuk setiap layanan $j$ .
$I$	:Jumlah konsumen berpotensi sebagai target pemasaran.
$J$	:Jumlah layanan yang disediakan penyedia layanan.
$M$	:Biaya marginal jika menambahkan lebih dari satu layanan <i>bundle</i> dalam menu.
$V_k$	: Harga pemesanan konsumen ke- $i$ untuk setiap layanan favorit ke- $k$ .
$R_{ij}$	: Total harga pemesanan untuk setiap konsumen ke- $i$ pada setiap layanan favorit ke $k$ .
$P$	: Biaya yang akan dikeluarkan konsumen untuk mengikuti layanan.
$P_x$	: Harga satuan yang ditetapkan oleh penyedia layanan pada jam sibuk.
$P_y$	: Harga satuan yang ditetapkan oleh penyedia layanan pada jam tidak sibuk.
$U_{i(x_i, y_i)}$	: Fungsi utilitas konsumen $i$ untuk tingkat konsumsi jam sibuk dan jam tidak sibuk.

**Tabel 2.4 Variabel Keputusan untuk Setiap Model *Improved* Pembiayaan Internet**

Variabel keputusan untuk model <i>improved</i>	
$P_j$	:Harga yang ditetapkan untuk setiap <i>bundle</i> dari layanan $j$ .
$S_i$	: Keuntungan pemakaian untuk konsumen ke- $i$ .
$X_{ij}$	: $\begin{cases} 1, & \text{jika konsumen } i \text{ memilih bundle dalam layanan } j \\ 0, & \text{jika konsumen } i \text{ tidak memilih bundle dalam layanan } j \end{cases}$
$Y_j$	: $\begin{cases} 1, & \text{jika penyedia layanan menawarkan bundle dari layanan } j \\ 0, & \text{jika penyedia layanan tidak menawarkan bundle dari layanan } j \end{cases}$
$X_i$	: Tingkat konsumsi konsumen $i$ pada layanan jam sibuk.
$Y_i$	: Tingkat konsumsi konsumen $i$ pada layanan jam tidak sibuk.
$Z_i$	: $\begin{cases} 1, & \text{jika konsumen } i \text{ memilih untuk bergabung dengan program} \\ 0, & \text{jika konsumen } i \text{ tidak memilih bergabung dengan program} \end{cases}$
$\bar{X}_i$	: Tingkat konsumsi maksimum konsumen $i$ pada layanan jam sibuk.
$\bar{Y}_i$	: Tingkat konsumsi maksimum konsumen $i$ pada layanan jam tidak sibuk.
$PQ_{ij}$	: Perubahan biaya sepanjang perubahan QoS (rupiah)
$PB_{ij}$	: Biaya dasar untuk suatu koneksi dengan pengguna $i$ dan kelas $j$
$Lx$	: Faktor kelinieritasan
$a_{ij}$	: Faktor biaya linier dalam pengguna $i$ dan kelas $j$
$T_j$	: Muatan trafik
$x$	: Jumlah kenaikan atau penurunan nilai QoS
$B$	: Parameter linier yang ditetapkan
$Z_{ij}$	: $\begin{cases} 1, & \text{jika pengguna } i \text{ berada di kelas } j \\ 0, & \text{pengguna } i \text{ tidak berada di kelas } j \end{cases}$
$W_j$	: Harga sensitivitas untuk kelas $j$
$\bar{X}_{ij}$	: <i>Bandwidth</i> akhir yang diperoleh pengguna $i$ untuk kelas $j$
$L_{mj}$	: <i>Bandwidth</i> minimum untuk kelas $j$
$W_{ij}$	: Harga sensitivitas pengguna $i$ di kelas $j$
$X_j$	: <i>Bandwidth</i> untuk tiap individu di kelas $j$

Setelah menentukan parameter dan variabel yang digunakan pada model, maka langkah selanjutnya adalah menentukan besar nilai-nilai parameter yang digunakan dalam model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas dan QoS *attribute* untuk setiap jenis konsumen, seperti yang disajikan pada Tabel 2.5 sampai Tabel 2.8 berikut :

**Tabel 2.5 Nilai-Nilai Parameter untuk Model *Improved***

Parameter	Nilai
Biaya melakukan koneksi pengguna 1 kelas 1 ( $PR_{11}$ )	0,5
Biaya melakukan koneksi pengguna 1 kelas 2 ( $PR_{12}$ )	0,6
Biaya melakukan koneksi pengguna 2 kelas 1 ( $PR_{21}$ )	0,4
Biaya melakukan koneksi pengguna 2 kelas 2 ( $PR_{22}$ )	0,7
Parameter linier ( $a$ )	1
Batasan nilai $a_{11}$	$0,05 \leq a_{11} \leq 0,15$
Batasan nilai $a_{12}$	$0,06 \leq a_{12} \leq 0,14$
Batasan nilai $a_{21}$	$0,07 \leq a_{21} \leq 0,13$
Batasan nilai $a_{22}$	$0,08 \leq a_{22} \leq 0,12$
Batasan muatan trafik untuk $T_l$	$50 \leq T_l \leq 1000$
Harga dasar untuk kelas 1 ( $\alpha_1$ )	0,1
Harga dasar untuk kelas 2 ( $\alpha_2$ )	0,2
Total <i>bandwidth</i> ( $Q$ )	102400
Minimum <i>bandwidth</i> pengguna 1 ( $V_1$ )	1
Minimum <i>bandwidth</i> pengguna 2 ( $V_2$ )	1

**Tabel 2.6 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Model *Improved Original***

Parameter	Nilai
$V_{11}$	500
$V_{12}$	800
$V_{21}$	600
$V_{22}$	900
$M$	200
$B_1$	300
$B_2$	500

**Tabel 2.7 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Konsumen Homogen**

Parameter	Nilai		
	<i>Flat fee</i>	<i>Usage based</i>	<i>Two part tariff</i>
$V_{11}$	500	500	500
$V_{12}$	800	800	800
$V_{21}$	600	600	600
$V_{22}$	900	900	900
$M$	200	200	200
$B_1$	300	300	300
$B_2$	500	500	500
$a$	3	3	3
$b$	4	4	4
$\bar{X}$	53,72	53,72	53,72
$\bar{Y}$	59,57	59,57	59,57



**Tabel 2.8 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Konsumen Heterogen**

Parameter	Nilai		
	<i>Flat fee</i>	<i>Usage based</i>	<i>Two part tariff</i>
$V_{11}$	500	500	500
$V_{12}$	800	800	800
$V_{21}$	600	600	600
$V_{22}$	900	900	900
M	200	200	200
$B_1$	300	300	300
$B_2$	500	500	500
$a_1$	3	3	3
$a_2$	3	3	3
$b_1$	2	2	2
$b_2$	2	2	2
$\bar{X}_1$	53,72	53,72	53,72
$\bar{X}_2$	33,02	33,02	33,02
$\bar{Y}_1$	59,57	59,57	59,57
$\bar{Y}_2$	46,71	46,71	46,71

Keterangan :

$a_1$  : konstanta layanan jam sibuk konsumen heterogen golongan tingkat pemakaian tinggi.

$a_2$  : konstanta layanan jam sibuk konsumen heterogen golongan pemakaian rendah.

$b_1$  : konstanta layanan jam tidak sibuk konsumen heterogen golongan pemakaian tinggi.

$b_2$  : konstanta layanan jam tidak sibuk konsumen heterogen golongan pemakaian rendah.

## 2.2 Model Original Bundle pricing Internet Wireless

Model *bundling* sebelumnya telah dibahas dalam penelitian Wu *et al.*,(2008) mengenai penyelesaian permasalahan optimasi *bundling* menggunakan pendekatan *nonlinear mixed-integer programming*. Selanjutnya model original *bundling* disusun berdasarkan Fungsi Objektif (1.1),(1.3) dan Kendala (1.1a) sampai Kendala (1.1i) ditambah Kendala (1.3a) sampai Kendala (1.3h) dengan dengan mensubstitusikan nilai parameter pada Tabel 2.6.

Berdasarkan fungsi objektif pada Persamaan (1.1) dan (1.3), maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Maks } R &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^2 M Y_j + \sum_j \sum_i (P R_{ij} \pm P Q_{ij}) \\
 &= ((P_1 - 300) X_{11} + (P_1 - 300) X_{21} + (P_2 - 500) X_{12} + (P_2 - 500) X_{22} - (200 Y_1 + 200 Y_2) + (0,5 + P Q_{11}) + (0,6 + P Q_{12}) + (0,4 + P Q_{21}) + (0,7 + P Q_{22}))
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

dengan Kendala (1.1a) didapat :

$$\begin{aligned}
 S_1 &\geq (R_{11} - P_1) Y_1 \\
 S_1 &\geq (R_{12} - P_2) Y_2 \\
 S_2 &\geq (R_{21} - P_1) Y_1 \\
 S_2 &\geq (R_{22} - P_2) Y_2
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

dengan Kendala (1.1b) didapat :

$$\begin{aligned}
 S_1 &= (R_{11} - P_1) X_{11} + (R_{12} - P_2) X_{12} \\
 S_2 &= (R_{21} - P_1) X_{21} + (R_{22} - P_2) X_{22}
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

dengan Kendala (1.1c) didapat :

$$\begin{aligned}
 (R_{11} - P_1) X_{11} &\geq 0 \\
 (R_{12} - P_2) X_{12} &\geq 0 \\
 (R_{21} - P_1) X_{21} &\geq 0 \\
 (R_{22} - P_2) X_{22} &\geq 0
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

dengan Kendala (1.1d) didapat :

$$\begin{aligned} (X_{11} + X_{12}) &\leq 1 \\ (X_{21} + X_{22}) &\leq 1 \end{aligned} \quad (2.5)$$

dengan Kendala (1.1e) didapat :

$$\begin{aligned} X_{11} &\leq Y_1 \\ X_{21} &\leq Y_1 \\ X_{12} &\leq Y_2 \\ X_{22} &\leq Y_2 \end{aligned} \quad (2.6)$$

dengan Kendala (1.1f) didapat :

$$\begin{aligned} S_1 &\geq 0 \\ S_2 &\geq 0 \end{aligned} \quad (2.7)$$

dengan Kendala (1.1g) didapat :

$$\begin{aligned} P_1 &\geq 0 \\ P_2 &\geq 0 \end{aligned} \quad (2.8)$$

dengan Kendala (1.3a) didapat :

$$PQ_{12} = \left(1 \pm \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{11} L_x$$

$$PQ_{12} = \left(1 \pm \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{12} L_x$$

$$PQ_{21} = \left(1 \pm \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{21} L_x$$

$$PQ_{22} = \left(1 \pm \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{22} L_x$$

dimana :

$$Q_{bij} \text{ untuk } end \ to \ end \ delay \ \text{yaitu } 350 \ \text{dan } BER \ \text{yaitu } 10^{-7} \quad (2.9)$$

dengan Kendala (1.3b) didapat :

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

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

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

$$PB_{22} = a_{22}(e - e^{-xB}) T_l / 100 \quad (2.10)$$

dengan Kendala (1.3c) didapat :

$$L_x = (e - e^{-xB}) \quad (2.11)$$

dengan Kendala (1.3d) didapat :

$$0,05 \leq a_{11} \leq 0,15$$

$$0,06 \leq a_{12} \leq 0,14$$

$$0,07 \leq a_{21} \leq 0,13$$

$$0,08 \leq a_{22} \leq 0,12 \quad (2.12)$$

dengan Kendala (1.5e) didapat :

$$50 \leq T_l \leq 1000 \quad (2.13)$$

dengan Kendala (1.5f) didapat :

$$0 \leq x \leq 1 \quad (2.14)$$

dengan Kendala (1.5g) didapat :  
 $0,8 \leq B \leq 1,07$  (2.15)

dengan Kendala (1.5h) didapat :  
 $a = 1$  (2.16)

### 2.3 Solusi Model Original *Bundling Internet Wireless* dengan Program LINGO

Untuk mendapatkan solusi dari model original *bundling* dapat menggunakan program Lingo 13.0. Salah satu contoh bentuk penggunaan program Lingo 13.0

Berdasarkan persamaan yang ada pada Sub Bab 2.2 yaitu Persamaan (2.1) sampai Persamaan (2.16) diperoleh secara berturut-turut solusi dan nilai variabel dari kasus model original *bundling* yang ditampilkan pada Tabel 2.9a dan Tabel 2.11.

**Tabel 2.9a Solusi Optimal Model Original *Bundling Internet Wireless* untuk QoS BER**

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,0467 \times 10^7$	618,133	601,821	602,19
Infeasibility	$9,0951 \times 10^{-15}$	$4,87435 \times 10^{-4}$	$2,48924 \times 10^{-4}$	$7,747 \times 10^{-8}$
Iterations	55	53	54	45
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,0467 \times 10^7$	618,133	601,821	602,19
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	34	34	34	34
ER (Sec)	1	0	1	1

**Tabel 2.9b Solusi Optimal Model Original *Bundling Internet Wireless* untuk QoS End to end delay**

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	632,743	632,569	601,806	601,806
Infeasibility	$4,8753 \times 10^{-4}$	$4,8753 \times 10^{-4}$	$1,35779 \times 10^{-4}$	$1,35779 \times 10^{-4}$
Iterations	54	55	54	54
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	632,743	632,569	601,806	601,806
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	34	34	34	34
ER (Sec)	0	0	1	0

Pada Tabel 2.9a dan Tabel 2.9b solusi optimal yang diperoleh sebesar  $3,04664 \times 10^8$  yaitu pada model *bundling wireless* original dengan QoS attribute BER (Bit Error Rate ) yang diperoleh melalui 50 iterasi dengan nilai *infeasibility* sebesar  $4,1018 \times 10^{-12}$ . Metode yang digunakan dalam kasus ini adalah *Branch and Bound* dengan nilai objektif  $3,04664 \times 10^8$ . Jumlah alokasi memori yang digunakan dinyatakan dalam *Generated Memory Used (GMU)* yaitu sebesar 34K

dan lamanya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan dan menghasilkan model dinyatakan dalam *Elapsed Runtime* (ER) yaitu sebesar 1 detik.

Tabel 2.10a dan Tabel 2.10b menampilkan nilai  $P_1, P_2$  yang merupakan biaya memilih suatu program *bundling* dimana  $P_1$  adalah biaya memilih *bundling* 1 yang bernilai 1,01 dan  $P_2$  adalah biaya memilih *bundling* 2 yang bernilai 1299,99.

**Tabel 2.10a Nilai-Nilai Variabel Model Original *Bundling* Internet Wireless untuk QoS BER**

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
$P_1$	1,01	1,01	1,01	1,01
$P_2$	129,99	129,99	129,99	129,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$B_1$	300	300	300	300
$B_2$	500	500	500	500
$M$	200	200	200	200
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$Pr_{11}$	0,5	0,5	0,5	0,5
$Pr_{12}$	0,6	0,6	0,6	0,6
$Pr_{21}$	0,4	0,4	0,4	0,4
$Pr_{22}$	0,7	0,7	0,7	0,7
$Pq_{11}$	$0,846 \times 10^8$	4,428739	$0,738 \times 10^{-1}$	0
$Pq_{12}$	$0,789 \times 10^8$	4,133489	$0,885 \times 10^{-1}$	0
$Pq_{21}$	$0,733 \times 10^8$	3,838240	0,103372	0
$Pq_{22}$	$0,677 \times 10^8$	3,542991	0,103372	0
$Z_{11}$	0	0	0	0
$Z_{12}$	0	0	0	0
$Z_{21}$	0	0	0	0
$Z_{22}$	0	0	0	0
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$V_{11}$	500	500	500	500
$V_{12}$	800	800	800	800
$V_{21}$	600	600	600	600
$V_{22}$	900	900	900	900
$Pb_{11}$	3,562910	2,577423	$0,429 \times 10^{-1}$	$0,429 \times 10^{-1}$
$Pb_{12}$	3,325383	2,405595	$0,515 \times 10^{-1}$	$0,515 \times 10^{-1}$
$Pb_{21}$	3,087855	2,233766	$0,601 \times 10^{-1}$	$0,601 \times 10^{-1}$
$Pb_{22}$	2,850328	2,061938	$0,601 \times 10^{-1}$	$0,601 \times 10^{-1}$
$x$	1	0	0	0,1
$Lx$	2,375273	1,718282	1,718282	1,718282
$B$	1,07	0,935	0,935	0,935
$Tl$	1000	1000	50	50
$a_{11}$	0,15	0,15	0,05	0,05
$a_{12}$	0,14	0,14	0,06	0,06
$a_{21}$	0,13	0,13	0,07	0,07
$a_{22}$	0,12	0,12	0,08	0,1
$a$	1	1	1	1

**Tabel 2.10b Nilai-Nilai Variabel Model Original Bundling Internet Wireless untuk QoS End to End delay**

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
$P_1$	1,01	1,01	1,01	1,01
$P_2$	129,99	129,99	129,99	129,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$B_1$	300	300	300	300
$B_2$	500	500	500	500
$M$	200	200	200	200
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$Pr_{11}$	0,5	0,5	0,5	0,5
$Pr_{12}$	0,6	0,6	0,6	0,6
$Pr_{21}$	0,4	0,4	0,4	0,4
$Pr_{22}$	0,7	0,7	0,7	0,7
$Pq_{11}$	$0,738 \times 10^{-1}$	$0,738 \times 10^{-1}$	8,487065	8,487065
$Pq_{12}$	$0,885 \times 10^{-1}$	$0,885 \times 10^{-1}$	7,921260	7,921260
$Pq_{21}$	0,1033372	0,1033372	7,355456	7,355456
$Pq_{22}$	0,1180997	0,1180997	6,789652	6,789652
$Z_{11}$	0	0	0	0
$Z_{12}$	0	0	0	0
$Z_{21}$	0	0	0	0
$Z_{22}$	0	0	0	0
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$V_{11}$	500	500	500	500
$V_{12}$	800	800	800	800
$V_{21}$	600	600	600	600
$V_{22}$	900	900	900	900
$Pb_{11}$	$0,429 \times 10^{-1}$	$0,429 \times 10^{-1}$	3,562910	3,562910
$Pb_{12}$	$0,5154 \times 10^{-1}$	$0,5154 \times 10^{-1}$	3,325383	3,325383
$Pb_{21}$	$0,6013 \times 10^{-1}$	$0,6013 \times 10^{-1}$	3,087855	3,087855
$Pb_{22}$	0,6873127	0,6873127	2,850328	2,850328
$x$	0	0	1	1
$Lx$	1,718282	1,718282	2,375273	2,375273
$B$	0,935	0,935	1,07	1,07
$Tl$	50	50	1000	1000
$a_{11}$	0,05	0,05	0,15	0,15
$a_{12}$	0,06	0,06	0,14	0,14
$a_{21}$	0,07	0,07	0,13	0,13
$a_{22}$	0,08	0,08	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1

### BAB III FUNGSI UTILITAS COBB-DOUGLAS

Model ini didasari pada penelitian Wu et. al. (2008) serta mengkombinasikannya dengan persamaan pada penelitian Indrawati et al., (2014) yaitu persamaan fungsi utilitas Cobb-Douglas. Masing-masing model dibagi berdasarkan jenis konsumennya yaitu konsumen homogen, kosumen heterogen golongan atas dan bawah serta kosumen heterogen tingkat pemakaian tinggi dan rendah.

#### 3.1 Model *Improved Bundling Internet Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen

Model *improved* ini didasarkan pada penelitian Wu *et al.*, (2008) dan mengkombinasikannya dengan persamaan pada penelitian Indrawati *et al.*,(2014) yaitu persamaan fungsi utilitas Cobb Douglass dan persamaan pada penelitian Irmeilyana *et al.*,(2016) yaitu persamaan pengembangan model yang diusulkan Wallenius and Hamalainen (2002) dan Yang (2004) untuk QoS *attribute End to End Delay* dan *BER (Bit Error Rate)*.

##### 3.1.1 Model untuk Konsumen Homogen

Pada kasus konsumen homogen ini, anggap semua konsumen memiliki tingkat kepuasan yang sama dan tingkat maksimum penggunaan yang sama yaitu  $\bar{X}$  dan  $\bar{Y}$ . Dengan memasukkan nilai parameter, maka akan dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada Fungsi Objektif (1.1), (1.2) dan (1.3) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) dan (1.2a) sampai (1.2d), serta Fungsi Objektif (1.3) dengan Kendala (1.3a) sampai (1.3s).

Berdasarkan Fungsi Objektif (1.1), (1.2) dan (1.3) didapat :

$$\begin{aligned} \text{Maks } R = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^J M Y_j - X^a Y^b + P_X X + P_Y Y + P Z \\ & + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \left( P R_{ij} \pm P Q_{ij} + \alpha_j Z_{ij} + w_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{mj}} \right) \end{aligned}$$

dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i).

diikuti dengan Kendala (1.2a) didapat :

$$X \leq 53,72 Z \tag{3.1}$$

dengan Kendala (1.2b) didapat :

$$Y \leq 59,57 Z \tag{3.2}$$

dengan Kendala (1.2c) didapat :

$$X^a Y^b - P_X X - P_Y Y - P Z \geq 0 \tag{3.3}$$

dengan Kendala (1.2d) didapat :

$$Z = 1 \tag{3.4}$$

diikuti dengan Kendala (1.3a) sampai (1.3s). Pada Kendala (1.3a), Kendala akan berubah sesuai dengan kasusnya seperti yang telah dijelaskan pada Bab II.

Untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik) kendalanya yaitu :

$$PQ_{ij} = \left( 1 + \frac{x}{Q_{bij}} \right) P B_{ij} L_x$$

Sedangkan untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) kendalanya yaitu :

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

Nilai  $Q_{bij}$ , jika QoS *attribute end to end delay* nilai  $Q_{bij}$  yaitu 350 dan jika QoS *attribute BER* nilai  $Q_{bij}$  yaitu  $10^{-6}$  atau  $10^{-7}$

Jika skema pembiayaannya *Flat fee* ditambahkan Kendala :

$$P_X = 0 \quad (3.5)$$

$$P_Y = 0 \quad (3.6)$$

$$P > 0 \quad (3.7)$$

Jika skema pembiayaannya *Usage based* ditambahkan Kendala :

$$P_X > 0 \quad (3.8)$$

$$P_Y > 0 \quad (3.9)$$

$$P = 0 \quad (3.10)$$

Jika Skema pembiayaannya *Two part tariff* ditambahkan Kendala :

$$P_X > 0 \quad (3.11)$$

$$P_Y > 0 \quad (3.12)$$

$$P > 0 \quad (3.13)$$

### 3.1.2 Solusi Model untuk Konsumen Homogen

Solusi model *improved bundling wireless* konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute* dan skema pembiayaan yaitu:

#### a. QoS Attribute End to end delay Skema pembiayaan Flat fee

Solusi model *improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 3.1 seperti berikut:

**Tabel 3.1 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	633,343	633,169	633,343	633,169
Infeasibility	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$
Iterations	92	90	92	90
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,343	633,169	633,343	633,169
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	47	47	47	47
ER (Sec)	1	1	0	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,343 yang didapatkan melalui 92 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,14353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model. Untuk kasus I *ER* yaitu 1 detik sedangkan untuk kasus II *ER* yaitu 0 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,169 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,14353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *Flat fee* akan ditampilkan pada Tabel 3.2.

Berdasarkan Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen homogen *QoS attribute end to end delay* adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar 633,343. Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.



**Tabel 3.2 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ naik, $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik, $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun, $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun, $x$ turun
$P_1$	1,01	1,01	1,01	1,01
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X$	0	0	0	0
$Y$	0	0	0	0
$Z$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	8,487065	8,438705	8,487065	8,438705
$Pq_{12}$	7,921260	7,876125	7,921260	7,876125
$Pq_{21}$	7,355456	7,313545	7,355456	7,313545
$Pq_{22}$	6,789652	6,750964	6,789652	6,750964
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	3,562910	3,562910	3,562910
$Pb_{12}$	3,325383	3,325383	3,325383	3,325383
$Pb_{21}$	3,087855	3,087855	3,087855	3,087855
$Pb_{22}$	2,850328	2,850328	2,850328	2,850328
$x$	1	1	1	1
$Lx$	2,375273	2,375273	2,375273	2,375273
$B$	1,07	1,07	1,07	1,07
$TI$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

**b. QoS Attribute End to end delay Skema pembiayaan Usage Based**

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 3.3 seperti berikut:

**Tabel 3.3 Solusi Model Improved Bundling wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan Usage Based**

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	633,343	633,169	633,343	633,169
Infeasibility	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$
Iterations	94	92	94	92
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,343	633,169	633,343	633,169
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	47	47	47	47
ER (Sec)	1	1	0	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,343 yang didapatkan melalui 94 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,14353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model. Untuk kasus I *ER* yaitu 1 detik sedangkan untuk kasus II *ER* yaitu 0 detik.

**Tabel 3.4 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ naik, $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik, $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun, $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun, $x$ turun
$P_1$	1,01	1,01	1,01	1,01
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X$	0	0	0	0
$Y$	0	0	0	0
$Z$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	8,487065	8,438705	8,487065	8,438705
$Pq_{12}$	7,921260	7,876125	7,921260	7,876125
$Pq_{21}$	7,355456	7,313545	7,355456	7,313545
$Pq_{22}$	6,789652	6,750964	6,789652	6,750964
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	3,562910	3,562910	3,562910
$Pb_{12}$	3,325383	3,325383	3,325383	3,325383
$Pb_{21}$	3,087855	3,087855	3,087855	3,087855
$Pb_{22}$	2,850328	2,850328	2,850328	2,850328
$x$	1	1	1	1
$Lx$	2,375273	2,375273	2,375273	2,375273
$B$	1,07	1,07	1,07	1,07
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen homogen QoS *attribute end to end delay* adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar 633,343. Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

c. **QoS Attribute End to End delay Skema pembiayaan Two part Tariff**

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *two part tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 3.5 seperti berikut:

**Tabel 3.5 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan Two part Tariff**

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	633,343	633,169	633,343	633,169
Infeasibility	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$
Iterations	92	90	92	90
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,343	633,169	633,343	633,169
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	47	47	47	47
ER (Sec)	1	0	0	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,343 yang didapatkan melalui 92 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,14353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model. Untuk kasus I *ER* yaitu 1 detik sedangkan untuk kasus II *ER* yaitu 0 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,169 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,14353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *two Part tariff* akan ditampilkan pada Tabel 3.6.

**Tabel 3.6 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ naik , $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik , $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun , $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun , $x$ turun
$P_1$	1,01	1,01	1,01	1,01
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X$	0	0	0	0
$Y$	0	0	0	0
$Z$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	8,487065	8,438705	8,487065	8,438705
$Pq_{12}$	7,921260	7,876125	7,921260	7,876125
$Pq_{21}$	7,355456	7,313545	7,355456	7,313545
$Pq_{22}$	6,789652	6,750964	6,789652	6,750964
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\bar{X}_{11}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{12}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{21}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	3,562910	3,562910	3,562910
$Pb_{12}$	3,325383	3,325383	3,325383	3,325383
$Pb_{21}$	3,087855	3,087855	3,087855	3,087855
$Pb_{22}$	2,850328	2,850328	2,850328	2,850328
$x$	1	1	1	1
$Lx$	2,375273	2,375273	2,375273	2,375273
$B$	1,07	1,07	1,07	1,07
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 diperoleh solusi yang paling optimal untu konsumen homogen QoS *attribute end to end delay* adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar 633,343. Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

**d. QoS Attribute BER (Bit Error Rate) pada Skema Pembiayaan Flat Fee**

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute BER (Bit Error Rate) pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 3.7 seperti berikut:

**Tabel 3.7 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan Flat Fee**

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04664 \times 10^{08}$	618,733	$3,04664 \times 10^{08}$	618,733
Infeasibility	$5,14568 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$5,14568 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
Iterations	62	88	62	88
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04664 \times 10^{08}$	618,733	$3,04664 \times 10^{08}$	618,733
Steps	0	1	0	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	47	47	47	47
ER (Sec)	1	1	1	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar  $3,04664 \times 10^{08}$  yang didapatkan melalui 62 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $5,14568 \times 10^{-7}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 618,733 yang didapatkan melalui 88 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $7,9831 \times 10^{-6}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *flat fee* akan ditampilkan pada Tabel 3.8.

**Tabel 3.8 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ naik , $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik , $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun , $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun , $x$ turun
$P_1$	1,009956	1,009989	1,009956	1,009989
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X$	0	0	0	0
$Y$	0	0	0	0
$Z$	1	1	1	1
$Pr_{11}$	0,5	0,5	0,5	0,5
$Pr_{12}$	0,6	0,6	0,6	0,6
$Pr_{21}$	0,4	0,4	0,4	0,4
$Pr_{22}$	0,7	0,7	0,7	0,7
$Pq_{11}$	$0,846288 \times 10^8$	4,428739	$0,846288 \times 10^8$	4,428739
$Pq_{12}$	$0,789869 \times 10^8$	4,133489	$0,789869 \times 10^8$	4,133489
$Pq_{21}$	$0,733450 \times 10^8$	3,838240	$0,733450 \times 10^8$	3,838240
$Pq_{22}$	$0,677030 \times 10^8$	3,542991	$0,677030 \times 10^8$	3,542991
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	2,577423	3,562910	2,577423
$Pb_{12}$	3,325383	2,405595	3,325383	2,405595
$Pb_{21}$	3,087855	2,233766	3,087855	2,233766
$Pb_{22}$	2,850328	2,061938	2,850328	2,061938
$x$	1	0	1	0
$Lx$	2,375273	1,718282	2,375273	1,718282
$B$	1,07	0,935	1,07	1,07
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 3.7 dan Tabel 3.8 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen homogen QoS attribute BER (*Bit Error Rate*) adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar  $3,0466 \times 10^{08}$ . Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

e. **QoS Attribute BER (Bit Error Rate) pada Skema Pembiayaan Usage based**

Solusi model improved *bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute BER (Bit Error Rate) pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 3.9 seperti berikut :

**Tabel 3.9 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan Usage Based**

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Infeasibility	$4,0447 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$4,0447 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
Iterations	51	90	51	90
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Steps	0	1	0	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	47	47	47	47
ER (Sec)	1	0	0	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar  $3,04664 \times 10^8$  yang didapatkan melalui 51 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $4,0447 \times 10^{-7}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model. Untuk kasus I *ER* yaitu 1 detik sedangkan untuk kasus III *ER* yaitu 0 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 618,733 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $7,9831 \times 10^{-6}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *usage based* akan ditampilkan pada Tabel 3.10.



**Tabel 3.10 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ naik , $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik , $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun , $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun , $x$ turun
$P_1$	1,009978	1,009989	1,009978	1,009989
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X$	0	0	0	0
$Y$	0	0	0	0
$Z$	1	1	1	1
$Pr_{11}$	0,5	0,5	0,5	0,5
$Pr_{12}$	0,6	0,6	0,6	0,6
$Pr_{21}$	0,4	0,4	0,4	0,4
$Pr_{22}$	0,7	0,7	0,7	0,7
$Pq_{11}$	$0,846288 \times 10^8$	4,428739	$0,846288 \times 10^8$	4,428739
$Pq_{12}$	$0,789869 \times 10^8$	4,133489	$0,789869 \times 10^8$	4,133489
$Pq_{21}$	$0,733450 \times 10^8$	3,838240	$0,733450 \times 10^8$	3,838240
$Pq_{22}$	$0,677030 \times 10^8$	3,542991	$0,677030 \times 10^8$	3,542991
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	2,577423	3,562910	2,577423
$Pb_{12}$	3,325383	2,405595	3,325383	2,405595
$Pb_{21}$	3,087855	2,233766	3,087855	2,233766
$Pb_{22}$	2,850328	2,061938	2,850328	2,061938
$x$	1	0	1	0
$Lx$	2,375273	1,718282	2,375273	1,718282
$B$	1,07	0,935	1,07	0,935
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 3.9 dan Tabel 3.10 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen homogen QoS attribute BER (Bit Error Rate) adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar  $3,0466 \times 10^8$ . Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

f. **QoS Attribute BER (Bit Error Rate) pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff**

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute BER pada skema pembiayaan *two part tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 3.11 seperti berikut :

**Tabel 3.11 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff**

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Infeasibility	$4,0447 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$4,0447 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
Iterations	49	88	49	88
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Steps	0	1	0	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	47	47	47	47
ER (Sec)	1	0	0	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar  $3,04664 \times 10^8$  yang didapatkan melalui 49 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $4,0447 \times 10^{-7}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model. Untuk kasus I *ER* yaitu 1 detik sedangkan untuk kasus II *ER* yaitu 0 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 618,733 yang didapatkan melalui 88 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $7,9831 \times 10^{-6}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik untuk kasus II dan 1 detik untuk kasus IV. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *Two part tariff* akan ditampilkan pada Tabel 3.12.

**Tabel 3.12 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ naik , $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik , $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun , $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun , $x$ turun
$P_1$	1,009978	1,009989	1,01	1,01
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X$	0	0	0	0
$Y$	0	0	0	0
$Z$	1	1	1	1
$Pr_{11}$	0,5	0,5	0,5	0,5
$Pr_{12}$	0,6	0,6	0,6	0,6
$Pr_{21}$	0,4	0,4	0,4	0,4
$Pr_{22}$	0,7	0,7	0,7	0,7
$Pq_{11}$	$0,846288 \times 10^8$	4,428739	$0,846288 \times 10^8$	4,428739
$Pq_{12}$	$0,789869 \times 10^8$	4,133489	$0,789869 \times 10^8$	4,133489
$Pq_{21}$	$0,733450 \times 10^8$	3,838240	$0,733450 \times 10^8$	3,838240
$Pq_{22}$	$0,677030 \times 10^8$	3,542991	$0,677030 \times 10^8$	3,542991
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	2,577423	3,562910	2,577423
$Pb_{12}$	3,325383	2,405595	3,325383	2,405595
$Pb_{21}$	3,087855	2,233766	3,087855	2,233766
$Pb_{22}$	2,850328	2,061938	2,850328	2,061938
$x$	1	0	1	0
$Lx$	2,375273	1,718282	2,375273	1,718282
$B$	1,07	0,935	1,07	0,935
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 3.11 dan Tabel 3.12 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen homogen QoS attribute BER (*Bit Error Rate*) adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar  $3,0466 \times 10^8$ . Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

## 3.2 Model *Improved Bundling Internet Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas untuk Konsumen Heterogen

### 3.2.1 Model Untuk Konsumen Heterogen

Pada kasus konsumen heterogen ini diasumsikan bahwa, konsumen tingkat pemakaian tinggi ( $i=1$ ) dengan tingkat konsumsi maksimum  $\bar{X}_1$  dan  $\bar{Y}_1$ . Konsumen tingkat pemakaian rendah ( $i=2$ ) dengan konsumsi maksimum  $\bar{X}_2$  dan  $\bar{Y}_2$ . Terdapat  $m$  konsumen golongan 1 dan  $n$  konsumen golongan 2 dengan  $a_1 = a_2 = a$  dan  $b_1 = b_2 = b$ . Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 2.9, maka akan dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada fungsi objektif (1.1), (1.2) dan (1.3) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) dan (1.2a) sampai (1.2d), serta fungsi objektif (1.3) dengan Kendala (1.3a) sampai (1.3s). Berdasarkan Fungsi Objektif (1.1), (1.2) dan (1.3) didapat :

$$\begin{aligned} \text{Maks } R = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^J MY_j - X_1^3 Y_1^2 - X_2^3 Y_2^2 + P_X X_1 + P_X X_2 \\ & + P_Y Y_1 + P_Y Y_2 + PZ_1 + PZ_2 \\ & + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \left( PR_{ij} \pm PQ_{ij} + \alpha_j Z_{ij} + w_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{mj}} \right) \end{aligned}$$

dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i).

diikuti dengan Kendala (1.2a) didapat :

$$\begin{aligned} X_1 & \leq 53,72 Z_1 \\ X_2 & \leq 33,02 Z_2 \end{aligned} \quad (3.15)$$

dengan Kendala (1.2b) didapat :

$$\begin{aligned} Y_1 & \leq 59,57 Z_1 \\ Y_2 & \leq 46,71 Z_2 \end{aligned} \quad (3.16)$$

dengan Kendala (1.2c) didapat :

$$X_1^3 Y_1^2 - X_2^3 Y_2^2 + P_X X_1 + P_X X_2 + P_Y Y_1 + P_Y Y_2 + PZ_1 + PZ_2 \geq 0$$

dengan Kendala (1.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (3.17)$$

diikuti dengan Kendala (1.5a) sampai (1.5s). Pada Kendala (1.5a), Kendala akan berubah sesuai dengan kasusnya seperti yang telah dijelaskan pada Bab II.

Untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik) kendalanya yaitu :

$$PQ_{ij} = \left( 1 + \frac{x}{Q_{bij}} \right) PB_{ij} L_x$$

Sedangkan untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) kendalanya yaitu :

$$PQ_{ij} = \left( 1 - \frac{x}{Q_{bij}} \right) PB_{ij} L_x$$

Nilai  $Q_{bij}$ , jika QoS *attribute end to end delay* nilai  $Q_{bij}$  yaitu 350 dan jika QoS *attribute BER* nilai  $Q_{bij}$  yaitu  $10^{-6}$  atau  $10^{-7}$ .

Jika skema pembiayaannya *Flat fee* ditambahkan Kendala (3.5) sampai Kendala (3.7).

Jika skema pembiayaannya *Usage based* ditambahkan Kendala (3.8) sampai Kendala (3.10).

Jika skema pembiayaannya *Two part tariff* ditambahkan Kendala (3.11) sampai Kendala (3.13).

### 3.2.2 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen

Solusi model *improved bundling internet wireless* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute* dan skema pembiayaan internetnya yaitu :

#### a. QoS Attribute End to End delay pada Skema Pembiayaan Flat fee

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 3.13 seperti berikut:

**Tabel 3.13 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Flat Fee**

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	633,343	633,169	633,343	633,169
Infeasibility	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$	$,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$
Iterations	92	90	92	90
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,343	633,169	633,343	633,169
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	48	48	48	48
ER (Sec)	1	0	1	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,343 yang didapatkan melalui 92 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $11,4353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 48K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,169 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,14353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 48K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik untuk kasus II dan 1 detik untuk kasus IV. Nilai-nilai variabel konsumen heterogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *Flat fee* akan ditampilkan pada Tabel 3.14.

**Tabel 3.14 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik , $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik , $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun , $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun , $x$ turun
$P_1$	1,01	1,01	1,01	1,01
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X_1$	0,72	0,72	0,72	0,72
$X_2$	$0,2 \times 10^{-2}$	$0,2 \times 10^{-2}$	$0,2 \times 10^{-2}$	$0,2 \times 10^{-2}$
$Y_1$	0,57	0,57	0,57	0,57
$Y_2$	0,71	0,71	0,71	0,71
$Z_1$	1	1	1	1
$Z_2$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	8,487065	8,438705	8,487065	8,438705
$Pq_{12}$	7,921260	7,876125	7,921260	7,876125
$Pq_{21}$	7,355456	7,313545	7,355456	7,313545
$Pq_{22}$	6,789652	6,750964	6,789652	6,750964
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	3,562910	3,562910	3,562910
$Pb_{12}$	3,325383	3,325383	3,325383	3,325383
$Pb_{21}$	3,087855	3,087855	3,087855	3,087855
$Pb_{22}$	2,850328	2,850328	2,850328	2,850328
$x$	1	1	1	1
$Lx$	2,375273	2,375273	2,375273	2,375273
$B$	1,07	1,07	1,07	1,07
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 3.13 dan Tabel 3.14 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen heterogen *QoS attribute end to end delay* adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar 633,343. Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

**b. QoS Attribute End to End delay pada Skema Pembiayaan Usage based**

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 3.15 seperti berikut:

**Tabel 3.15 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Usage based**

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	633,344	633,17	633,344	633,17
Infeasibility	$1,68732 \times 10^{-4}$	$1,68732 \times 10^{-4}$	$1,68732 \times 10^{-4}$	$1,68732 \times 10^{-4}$
Iterations	86	86	86	86
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,344	633,17	633,344	633,17
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	48	48	48	48
ER (Sec)	1	1	1	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,344 yang didapatkan melalui 86 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,68732 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 48K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,17 yang didapatkan melalui 86 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,68732 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 48K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *usage based* akan ditampilkan pada Tabel 3.16.

**Tabel 3.16 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik ,x naik	$PQ_{ij}$ naik ,x turun	$PQ_{ij}$ turun ,x naik	$PQ_{ij}$ turun ,x turun
$P_1$	1,01	1,01	1,01	1,01
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X_1$	0	0	0	0
$X_2$	0	0	0	0
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	0	0	0	0
$Z_1$	1	1	1	1
$Z_2$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	8,487065	8,438705	8,487065	8,438705
$Pq_{12}$	7,921260	7,876125	7,921260	7,876125
$Pq_{21}$	7,355456	7,313545	7,355456	7,313545
$Pq_{22}$	6,789652	6,750964	6,789652	6,750964
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\bar{X}_{11}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{12}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{21}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	3,562910	3,562910	3,562910
$Pb_{12}$	3,325383	3,325383	3,325383	3,325383
$Pb_{21}$	3,087855	3,087855	3,087855	3,087855
$Pb_{22}$	2,850328	2,850328	2,850328	2,850328
$x$	1	1	1	1
$L_x$	2,375273	2,375273	2,375273	2,375273
$B$	1,07	1,07	1,07	1,07
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 3.15 dan Tabel 3.16 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen heterogen QoS *attribute end to end delay* adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar 633,344. Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.



c. **QoS Attribute End to End delay pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff**

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *two part tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 3.17 seperti berikut:

**Tabel 3.17 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff**

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	633,344	633,17	633,344	633,17
Infeasibility	$1,68732 \times 10^{-4}$	$1,68732 \times 10^{-4}$	$1,68732 \times 10^{-4}$	$1,68732 \times 10^{-4}$
Iterations	84	84	84	84
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,344	633,17	633,344	633,17
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	49	49	49	49
ER (Sec)	0	1	1	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,344 yang didapatkan melalui 84 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,68732 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model. Untuk kasus I *ER* yaitu 0 detik sedangkan untuk kasus II *ER* yaitu 1 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,17 yang didapatkan melalui 84 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,68732 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik untuk kasus II dan 0 detik untuk kasus IV. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *two part tariff* akan ditampilkan pada Tabel 3.18.

**Tabel 3.18 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik ,x naik	$PQ_{ij}$ naik ,x turun	$PQ_{ij}$ turun ,x naik	$PQ_{ij}$ turun ,x turun
$P_1$	1,01	1,01	1,01	1,01
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X_1$	0	0	0	0
$X_2$	0	0	0	0
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	0	0	0	0
$Z_1$	1	1	1	1
$Z_2$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	8,487065	8,438705	8,487065	8,438705
$Pq_{12}$	7,921260	7,876125	7,921260	7,876125
$Pq_{21}$	7,355456	7,313545	7,355456	7,313545
$Pq_{22}$	6,789652	6,750964	6,789652	6,750964
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	3,562910	3,562910	3,562910
$Pb_{12}$	3,325383	3,325383	3,325383	3,325383
$Pb_{21}$	3,087855	3,087855	3,087855	3,087855
$Pb_{22}$	2,850328	2,850328	2,850328	2,850328
$x$	1	1	1	1
$Lx$	2,375273	2,375273	2,375273	2,375273
$B$	1,07	1,07	1,07	1,07
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 3.17 dan Tabel 3.18 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen heterogen *QoS attribute end to end delay* adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar 633,344. Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

**d. QoS Attribute BER (Bit Error Rate) Pada Skema Pembiayaan Flat fee**

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS attribute BER (Bit Error Rate) pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 3.19 seperti berikut:

**Tabel 3.19 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Flat Fee**

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Infeasibility	$4,0447 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$4,0447 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
Iterations	49	88	49	88
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Steps	0	1	0	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	49	49	49	49
ER (Sec)	0	1	1	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar  $3,04664 \times 10^8$  yang didapatkan melalui 49 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $4,0447 \times 10^{-7}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model. Untuk kasus I *ER* yaitu 0 detik sedangkan untuk kasus II *ER* yaitu 1 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 618,733 yang didapatkan melalui 88 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $7,9831 \times 10^{-6}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *Flat fee* akan ditampilkan pada Tabel 3.20.

**Tabel 3.20 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik , $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik , $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun , $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun , $x$ turun
$P_1$	1,009978	1,009989	1,009978	1,009989
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X_1$	0,72	0,72	0,72	0,72
$X_2$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$
$Y_1$	0,57	0,57	0,57	0,57
$Y_2$	0,71	0,71	0,71	0,71
$Z_1$	1	1	1	1
$Z_2$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	$0,846288 \times 10^8$	4,428739	$0,846288 \times 10^8$	4,428739
$Pq_{12}$	$0,789869 \times 10^8$	4,133489	$0,789869 \times 10^8$	4,133489
$Pq_{21}$	$0,733450 \times 10^8$	3,838240	$0,733450 \times 10^8$	3,838240
$Pq_{22}$	$0,677030 \times 10^8$	3,542991	$0,677030 \times 10^8$	3,542991
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	2,577423	3,562910	2,577423
$Pb_{12}$	3,325383	2,405595	3,325383	2,405595
$Pb_{21}$	3,087855	2,233766	3,087855	2,233766
$Pb_{22}$	2,850328	2,061938	2,850328	2,061938
$x$	1	0	1	0
$Lx$	2,375273	1,718282	2,375273	1,718282
$B$	1,07	0,935	1,07	0,935
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 3.19 dan Tabel 3.20 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen heterogen QoS attribute BER (*Bit Error Rate*) adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar  $3,04664 \times 10^8$ . Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

e. **QoS Attribute BER (Bit Error Rate) pada Skema Pembiayaan Usage based**

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS attribute BER (Bit Error Rate) pada skema pembiayaan *Usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 3.21 seperti berikut :

**Tabel 3.21 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Usage based**

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Infeasibility	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
Iterations	51	90	51	90
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Steps	0	1	0	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	49	49	49	49
ER (Sec)	0	1	0	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar  $3,04664 \times 10^8$  yang didapatkan melalui 51 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $4,04475 \times 10^{-7}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,169 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $7,9831 \times 10^{-6}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik untuk kasus II dan 0 detik untuk kasus IV. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *usage based* akan ditampilkan pada Tabel 3.22.

**Tabel 3.22 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik ,x naik	$PQ_{ij}$ naik ,x turun	$PQ_{ij}$ turun ,x naik	$PQ_{ij}$ turun ,x turun
$P_1$	1,009978	1,009989	1,009978	1,009989
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X_1$	0,72	0,72	0,72	0,72
$X_2$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$
$Y_1$	0,57	0,57	0,57	0,57
$Y_2$	0,71	0,71	0,71	0,71
$Z_1$	1	1	1	1
$Z_2$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	$0,846288 \times 10^8$	4,428739	$0,846288 \times 10^8$	4,428739
$Pq_{12}$	$0,789869 \times 10^8$	4,133489	$0,789869 \times 10^8$	4,133489
$Pq_{21}$	$0,733450 \times 10^8$	3,838240	$0,733450 \times 10^8$	3,838240
$Pq_{22}$	$0,677030 \times 10^8$	3,542991	$0,677030 \times 10^8$	3,542991
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	2,577423	3,562910	2,577423
$Pb_{12}$	3,325383	2,405595	3,325383	2,405595
$Pb_{21}$	3,087855	2,233766	3,087855	2,233766
$Pb_{22}$	2,850328	2,061938	2,850328	2,061938
$x$	1	0	1	0
$L_x$	2,375273	1,718282	2,375273	1,718282
$B$	1,07	0,935	1,07	0,935
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 3.21 dan Tabel 3.22 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen heterogen QoS attribute BER (Bit Error Rate) adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar  $3,04664 \times 10^8$ . Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

**f. QoS Attribute BER (Bit Error Rate) pada Skema Pembiayaan Two Part tariff**

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS attribute BER (Bit Error Rate) pada skema pembiayaan *two part tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 3.23 seperti berikut :

**Tabel 3.23 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff**

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Infeasibility	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
Iterations	49	88	49	88
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Steps	0	1	0	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	49	49	49	49
ER (Sec)	1	0	1	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar  $3,04664 \times 10^8$  yang didapatkan melalui 49 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $4,04475 \times 10^{-7}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 618,733 yang didapatkan melalui 88 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $7,9831 \times 10^{-6}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *two part tariff* akan ditampilkan pada Tabel 3.24.

**Tabel 3.24 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik ,x naik	$PQ_{ij}$ naik ,x turun	$PQ_{ij}$ turun ,x naik	$PQ_{ij}$ turun ,x turun
$P_1$	1,009978	1,009989	1,009978	1,009989
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X_1$	0,72	0,72	0,72	0,72
$X_2$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$
$Y_1$	0,57	0,57	0,57	0,57
$Y_2$	0,71	0,71	0,71	0,71
$Z_1$	1	1	1	1
$Z_2$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	$0,846288 \times 10^8$	4,428739	$0,846288 \times 10^8$	4,428739
$Pq_{12}$	$0,789869 \times 10^8$	4,133489	$0,789869 \times 10^8$	4,133489
$Pq_{21}$	$0,733450 \times 10^8$	3,838240	$0,733450 \times 10^8$	3,838240
$Pq_{22}$	$0,677030 \times 10^8$	3,542991	$0,677030 \times 10^8$	3,542991
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	2,577423	3,562910	2,577423
$Pb_{12}$	3,325383	2,405595	3,325383	2,405595
$Pb_{21}$	3,087855	2,233766	3,087855	2,233766
$Pb_{22}$	2,850328	2,061938	2,850328	2,061938
$x$	1	0	1	0
$L_x$	2,375273	1,718282	2,375273	1,718282
$B$	1,07	0,935	1,07	0,935
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 3.23 dan Tabel 3.24 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen heterogen QoS attribute BER (*Bit Error Rate*) adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar  $3,04664 \times 10^8$ . Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.



### 3.3 Kesimpulan

Skema pembiayaan yang memiliki solusi optimal baik untuk konsumen homogen maupun heterogen yaitu skema pembiayaan *flat fee* dan *two part tariff* dengan Qos *attribute* yang optimal yaitu *BER (Bit Error Rate)* dimana solusi optimal terletak pada kasus I dan kasus III yaitu sebesar  $3,04664 \times 10^8$ .

## BAB IV FUNGSI UTILITAS *QUASI-LINIER*

Model ini didasari pada model yang diusulkan dalam Wu et. al., (2008) serta mengkombinasikannya dengan model yang dibentuk dalam Indrawati et.al., (2014) yaitu persamaan fungsi utilitas quasi-linier Masing-masing model dibagi berdasarkan jenis konsumennya yaitu konsumen homogen, kosumen heterogen golongan atas dan bawah serta kosumen heterogen tingkat pemakaian tinggi dan rendah.

### 4.1 Model *Bundling Internet Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier Konsumen Homogen

#### 4.1.1 Model untuk Konsumen Homogen

Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 2.9, maka akan dibuat model *bundling wireless* pada konsumen homogen didasarkan pada Fungsi Objektif (1.1), (1.2) dan (1.3) dengan Kendala (1.1a) sampai Kendala (1.1i) dan Kendala (1.2a) sampai Kendala (1.2d), serta fungsi objektif (1.3) dengan Kendala (1.3a) sampai Kendala (1.3s).

Berdasarkan fungsi objektif (1.1), (1.2) dan (1.3) didapat :

$$\begin{aligned} \text{Maks } R = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^J MY_j - (4X + Y^3) + P_X X + P_Y Y + PZ \\ & + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \left( PR_{ij} \pm PQ_{ij} + \alpha_j Z_{ij} + w_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{mj}} \right) \end{aligned}$$

dengan Kendala (1.1a) sampai Kendala(1.1i).

diikuti dengan Kendala (1.2a) didapat :

$$X_1 \leq 53,72 Z_1$$

dengan Kendala (1.2b) didapat :

$$Y_1 \leq 59,57 Z_1$$

dengan Kendala (1.2c) didapat :

$$(4X + Y^3) + P_X X + P_Y Y + PZ \geq 0$$

dengan Kendala (1.2d) didapat :

$$Z = 1$$

diikuti dengan Kendala (1.3a) sampai Kendala (1.3s). Pada Kendala (1.3a), Kendala akan berubah sesuai dengan kasusnya seperti yang telah dijelaskan pada Bab II.

Untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik) kendalanya yaitu :

$$PQ_{ij} = \left( 1 + \frac{x}{Q_{bij}} \right) PB_{ij} L_x$$

Sedangkan untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) kendalanya yaitu :

$$PQ_{ij} = \left( 1 - \frac{x}{Q_{bij}} \right) PB_{ij} L_x$$

Nilai  $Q_{bij}$ , jika QoS attribute end to end delay nilai  $Q_{bij}$  yaitu 350 dan jika QoS attribute BER nilai  $Q_{bij}$  yaitu  $10^{-6}$  atau  $10^{-7}$

Jika skema pembiayaannya *Flat fee* ditambahkan Kendala (3.5) sampai Kendala (3.7).

Jika skema pembiayaannya *Usage based* ditambahkan Kendala (3.8) sampai Kendala (3.10).

Jika skema pembiayaannya *Two part tariff* ditambahkan Kendala (3.11) sampai Kendala (3.13).

#### 4.1.2 Solusi untuk Model *Improved Konsumen Homogen*

Solusi model *improved bundling wireless* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute* dan skema pembiayaan internetnya yaitu :

##### a. QoS *Attribute End to End delay* pada Skema Pembiayaan *Flat fee*

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 4.1 seperti berikut:

**Tabel 4.1 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	633,343	633,169	633,343	633,169
Infeasibility	$1,14354 \times 10^{-4}$	$1,14354 \times 10^{-4}$	$1,14354 \times 10^{-4}$	$1,14354 \times 10^{-4}$
Iterations	87	89	87	89
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,343	633,169	633,343	633,169
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	47	47	47	47
ER (Sec)	0	0	0	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,343 yang didapatkan melalui 87 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,14353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,169 yang didapatkan melalui 89 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,14353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik untuk kasus II dan 1 detik untuk kasus IV. Nilai-nilai variabel konsumen

homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *Flat fee* akan ditampilkan pada Tabel 4.2.

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen homogen QoS *attribute end to end delay* adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar 633,343. Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

***b. QoS Attribute End to End delay pada Skema Pembiayaan Usage based***

Solusi model *improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 4.3 seperti berikut :

**Tabel 4.2 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
$P_1$	1,009845	1,009845	1,009845	1,009845
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X$	0	0	0	0
$Y$	0	0	0	0
$Z$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	8,487065	8,438705	8,487065	8,438705
$Pq_{12}$	7,921260	7,876125	7,921260	7,876125
$Pq_{21}$	7,355456	7,313545	7,355456	7,313545
$Pq_{22}$	6,789652	6,750964	6,789652	6,750964
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	3,562910	3,562910	3,562910
$Pb_{12}$	3,325383	3,325383	3,325383	3,325383
$Pb_{21}$	3,087855	3,087855	3,087855	3,087855
$Pb_{22}$	2,850328	2,850328	2,850328	2,850328
$x$	1	1	1	1
$Lx$	2,375273	2,375273	2,375273	2,375273
$B$	1,07	1,07	1,07	1,07
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

**Tabel 4.3 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	<i>PQ<sub>ij</sub> naik x naik</i>	<i>PQ<sub>ij</sub> naik x turun</i>	<i>PQ<sub>ij</sub> turun x naik</i>	<i>PQ<sub>ij</sub> turun x turun</i>
<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>	633,343	633,169	633,343	633,169
<i>Infeasibility</i>	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$
<i>Iterations</i>	94	92	94	92
<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>	633,343	633,169	633,343	633,169
<i>Steps</i>	1	1	1	1
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	47	47	47	47
<i>ER (Sec)</i>	0	0	1	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,343 yang didapatkan melalui 94 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,14353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model. Untuk kasus I *ER* yaitu 0 detik sedangkan untuk kasus II *ER* yaitu 1 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,169 yang didapatkan melalui 92 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,14353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *usage based* akan ditampilkan pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
$P_1$	1,01	1,01	1,01	1,01
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X$	0	0	0	0
$Y$	0	0	0	0
$Z$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	8,487065	8,438705	8,487065	8,438705
$Pq_{12}$	7,921260	7,876125	7,921260	7,876125
$Pq_{21}$	7,355456	7,313545	7,355456	7,313545
$Pq_{22}$	6,789652	6,750964	6,789652	6,750964
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	3,562910	3,562910	3,562910
$Pb_{12}$	3,325383	3,325383	3,325383	3,325383
$Pb_{21}$	3,087855	3,087855	3,087855	3,087855
$Pb_{22}$	2,850328	2,850328	2,850328	2,850328
$x$	1	1	1	1
$L_x$	2,375273	2,375273	2,375273	2,375273
$B$	1,07	1,07	1,07	1,07
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen homogen QoS *attribute end to end delay* adalah pada kasus I dan

kasus III dengan nilai objektif sebesar 633,343. Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

**c. QoS Attribute End to End delay pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff**

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *two part tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 4.5 seperti berikut:

**Tabel 4.5 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff**

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	633,343	633,169	633,343	633,169
Infeasibility	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$
Iterations	92	90	92	90
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,343	633,169	633,343	633,169
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	47	47	47	47
ER (Sec)	0	1	0	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,343 yang didapatkan melalui 92 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,14353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,169 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,14353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik untuk kasus II dan 0 detik untuk kasus IV. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *two part tariff* akan ditampilkan pada Tabel 4.6.

Berdasarkan Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen homogen QoS *attribute end to end delay* adalah pada kasus I dan



kasus III dengan nilai objektif sebesar 633,343. Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

**d. QoS Attribute BER(Bit Error Rate) pada Skema Pembiayaan *Flate fee***

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute BER (Bit Error Rate) pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 4.7 seperti berikut:

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar  $3,04664 \times 10^8$  yang didapatkan melalui 62 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $5,14568 \times 10^{-7}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik.

**Tabel 4.6 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
$P_1$	1,01	1,01	1,01	1,01
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X$	0	0	0	0
$Y$	0	0	0	0
$Z$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	8,487065	8,438705	8,487065	8,438705
$Pq_{12}$	7,921260	7,876125	7,921260	7,876125
$Pq_{21}$	7,355456	7,313545	7,355456	7,313545
$Pq_{22}$	6,789652	6,750964	6,789652	6,750964
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	3,562910	3,562910	3,562910
$Pb_{12}$	3,325383	3,325383	3,325383	3,325383
$Pb_{21}$	3,087855	3,087855	3,087855	3,087855
$Pb_{22}$	2,850328	2,850328	2,850328	2,850328
$x$	1	1	1	1
$Lx$	2,375273	2,375273	2,375273	2,375273
$B$	1,07	1,07	1,07	1,07
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

**Tabel 4.7 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ 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>	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
<i>Infeasibility</i>	$5,14568 \times 10^{-7}$	$1,14353 \times 10^{-4}$	$5,14568 \times 10^{-7}$	$1,14353 \times 10^{-4}$
<i>Iterations</i>	62	87	62	87
<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>	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
<i>Steps</i>	0	1	0	1
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	47	47	47	47
<i>ER (Sec)</i>	1	1	1	0

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 618,733 yang didapatkan melalui 87 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,14353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik untuk kasus II dan 0 detik untuk kasus IV. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *flat fee* akan ditampilkan pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik ,x naik	$PQ_{ij}$ naik ,x turun	$PQ_{ij}$ turun ,x naik	$PQ_{ij}$ turun ,x turun
$P_1$	1,009956	1,009236	1,009956	1,009236
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X$	0,72	0,72	0,72	0,72
$Y$	0,57	0,57	0,57	0,57
$Z$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	$0,846288 \times 10^8$	4,428739	$0,846288 \times 10^8$	4,428739
$Pq_{12}$	$0,789869 \times 10^8$	4,133489	$0,789869 \times 10^8$	4,133489
$Pq_{21}$	$0733450, \times 10^8$	3,838240	$0733450, \times 10^8$	3,838240
$Pq_{22}$	$0,677030 \times 10^8$	3,542991	$0,677030 \times 10^8$	3,542991
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	2,577423	3,562910	2,577423
$Pb_{12}$	3,325383	2,405595	3,325383	2,405595
$Pb_{21}$	3,087855	2,233766	3,087855	2,233766
$Pb_{22}$	2,850328	2,061938	2,850328	2,061938
$x$	1	0	1	0
$Lx$	2,375273	1,718282	2,375273	1,718282
$B$	1,07	0,935	1,07	0,935
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 diperoleh solusi yang paling optimal untu konsumen homogen QoS attribute BER (*Bit Error Rate*) adalah pada kasus I

dan kasus III dengan nilai objektif sebesar  $3,04664 \times 10^8$ . Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

**e. QoS Attribute BER(Bit Error Rate) pada Skema Pembiayaan Usage based**

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute BER (Bit Error Rate) pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 4.9 seperti berikut :

**Tabel 4.9 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan Usage Based**

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Infeasibility	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
Iterations	51	90	51	90
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Steps	0	1	0	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	47	47	47	47
ER (Sec)	0	0	0	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar  $3,04664 \times 10^8$  yang didapatkan melalui 51 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $4,04475 \times 10^{-7}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 618,733 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $7,9831 \times 10^{-6}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *Usage Based* akan ditampilkan pada Tabel 4.10.

Berdasarkan Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen homogen QoS attribute BER (Bit Error Rate) adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar  $3,04664 \times 10^8$ . Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

***f. QoS Attribute BER(Bit Error Rate) pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff***

Solusi model *improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute BER (Bit Error Rate)* pada skema pembiayaan *Two part tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 4.11 seperti berikut :

**Tabel 4.10 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
$P_1$	1,009978	1,009989	1,009978	1,009989
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X$	0	0	0	0
$Y$	0	0	0	0
$Z$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	$0,846288 \times 10^8$	4,428739	$0,846288 \times 10^8$	4,428739
$Pq_{12}$	$0,789869 \times 10^8$	4,133489	$0,789869 \times 10^8$	4,133489
$Pq_{21}$	$0733450, \times 10^8$	3,838240	$0733450, \times 10^8$	3,838240
$Pq_{22}$	$0,677030 \times 10^8$	3,542991	$0,677030 \times 10^8$	3,542991
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\bar{X}_{11}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{12}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{21}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	2,577423	3,562910	2,577423
$Pb_{12}$	3,325383	2,405595	3,325383	2,405595
$Pb_{21}$	3,087855	2,233766	3,087855	2,233766
$Pb_{22}$	2,850328	2,061938	2,850328	2,061938
$x$	1	0	1	0
$L_x$	2,375273	1,718282	2,375273	1,718282
$B$	1,07	0,935	1,07	0,935
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

**Tabel 4.11 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Infeasibility	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
Iterations	49	88	49	88
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Steps	0	1	0	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	47	47	47	47
ER (Sec)	0	0	1	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar  $3,04664 \times 10^8$  yang didapatkan melalui 49 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $4,04475 \times 10^{-7}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model. *ER* untuk kasus I yaitu 0 detik sedangkan *ER* untuk kasus II yaitu 1 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 618,733 yang didapatkan melalui 88 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $7,9831 \times 10^{-6}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 47K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *Two Part Tariff* akan ditampilkan pada Tabel 4.12.



**Tabel 4.12 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
$P_1$	1,009978	1,009989	1,009978	1,009989
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X$	0	0	0	0
$Y$	0	0	0	0
$Z$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	$0,846288 \times 10^8$	4,428739	$0,846288 \times 10^8$	4,428739
$Pq_{12}$	$0,789869 \times 10^8$	4,133489	$0,789869 \times 10^8$	4,133489
$Pq_{21}$	$0,733450 \times 10^8$	3,838240	$0,733450 \times 10^8$	3,838240
$Pq_{22}$	$0,677030 \times 10^8$	3,542991	$0,677030 \times 10^8$	3,542991
$\alpha_1$	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,2	0,2	0,2	0,2
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\bar{X}_{11}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{12}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{21}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	2,577423	3,562910	2,577423
$Pb_{12}$	3,325383	2,405595	3,325383	2,405595
$Pb_{21}$	3,087855	2,233766	3,087855	2,233766
$Pb_{22}$	2,850328	2,061938	2,850328	2,061938
$x$	1	0	1	0
$Lx$	2,375273	1,718282	2,375273	1,718282
$B$	1,07	0,935	1,07	0,935
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 4.11 dan Tabel 4.12 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen homogen QoS *attribute BER (Bit Error Rate)* adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar  $3,04664 \times 10^8$ . Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

## 4.2 Model *Improved Bundling Internet Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen

### 4.2.1 Model *Improved* untuk Konsumen Heterogen

Pada kasus konsumen heterogen ini diasumsikan bahwa, konsumen tingkat pemakaian tinggi ( $i=1$ ) dengan tingkat konsumsi maksimum  $\bar{X}_1$  dan  $\bar{Y}_1$ . Konsumen tingkat pemakaian rendah ( $i=2$ ) dengan konsumsi maksimum  $\bar{X}_2$  dan  $\bar{Y}_2$ . Terdapat  $m$  konsumen golongan 1 dan  $n$  konsumen golongan 2 dengan  $a_1 = a_2 = a$  dan  $b_1 = b_2 = b$ . Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 4.9, maka akan dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada fungsi objektif (1.1), (1.2) dan (1.3) dengan Kendala (1.1a) sampai Kendala(1.1i) dan Kendala(1.2a) sampai Kendala(1.2d), serta fungsi objektif (1.5) dengan Kendala (1.5a) sampai Kendala(1.5s).

Berdasarkan Fungsi Objektif (1.1), (1.2) dan (1.3) didapat :

$$\begin{aligned} \text{Maks } R = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^J MY_j - (3X_1 + Y_1^2) - (3X_2 + Y_2^2) + P_X X_1 \\ & + P_X X_2 + P_Y Y_1 + P_Y Y_2 + PZ_1 + PZ_2 \\ & + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \left( PR_{ij} \pm PQ_{ij} + \alpha_j Z_{ij} + w_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{mj}} \right) \end{aligned}$$

dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i).

diikuti dengan Kendala (1.2a) didapat :

$$\begin{aligned} X_1 & \leq 53,72 Z_1 \\ X_2 & \leq 33,02 Z_2 \end{aligned}$$

dengan Kendala (1.2b) didapat :

$$\begin{aligned} Y_1 & \leq 59,57 Z_1 \\ Y_2 & \leq 46,71 Z_2 \end{aligned}$$

dengan Kendala (1.2c) didapat :

$$(3X_1 + Y_1^2) - (3X_2 + Y_2^2) + P_X X_1 + P_X X_2 + P_Y Y_1 + P_Y Y_2 + PZ_1 + PZ_2 \geq 0$$

dengan Kendala (1.2d) didapat :

$$Z = 1$$

diikuti dengan Kendala (1.3a) sampai (1.3s). Pada Kendala (1.3a), Kendala akan berubah sesuai dengan kasusnya seperti yang telah dijelaskan pada Bab II.

Untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik) Kendalanya yaitu :

$$PQ_{ij} = \left( 1 + \frac{x}{Q_{bij}} \right) PB_{ij} L_x$$

Sedangkan untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) Kendalanya yaitu :

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

Nilai  $Q_{bij}$ , jika QoS *attribute end to end delay* nilai  $Q_{bij}$  yaitu 350 dan jika QoS *attribute BER* nilai  $Q_{bij}$  yaitu  $10^{-6}$  atau  $10^{-7}$ .

Jika skema pembiayaannya *Flat fee* ditambahkan Kendala (3.5) sampai Kendala (3.7).

Jika skema pembiayaannya *Usage based* ditambahkan Kendala (3.8) sampai Kendala (3.10).

Jika skema pembiayaannya *Two Part tariff* ditambahkan Kendala (3.11) sampai Kendala (3.13).

#### **4.2.2 Solusi Model *Improved* untuk Konsumen Heterogen**

Solusi model *improved bundling wireless* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute* dan skema pembiayaan internetnya yaitu :

##### **a. QoS *Attribute End to End delay* pada Skema Pembiayaan *Flat fee***

Solusi model *improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 4.13 seperti berikut:

**Tabel 4.13 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	<i>PQ<sub>ij</sub> naik x naik</i>	<i>PQ<sub>ij</sub> naik x turun</i>	<i>PQ<sub>ij</sub> turun x naik</i>	<i>PQ<sub>ij</sub> turun x turun</i>
<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>	633,343	633,169	633,343	633,169
<i>Infeasibility</i>	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$	$1,14353 \times 10^{-4}$
<i>Iterations</i>	92	90	92	90
<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>	633,343	633,169	633,343	633,169
<i>Steps</i>	1	1	1	1
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	49	49	49	49
<i>ER (Sec)</i>	1	0	0	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,343 yang didapatkan melalui 92 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,14353 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model. *ER* untuk kasus I yaitu 1 detik sedangkan *ER* untuk kasus II yaitu 0 detik.

Berdasarkan Tabel 4.13 dan Tabel 4.14 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen heterogen *QoS attribute end to end delay* adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar 633,343. Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

**b. *QoS Attribute End to End delay* pada Skema Pembiayaan *Usage based***

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen heterogen berdasarkan *QoS attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I (*PQ<sub>ij</sub> naik, x naik*), kasus II (*PQ<sub>ij</sub> naik, x turun*), kasus III (*PQ<sub>ij</sub> turun, x naik*), dan kasus IV (*PQ<sub>ij</sub> turun, x turun*) ditampilkan pada Tabel 4.15 seperti berikut :

**Tabel 4.14 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik ,x naik	$PQ_{ij}$ naik ,x turun	$PQ_{ij}$ turun ,x naik	$PQ_{ij}$ turun ,x turun
$P_1$	1,01	1,01	1,01	1,01
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X_1$	0,72	0,72	0,72	0,72
$X_2$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$
$Y_1$	0,57	0,57	0,57	0,57
$Y_2$	0,71	0,71	0,71	0,71
$Z_1$	1	1	1	1
$Z_2$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	8,487065	8,438705	8,487065	8,438705
$Pq_{12}$	7,921260	7,876125	7,921260	7,876125
$Pq_{21}$	7,355456	7,313545	7,355456	7,313545
$Pq_{22}$	6,789652	6,750964	6,789652	6,750964
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	3,562910	3,562910	3,562910
$Pb_{12}$	3,325383	3,325383	3,325383	3,325383
$Pb_{21}$	3,087855	3,087855	3,087855	3,087855
$Pb_{22}$	2,850328	2,850328	2,850328	2,850328
$x$	1	1	1	1
$Lx$	2,375273	2,375273	2,375273	2,375273
$B$	1,07	1,07	1,07	1,07
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

**Tabel 4.15 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	633,344	633,17	633,344	633,17
Infeasibility	$1,68732 \times 10^{-4}$	$1,68732 \times 10^{-4}$	$1,68732 \times 10^{-4}$	$1,68732 \times 10^{-4}$
Iterations	86	86	86	86
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,344	633,17	633,344	633,17
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	48	48	48	48
ER (Sec)	0	1	0	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,344 yang didapatkan melalui 86 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,68732 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 48K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,17 yang didapatkan melalui 86 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,68732 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 48K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *Usage based* akan ditampilkan pada Tabel 4.16.

**Tabel 4.16 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik , $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik , $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun , $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun , $x$ turun
$P_1$	1,01	1,01	1,01	1,01
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X_1$	0	0	0	0
$X_2$	0	0	0	0
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	0	0	0	0
$Z_1$	1	1	1	1
$Z_2$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	8,487065	8,438705	8,487065	8,438705
$Pq_{12}$	7,921260	7,876125	7,921260	7,876125
$Pq_{21}$	7,355456	7,313545	7,355456	7,313545
$Pq_{22}$	6,789652	6,750964	6,789652	6,750964
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\bar{X}_{11}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{12}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{21}$	1	1	1	1
$\bar{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	3,562910	3,562910	3,562910
$Pb_{12}$	3,325383	3,325383	3,325383	3,325383
$Pb_{21}$	3,087855	3,087855	3,087855	3,087855
$Pb_{22}$	2,850328	2,850328	2,850328	2,850328
$x$	1	1	1	1
$Lx$	2,375273	2,375273	2,375273	2,375273
$B$	1,07	1,07	1,07	1,07
$TI$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 4.15 dan Tabel 4.16 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen heterogen QoS *attribute end to end delay* adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar 633,344. Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

c. **QoS Attribute End to End delay pada Skema Pembiayaan Two Part tariff**

Solusi model *improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *two part tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 4.17 seperti berikut :

**Tabel 4.17 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff**

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	633,344	633,17	633,344	633,17
Infeasibility	$1,68732 \times 10^{-4}$	$1,68732 \times 10^{-4}$	$1,68732 \times 10^{-4}$	$1,68732 \times 10^{-4}$
Iterations	84	84	84	84
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,344	633,17	633,344	633,17
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	49	49	49	49
ER (Sec)	1	1	0	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,344 yang didapatkan melalui 84 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,68732 \times 10^{-4}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model. Untuk kasus I *ER* yaitu 1 detik sedangkan untuk kasus II *ER* yaitu 0 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,17 yang didapatkan melalui 84 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $1,68732 \times 10^{-4}$  *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *Two part tariff* akan ditampilkan pada Tabel 4.18.



**Tabel 4.18 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik ,x naik	$PQ_{ij}$ naik ,x turun	$PQ_{ij}$ turun ,x naik	$PQ_{ij}$ turun ,x turun
$P_1$	1,01	1,01	1,01	1,01
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X_1$	0	0	0	0
$X_2$	0	0	0	0
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	0	0	0	0
$Z_1$	1	1	1	1
$Z_2$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	8,487065	8,438705	8,487065	8,438705
$Pq_{12}$	7,921260	7,876125	7,921260	7,876125
$Pq_{21}$	7,355456	7,313545	7,355456	7,313545
$Pq_{22}$	6,789652	6,750964	6,789652	6,750964
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	3,562910	3,562910	3,562910
$Pb_{12}$	3,325383	3,325383	3,325383	3,325383
$Pb_{21}$	3,087855	3,087855	3,087855	3,087855
$Pb_{22}$	2,850328	2,850328	2,850328	2,850328
$x$	1	1	1	1
$Lx$	2,375273	2,375273	2,375273	2,375273
$B$	1,07	1,07	1,07	1,07
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 4.17 dan Tabel 4.18 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen heterogen QoS *attribute end to end delay* adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar 633,344. Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

**d. QoS Attribute BER(Bit Error Rate) pada Skema Pembiayaan *Flat fee***

Solusi model *improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS attribute BER(Bit Error Rate) pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 4.19 seperti berikut :

**Tabel 4.19 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Infeasibility	$5,14568 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$5,14568 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
Iterations	62	88	62	88
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Steps	0	1	0	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	49	49	49	49
ER (Sec)	0	1	0	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar  $3,04664 \times 10^8$  yang didapatkan melalui 62 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $5,14568 \times 10^{-7}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 618,733 yang didapatkan melalui 88 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $7,9831 \times 10^{-6}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik untuk kasus II dan 0 detik untuk kasus IV. Nilai-nilai variabel konsumen heterogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *flat fee* akan ditampilkan pada Tabel 4.20.

Berdasarkan Tabel 4.19 dan Tabel 4.20 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen heterogen QoS attribute BER (Bit Error Rate) adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar  $3,04664 \times 10^8$ . Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

**e. QoS Attribute BER (Bit Error Rate) pada Skema Pembiayaan Usage based**

Solusi model *improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS attribute BER (Bit Error Rate) pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 4.21 seperti berikut :

**Tabel 4.20 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik ,x naik	$PQ_{ij}$ naik ,x turun	$PQ_{ij}$ turun ,x naik	$PQ_{ij}$ turun ,x turun
$P_1$	1,009956	1,009989	1,009956	1,009989
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X_1$	0,72	0,72	0,72	0,72
$X_2$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$
$Y_1$	0,57	0,57	0,57	0,57
$Y_2$	0,71	0,71	0,71	0,71
$Z_1$	1	1	1	1
$Z_2$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	$0,846288 \times 10^8$	4,428739	$0,846288 \times 10^8$	4,428739
$Pq_{12}$	$0,789869 \times 10^8$	4,133489	$0,789869 \times 10^8$	4,133489
$Pq_{21}$	$0,733450 \times 10^8$	3,838240	$0,733450 \times 10^8$	3,838240
$Pq_{22}$	$0,677030 \times 10^8$	3,542991	$0,677030 \times 10^8$	3,542991
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	2,577423	3,562910	2,577423
$Pb_{12}$	3,325383	2,405595	3,325383	2,405595
$Pb_{21}$	3,087855	2,233766	3,087855	2,233766
$Pb_{22}$	2,850328	2,061938	2,850328	2,061938
$x$	1	0	1	0
$Lx$	2,375273	1,718282	2,375273	1,718282
$B$	1,07	0,935	1,07	0,935
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

**Tabel 4.21 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Infeasibility	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
Iterations	51	90	51	90
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Steps	0	1	0	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	49	49	49	49
ER (Sec)	0	0	1	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar  $3,04664 \times 10^8$  yang didapatkan melalui 51 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $4,04475 \times 10^{-7}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model. Untuk kasus I *ER* yaitu 0 detik sedangkan untuk kasus II *ER* yaitu 1 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 618,733 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $7,9831 \times 10^{-6}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik. Nilai-nilai variabel konsumen homogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *usage based* akan ditampilkan pada Tabel 4.22.

**Tabel 4.22 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solver Status	Kasus			
	PQ <sub>ij</sub> naik .x naik	PQ <sub>ij</sub> naik .x turun	PQ <sub>ij</sub> turun .x naik	PQ <sub>ij</sub> turun .x turun
P <sub>1</sub>	1,009978	1,009989	1,009978	1,009989
P <sub>2</sub>	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
X <sub>11</sub>	0	0	0	0
X <sub>12</sub>	1	1	1	1
X <sub>21</sub>	0	0	0	0
X <sub>22</sub>	1	1	1	1
Y <sub>1</sub>	0	0	0	0
Y <sub>2</sub>	1	1	1	1
P <sub>x</sub>	0	0	0	0
P <sub>y</sub>	0	0	0	0
P	0	0	0	0
X <sub>1</sub>	0	0	0	0
X <sub>2</sub>	0	0	0	0
Y <sub>1</sub>	0	0	0	0
Y <sub>2</sub>	0	0	0	0
Z <sub>1</sub>	1	1	1	1
Z <sub>2</sub>	1	1	1	1
Pq <sub>11</sub>	0,846288 × 10 <sup>8</sup>	4,428739	0,846288 × 10 <sup>8</sup>	4,428739
Pq <sub>12</sub>	0,789869 × 10 <sup>8</sup>	4,133489	0,789869 × 10 <sup>8</sup>	4,133489
Pq <sub>21</sub>	0,733450 × 10 <sup>8</sup>	3,838240	0,733450 × 10 <sup>8</sup>	3,838240
Pq <sub>22</sub>	0,677030 × 10 <sup>8</sup>	3,542991	0,677030 × 10 <sup>8</sup>	3,542991
Z <sub>11</sub>	1	1	1	1
Z <sub>12</sub>	1	1	1	1
Z <sub>21</sub>	1	1	1	1
Z <sub>22</sub>	1	1	1	1
W <sub>1</sub>	0	0	0	0
W <sub>2</sub>	0	0	0	0
X̄ <sub>11</sub>	1	1	1	1
X̄ <sub>12</sub>	1	1	1	1
X̄ <sub>21</sub>	1	1	1	1
X̄ <sub>22</sub>	1	1	1	1
Lm <sub>1</sub>	1	1	1	1
Lm <sub>2</sub>	1	1	1	1
R <sub>11</sub>	500	500	500	500
R <sub>12</sub>	1300	1300	1300	1300
R <sub>21</sub>	600	600	600	600
R <sub>22</sub>	1500	1500	1500	1500
S <sub>1</sub>	0,1 × 10 <sup>-01</sup>	0,1 × 10 <sup>-01</sup>	0,1 × 10 <sup>-01</sup>	0,1 × 10 <sup>-01</sup>
S <sub>2</sub>	200,01	200,01	200,01	200,01
Pb <sub>11</sub>	3,562910	2,577423	3,562910	2,577423
Pb <sub>12</sub>	3,325383	2,405595	3,325383	2,405595
Pb <sub>21</sub>	3,087855	2,233766	3,087855	2,233766
Pb <sub>22</sub>	2,850328	2,061938	2,850328	2,061938
x	1	0	1	0
Lx	2,375273	1,718282	2,375273	1,718282
B	1,07	0,935	1,07	0,935
Tl	1000	1000	1000	1000
a <sub>11</sub>	0,15	0,15	0,15	0,15
a <sub>12</sub>	0,14	0,14	0,14	0,14
a <sub>21</sub>	0,13	0,13	0,13	0,13
a <sub>22</sub>	0,12	0,12	0,12	0,12
a	1	1	1	1
W <sub>11</sub>	0	0	0	0
W <sub>12</sub>	0	0	0	0
W <sub>21</sub>	0	0	0	0
W <sub>22</sub>	0	0	0	0
V <sub>1</sub>	1	1	1	1
V <sub>2</sub>	1	1	1	1
x <sub>1</sub>	1	1	1	1
x <sub>2</sub>	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 4.21 dan Tabel 4.22 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen heterogen QoS attribute BER (*Bit Error Rate*) adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar  $3,04664 \times 10^8$ . Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

**f. QoS Attribute BER (Bit Error Rate) pada Skema Pembiayaan Two Part tariff**

Solusi model *improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS attribute BER (Bit Error Rate) pada skema pembiayaan *two part tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 4.23 seperti berikut :

**Tabel 4.23 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff**

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik $x$ naik	$PQ_{ij}$ naik $x$ turun	$PQ_{ij}$ turun $x$ naik	$PQ_{ij}$ turun $x$ turun
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Infeasibility	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
Iterations	49	88	49	88
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Steps	0	1	0	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	49	49	49	49
ER (Sec)	1	0	1	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar  $3,04664 \times 10^8$  yang didapatkan melalui 49 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $4,04475 \times 10^{-7}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik. Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 618,733 yang didapatkan melalui 88 iterasi dengan *infeasibility* bernilai  $7,9831 \times 10^{-6}$ . *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 49K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik untuk kasus II dan 1 detik untuk kasus IV. Nilai-nilai variabel konsumen heterogen masing-masing kasus pada skema pembiayaan *two-part tariff* akan ditampilkan pada Tabel 4.24.

**Tabel 4.24 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff***

Solver Status	Kasus			
	$PQ_{ij}$ naik ,x naik	$PQ_{ij}$ naik ,x turun	$PQ_{ij}$ turun ,x naik	$PQ_{ij}$ turun ,x turun
$P_1$	1,009978	1,009989	1,009978	1,009989
$P_2$	1299,99	1299,99	1299,99	1299,99
$X_{11}$	0	0	0	0
$X_{12}$	1	1	1	1
$X_{21}$	0	0	0	0
$X_{22}$	1	1	1	1
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	1	1	1	1
$P_x$	0	0	0	0
$P_y$	0	0	0	0
$P$	0	0	0	0
$X_1$	0	0	0	0
$X_2$	0	0	0	0
$Y_1$	0	0	0	0
$Y_2$	0	0	0	0
$Z_1$	1	1	1	1
$Z_2$	1	1	1	1
$Pq_{11}$	$0,846288 \times 10^8$	4,428739	$0,846288 \times 10^8$	4,428739
$Pq_{12}$	$0,789869 \times 10^8$	4,133489	$0,789869 \times 10^8$	4,133489
$Pq_{21}$	$0,733450 \times 10^8$	3,838240	$0,733450 \times 10^8$	3,838240
$Pq_{22}$	$0,677030 \times 10^8$	3,542991	$0,677030 \times 10^8$	3,542991
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	1	1	1	1
$Z_{21}$	1	1	1	1
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	0	0	0	0
$W_2$	0	0	0	0
$\tilde{X}_{11}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{12}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{21}$	1	1	1	1
$\tilde{X}_{22}$	1	1	1	1
$Lm_1$	1	1	1	1
$Lm_2$	1	1	1	1
$R_{11}$	500	500	500	500
$R_{12}$	1300	1300	1300	1300
$R_{21}$	600	600	600	600
$R_{22}$	1500	1500	1500	1500
$S_1$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$	$0,1 \times 10^{-01}$
$S_2$	200,01	200,01	200,01	200,01
$Pb_{11}$	3,562910	2,577423	3,562910	2,577423
$Pb_{12}$	3,325383	2,405595	3,325383	2,405595
$Pb_{21}$	3,087855	2,233766	3,087855	2,233766
$Pb_{22}$	2,850328	2,061938	2,850328	2,061938
$x$	1	0	1	0
$Lx$	2,375273	1,718282	2,375273	1,718282
$B$	1,07	0,935	1,07	0,935
$Tl$	1000	1000	1000	1000
$a_{11}$	0,15	0,15	0,15	0,15
$a_{12}$	0,14	0,14	0,14	0,14
$a_{21}$	0,13	0,13	0,13	0,13
$a_{22}$	0,12	0,12	0,12	0,12
$a$	1	1	1	1
$W_{11}$	0	0	0	0
$W_{12}$	0	0	0	0
$W_{21}$	0	0	0	0
$W_{22}$	0	0	0	0
$V_1$	1	1	1	1
$V_2$	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1
$x_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 4.23 dan Tabel 4.24 diperoleh solusi yang paling optimal untuk konsumen heterogen *QoS attribute BER (Bit Error Rate)* adalah pada kasus I dan kasus III dengan nilai objektif sebesar  $3,04664 \times 10^8$ . Kedua kasus tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang sama.



### 4.3 Kesimpulan

Skema pembiayaan yang memiliki solusi optimal baik untuk konsumen homogen maupun heterogen yaitu skema pembiayaan *flat fee* dan *two part tariff* dengan Qos *attribute* yang optimal yaitu *BER* (*Bit Error Rate*) dimana solusi optimal terletak pada kasus I dan kasus III yaitu sebesar  $3,04664 \times 10^8$ .

**BAB V**  
**FUNGSI UTILITAS *PERFECT SUBSTITUTE***

Model modifikasi untuk konsumen heterogen ini didasari pada penelitian (2008) serta mengkombinasikannya dengan persamaan fungsi utilitas Perfect Substitute. Pada sub bab ini dibahas model untuk konsumen heterogen golongan pemakaian tinggi dan rendah.

**5.1 Model *Improved Bundling Jaringan Internet Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Konsumen Homogen**

Pada model ini didasari oleh penelitian Wu *et al.*, (2008) dan mengkombinasikannya dengan persamaan pada penelitian Hutchinson (2011) yaitu persamaan fungsi utilitas *perfect substitute* dan mengembangkan model QoS *attribute End to Delay* dan *BER (Bit Error Rate)* berdasarkan fungsi utilitas *perfect substitute* yang konsumennya dibagi 2 jenis yaitu konsumen homogen dan heterogen.

Pada kasus konsumen homogen ini, anggap semua konsumen memiliki tingkat kepuasan yang sama dan tingkat maksimum penggunaan yang sama yaitu  $\bar{X}$  dan  $\bar{Y}$ . Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 4.6, maka akan dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada fungsi objektif (1.1), (1.2), dan (1.3) dengan kendala (1.1a) sampai (1.1i) dan (1.2a) sampai (1.2d), serta fungsi objektif (1.3) dengan kendala (1.3a) sampai (1.3s).

Berdasarkan Fungsi Objektif (1.1), (1.2), dan (1.3) diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Maks } R &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^2 MY_j - (6X + 5Y - P_X X - P_Y Y - PZ) \\ &\quad + \sum_j \sum_i (PR_{ij} \pm PQ_{ij} + \alpha_j Z_{ij} + W_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{mj}}) \\ \text{Maks } R &= (P_1 - 200) X_{11} + (P_1 - 200) X_{21} + (P_2 - 15) X_{12} + (P_2 - 15) X_{22} - (200Y_1 + 200Y_2) - (6X + 5Y - P_X X - P_Y Y - PZ) + \\ &\quad \left( 0,5 \pm PQ_{11} + 0,1 \cdot Z_{11} + W_1 \log \frac{\tilde{X}_{11}}{L_{m1}} \right) + \left( 0,6 \pm PQ_{12} + 0,2 \cdot Z_{12} + W_2 \log \frac{\tilde{X}_{12}}{L_{m2}} \right) + \\ &\quad \left( 0,4 \pm PQ_{21} + 0,1 \cdot Z_{21} + W_1 \log \frac{\tilde{X}_{21}}{L_{m1}} \right) + \left( 0,7 \pm PQ_{22} + 0,2 \cdot Z_{22} + W_2 \log \frac{\tilde{X}_{22}}{L_{m2}} \right) \end{aligned}$$

dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) di ikuti Kendala (1.2a) diperoleh:

$$X \leq 4877,11$$

dengan Kendala (2.2b) diperoleh:

$$Y \leq 2709,70$$

dengan kendala (2.2c) diperoleh:

$$6X + 5Y - P_X X - P_Y Y - PZ \geq 0$$

dengan Kendala (2.2c) diperoleh:

$$Z = 1$$

diikuti dengan Kendala (1.3a) sampai (1.3s). Pada Kendala (1.3a), Kendala akan berubah sesuai dengan kasusnya seperti yang telah dijelaskan pada Bab II.

Untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik) Kendalanya yaitu :

$$PQ_{ij} = \left(1 + \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{ij}L_x$$

Sedangkan untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) Kendalanya yaitu :

$$PQ_{ij} = \left(1 - \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{ij}L_x$$

Nilai  $Q_{bij}$ , jika QoS attribute end to end delay nilai  $Q_{bij}$  yaitu 350 dan jika QoS attribute BER nilai  $Q_{bij}$  yaitu  $10^{-6}$  atau  $10^{-7}$ .

Jika skema pembiayaannya *Flat fee* ditambahkan Kendala (3.5) sampai Kendala (3.7).

Jika skema pembiayaannya *Usage based* ditambahkan Kendala (3.8) sampai Kendala (3.10).

Jika skema pembiayaannya *Two Part tariff* ditambahkan Kendala (3.11) sampai Kendala (3.13).

### 5.1.1 Solusi Model untuk Konsumen Homogen

Solusi model *Improved bundling wireless* konsumen homogen berdasarkan QoS attribute dan skema pembiayaan yaitu:

#### a. QoS Attribute End-to-End Delay pada Skema Pembiayaan Flat fee

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Perfect Substitute* untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute end to end delay pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 5.1 seperti berikut:

**Tabel 5.1 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Kasus Homogen**

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
Infeasibility	$2,52909 \times 10^{-8}$	$2,52913 \times 10^{-8}$	$2,84217 \times 10^{-8}$	$3,29692 \times 10^{-8}$
Iterations	80	76	62	66
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
Steps	0	0	0	0
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	47	47	47	47
ER (Sec)	0	1	0	0

Pada Tabel 5.1 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *flat fee* terhadap attribute *end-to-end delay* adalah kasus I ( $PQ_{ij}$  naik  $x$  naik) dengan nilai objektif 5433,15. Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 80. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $2,52909 \times 10^{-8}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 47 K sama pada masing-masing kasus.

**b. QoS Attribute *End-to-End Delay* pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Perfect Substitute* untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute *end to end delay* pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 5.2 seperti berikut:

**Tabel 5.2 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

<i>Solver Status</i>	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
<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>	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
<i>Infeasibility</i>	$2,52909 \times 10^{-8}$	$2,52913 \times 10^{-8}$	$2,84217 \times 10^{-8}$	$2,84217 \times 10^{-8}$
<i>Iterations</i>	80	80	66	66
<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>	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
<i>Steps</i>	0	0	0	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	47	47	47	47
<i>ER (Sec)</i>	0	1	0	0

Pada Tabel 5.2 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *usage based* terhadap QoS attribute *end-to-end delay* adalah kasus I dengan nilai objektif 5433,15. Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 80. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $2,52909 \times 10^{-8}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 47 K sama pada masing-masing kasus.

**c. QoS Attribute *End-to-End Delay* pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff***

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Perfect Substitute* untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute *end to end delay* pada skema pembiayaan *two part tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 5.3 seperti berikut:

**Tabel 5.3 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Two part Tariff***

<i>Solver Status</i>	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
<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>	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
<i>Infeasibility</i>	$2,52909 \times 10^{-8}$	$2,52913 \times 10^{-8}$	$2,84217 \times 10^{-12}$	$2,84217 \times 10^{-12}$
<i>Iterations</i>	80	80	66	66
<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>	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
<i>Steps</i>	0	0	0	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	47	47	47	47
<i>ER (Sec)</i>	0	1	1	0

Pada Tabel 5.3 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *two-part-tariff* terhadap QoS *attribute end-to-end delay* adalah kasus I dengan nilai objektif 5433,15. Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 80. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $2,52909 \times 10^{-8}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 47 K sama pada masing-masing kasus.

**d. QoS *attribute BER* pada Skema Pembiayaan *Flat fee***

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Perfect Substitute* untuk konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute BER* pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 5.4 seperti berikut:

**Tabel 5.4 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

<i>Solver Status</i>	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
<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>	$3,04 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,6
<i>Infeasibility</i>	$3,63 \times 10^{-13}$	$3,63 \times 10^{-13}$	$3,29 \times 10^{-12}$	$3,27 \times 10^{-12}$
<i>Iterations</i>	67	66	66	70
<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>	$3,04 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,22
<i>Steps</i>	0	0	0	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	47	47	47	47
<i>ER (Sec)</i>	0	0	1	1

Pada Tabel 5.4 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *flat fee* terhadap QoS attribute *BER* adalah kasus I dengan nilai objektif  $3,04 \times 10^8$ . Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 67. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $3,63 \times 10^{-13}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 47 K sama pada masing-masing kasus.

**e. QoS attribute *BER* pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Perfect Substitute* untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute *BER* pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 5.5 seperti berikut:

**Tabel 5.5 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Konsumen Homogen pada Skema pembiayaan *Usage Based***

	<i>Perubahan Biaya (PQ<sub>ij</sub>) dan Perubahan Nilai (x)</i>			
	<i>PQ<sub>ij</sub> increase x increase</i>	<i>PQ<sub>ij</sub> increase x decrease</i>	<i>PQ<sub>ij</sub> decrease x increase</i>	<i>PQ<sub>ij</sub> decrease x decrease</i>
<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>	3,04669 × 10 <sup>8</sup>	5418,54	5402,22	5402,6
<i>Infeasibility</i>	3,63792 × 10 <sup>-13</sup>	3,63792 × 10 <sup>-13</sup>	2,84217 × 10 <sup>-12</sup>	3,27419 × 10 <sup>-12</sup>
<i>Iterations</i>	67	66	66	69
<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>	3,04669 × 10 <sup>8</sup>	5418,54	5402,22	5402,6
<i>Steps</i>	0	0	0	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	47	47	47	47
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	0

Pada Tabel 5.5 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *usage based* terhadap QoS attribute *BER* adalah kasus I dengan nilai objektif  $3,04669 \times 10^8$ . Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 67. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $3,63792 \times 10^{-13}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 47 K sama pada masing-masing kasus. *Elapsed Runtime* (ER) menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yang bernilai 0 detik untuk setiap kasus.

**f. QoS attribute *BER* pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff***

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Perfect Substitute* untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute *BER* pada skema pembiayaan *two part tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I (*PQ<sub>ij</sub> naik, x naik*), kasus II (*PQ<sub>ij</sub> naik, x turun*), kasus III (*PQ<sub>ij</sub> turun, x naik*), dan kasus IV (*PQ<sub>ij</sub> turun, x turun*) ditampilkan pada Tabel 5.6 seperti berikut:



**Tabel 5.6 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Two-part-tariff***

<i>Solver Status</i>	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
<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>	$3,04669 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,6
<i>Infeasibility</i>	$3,63792 \times 10^{-13}$	$3,63792 \times 10^{-13}$	$2,84217 \times 10^{-13}$	$3,27419 \times 10^{-13}$
<i>Iterations</i>	67	66	66	66
<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>	$3,04669 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,22
<i>Steps</i>	0	0	0	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	47	47	47	47
<i>ER (Sec)</i>	0	0	1	0

Pada Tabel 5.6 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *two-part-tariff* terhadap QoS attribute BER adalah kasus I dengan nilai objektif  $3,04669 \times 10^8$ . Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 67. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $3,63792 \times 10^{-13}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 47 K sama pada masing-masing kasus. Pada kasus I, II, dan IV memiliki *Elapsed Runtime* (ER) yang sama yaitu bernilai 0 detik, sedangkan untuk kasus III untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik.

## 5.2 Model *Improved Bundling* Jaringan Internet *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Konsumen Heterogen

Pada kasus konsumen heterogen ini diasumsikan bahwa, konsumen tingkat pemakaian tinggi ( $i=1$ ) dengan tingkat konsumsi maksimum  $\bar{X}_1$  dan  $\bar{Y}_1$ . Konsumen tingkat pemakaian rendah ( $i=2$ ) dengan konsumsi maksimum  $\bar{X}_2$  dan  $\bar{Y}_2$ . Terdapat  $m$  konsumen golongan 1 dan  $n$  konsumen golongan 2 dengan  $a_1 = a_2 = a$  dan  $b_1 = b_2 = b$ . Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 2.9, maka akan dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada Fungsi Objektif (1.1), (1.2), dan (1.3) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) dan (1.2a) sampai (1.2d), serta Fungsi Objektif (1.3) dengan Kendala (1.3a) sampai (1.3s). Berdasarkan Fungsi Objektif (1.1), (1.2), dan (1.3) diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Maks } R &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^2 M Y_j \\ &\quad - (5X_1 + 5X_2 + 4Y_1 + 4Y_2 - P_X X - P_Y Y - PZ) + \sum_j \sum_i (P R_{ij} \\ &\quad \pm P Q_{ij} + \alpha_j Z_{ij} + W_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{m_j}}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maks } R &= ( (P_1 - 200) X_{11} + (P_1 - 200) X_{21} + (P_2 - 15) X_{12} + (P_2 - \\ &\quad 15) X_{22} - (200Y_1 + 200Y_2) - (5X_1 + 5X_2 + 4Y_1 + 4Y_2 - P_X X - \\ &\quad P_Y Y - PZ) + \left( 0,5 \pm P Q_{11} + 0,1 \cdot Z_{11} + W_1 \log \frac{\tilde{X}_{11}}{L_{m_1}} \right) + \\ &\quad \left( 0,6 \pm P Q_{12} + 0,2 \cdot Z_{12} + W_2 \log \frac{\tilde{X}_{12}}{L_{m_2}} \right) + \left( 0,4 \pm P Q_{21} + 0,1 \cdot \\ &\quad Z_{21} + W_1 \log \frac{\tilde{X}_{21}}{L_{m_1}} \right) + \left( 0,7 \pm P Q_{22} + 0,2 \cdot Z_{22} + W_2 \log \frac{\tilde{X}_{22}}{L_{m_2}} \right) \end{aligned}$$

dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) di ikuti Kendala (1.2a) diperoleh:

$$X_1 \leq 4877,11$$

$$X_2 \leq 2709,70$$

dengan Kendala (1.2b) diperoleh:

$$Y_1 \leq 727,73$$

$$Y_2 \leq 541,08$$

Dengan kendala (1.2c) diperoleh:

$$5X_1 + 5X_2 + 4Y_1 + 4Y_2 - P_X X - P_Y Y - PZ \geq 0$$

Dengan Kendala (1.2c) diperoleh:

$$Z=1$$

diikuti dengan Kendala (1.3a) sampai (1.3s). Pada Kendala (1.3a), Kendala akan berubah sesuai dengan kasusnya seperti yang telah dijelaskan pada Bab II.

Untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik) Kendalanya yaitu :

$$PQ_{ij} = \left( 1 + \frac{x}{Q_{bij}} \right) PB_{ij} L_x$$

Sedangkan untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) Kendalanya yaitu :

$$PQ_{ij} = \left( 1 - \frac{x}{Q_{bij}} \right) PB_{ij} L_x$$

Nilai  $Q_{bij}$ , jika QoS attribute end to end delay nilai  $Q_{bij}$  yaitu 350 dan jika QoS attribute BER nilai  $Q_{bij}$  yaitu  $10^{-6}$  atau  $10^{-7}$ .

Jika skema pembiayaannya Flat fee ditambahkan Kendala (3.5) sampai Kendala (3.7).

Jika skema pembiayaannya *Usage based* ditambahkan Kendala (3.8) sampai Kendala (3.10).

Jika skema pembiayaannya *Two Part tariff* ditambahkan Kendala (3.11) sampai Kendala (3.13).

### 5.2.1 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen

Solusi model *Improved bundling wireless* konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute* dan skema pembiayaan yaitu:

#### a. QoS Attribute End-to-End Delay pada Skema Pembiayaan Flat fee

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Perfect Substitute* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 5.7 seperti berikut:

**Tabel 5.7 Solusi Model Improved Bundling untuk Jaringan Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Perfect Substitute untuk Konsumen Heterogen**

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	5429,15	5428,98	5398,22	5398,22
Infeasibility	$5,43736 \times 10^{-8}$	$5,4376 \times 10^{-8}$	$2,50111 \times 10^{-8}$	$2,36469 \times 10^{-12}$
Iterations	81	81	68	67
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	5429,15	5428,98	5398,22	5398,22
Steps	0	0	0	0
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	49	49	49	49
ER (Sec)	0	0	0	1

Pada Tabel 5.7 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *flat fee* terhadap QoS *attribute end-to-end delay* adalah kasus I ( $PQ_{ij}$  naik  $x$  naik) dengan nilai objektif 5429,15. Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 81. Pada kasus I dan II memiliki nilai infeasibility yang sama bernilai  $5,43736 \times 10^{-8}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 49 K sama pada masing-masing kasus. *Elapsed Runtime* (ER) bernilai 1 pada kasus IV untuk menghasilkan model dan untuk kasus I, II, II bernilai 0.

**b. QoS Attribute End-to-End Delay pada Skema Pembiayaan Usage Based**

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Perfect Substitute* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS attribute end to end delay pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 5.8 seperti berikut:

**Tabel 5.8 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
Infeasibility	$2,96669 \times 10^{-5}$	$2,96669 \times 10^{-5}$	$1,98934 \times 10^{-11}$	$3,75258 \times 10^{-10}$
Iterations	100	100	62	64
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
Steps	1	1	0	0
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	49	49	49	49
ER (Sec)	0	0	0	0

Pada Tabel 5.8 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *usage based* terhadap QoS attribute end-to-end delay adalah kasus I dengan nilai objektif 5433,15. Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 100. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $2,96669 \times 10^{-5}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 49 K sama pada masing-masing kasus.

**c. QoS Attribute End-to-End Delay pada Skema Pembiayaan Two-Part-Tariff**

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Perfect Substitute* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS attribute end to end delay pada skema pembiayaan *two-part-tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 5.9 seperti berikut:

**Tabel 5.9 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Two-part-Tariff***

<i>Solver Status</i>	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
<i>Model Class</i>	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
<i>State</i>	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
<i>Objective</i>	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
<i>Infeasibility</i>	$2,96669 \times 10^{-5}$	$2,96669 \times 10^{-5}$	$1,98934 \times 10^{-11}$	$3,75258 \times 10^{-10}$
<i>Iterations</i>	100	100	62	64
<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>	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
<i>Steps</i>	1	1	0	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	49	49	49	49
<i>ER (Sec)</i>	0	1	0	1

Pada Tabel 5.9 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *two-part-tariff* terhadap QoS *attribute end-to-end delay* adalah kasus I dengan nilai objektif 5433,15. Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 100. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $2,96669 \times 10^{-5}$  *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 49 K sama pada masing-masing kasus. *Elapsed Runtime* (ER) bernilai 0 pada kasus I dan III, serta bernilai 1 pada kasus II dan IV.

**d. QoS *attribute BER* pada Skema Pembiayaan *Flat fee***

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Perfect Substitute* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute BER* pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik ,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik ,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 5.10 seperti berikut:

**Tabel 5.10 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

<i>Solver Status</i>	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
<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>	$3,04 \times 10^8$	5414,54	5398,22	5398,6
<i>Infeasibility</i>	$3,63 \times 10^{-13}$	$1,13 \times 10^{-13}$	$2,50 \times 10^{-12}$	$2,81 \times 10^{-12}$
<i>Iterations</i>	68	67	68	70
<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>	$3,04 \times 10^8$	5414,54	5398,22	5398,6
<i>Steps</i>	0	0	0	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	49	49	49	49
<i>ER (Sec)</i>	1	0	0	0

Pada Tabel 5.10 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *flat fee* terhadap attribute *BER* adalah kasus I dengan nilai objektif  $3,04 \times 10^8$ . Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 68. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $3,63 \times 10^{-13}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 49 K sama pada masing-masing kasus

**e. QoS attribute *BER* pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Perfect Substitute* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS attribute *BER* pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 5.11 seperti berikut:

**Tabel 5.11 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Konsumen Heterogen pada Skema pembiayaan *Usage Based***

<i>Solver Status</i>	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
<i>Model Class</i>	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
<i>State</i>	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
<i>Objective</i>	$3,04669 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,6
<i>Infeasibility</i>	$1,13687 \times 10^{-13}$	$3,63792 \times 10^{-13}$	$1,98934 \times 10^{-11}$	$1,98934 \times 10^{-11}$
<i>Iterations</i>	68	68	62	65
<i>Extended Solver Status</i>				
<i>Solver Type</i>	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
<i>Best Objective</i>	$3,04669 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,6
<i>Steps</i>	0	0	0	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	49	49	49	49
<i>ER (Sec)</i>	1	0	0	1

Pada Tabel 5.11 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *usage based* terhadap QoS attribute BER adalah kasus I dengan nilai objektif  $3,04669 \times 10^8$ . Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 68. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $1,13687 \times 10^{-13}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 49 K sama pada masing-masing kasus. *Elapsed Runtime* (ER) menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yang bernilai 0 detik pada kasus II dan III dan bernilai 1 pada kasus 1 dan IV.

**f. QoS attribute BER pada Skema Pembiayaan *Two-Part-Tariff***

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Perfect Substitute* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS attribute BER pada skema pembiayaan *two-part-tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 5.12 seperti berikut:

**Tabel 5.12 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Two-part-tariff***

<i>Solver Status</i>	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
<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>	$3,04669 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,6
<i>Infeasibility</i>	$1,13687 \times 10^{-13}$	$3,63792 \times 10^{-13}$	$1,98934 \times 10^{-13}$	$1,98934 \times 10^{-13}$
<i>Iterations</i>	68	68	62	65
<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>	$3,04669 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,6
<i>Steps</i>	0	0	0	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	49	49	49	49
<i>ER (Sec)</i>	1	0	0	0

Pada Tabel 5.12 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *two-part-tariff* terhadap QoS attribute *BER* adalah kasus I dengan nilai objektif  $3,04669 \times 10^8$ . Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 68. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $1,13687 \times 10^{-13}$  *Generated Memory Used (GMU)* yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 49 K sama pada masing-masing kasus. Pada kasus II, III, dan IV memiliki *Elapsed Runtime (ER)* yang sama yaitu bernilai 0 detik, sedangkan untuk kasus I untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik.

### 5.3 Kesimpulan

Skema pembiayaan yang memiliki solusi optimal baik untuk konsumen homogen maupun heterogen yaitu skema pembiayaan *flat fee* dengan QoS attribute yang optimal yaitu *BER (Bit Error Rate)* dimana solusi optimal terletak pada kasus I yaitu sebesar  $3,04669 \times 10^8$ .



## BAB VI FUNGSI UTILITAS BANDWIDTH

Model *bundle pricing* berdasarkan fungsi utilitas *bandwidth* untuk setiap konsumen yaitu, konsumen homogen dan konsumen heterogen. Konsumen heterogen dibagi berdasarkan keinginan untuk membayar terdiri dari golongan atas dan golongan bawah serta tingkat konsumsi terdiri dari tingkat pemakaian tinggi dan tingkat pemakaian rendah.

### 6.1 Model *Improved Bundling Jaringan Internet Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* untuk Konsumen Homogen

Pada model ini didasari oleh penelitian Wu *et al.*, (2008) dan mengkombinasikannya dengan persamaan pada penelitian Yang (2004) yaitu persamaan fungsi utilitas *perfect bandwidth* dan mengembangkan model QoS *attribute End to Delay* dan *BER (Bit Error Rate)* berdasarkan fungsi utilitas *perfect bandwidth* yang konsumennya dibagi 2 jenis yaitu konsumen homogen dan heterogen.

Pada kasus konsumen homogen ini, anggap semua konsumen memiliki tingkat kepuasan yang sama dan tingkat maksimum penggunaan yang sama yaitu  $\bar{X}$  dan  $\bar{Y}$ . Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 2.6, maka akan dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada Fungsi Objektif (1.1), (1.2), dan (1.3) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) dan (1.2a) sampai (1.2d), serta fungsi objektif (1.3) dengan kendala (1.3a) sampai (1.3s).

Berdasarkan Fungsi Objektif (1.1), (1.2), dan (1.3) diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Maks } R &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^2 M Y_j - (U_0 + 6 \ln \frac{X+1}{X_m+1} + 5 \ln \frac{Y+1}{Y_m+1} \\ &\quad - P_X X - P_Y Y - PZ) + \sum_j \sum_i (PR_{ij} \pm PQ_{ij} + \alpha_j Z_{ij} \\ &\quad + W_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{m_j}}) \\ \text{Maks } R &= ((P_1 - 200) X_{11} + (P_1 - 200) X_{21} + (P_2 - 15) X_{12} + (P_2 - 15) X_{22} \\ &\quad - (200Y_1 + 200Y_2) - (U_0 + 6 \ln \frac{X+1}{X_m+1} + 5 \ln \frac{Y+1}{Y_m+1} \\ &\quad - P_X X - P_Y Y - PZ) + \left( 0,5 \pm PQ_{11} + 0,1 \cdot Z_{11} + W_1 \log \frac{\tilde{X}_{11}}{L_{m_1}} \right) \\ &\quad + \left( 0,6 \pm PQ_{12} + 0,2 \cdot Z_{12} + W_2 \log \frac{\tilde{X}_{12}}{L_{m_2}} \right) \\ &\quad + \left( 0,4 \pm PQ_{21} + 0,1 \cdot Z_{21} + W_1 \log \frac{\tilde{X}_{21}}{L_{m_1}} \right) \\ &\quad + \left( 0,7 \pm PQ_{22} + 0,2 \cdot Z_{22} + W_2 \log \frac{\tilde{X}_{22}}{L_{m_2}} \right) \end{aligned}$$

dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) di ikuti Kendala (1.2a) diperoleh:

$$X \leq 4877,11$$

dengan Kendala (1.2b) diperoleh:

$$Y \leq 2709,70$$

dengan kendala (1.2c) diperoleh:

$$6X + 5Y - P_X X - P_Y Y - P_Z \geq 0$$

dengan Kendala (2.2c) diperoleh:

$$Z=1$$

diikuti dengan Kendala (1.3a) sampai (1.3s). Pada Kendala (1.3a), Kendala akan berubah sesuai dengan kasusnya seperti yang telah dijelaskan pada Bab II.

Untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik) Kendalanya yaitu :

:

$$PQ_{ij} = \left(1 + \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{ij} L_x$$

Sedangkan untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) Kendalanya yaitu :

$$PQ_{ij} = \left(1 - \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{ij} L_x$$

Nilai  $Q_{bij}$ , jika QoS *attribute end to end delay* nilai  $Q_{bij}$  yaitu 350 dan jika QoS *attribute BER* nilai  $Q_{bij}$  yaitu  $10^{-6}$  atau  $10^{-7}$ .

Jika skema pembiayaannya *Flat fee* ditambahkan Kendala (3.5) sampai Kendala (3.7).

Jika skema pembiayaannya *Usage based* ditambahkan Kendala (3.8) sampai Kendala (3.10).

Jika skema pembiayaannya *Two Part tariff* ditambahkan Kendala (3.11) sampai Kendala (3.13).

### 6.1.1 Solusi Model untuk Konsumen Homogen

Solusi model *Improved bundling wireless* konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute* dan skema pembiayaan yaitu:

#### a. QoS Attribute End-to-End Delay pada Skema Pembiayaan Flat fee

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Bandwidth* untuk konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 6.1 seperti berikut:

**Tabel 6.1 Solusi Model Improved Bundling untuk Jaringan Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Bandwidth untuk Kasus Homogen**

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
Infeasibility	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$
Iterations	89	89	89	89
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
Steps	0	0	0	0
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	48	49	49	48
ER (Sec)	0	0	0	0

Pada Tabel 6.1 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *flat fee* terhadap attribute *end-to-end delay* adalah kasus I ( $PQ_{ij}$  naik  $x$  naik) dengan nilai objektif 5433,15. Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 89. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $1,13687 \times 10^{-13}$  pada setiap kasus. *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 48 K sama pada kasus 1 dan 2.

#### b. QoS Attribute End-to-End Delay pada Skema Pembiayaan Usage Based

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Bandwidth* untuk konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 6.2 seperti berikut:

**Tabel 6.2 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

<i>Solver Status</i>	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
<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>	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
<i>Infeasibility</i>	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$
<i>Iterations</i>	89	89	89	89
<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>	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
<i>Steps</i>	0	0	0	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	48	48	48	48
<i>ER (Sec)</i>	0	1	1	0

Pada Tabel 6.2 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *usage based* terhadap QoS attribute *end-to-end delay* adalah kasus I dengan nilai objektif 5433,15. Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 89. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $1,13687 \times 10^{-13}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 48 K sama pada masing-masing kasus.

**c. QoS Attribute *End-to-End Delay* pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff***

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Bandwidth* untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute *end to end delay* pada skema pembiayaan *two part tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik ,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik ,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun ,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun ,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 6.3 seperti berikut:

**Tabel 6.3 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Two part Tariff***

<i>Solver Status</i>	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
<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>	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
<i>Infeasibility</i>	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$
<i>Iterations</i>	89	89	89	89
<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>	5433,15	5432,98	5402,22	5402,22
<i>Steps</i>	0	0	0	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	49	49	49	49
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	0

Pada Tabel 6.3 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *two-part-tariff* terhadap QoS *attribute end-to-end delay* adalah kasus I dengan nilai objektif 5433,15. Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 89. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $1,13687 \times 10^{-13}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 49 K sama pada masing-masing kasus.

#### **d. QoS Attribute BER pada Skema Pembiayaan Flat fee**

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Bandwidth* untuk konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute BER* pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 6.4 seperti berikut:

**Tabel 6.4 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
<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>	$3,04 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,6
<i>Infeasibility</i>	$1,13 \times 10^{-13}$	$1,13 \times 10^{-13}$	$1,13 \times 10^{-12}$	$1,13 \times 10^{-12}$
<i>Iterations</i>	84	88	89	122
<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>	$3,04 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,22
<i>Steps</i>	0	0	0	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	49	49	49	49
<i>ER (Sec)</i>	0	0	1	0

Pada Tabel 6.4 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *flat fee* terhadap QoS attribute *BER* adalah kasus I dengan nilai objektif  $3,04 \times 10^8$ . Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 84. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $1,13 \times 10^{-13}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 49 K sama pada masing-masing kasus.

**e. QoS Attribute *BER* pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Bandwidth* untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute *BER* pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 6.5 seperti berikut:

**Tabel 6.5 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* untuk Konsumen Homogen pada Skema pembiayaan *Usage Based***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04669 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,6
Infeasibility	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$
Iterations	84	88	89	122
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04669 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,6
Steps	0	0	0	0
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	49	49	49	49
ER (Sec)	0	0	0	1

Pada Tabel 6.5 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *usage based* terhadap QoS attribute *BER* adalah kasus I dengan nilai objektif  $3,04669 \times 10^8$ . Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 84. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $1,13687 \times 10^{-13}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 49 K sama pada masing-masing kasus. *Elapsed Runtime* (ER) menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yang bernilai 0 detik untuk kasus 1, 2, dan 3, sedangkan pada kasus 4 bernilai 1.

#### **f. QoS Attribute *BER* pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff***

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Bandwidth* untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute *BER* pada skema pembiayaan *two-part-tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 6.6 seperti berikut:

**Tabel 6.6 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Two-part-tariff***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04669 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,6
Infeasibility	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$
Iterations	84	88	89	122
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04669 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,22
Steps	0	0	0	0
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	49	49	49	49
ER (Sec)	0	0	0	0

Pada Tabel 6.6 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *two-part-tariff* terhadap QoS attribute BER adalah kasus I dengan nilai objektif  $3,04669 \times 10^8$ . Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 84. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $1,13687 \times 10^{-13}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 49 K sama pada masing-masing kasus. *Elapsed Runtime* (ER) pada setiap kasus memiliki nilai yang sama yaitu bernilai 0 detik.

## 6.2 Model *Improved Bundling* Jaringan Internet *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* untuk Konsumen Heterogen

Pada kasus konsumen heterogen ini diasumsikan bahwa, konsumen tingkat pemakaian tinggi ( $i=1$ ) dengan tingkat konsumsi maksimum  $\bar{X}_1$  dan  $\bar{Y}_1$ . Konsumen tingkat pemakaian rendah ( $i=2$ ) dengan konsumsi maksimum  $\bar{X}_2$  dan  $\bar{Y}_2$ . Terdapat  $m$  konsumen golongan 1 dan  $n$  konsumen golongan 2 dengan  $a_1 = a_2 = a$  dan  $b_1 = b_2 = b$ . Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 2.9, maka akan dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada Fungsi Objektif (1.1), (1.2), dan (1.3) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) dan (1.2a) sampai (1.2d), serta fungsi objektif (1.3) dengan Kendala (1.3a) sampai (1.3s)

Berdasarkan Fungsi Objektif (1.1), (1.2), dan (1.3) diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \text{Maks } R &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^2 M Y_j - U_0 \\
 &+ \left( 6 \ln \frac{X+1}{X_m+1} + 5 \ln \frac{Y+1}{Y_m+1} - P_X X - P_Y Y - P_Z \right) + \sum_j \sum_i (P R_{ij} \\
 &\pm P Q_{ij} + \alpha_j Z_{ij} + W_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{m_j}})
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Maks } R = & ( (P_1 - 200) X_{11} + (P_1 - 200) X_{21} + (P_2 - 15) X_{12} + (P_2 - \\ & 15) X_{22} - (200Y_1 + 200Y_2) - (U_0 + 6 \ln \frac{X+1}{X_m+1} + 5 \ln \frac{Y+1}{Y_m+1} - \\ & P_X X - P_Y Y - P_Z) + \left( 0,5 \pm PQ_{11} + 0,1 \cdot Z_{11} + W_1 \log \frac{\bar{X}_{11}}{L_{m1}} \right) + \\ & \left( 0,6 \pm PQ_{12} + 0,2 \cdot Z_{12} + W_2 \log \frac{\bar{X}_{12}}{L_{m2}} \right) + \left( 0,4 \pm PQ_{21} + 0,1 \cdot Z_{21} + \right. \\ & \left. W_1 \log \frac{\bar{X}_{21}}{L_{m1}} \right) + \left( 0,7 \pm PQ_{22} + 0,2 \cdot Z_{22} + W_2 \log \frac{\bar{X}_{22}}{L_{m2}} \right) \end{aligned}$$

dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) di ikuti Kendala (1.2a) diperoleh:

$$X_1 \leq 4877,11$$

$$X_2 \leq 2709,70$$

dengan Kendala (1.2b) diperoleh:

$$Y_1 \leq 727,73$$

$$Y_2 \leq 541,08$$

dengan kendala (1.2c) diperoleh:

$$U_0 + 6 \ln \frac{X+1}{X_m+1} + 5 \ln \frac{Y+1}{Y_m+1} - P_X X - P_Y Y - P_Z \geq 0$$

dengan Kendala (1.2c) diperoleh:

$$Z=1$$

diikuti dengan Kendala (1.3a) sampai (1.3s). Pada Kendala (1.3a), Kendala akan berubah sesuai dengan kasusnya seperti yang telah dijelaskan pada Bab II.

Untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik) Kendalanya yaitu :

$$PQ_{ij} = \left( 1 + \frac{x}{Q_{bij}} \right) PB_{ij} L_x$$

Sedangkan untuk kasus ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun) dan kasus ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) Kendalanya yaitu :

$$PQ_{ij} = \left( 1 - \frac{x}{Q_{bij}} \right) PB_{ij} L_x$$

Nilai  $Q_{bij}$ , jika QoS *attribute end to end delay* nilai  $Q_{bij}$  yaitu 350 dan jika QoS *attribute BER* nilai  $Q_{bij}$  yaitu  $10^{-6}$  atau  $10^{-7}$ .

Jika skema pembiayaannya *Flat fee* ditambahkan Kendala (3.5) sampai Kendala (3.7).

Jika skema pembiayaannya *Usage based* ditambahkan Kendala (3.8) sampai Kendala (3.10).

Jika skema pembiayaannya *Two Part tariff* ditambahkan Kendala (3.11) sampai Kendala (3.13).

### 6.2.1 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen

Solusi model *Improved bundling wireless* konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute* dan skema pembiayaan yaitu:

**a. QoS Attribute End-to-End Delay pada Skema pembiayaan Flat fee**

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi *Bandwidth* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 6.7 seperti berikut:

**Tabel 6.7 Solusi Model Improved Bundling untuk Jaringan Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Bandwidth untuk Konsumen Heterogen**

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	5227,61	5227,43	5196,67	5196,67
Infeasibility	$3,90 \times 10^{-7}$	$6,23 \times 10^{-7}$	$7,66 \times 10^{-6}$	$7,66 \times 10^{-6}$
Iterations	90	90	114	114
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	5227,61	5227,43	5196,67	5196,67
Steps	0	0	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	51	51	51	51
ER (Sec)	0	0	0	1

Pada Tabel 6.7 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *flat fee* terhadap QoS *attribute end-to-end delay* adalah kasus I ( $PQ_{ij}$  naik  $x$  naik) dengan nilai objektif 5227,61. Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 90. *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 51 K sama pada masing-masing kasus. *Elapsed Runtime* (ER) bernilai 1 pada kasus IV untuk menghasilkan model dan untuk kasus I, II, II bernilai 0.

**b. QoS Attribute End-to-End Delay pada Skema pembiayaan Usage Based**

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Bandwidth* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 6.8 seperti berikut:

**Tabel 6.8 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based***

<i>Solver Status</i>	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
<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>	5227,61	5227,43	5196,67	5196,67
<i>Infeasibility</i>	$3,90 \times 10^{-7}$	$6,23 \times 10^{-7}$	$7,66 \times 10^{-6}$	$7,66 \times 10^{-6}$
<i>Iterations</i>	90	90	114	114
<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>	5227,61	5227,43	5196,67	5196,67
<i>Steps</i>	0	0	1	1
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	51	51	51	51
<i>ER (Sec)</i>	0	1	0	0

Pada Tabel 6.8 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *usage based* terhadap QoS *attribute end-to-end delay* adalah kasus I dengan nilai objektif 5227,61. Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 90. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $3,90 \times 10^{-7}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 51 K sama pada masing-masing kasus.

**c. QoS Attribute End-to-End Delay pada Skema pembiayaan *Two-Part-Tariff***

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Bandwidth* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute end to end delay* pada skema pembiayaan *two-part-tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik , $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik ,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun ,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun ,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 6.9 seperti berikut:

**Tabel 6.9 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Two-part-Tariff***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	5227,61	5227,43	5196,67	5196,67
Infeasibility	$3,90 \times 10^{-7}$	$6,23 \times 10^{-5}$	$7,66 \times 10^{-6}$	$7,66 \times 10^{-10}$
Iterations	90	90	114	114
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	5227,61	5227,43	5196,67	5196,67
Steps	0	0	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	51	51	51	51
ER (Sec)	1	0	0	0

Pada Tabel 6.9 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *two-part-tariff* terhadap QoS *attribute end-to-end delay* adalah kasus I dengan nilai objektif 5227,61. Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 90. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $3,90 \times 10^{-7}$  *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 51 K sama pada masing-masing kasus. *Elapsed Runtime* (ER) bernilai 0 pada kasus II, III, dan IV serta bernilai 1 pada kasus I.

#### d. QoS Attribute pada Skema pembiayaan *Flat fee*

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Bandwidth* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute BER* pada skema pembiayaan *flat fee* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik ,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik ,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 6.10 seperti berikut:

**Tabel 6.10 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04 \times 10^8$	5213	5196,67	5197,05
Infeasibility	$1,13 \times 10^{-13}$	0,00040	$7,66 \times 10^{-6}$	$1,13 \times 10^{-13}$
Iterations	159	113	114	79
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04 \times 10^8$	5213	5196,67	5197,05
Steps	0	1	1	0
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	51	51	51	51
ER (Sec)	0	1	0	0

Pada Tabel 6.10 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *flat fee* terhadap attribute *BER* adalah kasus I dengan nilai objektif  $3,04 \times 10^8$ . Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 159. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $1,13 \times 10^{-13}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 51 K sama pada masing-masing kasus.

**e. QoS Attribute pada Skema pembiayaan *Usage Based***

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Bandwidth* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS attribute *BER* pada skema pembiayaan *usage based* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 6.11 seperti berikut:

**Tabel 6.11 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* untuk Konsumen Heterogen pada Skema pembiayaan *Usage Based***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04669 \times 10^8$	5213	5196,67	5197,05
Infeasibility	$1,13687 \times 10^{-13}$	0,00040	$7,66 \times 10^{-6}$	$1,13 \times 10^{-13}$
Iterations	159	113	114	79
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04669 \times 10^8$	5213	5196,67	5197,05
Steps	0	1	1	0
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	51	51	51	51
ER (Sec)	1	0	1	1

Pada Tabel 6.11 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *usage based* terhadap QoS attribute *BER* adalah kasus I dengan nilai objektif  $3,04669 \times 10^8$ . Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 159. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $1,13687 \times 10^{-13}$ . *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 51 K sama pada masing-masing kasus. *Elapsed Runtime* (ER) menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yang bernilai 0 detik pada kasus II dan bernilai 1 pada kasus I, III dan IV.

#### f. QoS Attribute pada Skema pembiayaan *Two-Part-Tariff*

Solusi model *Improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas *Bandwidth* untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS attribute *BER* pada skema pembiayaan *two-part-tariff* untuk masing-masing kasus yaitu kasus I ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  naik), kasus II ( $PQ_{ij}$  naik,  $x$  turun), kasus III ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  naik), dan kasus IV ( $PQ_{ij}$  turun,  $x$  turun) ditampilkan pada Tabel 6.12 seperti berikut:

**Tabel 6.12 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Two-part-tariff***

Solver Status	Perubahan Biaya ( $PQ_{ij}$ ) dan Perubahan Nilai ( $x$ )			
	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04669 \times 10^8$	5213	5196,67	5197,05
Infeasibility	$1,13687 \times 10^{-13}$	0,00040	$7,66 \times 10^{-6}$	$1,13 \times 10^{-13}$
Iterations	159	113	114	79
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04669 \times 10^8$	5213	5196,67	5197,05
Steps	0	1	1	0
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	51	51	51	51
ER (Sec)	0	0	0	0

Pada Tabel 6.12 menunjukkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *two-part-tariff* terhadap QoS attribute *BER* adalah kasus I dengan nilai objektif  $3,04669 \times 10^8$ . Dengan banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 159. Nilai infeasibility yang digunakan bernilai  $1,13687 \times 10^{-13}$  *Generated Memory Used* (GMU) yang berarti jumlah alokasi memori yang digunakan ialah sebesar 51 K sama pada masing-masing kasus. Pada setiap kasus memiliki *Elapsed Runtime* (ER) yang sama yaitu bernilai 0 detik.

### 6.3 Kesimpulan

Skema pembiayaan yang memiliki solusi optimal baik untuk konsumen homogen maupun heterogen yaitu skema pembiayaan *flat fee* dengan QoS attribute yang optimal yaitu *BER* (*Bit Error Rate*) dimana solusi optimal terletak pada kasus I yaitu sebesar  $3,04664 \times 10^8$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Hutchinson, E. (2011). *Economics*.
- Hutchinson, E. (2011). Review of Utility Functions. Retrieved Agustus 27, 2013, from <http://web.uvic.ca/~ehutchin/resources/313/PROBLEM-SETS/TopicBll.pdf>
- Indrawati, Irmeilyana, Puspita, F. M., & Gozali, C. A. (2014). *Optimasi Model Skema Pembiayaan Internet Berdasarkan Fungsi Utilitas Perfect Substitute*. Paper presented at the Seminar Nasional dan Rapat Tahunan bidang MIPA 2014.
- Indrawati, Irmeilyana, Puspita, F. M., & Lestari, M. P. (2013). *Optimasi Model Skema Pembiayaan Internet Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi-Linier*. Paper presented at the Seminar Hasil Penelitian dalam rangka Dies Natalis Universitas Sriwijaya.
- Indrawati, Irmeilyana, Puspita, F. M., & Lestari, M. P. (2014). Cobb-Douglass Utility Function in Optimizing the Internet Pricing Scheme Model. *TELKOMNIKA*, 12(1).
- Indrawati, Irmeilyana, Puspita, F. M., & Sanjaya, O. (2015). Internet pricing on bandwidth function diminished with increasing bandwidth utility function. *TELKOMNIKA*, 13(1), 299-304.
- Indrawati, Irmeilyana, Puspita, F. M., Susanti, E., Yuliza, E., & Sanjaya, O. (2014). *Numerical Solution of Internet Pricing Scheme Based on PErfect Substitute Utility Function*. Paper presented at the 1st International Conference on Computer Science and Engineering, Palembang, South Sumatera Indonesia.
- Irmeilyana, Indrawati, Puspita, F. M., & Herdayana, L. (2014). *The New Improved Models of Single Link Internet Pricing Scheme in Multiple QoS Network*. Paper presented at the International Conference Recent trends in Engineering & Technology (ICRET'2014), Batam (Indonesia).
- Irmeilyana, Indrawati, Puspita, F. M., & Herdayana, L. (2015). Improving the Models of Internet Charging in Single Link Multiple Class QoS Networks. In H. A. Sulaiman, M. A. Othman, M. F. I. Othman, Y. A. Rahim & N. C. Pee (Eds.), *Advanced Computer and Communication Engineering Technology* (Vol. 315). Switzerland: Springer Publishing International.
- Irmeilyana, Indrawati, Puspita, F. M., Sitepu, R., & Amelia, R. T. (2014). Generalized models for internet pricing scheme under multi class QoS networks. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, August, 543-550.
- Puspita, F. M., Irmeilyana, & Indrawati. (2015). *Generalized MINLP of Internet Pricing Scheme under Multi Link QoS Networks*. Paper presented at the IAES EECSI, Palembang, South Sumatera.
- Puspita, F. M., Irmeilyana, Indrawati, Juniwati, & Dumepa, L. (2014). *Multi Link Internet Charging Scheme Serving Multi Class QoS*. Paper presented at the International Conference on Education, Technology and Sciences, Jambi.
- Puspita, F. M., Seman, K., Taib, B. M., & Shafii, Z. (2012). *Models of Internet Charging Scheme under Multiple QoS Networks*. Paper presented at the International Conferences on Mathematical Sciences and Computer Engineering 29-30 November 2012, Kuala Lumpur, Malaysia.



- Puspita, F. M., Seman, K., Taib, B. M., & Shafii, Z. (2013). Improved Models of Internet Charging Scheme of Multi bottleneck Links in Multi QoS Networks. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(7), 928-937.
- Viswanathan, S., & Anandalingam, G. (2005). Pricing strategies for information goods. *Sadhana* 30(April/June 2005), 257-274.
- Wu, S.-y., & Banker, R. D. (2010). Best Pricing Strategy for Information Services. *Journal of the Association for Information Systems*, 11(6), 339-366.
- Wu, S.-y., Hitt, L. M., Chen, P.-y., & Anandalingam, G. (2008). Customized Bundle Pricing for Information Goods: A Nonlinear Mixed-Integer Programming Approach. *Management Science*, 54(3), 608-622.
- Yang, W. (2004). *Pricing Network Resources in Differentiated Service Networks*. Phd Thesis. Georgia Institute of Technology.

## BIOGRAFI PENGARANG

	<p>Fitri Maya Puspita mendapatkan gelar S.Si nya dalam Bidang Matematika dari Univeristas 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.</p>
	<p>Evi Yuliza mendapatkan gelar S.Si nya dalam Bidang Matematika dari Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia di tahun 2000. Beliau menerima M.Si bidang Matematika dari Univeristas Gajah Mada tahun 2004. Bidang Minat Beliau adalah Aljabar. Beliau sampai saat ini menjadi tenaga pendidik di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.</p>
	<p>Maijance Oktaryna mendapatkan gelar S.Si nya pada bulan September 2017 di Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya. Bidang minat beliau adalah optimasi khususnya pengoptimalan pembiayaan bundling pada jaringan multiple QoS.</p>
	<p>Yayan Febrian adalah mahasiswa Matematika yang sedang mengerjakan tugas akhir untuk menyelesaikan studi di Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya. Bidang minatnya adalah optimasi khusunya pengoptimalan pembiayaan bundling pada jaringan multiple QoS.</p>

## INDEKS

- Bandwidth i, ii, v, xiv, xv, xvi, 1, 5, 6, 9, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106
- BER 6, 13, 16, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 52, 56, 57, 60, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 77, 91, 92, 106
- Bit xvii, 6, 13, 16, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 52, 56, 57, 60, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 77, 91, 92, 106
- Bundle Pricing, Bundling i, ii, iii, 1, 108
- Byte xvii
- Cobb Douglas i, ii, iii, iv, vi, vii, viii, ix, 1, 4, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43
- End to End Delay 16
- ER, Elapsed Runtime xvii, 14, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 46, 47, 49, 51, 52, 54, 56, 59, 63, 65, 67, 69, 72, 74, 83, 84, 87, 88, 90, 91, 98, 99, 101, 103, 105, 106
- Flat Fee vi, vii, viii, ix, x, xi, xii, xiii, xiv, xv, xvii, 18, 19, 24, 25, 32, 33, 38, 39, 46, 48, 54, 55, 63, 64, 69, 71, 82, 89, 97, 104
- Fungsi Utilitas i, iii, iv, v, vi, vii, viii, ix, x, xi, xii, xiii, xiv, xv, xvi, 4, 5, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107
- GMU, Generated Memory Used xvii, 14, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 46, 49, 51, 52, 54, 56, 59, 63, 65, 67, 69, 72, 74, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106
- Heterogen iv, v, vi, viii, ix, xi, xii, xiii, xiv, xv, xvi, 11, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106
- Homogen iii, iv, v, vi, vii, viii, ix, x, xi, xiii, xiv, xv, 10, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99
- Improved i, ii, iii, iv, v, vi, vii, viii, ix, x, xi, xii, xiii, xiv, xv, xvi, 9, 10, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108
- Infeasibility xvii, 13, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 46, 49, 51, 54, 56, 59, 63, 65, 67, 69, 72, 74, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106
- Internet i, iii, iv, v, vi, xvii, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 30, 45, 61, 77, 84, 92, 99, 107, 108
- ISP xvii
- Kendala 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 16, 17, 30, 31, 45, 46, 61, 62, 77, 78, 85, 86, 93, 100, 101
- Lingo xvii, 13
- Objektif 11, 30, 45, 61, 77, 84, 92, 99
- Optimasi iii, 2, 3, 107
- Parameter iii, vi, 2, 7, 8, 9, 10, 11
- Perfect Substitute iv, v, xiii, xiv, xv, 1, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 104
- QoS xvii, 1
- QoS Attribute vi, 6, 17, 20, 22, 24, 26, 28, 31, 34, 36, 38, 40, 42, 46, 47, 51, 52, 56, 57, 62, 63, 67, 69, 70, 74, 78, 79, 80, 86, 87, 94, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 103, 104, 105
- Quasi Linier i, ii, iii, iv, ix, x, xi, xii, 1, 4, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54,

55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64,  
65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74,  
75

Solusi Optimal vi, 13

Traffic, Digilib, Sisfo vi, xvii, 8

Two Part Tariff vii, viii, ix, x, xi, xii, 23,  
28, 29, 36, 37, 42, 43, 51, 53, 57, 59,  
60, 67, 68, 74, 75, 80, 83, 95, 98

Usage Based vii, viii, ix, x, xi, xii, xiii, xiv,  
xv, 20, 21, 26, 27, 35, 41, 49, 50, 56,  
57, 58, 65, 66, 72, 73, 79, 80, 82, 83,  
87, 89, 90, 94, 95, 97, 98, 102, 104,  
105

Variabel iii, vi, vii, viii, ix, x, xi, xii, 2, 3, 8,  
9, 14, 15, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 33,  
35, 37, 39, 41, 43, 48, 50, 53, 55, 58,  
60, 64, 66, 68, 71, 73, 75

Wireless i, ii, iii, iv, v, vi, vii, viii, ix, x, xi,  
xii, xiii, xiv, xv, xvi, 11, 13, 14, 15, 16,  
18, 19, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29,  
30, 32, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 42, 43,  
45, 46, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56,  
58, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 69,  
71, 72, 73, 74, 75, 77, 79, 80, 81, 82,  
83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94,  
95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104,  
105, 106