

Kode>Nama Rumpun Ilmu: 121/Matematika

**LAPORAN TAHUN TERAKHIR
PENELITIAN PRODUK TERAPAN**



**MODEL *IMPROVED* MIXED INTEGER NONLINIER PROGRAMMING SKEMA
BUNDLE-PRICING UNTUK LAYANAN INFORMASI**

Tahun ke-2 dari Rencana Dua Tahun

**Dibiayai oleh:
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Sesuai dengan Kontrak Penelitian
Nomor: 102/SP2H/LT/DRPM/IV/2017**

TIM PENGUSUL

Dr. Fitri Maya Puspita, S.Si, M.Sc (0006107501)

Evi Yuliza, S.Si, M.Si (0027077805)

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

OKTOBER 2017

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Model *Improved Mixed Integer Nonlinier Programming*
Skema *Bundle-Pricing* Untuk Layanan Informasi

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Dr. Fitri Maya Puspita, S.Si, M.Sc
b. NIDN : 0006107501
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
d. Program Studi : Matematika
e. Nomor HP : 082125241621
f. Alamat surel(e-mail) : pipitmac140201@gmail.com

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Evi Yuliza, S.Si, M.Si
b. NIDN : 0027077805
c. Perguruan Tinggi : Universitas Sriwijaya

Lama Penelitian Keseluruhan : 2(Dua) tahun

Penelitian Tahun ke : 2(Dua)

Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 120.000.000

Biaya Tahun Berjalan : - diusulkan ke DIKTI Rp 70.000.000
- dana internal PT Rp -
- dana institusi lain Rp -

Indralaya, 31 Oktober 2017

Mengetahui
Dekan Fakultas MIPA



Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc
NIP. 197210041997021001

Ketua Peneliti



Dr. Fitri Maya Puspita, M.Sc
NIP. 197510061998032002

Menyetujui,
Ketua LPPM Unsri



Prof. Drs. Tatang Suhery, M.A, Ph.D
NIP. 195904121984031002

IDENTITAS DAN URAIAN UMUM

-
1. Judul Penelitian : Model *Improved Mixed Integer Nonlinier Programming* Skema *Bundle-Pricing* Untuk Layanan Informasi
 2. Tim Peneliti

No	Nama	Jabatan	Bidang Keahlian	Instansi Asal	Alokasi Waktu (Jam/ Minggu)
1.	Dr. Fitri Maya Puspita, S.Si, M.Sc	Ketua	Pemodelan Matematika, Optimasi	Universitas Sriwijaya	20
2.	Evi Yuliza, M.Si	Anggota 1	Aljabar	Universitas Sriwijaya	20
 3. Objek penelitian (jenis material yang akan diteliti dan segi penelitian): Pembentukan Model *Improved Mixed Integer Nonlinier Programming* pada Skema *Bundle-Pricing* untuk Layanan Informasi
 4. Masa Pelaksanaan
Mulai : bulan: Januari tahun: 2017
Berakhir : bulan: Desember tahun 2017
 5. Usulan Biaya DRPM Ditjen Penguatan Risbang
 - Tahun ke-1 : Rp. 50.000.000
 - Tahun ke-2 : Rp. 70.000.000
 6. Lokasi Penelitian : Jurusan Matematika FMIPA Univ. Sriwijaya
 7. Institusi lain yang terlibat : Tidak ada
 8. Temuan yang Ditargetkan : Model *Improved* Skema *Bundle Pricing* sebagai Model MINLP yang mempertimbangkan kepuasan pelanggan melalui pemanfaatan fungsi utilitas.
 9. Kontribusi mendasar pada suatu bidang ilmu : Model *improved* MINLP pada skema *bundle pricing* perlu dikaji mendalam dikarenakan belum adanya penelitian mengenai strategi *bundle pricing* yang melibatkan tingkat kepuasan konsumen terhadap layanan yang ditawarkan. Skema yang sebelumnya ada, cenderung berfokus pada penyedia layanan tidak pada konsumen. Untuk itu, pembentukan model *improved* diharapkan dapat menawarkan solusi pemaksimalan keuntungan seiring dengan kepuasan pelanggan terhadap layanan yang ditawarkan.
 10. Jurnal Ilmiah yang menjadi Sasaran
Journal of Applied Research and Technology (Elsevier) tahun 2017
AIP Journal, tahun 2017
 11. Rencana luaran HKI buku, purwarupa, rekayasa sosial atau luaran lainnya yang ditargetkan, tahun rencana perolehan atau penyelesaiannya

RINGKASAN

Penyedia Layanan Internet (*Internet Service Provider*, ISP) untuk mempromosikan layanan terbaiknya kepada pelanggan dalam mencapai kualitas informasi terbaik dan juga memperoleh keuntungan dari penggunaan sumber daya yang tersedia. Strategi terbaik diantaranya dengan *customization*, *bundling* dan *versioning* agar ISP dapat meminimumkan biaya dan memaksimalkan keuntungan (Viswanathan & Anandalingam, 2005). Beberapa penelitian pada dasarnya merupakan salah satu dari sedikit studi yang mempelajari pembiayaan yang berfokus pada sudut pandang ekonomi. Sain & Herpers (2003), Byun & Chatterjee (2004), Yang et al. (2004), dan penelitian lanjutan oleh Puspita et al. (2015; 2013a, 2013b), Irmeilyana et al. (2015; 2014a; 2014b) 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. Pada dasarnya, penjual jasa layanan informasi terus berusaha mencari cara mengiklankan dan memasarkan layanan informasi mereka dan berusaha mengatasi isu utama yang berhubungan dengan ketidakpastian calon pelanggan mereka terhadap produk yang penjual tawarkan. *Bundle* dan *bundle-pricing* diantaranya merupakan salah satu cara mengatasi ketidakpastian calon pelanggan terhadap produk layanan informasi yang ditawarkan penyedia layanan. Teknik ini dipandang mampu mengatasi keragaman jenis pelanggan dan memiliki penilaian yang baik dari pelanggan (Wu et al., 2008). 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. Pengaplikasian skema pembiayaan internet ini diharapkan dapat dimanfaatkan secara meluas oleh masyarakat karena model yang ditetapkan oleh ISP diharapkan dapat menarik minat pengguna dalam *subscribe* pada produk *bundling* ini dimana keuntungannya adalah pengguna dapat memilih paket terintegrasi yang mereka perlukan dan sesuai dengan anggaran biaya yang akan mereka keluarkan. Skema Bundle pricing dengan fungsi utilitas pada layanan informasi telah dibahas pada penelitian tahun pertama oleh Puspita and Ulfa (2016), Puspita dkk (2016) dan Puspita et al (2016). Model improved ini terbukti dapat memperbaiki model yang literatur terdahulu bahas. Hasil awal ini membuktikan bahwa model improved yang terbentuk dapat juga digeneralisasi untuk mencakup banyak pengguna dan banyak layanan dan juga dimungkinkan dapat diperluas untuk jaringan wireless yang pada generasi teknologi internet yang sekarang sedang berkembang.

PRAKATA

Assalamualaikum Wr Wb,

Alhamdulillahirabbil'aalamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya sehingga laporan kemajuan penelitian Bundle Pricing 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.

Laporan kemajuan ini mencakup materi mixed integer non linier programming yakni: bundle pricing, jaringan internet dan kualitas layanan internet, fungsi utilitas cob-douglas, fungsi utilitas quasi-linier, fungsi utilitas perfect substitute dan fungsi utilitas bandwidth.

Pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada pihak yang telah membantu penyusunan dalam menyelesaikan laporan kemajuan ini terutama Kementerian Ristekdikti yang telah membantu secara finansial melalui skema Hibah Produk Terapan tahun 2017. Mudah-mudahan buku ajar ini dapat memberikan sedikit manfaat.

Wassalamualaiku wr wb.

Hormat Kami

Tim Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUT	1
UNIVERSITAS SRIWIJAYA	1
IDENTITAS DAN URAIAN UMUM	3
RINGKASAN	4
PRAKATA	5
DAFTAR ISI	6
DAFTAR TABEL	8
DAFTAR LAMPIRAN	12
DAFTAR GAMBAR	12
BAB 1. PENDAHULUAN	13
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	18
2.1. Tinjau Ulang Studi Terdahulu	18
2.2. Peta Jalan Penelitian	26
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAA PENELITIAN	28
BAB 4. METODE PENELITIAN	29
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	34
5.1 Pendeskripsian Data <i>Traffic</i>	34
5.1.1 Data Traffic Digilib.....	34
5.1.2 Data Traffic Sisfo.....	36
5.2 Perumusan Parameter dan Variabel	39
5.3 Model Original <i>Bundle pricing</i> Internet <i>Wireless</i>	42
5.3.1 Solusi Model Original <i>Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> dengan Program LINGO	44
5.4 Model <i>Improved Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Data <i>Traffic Sisfo</i>	46
5.4.1 Model untuk Konsumen Homogen	47
5.4.2 Solusi Model untuk Konsumen Homogen	48
5.5 Model <i>Improved Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas untuk Konsumen Heterogen pada Data <i>Traffic</i>	56
5.5.1 Model Untuk Konsumen Heterogen	56
5.5.2 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen	57
5.6 Model <i>Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier Konsumen Homogen	65
5.6.1 Model untuk Konsumen Homogen	65
5.6.2 Solusi untuk Model <i>Improved</i> Konsumen Homogen.....	66
5.7 Model <i>Improved Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen	74
5.7.1 Model <i>Improved</i> untuk Konsumen Heterogen.....	74

5.7.2 Solusi Model <i>Improved</i> untuk Konsumen Heterogen.....	76
5.8 Model <i>Improved Bundling</i> Jaringan Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Homogen	84
5.8.1 Solusi Model untuk Konsumen Homogen.....	85
5.9 Model <i>Improved Bundling</i> Jaringan Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen	91
5.9.1 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen.....	92
5.10 Model <i>Improved Bundling</i> Jaringan Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Homogen	98
5.10.1 Solusi Model untuk Konsumen Homogen.....	102
5.11 Model <i>Improved Bundling</i> Jaringan Internet <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen.....	108
5.11.1 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen.....	109
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN.....	115
6.1 Kesimpulan	115
6.2 Saran	115
REFERENSI.....	116

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Rencana Capaian Tahunan.....	17
Tabel 2. Beberapa Studi Literatur Terdahulu mengenai Pembiayaan jaringan	18
Tabel 3. Model Formulasi pada Studi Literatur Terdahulu dalam jaringan QoS tunggal	20
Tabel 4. Beberapa Riset Berfokus pada Strategi Bundling.....	23
Tabel 5. Rekapitulasi Solusi dari Model Skema Pembiayaan yang Optimal	24
Tabel 5.1 Data <i>Traffic Digilib</i> Pada Saat Jam Sibuk	34
Tabel 5.2 Data <i>Traffic Digilib</i> Pada Saat Jam Tidak Sibuk.....	35
Tabel 5.3 Data <i>Traffic Sisfo</i> Pada Saat Jam Sibuk.....	36
Tabel 5.4 Data <i>Traffic</i> pada <i>Sisfo</i> Pada Saat Jam Tidak Sibuk.....	37
Tabel 5.5 Data Pemakaian <i>Traffic Digilib</i> Untuk Jam Sibuk dan Jam Tidak Sibuk	39
Tabel 5.6 Data Pemakaian <i>Traffic Sisfo</i> untuk Jam Sibuk dan Jam Tidak Sibuk.....	39
Tabel 5.7 Parameter untuk Setiap Model <i>Improved</i> Pembiayaan Internet	39
Tabel 5.8 Variabel Keputusan untuk Setiap Model <i>Improved</i> Pembiayaan Internet.....	40
Tabel 5.9 Nilai-Nilai Parameter untuk Model <i>Improved</i>	41
Tabel 5.10 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Model <i>Improved</i> Original.....	41
Tabel 5.11 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Konsumen Homogen.....	41
Tabel 5.12 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Konsumen Heterogen.....	41
Tabel 5.13a Solusi Optimal Model Original <i>Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> untuk QoS <i>BER</i>	44
Tabel 5.13b Solusi Optimal Model Original <i>Bundling</i> Internet <i>Wireless</i> untuk QoS <i>End</i> <i>to end delay</i>	45
Tabel 5.13c Solusi Optimal Model Original <i>Bundling</i> Jaringan Internet <i>Wireless</i> QoS <i>End to end delay</i>	45
Tabel 5.13d Solusi Optimal Model Original <i>Bundling</i> Jaringan Internet <i>Wireless</i> QoS <i>BER</i>	46
Tabel 5.14 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	48
Tabel 5.15 Solusi Model <i>Improved Bundling wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i>	49
Tabel 5.16 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two part Tariff</i>	50
Tabel 5.17 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	51
Tabel 5.18 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i>	52
Tabel 5.19 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i>	53
Tabel 5.19 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	54
Tabel 5.21 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i>	54

Tabel 5.22 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i>	55
Tabel 5.23 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	57
Tabel 5.24 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage based</i>	58
Tabel 5.25 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i>	59
Tabel 5.26 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	60
Tabel 5.27 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage based</i>	61
Tabel 5.28 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i>	62
Tabel 5.29 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	63
Tabel 5.30 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i>	63
Tabel 5.31 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i>	64
Tabel 5.32 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	66
Tabel 5.33 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i>	67
Tabel 5.34 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i>	68
Tabel 5.35 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	69
Tabel 5.36 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i>	70
Tabel 5.37 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i>	71
Tabel 5.38 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	72
Tabel 5.39 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i>	73
Tabel 5.40 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i>	74
Tabel 5.41 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	76
Tabel 5.42 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i>	77
Tabel 5.43 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i>	78

Tabel 5.44 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	79
Tabel 5.45 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i>	79
Tabel 5.46 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i>	80
Tabel 5.47 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	81
Tabel 5.48 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i>	82
Tabel 5.49 Solusi Model <i>Improved Bundling Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two Part Tariff</i>	83
Tabel 5.50 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Kasus Homogen	86
Tabel 5.51 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> ..	86
Tabel 5.52 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two part Tariff</i>	87
Tabel 5.53 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	88
Tabel 5.54 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema pembiayaan <i>Usage Based</i> ..	89
Tabel 5.55 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two-part-tariff</i>	90
Tabel 5.56 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen.....	92
Tabel 5.57 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i> ..	93
Tabel 5.58 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two-part-Tariff</i>	94
Tabel 5.59 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	95
Tabel 5.60 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema pembiayaan <i>Usage Based</i> ..	96
Tabel 5.61 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two-part-tariff</i>	97
Tabel 5.62 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Kasus Homogen.....	103
Tabel 5.63 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i>	103

Tabel 5.64 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two part Tariff</i>	104
Tabel 5.65 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	105
Tabel 5.66 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema pembiayaan <i>Usage Based</i>	106
Tabel 5.67 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan <i>Two-part-tariff</i>	107
Tabel 5.68 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen	109
Tabel 5.69 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Usage Based</i>	110
Tabel 5.70 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two-part-Tariff</i>	111
Tabel 5.71 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Flat Fee</i>	112
Tabel 5.72 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema pembiayaan <i>Usage Based</i>	113
Tabel 5.73 Solusi Model <i>Improved Bundling</i> untuk Jaringan <i>Wireless</i> Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan <i>Two-part-tariff</i>	114

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pemakalah Semirata BKS Barat 2017.....	119
Lampiran 2. Pemakalah pada Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika, 2017	120
Lampiran 3. Pemakalah pada IEEE-Internatioanl Conference on Engineering and Computer Science 2017	121
Lampiran 4. Buku Teks Model Improved Bundle-Pricing pada Skema Pembiayaan Internet Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas, Quasi-Linier, Perfect Substitute dan Bandwidth	122
Lampiran 5. Submission Paper pada IJECE (Scopus, Q3 Journal)	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Jalan Penelitian yang telah dilaksanakan dan yang akan diusulkan	27
Gambar 2. Aktivitas penelitian	29
Gambar 3. Skema kerja yang akan digunakan dalam 2 tahun kegiatan penelitian.....	33

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Strategi terbaik untuk mempromosikan layanan terbaiknya kepada pelanggan dalam mencapai kualitas informasi terbaik dan juga memperoleh keuntungan diantaranya dengan *customization*, *bundling* dan *versioning* agar ISP dapat meminimumkan biaya dan memaksimalkan keuntungan (Viswanathan & Anandalingam, 2005).

Pembiayaan telah menjadi topik yang menarik dalam bisnis jaringan. Dalam mendukung bisnis ini, internet harus memberikan layanan terbaik yang artinya adalah mekanisme yang memberikan layanan jaringan yang berbeda yang didasarkan atas persyaratan layanan tertentu. Beberapa penelitian pada dasarnya merupakan salah satu dari sedikit studi yang mempelajari pembiayaan yang berfokus pada sudut pandang ekonomi. Sain & Herpers (2003), Byun & Chatterjee (2004), Yang et al. (2004), dan penelitian lanjutan oleh Puspita et al. (2015; 2013a, 2013b), Irmeilyana et al. (2015; 2014a; 2014b) 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.

Pada dasarnya, penjual jasa layanan informasi terus berusaha mencari cara mengiklankan dan memasarkan layanan informasi mereka dan berusaha mengatasi isu utama yang berhubungan dengan ketidakpastian calon pelanggan mereka terhadap produk yang penjual tawarkan. *Bundle* dan *bundle-pricing* diantaranya merupakan salah satu cara mengatasi ketidakpastian calon pelanggan terhadap produk layanan informasi yang ditawarkan penyedia layanan. Teknik ini dipandang mampu mengatasi keragaman jenis pelanggan dan memiliki penilaian yang baik dari pelanggan (Wu et al., 2008). *Bundling* didefinisikan sebagai penawaran paket dari produk individual yang ditawarkan dengan satu harga.

Bagi penyedia layanan informasi, strategi *bundling* dianggap dapat meningkatkan keuntungan dengan adanya beberapa produk yang ditawarkan secara kombinasi sehingga layanan informasi terkini dapat ikut mendapat promosi. Untuk ini, penyedia layanan harus menentukan bentuk dari strategi *bundling* agar menarik minat calon pelanggan dan cara untuk

memberikan biaya pada skim bundle tersebut dan biaya pada per produk yang ditawarkan secara terpisah (Venkatesh & Mahajan, 2009).

Metode pendekatan yang sebelumnya diteliti menggunakan model *mixed integer nonlinear programming* yang diselesaikan menggunakan strategi teori permainan dan juga secara optimasi (Viswanathan & Anandalingam, 2005; Wu et al., 2008).

Pada kenyataannya, penyedia layanan menghadapi kesulitan dalam menemukan model yang tepat dalam menawarkan produk layanan informasi mereka secara cepat dan menguntungkan. Kesalahan dalam menetapkan strategi atas beberapa produk layanan informasi dapat mengakibatkan tidak tertariknya pelanggan untuk subscribe pada produk bundle yang ditawarkan. *Telco* sering mendapati permasalahan akan kurangnya minat pelanggan untuk membeli produk telekomunikasi secara *bundle* dan hanya berfokus pada satu produk yang ditawarkan saja. Kenyataan ini tentunya cukup merugikan *telco* secara finansial.

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 tahun pertama yang didiskusikan oleh Puspita dan Ulfa (2016), Puspita dkk (2016) dan Puspita et al. (2016) menunjukkan bahwa skema improved MINLP pada bundle pricing strategy terbukti lebih baik daripada skema bundle pricing yang tidak melibatkan fungsi utilitas.

Dengan hasil awal yang demikian, dicoba pengembangan model improved MINLP yang digeneralisasi untuk n konsumen dan m layanan dan perluasan jaringan dari wired ke jaringan wireless yang di era internet sekarang ini. Pengembangan model improved tergeneralisasi dan 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.

1.2. Tujuan Khusus

Skema pembiayaan layanan informasi secara *bundling* merupakan isu kritis dalam jaringan internet terkini. *Telco* di masa kini menghadapi tantangan besar dalam mengatur rencana pembiayaan yang tepat terutama dalam jaringan dinamis yang berlaku sekarang.

Dengan rencana pembiayaan yang tepat, melalui strategi yang tepat, dapat memenuhi permintaan pelanggan, menarik minat dan memperoleh keuntungan optimal

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

12. Memformulasikan generalisasi skema pembiayaan optimal improved menurut strategi *bundling*.
13. Memformulasikan skema pembiayaan optimal improved pada jaringan wireless.
14. Menganalisis skema pembiayaan optimal improved tersebut dengan skema pembiayaan internet yang terkini.
15. Menentukan apakah dalam skema pembiayaan tersebut skema yang menawarkan pembiayaan yang lebih baik yang dapat menguntungkan *telco* serta menarik minat pengguna untuk menggunakan skema tersebut.

1.3. Urgensi Penelitian

Telco menghadapi permasalahan terkini dengan kenyataan bahwa pengguna lebih menyukai pembiayaan pada satu produk tertentu dan bukan kombinasi atas beberapa produk. Bagaimanapun juga, telco tetap menghadapi kesulitan dalam menentukan strategi pembiayaan yang tepat untuk mempromosikan produk layanan informasi baru secara terpisah. Perlu diadakan pengamatan lebih lanjut untuk mengetahui integrasi mendalam antara strategi pembiayaan dan konsep *bundling* terutamanya dalam mempromosikan produk layanan informasi baru.

Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mempelajari dan menganalisis skema pembiayaan bundling dan memformulasikan rencana strategi baru yang dapat diaplikasikan secara dinamis dalam produk layanan informasi. Cakupan dalam penelitian ini adalah didasarkan pada sudut pandang telco dan keuntungan skema pembiayaan yang terbentuk menurut pandangan telco dalam memaksimalkan keuntungan.

Pengaplikasian skema pembiayaan internet ini diharapkan dapat dimanfaatkan secara luas oleh masyarakat karena model yang ditetapkan oleh ISP diharapkan dapat menarik minat pengguna dalam *subscribe* pada produk *bundling* ini dimana keuntungannya adalah

pengguna dapat memilih paket terintegrasi yang mereka perlukan dan sesuai dengan anggaran biaya yang akan mereka keluarkan.

a. Rencana Capaian Tahunan

Capaian selama dua tahun disajikan dalam Tabel 1 berikut ini. Adapun usulan tahun kedua akan dilaksanakan pada tahun 2017.

Tabel 1. Rencana Capaian Tahunan

No	Jenis Luaran		Indikator Capaian	
			2016	2017
1	Publikasi Ilmiah	Internasional	reviewed	accepted
		Nasional Terakreditasi	Tidak ada	submitted
2	Pemakalah dalam temu ilmiah	Internasional	Sudah dilaksanakan	terdaftar
		Nasional	Sudah dilaksanakan	terdaftar
3	Invited speaker dalam temu ilmiah	Internasional	Tidak ada	Tidak ada
		Nasional	Tidak ada	Tidak ada
4	Visiting Lecturer	Internasional	Tidak ada	Tidak ada
5	Hak Kekayaan Intelektual	Paten	Tidak ada	Tidak ada
		Paten Sederhana	Tidak ada	Tidak ada
		Hak Cipta	Tidak ada	Tidak ada
		Merek Dagang	Tidak ada	Tidak ada
		Rahasia Dagang	Tidak ada	Tidak ada
		Desain Produk Industri	Tidak ada	Tidak ada
		Indikasi Geografis	Tidak ada	Tidak ada
		Perlindungan Varietas Tanaman	Tidak ada	Tidak ada
Perlindungan Topografi Sirkuit Terpadu	Tidak ada	Tidak ada		
6	Teknologi Tepat Guna		Tidak ada	Draf
7	Model/Purwarupa/Desain/Karya Seni/Rekayasa Sosial		draf	Produk
8	Buku Ajar(ISBN)		draf	Proses editing
9	Tingkat Kesiapan Teknologi		3	4

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini, model penelitian serta beberapa studi literatur yang akan dibahas meliputi skema pembiayaan QoS tunggal.

2.1. Tinjau Ulang Studi Terdahulu

Tabel 1 di bawah ini merangkumkan penelitian terdahulu yang melibatkan pembiayaan internet.

Tabel 2. Beberapa Studi Literatur Terdahulu mengenai Pembiayaan jaringan

No	Strategi pembiayaan	Cara kerja
1	Pembiayaan Paris Metro (PMP) (Tuffin, 2003),	<ul style="list-style-type: none">• Kelas layanan yang berbeda akan memiliki biaya yang berbeda.• Pengguna memiliki pilhan dalam memilih channel dan biaya untuk dibayar.• Skema pada dasarnya menggunakan partisi pengguna menjadi kelas dan bergerak menuju kelas lain jika diperoleh layanan yang sama dari kelas lain dengan biaya unit yang lebih rendah.
2	Strategi pembiayaan yang diusulkan Byun and Chatterjee(2004)	<ul style="list-style-type: none">• Didasarkan atas kriteria ekonomi.• Desain pada beragam level kualitas yang berfokus pada skema pembiayaan usage based.• Desain skema pembiayaan yang tepat dengan indeks kualitas menghasilkan formulasi yang lebih sederhana tetapi juga dinamis.• Perubahan yang memungkinkan dalam pembiayaan layanan dan perubahan pendapatan juga dapat dilakukan.
3	Strategi pembiayaan optimal oleh Yang et al. (2005)	<ul style="list-style-type: none">• Skema pembiayaan didasarkan atas pelelangan untuk mengalokasikan QoS dan memaksimalkan pendapatan ISP.• Skema pembiayaan lelang adalah skema yang berskala, efisien dan adil dalam hal pembagian sumber daya.

		<ul style="list-style-type: none"> • Permasalahan optimasi diawali dari link bottleneck tunggal dan digeneralisasi menjadi link bottleneck multipel dengan menggunakan metode heuristik.
4	Gu et al. (2011)	<ul style="list-style-type: none"> • Penjelasan mengenai skema pembiayaan yang didasarkan atas level QoS pada alokasi yang berbeda untuk mengendalikan kongesti dan keseimbangan muatan. • Jaringan kelas multipel memerlukan skema pembiayaan yang differentiated untuk mengalokasikan lalu lintas level layanan yang berbeda
5	(Eltarjaman, Ashibani, & El-Jabu, 2007) dan (Alderson, Willinger, Li, & Doyle, 2006)	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam model jaringan, diasumsikan n pengguna dapat dibagi menjadi k kategori. Setiap kategori dapat melakukan layanan yang sama seperti yang ditawarkan oleh server aplikasi dalam link yang share dengan bandwidth total C_{tot} tetapi memiliki kerangka kerja permintaan yang berbeda dan sensitifitas biaya yang berbeda. but has different demand framework and also difference price sensitivity. • Alderson et al. menjelaskan isu yang berhubungan dengan masalah yang dihadapi ISP yang berhubungan dengan topologi jaringan seperti biaya link, teknologi router dengan dampak pada keberadaan topologi bagi pencipta jaringan yang mengurus peralatan perutean untuk menyelesaikan alur lalu lintas jaringan. • Isu lain adalah yang berhubungan dengan kendala pelanggan dalam menyediakan layanan jaringan dan service level agreement (SLA) sebagai kontrak bisnis dengan pelanggan.
6	(Marzolla dan Mirandola, 2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Marzolla and Mirandola mengajukan istilah prediksi performa layanan berbasis sistem yang terdiri atas performa yang menunjukkan seberapa cepat waktu selesai permintaan layanan, interval waktu yang menunjukkan periode waktu menyelesaikan permintaan layanan komplit, ketergantungan yang menunjukkan kemampuan layanan web untuk melakukan fungsi kondisional yang diperlukan,

		<p>fungsi yang diperlukan, biaya yang diatur oleh ISP dan reputasi yang menunjukkan bahwa persepsi pengguna pada layanan tersebut.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mereka menganggap QoS sebagai titik pandang yang terdiri atas ISP dan pengguna, tingkat pengembangan adalah desain dan waktu run. • QoS juga didasarkan atas metric yang terdiri atas performa, kebergantungan yang dapat dipercaya dan ada, biaya yang ditetapkan atau proporsional, reputasi bagi layanan web dan pelanggan lainnya. • QoS juga didasarkan atas metode evaluasi yang memberikan informasi mengenai model, ontologi dan monitoring.
--	--	---

Tabel 3 menyajikan model formulasi yang telah dibentuk pada studi terdahulu dalam jaringan QoS pada link bottleneck tunggal.

Tabel 3. Model Formulasi pada Studi Literatur Terdahulu dalam jaringan QoS tunggal

Skema	Parameter dan Variabel	Formulasi Matematis		
Model pembiayaan internet dalam multi kelas QoS jaringan link tunggal (Puspita et al., 2013b)	Parameter	Model 1		
	<ul style="list-style-type: none"> • α_j, biaya dasar untuk kelas j yang diatur sebagai biaya yang ditetapkan atau sebagai variable. • β_j, premium kualitas kelas j yang memiliki performa layanan I_j • Q, bandwidth total • V_i, bandwidth minimum yang diperlukan oleh pengguna i 	$Max P_{ij}. U_{ij} = \sum_j \sum_i (\alpha_j + \beta_j \cdot I_j) w_j \log \frac{X_{ij}}{L_{mj}} \cdot Z_{ij}$	(1)	
		Dengan kendala		(2)
		$X_{ij} \geq L_{mj} - (1 - Z_{ij})$		(3)
		$W_j \leq W_{ij} + (1 - Z_{ij})$		(4)
		$X_{ij} \geq V_i - (1 - Z_{ij})$		(5)
		$X_{ij} \geq X_j - (1 - Z_{ij})$		(6)
		$X_{ij} \geq Z_{ij}$		(7)
		$X_{ij} \geq 0$		(8)
		$L_{mj} \geq 0$		(9)
		$W_j \geq 0$		(10)
		$X_{ij} \leq X_j$		(11)
		$Z_{ij} =$		(12)
		Variabel keputusan	$\begin{cases} 1, & \text{if user } i \text{ is admitted to class } j \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$	
<ul style="list-style-type: none"> • $Z_{ij} =$ $\begin{cases} 1, & \text{if pengguna } i \text{ di kelas } j \\ 0, & \text{selainnya} \end{cases}$ • X_{ij}, bandwidth final yang diperoleh pengguna i untuk kelas j 	$\alpha_j \geq \alpha_{j-1}, j > 1$ $a \leq \alpha_j \leq b$ $0 \leq W_{ij} \leq c$ $\alpha_j + \beta_j \cdot I_j \geq \alpha_{j-1} + \beta_{j-1} \cdot I_{j-1}, j > 1$ $0 \leq I_j \leq d$	(13)		
			(14)	

	<p>kelas j</p> <ul style="list-style-type: none"> • L_{mj}, bandwidth minimum kelas j • W_j: sensitifitas biaya kelas j • I_j, indeks kualitas kelas j • X_j, Bandwidth yang ditugaskan pada setiap pengguna dalam kelas j • W_{ij}, sensitifitas biaya untuk pengguna i dalam kelas j 	<p>Model 2</p> $\text{Max } P_{ij} \cdot U_{ij} = \sum_j \sum_i (\alpha_j \cdot Z_{ij} + \beta_j \cdot I_j) w_j \log \frac{x_{ij}}{L_{mj}}$ <p>Dengan kendala (2)-(12) and (15).</p>	<p>(15)) (16)) (17)) (18))</p>
<p>Pendekatan baru dalam model pembiayaan internet mutilayana n (Puspita et al., 2012)</p>	<p>Variabel keputusan</p> <ul style="list-style-type: none"> • α, biaya dasar layanan yang ditetapkan ISP • β, premium kualitas layanan <p><i>Parameter</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • l_i biaya dasar maksimum yang diperlukan bagi layanan $i=1, 2, \dots, S$. • b_i biaya dasar minimum yang diperlukan bagi layanan $i=1, 2, \dots, S$. • c_i premium kualitas minimum yang diperlukan bagi layanan $i=1, 2, \dots, S$. • g_i premium kualitas maksimum yang diperlukan bagi layanan $i=1, 2, \dots, S$. 	<p>We propose our new improved model. Jika α and β are fixed.</p> $\text{Max } R = \sum_{i=1}^S (\alpha + \beta * I_i) * p_i * x_i$ <p>Subject to</p> $I_i * d_i * x_i \leq a_i * C, i = 1, 2, \dots, S.$ $\sum_{i=1}^S I_i * d_i * x_i \leq C, i = 1, 2, \dots, S.$ $\sum_{i=1}^S a_i = 1, i = 1, 2, \dots, S.$ $0 \leq a_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, S.$ $m_i \leq I_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, S.$ $0 \leq x_i \leq n_i, i = 1, 2, \dots, S.$ $\{x_i\} \text{ integer}, i = 1, 2, \dots, S.$ <p>Jika α is fixed and β vary.</p> $\text{Max } R = \sum_{i=1}^S (\alpha + \beta_i * I_i) * p_i * x_i$ <p>Dengan kendala constraint (20)-(26). Kendala tambahan</p> $\beta_i * I_i \geq \beta_{i-1} * I_{i-1}, i > 1, i = 1, 2, \dots, S.$ $l_i \leq \beta_i \leq b_i, i=1, 2, \dots, S. (11)$ <p>Jika α and β vary.</p> $\text{Max } R = \sum_{i=1}^S (\alpha_i + \beta_i * I_i) * p_i * x_i$ <p>Dengan kendala constraint (20)-(26) and (28)-(29). Kendala tambahan</p> $\alpha_i + \beta_i * I_i \geq \alpha_{i-1} + \beta_{i-1} * I_{i-1}, i > 1, i = 1, 2, \dots, S.$	<p>(19)) (20)) (21)) (22)) (23)) (24)) (25)) (26)) (27)) (28)) (29)) (30))</p>

		$c_i \leq \alpha_i \leq g_i, i=1, 2, \dots, S.$ Jika α vary and β fixed. $\text{Max } R = \sum_{i=1}^S (\alpha_i + \beta * I_i) * p_i * x_i$ (31) Dengan kendala constraint (20)-(26) and (32). (32) Kendala tambahan $\alpha_i + I_i \geq \alpha_{i-1} + I_{i-1}, i > 1, i = 1, 2, \dots, S.$ (33)	
			(34)
Model improved dalam multi class QoS networks in single link proposed by Puspita et al.	Model 1 parameter <ul style="list-style-type: none"> α_j, biaya dasar untuk kelas j yang diatu sebagai biaya yang ditetapkan atau sebagai variable. β_j, premium kualitas kelas j yang memiliki performa layanan I_j Q, bandwidth total V_i, bandwidth minimum yang dierlukan oleh pengguna i Variabel keputusan <ul style="list-style-type: none"> $Z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika pengguna } i \text{ pada kelas } j \\ 0, & \text{selainnya} \end{cases}$ \tilde{X}_{ij} bandwidth final yang diperoleh pengguna i untuk kelas j L_{m_j}, bandwidth minimum kelas j W_j: sensitifitas biaya kelas j X_j, Bandwidth yang ditugaskan pada setiap pengguna dalam kelas j \tilde{W}_{ij}, sensitifitas biaya untuk pengguna i 	Model 1 original Max Profit (35) $= \sum_j \sum_i (\alpha_j \cdot Z_{ij}) + w_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{m_j}}$) Dengan kendala (36) $(\sum_j \sum_i X_{ij}) \leq Q$ (37) $\tilde{X}_{ij} \geq L_{m_j} - (1 - Z_{ij})$ (38) $W_j \leq \tilde{W}_{ij} + (1 - Z_{ij})$ (39) $\tilde{X}_{ij} \geq V_i - (1 - Z_{ij})$ (39) $\tilde{X}_{ij} \geq X_j - (1 - Z_{ij})$ (40) $\tilde{X}_{ij} \geq Z_{ij}$ (40) $\tilde{X}_{ij} \geq 0$ (41) $L_{m_j} \geq 0, j = 1, \dots, m$ (41) $W_j \geq 0, j = 1, \dots, m$ (42) $\tilde{X}_{ij} \leq X_j, i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m$ (43) $Z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if user } i \text{ is admitted to class } j \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$ (44) $0 \leq \tilde{W}_{ij} \leq c, c \in [0,1]$ (45)	
		Model 1 modified 1 Max Profit (46) $= \sum_j \sum_i ((\alpha_j \cdot Z_{ij} + \beta_j \cdot I_j) + w_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{m_j}})$ (47) $\alpha_j + \beta_j \cdot I_j \geq \alpha_{j-1} + \beta_{j-1} \cdot I_{j-1}, j >$ (48) $0 \leq I_j \leq d, j=1, \dots, m$	

	<p>dalam kelas j</p> <ul style="list-style-type: none"> I_j, indeks kualitas kelas j 	<p>Model 2 original</p> <p><i>Max Profit</i></p> $= \sum_j \sum_i (\alpha_j + w_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{m_j}}) Z_{ij} \quad (49)$ <p>Dengan kendala Constraint (36)-(48) dan kendala tambahan</p> $a \leq \alpha_j \leq b, j=1, \dots, m \quad (50)$ $\alpha_j \geq \alpha_{j-1}, j > 1 \quad (51)$ <p>Model 2 modified</p> $Max = \sum_j \sum_i ((\alpha_j + \beta_j \cdot I_j) + w_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{m_j}}) Z_{ij} \quad (52)$ <p>Dengan kendala Constraint (36)-(48), (50)-(51) and (53)-(54)</p> <p>(53)) (54)) (55))</p>	
--	--	--	--

Tabel 4 menjelaskan beberapa penelitian terdahulu yang berhubungan dengan strategi bundling.

Tabel 4. Beberapa Riset Berfokus pada Strategi Bundling

No	Strategi pembiayaan bundling	Cara kerja
1	Diusulkan oleh (Viswanathan & Anandalingam, 2005)	Teori permainan dan model optimasi dijelaskan untuk mendapatkan beberapa perpektif baru dan juga mampu menilai isu pembiayaan informasi pada beraam tingkat kompleksitas.
2	Diusulkan oleh Wu et al. (2008)	that customized bundling tidak memberikan performa bagi penjualan pure

		bundling and individual dengan adanya informasi yang tidak lengkap . model dibuat sebagai model mixed integer programming.
3	Diusulkan oleh (Venkatesh & Mahajan, 2009)	Dalam strategi bunling, dipertimbangkan juga factor-faktor seperti keanekaragaman dalam biaya reservasi pelanggan, maksud dari korelasi dalam biaya reservasi, derajat komplementari atau substitutabilitas dan adanya kompetisi.
4	Pricing diusulkan oleh (Jormakka & Sarala, 2004)	Strategi apa yang harus dicapai. Sebagai seorang agen sebaiknya gunakan predictive controller bukan stratei teori permainan. Strategi yang digunakan juga seharusnya terlindung dari resiko kebangkrutan dan terlindung dari competitor.

Puspita dan Ulfa (2016), Puspita dkk (2016) dan Puspita et al. (2016) mendiskusikan beberapa skema improved MINLP pada skema bundle pricing dimana rekapitulasi dari solusi model tersebut ditampilkan pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut ini.

Tabel 5. Rekapitulasi Solusi dari Model Skema Pembiayaan yang Optimal

Model	Jenis Konsumen	Jenis Pembiayaan	Solver Status			
			Objective	Infeasibility	Iteration	GMU
Original Bundling	-	-	10839,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	144	33
Modifikasi Bundling dengan Utilitas Cobb-Douglas	Homogen	Flat fee	11244,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	196	35
		Usage based	10859,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	418	35
		Two-part tariff	11244,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	165	35
	Heterogen Golongan Atas dan Bawah	Flat fee	11244,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	254	37
		Usage based	10859,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	379	37
		Two-part tariff	11244,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	154	37
	Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah	Flat fee	11244,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	251	37
		Usage based	10859,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	382	37
		Two-part tariff	11244,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	133	37
Modifikasi Bundling dengan Utilitas Quasi-	Homogen	Flat fee	11244,7	$3,41061 \times 10^{-13}$	149	35
		Usage based	10859,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	719	35
		Two-part	11244,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	152	36

linier		<i>tariff</i>		10^{-13}		
	Heterogen Golongan Atas dan Bawah	<i>Flat fee</i>	11244,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	200	37
		<i>Usage based</i>	10859,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	407	37
		<i>Two-part tariff</i>	11244,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	162	37
	Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah	<i>Flat fee</i>	11244,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	174	37
		<i>Usage based</i>	10859,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	415	37
		<i>Two-part tariff</i>	11244,7	$1,13687 \times 10^{-13}$	152	37

Tabel 6. Rekapitulasi Perbandingan Perhitungan Model Bundle Pricing dengan Fungsi Utilitas Perfect Substitute dan Bandwidth terhadap Model Original

Model	Jenis Konsumen	Jenis Pembiayaan	Solver Status				ER
			Objective	Infeasibility	Iteration	GMU	
Original Bundling	-	-	3299,7	$1,57434 \cdot 10^{-10}$	55	33K	1
Modifikasi Bundling dengan Utilitas Perfect Substitute	Homogen	<i>Flat fee</i>	3299,7	$8,1854 \cdot 10^{-13}$	65	36K	0
		<i>Usage based</i>	3299,7	$8,1854 \cdot 10^{-13}$	26	36K	1
		<i>Two-part tariff</i>	3299,7	$3,84199 \cdot 10^{-8}$	21	36K	0
	Heterogen Golongan Atas dan Bawah	<i>Flat fee</i>	3449,7	$1,04306 \cdot 10^{-7}$	24	38K	0
		<i>Usage based</i>	3449,7	$9,0955 \cdot 10^{-14}$	14	38K	1
		<i>Two-part tariff</i>	3449,7	$8,58958 \cdot 10^{-7}$	22	38K	0
	Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah	<i>Flat fee</i>	3449,7	$1,04306 \cdot 10^{-7}$	23	38K	0
		<i>Usage based</i>	3449,7	$9,0955 \cdot 10^{-14}$	14	38K	0
		<i>Two-part tariff</i>	3449,7	$9,0955 \cdot 10^{-14}$	46	38K	1
Modifikasi Bundling dengan Utilitas Bandwidth	Homogen	<i>Flat fee</i>	3449,7	$4,36944 \cdot 10^{-6}$	52	38K	1
		<i>Usage based</i>	2849,54	$1,42109 \cdot 10^{-13}$	53	38K	0
		<i>Two-part tariff</i>	3449,7	$2,23498 \cdot 10^7$	70	38K	0
	Heterogen Golongan Atas dan	<i>Flat fee</i>	3449,7	$7,18313 \cdot 10^{-8}$	138	40K	0
		<i>Usage</i>	3449,7	$9,055 \cdot$	30	40K	0

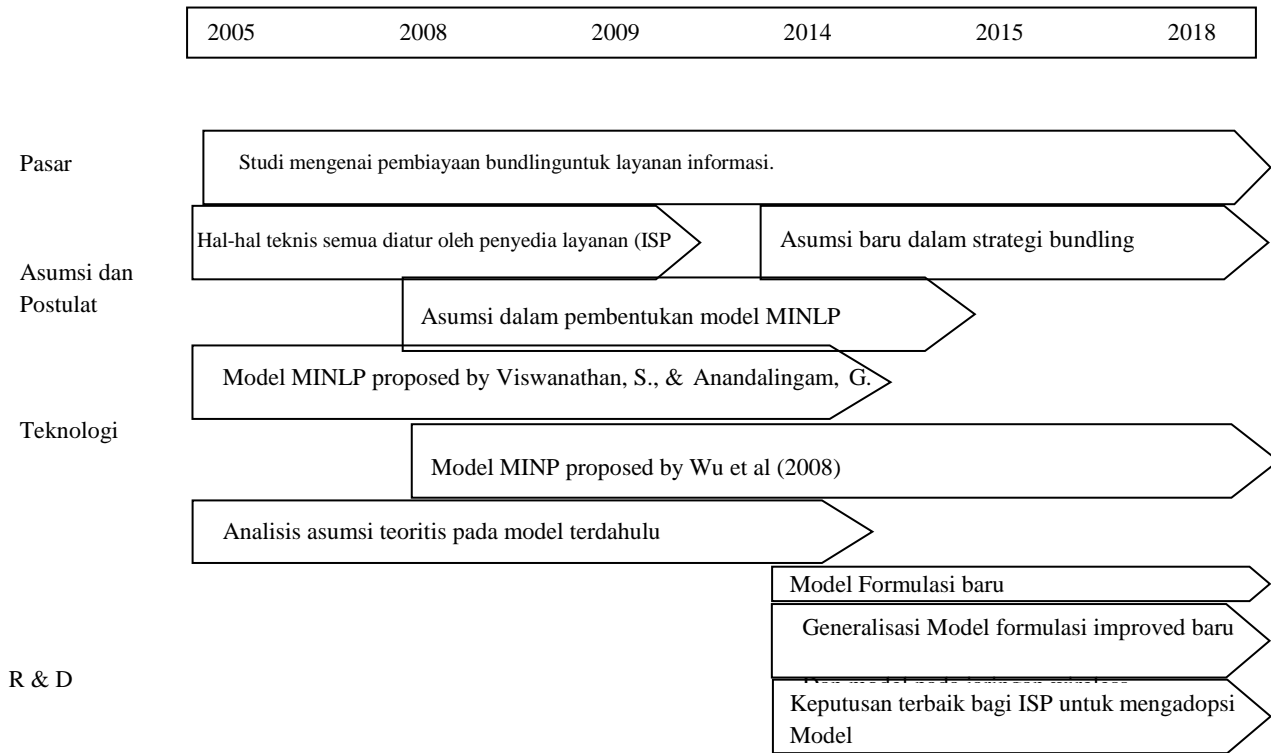
	Bawah	<i>based</i>		10^{-14}			
		<i>Two-part tariff</i>	3449,7	$3,04181 \cdot 10^{-7}$	18	40K	0
	Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah	<i>Flat fee</i>	3449,7	0,000241294	194	40K	1
		<i>Usage based</i>	3449,7	$9,0955 \cdot 10^{-14}$	32	40K	0
		<i>Two-part tariff</i>	3449,7	$9,0955 \cdot 10^{-14}$	39	40K	0

Pada Tabel 5, Perbandingan model *bundling* modifikasi fungsi utilitas Cobb-Douglas dan quasi-linier untuk konsumen homogen dapat dilihat pada tabel tersebut solusi dari kedua fungsi utilitas menghasilkan nilai objektif yang sama sebesar 11244,7 dimana nilai objektif merupakan nilai keuntungan yang diperoleh pada solusi optimal. Selanjutnya perbandingan model *bundling* modifikasi untuk konsumen heterogen berdasarkan golongan dan tingkat pemakaian juga menunjukkan nilai objektif yang sama baik menggunakan fungsi utilitas Cobb-Douglas maupun quasi-linier.

Tabel 6 menunjukkan perbandingan solusi model original dan solusi model *bundle pricing* untuk skema pembiayaan internet *flat fee*, *usage based* dan *two-part tariff* pada fungsi utilitas *perfect substitute* dan *bandwidth* untuk konsumen homogen dan konsumen heterogen, diperoleh nilai objektif yang sama untuk model perbaikan pada konsumen homogen dan model original sedangkan nilai objektif pada konsumen heterogen pada model perbaikan berbeda dengan model original.

2.2. Peta Jalan Penelitian

Gambar 1 di bawah ini selengkapnya menjelaskan peta jalan penelitian mengenai studi pendahuluan fungsi utilitas dan tahapan penelitian terdahulu yang telah dilaksanakan dan tahapan penelitian yang akan diusulkan.



Gambar 1. Peta Jalan Penelitian yang telah dilaksanakan dan yang akan diusulkan

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAA PENELITIAN

3.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

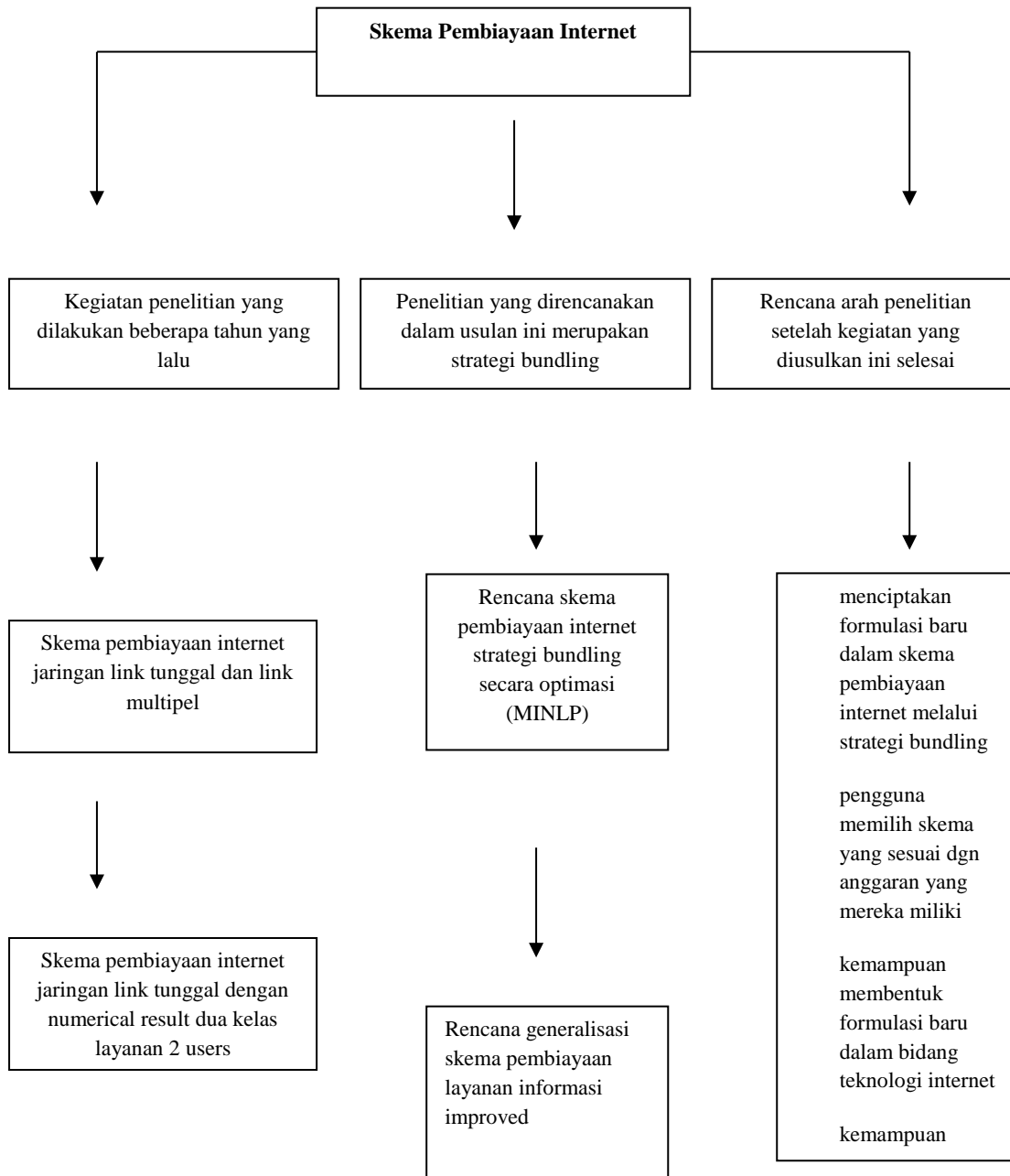
1. Menentukan model *improved bundling* pada skema pembiayaan internet *wireless* dalam jaringan Multipel QoS yaitu *flat fee*, *usage-based*, dan *two part tariff* untuk konsumen homogen dan konsumen heterogen berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas dan Quasi Linier, *Perfect Substitute* dan *Bandwidth*.
2. Membandingkan solusi yang lebih optimal dari model *improved bundling* pada skema pembiayaan internet *wireless* dalam jaringan Multipel QoS yaitu *flat fee*, *usage-based*, dan *two part tariff* untuk konsumen homogen dan konsumen heterogen berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas dan Quasi Linier, *Perfect Substitute* dan *Bandwidth*.

3.2 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu model yang dibentuk diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan penyedia jasa layanan dalam menentukan skema pembiayaan yang tepat untuk setiap jenis kosumen dengan tujuan memaksimumkan keuntungan.

BAB 4. METODE PENELITIAN

Aktivitas penelitian disajikan dalam bentuk diagram Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Aktivitas penelitian

Adapun deskripsi diagram dijelaskan sebagai berikut.

Aktivitas Penelitian melibatkan tiga langkah utama yang dilakukan oleh peneliti yakni:

- a. Kegiatan yang sebelumnya telah dilakukan dalam topik skema pembiayaan internet ini berupa
 1. Hasil awal untuk jaringan QoS link tunggal yang dianalisis dengan menggunakan software aplikasi LINGO dengan pilihan terletak di antara 2 pengguna mana yang dapat menggunakan layanan internet bila masing-masing pengguna memiliki syarat minimum bandwidth. Hasil menunjukkan bahwa jika $Q=M=X$, $V_1 < V_2$ maka $Z_1=0$ dan $Z_2=0$. Selanjutnya, bila $Q > X$, $Q > M$ dan $X=M$ maka $X_1=X_2=X$ dan semua pengguna dapat menggunakan layanan dengan biaya untuk kelas layanan tersebut adalah $W = \min \{W_1, W_2\}$.
 2. Hasil awal untuk jaringan QoS link multipel yang dianalisis dengan menggunakan software aplikasi LINGO bila pilihan terletak di antara 2 pengguna mana yang dapat menggunakan layanan internet bila masing-masing pengguna memiliki syarat minimum bandwidth dan terdapat dua jenis kelas layanan yang berbeda. Hasil menunjukkan bahwa $Q > M$, $X_1=M$, $X_2 > M$ maka hanya akan ada satu pengguna yang mendapatkan satu kelas layanan sefangan bandwidth akhir yang diperoleh $X_{ij}=\min\{X_j\}$.
- b. Penelitian yang direncanakan dalam usulan ini berupa
 1. Pembentukan skema pembiayaan internet melalui strategi bundling dan bundle-pricing.
 2. Pure bundling strategy
 3. Customized bundling strategy
 4. Versioning bundling strategy
 5. *generate* lebih banyak pengguna.
- c. Rencana arah penelitian setelah kegiatan yang diusulkan selesai adalah
 1. Riset dalam bidang pembiayaan layanan informasi dapat dikembangkan lagi dengan pembentukan formulasi baru dengan pertimbangan parameter lain sebagai sumber daya yang tersedia

2. Kemampuan pengguna dalam memilih skema pembiayaan yang sesuai dengan anggaran yang mereka miliki dan kemampuan dalam membentuk formulasi baru dan menawarkan formulasi tersebut kepada ISP sebagai skema pembiayaan yang memiliki kelebihan dalam kemampuan memilih kelas layanan yang menguntungkan ISP dan pengguna

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengertian yang berharga mengenai skema pembiayaan layanan informasi. Penelitian ini melibatkan jaringan multipel link, sehingga algoritma untuk menyelesaikan jaringan multipel link ini akan diformulasikan dan juga hasil penelitian akan disimulasikan. Aplikasi software LINGO akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi tersebut.

Adapun rincian skema kerja selama dua tahun penelitian dapat diuraikan sebagai berikut:

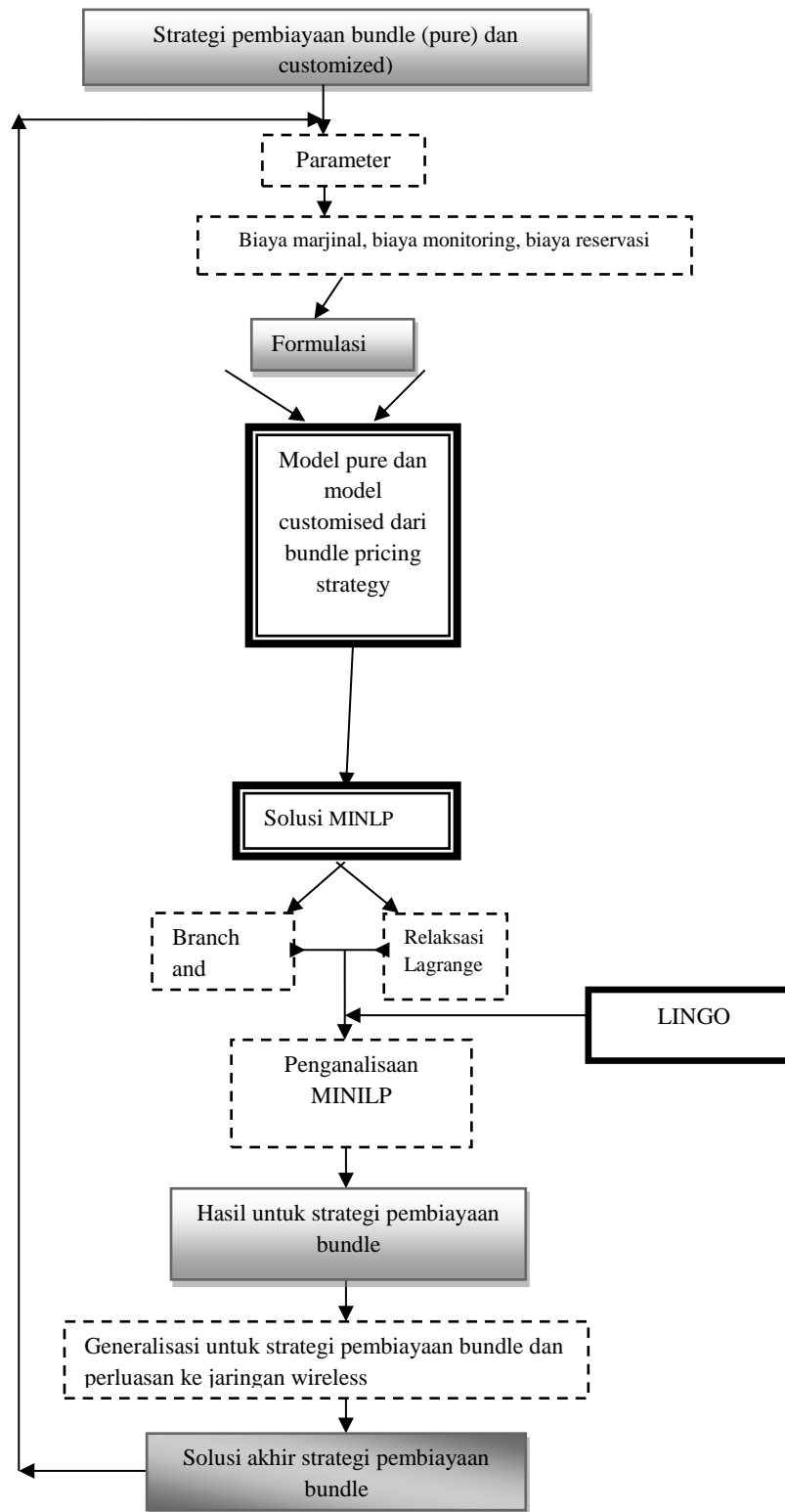
Penelitian Tahun Kedua

Penelitian tahun kedua lebih memfokuskan pada penggeneralisasian model improved bundle pricing yang melayani n user dan m layanan. Selanjutnya juga dibahas mengenai penetapan model *bundle pricing improved* pada jaringan wireless.

- a. Penetapan penambahan parameter adalah sebagai berikut
 1. Biaya marginal, biaya monitoring dan biaya reservasi
- b. Pembentukan formulasi berupa model matematika untuk skema pembiayaan bundling generalized dengan melibatkan
 1. Biaya marginal
 2. Biaya monitoring
 3. Biaya reservasi,
 4. Biaya bundle
- c. Penggeneralisasian permasalahan pembiayaan strategi bundling yang *pure* dan *customised*.

- d. Penetapan formulasi penggeneralisasian pembiayaan strategi bundling yang *pure* dan *customised*.
- e. Pembentukan model Matematika berdasarkan parameter di atas.
- f. Penyelesaian model matematika untuk mendapatkan solusi berupa pendapatan optimal bagi ISP dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia dalam jaringan dengan bantuan software aplikasi LINGO 13.0.
- g. Menguji formulasi pembiayaan strategi bundling yang terbaik dari *pure* dan *customized*.
- h. Penggeneralisasian model pada jaringan wireless dengan penetapan aturan parameter dan variabel keputusan yang sesuai.
- i. Pembentukan model Matematika untuk jaringan *wireless* berdasarkan parameter yang ditetapkan.
- j. Penyelesaian model matematika untuk jaringan wireless tersebut mendapatkan solusi berupa pendapatan optimal bagi ISP dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia dalam jaringan dengan bantuan software aplikasi LINGO 13.0.
- k. Menguji formulasi pembiayaan strategi bundling yang terbaik dari *pure* dan *customized*.
- l. Menganalisa pengujian program tersebut dan membuat kesimpulan mengenai hasil skema pembiayaan yang tepat yang menguntungkan ISP dan juga ketertarikan pengguna untuk *subscribe* terhadap layanan ISP tersebut.
- m. Menarik kesimpulan sehubungan dengan generalisasi model improved bundle pricing pada jaringan secara umum dan pada jaringan wireless.

Adapun rincian kerja selama dua tahun penelitian dapat dijelaskan dalam bagan Gambar 3.



Gambar 3. Skema kerja yang akan digunakan dalam 2 tahun kegiatan penelitian

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

• HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari salah satu server local. Data ini diambil dalam jangka waktu 1 bulan terhitung mulai dari tanggal 1 Februari 2017 sampai 28 Februari 2017. Data yang digunakan merupakan data *traffic digilib* yang dibagi ke dalam dua sesi yaitu data pada jam sibuk yang diamati mulai pukul 07.00 sampai 16.59 dan data pada jam tidak sibuk yang diamati dari pukul 17.00 sampai pukul 06.59. Terdapat 2 komponen di dalam data ini yakni data pengiriman (*sent*) dan data penerimaan (*received*) yang keduanya dinyatakan dalam byte per *second*.

5.1 Pendeskripsian Data Traffic

5.1.1 Data Traffic Digilib

Traffic pada *Digilib* yang merupakan data pemakaian internet atau *traffic* untuk penggunaan *digilib*. Tabel 5.1 menampilkan data pada saat jam sibuk sedangkan Tabel 5.2 menampilkan data pada saat jam tidak sibuk. Data pada tabel dalam bit per *second* kemudian diubah kedalam byte per *second* dalam hal perhitungan.

Tabel 5.1 Data Traffic Digilib Pada Saat Jam Sibuk

Tanggal	Traffic Jam Sibuk (dalam bit per second)		Total Pemakaian Per Hari
	Sent	Received	
01 Februari 2017	957,00	9.580,00	10.537,00
02 Februari 2017	8.937,00	24.880,00	33.817,00
03 Februari 2017	2.063,00	11.340,00	13.403,00
04 Februari 2017	1.821,00	14.080,00	15.901,00
05 Februari 2017	1.153,00	13.130,00	14.283,00
06 Februari 2017	2.045,00	13.890,00	15.935,00
07 Februari 2017	1.693,00	12.660,00	14.353,00
08 Februari 2017	4.296,00	12.460,00	16.756,00
09 Februari 2017	1.297,00	12.040,00	13.337,00
10 Februari 2017	1.263,00	11.590,00	12.853,00
11 Februari 2017	1.770,00	11.880,00	13.650,00
12 Februari 2017	3.275,00	12.320,00	15.595,00
13 Februari 2017	1.284,00	19.700,00	20.984,00
14 Februari 2017	1.517,00	20.800,00	22.317,00
15 Februari 2017	1.457,00	12.950,00	14.407,00
16 Februari 2017	1.253,00	21.110,00	22.363,00
17 Februari 2017	1.202,00	13.620,00	14.822,00
18 Februari 2017	1.587,00	20.220,00	21.807,00
19 Februari 2017	1.103,00	12.660,00	13.763,00
20 Februari 2017	2.099,00	13.630,00	15.729,00
21 Februari 2017	1.586,00	13.130,00	14.716,00
22 Februari 2017	20.683,00	34.330,00	55.013,00

23 Februari 2017	1.356,00	19.240,00	20.596,00
24 Februari 2017	1.260,00	20.190,00	21.450,00
25 Februari 2017	5.769,00	22.430,00	28.199,00
26 Februari 2017	967,00	12.200,00	13.167,00
27 Februari 2017	1.418,00	20.540,00	21.958,00
28 Februari 2017	433,00	11.680,00	12.113,00
<i>Demand</i>	75.544,00	448.280,00	523.824,00
<i>Demand per bulan</i>	261.912,00		
<i>Demand byte per second</i>	32.739,00		
<i>Demand kilo byte per second (kbps)</i>	31,97		

Keterangan:

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

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

Demand dalam byte per *second* : nilai *demand* dalam bit per *second* setelah dibagi 8.

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

Tabel 5.2 Data Traffic Digilib Pada Saat Jam Tidak Sibuk

Tanggal	Traffic Jam tidak Sibuk (dalam bit per second)		Total Pemakaian Per Hari
	<i>Sent</i>	<i>Received</i>	
01 Februari 2017	717,00	6.500,00	7.217,00
02 Februari 2017	4.478,00	17.300,00	21.778,00
03 Februari 2017	1.532,00	13.410,00	14.942,00
04 Februari 2017	1.542,00	13.600,00	15.142,00
05 Februari 2017	1.908,00	21.490,00	23.398,00
06 Februari 2017	2.407,00	13.720,00	16.127,00
07 Februari 2017	1.710,00	11.510,00	13.220,00
08 Februari 2017	2.227,00	12.880,00	15.107,00
09 Februari 2017	2.184,00	17.630,00	19.814,00
10 Februari 2017	1.972,00	20.180,00	22.152,00
11 Februari 2017	3.756,00	18.860,00	22.616,00
12 Februari 2017	2.650,00	23.730,00	26.380,00
13 Februari 2017	2.133,00	16.750,00	18.883,00
14 Februari 2017	1.640,00	17.250,00	18.890,00
15 Februari 2017	1.912,00	20.370,00	22.282,00
16 Februari 2017	1.743,00	23.650,00	25.393,00
17 Februari 2017	2.031,00	26.400,00	28.431,00
18 Februari 2017	1.707,00	26.880,00	28.587,00
19 Februari 2017	1.465,00	19.240,00	20.705,00
20 Februari 2017	6.808,00	20.490,00	27.298,00
21 Februari 2017	6.865,00	24.650,00	31.515,00
22 Februari 2017	6.642,00	21.230,00	27.872,00
23 Februari 2017	14.747,00	23.000,00	37.747,00
24 Februari 2017	3.126,00	16.150,00	19.276,00
25 Februari 2017	27.808,00	33.190,00	60.998,00
26 Februari 2017	18.729,00	29.100,00	47.829,00
27 Februari 2017	2.340,00	15.370,00	17.710,00
28 Februari 2017	615,00	7.440,00	8.055,00
<i>Demand</i>	127.394,00	531.970,00	659.364,00
<i>Demand per bulan</i>	329.682,00		
<i>Demand byte per second</i>	41.210,25		
<i>Demand kilo byte per second (kbps)</i>	40,24		

Pada Tabel 4.1 dan 4.2 tersebut diperoleh rata-rata pemakaian pada jam sibuk dan jam tidak sibuk untuk data *received* (diterima) lebih tinggi dari data *sent* (dikirim).

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat pemakaian terbanyak pada Tanggal 22 Februari 2017 sebesar 55.013,00 byte dengan data yang dikirim sebesar 20.683,00 byte dan data yang diterima sebesar 34.330,00 byte. Pemakaian terbanyak kedua pada Tanggal 02 Februari 2017 sebesar 33.817,00 byte dengan data yang dikirim sebesar 8.937,00 byte dan data yang diterima sebesar 24.880,00 byte. Pemakaian data terendah terdapat pada Tanggal 01 Februari 2017 sebesar 10.537,00 byte dengan data yang dikirim sebesar 957,00 byte dan data yang diterima sebesar 9.580,00 byte.

Pada Tabel 4.2 dapat dilihat pemakaian terbanyak terdapat pada Tanggal 25 Februari 2017 sebesar 60.998,00 byte dengan data yang dikirim sebesar 27.808,00 byte dan data yang diterima sebesar 33.190,00 byte. Pemakaian data terbanyak kedua terdapat pada Tanggal 26 Februari 2017 sebesar 47.829,00 byte dengan data yang dikirim sebesar 18.729,00 byte dan data yang diterima sebesar 29.100,00 byte. Pemakaian data terendah terdapat pada Tanggal 1 Februari 2017 sebesar 7.217,00 byte dengan data yang dikirim sebesar 717,00 byte dan data yang diterima sebesar 6.500,00 byte.

5.1.2 Data Traffic Sisfo

Traffic pada *sisfo* yang merupakan data pemakaian internet atau *traffic* untuk penggunaan *sisfo*. Data pada saat jam sibuk ditampilkan pada Tabel 5.1 sedangkan data pada saat jam tidak sibuk ditampilkan pada Tabel 5.2. Dalam data ini terdapat 2 unsur dalam data *traffic sisfo* yaitu *sent* (dikirim) dan *recieved* (diterima) yang dinyatakan dalam bitper *second* yang kemudian diubah kedalam bentuk *byte per second* dalam hal perhitungan.

Tabel 5.3 Data Traffic Sisfo Pada Saat Jam Sibuk

No	Waktu	Traffic (dalam bit per second)		Total pemakaian
		Sent	Received	
1	1Februari 2017	619133,19	394877,17	1014010,36
2	2Februari 2017	466146,78	266009,68	732156,46
3	3Februari 2017	133307,97	344835,44	478143,41
4	4Februari 2017	325882,89	214573,56	540456,45
5	5Februari 2017	165759,21	1312381,91	1478141,12
6	6Februari 201	229800,85	507805,12	737605,97
7	7Februari 2017	145366,66	428640,40	574007,06
8	8Februari 2017	187161,06	514767,05	701928,11
9	9Februari 2017	632135,97	304880,18	937016,15
10	10Februari 2017	295872,96	21901999,75	22197872,71

11	11Februari 2017	94382,89	214888,18	309271,07
12	12Februari 2017	149152,29	187845,80	336998,09
13	13Februari 2017	1669485,34	38283825,94	39953311,28
14	14Februari 2017	151185,46	353938,10	505123,56
15	15Februari 2017	141509,88	224450,91	365960,79
16	16Februari 2017	290653,81	404189,95	694843,76
17	17Februari 2017	189469,79	240709,78	430179,57
18	18Februari 2017	97712,83	261167,36	358880,19
19	19Februari 2017	103235,54	233042,51	336278,05
20	20Februari 2017	197026,09	835127,07	1032153,16
21	21Februari 2017	2888407,41	754938,49	3643345,9
22	22Februari 2017	4477322,25	759366,72	5236688,97
23	23 Februari 2017	317803,71	1351415,08	1669218,79
24	24Februari 2017	329265,81	1071966,89	1401232,7
25	25Februari 2017	1911725,89	537327,38	2449053,27
26	26Februari 2017	264457,95	1632876,69	1897334,64
27	27Februari 2017	1440355,35	4091379,54	5531734,89
28	28Februari 2017	79380,46	198777,95	278158,41
<i>Demans</i>		642610,7246	2779571,593	3422182,318
<i>Demansperbulandalam bit per second</i>		321305,3623		
<i>Demans byte per second (bps)</i>		40163,17		
<i>Demans kilobyte per second (kbps)</i>		39,22185		

Tabel 5.4 Data Traffic pada Sisfo Pada Saat Jam Tidak Sibuk

No	Waktu	Traffic (dalam bit per second)		Total pemakaian
		<i>Sent</i>	<i>Received</i>	
1	1 Februari 2017	73922,91	145903,4	219826,31
2	2 Februari 2017	216396,21	238141,55	454537,76
3	3 Februari 2017	224936,27	486692,41	711628,68
4	4 Februari 2017	145405,5	99198,56	244604,06
5	5 Februari 2017	192333,96	148594,96	340928,92
6	6 Februari 2017	79491,11	289180	368671,11
7	7 Februari 2017	93729,7	354234,31	447964,01
8	8 Februari 2017	135897,88	374947,01	510844,89
9	9Februari 2017	378645,72	247547,07	626192,79
10	10 Februari 2017	176181,88	268276,92	444458,8
11	11 Februari 2017	164132,59	333579,75	497712,34
12	12 Februari 2017	488804,22	174015,99	662820,21
13	13 Februari 2017	770961,2	3661600,68	4432561,88
14	14 Februari 2017	81184,57	167017,67	248202,24
15	15 Februari 2017	213774,71	201784,59	415559,3
16	16 Februari 2017	568000,7	166046,1	734046,8
17	17 Februari 2017	158471,99	225653,27	384125,26

18	18 Februari 2017	162295,67	229386,35	391682,02
19	19 Februari 2017	4398695,61	1562948,96	5961644,57
20	20Februari 2017	882780,46	413794,58	1296575,04
21	21 Februari 2017	202917,64	321680,2	524597,84
22	22 Februari 2017	1478543,13	1452183,17	2930726,3
23	23 Februari 2017	591524,57	1123103,68	1714628,25
24	24 Februari 2017	1212888,01	785061,08	1997949,09
25	25 Februari 2017	223265,22	432537,07	655802,29
26	26 Februari 2017	231061,67	342589,51	573651,18
27	27 Februari 2017	149832,29	318278,97	468111,26
28	28 Februari 2017	80176,45	68940,79	149117,24
<i>Demand</i>		492008,99	522604,23	1014613,22
<i>Demand perbulan dalam bit per second</i>		507306,61		
<i>Demand byte per second (bps)</i>		63413,3263		
<i>Demand kilobyte per second (kbps)</i>		61,9270764		

Pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 ini merupakan data pemakaian internet atau *traffic* untuk penggunaan *sisfo*. Pada tabel tabel tersebut diperoleh rata-rata pemakaian pada jam sibuk untuk data *received* (diterima) lebih tinggi dari data *sent* (dikirim). Sedangkan rata-rata pemakaian pada jam tidak sibuk untuk dikirim dan diterima berfluktuasi.

Pada Tabel 4.3 dapat dilihat pemakaian terbanyak pada Tanggal 13 Februari 2017 sebesar 39953311,28 byte dengan data yang dikirim sebesar 1669485,34 byte dan data yang diterima sebesar 38283825,94 byte. Pemakaian terbanyak kedua pada Tanggal 10 Februari 2017 sebesar 22197872,71 byte dengan data yang dikirim sebesar 295872,96 byte dan data yang diterima sebesar 21901999,75 byte. Pemakaian data terendah terdapat pada Tanggal 28 Februari 2017 sebesar 278158,41 byte dengan data yang dikirim sebesar 79380,46 byte dan data yang diterima sebesar 198777,95 byte.

Pada tabel 4.3 dapat dilihat pemakaian terbanyak terdapat pada Tanggal 19 Februari 2017 sebesar 5961644,57 byte dengan data yang dikirim sebesar 4398695,61 byte dan data yang diterima sebesar 1562948,96 byte. Pemakaian data terbanyak kedua terdapat pada Tanggal 13 Februari 2017 sebesar 4432561,88 byte dengan data yang dikirim sebesar 770961,2 byte dan data yang diterima sebesar 3661600,68 byte. Pemakaian data terendah terdapat pada Tanggal 28 Februari 2017 sebesar 149117,24 byte dengan data yang dikirim sebesar 80176,45 byte dan data yang diterima sebesar 68940,79 byte.

Berdasarkan data pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 diperoleh hasil pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 berikut ini :

Tabel 5.5 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 5.6 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*.

5.2 Perumusan Parameter dan Variabel

Setelah mendefinisikan data *traffic*, langkah selanjutnya adalah berdasarkan persamaan pada Bab II dapat disusun nilai-nilai parameter dan variabel pada masing-masing skema pembiayaan untuk setiap jenis konsumen pada data *traffic diglib* seperti pada Tabel 5.4

Tabel 5.7 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_l (<i>kbps</i>)

k	:Jumlah muatan trafik maksimum yang diperbolehkan untuk T_l (kbps)
α_j	:Harga dasar untuk kelas j (rupiah)
Q	:Total <i>bandwidth</i> (kbps)
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_{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 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 5.8 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	:Keutungan pemakaian untuk konsumen ke- i .
X_{ij}	: $\begin{cases} 1, & \text{jika konsumen } i \text{ memilih } bundle \text{ dalam layanan } j \\ 0, & \text{jika konsumen } i \text{ tidak memilih } bundle \text{ dalam layanan } j \end{cases}$
Y_j	: $\begin{cases} 1, & \text{jika penyedia layanan menawarkan } bundle \text{ dari layanan } j \\ 0, & \text{jika penyedia layanan tidak menawarkan } bundle \text{ dari layanan } j \end{cases}$
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
α_{ij}	: Faktor biaya linier dalam pengguna i dan kelas j
T_l	: 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
\tilde{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 4.6 sampai Tabel 4.8 berikut :

Tabel 5.9 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 (α_1)	0,1
Harga dasar untuk kelas 2 (α_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 5.10 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 5.11 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Konsumen Homogen

Parameter	Nilai		
	<i>Flate 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 5.12 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Konsumen Heterogen

Parameter	Nilai		
	<i>Flate 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.

5.3 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 (2.1),(2.5) dan Kendala (2.1a) sampai Kendala (2.1i) ditambah Kendala (2.5a) sampai Kendala (2.5h) dengan dengan mensubstitusikan nilai parameter pada Tabel 5.9.

Berdasarkan fungsi objektif pada Persamaan (2.1) dan (2.5), maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Maks R} &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (P_j - B_j)X_{ij} - \sum_{j=1}^2 MY_j + \sum_j \sum_i (PR_{ij} \pm PQ_{ij}) \\
 &= ((P_1 - 300)X_{11} + (P_1 - 300)X_{21} + (P_2 - 500)X_{12} + (P_2 - \\
 &\quad 500)X_{22} - (200Y_1 + 200Y_2) + (0,5 + PQ_{11}) + (0,6 + PQ_{12}) + \\
 &\quad (0,4 + PQ_{21}) + (0,7 + PQ_{22}))
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

dengan Kendala (2.1a) didapat :

$$S_1 \geq (R_{11} - P_1)Y_1$$

$$S_1 \geq (R_{12} - P_2)Y_2$$

$$S_2 \geq (R_{21} - P_1)Y_1$$

$$S_2 \geq (R_{22} - P_2)Y_2 \tag{5.2}$$

dengan Kendala (2.1b) didapat :

$$\begin{aligned}
S_1 &= (R_{11} - P_1)X_{11} + (R_{12} - P_2)X_{12} \\
S_2 &= (R_{21} - P_1)X_{21} + (R_{22} - P_2)X_{22}
\end{aligned}
\tag{5.3}$$

dengan Kendala (2.1c) didapat :

$$\begin{aligned}
(R_{11} - P_1)X_{11} &\geq 0 \\
(R_{12} - P_2)X_{12} &\geq 0 \\
(R_{21} - P_1)X_{21} &\geq 0 \\
(R_{22} - P_2)X_{22} &\geq 0
\end{aligned}
\tag{5.4}$$

dengan Kendala (2.1d) didapat :

$$\begin{aligned}
(X_{11} + X_{12}) &\leq 1 \\
(X_{21} + X_{22}) &\leq 1
\end{aligned}
\tag{5.5}$$

dengan Kendala (2.1e) didapat :

$$\begin{aligned}
X_{11} &\leq Y_1 \\
X_{21} &\leq Y_1 \\
X_{12} &\leq Y_2 \\
X_{22} &\leq Y_2
\end{aligned}
\tag{5.6}$$

dengan Kendala (2.1f) didapat :

$$\begin{aligned}
S_1 &\geq 0 \\
S_2 &\geq 0
\end{aligned}
\tag{5.7}$$

dengan Kendala (2.1g) didapat :

$$\begin{aligned}
P_1 &\geq 0 \\
P_2 &\geq 0
\end{aligned}
\tag{5.8}$$

dengan Kendala (2.5a) didapat :

$$\begin{aligned}
PQ_{12} &= \left(1 \pm \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{11}L_x \\
PQ_{12} &= \left(1 \pm \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{12}L_x \\
PQ_{21} &= \left(1 \pm \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{21}L_x \\
PQ_{22} &= \left(1 \pm \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{22}L_x
\end{aligned}$$

dimana :

$$Q_{bij} \text{ untuk } end\ to\ end\ delay \text{ yaitu } 350 \text{ dan } BER \text{ yaitu } 10^{-7} \quad (5.9)$$

dengan Kendala (2.5b) didapat :

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

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

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

$$PB_{22} = a_{22}(e - e^{-xB}) T_l / 100 \quad (5.10)$$

dengan Kendala (2.5c) didapat :

$$L_x = (e - e^{-xB}) \quad (5.11)$$

dengan Kendala (2.5d) didapat :

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

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

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

$$0,08 \leq a_{22} \leq 0,12 \quad (5.12)$$

dengan Kendala (2.5e) didapat :

$$50 \leq T_l \leq 1000 \quad (5.13)$$

dengan Kendala (2.5f) didapat :

$$0 \leq x \leq 1 \quad (5.14)$$

dengan Kendala (2.5g) didapat :

$$0,8 \leq B \leq 1,07 \quad (5.15)$$

dengan Kendala (2.5h) didapat :

$$a = 1 \quad (5.16)$$

5.3.1 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 untuk kasus-kasus model *bundling* dapat dilihat pada lampiran 1.

Berdasarkan persamaan yang ada pada Sub Bab 5.3 yaitu Persamaan (5.1) sampai Persamaan (5.16) diperoleh secara berturut-turut solusi dan nilai variabel dari kasus model original *bundling* yang ditampilkan pada Tabel 5.13a dan Tabel 5.13b.

Tabel 5.13a Solusi Optimal Model Original *Bundling* Internet *Wireless* untuk QoS *BER*

Solver Status	Case
---------------	------

	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>	$3,04664 \times 10^8$	618,133	601,821	602,19
<i>Infeasibility</i>	$4,1018 \times 10^{-12}$	0,000487435	0,000248924	$7,747 \times 10^8$
<i>Iterations</i>	50	52	56	45
<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>	$3,04664 \times 10^8$	618,133	601,821	602,19
<i>Steps</i>	1	1	1	1
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	34	34	34	34
<i>ER (Sec)</i>	1	0	1	1

Tabel 5.13b Solusi Optimal Model Original *Bundling* Internet Wireless untuk QoS End to end delay

<i>Solver Status</i>	Case			
	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>	632,743	632,569	601,806	601,806
<i>Infeasibility</i>	0,00048753	0,00048753	0,000135779	0,000135779
<i>Iterations</i>	54	55	54	54
<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>	632,743	632,569	601,806	601,806
<i>Steps</i>	1	1	1	1
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	34	34	34	34
<i>ER (Sec)</i>	0	0	1	0

Pada Tabel 4.13a dan Tabel 4.13b 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 5.13c Solusi Optimal Model Original *Bundling* Jaringan Internet Wireless untuk QoS End to end delay

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	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>	5432,55	5432,38	5401,62	5401,62
<i>Infeasibility</i>	$1,02227 \times 10^{-10}$	$6,27221 \times 10^{-005}$	$2,84217 \times 10^{-12}$	$2,84217 \times 10^{-12}$
<i>Iterations</i>	37	68	35	54
<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>	5432,55	5432,38	5401,62	5401,62
<i>Steps</i>	0	1	0	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	34	34	34	34
<i>ER (Sec)</i>	0	1	0	0

Tabel 5.13d Solusi Optimal Model Original *Bundling* Jaringan Internet *Wireless* untuk QoS *BER*

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	<i>PQ_{ij} increase x increase</i>	<i>PQ_{ij} increase x decrease</i>	<i>PQ_{ij} decrease x increase</i>	<i>PQ_{ij} 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>	$3,04669 \times 10^8$	5417,94	5401,62	5402
<i>Infeasibility</i>	$1,13687 \times 10^{-13}$	$1,13687 \times 10^{-13}$	$2,84217 \times 10^{-12}$	$9,66338 \times 10^{-12}$
<i>Iterations</i>	36	66	35	38
<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>	$3,04669 \times 10^8$	5417,94	5401,62	5402
<i>Steps</i>	0	0	0	0
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	34	34	34	34
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	1

Pada Tabel 4.13c dan Tabel 4.13d solusi optimal yang diperoleh sebesar $3,04669 \times 10^8$ yaitu pada model *bundling wireless* original dengan QoS Attribute *BER* (Bit Error Rate) yang diperoleh melalui 36 iterasi dengan nilai *Infeasibility* sebesar $1,13687 \times 10^{-13}$. Metode yang digunakan dalam kasus ini adalah *Branch and bound* dengan nilai objektif $3,04669 \times 10^8$. 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 0 detik.

5.4 Model *Improved Bundling* Internet *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Data *Traffic Sisfo*

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).

5.4.1 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 pada Tabel 5.11, maka akan dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada fungsi objektif (2.1), (2.2) dan (2.3) dengan Kendala (2.1a) sampai (2.1i) dan (2.2a) sampai (2.2d), serta fungsi objektif (2.5) dengan Kendala (2.5a) sampai (2.5s).

Berdasarkan fungsi objektif (2.1), (2.2) dan (2.3) didapat :

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

dengan Kendala (2.1a) sampai (2.1i).

diikuti dengan Kendala (2.2a) didapat :

$$X \leq 53,72 Z \quad (4.17)$$

dengan Kendala (2.2b) didapat :

$$Y \leq 59,57 Z \quad (4.18)$$

dengan Kendala (2.2c) didapat :

$$X^a Y^b - P_x X - P_y Y - PZ \geq 0 \quad (4.19)$$

dengan Kendala (2.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (4.20)$$

diikuti dengan Kendala (2.5a) sampai (2.5s). Pada Kendala (2.5a), 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 bandwidth nilai Q_{bij} yaitu 2000, jika 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 :

$$P_X = 0 \quad (4.21)$$

$$P_Y = 0 \quad (4.22)$$

$$P > 0 \quad (4.23)$$

Jika skema pembiayaannya *Usage based* ditambahkan Kendala :

$$P_X > 0 \quad (4.24)$$

$$P_Y > 0 \quad (4.25)$$

$$P = 0 \quad (4.26)$$

Jika Skema pembiayaannya *Two part tariff* ditambahkan Kendala :

$$P_X > 0 \quad (4.27)$$

$$P_Y > 0 \quad (4.28)$$

$$P > 0 \quad (4.29)$$

5.4.2 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 5.14 seperti berikut:

Tabel 5.14 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} 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	633,343	633,169	633,343	633,169
Infeasibility	0,000114353	0,000114353	0,000114353	0,000114353
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

<i>ER (Sec)</i>	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 0,000114353. *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 0,000114353. *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.

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 5.15 seperti berikut:

Tabel 5.15 Solusi Model Improved Bundling wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas 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>	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
<i>State</i>	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
<i>Objective</i>	633,343	633,169	633,343	633,169
<i>Infeasibility</i>	0,000114353	0,000114353	0,000114353	0,000114353
<i>Iterations</i>	94	92	94	92
<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>	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>	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 0,000114353. *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 92 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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.

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 5.16 seperti berikut:

Tabel 5.16 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} 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	633,343	633,169	633,343	633,169
Infeasibility	0,000114353	0,000114353	0,000114353	0,000114353
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)	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 0,000114353. *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 0,000114353. *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.

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 5.17 seperti berikut:

Tabel 5.17 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} 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	$3,04664 \times 10^{08}$	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
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04664 \times 10^{08}$	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.

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 5.18 seperti berikut :

Tabel 5.18 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} 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	$3,04664 \times 10^8$	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.

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 5.19 seperti berikut :

Tabel 5.19 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} 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	$3,04664 \times 10^8$	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)	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.

g. QoS Attribute Bandwidth pada Skema Pembiayaan Flat Fee

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute *Bandwidth* 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 5.20 seperti berikut :

Tabel 5.19 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan Flat Fee

Solver Status	Kasus			
	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	633,272	633,241	633,241	633,241
Infeasibility	0,000114353	0,000114353	0,000114353	0,000114353
Iterations	90	90	90	90
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,272	633,241	633,241	633,241
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	47	47	47	47
ER (Sec)	1	0	1	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,272 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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 dan kasus III *ER* yaitu 1 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,241 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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.

h. QoS Attribute Bandwidth pada Skema Pembiayaan Usage Based

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen homogen berdasarkan QoS attribute Bandwidth 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 5.21 seperti berikut :

Tabel 5.21 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan Usage Based

Solver Status	Kasus			
	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	633,272	633,241	633,241	633,241
Infeasibility	0,000114353	0,000114353	0,000114353	0,000114353
Iterations	92	92	92	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>	633,272	633,241	633,241	633,241
<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>	1	1	1	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,272 yang didapatkan melalui 92 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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 dan kasus III *ER* yaitu 1 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,241 yang didapatkan melalui 92 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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.

i. QoS Attribute Bandwidth pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute bandwidth* 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 5.22 seperti berikut :

Tabel 5.22 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Kasus Homogen pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	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>	633,272	633,241	633,241	633,241
<i>Infeasibility</i>	0,000114353	0,000114353	0,000114353	0,000114353
<i>Iterations</i>	90	90	90	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>	633,272	633,241	633,241	633,241
<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	0	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,272 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353..

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 dan kasus III *ER* yaitu 0 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,241 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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.

5.5 Model *Improved Bundling Internet Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas untuk Konsumen Heterogen pada Data *Traffic*

5.5.1 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 5.9, maka akan dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada fungsi objektif (2.1), (2.2) dan (2.3) dengan Kendala (2.1a) sampai (2.1i) dan (2.2a) sampai (2.2d), serta fungsi objektif (2.5) dengan Kendala (2.5a) sampai (2.5s).

Berdasarkan fungsi objektif (2.1), (2.2) dan (2.3) 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 (2.1a) sampai (2.1i).

diikuti dengan Kendala (2.2a) didapat :

$$\begin{aligned} X_1 & \leq 53,72 Z_1 \\ X_2 & \leq 33,02 Z_2 \end{aligned} \tag{5.30}$$

dengan Kendala (2.2b) didapat :

$$\begin{aligned} Y_1 & \leq 59,57 Z_1 \\ Y_2 & \leq 46,71 Z_2 \end{aligned} \tag{5.31}$$

dengan Kendala (2.2c) didapat :

$$X_1^3 Y_1^2 - X_2^3 Y_2^2 + P_x X_1 + P_x X_2 + P_y Y_1 + P_y Y_2 + PZ_1 + PZ_2 \geq 0 \tag{5.32}$$

dengan Kendala (2.2d) didapat :

$$Z = 1 \tag{5.33}$$

diikuti dengan Kendala (2.5a) sampai (2.5s). Pada Kendala (2.5a), 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 (5.21) sampai Kendala (5.23).

Jika skema pembiayaannya *Usage based* ditambahkan Kendala (5.24) sampai Kendala (5.26).

Jika skema pembiayaannya *Two part tariff* ditambahkan Kendala (5.27) sampai Kendala (5.29).

5.5.2 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 5.23 seperti berikut:

Tabel 5.23 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee*

Solver Status	Kasus			
	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	633,343	633,169	633,343	633,169

<i>Infeasibility</i>	0,000114353	0,000114353	0,000114353	0,000114353
<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>	48	48	48	48
<i>ER (Sec)</i>	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 0,000114353. *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 0,000114353. *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.

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 5.24 seperti berikut:

Tabel 5.24 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Usage based

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	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>	633,344	633,17	633,344	633,17
<i>Infeasibility</i>	0,000168732	0,000168732	0,000168732	0,000168732
<i>Iterations</i>	86	86	86	86
<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>	633,344	633,17	633,344	633,17
<i>Steps</i>	1	1	1	1
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	48	48	48	48

<i>ER (Sec)</i>	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 0,000168732. *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 0,000168732. *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.

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 5.25 seperti berikut:

Tabel 5.25 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff*

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	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>	633,344	633,17	633,344	633,17
<i>Infeasibility</i>	0,000168732	0,000168732	0,000168732	0,000168732
<i>Iterations</i>	84	84	84	84
<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>	633,344	633,17	633,344	633,17
<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>	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 0,000168732. *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 0,000168732. *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.

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 5.26 seperti berikut:

Tabel 5.26 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Flat Fee

Solver Status	Kasus			
	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	$3,04664 \times 10^8$	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)	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.

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 5.27 seperti berikut :

Tabel 5.27 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Usage based

Solver Status	Kasus			
	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	$3,04664 \times 10^8$	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	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.

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 5.28 seperti berikut :

Tabel 5.28 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff

Solver Status	Kasus			
	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	$3,04664 \times 10^8$	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.

g. QoS Attribute Bandwidth pada Skema Pembiayaan Flat Fee

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS attribute bandwidth 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 5.29 seperti berikut :

Tabel 5.29 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee*

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	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>	633,272	633,241	633,272	633,241
<i>Infeasibility</i>	0,000114353	0,000114353	0,000114353	0,000114353
<i>Iterations</i>	90	90	90	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>	633,272	633,241	633,272	633,241
<i>Steps</i>	1	1	1	1
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	48	48	48	48
<i>ER (Sec)</i>	1	1	1	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,272 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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 633,241 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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.

h. QoS Attribute Bandwidth pada Skema Pembiayaan *Usage Based*

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute bandwidth* 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 5.30 seperti berikut :

Tabel 5.30 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based*

<i>Solver Status</i>	Kasus
----------------------	-------

	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>	633,272	633,241	633,272	633,241
<i>Infeasibility</i>	0,000168732	0,000168732	0,000168732	0,000168732
<i>Iterations</i>	84	85	84	85
<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>	633,272	633,241	633,272	633,241
<i>Steps</i>	1	1	1	1
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	48	48	48	48
<i>ER (Sec)</i>	1	1	1	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,272 yang didapatkan melalui 84 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000168732. *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 633,241 yang didapatkan melalui 85 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000168732. *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.

i. QoS Attribute Bandwidth pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff

Solusi model *improved bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb Douglas untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS attribute bandwidth 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 5.31 seperti berikut :

Tabel 5.31 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb Douglas Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	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>	633,272	633,241	633,272	633,241
<i>Infeasibility</i>	0,000168732	0,000168732	0,000168732	0,000168732
<i>Iterations</i>	82	83	82	83
<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>	633,272	633,241	633,272	633,241
<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	1	0	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,272 yang didapatkan melalui 82 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000168732. *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 dan 0 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,241 yang didapatkan melalui 83 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000168732. *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 dan 0 detik.

5.6 Model *Bundling Internet Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier

Konsumen Homogen

5.6.1 Model untuk Konsumen Homogen

Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 4.9, maka akan dibuat model *bundling wireless* pada konsumen homogen didasarkan pada fungsi objektif (2.1), (2.2) dan (2.3) dengan Kendala (2.1a) sampai Kendala (2.1i) dan Kendala (2.2a) sampai Kendala (2.2d), serta fungsi objektif (2.5) dengan Kendala (2.5a) sampai Kendala (2.5s).

Berdasarkan fungsi objektif (2.1), (2.2) dan (2.3) 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 (2.1a) sampai Kendala(2.1i).

diikuti dengan Kendala (2.2a) didapat :

$$X_1 \leq 53,72 Z_1 \quad (5.43)$$

dengan Kendala (2.2b) didapat :

$$Y_1 \leq 59,57 Z_1 \quad (5.44)$$

dengan Kendala (2.2c) didapat :

$$(4X + Y^3) + P_x X + P_y Y + PZ \geq 0 \quad (5.45)$$

dengan Kendala (2.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (5.46)$$

diikuti dengan Kendala (2.5a) sampai Kendala (2.5s). Pada Kendala (2.5a), 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 *Bandwidth* nilai Q_{bij} yaitu 2000, 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 (5.21) sampai Kendala (5.23).

Jika skema pembiayaannya *Usage based* ditambahkan Kendala (5.24) sampai Kendala (5.26).

Jika skema pembiayaannya *Two part tariff* ditambahkan Kendala (5.27) sampai Kendala (5.29).

5.6.2 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 5.32 seperti berikut:

Tabel 5.32 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee*

Solver Status	Kasus			
	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

<i>Objective</i>	633,343	633,169	633,343	633,169
<i>Infeasibility</i>	0,000114354	0,000114354	0,000114354	0,000114354
<i>Iterations</i>	87	89	87	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>	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	0	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,343 yang didapatkan melalui 87 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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 0,000114353. *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.

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 5.33 seperti berikut :

Tabel 5.33 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan Usage Based

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	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>	633,343	633,169	633,343	633,169
<i>Infeasibility</i>	0,000114353	0,000114353	0,000114353	0,000114353
<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 0,000114353. *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 0,000114353. *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.

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 5.34 seperti berikut:

Tabel 5.34 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	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>	633,343	633,169	633,343	633,169
<i>Infeasibility</i>	0,000114353	0,000114353	0,000114353	0,000114353
<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>	47	47	47	47
<i>ER (Sec)</i>	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 0,000114353. *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 0,000114353. *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.

d. QoS Attribute BER(Bit Error Rate) pada Skema Pembiayaan Flat 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 5.35 seperti berikut:

Tabel 5.35 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan Flat Fee

Solver Status	Kasus			
	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	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
Infeasibility	$5,14568 \times 10^{-7}$	0,000114353	$5,14568 \times 10^{-7}$	0,000114353
Iterations	62	87	62	87
<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	1	1	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 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 87 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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.

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 5.36 seperti berikut :

Tabel 5.36 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based*

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	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>	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
<i>Infeasibility</i>	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
<i>Iterations</i>	51	90	51	90
<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>	$3,04664 \times 10^8$	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>	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.

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 5.37 seperti berikut :

Tabel 5.37 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff*

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	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>	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
<i>Infeasibility</i>	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
<i>Iterations</i>	49	88	49	88
<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>	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.

g. QoS Attribute Bandwidth pada Skema Pembiayaan Flat Fee

Solusi model *improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute bandwidth* 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 5.38 seperti berikut :

Tabel 5.38 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan Flat Fee

Solver Status	Kasus			
	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	633,272	633,272	633,272	633,272
Infeasibility	0,000114354	0,000114354	0,000114354	0,000114354
Iterations	89	89	89	89
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,272	633,272	633,272	633,272
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	47	47	47	47
ER (Sec)	0	1	1	0

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,272 yang didapatkan melalui 89 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114354. *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 III yaitu 1 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,272 yang didapatkan melalui 89 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114354. *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 dan 0 detik.

h. QoS Attribute Bandwidth pada Skema Pembiayaan Usage Based

Solusi model *improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen homogen berdasarkan QoS *attribute bandwidth* 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 5.39 seperti berikut :

Tabel 5.39 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan Usage Based

Solver Status	Kasus			
	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	633,272	633,272	633,272	633,272
Infeasibility	0,000114353	0,000114353	0,000114353	0,000114353
Iterations	92	92	92	92
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,272	633,272	633,272	633,272
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 633,272 yang didapatkan melalui 92 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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 1 detik sedangkan *ER* untuk kasus III 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 1 detik.

i. QoS Attribute Bandwidth 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 5.40 seperti berikut :

Tabel 5.40 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff*

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	<i>PQ_{ij}</i> increase <i>x</i> increase	<i>PQ_{ij}</i> increase <i>x</i> decrease	<i>PQ_{ij}</i> decrease <i>x</i> increase	<i>PQ_{ij}</i> decrease <i>x</i> decrease
<i>Model Class</i>	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
<i>State</i>	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
<i>Objective</i>	633,272	633,272	633,272	633,272
<i>Infeasibility</i>	0,000114353	0,000114353	0,000114353	0,000114353
<i>Iterations</i>	90	90	90	90
<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>	633,272	633,272	633,272	633,272
<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	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,272 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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 III yaitu 1 detik.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,272 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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 kasus II 0 detik sedangkan *ER* untuk kasus IV yaitu 1 detik.

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

5.7.1 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 (2.1), (2.2) dan (2.3) dengan Kendala (2.1a) sampai Kendala(2.1i) dan

Kendala(2.2a) sampai Kendala(2.2d), serta fungsi objektif (2.5) dengan Kendala (2.5a) sampai Kendala(2.5s).

Berdasarkan fungsi objektif (2.1), (2.2) dan (2.3) 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 (2.1a) sampai (2.1i).

diikuti dengan Kendala (2.2a) didapat :

$$\begin{aligned} X_1 & \leq 53,72 Z_1 \\ X_2 & \leq 33,02 Z_2 \end{aligned} \tag{4.56}$$

dengan Kendala (2.2b) didapat :

$$\begin{aligned} Y_1 & \leq 59,57 Z_1 \\ Y_2 & \leq 46,71 Z_2 \end{aligned} \tag{4.57}$$

dengan Kendala (2.2c) didapat :

$$(3X_1 + Y_1^2) - (3X_2 + Y_2^2) + P_x X_1 + P_x X_2 + P_y Y_1 + P_y Y_2 + PZ_1 + PZ_2 \geq 0 \tag{4.58}$$

dengan Kendala (2.2d) didapat :

$$Z = 1 \tag{4.59}$$

diikuti dengan Kendala (2.5a) sampai (2.5s). Pada Kendala (2.5a), 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 (4.21) sampai Kendala (4.23).

Jika skema pembiayaannya Usage based ditambahkan Kendala (4.24) sampai Kendala (4.26).

Jika skema pembiayaannya *Two Part tariff* ditambahkan Kendala (4.27) sampai Kendala (4.29).

5.7.2 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 5.41 seperti berikut:

Tabel 5.41 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Flat Fee*

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	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>	633,343	633,169	633,343	633,169
<i>Infeasibility</i>	0,000114353	0,000114353	0,000114353	0,000114353
<i>Iterations</i>	92	90	92	90
<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>	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 0,000114353. *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.

Pada kasus II dan IV solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,169 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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.

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_{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 5.42 seperti berikut :

Tabel 5.42 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Usage Based

Solver Status	Kasus			
	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	633,344	633,17	633,344	633,17
Infeasibility	0,000168732	0,000168732	0,000168732	0,000168732
Iterations	86	86	86	86
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)	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 0,000168732. *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 0,000168732. *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.

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 5.43 seperti berikut :

Tabel 5.43 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Two Part Tariff*

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	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>	633,344	633,17	633,344	633,17
<i>Infeasibility</i>	0,000168732	0,000168732	0,000168732	0,000168732
<i>Iterations</i>	84	84	84	84
<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>	633,344	633,17	633,344	633,17
<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	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 0,000168732. *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 0,000168732 *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.

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 5.44 seperti berikut :

Tabel 5.44 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_{ij}</i> increase <i>x</i> increase	<i>PQ_{ij}</i> increase <i>x</i> decrease	<i>PQ_{ij}</i> decrease <i>x</i> increase	<i>PQ_{ij}</i> decrease <i>x</i> 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>	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
<i>Infeasibility</i>	$5,14568 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$5,14568 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
<i>Iterations</i>	62	88	62	88
<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>	49	49	49	49
<i>ER (Sec)</i>	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.

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 5.45 seperti berikut :

Tabel 5.45 Solusi Model *Improved Bundling Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan *Usage Based*

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	<i>PQ_{ij}</i> increase <i>x</i> increase	<i>PQ_{ij}</i> increase <i>x</i> decrease	<i>PQ_{ij}</i> decrease <i>x</i> increase	<i>PQ_{ij}</i> decrease <i>x</i> 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>	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
<i>Infeasibility</i>	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
<i>Iterations</i>	51	90	51	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>	$3,04664 \times 10^8$	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>	49	49	49	49
<i>ER (Sec)</i>	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.

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 5.46 seperti berikut :

Tabel 5.46 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	<i>PQ_{ij} increase x increase</i>	<i>PQ_{ij} increase x decrease</i>	<i>PQ_{ij} decrease x increase</i>	<i>PQ_{ij} 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>	$3,04664 \times 10^8$	618,733	$3,04664 \times 10^8$	618,733
<i>Infeasibility</i>	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$	$4,04475 \times 10^{-7}$	$7,9831 \times 10^{-6}$
<i>Iterations</i>	49	88	49	88
<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>	49	49	49	49
<i>ER (Sec)</i>	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.

g. QoS Attribute Bandwidth pada Skema Pembiayaan Flat Fee

Solusi model *improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute bandwidth* 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 5.47 seperti berikut:

Tabel 5.47 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Flat Fee

<i>Solver Status</i>	Kasus			
	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>	633,272	633,241	633,272	633,241
<i>Infeasibility</i>	0,000114353	0,000114353	0,000114353	0,000114353
<i>Iterations</i>	90	90	90	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>	633,272	633,241	633,272	633,241
<i>Steps</i>	1	1	1	1
<i>Update Interval</i>	2	2	2	2
<i>GMU (K)</i>	48	48	48	48
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,272 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353.

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 633,241 yang didapatkan melalui 90 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000114353. *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.

h. QoS Attribute Bandwidth pada Skema Pembiayaan Usage Based

Solusi model *improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute bandwidth* 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 5.48 seperti berikut :

Tabel 5.48 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Uasge Based

Solver Status	Kasus			
	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	633,272	633,241	633,272	633,241
Infeasibility	0,000168732	0,000168732	0,000168732	0,000168732
Iterations	84	85	84	85
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,272	633,241	633,272	633,241
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 633,272 yang didapatkan melalui 84 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000168732. *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 633,241 yang didapatkan melalui 85 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000168732. *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 untuk kasus II dan 0 detik untuk kasus IV.

i. QoS Attribute Bandwidth pada Skema Pembiayaan Two Part tariff

Solusi model *improved bundling wireless* berdasarkan fungsi utilitas Quasi Linier untuk konsumen heterogen berdasarkan QoS *attribute bandwidth* 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 5.49 seperti berikut :

Tabel 5.49 Solusi Model Improved Bundling Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen pada Skema Pembiayaan Two Part Tariff

Solver Status	Kasus			
	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	633,272	633,241	633,272	633,241
Infeasibility	0,000168732	0,000168732	0,000168732	0,000168732
Iterations	82	83	82	83
Extended Solver Status				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	633,272	633,241	633,272	633,241
Steps	1	1	1	1
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	49	49	49	49
ER (Sec)	0	0	0	1

Pada kasus I dan kasus III solusi optimal yang diperoleh adalah sebesar 633,272 yang didapatkan melalui 82 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000168732. *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 633,241 yang didapatkan melalui 83 iterasi dengan *infeasibility* bernilai 0,000168732. *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.

5.8 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 (2.1), (2.2), dan (2.3) dengan kendala (2.1a) sampai (2.1i) dan (2.2a) sampai (2.2d), serta fungsi objektif (2.5) dengan kendala (2.5a) sampai (2.5s).

Berdasarkan Fungsi Objektif (2.1), (2.2), dan (2.3) diperoleh:

$$\text{Maks R} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^2 M Y_j - (6X + 5Y - P_X X - P_Y Y - PZ) + \sum_j \sum_i (P R_{ij} \pm P Q_{ij} + \alpha_j Z_{ij} + W_j \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{m_j}})$$

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

Dengan Kendala (2.1a) sampai (2.1i) di ikuti Kendala (2.2a) 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:

$$Z=1$$

Jika *flat fee* ditambah dengan kendala :

$$P_x = 0$$

$$P_y = 0$$

$$P > 0$$

Jika *usage based* ditambah dengan kendala :

$$P_x > 0$$

$$P_y > 0$$

$$P = 0$$

Jika *two-part tariff* ditambah dengan kendala :

$$P_x > 0$$

$$P_y > 0$$

$$P > 0$$

diikuti dengan Kendala (2.5a) sampai (2.5s). Pada Kendala (2.5a), 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 :

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

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}

5.8.1 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 5.50 seperti berikut:

Tabel 5.50 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* untuk Kasus Homogen

<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>	$2,52909 \times 10^{-8}$	$2,52913 \times 10^{-8}$	$2,84217 \times 10^{-8}$	$3,29692 \times 10^{-8}$
<i>Iterations</i>	80	76	62	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 5.38 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 5.51 seperti berikut:

Tabel 5.51 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 5.39 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 5.52 seperti berikut:

Tabel 5.52 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</i>	<i>Branch and</i>	<i>Branch and</i>	<i>Branch and</i>

	<i>Bound</i>	<i>Bound</i>	<i>Bound</i>	<i>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 5.40 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 5.53 seperti berikut:

Tabel 5.53 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 5.41 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 5.54 seperti berikut:

Tabel 5.54 Solusi Model Improved Bundling untuk Jaringan Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Perfect Substitute 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	$3,63792 \times 10^{-13}$	$3,63792 \times 10^{-13}$	$2,84217 \times 10^{-12}$	$3,27419 \times 10^{-12}$
Iterations	67	66	66	69
<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)	47	47	47	47
ER (Sec)	0	0	0	0

Pada Tabel 5.42 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_{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 5.55 seperti berikut:

Tabel 5.55 Solusi Model Improved Bundling untuk Jaringan Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Perfect Substitute 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	$3,63792 \times 10^{-13}$	$3,63792 \times 10^{-13}$	$2,84217 \times 10^{-13}$	$3,27419 \times 10^{-13}$
Iterations	67	66	66	66
<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)	47	47	47	47
ER (Sec)	0	0	1	0

Pada Tabel 5.43 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.

5.9 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 5.9, maka akan dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada fungsi objektif (2.1), (2.2), dan (2.3) dengan kendala (2.1a) sampai (2.1i) dan (2.2a) sampai (2.2d), serta fungsi objektif (2.5) dengan kendala (2.5a) sampai (2.5s).

Berdasarkan Fungsi Objektif (2.1), (2.2), dan (2.3) diperoleh:

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

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

Dengan Kendala (2.1a) sampai (2.1i) di ikuti Kendala (2.2a) diperoleh:

$$X_1 \leq 4877,11$$

$$X_2 \leq 2709,70$$

Dengan Kendala (2.2b) diperoleh:

$$Y_1 \leq 727,73$$

$$Y_2 \leq 541,08$$

Dengan kendala (2.2c) diperoleh:

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

Dengan Kendala (2.2c) diperoleh:

$$Z=1$$

Jika *flat fee* ditambah dengan Kendala (5.21) sampai dengan (5.23)

Jika *usage based* ditambah dengan Kendala (5.24) sampai dengan (5.26)

Jika *two-part tariff* ditambah dengan Kendala (5.27) sampai dengan (5.29)

Di tambahkan dengan Kendala (2.5a) jika PQ_{ij} increase, x increase dan PQ_{ij} decrease x increase

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

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

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

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

dimana :

Q_{bij} untuk *end to end delay* yaitu 350 dan *BER* yaitu 10^{-7}

Dilanjutkan dengan Kendala (5.31) sampai dengan Kendala (5.48)

5.9.1 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 5.56 seperti berikut:

Tabel 5.56 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

<i>Infeasibility</i>	$5,43736 \times 10^{-8}$	$5,4376 \times 10^{-8}$	$2,50111 \times 10^{-8}$	$2,36469 \times 10^{-12}$
<i>Iterations</i>	81	81	68	67
<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>	5429,15	5428,98	5398,22	5398,22
<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	1

Pada Tabel 5.44 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 5.57 seperti berikut:

Tabel 5.57 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>	<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>	$2,96669 \times 10^{-5}$	$2,96669 \times 10^{-5}$	$1,98934 \times 10^{-11}$	$3,75258 \times 10^{-10}$
<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	0	0	0

Pada Tabel 5.45 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 5.58 seperti berikut:

Tabel 5.58 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 5.46 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 5.59 seperti berikut:

Tabel 5.59 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	$3,04 \times 10^8$	5414,54	5398,22	5398,6
Infeasibility	$3,63 \times 10^{-13}$	$1,13 \times 10^{-13}$	$2,50 \times 10^{-12}$	$2,81 \times 10^{-12}$
Iterations	68	67	68	70
<i>Extended Solver Status</i>				
Solver Type	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound	Branch and Bound
Best Objective	$3,04 \times 10^8$	5414,54	5398,22	5398,6
Steps	0	0	0	0
Update Interval	2	2	2	2
GMU (K)	49	49	49	49
ER (Sec)	1	0	0	0

Pada Tabel 5.47 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 5.60 seperti berikut:

Tabel 5.60 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	$3,04669 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,6
Infeasibility	$1,13687 \times 10^{-13}$	$3,63792 \times 10^{-13}$	$1,98934 \times 10^{-11}$	$1,98934 \times 10^{-11}$
Iterations	68	68	62	65
<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)	1	0	0	1

Pada Tabel 5.48 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 I 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 5.49 seperti berikut:

Tabel 5.61 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>	$3,04669 \times 10^8$	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>	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	0

Pada Tabel 5.49 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.

5.10 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 5.6, maka akan dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada fungsi objektif (2.1), (2.2), dan (2.3) dengan kendala (2.1a) sampai (2.1i) dan (2.2a) sampai (2.2d), serta fungsi objektif (2.5) dengan kendala (2.5a) sampai (2.5s).

Berdasarkan Fungsi Objektif (2.1), (2.2), dan (2.3) diperoleh:

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

$$\begin{aligned} \text{Maks R} = & ((P_1 - 200) X_{11} + (P_1 - 200) X_{21} + (P_2 - 15) X_{12} + (P_2 - 15) X_{22} - (200Y_1 \\ & + 200Y_2) - (U_0 + 6 \ln \frac{X+1}{X_m+1} + 5 \ln \frac{Y+1}{Y_m+1} - P_X X - P_Y Y - PZ) \\ & + \left(0,5 \pm P Q_{11} + 0,1 \cdot Z_{11} + W_1 \log \frac{\tilde{X}_{11}}{L_{m_1}} \right) \\ & + \left(0,6 \pm P Q_{12} + 0,2 \cdot Z_{12} + W_2 \log \frac{\tilde{X}_{12}}{L_{m_2}} \right) \\ & + \left(0,4 \pm P Q_{21} + 0,1 \cdot Z_{21} + W_1 \log \frac{\tilde{X}_{21}}{L_{m_1}} \right) \\ & + \left(0,7 \pm P Q_{22} + 0,2 \cdot Z_{22} + W_2 \log \frac{\tilde{X}_{22}}{L_{m_2}} \right) \end{aligned}$$

Dengan Kendala (2.1a) sampai (2.1i) di ikuti Kendala (2.2a) 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:

$$Z=1$$

Jika *flat fee* ditambah dengan kendala :

$$P_x = 0$$

$$P_y = 0$$

$$P > 0$$

Jika *usage based* ditambah dengan kendala :

$$P_x > 0$$

$$P_y > 0$$

$$P = 0$$

Jika *two-part tariff* ditambah dengan kendala :

$$P_x > 0$$

$$P_y > 0$$

$$P > 0$$

Di tambahkan dengan Kendala (2.5a) jika PQ_{ij} increase, x increase dan PQ_{ij} decrease x increase

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

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

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

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

dimana :

Q_{bij} untuk *end to end delay* yaitu 350 dan *BER* yaitu 10^{-7}

Dengan Kendala (2.5b):

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

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

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

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

Dengan Kendala (2.5c):

$$L_x = (e - e^{-xB})$$

Dengan Kendala (2.5d):

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

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

$$0,07 \leq a_{12} \leq 0,13$$

$$0,08 \leq a_{12} \leq 0,12$$

Dengan Kendala (2.5e):

$$50 \leq T_l \leq 1000$$

Dengan Kendala (2.5f):

$$0 \leq x \leq 1$$

Dengan Kendala (2.5g):

$$0.8 \leq B \leq 1.07$$

Dengan Kendala (2.5h):

$$a = 1$$

Dilanjutkan dengan Kendala (2.5i)

$$\tilde{X}_{11} + \tilde{X}_{12} + \tilde{X}_{21} + \tilde{X}_{22} \leq 1024$$

Dengan Kendala (2.5j):

$$\tilde{X}_{11} \geq L_{m_1} - (1 - Z_{11})$$

$$\tilde{X}_{12} \geq L_{m_2} - (1 - Z_{12})$$

$$\tilde{X}_{21} \geq L_{m_1} - (1 - Z_{21})$$

$$\tilde{X}_{22} \geq L_{m_2} - (1 - Z_{22})$$

Dengan Kendala (2.5k):

$$W_1 \leq W_{11} + (1 - Z_{11})$$

$$W_2 \leq W_{12} + (1 - Z_{12})$$

$$W_1 \leq W_{21} + (1 - Z_{21})$$

$$W_2 \leq W_{22} + (1 - Z_{22})$$

Dengan Kendala (2.5l):

$$\tilde{X}_{11} \geq V_1 - (1 - Z_{11})$$

$$\tilde{X}_{12} \geq V_1 - (1 - Z_{12})$$

$$\tilde{X}_{21} \geq V_2 - (1 - Z_{21})$$

$$\tilde{X}_{22} \geq V_2 - (1 - Z_{22})$$

Dengan Kendala (2.5m):

$$\tilde{X}_{11} \geq X_1 - (1 - Z_{11})$$

$$\tilde{X}_{12} \geq X_2 - (1 - Z_{12})$$

$$\tilde{X}_{21} \geq X_1 - (1 - Z_{21})$$

$$\tilde{X}_{22} \geq X_2 - (1 - Z_{22})$$

Dengan Kendala (2.5n):

$$\tilde{X}_{11} \geq Z_{11}$$

$$\tilde{X}_{12} \geq Z_{12}$$

$$\tilde{X}_{21} \geq Z_{21}$$

$$\tilde{X}_{22} \geq Z_{22}$$

Dengan Kendala (2.5o):

$$\tilde{X}_{11} \geq 0$$

$$\tilde{X}_{12} \geq 0$$

$$\tilde{X}_{21} \geq 0$$

$$\tilde{X}_{22} \geq 0$$

Dengan Kendala (2.5p):

$$L_{m_1} \geq 0.01$$

$$L_{m_2} \geq 0.01$$

Dengan Kendala (2.5q):

$$W_1 \geq 0$$

$$W_2 \geq 0$$

Dengan Kendala (2.5r):

$$\tilde{X}_{11} \leq X_1$$

$$\tilde{X}_{12} \leq X_2$$

$$\tilde{X}_{21} \leq X_1$$

$$\tilde{X}_{22} \leq X_{12}$$

Dengan Kendala (2.5s):

$$Z_{11} = \begin{cases} 1, & \text{pengguna 1 berada di kelas 1} \\ 0, & \text{pengguna 1 tidak berada di kelas 1} \end{cases}$$

$$Z_{12} = \begin{cases} 1, & \text{pengguna 1 berada di kelas 2} \\ 0, & \text{pengguna 1 tidak berada di kelas 2} \end{cases}$$

$$Z_{21} = \begin{cases} 1, & \text{pengguna 2 berada di kelas 1} \\ 0, & \text{pengguna 2 tidak berada di kelas 1} \end{cases}$$

$$Z_{22} = \begin{cases} 1, & \text{pengguna 2 berada di kelas 2} \\ 0, & \text{pengguna 2 tidak berada di kelas 2} \end{cases}$$

5.10.1 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 5.62 seperti berikut:

Tabel 5.62 Solusi Model *Improved Bundling* untuk Jaringan *Wireless* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* untuk Kasus Homogen

<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	49	49	48
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	0

Pada Tabel 5.62 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 kasus 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 5.63 seperti berikut:

Tabel 5.63 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 5.63 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 5.64 seperti berikut:

Tabel 5.64 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 5.64 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 5.53 seperti berikut:

Tabel 5.65 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
Model Class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	$3,04 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,6
Infeasibility	$1,13 \times 10^{-13}$	$1,13 \times 10^{-13}$	$1,13 \times 10^{-12}$	$1,13 \times 10^{-12}$
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	$3,04 \times 10^8$	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	1	0

Pada Tabel 5.53 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 5.66 seperti berikut:

Tabel 5.66 Solusi Model Improved Bundling untuk Jaringan Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Bandwidth untuk Konsumen Homogen pada Skema pembiayaan Usage Based

<i>Solver Status</i>	<i>Perubahan Biaya (PQ_{ij}) dan Perubahan Nilai (x)</i>			
	<i>PQ_{ij} increase x increase</i>	<i>PQ_{ij} increase x decrease</i>	<i>PQ_{ij} decrease x increase</i>	<i>PQ_{ij} 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>	$3,04669 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,6
<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>	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>	$3,04669 \times 10^8$	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>	0	0	0	1

Pada Tabel 5.66 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 5.67 seperti berikut:

Tabel 5.67 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>	$3,04669 \times 10^8$	5418,54	5402,22	5402,6
<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>	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>	$3,04669 \times 10^8$	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>	49	49	49	49
<i>ER (Sec)</i>	0	0	0	0

Pada Tabel 5.67 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.

5.11 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 5.9, maka akan dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada fungsi objektif (2.1), (2.2), dan (2.3) dengan kendala (2.1a) sampai (2.1i) dan (2.2a) sampai (2.2d), serta fungsi objektif (2.5) dengan kendala (2.5a) sampai (2.5s)

Berdasarkan Fungsi Objektif (2.1), (2.2), dan (2.3) diperoleh:

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

$$\begin{aligned} \text{Maks R} &= ((P_1 - 200) X_{11} + (P_1 - 200) X_{21} + (P_2 - 15) X_{12} + (P_2 - 15) X_{22} - \\ &(200Y_1 + 200Y_2) - (U_0 + 6 \ln \frac{X+1}{X_m+1} + 5 \ln \frac{Y+1}{Y_m+1} - P_X X - P_Y Y - PZ) + \\ &\left(0,5 \pm P Q_{11} + 0,1 \cdot Z_{11} + W_1 \log \frac{\tilde{X}_{11}}{L_{m_1}} \right) + \left(0,6 \pm P Q_{12} + 0,2 \cdot Z_{12} + \right. \\ &W_2 \log \frac{\tilde{X}_{12}}{L_{m_2}} \left. \right) + \left(0,4 \pm P Q_{21} + 0,1 \cdot Z_{21} + W_1 \log \frac{\tilde{X}_{21}}{L_{m_1}} \right) + \left(0,7 \pm P Q_{22} + 0,2 \cdot \right. \\ &Z_{22} + W_2 \log \frac{\tilde{X}_{22}}{L_{m_2}} \left. \right) \end{aligned}$$

Dengan Kendala (2.1a) sampai (2.1i) di ikuti Kendala (2.2a) diperoleh:

$$X_1 \leq 4877,11$$

$$X_2 \leq 2709,70$$

Dengan Kendala (2.2b) diperoleh:

$$Y_1 \leq 727,73$$

$$Y_2 \leq 541,08$$

Dengan kendala (2.2c) diperoleh:

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

Dengan Kendala (2.2c) diperoleh:

$$Z=1$$

Jika *flat fee* ditambah dengan Kendala (4.21) sampai dengan (4.23)

Jika *usage based* ditambah dengan Kendala (4.24) sampai dengan (4.26)

Jika *two-part tariff* ditambah dengan Kendala (4.27) sampai dengan (4.29)

Di tambahkan dengan Kendala (2.5a) jika PQ_{ij} increase, x increase dan PQ_{ij} decrease x increase

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

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

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

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

dimana :

Q_{bij} untuk *end to end delay* yaitu 350 dan *BER* yaitu 10^{-7}

Dilanjutkan dengan Kendala (4.31) sampai dengan Kendala (4.48)

5.11.1 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 5.68 seperti berikut:

Tabel 5.68 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

<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	0	0	1

Pada Tabel 5.68 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 5.69 seperti berikut:

Tabel 5.69 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 5.69 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 5.70 seperti berikut:

Tabel 5.70 Solusi Model Improved Bundling untuk Jaringan Wireless Berdasarkan Fungsi Utilitas Bandwidth 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>	5227,61	5227,43	5196,67	5196,67
<i>Infeasibility</i>	$3,90 \times 10^{-7}$	$6,23 \times 10^{-5}$	$7,66 \times 10^{-6}$	$7,66 \times 10^{-10}$
<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>	1	0	0	0

Pada Tabel 5.70 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 BER 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 5.71 seperti berikut:

Tabel 5.71 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>	$3,04 \times 10^8$	5213	5196,67	5197,05
<i>Infeasibility</i>	$1,13 \times 10^{-13}$	0,00040	$7,66 \times 10^{-6}$	$1,13 \times 10^{-13}$
<i>Iterations</i>	159	113	114	79
<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>	$3,04 \times 10^8$	5213	5196,67	5197,05
<i>Steps</i>	0	1	1	0
<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 5.71 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 BER 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 5.72 seperti berikut:

Tabel 5.72 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
<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)	1	0	1	1

Pada Tabel 5.72 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 BER 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 5.73 seperti berikut:

Tabel 5.73 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 5.73 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.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan beberapa poin sebagai berikut :

1. Model *bundling wireless* dengan QoS *attribute* yang menggunakan fungsi utilitas didalamnya menghasilkan skema pembiayaan yang lebih optimal bagi ISP.
2. Solusi yang lebih optimal dari model *bundling wireless* pada skema pembiayaan internet pada masing-masing konsumen yaitu Untuk skema pembiayaan optimal untuk jenis konsumen homogen maupun konsumen heterogen baik dengan fungsi utilitas Cobb Douglas, Quasi Linier, *Perfect Subtitue*, maupun *Bandwidth* diperoleh pada skema pembiayaan *flat fee* dan *two part tariff*.
3. Solusi yang lebih optimal dari model *bundling wireless* untuk kasus-kasus yang dibahas pada masing-masing QoS *attribute* yaitu untuk QoS *attribute End to end delay*, QoS *attribute BER* dan QoS *attribute bandwidth* baik dengan fungsi utilitas Cobb Douglas, Quasi Linier, *Perfect Subtitue*, maupun *Bandwidth* r diperoleh pada kasus I (PQ_{ij} naik , x naik) dan kasus III (PQ_{ij} turun, x naik).
4. Solusi yang lebih optimal yaitu pada QoS *attribute BER (Bit Error Rate)* senilai $3,04664 \times 10^8$ dengan *infeasibility* $4,0447 \times 10^{-7}$ sedangkan pada QoS *attribute End to end delay* hanya senilai 633,344 dengan *infeasibility* senilai 0,000114353.

6.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk model *bundling wireless* pada fungsi utilitas yang lain serta membandingkannya untuk memperoleh keuntungan dan kualitas layanan maksimum dengan harga yang optimal.

REFERENSI

- Alderson, D., Willinger, W., Li, L., & Doyle, J. (2006). An Optimization-Based Approach to Modelling Internet Topology. *Telecommunications Planning: Innovations in Pricing, Network Design and Management Operations Research/Computer Science Interfaces Series*, 33, 101-136.
- Byun, J., & Chatterjee, S. (2004). *A strategic pricing for quality of service (QoS) network business*. Paper presented at the Proceedings of the Tenth Americas Conference on Information Systems, New York.
- Eltarjaman, W., Ashibani, M., & El-Jabu, B. (2007). *Towards optimized qos based – charging model*. Paper presented at the Southern African Telecommunication Networks and Applications Conference(SATNAC 2007).
- Gu, C., Zhuang, S., & Sun, Y. (2011). Pricing incentive mechanism based on multistages traffic classification methodology for QoS-enabled networks. *Journal of Networks*, 6(1), 163-171.
- 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.
- 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., & Juniwati. (2014). Model and optimal solution of single link pricing scheme multiservice network. *TELKOMNIKA*, 12(1), 173-178.
- 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.
- Jormakka, J., & Sarala, R. (2004). *Modelling Pricing Strategies on the Internet*. Paper presented at the European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering ECCOMAS 2004, Jyväskylä.

- Marzolla, M., & Mirandola, R. (2010). *QoS Analysis for Web Service Applications: a Survey of Performance-oriented Approaches from an Architectural Viewpoint* (No. UBLCS-2010-05). Bologna, Italy: Department of Computer Science University of Bologna. Document Number)
- Puspita, F. M., Irmeilyana, & Ringkisa, R. R. O. (2016). *Pemodelan Bundle Pricing dengan Fungsi Utilitas Bandwidth pada Tiga Strategi Pembiayaan Internet*. Paper presented at the Seminar dan Rapat Tahunan 2016 Bidang MIPA BKS-PTN Barat Universitas Sriwijaya.
- Puspita, F. M., Seman, K., & Taib, B. M. (2015). The Improved Models of Internet Pricing Scheme of Multi Service Multi Link Networks with Various Capacity Links. In H. A. Sulaiman, M. A. Othman, M. F. I. Othman, Y. A. Rahim & N. C. Pee (Eds.), *Advanced Computer and Communication Engineering Technology* (Vol. 315). Switzerland: Springer International Publishing.
- Puspita, F. M., Seman, K., Taib, B. M., & Shafii, Z. (2013a). 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.
- Puspita, F. M., Seman, K., Taib, B. M., & Shafii, Z. (2013b). Improved Models of Internet Charging Scheme of Single Bottleneck Link in Multi QoS Networks. *Journal of Applied Sciences*, 13(4), 572-579.
- Puspita, F. M., & Ulfa, M. (2016). *The New Approach of Bundle-Pricing Scheme Models by Using Branch and Bound Solver* Paper presented at the Indonesia-Malaysia Symposium on South East Asia Studies, Jakarta.
- Puspita, F. M., Yuliza, E., & Ulfa, M. (2016). *The Comparison of Bundle-Pricing Scheme Models Using Quasi-Linear Utility Function*. Paper presented at the International Conference on Science, Technology, Interdisciplinary Research University of Lampung.
- Sain, S., & Herpers, S. (2003). *Profit Maximisation in Multi Service Networks- An Optimisation Model*. Paper presented at the Proceedings of the 11th European Conference on Information Systems ECIS 2003, Naples, Italy
- Seman, K., Puspita, F. M., Taib, B. M., & Shafii, Z. (2012). An improved optimization model of internet charging scheme in multi service networks. *TELKOMNIKA*, 10(3), 592-598.

- Tuffin, B. (2003). Charging the internet without bandwidth reservation: An overview and bibliography of mathematical approaches. *Journal of Information Science and Engineering*, 19(5), 765-786.
- Venkatesh, R., & Mahajan, V. (2009). Design and Pricing of Product Bundles: A Review of Normative Guidelines and Practical Approaches. In V. R. Rao (Ed.), *Handbook of Pricing Research in Marketing* (pp. 232-257). Northampton, MA: Edward Elgar Publishing Company
- Viswanathan, S., & Anandalingam, G. (2005). Pricing strategies for information goods. *Sadhana* 30(April/June 2005), 257-274.
- 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., Owen, H., & Blough, D. M. (2004). *A Comparison of Auction and Flat Pricing for Differentiated Service Networks*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE International Conference on Communications.
- Yang, W., Owen, H. L., & Blough, D. M. (2005). *Determining Differentiated Services Network Pricing Through Auctions*. Paper presented at the Networking-ICN 2005, 4th International Conference on Networking April 2005 Proceedings, Part I, Reunion Island, France, .

Lampiran 1. Pemakalah Semirata BKS Barat 2017

Sertifikat

Diberikan Kepada:

FITRI MAYA PUSPITA

Atas Partisipasinya Sebagai

PEMAKALAH

Pada Kegiatan

SEMIRATA 2017 Bidang MIPA BKS-PTN Barat

"Peran Sains, Teknologi dan Pendidikan MIPA dalam Menopang
Sains Park, Teknopark, serta Geopark berbasis
Agroindustri dan Lingkungan"

Ratu Convention Center, Jambi 12-14 Mei 2017

Ketua BKS PTN Bidang MIPA


Dr. Teuku M. Iqbalsyah, M.Sc
NIP. 1971101019977031003

Ketua Panitia


Dr. Kamid., M.Si.
NIP. 196609041992031002

SEMIRATA 2017
BKS-PTN Barat Bidang MIPA
FKIP & FST UNIVERSITAS JAMBI

SEMIRATA 2017
BIDANG MIPA BKS-PTN
WILAYAH BARAT
UNIVERSITAS JAMBI










Lampiran 2. Pemakalah pada Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika, 2017



Lampiran 3. Pemakalah pada IEEE-International Conference on Engineering and Computer Science 2017



**INTERNATIONAL CONFERENCE
ON ELECTRICAL ENGINEERING AND COMPUTER SCIENCE 2017**

August 22-23, 2017
PALEMBANG, INDONESIA

CERTIFICATE OF APPRECIATION

present to

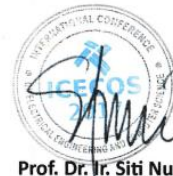
Fitri Maya Puspita

In recognition and appreciation of your contribution as

PRESENTER



Prof. Dr. Ir. Anis Saggaff, MSCE
Rector of Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini
Chair of ICECOS 2017

Organized by :



Co-Organized by :



Technical co-Sponsored by:



Supported by:



Lampiran 4. Buku Teks Model Improved Bundle-Pricing pada Skema Pembiayaan Internet Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas, Quasi-Linier, Perfect Substitute dan Bandwidth, ISBN:

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



Lampiran 5. Submission Paper pada IJECE (Scopus, Q3 Journal)

International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)
Vol.x, No.x, September 201x, pp. xx~xx
ISSN: 2088-8708

□ 31

Lingo-Based Utility Functions in Bundle-Pricing Model on Internet Web Wireless Multiples QoS Scheme

Fitri Maya Puspita*, Evi Yuliza*, Maijance Oktaryna*

* Department of Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

Article Info

Article history:

Received Jun 12th, 201x

Revised Aug 20th, 201x

Accepted Aug 26th, 201x

Keyword:

Cobb-douglas
Bundle pricing
QoS Attribute,
Bit Error Rate,
Optimal value

ABSTRACT

In this paper, the model of the pricing scheme to be formed is a model of the previous research model. This model combines the benefits of internet services (ISP) and the quality of service (QoS) that internet users get. The model to be used is nonlinear equation and solved by LINGO 13.0 program to get optimal solution result. The results show that the pricing scheme with respect to service quality generates maximum revenue for ISPs. Based on the improved wireless bundling model in multiple QoS network with Cobb-Douglas utility function which has been established, the optimum result in improved model with BER (Bit Error Rate) QoS attribute with optimal value is found in the two-part tariff pricing scheme.

Copyright © 201x Institute of Advanced Engineering and Science.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Fitri Maya Puspita

Department of Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Sriwijaya University,

Jln. Raya Palembang-Prabumulih, KM 32 Inderalaya Ogan Ilir 30662 South Sumatera, Indonesia.

Email: pipitmac140201@gmail.com

1. INTRODUCTION

Human needs for the internet are now becoming important. Internet Service Providers (ISPs) are competing to provide the best Internet service to achieve customer satisfaction. Some strategies that can be done for ISPs to minimize costs and maximize profits are with customization, bundling and versioning [1]. For information service providers, bundle pricing strategies are considered to increase profits with multiple products offered in combination so that the latest information services can get promoted, therefore, service providers must determine the shape of bundle pricing strategies to attract consumers [2]. In addition to considering bundle pricing, in a service required utility function. According to [3], utility functions relate to the level of satisfaction that consumers get for the consumption of information services that can maximize profits to achieve certain goals.

Past research of the internet pricing was initially stated in [1] and followed by [2], [3], [4] in optimizing in network based-wired. Then the research extends to also work on the wireless network with the advancement of this era but of course, the focus not only on pricing but also all aspect affecting pricing policy are discussed. Scheduling and routing are one of the problems occurring in optimizing the wireless network [5] or using heuristics method described in [6]. Many applications utilize the wireless network, one of these are wireless sensor network applied in technology or wide areas of military or agriculture network [7-9].

With this bundling strategy information providers assume that they can attract customers by combining multiple product services. Information service providers are usually faced with the problem of determining the right model in offering information services products quickly and profitably. Because, the error in setting the strategy of information service products affects the not interested customers to choose bundling products offered.

A service requires proper utility and cost- functions to generate substantial profits for service providers by adopting the type of existing pricing schemes such as a pricing scheme involving the multicons QoS

Journal homepage: <http://iaesjournal.com/online/index.php/IJECE>

Submission

Authors	Fitri Maya Puspita
Title	Lingo13.0-Based Utility Functions in Bundle-Pricing Model on Internet Web Wireless Multiples QoS Scheme
Original file	9155-10663-2-SM.DOCX 2017-10-04
Supp. files	None ADD A SUPPLEMENTARY FILE
Submitter	Fitri Maya Puspita
Date submitted	October 4, 2017 - 10:14 PM
Section	Telecommunication_and_Information_Technology
Editor	Angela Amphawan (Review) Renjie Huang (Review) Jaime Lloret Mauri (Review) Sayed M. El-Rabaie (Review) Geetam Tomar (Review)
Author comments	Please editor to help me to get info for accepting this paper before december 2017, it does not matter for this paper if possible to be published in 2018 as long as the announcement of acceptance is before dec 2017. i really need decision ASAP. thank you

Status

Status	In Review
Initiated	2017-10-04
Last modified	2017-10-04

Submission Metadata

[EDIT METADATA](#)

Authors

Name	Fitri Maya Puspita
Affiliation	—
Country	—
Bio Statement	—
Principal contact for editorial correspondence.	

Title and Abstract

Title	Lingo13.0-Based Utility Functions in Bundle-Pricing Model on Internet Web Wireless Multiples QoS Scheme
Abstract	In this paper, the model of the pricing scheme to be formed is a model of the previous research model. This model combines the benefits of internet services (ISP) and the quality of service (QoS) that internet users get. The model to be used is nonlinear equation and solved by LINGO 13.0 program to get optimal solution result. The results show that the pricing scheme with respect to service quality generates maximum revenue for ISPs. Based on the improved wireless bundling model in multiple QoS network with Cobb-Douglas utility function which has been established, the optimum result in improved model with BER (Bit Error Rate) QoS attribute with optimal value is found in the two-part tariff pricing scheme.

Indexing

Academic discipline and sub-disciplines	—
Keywords	—
Language	en

Supporting Agencies

Agencies	—
----------	---



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](#).

kemudian diminta editor IJECE untuk submit kembali di web mereka yang baru.

[Home](#) > [User](#) > [Author](#) > [Submissions](#) > [#16720](#) > [Summary](#)

#16720 Summary

[SUMMARY](#) [REVIEW](#) [EDITING](#)

Submission

Authors	Fitri Maya Puspita
Title	Lingo13.0-Based Utility Functions in Bundle-Pricing Model on Internet Web Wireless Multiples QoS Scheme
Original file	16720-32759-1-SM.DOCX 2017-09-14
Supp. files	None
Submitter	Fitri Maya Puspita
Date submitted	September 14, 2017 - 04:51 PM
Section	Telecommunication_and_Information_Technology
Editor	Angela Amphawan (Review) Renjie Huang (Review) Jaime Lloret Mauri (Review) Sayed M. El-Rabaie (Review) Geetam Tomar (Review)
Author comments	Would you mind to review my paper ASAP as this paper is sponsored by DIKTI?

Status

Status	Archived
Initiated	2017-10-02
Last modified	2017-10-02

Submission Metadata

[EDIT METADATA](#)

Authors

Name	Fitri Maya Puspita
Affiliation	—
Country	—
Bio Statement	—
Principal contact for editorial correspondence.	

Title and Abstract

Title	Lingo13.0-Based Utility Functions in Bundle-Pricing Model on Internet Web Wireless Multiples QoS Scheme
Abstract	In this paper, the model of the pricing scheme to be formed is a model of the previous research model. This model combines the benefits of internet services (ISP) and the quality of service (QoS) that internet users get. The model to be used is nonlinear equation and solved by LINGO 13.0 program to get optimal solution result. The results show that the pricing scheme with respect to service quality generates maximum revenue for ISPs. Based on the improved wireless bundling model in multiple QoS network with Cobb-Douglas utility function which has been established, the optimum result in improved model with BER (Bit Error Rate) QoS attribute with optimal value is found in the two-part tariff pricing scheme.

Indexing

Academic discipline and sub-disciplines	—
Keywords	Cobb-douglas; Bundle pricing; QoS Attribute; Bit Error Rate;Optimal value
Language	en

Supporting Agencies

Agencies	—
----------	---

ISSN: 2088-8708