



**MODEL
IMPROVED BUNDLE-PRICING
PADA SKEMA PEMBIAYAAN INTERNET
BERDASARKAN FUNGSI UTILITAS**

**COBB-DOUGLAS,
QUASI-LINIER,
PERFECT SUBSTITUTE
DAN BANDWITDH**

**Dr. FITRI MAYA PUSPITA, M.Sc
EVI YULIZA, M.Si
MUTHIA ULFA, S.Si
RISFA RISA OCTA RINGKISA, S.Si**

Dilarang memperbanyak, mencetak, menerbitkan
Sebagian maupun seluruh buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

Ketentuan Pidana
Kutipan Pasal 72 Undang-undang Republik Indonesia
Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000,00 (lima juta rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

MODEL *IMPROVED BUNDLE-PRICING* PADA SKEMA PEMBIAYAAN INTERNET BERDASARKAN FUNGSI UTILITAS *COBB-DOUGLAS*, *QUASI-LINIER*, *PERFECT SUBSTITUTE* DAN *BANDWIDTH*

Penulis : Dr. FITRI MAYA PUSPITA, M.Sc
EVI YULIZA, M.Si
MUTHIA ULFA, S.Si
RISFA RISA OCTA RINGKISA, S.Si

Setting Layout : Noerfikri

Desain Cover : Sigit Dwi S.

Hak Penerbit pada Noer Fikri Palembang

Perpustakaan Nasional Katalog dalam Terbitan (KDT)

Anggota IKAPI (No. 012/SMS/13)

Dicetak oleh Noer Fikri Offset

Jl. Mayor Mahidin No. 142

Palembang – Indonesia ☒ 30126

Telephone : 0711 366625

Fax : 0711 366625

Email : noerfikri@gmail.com

Cetakan I : Agusutus 2017

Hak Cipta dilindungi Undang-undang pada Penulis

All right reserved

ISBN: 978-602-447-037-1

**MODEL *IMPROVED BUNDLE-PRICING* PADA SKEMA PEMBIAYAAN
INTERNET BERDASARKAN FUNGSI UTILITAS *COBB-DOUGLAS*,
QUASI-LINIER, *PERFECT SUBSTITUTE* DAN *BANDWITDH***

Oleh

**Dr. FITRI MAYA PUSPITA, M.Sc
EVI YULIZA, M.Si
MUTHIA ULFA, S.Si
RISFA RISA OCTA RINGKISA, S.Si**

**FMIPA UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2017**

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr Wb,

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya sehingga Bahan Ajar *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*.

Isi buku ajar 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 buku ajar 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 bagi para pembaca pada umumnya.

Wassalamualaikum wr wb.

Hormat Kami

Tim Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL | 1 |
| KATA PENGANTAR | 2 |
| DAFTAR ISI | 3 |
| DAFTAR TABEL | 6 |
| DAFTAR ISTILAH | 8 |
| BAB I. PENDAHULUAN | 9 |
| 1.1.Optimasi Masalah Bundling | 10 |
| 1.2.Optimasi Masalah Konsumen | 11 |
| 1.3. Fungsi Utilitas | 12 |
| 1.3.1. Fungsi Utilitas Cobb Douglas | 13 |
| 1.3.2. Fungsi Utilitas Quasi Linier | 13 |
| 1.3.3. Fungsi Utilitas Perfect Substitute | 13 |
| 1.3.4. Fungsi Utilitas Bandwitdh | 13 |
| BAB II MODEL ORIGINAL BUNDLING | 17 |
| 2.1. Model Original Bundling | 19 |
| 2.2. Solusi Model Original Bundling | 19 |
| BAB III FUNGSI UTILITAS COBB DOUGLAS | 21 |
| 3.1. Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas untuk Konsumen Homogen | 21 |
| 3.2. Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas untuk Konsumen Homogen | 21 |
| 3.3. Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Bawah | 23 |
| 3.4. Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Bawah | 23 |
| 3.5. Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas untuk Konsumen Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah | 25 |
| 3.6. Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas untuk Konsumen Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah | 25 |
| 3.7. Kesimpulan | 27 |
| BAB IV FUNGSI UTILITAS QUASI LINIER | 28 |
| 4.1. Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi | |

| | |
|---|----|
| Linier Untuk Konsumen Homogen | 28 |
| 4.2. Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Homogen | 28 |
| 4.3. Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Bawah | 30 |
| 4.4. Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Bawah | 30 |
| 4.5. Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah | 32 |
| 4.6. Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi Linier untuk Konsumen Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah | 32 |
| 4.7. Kesimpulan | 34 |
| BAB V FUNGSI UTILITAS PERFECT SUBSTITUTE..... | 35 |
| 5.1. Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Homogen | 35 |
| 5.2. Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Homogen | 35 |
| 5.3. Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Bawah | 37 |
| 5.4. Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Bawah | 37 |
| 5.5. Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah | 38 |
| 5.6. Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> untuk Konsumen Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah | 39 |
| 5.7. Kesimpulan | 40 |
| BAB VI FUNGSI UTILITAS BANDWITDH | 41 |
| 6.1. Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwitdh</i> untuk Konsumen Homogen | 41 |
| 6.2. Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwitdh</i> untuk Konsumen Homogen | 41 |
| 6.3. Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwitdh</i> untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Bawah | 42 |
| 6.4. Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas | |

| | |
|--|----|
| <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Bawah | 43 |
| 6.5. Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah | 44 |
| 6.6. Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwidth</i> untuk Konsumen Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah | 45 |
| 6.7. Kesimpulan | 46 |
| DAFTAR PUSTAKA | 47 |
| BIOGRAFI PENGARANG | 49 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|----------------|
| Tabel 2.1 Data Pemakaian untuk Jam Sibuk dan Jam Tidak Sibuk | 14 |
| Tabel 2.2 Parameter untuk Setiap Model Pembiayaan Internet | 14 |
| Tabel 2.3 Variabel Keputusan untuk Setiap Model Pembiayaan Internet | 15 |
| Tabel 2.4 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Model Original <i>Bundling</i> | 15 |
| Tabel 2.5 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Konsumen Homogen | 16 |
| Tabel 2.6 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Bawah | 16 |
| Tabel 2.7 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Konsumen Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah | 17 |
| Tabel 2.8 Solusi Optimal Model Original <i>Bundling</i> | 19 |
| Tabel 2.9 Nilai-Nilai Variabel Model Original <i>Bundling</i> | 20 |
| Tabel 3.1 Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas Kasus Homogen | 22 |
| Tabel 3.2 Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas Kasus Homogen | 22 |
| Tabel 3.3 Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas Kasus Heterogen Golongan Atas dan Bawah | 24 |
| Tabel 3.4 Nilai-Nilai Variabel Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas Kasus Heterogen Golongan Atas dan Bawah..... | 24 |
| Tabel 3.5 Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas Kasus Heterogen Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah..... | 26 |
| Tabel 3.6 Nilai-Nilai Variabel Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas Kasus Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah | 26 |
| Tabel 4.1 Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi-Linier Kasus Homogen..... | 29 |
| Tabel 4.2 Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi-Linier Kasus Homogen | 29 |
| Tabel 4.3 Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi-Linier Kasus Heterogen Golongan Atas dan Bawah..... | 31 |
| Tabel 4.4 Nilai-Nilai Variabel Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi-Linier Kasus Heterogen Golongan Atas dan Bawah..... | 31 |
| Tabel 4.5 Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi-Linier Kasus Heterogen Golongan Tingkat | |

| | |
|--|----|
| Pemakaian Tinggi dan Golongan Tingkat Pemakaian Rendah..... | 33 |
| Tabel 4.6 Nilai-Nilai Variabel Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi-Linier Kasus Heterogen Golongan Tingkat PemakaianTinggi dan Rendah..... | 33 |
| Tabel 5.1 Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> Kasus Homogen | 36 |
| Tabel 5.2 Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> Kasus Homogen | 36 |
| Tabel 5.3 Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> Kasus Heterogen Golongan Atas dan Bawah..... | 37 |
| Tabel 5.4 Nilai-Nilai Variabel Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> Kasus Heterogen Golongan Atas dan Bawah..... | 38 |
| Tabel 5.5 Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> Kasus Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Golongan Tingkat Pemakaian Rendah | 39 |
| Tabel 5.6 Nilai-Nilai Variabel Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Perfect Substitute</i> Kasus Heterogen Golongan Tingkat PemakaianTinggi dan Rendah | 40 |
| Tabel 6.1 Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwitdh</i> Kasus Homogen..... | 42 |
| Tabel 6.2 Nilai-Nilai Variabel pada Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwitdh</i> Kasus Homogen | 42 |
| Tabel 6.3 Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwitdh</i> Kasus Heterogen Golongan Atas dan Bawah..... | 43 |
| Tabel 6.4 Nilai-Nilai Variabel Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwitdh</i> Kasus Heterogen Golongan Atas dan Bawah..... | 44 |
| Tabel 6.5 Solusi Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwitdh</i> Kasus Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Golongan Tingkat Pemakaian Rendah | 45 |
| Tabel 6.6 Nilai-Nilai Variabel Model <i>Bundling</i> Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Bandwitdh</i> Kasus Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah | 46 |

DAFTAR ISTILAH

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

BAB I PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia akan internet sekarang ini menjadi hal yang penting. Penyedia Layanan Internet (*Internet Service Provider*) atau yang disingkat ISP berlomba-lomba untuk menyediakan layanan internet yang terbaik guna mencapai kepuasan pelanggan. Beberapa strategi yang dapat dilakukan ialah salah satunya dengan *customization*, *versioning* dan *bundling* agar ISP dapat meminimumkan biaya dan memaksimalkan keuntungan (Viswanathan & Anandalingam, 2005).

Semakin meningkatnya konsumen, tuntutan terhadap kualitas layanan juga semakin besar. Hal ini merupakan tugas yang besar bagi penyedia layanan internet untuk menyediakan kualitas layanan (*Quality of Service*, QoS) yang lebih baik dan berbeda kepada konsumen dalam mencapai kualitas informasi terbaik dengan biaya yang efisien. Walaupun begitu, skema baru untuk mengembangkan harga baru yang melibatkan jaringan QoS hanya sedikit (Puspita, et al., 2012). Beberapa penelitian sebelumnya fokus pada pembiayaan jaringan multi QoS dalam jaringan kabel atau nirkabel (Irmeilyana, et al., 2016; Irmeilyana, et al., 2015; Irmeilyana, et al., 2015), (Puspita, et al., 2015; Puspita, et al., 2013a; Puspita, et al., 2013b; Puspita, et al., 2013c; Puspita, et al., 2011). Pembiayaan internet merupakan suatu masalah ekonomi global, saat ini ISP menangani permintaan yang tinggi untuk mempromosikan informasi yang berkualitas baik. ISP dituntut untuk memberikan skema pembiayaan internet yang tepat agar dapat menguntungkan ISP dan konsumen. Salah satu strategi yang dapat dilakukan ialah *bundle pricing* agar ISP dapat meminimumkan biaya dan memaksimalkan keuntungan (2005).

Dalam suatu layanan diperlukan fungsi utilitas dan penentuan biaya dasar yang tepat guna menghasilkan keuntungan yang besar bagi penyedia layanan dengan mengadopsi jenis skema pembiayaan yang ada seperti skema pembiayaan yang melibatkan jaringan multikelas QoS (*Quality of Service*) (Irmeilyana et al., 2014; Irmeilyana et al., 2015; Irmeilyana et al., 2014; Puspita et al., 2015; Puspita et al., 2014; Puspita et al., 2012; Puspita et al., 2013)

Strategi pembiayaan dianalisis berdasarkan pertimbangan pelanggan, yaitu pelanggan homogen dan pelanggan heterogen. Dalam kasus homogen, semua pelanggan memiliki utilitas yang sama mengenai level konsumsi per hari sedangkan dalam kasus heterogen, pelanggan memiliki dua segmen menurut keinginan untuk membayar (*willingness to pay*) dan level konsumsi (*level of consumption*) (Indrawati et al., 2014).

Penelitian yang membahas mengenai tiga skema pembiayaan internet untuk konsumen homogen dan heterogen berdasarkan fungsi utilitas Cobb-Douglas, *Quasi-Linier*, dan *Perfect substitute* secara analitik menggunakan diferensial oleh Indrawati (Indrawati et al., 2014; Indrawati et al., 2013; Indrawati et al., 2014) diperoleh hasil fungsi utilitas Cobb-Douglas dan *Quasi-Linier* menghasilkan skema pembiayaan optimal yang sama. Kemudian penelitian dilanjutkan dengan membahas tiga skema pembiayaan *flat fee*, *usage based* dan *two-part tariff* menggunakan fungsi utilitas *perfect substitute* dan fungsi utilitas *bandwidth* oleh Indrawati (Indrawati et al., 2015; Indrawati et al., 2014) diperoleh

hasil dalam kasus konsumen homogen fungsi utilitas *bandwidth* dapat menggunakan 3 skema pembiayaan tersebut. Sedangkan berkaitan dengan kasus konsumen heterogen berdasarkan kemampuan untuk membayar (*willingness to pay*) skema pembiayaan *flat fee* cocok guna meningkatkan keuntungan ISP.

Meskipun penyesuaian *bundling* untuk layanan informasi dengan pendekatan *nonlinear mixed-integer programming* dengan tujuan penyedia layanan informasi mendapat keuntungan serta meminimalkan biaya yang dikeluarkan konsumen telah dilakukan, tetapi penerapan fungsi utilitas untuk mempertimbangkan kepuasan konsumen dalam pemilihan paket layanan belum banyak dianalisis. Oleh karena itu, pada penelitian ini diteliti *bundling* pada tiga skema pembiayaan internet yaitu *flat fee*, *usage-based*, dan *two-part tariff* untuk konsumen homogen dan konsumen heterogen berdasarkan fungsi utilitas Cobb-Douglas, Quasi-Linier, *Perfect substitute* dan fungsi utilitas *Bandwidth*.

1.1 Optimasi Masalah *Bundling*

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

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

$$\text{Maks } R = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^J M Y_j \quad (1.1)$$

dengan kendala :

$$S_i \geq (R_{ij} - P_j) Y_j, \quad i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J \quad (1.1a)$$

$$S_i = \sum_{j=1}^J (R_{ij} - P_j) X_{ij}, \quad i = 1, \dots, I \quad (1.1b)$$

$$(R_{ij} - P_j) X_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J \quad (1.1c)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} \leq 1, \quad i = 1, \dots, I \quad (1.1d)$$

$$X_{ij} \leq Y_j, \quad i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J \quad (1.1e)$$

$$S_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, I \quad (1.1f)$$

$$P_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, J \quad (1.1g)$$

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika pengguna } i \text{ memilih salah satu } bundle \text{ dalam layanan } j \\ 0, & \text{jika pengguna } i \text{ tidak memilih salah satu } bundle \text{ dalam layanan } j \end{cases} \quad (1.1h)$$

$$Y_j = \begin{cases} 1, & \text{jika penyedia layanan menyediakan } bundle \text{ dari layanan } j \\ 0, & \text{penyedia layanan tidak menyediakan } bundle \text{ dari layanan } j \end{cases} \quad (1.1i)$$

Fungsi Tujuan (1.1) digunakan untuk memaksimalkan pendapatan penyedia layanan pada setiap pemesanan *bundle* yang ditentukan oleh konsumen i . Jika konsumen i memilih tidak memesan *bundle* maka X_{ij} bernilai 0, sehingga akan mengakibatkan Kendala (1.1b) dan (1.1c) bernilai 0. Jika konsumen i memilih bergabung dengan *bundle* yang disediakan maka X_{ij} bernilai 1 sehingga harus dihitung nilai P_j yang nilainya tidak akan melebihi batas atas dari Kendala (1.1g).

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

B_j : Biaya dalam pembuatan *bundle* untuk setiap layanan j . Termasuk didalamnya jumlah biaya produksi marginal, biaya transaksi, biaya

pengikatan dan lain-lain. Diasumsikan nilainya sama untuk setiap jenis *bundle* pada layanan j .

- I : Jumlah konsumen berpotensi sebagai target pemasaran.
 J : Jumlah layanan yang disediakan penyedia layanan.
 M : Biaya marginal jika menambahkan lebih dari satu layanan *bundle* dalam menu.
 V_{ik} : Harga pemesanan konsumen ke- i untuk setiap layanan favorit ke- k .
 R_{ij} : Total harga pemesanan untuk setiap konsumen ke- i pada setiap layanan favorit ke- k Yaitu, $R_{ij} = \sum_{k=1}^J V_{ik}$

Variabel keputusan:

- P_j : Harga yang ditetapkan untuk setiap *bundle* dari layanan j .
 S_i : Keuntungan pemakaian untuk konsumen ke- i .
 X_{ij} : Bernilai 1 jika konsumen i memilih *bundle* dalam layanan j yang diberikan dan bernilai 0 jika sebaliknya.
 Y_j : Bernilai 1 jika penyedia layanan menawarkan *bundle* dari layanan j pada menu, dan bernilai 0 jika sebaliknya.

1.2 Optimasi Masalah Konsumen

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

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

Optimasi Masalah Konsumen:

$$\text{Maks } \theta = U_{i(X_i, Y_i)} - P_X X_i - P_Y Y_i - P Z_i \quad (1.2)$$

dengan kendala:

$$X_i \leq \bar{X}_i Z_i \quad (1.2a)$$

$$Y_i \leq \bar{Y}_i Z_i \quad (1.2b)$$

$$U_{i(X_i, Y_i)} - P_X X_i - P_Y Y_i - P Z_i \geq 0 \quad (1.2c)$$

$$Z_i = 0 \text{ atau} \quad (1.2d)$$

Fungsi Tujuan (1.2) digunakan untuk memaksimalkan kelebihan pemakai berdasarkan harga yang ditetapkan oleh penyedia layanan informasi. Dalam model ini tidak dipertimbangkan biaya awal bagi konsumen untuk bergabung dalam program, kecuali pertimbangan hubungan jangka panjang antara penyedia dan konsumen yang tidak boleh menggunakan biaya untuk jangka waktu pendek atau jangka waktu tertentu.

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

P : Biaya yang akan dikeluarkan konsumen untuk mengikuti layanan.
 P_X : Harga satuan yang ditetapkan oleh penyedia layanan di jam sibuk.
 P_Y : Harga satuan yang ditetapkan oleh penyedia layanan di jam tidak sibuk.
 $U_{i(X_i, Y_i)}$: Fungsi utilitas konsumen i pada tingkat konsumsi di jam sibuk dan jam tidak sibuk.

Variabel keputusan :

X_i : Tingkat konsumsi konsumen i pada layanan di jam sibuk.
 Y_i : Tingkat konsumsi konsumen i pada layanan di jam tidak sibuk.
 Z_i : Variabel keputusan yang bernilai 1 jika konsumen memilih untuk bergabung dengan program dan bernilai 0 jika tidak ingin bergabung.
 \bar{X}_i : Tingkat konsumsi maksimum konsumen i pada layanan di jam sibuk.
 \bar{Y}_i : Tingkat konsumsi maksimum konsumen i pada layanan di jam tidak sibuk.

Skema pembiayaan yang dipilih disesuaikan dengan variabel P , P_X , dan P_Y dengan tiga skema pembiayaan yaitu :

1. Skema pembiayaan *flat fee*, jika P_X dan P_Y keduanya bernilai nol dan P adalah positif.
2. Skema pembiayaan *usage-based*, jika P_X dan P_Y positif dan P bernilai nol.
3. Skema pembiayaan *two-part tariff*, jika P , P_X dan P_Y semuanya bernilai positif.

Kendala (1.2d) ditentukan oleh konsumen i , jika konsumen i memilih tidak bergabung dengan program maka Z_i bernilai 0 sehingga Kendala (1.2a) dan (1.2b) bernilai nol untuk tingkat konsumsinya (X_i dan Y_i) dan utilitas total serta biaya keduanya bernilai nol. Jika konsumen i memutuskan untuk bergabung dengan program ini dan memilih $Z_i = 1$, maka konsumen tersebut harus memutuskan tingkat konsumsi optimal X_i dan Y_i , yang tidak bisa melebihi batas atasnya \bar{X}_i dan \bar{Y}_i . Tingkat konsumsi X_i dan Y_i juga dapat menjadi waktu penggunaan, seperti komunikasi suara jasa, atau volume lalu lintas pada layanan transmisi data.

1.3 Fungsi Utilitas

Terdapat beberapa jenis fungsi utilitas antara lain fungsi utilitas Cobb-Douglas fungsi utilitas quasi-linier, fungsi utilitas *perfect complements*, fungsi utilitas *perfect substitute*, dan fungsi utilitas *bandwidth*.

Menurut Fajri (2012), utilitas marginal adalah konsep mengenai kepuasan seseorang dalam konsumsi suatu barang atau dalam hal ini layanan. Utilitas marginal sangat bergantung pada selera dan kepuasan konsumen. Utilitas dilihat dari nilai guna suatu barang yang digunakan oleh konsumen. Marginalisme menjelaskan tentang pilihan seorang konsumen dengan pemikiran seseorang memutuskan apa manfaat yang akan diterima dalam memilih kebutuhan untuk dikonsumsi.

1.3.1 Fungsi Utilitas Berdasarkan Cobb-Douglas

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

$$U(X, Y) = X^a Y^b; a, b > 0 \quad (1.3)$$

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

1.3.2 Fungsi Utilitas Berdasarkan Quasi-Linier

Menurut (E. Hutchinson, 2011) bentuk umum fungsi utilitas berdasarkan quasi-linier:

$$U(X, Y) = aX + f(Y) \quad (1.4)$$

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

1.3.3 Fungsi Utilitas Berdasarkan *Perfect Substitute*

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

$$U(X, Y) = aX + bY, a \text{ dan } b \text{ merupakan konstanta.} \quad (1.5)$$

1.3.4 Fungsi Utilitas Berdasarkan fungsi *Bandwidth*

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

$$U_{kj} = U_{0j} + W_j \ln \frac{X_{kj}}{L_{mj}} \quad (1.6)$$

dengan :

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

W_j : Sensitifitas harga untuk *bandwidth* pada kelas j .

U_{0j} : Peluang keuangan bagi kelas j ketika konsumen telah mempersiapkan saat tingkat *QoS* terendah.

L_{mj} : Tingkat terendah (minimum) *bandwidth* pada kelas j .

X_{kj} : *Bandwidth* yang didapat oleh konsumen k pada kelas j .

Untuk mempermudah perhitungan, Persamaan (1.3) diubah menjadi :

$$U(x, y) = U_0 + a \ln \frac{X+1}{X_m+1} + b \ln \frac{Y+1}{Y_m+1} \quad (1.6a)$$

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

BAB II MODEL ORIGINAL BUNDLING

Sebelum membahas mengenai model original bundling, berikut adalah data yang dibutuhkan dalam bentuk table data, parameter, variabel keputusan, nilai parameter untuk tiap konsumen, disajikan dalam Tabel 2.1-2.7 berikut.

Tabel 2.1 Data Pemakaian untuk Jam Sibuk dan Jam Tidak Sibuk

| | Pemakaian <i>Sisfo</i> (Byte) | Pemakaian <i>Sisfo</i> (Kbps) |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| $\bar{X} = \bar{X}_1$ | 201.352,06 | 196,64 |
| \bar{X}_2 | 77.086,6 | 75,28 |
| X_m | 9148,47 | 8,93 |
| $\bar{Y} = \bar{Y}_1$ | 128.889,47 | 125,87 |
| \bar{Y}_2 | 25.353,68 | 24,76 |
| Y_m | 3903,73 | 3,81 |

Keterangan :

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

Tabel 2.2 Parameter untuk Setiap Model Pembiayaan Internet

| Parameter untuk model <i>original</i> | |
|---------------------------------------|---|
| B_j | : Biaya dalam pembuatan <i>bundle</i> untuk setiap layanan j . |
| I | : Jumlah konsumen berpotensi sebagai target pemasaran. |
| I | : 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 konsumen ke- i pada setiap layanan favorit ke- k . |
| Parameter untuk model modifikasi | |
| 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 konsumen ke- i pada setiap layanan favorit ke- k . |
| P | : Biaya yang akan dikeluarkan konsumen untuk mengikuti layanan. |
| P_X | : Harga satuan yang ditetapkan oleh penyedia layanan pada jam sibuk. |
| P_Y | : Harga satuan yang ditetapkan oleh penyedia layanan pada jam tidak sibuk. |
| $U_{i(X_i, Y_i)}$ | : Fungsi utilitas konsumen i untuk tingkat konsumsi jam sibuk dan jam tidak sibuk. |

Tabel 2.3 Variabel Keputusan untuk Setiap Model Pembiayaan Internet

| Variabel keputusan untuk model <i>original</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 | $\begin{cases} 1, & \text{jika penyedia layanan menawarkan } bundle \text{ dari layanan } j \\ 0, & \text{jika penyedia layanan tidak menawarkan } bundle \text{ dari layanan } j \end{cases}$ |
| Variabel keputusan untuk model modifikasi | |
| 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 | $\begin{cases} 1, & \text{jika konsumen } i \text{ memilih untuk bergabung dengan program} \\ 0, & \text{jika konsumen } i \text{ tidak memilih untuk bergabung dengan program} \end{cases}$ |
| \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. |

Tabel 2.4 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Model Original Bundling

| Parameter | Nilai |
|-----------|-------|
| V_{11} | 1000 |
| V_{12} | 2150 |
| V_{13} | 1120 |
| V_{21} | 1130 |
| V_{22} | 300 |
| V_{23} | 2400 |
| V_{31} | 2240 |
| V_{32} | 1230 |
| V_{33} | 1450 |
| M | 200 |
| B_1 | 200 |
| B_2 | 15 |
| B_3 | 300 |

Tabel 2.5 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Konsumen Homogen

| Parameter | Nilai | | |
|-----------|-----------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| V_{11} | 1000 | 1000 | 1000 |
| V_{12} | 2150 | 2150 | 2150 |
| V_{13} | 1120 | 1120 | 1120 |
| V_{21} | 1130 | 1130 | 1130 |
| V_{22} | 300 | 300 | 300 |
| V_{23} | 2400 | 2400 | 2400 |
| V_{31} | 2240 | 2240 | 2240 |
| V_{32} | 1230 | 1230 | 1230 |
| V_{33} | 1450 | 1450 | 1450 |
| M | 200 | 200 | 200 |
| B_1 | 200 | 200 | 200 |
| B_2 | 15 | 15 | 15 |
| B_3 | 300 | 300 | 300 |
| a | 4 | 4 | 4 |
| b | 3 | 3 | 3 |
| \bar{X} | 196,64 | 196,64 | 196,64 |
| \bar{Y} | 125,87 | 125,87 | 125,87 |

Keterangan :

a : konstanta layanan jam sibuk

b : konstanta layanan jam tidak sibuk

Tabel 2.6 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Golongan Bawah

| Parameter | Nilai | | |
|-------------|-----------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| V_{11} | 1000 | 1000 | 1000 |
| V_{12} | 2150 | 2150 | 2150 |
| V_{13} | 1120 | 1120 | 1120 |
| V_{21} | 1130 | 1130 | 1130 |
| V_{22} | 300 | 300 | 300 |
| V_{23} | 2400 | 2400 | 2400 |
| V_{31} | 2240 | 2240 | 2240 |
| V_{32} | 1230 | 1230 | 1230 |
| V_{33} | 1450 | 1450 | 1450 |
| M | 200 | 200 | 200 |
| B_1 | 200 | 200 | 200 |
| B_2 | 15 | 15 | 15 |
| B_3 | 300 | 300 | 300 |
| a_1 | 4 | 4 | 4 |
| a_2 | 3 | 3 | 3 |
| b_1 | 3 | 3 | 3 |
| b_2 | 2 | 2 | 2 |
| \bar{X}_1 | 196,64 | 196,64 | 196,64 |
| \bar{X}_2 | 75,28 | 75,28 | 75,28 |
| \bar{Y}_1 | 125,87 | 125,87 | 125,87 |
| \bar{Y}_2 | 24,76 | 24,76 | 24,76 |

Keterangan :

a_1 : konstanta layanan jam sibuk konsumen golongan atas

a_2 : konstanta layanan jam sibuk konsumen golongan bawah

b_1 : konstanta layanan jam tidak sibuk konsumen golongan atas

b_2 : konstanta layanan jam tidak sibuk konsumen golongan bawah

Tabel 2.7 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Konsumen Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Golongan Tingkat Pemakaian Rendah

| Parameter | Nilai | | |
|-------------|-----------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| V_{11} | 1000 | 1000 | 1000 |
| V_{12} | 2150 | 2150 | 2150 |
| V_{13} | 1120 | 1120 | 1120 |
| V_{21} | 1130 | 1130 | 1130 |
| V_{22} | 300 | 300 | 300 |
| V_{23} | 2400 | 2400 | 2400 |
| V_{31} | 2240 | 2240 | 2240 |
| V_{32} | 1230 | 1230 | 1230 |
| V_{33} | 1450 | 1450 | 1450 |
| M | 200 | 200 | 200 |
| B_1 | 200 | 200 | 200 |
| B_2 | 15 | 15 | 15 |
| B_3 | 300 | 300 | 300 |
| a_1 | 3 | 3 | 3 |
| a_2 | 3 | 3 | 3 |
| b_1 | 2 | 2 | 2 |
| b_2 | 2 | 2 | 2 |
| \bar{X}_1 | 196,64 | 196,64 | 196,64 |
| \bar{X}_2 | 75,28 | 75,28 | 75,28 |
| \bar{Y}_1 | 125,87 | 125,87 | 125,87 |
| \bar{Y}_2 | 24,76 | 24,76 | 24,76 |

Keterangan :

a_1 : konstanta layanan jam sibuk konsumen golongan atas

a_2 : konstanta layanan jam sibuk konsumen golongan bawah

b_1 : konstanta layanan jam tidak sibuk konsumen golongan atas

b_2 : konstanta layanan jam tidak sibuk konsumen golongan bawah

2.1 Model Original Bundling

Model *bundling* sebelumnya telah dibahas dalam penelitian (2008) mengenai penyelesaian permasalahan optimasi *bundling* menggunakan pendekatan *nonlinear mixed-integer programming*. Selanjutnya model original *bundling* disusun berdasarkan Fungsi Tujuan (1.1) dan Kendala (1.1a) sampai Kendala (1.1i) dengan mensubstitusikan nilai parameter pada Tabel 2.4.

Berdasarkan fungsi tujuan pada Persamaan (1.1) maka :

$$\begin{aligned}
\text{Maks } R &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (P_j - B_j)X_{ij} - \sum_{j=1}^3 MY_j \\
&= ((P_1 - 200)X_{11} + (P_1 - 200)X_{21} + (P_1 - 200)X_{31} + (P_2 - 15)X_{12} + \\
&\quad (P_2 - 15)X_{22} + (P_2 - 15)X_{32} + (P_3 - 300)X_{13} + (P_3 - 300)X_{23} + \\
&\quad (P_3 - 300)X_{33}) - (200Y_1 + 200Y_2 + 200Y_3) \tag{2.1}
\end{aligned}$$

dengan Kendala (1.1a) didapat :

$$\begin{aligned}
S_1 &\geq (R_{11} - P_1)Y_1 \\
S_1 &\geq (R_{12} - P_2)Y_2 \\
S_1 &\geq (R_{13} - P_3)Y_3 \\
S_2 &\geq (R_{21} - P_1)Y_1 \\
S_2 &\geq (R_{22} - P_2)Y_2 \\
S_2 &\geq (R_{23} - P_3)Y_3 \\
S_3 &\geq (R_{31} - P_1)Y_1 \\
S_3 &\geq (R_{32} - P_2)Y_2 \\
S_3 &\geq (R_{33} - P_3)Y_3 \tag{2.2}
\end{aligned}$$

dengan Kendala (1.1b) didapat :

$$\begin{aligned}
S_1 &= (R_{11} - P_1)X_{11} + (R_{12} - P_2)X_{12} + (R_{13} - P_3)X_{13} \\
S_2 &= (R_{21} - P_1)X_{21} + (R_{22} - P_2)X_{22} + (R_{23} - P_3)X_{23} \\
S_3 &= (R_{31} - P_1)X_{31} + (R_{32} - P_2)X_{32} + (R_{33} - P_3)X_{33} \tag{2.3}
\end{aligned}$$

dengan Kendala (1.1c) didapat :

$$\begin{aligned}
(R_{11} - P_1)X_{11} &\geq 0 \\
(R_{12} - P_2)X_{12} &\geq 0 \\
(R_{13} - P_3)X_{13} &\geq 0 \\
(R_{21} - P_1)X_{21} &\geq 0 \\
(R_{22} - P_2)X_{22} &\geq 0 \\
(R_{23} - P_3)X_{23} &\geq 0 \\
(R_{31} - P_1)X_{31} &\geq 0 \\
(R_{32} - P_2)X_{32} &\geq 0 \\
(R_{33} - P_3)X_{33} &\geq 0 \tag{2.4}
\end{aligned}$$

dengan Kendala (1.1d)

$$\begin{aligned}
X_{11} + X_{12} + X_{13} &\leq 1 \\
X_{21} + X_{22} + X_{23} &\leq 1 \\
X_{31} + X_{32} + X_{33} &\leq 1 \tag{2.5}
\end{aligned}$$

dengan Kendala (1.1e)

$$\begin{aligned}
X_{11} &\leq Y_1 \\
X_{21} &\leq Y_1 \\
X_{31} &\leq Y_1 \\
X_{12} &\leq Y_2 \\
X_{22} &\leq Y_2 \\
X_{32} &\leq Y_2 \\
X_{13} &\leq Y_3 \\
X_{23} &\leq Y_3
\end{aligned}$$

$$X_{33} \leq Y_3 \tag{2.6}$$

dengan Kendala (1.1f)

$$\begin{aligned} S_1 &\geq 0 \\ S_2 &\geq 0 \\ S_3 &\geq 0 \end{aligned} \tag{2.7}$$

dengan Kendala (1.1g)

$$\begin{aligned} P_1 &\geq 0 \\ P_2 &\geq 0 \\ P_3 &\geq 0 \end{aligned} \tag{2.8}$$

2.2 Solusi Model Original *Bundling* dengan Program LINGO

Untuk melihat solusi model original *bundling* diperoleh dengan menggunakan program Lingo 11.0 dalam penyelesaiannya. Contoh bentuk penggunaan program Lingo 11.0 untuk salah satu kasus model dapat dilihat pada Lampiran 1.

Berdasarkan persamaan yang telah diformulasikan pada Sub Bab 2.1 yaitu Persamaan (2.1) sampai (2.8) diperoleh secara berturut-turut solusi serta nilai variabel dari kasus model original *bundling* yang ditampilkan pada Tabel 2.8 dan Tabel 2.9.

Tabel 2.8 Solusi Optimal Model Original *Bundling*

| <i>Solver Status</i> | |
|-------------------------------|---------------------------|
| <i>Model Class</i> | INLP |
| <i>State</i> | <i>Local Optimal</i> |
| <i>Objective</i> | 10839,7 |
| <i>Infeasibility</i> | $1,13687 \times 10^{-13}$ |
| <i>Iterations</i> | 144 |
| <i>Extended Solver Status</i> | |
| <i>Solver Type</i> | <i>Branch and Bound</i> |
| <i>Best Objective</i> | 10839,7 |
| <i>Steps</i> | 3 |
| <i>Update Interval</i> | 2 |
| <i>GMU (K)</i> | 33 |
| <i>ER (sec)</i> | 0 |

Pada Tabel 2.8 ditampilkan *Model Class* yang menunjukkan klasifikasi model dalam kasus ini merupakan INLP (*Integer Nonlinear Program*) berarti terdapat setidaknya satu persamaan nonlinier. Bersamaan dengan hal tersebut apabila model memiliki satu atau lebih kendala nonlinier baris *State* berisikan *local optimal*. Solusi optimal yang diperoleh ialah pada nilai *objective* sebesar 10839,7. Nilai *objective* merupakan nilai keuntungan yang diperoleh pada solusi optimal.

Besar kelayakan suatu model berdasarkan keseluruhan kendalanya ditunjukkan pada nilai *infeasibility* yang mana pada model ini sebesar $1,14 \times 10^{-13}$. Baris iterasi menunjukkan banyaknya iterasi yang digunakan Lingo solver dalam menyelesaikan model, yaitu sebesar 144 iterasi. *Extended solver status* menunjukkan metode yang digunakan dalam kasus ini adalah *Branch and Bound* dengan nilai objektif 10839,7. *Generated Memory Used* (GMU) menyatakan jumlah alokasi memori yang digunakan sebesar 33K, *Elapsed Runtime* (ER)

menyatakan lamanya waktu yang digunakan dalam menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu sebesar kurang dari satu detik. Waktu yang digunakan dapat berupa milidetik yang mana dalam hal ini Lingo Solver menghasilkan nilai sebesar 0 detik. Waktu yang digunakan dalam menyelesaikan model dapat dipengaruhi banyaknya aplikasi yang sedang dijalankan pada sistem perangkat.

Tabel 2.9 Nilai-Nilai Variabel Model Original *Bundling*

| Variabel | Nilai |
|----------|--------|
| P_1 | 0,1 |
| P_2 | 3829,9 |
| P_3 | 3830,0 |
| S_1 | 440,1 |
| S_2 | 0,1 |
| S_3 | 1090,1 |
| X_{11} | 0 |
| X_{12} | 0 |
| X_{13} | 0 |
| X_{21} | 1 |
| X_{22} | 1 |
| X_{23} | 1 |
| X_{31} | 0 |
| X_{32} | 0 |
| X_{33} | 0 |

Tabel 2.9 menampilkan nilai P_1 , P_2 dan P_3 yang merupakan biaya memilih suatu program *bundling* dimana P_1 biaya memilih *bundling* 1 bernilai 0,1. P_2 biaya memilih *bundling* 2 bernilai 3829,9 sedangkan P_3 biaya memilih *bundling* 3 bernilai 3830.

BAB III FUNGSI UTILITAS *COBB-DOUGLAS*

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

3.1 Model 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 2.5, maka dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada Fungsi Tujuan (1.1) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) serta Fungsi Tujuan (1.2) dengan Kendala (1.2a) sampai (1.2d).

Berdasarkan Fungsi Tujuan (1.1) dan (1.2) didapat :

$$\text{Maks } R = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^3 M Y_j - X^4 Y^3 + P_x X + P_y Y + P Z \quad (3.1)$$

dengan Kendala (2.2) sampai (2.8) diikuti Kendala (1.2a) didapat :

$$X \leq 196,64 Z \quad (3.2)$$

dengan Kendala (1.2b) didapat :

$$Y \leq 125,87 Z \quad (3.3)$$

dengan Kendala (1.2c) didapat :

$$X^4 Y^3 - P_x X - P_y Y - P Z \geq 0 \quad (3.4)$$

dengan Kendala (1.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (3.5)$$

Jika kasus skema pembiayaan *flat fee* ditambah dengan kendala :

$$\begin{aligned} P_x &= 0 \\ P_y &= 0 \\ P &> 0 \end{aligned} \quad (3.6)$$

Jika kasus skema pembiayaan *usage based* ditambah dengan kendala :

$$\begin{aligned} P_x &> 0 \\ P_y &> 0 \\ P &= 0 \end{aligned} \quad (3.7)$$

Jika kasus skema pembiayaan *two-part tariff* ditambah dengan kendala :

$$\begin{aligned} P_x &> 0 \\ P_y &> 0 \\ P &> 0 \end{aligned} \quad (3.8)$$

3.2 Solusi Model untuk Konsumen Homogen

Solusi model *bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb-Douglas kasus konsumen homogen pada skema pembiayaan *flat fee*, *usage based*, dan *two-part tariff* ditampilkan pada Tabel 3.1 seperti berikut.

Tabel 3.1 Solusi Model *Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas Kasus Homogen

| <i>Solver Status</i> | Jenis Pembiayaan | | |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| <i>Model Class</i> | INLP | INLP | INLP |
| <i>State</i> | <i>Local optimal</i> | <i>Local optimal</i> | <i>Local optimal</i> |
| <i>Objective</i> | 11244,7 | 10859,7 | 11244,7 |
| <i>Infeasibility</i> | $1,13687 \times 10^{-13}$ | $1,13687 \times 10^{-13}$ | $1,13687 \times 10^{-13}$ |
| <i>Iterations</i> | 196 | 418 | 165 |
| <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>Best Objective</i> | 11244,7 | 10859,7 | 11244,7 |
| <i>Steps</i> | 3 | 2 | 3 |
| <i>Update interval</i> | 2 | 2 | 2 |
| <i>GMU(K)</i> | 35 | 35 | 35 |
| <i>ER(sec)</i> | 0 | 1 | 0 |

Pada Tabel 3.1 ditampilkan nilai objektif yang paling maksimum diperoleh dari skema pembiayaan *flat fee* dan *two-part tariff*. Nilai-nilai variabel kasus konsumen homogen masing-masing skema pembiayaan ditampilkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas Kasus Homogen

| Variabel | Jenis Pembiayaan | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| <i>X</i> | 64,25 | 1,06 | 0 |
| <i>Y</i> | 0 | 1,40 | 0,18 |
| <i>P₁</i> | 0,1 | 3829,9 | 0,1 |
| <i>P₂</i> | 3829,9 | 3829,9 | 3829,9 |
| <i>P₃</i> | 0,1 | 3831,04 | 7,49 |
| <i>S₁</i> | 440,1 | 440,1 | 440,1 |
| <i>S₂</i> | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| <i>S₃</i> | 1090,1 | 1090,1 | 1090,1 |
| <i>Z</i> | 1 | 1 | 1 |
| <i>X₁₁</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>X₁₂</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>X₁₃</i> | 0 | 1 | 0 |
| <i>X₂₁</i> | 1 | 1 | 1 |
| <i>X₂₂</i> | 1 | 1 | 1 |
| <i>X₂₃</i> | 1 | 0 | 1 |
| <i>X₃₁</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>X₃₂</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>X₃₃</i> | 0 | 0 | 0 |

Berdasarkan Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 diperoleh solusi yang paling optimal untuk kasus homogen ialah pada skema pembiayaan *flat fee* dan *two-part tariff* dengan nilai objektif sebesar 11244,7. Kedua jenis skema pembiayaan memiliki S_j

dan X_{ij} yang sama. Nilai X_{ij} bernilai 0 dan 1 menyatakan variabel keputusan konsumen i memilih atau tidak memilih produk layanan j .

3.3 Model untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Bawah

Misalkan terdapat m konsumen golongan atas ($i=1$) dan n konsumen golongan bawah ($i=2$). Diasumsikan bahwa setiap konsumen heterogen tersebut mempunyai batas atas yang sama \bar{X} dan \bar{Y} dengan masing-masing adalah tingkat konsumsi pada saat jam sibuk dan pada saat jam tidak sibuk, $a_1 > a_2$ dan $b_1 > b_2$. Dengan memasukan nilai parameter pada Tabel 2.6, maka dibuat model pada konsumen Heterogen golongan atas dan golongan bawah yang didasarkan pada Persamaan (1.1) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) serta Persamaan (1.2) dengan Kendala (1.2a) sampai (1.2d).

Berdasarkan Persamaan (1.1) dan (1.2) didapat :

$$\text{Maks } R = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^3 M Y_j - X_1^4 Y_1^3 - X_2^3 Y_2^2 + P_x X_1 + P_x X_2 + P_y Y_1 + P_y Y_2 + P Z_1 + P Z_2 \quad (3.9)$$

dengan Kendala (2.2) sampai (2.8) diikuti Kendala (1.2a) didapat :

$$\begin{aligned} X_1 &\leq 196,64 Z_1 \\ X_2 &\leq 75,28 Z_2 \end{aligned} \quad (3.10)$$

dengan Kendala (1.2b) didapat :

$$\begin{aligned} Y_1 &\leq 125,87 Z_1 \\ Y_2 &\leq 24,76 Z_2 \end{aligned} \quad (3.11)$$

dengan Kendala (1.2c) didapat :

$$X_1^4 Y_1^3 + X_2^3 Y_2^2 - P_x X_1 - P_x X_2 - P_y Y_1 - P_y Y_2 - P Z_1 - P Z_2 \geq 0 \quad (3.12)$$

dengan Kendala (1.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (3.13)$$

Jika kasus skema pembiayaan *flat fee*, Persamaan (3.13) ditambah dengan Kendala (3.6).

Jika kasus skema pembiayaan *usage based*, Persamaan (3.13) ditambah dengan Kendala (3.7).

Jika kasus skema pembiayaan *two-part tariff*, Persamaan (3.13) ditambah dengan Kendala (3.8).

3.4 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Bawah

Solusi model *bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb-Douglas kasus konsumen heterogen golongan atas dan golongan bawah pada skema pembiayaan *flat fee*, *usage based*, dan *two-part tariff* ditampilkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Solusi Model *Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas Kasus Heterogen Golongan Atas dan Bawah

| <i>Solver Status</i> | Jenis Pembiayaan | | |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| <i>Model Class</i> | INLP | INLP | INLP |
| <i>State</i> | <i>Local optimal</i> | <i>Local optimal</i> | <i>Local optimal</i> |
| <i>Objective</i> | 11244,7 | 10859,7 | 11244,7 |
| <i>Infeasibility</i> | $1,13687 \times 10^{-13}$ | $1,13687 \times 10^{-13}$ | $1,13687 \times 10^{-13}$ |
| <i>Iterations</i> | 254 | 379 | 154 |
| <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>Best Objective</i> | 11244,7 | 10859,7 | 11244,7 |
| <i>Steps</i> | 3 | 2 | 3 |
| <i>Update interval</i> | 2 | 2 | 2 |
| <i>GMU(K)</i> | 37 | 37 | 37 |
| <i>ER(sec)</i> | 0 | 0 | 0 |

Berdasarkan Tabel 3.3 solusi optimal dari ketiga skema pembiayaan diperoleh solusi optimal berada pada jenis pembiayaan *flat fee* dan *two-part tariff* sebesar 11244,7. Nilai-nilai variabel kasus konsumen masing-masing skema pembiayaan ditampilkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Nilai-Nilai Variabel Model *Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas Kasus Heterogen Golongan Atas dan Bawah

| Variabel | Jenis Pembiayaan | | |
|-----------------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| X_1 | 0,47 | 0,95 | 0 |
| X_2 | 31,05 | 1,35 | 0,181 |
| Y_1 | 20,37 | 1,36 | 0,181 |
| Y_2 | 0 | 1,42 | 0,181 |
| Z_1 | 1 | 1 | 1 |
| Z_2 | 1 | 1 | 1 |
| P_1 | 0,1 | 3829,9 | 0,1 |
| P_2 | 3829,9 | 3829,9 | 3829,9 |
| P_3 | 0,1 | 3831,04 | 7,49 |
| S_1 | 440,1 | 440,1 | 440,1 |
| S_2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| S_3 | 1090,1 | 1090,1 | 1090,1 |
| X_{11} | 0 | 0 | 0 |
| X_{12} | 0 | 0 | 0 |
| X_{13} | 0 | 1 | 0 |
| X_{21} | 1 | 1 | 1 |
| X_{22} | 1 | 1 | 1 |
| X_{23} | 1 | 0 | 1 |
| X_{31} | 0 | 0 | 0 |
| X_{32} | 0 | 0 | 0 |
| X_{33} | 0 | 0 | 0 |

Berdasarkan Tabel 3.3 diperoleh solusi yang paling optimal untuk kasus heterogen golongan atas dan golongan bawah ialah pada skema pembiayaan *flat fee* dan *two-part tariff* dengan nilai objektif sebesar 11244,7. Berdasarkan Tabel 3.4 dapat dilihat pada kedua skema pembiayaan tersebut memiliki nilai-nilai

variabel yang relatif sama terutama pada variabel S_j dan X_{ij} . Nilai X_{ij} bernilai 0 dan 1 menyatakan variabel keputusan konsumen i memilih atau tidak memilih produk layanan j .

3.5 Model untuk Konsumen Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah

Berbeda dengan jenis konsumen heterogen golongan atas dan bawah, pada dua jenis konsumen 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 tipe 1 dan n konsumen tipe 2 dengan $a_1 = a_2 = a$ dan $b_1 = b_2 = b$. Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 2.7, maka dibuat model pada konsumen Heterogen golongan tingkat pemakaian tinggi dan golongan tingkat pemakaian rendah didasarkan Fungsi Tujuan (1.1) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) serta Fungsi Tujuan (1.2) dengan Kendala (1.2a) sampai (1.2d).

Berdasarkan Fungsi Tujuan (1.1) dan (1.2) didapat :

$$\text{Maks } R = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^3 M Y_j - X_1^3 Y_1^2 - X_2^3 Y_2^2 + P_x X_1 + P_x X_2 + P_y Y_1 + P_y Y_2 + P Z_1 + P Z_2 \quad (3.14)$$

dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) diikuti Kendala (1.2a) didapat :

$$\begin{aligned} X_1 &\leq 196,64 Z_1 \\ X_2 &\leq 75,28 Z_2 \end{aligned} \quad (3.15)$$

dengan Kendala (2.2b) didapat :

$$\begin{aligned} Y_1 &\leq 125,87 Z_1 \\ Y_2 &\leq 24,76 Z_2 \end{aligned} \quad (3.16)$$

dengan Kendala (2.2c) didapat :

$$X_1^3 Y_1^2 + X_2^3 Y_2^2 - P_x X_1 - P_x X_2 - P_y Y_1 - P_y Y_2 - P Z_1 - P Z_2 \geq 0 \quad (3.17)$$

dengan Kendala (2.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (3.18)$$

Jika kasus skema pembiayaan *flat fee*, Persamaan (3.18) ditambah dengan Kendala (3.6).

Jika kasus skema pembiayaan *usage based*, Persamaan (3.18) ditambah dengan Kendala (3.7).

Jika kasus skema pembiayaan *two-part tariff*, Persamaan (3.18) ditambah dengan Kendala (3.8).

3.6 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah

Solusi model *bundling* berdasarkan fungsi utilitas Cobb-Douglas kasus konsumen heterogen golongan tingkat pemakaian tinggi dan golongan tingkat pemakaian rendah pada skema pembiayaan *flat fee*, *usage based*, dan *two-part tariff* yang ditampilkan pada Tabel 3.5 seperti berikut.

Tabel 3.5 Solusi Model *Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas Kasus Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Golongan Tingkat Pemakaian Rendah

| <i>Solver Status</i> | Jenis Pembiayaan | | |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| <i>Model Class</i> | INLP | INLP | INLP |
| <i>State</i> | <i>Local optimal</i> | <i>Local optimal</i> | <i>Local optimal</i> |
| <i>Objective</i> | 11244,7 | 10859,7 | 11244,7 |
| <i>Infeasibility</i> | $1,13687 \times 10^{-13}$ | $1,13687 \times 10^{-13}$ | $1,13687 \times 10^{-13}$ |
| <i>Iterations</i> | 251 | 382 | 133 |
| Extended Solver Status | | | |
| <i>Solver Type</i> | <i>Branch and Bound</i> | <i>Branch and Bound</i> | <i>Branch and Bound</i> |
| <i>Best Objective</i> | 11244,7 | 10859,7 | 11244,7 |
| <i>Steps</i> | 3 | 2 | 2 |
| <i>Update interval</i> | 2 | 2 | 2 |
| <i>GMU(K)</i> | 37 | 37 | 37 |
| <i>ER(sec)</i> | 0 | 0 | 0 |

Berdasarkan Tabel 3.5 solusi optimal dari ketiga skema pembiayaan diperoleh solusi optimal berada pada jenis pembiayaan *flat fee* dan *two-part tariff* sebesar 11244,7. Nilai-nilai variabel kasus konsumen masing-masing skema pembiayaan ditampilkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Nilai-Nilai Variabel Model *Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Cobb-Douglas Kasus Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah

| Variabel | Jenis Pembiayaan | | |
|-----------------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| X_1 | 0 | 1,18 | 0 |
| X_2 | 75,28 | 1,25 | 0,181 |
| Y_1 | 125,87 | 1,43 | 0,181 |
| Y_2 | 24,76 | 1,41 | 0,181 |
| Z_1 | 1 | 1 | 1 |
| Z_2 | 1 | 1 | 1 |
| P_1 | 0,1 | 3829,9 | 0,1 |
| P_2 | 3829,9 | 3829,9 | 3829,9 |
| P_3 | 0,1 | 3831,04 | 7,49 |
| S_1 | 440,1 | 440,1 | 440,1 |
| S_2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| S_3 | 1090,1 | 1090,1 | 1090,1 |
| X_{11} | 0 | 0 | 0 |
| X_{12} | 0 | 0 | 0 |
| X_{13} | 0 | 1 | 0 |
| X_{21} | 1 | 1 | 1 |
| X_{22} | 1 | 1 | 1 |
| X_{23} | 1 | 0 | 1 |
| X_{31} | 0 | 0 | 0 |
| X_{32} | 0 | 0 | 0 |
| X_{33} | 0 | 0 | 0 |

Berdasarkan Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 diperoleh solusi yang paling optimal untuk kasus heterogen golongan atas dan golongan bawah ialah pada skema

pembiayaan *flat fee* dan *two-part tariff* dengan nilai objektif sebesar 11244,7. Pada kedua skema pembiayaan tersebut, memiliki nilai-nilai variabel S_j dan X_{ij} yang sama.

3.7 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, solusi optimal Model *bundling* dengan fungsi utilitas *cobb-douglas* terdapat pada skema pembiayaan *flat fee* dan *two part tariff* dengan nilai objektif sebesar 11244,7 dan nilai *infeasibility* sebesar $1,13687 \times 10^{-13}$. Solusi yang paling optimal terdapat pada kasus konsumen heterogen tingkat pemakaian tinggi dan tingkat pemakaian rendah.

BAB IV FUNGSI UTILITAS *QUASI-LINIER*

Model ini didasari pada penelitian (2008) serta mengkombinasikannya dengan persamaan pada penelitian (2014) yaitu persamaan fungsi utilitas *quasi-linier*. Masing-masing model dibagi berdasarkan jenis konsumennya yaitu konsumen homogen, konsumen heterogen golongan atas dan bawah serta konsumen heterogen tingkat pemakaian tinggi dan rendah.

4.1 Model untuk Konsumen Homogen

Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 2.5, maka dibuat model *bundling* pada konsumen homogen menggunakan fungsi utilitas *quasi-linier* untuk masing-masing skema pembiayaan yaitu *flat fee*, *usage based* dan *two-part tariff* didasarkan pada Fungsi Tujuan (1.1) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) serta Fungsi Tujuan (1.2) dengan Kendala (1.2a) sampai (1.2d).

Berdasarkan Fungsi Tujuan (1.1) dan (1.2) didapat :

$$\text{Maks } R = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^3 M Y_j - (4X + Y^3) + P_x X + P_y Y + PZ \quad (4.1)$$

dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) diikuti Kendala (1.2a) didapat :

$$X \leq 196,64 Z \quad (4.2)$$

dengan Kendala (1.2b) didapat :

$$Y \leq 125,87 Z \quad (4.3)$$

dengan Kendala (1.2c) didapat :

$$(4X + Y^3) - P_x X - P_y Y - PZ \geq 0 \quad (4.4)$$

dengan Kendala (1.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (4.5)$$

Jika kasus skema pembiayaan *flat fee*, Persamaan (4.5) ditambah dengan Kendala (3.6).

Jika kasus skema pembiayaan *usage based*, Persamaan (4.5) ditambah dengan Kendala (3.7).

Jika kasus skema pembiayaan *two-part tariff*, Persamaan (4.5) ditambah dengan Kendala (3.8).

4.2 Solusi untuk Konsumen Homogen

Solusi model *bundling* berdasarkan fungsi utilitas *quasi-linier* kasus konsumen Homogen pada skema pembiayaan *flat fee*, *usage based*, dan *two-part tariff* ditampilkan pada Tabel 4.1 seperti berikut.

Tabel 4.1 Solusi Model *Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi-Linier Pada Kasus Homogen

| <i>Solver Status</i> | Jenis Pembiayaan | | |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| <i>Model Class</i> | INLP | INLP | INLP |
| <i>State</i> | <i>Local optimal</i> | <i>Local optimal</i> | <i>Local optimal</i> |
| <i>Objective</i> | 11244,7 | 10859,7 | 11244,7 |
| <i>Infeasibility</i> | $3,41061 \times 10^{-13}$ | $1,13687 \times 10^{-13}$ | $1,13687 \times 10^{-13}$ |
| <i>Iterations</i> | 149 | 719 | 152 |
| <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>Best Objective</i> | 11244,7 | 10859,7 | 11244,7 |
| <i>Steps</i> | 3 | 2 | 3 |
| <i>Update interval</i> | 2 | 2 | 2 |
| <i>GMU(K)</i> | 35 | 35 | 36 |
| <i>ER(sec)</i> | 0 | 0 | 0 |

Pada Tabel 4.1 diperoleh nilai objektif pada masing-masing skema pembiayaan yaitu *flat fee* sebesar 11244,7, skema pembiayaan *usage based* sebesar 10859,7 sedangkan skema pembiayaan *two-part tariff* sebesar 11244,7. Dengan masing-masing banyaknya iterasi yang diperlukan untuk menyelesaikan model berturut-turut 149, 719 dan 152. Nilai-nilai variabel kasus konsumen masing-masing skema pembiayaan ditampilkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi-Linier Kasus Homogen

| Variabel | Jenis Pembiayaan | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| <i>X</i> | 196,64 | 0,46 | 0,37 |
| <i>Y</i> | 5,01 | 0,74 | 0,26 |
| <i>P₁</i> | 0,1 | 3829,9 | 0,1 |
| <i>P₂</i> | 3829,9 | 3829,9 | 3829,9 |
| <i>P₃</i> | 0,1 | 3831,04 | 7,49 |
| <i>S₁</i> | 440,1 | 440,1 | 440,1 |
| <i>S₂</i> | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| <i>S₃</i> | 1090,1 | 1090,1 | 1090,1 |
| <i>Z</i> | 1 | 1 | 1 |
| <i>X₁₁</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>X₁₂</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>X₁₃</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>X₂₁</i> | 1 | 0 | 1 |
| <i>X₂₂</i> | 1 | 0 | 1 |
| <i>X₂₃</i> | 1 | 0 | 1 |
| <i>X₃₁</i> | 0 | 1 | 0 |
| <i>X₃₂</i> | 0 | 1 | 0 |
| <i>X₃₃</i> | 0 | 1 | 0 |

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 diperoleh solusi yang paling optimal untuk kasus homogen ialah pada skema pembiayaan *flat fee* dan *two-part tariff*

dengan nilai objektif sebesar 11244,7. Pada kedua skema pembiayaan tersebut, memiliki nilai-nilai variabel S_j dan X_{ij} yang sama.

4.3 Model untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Golongan Bawah

Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 2.6, maka dibuat model pada konsumen Heterogen golongan atas dan golongan bawah didasarkan pada Persamaan (1.1) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) serta Persamaan (1.2) dengan Kendala (1.2a) sampai (1.2d).

Berdasarkan Persamaan (1.1) dan (1.2) didapat :

$$\text{Maks } R = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^3 M Y_j - (4X_1 + Y_1^3) - (3X_2 + Y_2^2) + P_x X_1 + P_x X_2 + P_y Y_1 + P_y Y_2 + P Z_1 + P Z_2 \quad (4.6)$$

dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) diikuti Kendala (1.2a) didapat :

$$\begin{aligned} X_1 &\leq 196,64 Z_1 \\ X_2 &\leq 75,28 Z_2 \end{aligned} \quad (4.7)$$

dengan Kendala (1.2b) didapat :

$$\begin{aligned} Y_1 &\leq 125,87 Z_1 \\ Y_2 &\leq 24,76 Z_2 \end{aligned} \quad (4.8)$$

dengan Kendala (1.2c) didapat :

$$(4X_1 + Y_1^3) + (3X_2 + Y_2^2) - P_x X_1 - P_x X_2 - P_y Y_1 - P_y Y_2 - P Z_1 - P Z_2 \geq 0 \quad (4.9)$$

dengan Kendala (1.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (4.10)$$

Jika kasus skema pembiayaan *flat fee*, Persamaan (4.10) ditambah dengan Kendala (3.6).

Jika kasus skema pembiayaan *usage based*, Persamaan (4.10) ditambah dengan Kendala (3.7).

Jika kasus skema pembiayaan *two-part tariff*, Persamaan (4.10) ditambah dengan Kendala (3.8).

4.4 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Bawah

Solusi model *bundling* berdasarkan fungsi utilitas quasi-linier kasus konsumen heterogen golongan atas dan golongan bawah pada skema pembiayaan *flat fee*, *usage based*, dan *two-part tariff* ditampilkan pada Tabel 4.3 seperti berikut.

Tabel 4.3 Solusi Model *Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi-Linier Kasus Heterogen Golongan Atas dan Golongan Bawah

| <i>Solver Status</i> | Jenis Pembiayaan | | |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| <i>Model Class</i> | INLP | INLP | INLP |
| <i>State</i> | <i>Local optimal</i> | <i>Local optimal</i> | <i>Local optimal</i> |
| <i>Objective</i> | 11244,7 | 10859,7 | 11244,7 |
| <i>Infeasibility</i> | $1,13687 \times 10^{-13}$ | $1,13687 \times 10^{-13}$ | $1,13687 \times 10^{-13}$ |
| <i>Iterations</i> | 200 | 407 | 162 |
| Extended Solver Status | | | |
| <i>Solver Type</i> | Branch and Bound | <i>Branch and Bound</i> | Branch and Bound |
| <i>Best Objective</i> | 11244,7 | 10859,7 | 11244,7 |
| <i>Steps</i> | 3 | 2 | 3 |
| <i>Update interval</i> | 2 | 2 | 2 |
| <i>GMU(K)</i> | 37 | 37 | 37 |
| <i>ER(sec)</i> | 0 | 0 | 0 |

Berdasarkan Tabel 4.3 solusi optimal dari ketiga skema pembiayaan diperoleh solusi optimal berada pada jenis pembiayaan *flat fee* dan *two-part tariff* sebesar 11244,7. Nilai-nilai variabel kasus konsumen masing-masing skema pembiayaan ditampilkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai-Nilai Variabel Model *Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi-Linier Kasus Heterogen Golongan Atas dan Bawah

| Variabel | Jenis Pembiayaan | | |
|-----------------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| X_1 | 196,64 | 0,91 | 0,25 |
| X_2 | 75,28 | 1,11 | 0,25 |
| Y_1 | 0 | 0,87 | 0,25 |
| Y_2 | 24,76 | 1,34 | 0,25 |
| Z_1 | 1 | 1 | 1 |
| Z_2 | 1 | 1 | 1 |
| P_1 | 0,1 | 3829,9 | 0,1 |
| P_2 | 382,9 | 3829,9 | 3829,9 |
| P_3 | 427 | 3831,04 | 7,49 |
| S_1 | 440,1 | 440,1 | 440,1 |
| S_2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| S_3 | 1090,1 | 1090,1 | 1090,1 |
| X_{11} | 0 | 0 | 0 |
| X_{12} | 0 | 0 | 0 |
| X_{13} | 0 | 0 | 0 |
| X_{21} | 1 | 0 | 0 |
| X_{22} | 1 | 0 | 0 |
| X_{23} | 1 | 0 | 0 |
| X_{31} | 0 | 1 | 1 |
| X_{32} | 0 | 1 | 1 |
| X_{33} | 0 | 1 | 1 |

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 diperoleh solusi yang paling optimal untuk kasus heterogen golongan atas dan golongan bawah ialah pada skema pembiayaan *flat fee* dan *two-part tariff* dengan nilai objektif sebesar 11244,7.

Pada kedua skema pembiayaan tersebut memiliki nilai-nilai variabel yang cenderung sama terutama pada nilai S_i .

4.5 Model untuk Konsumen Heterogen Golongan Pemakaian Tinggi dan Tingkat Pemakaian Rendah

Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 2.7, maka dibuat model pada konsumen Heterogen golongan tingkat pemakaian tinggi dan golongan tingkat pemakaian rendah didasarkan pada Persamaan (1.1) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) serta Persamaan (1.2) dengan Kendala (1.2a) sampai (1.2d).

Berdasarkan Persamaan (1.1) dan (1.2) didapat :

$$\text{Maks } R = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^3 M Y_j - (3X_1 + Y_1^2) - (3X_2 + Y_2^2) + P_x X_1 + P_x X_2 + P_y Y_1 + P_y Y_2 + P Z_1 + P Z_2 \quad (4.11)$$

dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) diikuti Kendala (1.2a) didapat :

$$\begin{aligned} X_1 &\leq 196,64 Z_1 \\ X_2 &\leq 75,28 Z_2 \end{aligned} \quad (4.12)$$

dengan Kendala (1.2b) didapat :

$$\begin{aligned} Y_1 &\leq 125,87 Z_1 \\ Y_2 &\leq 24,76 Z_2 \end{aligned} \quad (4.13)$$

dengan Kendala (1.2c) didapat :

$$(3X_1 + Y_1^2) + (3X_2 + Y_2^2) - P_x X_1 - P_x X_2 - P_y Y_1 - P_y Y_2 - P Z_1 - P Z_2 \geq 0 \quad (4.14)$$

dengan Kendala (1.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (4.15)$$

Jika kasus skema pembiayaan *flat fee*, Persamaan (4.15) ditambah dengan Kendala (3.6).

Jika kasus skema pembiayaan *usage based*, Persamaan (4.15) ditambah dengan Kendala (3.7).

Jika kasus skema pembiayaan *two-part tariff*, Persamaan (4.15) ditambah dengan Kendala (3.8)

4.6 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah

Solusi model *bundling* berdasarkan fungsi utilitas quasi-linier kasus konsumen heterogen golongan tingkat pemakaian tinggi dan golongan tingkat pemakain rendah pada skema pembiayaan *flat fee*, *usage based*, dan *two-part tariff* ditampilkan pada Tabel 4.5 seperti berikut.

Tabel 4.5 Solusi Model *Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi-Linier pada Kasus Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah

| <i>Solver Status</i> | Jenis Pembiayaan | | |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| <i>Model Class</i> | INLP | INLP | INLP |
| <i>State</i> | <i>Local optimal</i> | <i>Local optimal</i> | <i>Local optimal</i> |
| <i>Objective</i> | 11244,7 | 10859,7 | 11244,7 |
| <i>Infeasibility</i> | $1,13687 \times 10^{-13}$ | $1,13687 \times 10^{-13}$ | $1,13687 \times 10^{-13}$ |
| <i>Iterations</i> | 174 | 415 | 152 |
| <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>Best Objective</i> | 11244,7 | 10859,7 | 11244,7 |
| <i>Steps</i> | 3 | 2 | 3 |
| <i>Update interval</i> | 2 | 2 | 2 |
| <i>GMU(K)</i> | 37 | 37 | 37 |
| <i>ER(sec)</i> | 0 | 1 | 1 |

Berdasarkan Tabel 4.5 solusi optimal dari ketiga skema pembiayaan diperoleh solusi optimal berada pada jenis pembiayaan *flat fee* dan *two-part tariff* sebesar 11244,7. Nilai-nilai variabel kasus konsumen masing-masing skema pembiayaan ditampilkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai-Nilai Variabel Model *Bundling* Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi-Linier Kasus Heterogen Golongan Tingkat Pemakaian Tinggi dan Rendah pada Masing-masing Skema Pembiayaan

| Variabel | Jenis Pembiayaan | | |
|-----------------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| X_1 | 196,64 | 1,12 | 0,82 |
| X_2 | 75,28 | 1,14 | 0 |
| Y_1 | 0 | 1,35 | 0,22 |
| Y_2 | 13,02 | 1,36 | 0,22 |
| Z_1 | 1 | 1 | 1 |
| Z_2 | 1 | 1 | 1 |
| P_1 | 0,1 | 3829,9 | 0,1 |
| P_2 | 382,9 | 3829,9 | 3829,9 |
| P_3 | 0,1 | 3831,04 | 7,49 |
| S_1 | 440,1 | 440,1 | 440,1 |
| S_2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| S_3 | 1090,1 | 1090,1 | 1090,1 |
| X_{11} | 0 | 0 | 0 |
| X_{12} | 0 | 0 | 0 |
| X_{13} | 0 | 0 | 0 |
| X_{21} | 1 | 0 | 0 |
| X_{22} | 1 | 0 | 0 |
| X_{23} | 1 | 0 | 0 |
| X_{31} | 0 | 1 | 1 |
| X_{32} | 0 | 1 | 1 |
| X_{33} | 0 | 1 | 1 |

Berdasarkan Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 diperoleh solusi yang paling optimal untuk kasus heterogen golongan tingkat pemakaian tinggi dan golongan tingkat pemakain rendah ialah pada skema pembiayaan *flat fee* dan *two-part tariff* dengan

nilai objektif sebesar 11244,7. Pada kedua skema pembiayaan tersebut nilai-nilai variabel S_j yang sama.

4.7 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, solusi optimal Model *bundling* dengan fungsi utilitas quasi-linier terdapat pada skema pembiayaan *flat fee* dan *two part tariff* dengan nilai objektif sebesar 11244,7 dan nilai *infeasibility* sebesar $1,13687 \times 10^{-13}$. Solusi yang paling optimal terdapat pada kasus konsumen homogen dan heterogen tingkat pemakaian tinggi dan tingkat pemakaian rendah.

BAB V FUNGSI UTILITAS *PERFECT SUBSTITUTE*

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

5.1 Model 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 2.5, maka dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada Fungsi Tujuan (2.1) dengan Kendala (2.1a) sampai (2.1i) serta Fungsi Tujuan (2.2) dengan Kendala (2.2a) sampai (2.2d).

Berdasarkan Fungsi Tujuan (2.1) dan (2.2) didapat :

$$\text{Maks } R = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^3 M Y_j - (6X + 5Y - P_X X - P_Y Y - PZ) \quad (5.1)$$

dengan Kendala (2.2) sampai (2.8) diikuti Kendala (1.2a) didapat :

$$X \leq 265,57 Z \quad (5.2)$$

dengan Kendala (1.2b) didapat :

$$Y \leq 299,87 Z \quad (5.3)$$

dengan Kendala (1.2c) didapat :

$$6X + 5Y - P_X X - P_Y Y - PZ \geq 0 \quad (5.4)$$

dengan Kendala (2.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (5.5)$$

Jika skema pembiayaan *flat fee* Persamaan (5.5) ditambah dengan Kendala (3.6).

Jika skema pembiayaan *usage based* Persamaan (5.5) ditambah dengan Kendala (3.7).

Jika skema pembiayaan *two-part tariff* Persamaan (5.5) ditambah dengan Kendala (3.8).

5.2 Solusi Model untuk Konsumen Homogen

Solusi optimal model perbaikan pada kasus homogen untuk skema pembiayaan *flat fee*, *usage based*, dan *two-part tariff* yang diperoleh ditampilkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Solusi Optimal Model *Bundle Pricing* pada Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* pada Konsumen Homogen

| <i>Solver Status</i> | Skema Pembiayaan | | |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage-Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| <i>Model Class</i> | <i>INLP</i> | <i>INLP</i> | <i>INLP</i> |
| <i>State</i> | <i>Local Opt</i> | <i>Local Opt</i> | <i>Local Opt</i> |
| <i>Objective</i> | 3299,7 | 3299,7 | 3299,7 |
| <i>Infeasibility</i> | $8,1854 \cdot 10^{-13}$ | $8,1854 \cdot 10^{-13}$ | $3,84199 \cdot 10^{-8}$ |
| <i>Iterations</i> | 65 | 26 | 21 |
| <i>GMU(K)</i> | 36K | 36K | 36K |
| <i>ER(sec)</i> | 0 | 1 | 0 |

Berdasarkan Tabel 5.1 solusi optimal dari ketiga skema pembiayaan diperoleh solusi yang paling optimal berada pada skema pembiayaan *two-part tariff* dengan nilai objektif sebesar 3299,7 yang didapatkan melalui 21 iterasi.

Nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model original dalam mencapai solusi optimalnya disajikan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Nilai-Nilai Variabel pada Model *Bundle Pricing* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* pada Konsumen Homogen

| Variabel | Skema Pembiayaan | | |
|-----------------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage-Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| X_{11} | 0 | 0 | 0 |
| X_{21} | 0 | 0 | 0 |
| X_{31} | 0 | 0 | 0 |
| X_{12} | 0 | 0 | 0 |
| X_{22} | 0 | 0 | 0 |
| X_{32} | 0 | 0 | 0 |
| X_{13} | 1 | 1 | 1 |
| X_{23} | 1 | 1 | 1 |
| X_{33} | 1 | 1 | 1 |
| P_1 | 515,5897 | 515,5897 | 0,1 |
| P_2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| P_3 | 1349,9 | 1349,9 | 1349,9 |
| S_1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| S_2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| S_3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Y_1 | 0 | 0 | 0 |
| Y_2 | 0 | 0 | 0 |
| Y_3 | 1 | 1 | 1 |
| Z | 1 | 1 | 1 |

Pada Tabel 5.2 disajikan perbandingan nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model untuk masing-masing skema pembiayaan dalam mencapai solusi optimal. Berdasarkan Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa nilai-nilai variabel untuk skema pembiayaan *flat fee* dan skema pembiayaan *usage based* memiliki nilai-nilai variabel yang sama. Nilai-nilai variabel skema pembiayaan *flat fee* dan *usage based* juga memiliki nilai sama dengan skema pembiayaan *two-part tariff* kecuali untuk nilai P_j .

5.3 Model untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Golongan Bawah

Misalkan terdapat m konsumen golongan atas ($i=1$) dan n konsumen golongan bawah ($i=2$). Diasumsikan bahwa setiap konsumen heterogen tersebut mempunyai batas atas yang sama \bar{X} dan \bar{Y} dengan masing-masing adalah tingkat konsumsi pada saat jam sibuk dan pada saat jam tidak sibuk, $a_1 > a_2$ dan $b_1 > b_2$. Dengan memasukan nilai parameter pada Tabel 2.6, maka dibuat model pada konsumen Heterogen golongan atas dan golongan bawah yang didasarkan pada Persamaan (1.1) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) serta Persamaan (1.2) dengan Kendala (1.2a) sampai (1.2d).

Berdasarkan Persamaan (1.1) dan (1.2) didapat :

$$\text{Maks } R = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^3 M Y_j - (6X_1 + 5X_2 + 5Y_1 + 4Y_2) + P_x X_1 + P_x X_2 + P_y Y_1 + P_y Y_2 + PZ_1 + PZ_2 \quad (5.6)$$

dengan Kendala (2.2) sampai (2.8) diikuti Kendala (1.2a) didapat :

$$\begin{aligned} X_1 &\leq 265,57 Z_1 \\ X_2 &\leq 219,74 Z_2 \end{aligned} \quad (5.7)$$

dengan Kendala (1.2b) didapat

$$\begin{aligned} Y_1 &\leq 299,87 Z_1 \\ Y_2 &\leq 284,63 Z_2 \end{aligned} \quad (5.8)$$

dengan Kendala (1.2c) didapat

$$6X_1 + 5X_2 + 5Y_1 + 4Y_2 - P_x X_1 - P_x X_2 - P_y Y_1 - P_y Y_2 - PZ_1 - PZ_2 \geq 0 \quad (5.9)$$

dengan Kendala (1.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (5.10)$$

Jika model menggunakan skema pembiayaan *flat fee*, Kendala (5.10) ditambah Kendala (3.6).

Jika model menggunakan skema pembiayaan *usage based*, Kendala (5.10) ditambah Kendala (3.7).

Jika model menggunakan skema pembiayaan *two-part tariff*, Kendala (5.10) ditambah Kendala (3.8).

5.4 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Golongan Bawah

Solusi optimal model pada kasus konsumen heterogen golongan atas dan golongan bawah untuk skema pembiayaan *flat fee*, *usage based*, dan *two-part tariff* yang diperoleh ditampilkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Solusi Optimal Model *Bundle Pricing* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Golongan Bawah

| Solver Status | Skema Pembiayaan | | |
|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Flat Fee | Usage-Based | Two-Part Tariff |
| Model Class | INLP | INLP | INLP |
| State | Local Opt | Local Opt | Local Opt |
| Objective | 3449,7 | 3449,7 | 3449,7 |
| Infeasibility | $1,04306 \cdot 10^{-7}$ | $9,0955 \cdot 10^{-14}$ | $8,58958 \cdot 10^{-7}$ |
| Iterations | 24 | 14 | 22 |
| GMU(K) | 38K | 38K | 38K |
| ER(sec) | 0 | 1 | 0 |

Berdasarkan solusi optimal dari ketiga skema pembiayaan diperoleh solusi yang paling optimal berada pada skema pembiayaan *usage based* dengan nilai objektif sebesar 3449,7 yang didapatkan melalui 14 iterasi.

Nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model original dalam mencapai solusi optimalnya disajikan dalam Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Nilai-Nilai Variabel untuk Model *Bundle Pricing* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* pada Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Golongan Bawah

| Variabel | Skema Pembiayaan | | |
|----------|------------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage-Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| X_{11} | 0 | 0 | 0 |
| X_{21} | 0 | 0 | 0 |
| X_{31} | 0 | 0 | 0 |
| X_{12} | 0 | 0 | 0 |
| X_{22} | 0 | 0 | 0 |
| X_{32} | 0 | 0 | 0 |
| X_{13} | 1 | 1 | 1 |
| X_{23} | 1 | 1 | 1 |
| X_{33} | 1 | 1 | 1 |
| P_1 | 349,1867 | 0,1 | 0,35 |
| P_2 | 0,1 | 0,1 | 115,1153 |
| P_3 | 1349,9 | 1349,9 | 1349,9 |
| S_1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| S_2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| S_3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Y_1 | 0 | 0 | 0 |
| Y_2 | 0 | 0 | 0 |
| Y_3 | 0 | 0 | 0 |
| Z_1 | 1 | 0 | 1 |
| Z_2 | 1 | 0 | 1 |

Pada Tabel 5.14 disajikan perbandingan nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model perbaikan untuk masing-masing skema pembiayaan dalam mencapai solusi optimal. Berdasarkan Tabel 5.14 dapat dilihat bahwa nilai-nilai variabel untuk skema pembiayaan *flat fee*, *usage based* dan *two-part tariff* memiliki nilai-nilai variabel yang berbeda untuk nilai variabel P_j .

5.5 Model untuk Konsumen Heterogen Tingkat Pemakaian Tinggi dan Tingkat Pemakaian Rendah

Berbeda dengan jenis konsumen heterogen golongan atas dan bawah, pada dua jenis konsumen 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 tipe 1 dan n konsumen tipe 2 dengan $a_1 = a_2 = a$ dan $b_1 = b_2 = b$. Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 2.7, maka dibuat model pada konsumen Heterogen golongan tingkat pemakaian tinggi dan golongan tingkat pemakaian rendah didasarkan Fungsi Tujuan (1.1) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) serta Fungsi Tujuan (1.2) dengan Kendala (1.2a) sampai (1.2d).

Berdasarkan Fungsi Tujuan (1.1) dan (1.2) didapat :

$$\text{Maks } R = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^3 MY_j - (5X_1 + 5X_2 + 4Y_1 + 4Y_2) + P_x X_1 + P_x X_2 + P_y Y_1 + P_y Y_2 + PZ_1 + PZ_2 \quad (5.11)$$

dengan Kendala (2.2) sampai (2.8) diikuti Kendala (1.2a) didapat :

$$\begin{aligned} X_1 &\leq 265,57 Z_1 \\ X_2 &\leq 219,74 Z_2 \end{aligned} \quad (5.12)$$

dengan Kendala (1.2b) didapat :

$$\begin{aligned} Y_1 &\leq 299,87 Z_1 \\ Y_2 &\leq 284,63 Z_2 \end{aligned} \quad (5.13)$$

dengan Kendala (1.2c) didapat :

$$5X_1 + 5X_2 + 4Y_1 + 4Y_2 - P_x X_1 - P_x X_2 - P_y Y_1 - P_y Y_2 - PZ_1 - PZ_2 \geq 0 \quad (5.14)$$

dengan Kendala (1.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (5.15)$$

Jika model menggunakan skema pembiayaan *flat fee*, Kendala (5.15) ditambah Kendala (3.6)

Jika model menggunakan skema pembiayaan *usage based*, Kendala (5.15) ditambah Kendala (3.7).

Jika model menggunakan skema pembiayaan *two-part tariff*, Kendala (5.15) ditambah Kendala (3.8).

5.6 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen Tingkat Pemakaian Tinggi dan Tingkat Pemakaian Rendah

Solusi optimal model pada kasus konsumen heterogen tingkat pemakaian tinggi dan tingkat pemakaian rendah untuk skema pembiayaan *flat fee*, *usage based*, dan *two-part tariff* yang diperoleh ditampilkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Solusi Optimal Model *Bundle Pricing* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect substitute* pada Konsumen Heterogen Tingkat Pemakaian Tinggi dan Tingkat Pemakaian Rendah

| <i>Solver Status</i> | Skema Pembiayaan | | |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage-Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| <i>Model Class</i> | <i>INLP</i> | <i>INLP</i> | <i>INLP</i> |
| <i>State</i> | <i>Local Opt</i> | <i>Local Opt</i> | <i>Local Opt</i> |
| <i>Objective</i> | 3449,7 | 3449,7 | 3449,7 |
| <i>Infeasibility</i> | $1,04306 \cdot 10^{-7}$ | $9,0955 \cdot 10^{-14}$ | $9,0955 \cdot 10^{-14}$ |
| <i>Iterations</i> | 23 | 14 | 46 |
| <i>GMU(K)</i> | 38K | 38K | 38K |
| <i>ER(sec)</i> | 0 | 0 | 1 |

Berdasarkan solusi optimal dari ketiga skema pembiayaan diperoleh solusi yang paling optimal berada pada skema pembiayaan *usage based* dengan nilai objektif sebesar 3449,7 yang didapatkan melalui 14 iterasi.

Nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model original dalam mencapai solusi optimalnya disajikan dalam Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Nilai-Nilai Variabel untuk Model *Bundle Pricing* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Perfect Substitute* pada Konsumen Heterogen Tingkat Pemakaian Tinggi dan Tingkat Pemakaian Rendah

| Variabel | Skema Pembiayaan | | |
|----------|------------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage-Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| X_{11} | 0 | 0 | 0 |
| X_{21} | 0 | 0 | 0 |
| X_{31} | 0 | 0 | 0 |
| X_{12} | 0 | 0 | 0 |
| X_{22} | 0 | 0 | 0 |
| X_{32} | 0 | 0 | 0 |
| X_{13} | 1 | 1 | 1 |
| X_{23} | 1 | 1 | 1 |
| X_{33} | 1 | 1 | 1 |
| P_1 | 394,1867 | 0,1 | 0,35 |
| P_2 | 0,1 | 0,1 | 32,24346 |
| P_3 | 1349,9 | 1349,9 | 1349,9 |
| S_1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| S_2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| S_3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Y_1 | 0 | 0 | 0 |
| Y_2 | 0 | 0 | 0 |
| Y_3 | 0 | 0 | 0 |
| Z_1 | 1 | 0 | 0 |
| Z_2 | 1 | 0 | 0 |

Pada Tabel 5.6 disajikan perbandingan nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model perbaikan untuk masing-masing skema pembiayaan dalam mencapai solusi optimal. Berdasarkan Tabel 5.6 dapat dilihat bahwa nilai-nilai variabel untuk skema pembiayaan *flat fee*, *usage based* dan *two-part tariff* memiliki nilai-nilai variabel yang berbeda untuk nilai variabel P_j .

5.7 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, solusi optimal Model *bundling* dengan fungsi utilitas *perfect substitute* terdapat pada skema pembiayaan *flat fee* dan *two part tariff* dengan nilai objektif sebesar 3499,7 dan nilai *infeasibility* sebesar $1,04306 \cdot 10^{-7}$. Solusi yang paling optimal terdapat pada kasus konsumen heterogen golongan atas dan bawah serta konsumen tingkat pemakaian tinggi dan tingkat pemakaian rendah.

BAB VI FUNGSI UTILITAS *BANDWIDTH*

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

6.1 Model 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 2.5, maka dibuat model pada konsumen homogen didasarkan pada Fungsi Tujuan (1.1) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) serta Fungsi Tujuan (1.2) dengan Kendala (1.2a) sampai (1.2d). Berdasarkan Fungsi Tujuan (1.1) dan (1.2) didapat :

$$\text{Maks } R = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^3 M Y_j - (U_0 + 6 \ln \frac{X+1}{X_{m+1}} + 5 \ln \frac{Y+1}{Y_{m+1}}) + P_x + P_y + PZ \quad (6.1)$$

dengan Kendala (2.2) sampai (2.8) diikuti Kendala (1.2a) didapat :

$$X \leq 265,57 Z \quad (6.2)$$

dengan Kendala (1.2b) didapat :

$$Y \leq 299,87 Z \quad (6.3)$$

dengan Kendala (1.2c) didapat :

$$U_0 + 6 \ln \frac{X+1}{X_{m+1}} + 5 \ln \frac{Y+1}{Y_{m+1}} - P_x X - P_y Y - PZ \geq 0 \quad (6.4)$$

dengan Kendala (1.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (6.5)$$

Jika model perbaikan menggunakan skema pembiayaan *flat fee*, Kendala (6.5) ditambah Kendala (3.6).

Jika model perbaikan menggunakan skema pembiayaan *usage based*, Kendala (6.5) ditambah Kendala (3.7).

Jika model perbaikan menggunakan skema pembiayaan *two-part tariff*, Kendala (6.5) ditambah Kendala (3.8).

6.2 Solusi Model untuk Konsumen Homogen

Solusi optimal model pada kasus konsumen homogen untuk skema pembiayaan *flat fee*, *usage based*, dan *two-part tariff* yang diperoleh ditampilkan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Solusi Optimal Model *Bundle Pricing* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* pada Konsumen Homogen

| Solver Status | Skema Pembiayaan |
|---------------|------------------|
|---------------|------------------|

| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage-Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| <i>Model Class</i> | <i>INLP</i> | <i>INLP</i> | <i>INLP</i> |
| <i>State</i> | <i>Local Opt</i> | <i>Local Opt</i> | <i>Local Opt</i> |
| <i>Objective</i> | 3449,7 | 2849,54 | 3449,7 |
| <i>Infeasibility</i> | $4,36944 \cdot 10^{-6}$ | $1,42109 \cdot 10^{-13}$ | $2,23498 \cdot 10^7$ |
| <i>Iterations</i> | 52 | 53 | 70 |
| <i>GMU(K)</i> | 38K | 38K | 38K |
| <i>ER(sec)</i> | 1 | 0 | 0 |

Berdasarkan solusi optimal dari ketiga skema pembiayaan diperoleh solusi yang paling optimal berada pada skema pembiayaan *flat fee* dengan nilai objektif sebesar 3449,7 yang didapatkan melalui 52 iterasi.

Nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model original dalam mencapai solusi optimalnya disajikan dalam Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Nilai-Nilai Variabel untuk Model *Bundle Pricing* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* pada Konsumen Homogen

| Variabel | Skema Pembiayaan | | |
|----------|------------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage-Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| X_{11} | 0 | 0 | 0 |
| X_{21} | 0 | 0 | 0 |
| X_{31} | 0 | 0 | 0 |
| X_{12} | 0 | 0 | 0 |
| X_{22} | 0 | 0 | 0 |
| X_{32} | 0 | 0 | 0 |
| X_{13} | 1 | 1 | 1 |
| X_{23} | 1 | 1 | 1 |
| X_{33} | 1 | 1 | 1 |
| P_1 | 0,35 | 0,1 | 0,1 |
| P_2 | 0,1 | 1155,815 | 0,1 |
| P_3 | 1349,9 | 1149,9 | 1349,9 |
| S_1 | 0,1 | 200,1 | 0,1 |
| S_2 | 0,1 | 200,1 | 0,1 |
| S_3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Y_1 | 0 | 0 | 0 |
| Y_2 | 0 | 0 | 0 |
| Y_3 | 0 | 0 | 0 |
| U_0 | 0 | 0 | 0 |
| Z | 1 | 1 | 1 |

Pada Tabel 6.2 disajikan perbandingan nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model perbaikan untuk masing-masing skema pembiayaan dalam mencapai solusi optimal. Berdasarkan Tabel 6.2 dapat dilihat bahwa nilai-nilai variabel untuk skema pembiayaan *flat fee*, *usage based* dan *two part tariff* memiliki nilai-nilai variabel yang berbeda untuk nilai variabel P_j .

6.3 Model untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Golongan Bawah

Misalkan terdapat m konsumen golongan atas ($i=1$) dan n konsumen golongan bawah ($i=2$). Diasumsikan bahwa setiap konsumen heterogen tersebut mempunyai batas atas yang sama \bar{X} dan \bar{Y} dengan masing-masing adalah tingkat konsumsi pada saat jam sibuk dan pada saat jam tidak sibuk, $a_1 > a_2$ dan $b_1 > b_2$. Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 2.6, maka dibuat model pada

konsumen Heterogen golongan atas dan golongan bawah yang didasarkan pada Persamaan (1.1) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) serta Persamaan (1.2) dengan Kendala (1.2a) sampai (1.2d). Berdasarkan Persamaan (1.1) dan (1.2) didapat :

$$\begin{aligned} \text{Maks } R = & \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^3 M Y_j - \left(U_{01} + 6 \ln \frac{X_1+1}{X_{m+1}} + \right. \\ & \left. 5 \ln \frac{Y_1+1}{Y_{m+1}} \right) - \left(U_{02} + 5 \ln \frac{X_2+1}{X_{m+1}} + 4 \ln \frac{Y_2+1}{Y_{m+1}} \right) + P_x X_1 + P_x X_2 + P_y Y_1 + \\ & P_y Y_2 + P Z_1 + P Z_2 \end{aligned} \quad (6.6)$$

dengan Kendala (2.2) sampai (2.8) diikuti Kendala (1.2a) didapat :

$$\begin{aligned} X_1 & \leq 265,57 Z_1 \\ X_2 & \leq 219,74 Z_2 \end{aligned} \quad (6.7)$$

dengan Kendala (1.2b) didapat :

$$\begin{aligned} Y_1 & \leq 299,87 Z_1 \\ Y_2 & \leq 284,63 Z_2 \end{aligned} \quad (6.8)$$

dengan Kendala (1.2c) didapat :

$$\begin{aligned} \left(U_{01} + 6 \ln \frac{X_1+1}{X_{m+1}} + 5 \ln \frac{Y_1+1}{Y_{m+1}} \right) + \left(U_{02} + 5 \ln \frac{X_2+1}{X_{m+1}} + 4 \ln \frac{Y_2+1}{Y_{m+1}} \right) - P_x X_1 - \\ P_x X_2 - P_y Y_1 - P_y Y_2 - P Z_1 - P Z_2 \geq 0 \end{aligned} \quad (6.9)$$

dengan Kendala (1.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (6.10)$$

Jika model perbaikan menggunakan skema pembiayaan *flat fee*, Kendala (6.10) ditambah Kendala (3.6). Jika model perbaikan menggunakan skema pembiayaan *usage based*, Kendala (6.10) ditambah Kendala (3.7).

Jika model perbaikan menggunakan skema pembiayaan *two-part tariff*, Kendala (6.5) ditambah Kendala (3.8).

6.4 Solusi Model untuk Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Golongan Bawah

Solusi optimal model pada kasus konsumen heterogen golongan atas dan golongan bawah untuk skema pembiayaan *flat fee*, *usage based*, dan *two-part tariff* yang diperoleh ditampilkan pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Solusi Optimal Model *Bundle Pricing* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* Pada Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Golongan Bawah

| <i>Solver Status</i> | Skema Pembiayaan | | |
|----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage-Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| <i>Model Class</i> | <i>INLP</i> | <i>INLP</i> | <i>INLP</i> |
| <i>State</i> | <i>Local Opt</i> | <i>Local Opt</i> | <i>Local Opt</i> |
| <i>Objective</i> | 3449,7 | 3449,7 | 3449,7 |
| <i>Infeasibility</i> | $7,18313 \cdot 10^{-8}$ | $9,055 \cdot 10^{-14}$ | $3,04181 \cdot 10^{-7}$ |
| <i>Iterations</i> | 138 | 30 | 18 |
| <i>GMU(K)</i> | 40K | 40K | 40K |
| <i>ER(sec)</i> | 0 | 0 | 0 |

Berdasarkan solusi optimal dari ketiga skema pembiayaan diperoleh solusi yang paling optimal berada pada skema pembiayaan *two-part tariff* dengan nilai objektif sebesar 3449,7 yang didapatkan melalui 18 iterasi.

Nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model original dalam mencapai solusi optimalnya disajikan dalam Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Nilai-Nilai Variabel untuk Model *Bundle Pricing* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* pada Konsumen Heterogen Golongan Atas dan Golongan Bawah

| Variabel | Skema Pembiayaan | | |
|----------|------------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage-Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| X_{11} | 0 | 0 | 0 |
| X_{21} | 0 | 0 | 0 |
| X_{31} | 0 | 0 | 0 |
| X_{12} | 0 | 0 | 0 |
| X_{22} | 0 | 0 | 0 |
| X_{32} | 0 | 0 | 0 |
| X_{13} | 1 | 1 | 1 |
| X_{23} | 1 | 1 | 1 |
| X_{33} | 1 | 1 | 1 |
| P_1 | 414,2101 | 1350 | 0,1 |
| P_2 | 0,1e+08 | 0,1 | 0,1 |
| P_3 | 1349,9 | 1349,9 | 1349,9 |
| S_1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| S_2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| S_3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Y_1 | 0 | 0 | 0 |
| Y_2 | 0 | 0 | 0 |
| Y_3 | 0 | 0 | 0 |
| U_{01} | 0 | 0 | 0 |
| U_{02} | 0 | 0 | 0 |
| Z_1 | 1 | 0 | 1 |
| Z_2 | 0 | 0 | 1 |

Pada Tabel 6.4 disajikan perbandingan nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model perbaikan untuk masing-masing skema pembiayaan dalam mencapai solusi optimal. Berdasarkan Tabel 6.4 dapat dilihat bahwa nilai-nilai variabel untuk skema pembiayaan *flat fee*, *usage based* dan *two-part tariff* memiliki nilai-nilai variabel yang berbeda untuk nilai variabel P_j .

6.5 Model untuk Konsumen Heterogen Tingkat Pemakaian Tinggi dan Tingkat Pemakaian Rendah

Berbeda dengan jenis konsumen heterogen golongan atas dan bawah, pada dua jenis konsumen 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 tipe 1 dan n konsumen tipe 2 dengan $a_1 = a_2 = a$ dan $b_1 = b_2 = b$. Dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 2.7, maka dibuat model pada konsumen Heterogen golongan tingkat pemakaian tinggi dan golongan tingkat pemakaian rendah didasarkan Fungsi Tujuan (1.1) dengan Kendala (1.1a) sampai (1.1i) serta Fungsi Tujuan (1.2) dengan Kendala (1.2a) sampai (1.2d). Berdasarkan Fungsi Tujuan (1.1) dan (1.2) didapat :

$$\begin{aligned} \text{Maks } R = & \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (P_j - B_j) X_{ij} - \sum_{j=1}^3 M Y_j - \left(U_{01} + 5 \ln \frac{X_1 + 1}{X_m + 1} + 4 \ln \frac{Y_1 + 1}{Y_m + 1} \right) \\ & - \left(U_{02} + 5 \ln \frac{X_2 + 1}{X_m + 1} + 4 \ln \frac{Y_2 + 1}{Y_m + 1} \right) + P_x X_1 + P_x X_2 + P_y Y_1 \\ & + P_y Y_2 + P Z_1 + P Z_2 \end{aligned} \quad (6.11)$$

dengan Kendala (2.2) sampai (2.8) diikuti Kendala (1.2a) didapat :

$$\begin{aligned} X_1 & \leq 265,57 Z_1 \\ X_2 & \leq 219,74 Z_2 \end{aligned} \quad (6.12)$$

dengan Kendala (1.2b) didapat :

$$\begin{aligned} Y_1 & \leq 299,87 Z_1 \\ Y_2 & \leq 284,63 Z_2 \end{aligned} \quad (6.13)$$

dengan Kendala (1.2c) didapat :

$$\begin{aligned} & \left(U_{01} + 5 \ln \frac{X_1+1}{X_m+1} + 4 \ln \frac{Y_1+1}{Y_m+1} \right) + \left(U_{02} + 5 \ln \frac{X_2+1}{X_m+1} + 4 \ln \frac{Y_2+1}{Y_m+1} \right) - P_x X_1 - \\ & P_x X_2 - P_y Y_1 - P_y Y_2 - P Z_1 - P Z_2 \geq 0 \end{aligned} \quad (6.14)$$

dengan Kendala (1.2d) didapat :

$$Z = 1 \quad (6.15)$$

Jika model menggunakan skema pembiayaan *flat fee*, Kendala (6.15) ditambah Kendala (3.6).

Jika model menggunakan skema pembiayaan *usage based*, Kendala (6.15) ditambah Kendala (3.7).

Jika model menggunakan skema pembiayaan *two-part tariff*, Kendala (6.15) ditambah Kendala (3.8).

6.6 Solusi Model Perbaikan untuk Konsumen Heterogen Tingkat Pemakaian Tinggi dan Tingkat Pemakaian Rendah

Solusi optimal model perbaikan pada kasus konsumen heterogen heterogen tingkat pemakaian tinggi dan tingkat pemakaian rendah untuk skema pembiayaan *flat fee*, *usage based*, dan *two-part tariff* yang diperoleh ditampilkan pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5 Solusi Optimal Model *Bundle Pricing* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* pada Konsumen Heterogen Tingkat Pemakaian Tinggi dan Tingkat Pemakaian Rendah

| <i>Solver Status</i> | Skema Pembiayaan | | |
|----------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage-Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| <i>Model Class</i> | INLP | INLP | INLP |
| <i>State</i> | Local Opt | Local Opt | Local Opt |
| <i>Objective</i> | 3449,7 | 3449,7 | 3449,7 |
| <i>Infeasibility</i> | 0,000241294 | $9,0955 \cdot 10^{-14}$ | $9,0955 \cdot 10^{-14}$ |
| <i>Iterations</i> | 194 | 32 | 39 |
| <i>GMU(K)</i> | 40K | 40K | 40K |
| <i>ER(sec)</i> | 1 | 0 | 0 |

Berdasarkan solusi optimal dari ketiga skema pembiayaan diperoleh solusi yang paling optimal berada pada skema pembiayaan *usage based* dengan nilai objektif sebesar 3449,7 yang didapatkan melalui 32 iterasi.

Nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model original dalam mencapai solusi optimalnya disajikan dalam Tabel 6.6.

Tabel 6.6 Nilai-Nilai Variabel untuk Model *Bundle* Berdasarkan Fungsi Utilitas *Bandwidth* pada Konsumen Heterogen Tingkat Pemakaian Tinggi dan Tingkat Pemakaian Rendah

| Variabel | Skema Pembiayaan | | |
|----------|------------------|--------------------|------------------------|
| | <i>Flat Fee</i> | <i>Usage-Based</i> | <i>Two-Part Tariff</i> |
| X_{11} | 0 | 0 | 0 |
| X_{21} | 0 | 0 | 0 |
| X_{31} | 0 | 0 | 0 |
| X_{12} | 0 | 0 | 0 |
| X_{22} | 0 | 0 | 0 |
| X_{32} | 0 | 0 | 0 |
| X_{13} | 1 | 1 | 1 |
| X_{23} | 1 | 1 | 1 |
| X_{33} | 1 | 1 | 1 |
| P_1 | 529,0543 | 1350 | 0,35 |
| P_2 | 0,1e+08 | 0,1 | 32,25025 |
| P_3 | 1349,9 | 1349,9 | 1349,9 |
| S_1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| S_2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| S_3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Y_1 | 0 | 0 | 0 |
| Y_2 | 0 | 0 | 0 |
| Y_3 | 0 | 0 | 0 |
| U_{01} | 0 | 0 | 0 |
| U_{02} | 0 | 0 | 0 |
| Z_1 | 1 | 0 | 0 |
| Z_2 | 0 | 0 | 0 |

Tabel 6.6 disajikan perbandingan nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model perbaikan untuk masing-masing skema pembiayaan dalam mencapai solusi optimal. Berdasarkan Tabel 6.6 dapat dilihat bahwa nilai-nilai variabel untuk skema pembiayaan *flat fee*, *usage based* dan *two-part tariff* memiliki nilai-nilai variabel yang berbeda untuk nilai variabel P_j .

6.7 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, solusi optimal Model *bundling* dengan fungsi utilitas *perfect substitute* terdapat pada skema pembiayaan *flat fee* dan *two part tariff* dengan nilai objektif sebesar 3499,7 dan nilai *infeasibility* sebesar $1,04306 \cdot 10^{-7}$. Solusi yang paling optimal terdapat pada kasus konsumen heterogen golongan atas dan bawah.

DAFTAR PUSTAKA

Hutchinson, E. (2011). *Economics*.

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

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

BIOGRAFI PENGARANG

| | |
|---|---|
|  | <p>Fitri Maya Puspita mendapatkan gelar S.Si nya dalam Bidang Matematika dari Univeristas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia di tahun 1997. Beliau menerima M.Sc bidang Matematika dari Curtin University of Technology (CUT) Australia Barat pada tahun 2004. Beliau mendapatkan gelar Ph.D dalam bidang Sains dan technology di tahun 2015 dari Univerisiti Sains Islam Malaysia. Beliau mulai dari Tahun 1998 sampai saat ini menjadi tenaga pendidik di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Bidang minar riset beliau adalah optimasi dan aplikasinya seperti pada masalah perutean kendaraan (Vehicle Routing Problem) dan charging dalam third generation internet.</p> |
|  | <p>Evi Yuliza mendapatkan gelar S.Si nya dalam Bidang Matemtika dari Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia di tahun 2000. Beliau menerima M.Si bidang Matematika dari Univeristas Gajah Mada tahun 2004. Bidang Minat Beliau adalah Aljabar. Beliau sampai saat ini menjadi tenaga pendidik di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.</p> |
|  | <p>Mutia Ulfa mendapatkan gelar S.Si nya dalam Bidang Matemtika dari Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia di tahun 2016. Bidang minat beliau adalah optimasi khususnya pengoptimalan pembiayaan bundling pada jaringan multiple QoS.</p> |
|  | <p>Risa Risfa Octa Ringkisa mendapatkan gelar S.Si nya dalam Bidang Matemtika dari Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia di tahun 2016. Bidang minat beliau adalah optimasi khususnya pengoptimalan pembiayaan bundling apda jaringan multiple QoS.</p> |