SKEMA PEMBIAYAAN INTERNET MULTI LINK YANG MELAYANI JARINGAN MULTI KELAS DENGAN KONDISI QUALITY PREMIUM YANG BERBEDA

(MULTI LINK INTERNET PRICING SCHEME SERVING MULTI CLASS QOS NETWORK WITH DIFFERENT QUALITY PREMIUM CONDITIONS)

Fitri Maya Puspita 1\*, Irmeilyana 1, Indrawati1, Reny Oki Sapitri1

Jurusan Matematika, FMIPA Universitas Sriwijaya, Inderalaya 1\*

pipitmac140201@gmail.com, Jl. Sultan M. Mansyur Lrg. Sekundang No. xxx/349A Bukit Lama Palembang 30139

**ABSTRACT**

Multi link internet charging scheme in multi class QoS network is designed according to the base price, quality premium and quality of service to help the service provider to set up the parameters to optimize the service provider’s profit and to serve better quality of service. The objective function is formed by setting up the base price as a variable to be determined. Models are in form of optimization model and are solved by using LINGO 11.0 to obtain the optimal solutions. The results show that in case when we set up the sensitivity price for user as a constant and sensitivity price for a class as variable, base price as a constant and the quality premium as variable we got the best solution. It means that the service provider intends to recover the cost and has also the chance promote certain services.

*Keywords: Internet Pricing Scheme, Base Price, Multi Class QoS Network, Quality Premium*

ABSTRAK

Skema pembiayaan internet *multi link* pada jaringan multi kelas akan dijelaskan dalam tulisan ini. Skema ini didesain menurut biaya dasar, *quality premium* dan QoS untuk membantu penyedia layanan dalam mengatur parameter yang tersedia dalam mengoptimalan keuntungan penyedia layanan dan memperoleh kualitas layanan yang lebih baik. Fungsi objektif dibentuk dengan menetapkan biaya dasar sebagai variabel. Model ditransformasikan menjadi model optimasi dan diselesaikan menggunakan LINGO 11.0 untuk memperoleh solusi optimal. Hasil yang diselesaikan menunjukkan bahwa dengan menetapkan biaya sensitifitas pengguna sebagai konstanta, menentukan biaya sensitifitas kelas layanan sebagai variabel, biaya dasar sebagai konstanta dan *quality premium* sebagai variabel, diperoleh solusi terbaik. Ini berarti bahwa penyedia layanan dapat mencapai tujuannya mempertahankan biaya operasional serta memiliki kesempatan untuk mempromosikan layanan tertentu kepada konsumen.

*Katakunci: Skema Pembiayaan Internet, Biaya Dasar, Jaringan QoS Multi Kelas, Quality Premium*

# PENDAHULUAN

Menurut [1] model pembiayaan bagi layanan internet berdasarkan tingkatan kualitas yang berbeda dengan memfokuskan pada sk­­­­­­­­­­­­­ema pembiayaan atas dasar pemakaian karena skema tersebut merefleksikan level kongesti (gangguan) secara mendalam.

Skema pembiayaan terbaru didasarkan atas pembiayaan kecepatan tetap (*flat rate*) dan pembiayaan atas dasar pemakaian (*usage based*) [2]. Pelanggan memiliki kecenderungan menggunakan pembiayaan *flat rate* karena skema tersebut sederhana. Pelangggan hanya membayar biaya langganan setiap bulan dan pelanggan akan mendapatkan semua koneksi internet, akan tetapi skema pembiayaan ini pada dasarnya memiliki kerugian karena tidak menyelesaikan permasalahan kongesti(kemacetan jaringan internet).

Jika pelanggan ingin mendapatkan kualitas layanan terbaik, maka pelanggan harus membayar dengan biaya yang tinggi. Jika pelanggan tidak peduli dengan kualitas, maka pembiayaan *flat rate* yang dipilih adalah kualitas layanan yang rendah. *Telco* seperti halnya Telkom Indonesia mengalami kesulitan dalam mencari skema pembiayaan yang tepat sehubungan dengan jaringan *QoS* multipel dan multi layanan. Hal ini menyebabkan pengguna akan berpindah dari satu *QoS* ke *QoS* lainnya. Pengoptimalan pembiayaan internet diperlukan dengan mempertimbangkan jaringan *QoS* yang *multi link bottleneck* karena situasi real atau dinamis dalam jaringan multi layanan. *Bottleneck* bila diartikan secara bebas merupakan leher botol. Jika secara kasar *bottleneck* artinya penyempitan jalur. Dengan demikian, *bottleneck* pada *multi link*  merupakan penyempitan jalur yang mengakibatkan kongestikarena kurangnya *bandwidth* sedangkan jalur yang disediakan terlalu kecil. *Bandwidth* merupakan besaran yang menunjukkan seberapa banyak data yang dapat dilewatkan dalam koneksi melalui sebuah jaringan. Skema pembiayaan internet menjadi permasalahan kritis dan memerlukan solusi tepat yang dapat menguntungkan ISP dan pengguna.

Penelitian tentang model yang diperbaiki pada skema pembiayaan internet link tunggal menurut jaringan multi layanan dapat dilihat dalam [3] dan jaringan multi kelas QoS dapat dilihat dalam [4] dengan berdasarkan model yang telah dimodifikasi oleh [5] dengan cara menetapkan biaya dasar, kualitas premium dan tingkat QoS dapat menghasilkan keuntungan maksimum bagi ISP yang lebih baik dari model sebelumnya. Model yang digunakan berdasarkan biaya dasar ( dan kualitas premium ( sebagai konstanta serta konstanta dan variabel. Namun hasil yang diperoleh dengan menerapkan model pada 3 (tiga) layanan untuk jaringan multi layanan dan 2 (dua) *user* (pengguna layanan) dengan 2 (dua) kelas pada jaringan multi kelas QoS. Pada kenyataannya, dalam peningkatan kualitas ISP menyediakan banyak layanan dan banyak kelas kepada banyak pengguna jaringan.

Pada penelitian [6] ISP membutuhkan skema pembiayaan baru untuk memaksimalkan pendapatan dan memberikan layanan yang lebih baik kepada pelanggan. Model ini diatur dengan menetapkan harga dasar tetap, memvariasikan premium kualitas dan memperbaiki harga sensitivitas bagi pengguna di setiap kelas.

Pada penelitian [5],[7],[8],[9],[10] diselesaikan skema jaringan yang banyak layanan sebagai model optimasi untuk memperoleh pendapatan maksimal dengan menggunakan model perbaikan berdasarkan hasil dari [1] dan [11]. Hasil yang optimal dapat diselesaikan menggunakan *software* aplikasi optimasi yaitu LINGO untuk memperoleh pendapatan maksimal yang lebih baik. Kelebihan dari penelitian tersebut adalah untuk kemudahan bagi penyedia layanan internet (ISP) untuk mengatur biaya dasar dan premium kualitas.

Berdasarkan penelitian sebelumnya [12], [3] yang menggunakan *link* tunggal maka dalam penelitian ini membahas model skema pembiayaan internet link multipel dalam jaringan multi layanan dan jaringan multi kelas QoS yang telah dibuat pada penelitian sebelumnya. Model ini diselesaikan menggunakan *software* LINGO 11.0.

# METODE PENELITIAN

 Penelitian ini menggunakan data dari salah satu server lokal dan perhitungan diselesaikan menggunakan program LINGO 11.0. Langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data *traffic file* dan *mail*.
2. Menyusun model jaringan multi kelas QoS
	1. Menentukan parameter-parameter.
	2. Menentukan variabel-variabel keputusan.
	3. Menyusun model *original*.
3. Menyusun model modifikasi dengan *βj* sebagai konstanta dimana parameter dan *Wj* variabel.
4. Menyusun model modifikasi dengan *βj* sebagai konstanta dimana parameter dan *Wj* parameter.
5. Menyusun model modifikasi dengan *βj* sebagai variabel dimana parameter dan *Wj* variabel.
6. Menyusun model modifikasi dengan *βj* sebagai konstanta dimana parameter dan *Wj* parameter.
7. Menentukan solusi optimal.
8. Menginterpretasikan hasil solusi optimal.
9. Membuat kesimpulan.

# HASIL DAN PEMBAHASAN

**3.1 Pendefinisian Parameter dan Variabel Keputusan pada Model Jaringan Multi Kelas QoS**

Model skema pembiayaan internet link multipel dalam jaringan multi kelas QoS terbagi menjadi 3 model yaitu :

1. Model *original*.
2. model modifikasi 1 dengan sebagai konstanta.
3. model modifikasi 2 dengan sebagai variabel.

Parameter dan variabel keputusan yang digunakan pada setiap model tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Parameter untuk Setiap Model pada Jaringan Multi Kelas QoS

|  |
| --- |
| **Parameter untuk model *original*** |
|  | : | harga dasar kelas *j* |
|  | : | kapasitas total yang terdapat pada *link k* |
|  | : | *bandwidth* minimum pengguna *i* untuk kelas *j* pada *link k* |
|  | : | harga sensitivitas pengguna *i*untuk kelas *j* pada *link k* |
|  | : | nilai yang telah ditentukan dari batas atas untuk harga sensitivitas pengguna *i* dalam kelas *j* |
| **Parameter untuk model modifikasi 1 dengan *βj* sebagai konstanta** |
|  | : | harga dasar kelas *j* |
|  | : | kualitas premium kelas *j* |
|  | : | kapasitas total yang terdapat pada *link k* |
|  | : | *bandwidth* minimum pengguna *i* untuk kelas *j* pada *link k* |
|  | : | harga sensitivitas pengguna *i*untuk kelas *j* pada *link k* |
|  | : | nilai yang telah ditentukan dari batas atas untuk harga sensitivitas pengguna *i* dalam kelas *j* |
|  | : | nilai indeks kualitas maksimum untuk kelas *j* |
| **Parameter untuk model modifikasi 2 dengan *βj* variabel** |
|  | : | harga dasar kelas *j* |
|  | : | kapasitas total yang terdapat pada *link k* |
|  | : | *bandwidth* minimum pengguna *i* untuk kelas *j* pada *link k* |
|  | : | harga sensitivitas pengguna *I* untuk kelas *j* pada *link k* |
|  | : | nilai yang telah ditentukan dari batas atas untuk harga sensitivitas pengguna *i* dalam kelas *j* |
|  | : | nilai indeks kualitas maksimum untuk kelas *j* |
|  | : | nilai kualitas premium minimum untuk kelas *j* |
|  |  | nilai kualitas premium maksimum untuk kelas *j* |

Tabel 2. Variabel Keputusan untuk Setiap Model pada Jaringan Multi Kelas QoS

|  |
| --- |
| **Variabel keputusan untuk model 1 *original*** |
| *Zij* | : |  |
|  | : | *Bandwidth* akhir yang diperoleh pengguna *i* untuk kelas *j* |
|  | : | *Bandwidth* akhir yang diperoleh pengguna *i* untuk kelas *j* pada *link k* |
| *Wj* | : | Harga sensitivitas untuk kelas *j* |
|  | : | *Bandwidth* minimumuntuk kelas *j* |
| *Xj* | : | *Bandwidth* untuk tiap individu di kelas *j* |
| **Variabel keputusan untuk model modifikasi 1 dengan *βj*sebagai konstanta** |
| *Zij* | : |  |
|  | : | *Bandwidth* akhir yang diperoleh pengguna *i* untuk kelas *j* |
|  | : | *Bandwidth* akhir yang diperoleh pengguna *i* untuk kelas *j* pada *link k* |
|  | : | Indeks kualitas kelas *j* |
| *Wj* | : | Harga sensitivitas untuk kelas *j* |
|  | : | *Bandwidth* minimum untuk kelas *j* |
| *Xj* | : | *Bandwidth* untuk tiap individu di kelas *j* |
| **Variabel keputusan untuk model modifikasi 2 dengan βj sebagai variabel** |
| *Zij* | : |  |
|  | : | *Bandwidth* akhir yang diperoleh pengguna *i* untuk kelas *j* |
|  | : | *Bandwidth* akhir yang diperoleh pengguna *i* untuk kelas *j* pada *link k* |
| *Wj* | : | Harga sensitivitas untuk kelas *j* |
|  | : | *Bandwidth* minimum untuk kelas *j* |
| *Xj* | : | *Bandwidth* untuk tiap individu di kelas *j* |
|  | : | Indeks kualitas kelas *j* |
|  | : | Kualitas premium kelas *j* |

**3.2 Penggunaan Model pada Jaringan Multi Kelas QoS**

Nilai *C*kuntuk setiap model pada jaringan multi kelas QoS diperoleh dari nilai akhir pada data *traffic* yaitu *C*1 = 34.172 dan *C*2 = 4.275.

**3.2.1 Model *Original***

Penggunaan model skema pembiayaan internet pada jaringan multi kelas QoS untuk model *original* didapatkan dengan memasukkan nilai parameter.

Tabel 3. Nilai – Nilai Parameter pada Model *Original*

|  |  |
| --- | --- |
| **Parameter** | **Kelas (j)** |
| **1** | **2** |
| *j* | 0,3 | 0,4 |

dengan Kendala

 (2)

 (3)

 (4)

 (5)

 (6)

 (7)

 (8)

 (9)

 (10)

 (11)

 (12)

 (13)

dengan *i* = 1,…, *n* ; *j* = 1,…, *m* ;  *k*= 1,…, *r*

**3.2.2 Model Modifikasi 1 dengan sebagai Konstanta**

Penggunan model skema pembiayaan internet pada jaringan multi kelas QoS untuk model modifikasi dengan sebagai konstanta diperoleh dengan memasukkan nilai parameter.

Tabel 4. Nilai-Nilai Parameter pada Model Modifikasi 1 dengansebagai Konstanta

|  |  |
| --- | --- |
| **Parameter** | **Kelas *(j)*** |
| **1** | **2** |
| *j* | 0,3 | 0,4 |
|  | 0,01 | 0,05 |
| *cj* | 4 | 5 |
| *dj* | 0,8 | 0,9 |

Model dengan *α* dan *β* sebagai konstanta:

 Selanjutnya, digunakan Kendala (2) sampai Kendala (13) dan juga ditambahkan dengan kendala – kendala berikut :

 (14)

0,8

0,9 (15)

Model modifikasi 1 dengan sebagai konstanta dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Jika sebagai parameter dan sebagai variabel maka ditambahkan dengan Kendala berikut ini :

 6 (16)

1. Jika sebagai parameter dan sebagai parameter maka ditambahkan dengan kendala berikut ini:

 (17)

**3.2.3 Model Modifikasi 2 dengan sebagai Variabel**

Penggunan model skema pembiayaan internet pada jaringan multi kelas QoS untuk model modifikasi dengan sebagai variabel diperoleh dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 5 ke dalam model.

Tabel 5. Nilai-Nilai Parameter pada Model Modifikasi sebagai Variabel

|  |  |
| --- | --- |
| **Parameter** | **Kelas (j)** |
| **1** | **2** |
| j | 0,3 | 0,4 |
| cj | 4 | 5 |
| dj | 0,8 | 0,9 |
| f | 0,01 | 0,01 |
| g | 0,5 | 0,5 |

Model dengan α sebagai konstanta dan β sebagai variabel :

 Selanjutnya, menggunakan Kendala (2) sampai Kendala (13) dan juga ditambahkan dengan kendala–kendala berikut :

 (18)

0,01< < 0,5

0,5 (19)

Model modifikasi 2 dengan sebagai variabel dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Jika sebagai parameter dan sebagai variabel maka ditambahkan dengan Kendala (16).
2. Jikasebagai parameter dan sebagai parameter maka ditambahkan dengan Kendala (17).

**3.3 Solusi Model Jaringan Multi Kelas QoS dengan Program LINGO 11.0**

**3.3.1 Model *Original***

Solusi Optimal Model Original disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Solusi Optimal Model *Original*

|  |
| --- |
| ***Solver Status*** |
| *Model Class* | MINLP |
| *State* | *Local Optimal* |
| *Objective* | 115,759 |
| *Infeasibility* | 0 |
| *Iterations* |  8 |
| ***Extended Solver Status*** |
| *Solver Type* | *Branch and Bound* |
| *Best Objective* | 115,759 |
| *Objective bound* | 115,759 |
| *Steps* |  0 |
| *Update Interval* |  2 |
| *Active* |  0 |
| *GMU (K)* | 33 |
| *ER (sec)* |  0 |

Tabel 6 ini menunjukkan solusi optimal pada model *original* sebesar 115,759. Hasil tersebut didapatkan melalui 8 iterasi dengan *infeasibility* yang mencapai 0. *Extended solver* status menggunakan metode b*ranch and bound* menghasilkan nilai objektif sebesar 115,759. *Generated Memory Used (GMU)* menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 33K dan *Elapsed Runtime (ER)* menjelaskan tentang total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model adalah 0 detik. Nilai – nilai variabel yang diperoleh dari model *original* dalam mencapai hasil optimal sebesar 115,759 disajikan pada Tabel 7.

**3.3.2 Solusi Model Modifikasi 1 dengan sebagai Konstanta**

Tabel 7 ini menunjukkan perbandingan nilai–nilai variabel yang diperoleh pada model *original* dan model modifikasi dengan sebagai konstanta untuk setiap kasus agar memperoleh solusi optimal.

Tabel 7. Nilai-Nilai Variabel pada Model *Original* dan Model Modifikasi 1 dengan sebagai Konstanta

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variabel** | **Model 1 *Original*** | **Model Modifikasi 1** |
| ***ij*Par*****Wj* Var** | ***ij*Par*****Wj* Par** |
| *Z*11 | 1 | 1 | 1 |
| *Z*12 | 1 | 0 | 1 |
| *Z*21 | 0 | 0 | 1 |
| *Z*22 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 4 | 4 | 5 |
| 12 | 4 | 5 | 4 |
| 21 | 5 | 4 | 5 |
| 22 | 5 | 5 | 4 |
| *X*1 | 4 | 968 | 990 |
| *X*2 | 3 | 1210 | 1188 |
|  | 0 | 0 | 0 |
|  | 0 | 0 | 0 |
| *I*1 | - | 0,8 | 0,8 |
| *I*2 | - | 0,9 | 0,9 |
|  | 5 | 968 | 990 |
|  | 2173 | 1210 | 1188 |
|  | 6 | 968 | 990 |
|  | 2173 | 1210 | 1188 |
| *W*1 | 0 | 8 | 5 |
| *W*2 | 10 | 10 | 6 |
|  | 5 | 968 | 990 |
|  | 6 | 968 | 990 |
|  | 2173 | 1210 | 1188 |
|  | 2173 | 1210 | 1188 |
|  | 5 | 968 | 990 |
|  | 6 | 968 | 990 |
|  | 2173 | 1210 | 1188 |
|  | 2173 | 1210 | 1188 |

Nilai menunjukkan keberadaan pengguna *i* di kelas *j*. Jika menyatakan bahwa pengguna *i* berada di kelas *j*, sedangkan jika menyatakan sebaliknya yaitu pengguna *i* tidak berada di kelas *j*. Berdasarkan Tabel 4.21 dapat dilihat bahwa nilai perbandingan *Xij* pada setiap model menunjukkan bahwa pada model *original* cukup jauh perbedaan nilainya tetapi jika yang dibandingkan antar model modifikasi 1 nilainya tidak jauh berbeda. Nilai perbandingan *Xijk* pada setiap model menunjukkan bahwa pada model *original* cukup jauh perbedaan nilainya dibandingkan pada model modifikasi 1. Solusi optimal untuk model modifikasi dengan sebagai konstanta dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 menunjukkan solusi optimal yang diperoleh pada model modifikasi dengan sebagai konstanta untuk *ij* sebagai parameter dan *Wj* sebagai variabel adalah sebesar 182,733 yang diselesaikan dengan 25 iterasi. Sedangkan, solusi optimal untuk *ij* sebagai parameter dan *Wj* sebagai parameter adalah sebesar 114,18 yang diselesaikan dengan 18 iterasi. Pemrograman LINGO 11.0 beserta hasil solusinya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Berdasarkan hasil solusi optimal pada Tabel 6 dan Tabel 8 model *original* pendapatan paling maksimum diperoleh pada model modifikasi dengan sebagai konstanta untuk kasus *ij* sebagai parameter dan  *Wj* sebagai variabel yaitu sebesar 182,733 rupiah (per kbps).

Tabel 8 Solusi Optimal untuk Model Modifikasi 1 dengan sebagai Konstanta

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Solver Status*** | ***ij*Par*****Wj* Var** | ***ij*Par*****Wj* Par** |
| *Model Class* | MINLP |
| *State* | *Local optimal* |
| *Infeasibility* | 0 |  |
| *Iterations* | 25 | 18 |
| ***Extended Solver state*** |
| *Solver type* | *Branch & bound* |
| *Best Objective*  | 182,733 | 114,18 |
| *Objective bound* | 182,733 | 114,18 |
| *Active* | 0 | 0 |
| *Update interval* | 2 | 2 |
| *GMU(K)* | 36 | 36 |
| *ER(sec)* | 0 | 0 |

**3.3.3 Solusi Model Modifikasi 2 dengan sebagai Variabel**

Tabel 9 menunjukkan perbandingan nilai – nilai variabel yang diperoleh pada model modifikasi dengan sebagai variabel untuk setiap kasus agar memperoleh solusi optimal. Nilai menunjukkan keberadaan pengguna *i* di kelas *j*. Jika menyatakan bahwa pengguna *i* berada di kelas *j*, sedangkan jika menyatakan sebaliknya yaitu pengguna *i*  tidak berada di kelas *j*. Berdasarkan Tabel 9 dapat dilihat bahwa nilai nilai perbandingan *Xij* pada setiap model menunjukkan bahwa pada model *original* cukup jauh perbedaan nilainya tetapi jika yang dibandingkan antar model modifikasi 2 nilainya tidak jauh berbeda. Nilai perbandingan *Xijk* pada setiap model menunjukkan bahwa pada model *original* cukup jauh perbedaan nilainya dibandingkan pada model modifikasi 2. Solusi optimal untuk model modifikasi dengan sebagai variabel dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9 Nilai – Nilai Variabel pada Model *Original* dan Model Modifikasi 2 dengan Sebagai Variabel

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variabel** | **Model *Original*** | **Model Modifikasi2** |
| ***ij*Par*****Wj* Var** | ***ij*Par*****Wj* Par** |
|  | **-** | 0,05 | 0,05 |
|  | **-** | 0,05 | 0,05 |
| *Z*11 | 1 | 1 | 1 |
| *Z*12 | 1 | 0 | 1 |
| *Z*21 | 0 | 0 | 1 |
| *Z*22 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 4 | 5 | 5 |
| 12 | 4 | 4 | 4 |
| 21 | 5 | 5 | 5 |
| 22 | 5 | 4 | 4 |
| *X*1 | 4 | 968 | 990 |
| *X*2 | 3 | 1210 | 1188 |
|  | 0 | 0 | 0 |
|  | 0 | 0 | 0 |
| *I*1 | - | 0,8 | 0,8 |
| *I*2 | - | 0,9 | 0,9 |
|  | 5 | 968 | 990 |
|  | 2173 | 1210 | 1188 |
|  | 6 | 968 | 990 |
|  | 2173 | 1210 | 1188 |
| *W*1 | 0 | 8 | 5 |
| *W*2 | 10 | 10 | 6 |
|  | 5 | 968 | 990 |
|  | 6 | 968 | 990 |
|  | 2173 | 1210 | 1188 |
|  | 2173 | 1210 | 1188 |
|  | 5 | 968 | 990 |
|  | 6 | 968 | 990 |
|  | 2173 | 1210 | 1188 |
|  | 2173 | 1210 | 1188 |

Tabel 10. Solusi Optimal untuk Model Modifikasi 2 dengan sebagai Variabel

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Solver Status*** | ***ij*Par*****Wj* Var** | ***ij*Par*****Wj* Par** |
| *Model Class* | MINLP |
| *State* | *Local optimal* |
| *Infeasibility* | 0 | 0 |
| *Iterations* | 33 | 28 |
| ***Extended Solver state*** |
| *Solver type* | *Branch & bound* |
| *Best Objective*  | 182,797 | 114,244 |
| *Objective bound* | 182,797 | 114,244 |
| *Active* | 0 | 0 |
| *Update interval* | 2 | 2 |
| *GMU(K)* | 37 | 37 |
| *ER(sec)* | 0 | 0 |

 Tabel 10 menunjukkan solusi optimal yang diperoleh pada model modifikasi dengan sebagai variabel untuk *ij* sebagai parameter dan *Wj* sebagai variabel adalah sebesar 182,797 yang diselesaikan dengan 33 iterasi. Sedangkan, solusi optimal untuk *ij* sebagai parameter dan *Wj* sebagai parameter adalah sebesar 114,244 yang diselesaikan dengan 28 iterasi.

Berdasarkan hasil solusi optimal pada Tabel 10 modelmodifikasi dengan sebagai variabel. Solusi optimal dengan pendapatan paling maksimum diperoleh pada model modifikasi dengan sebagai variabel untuk kasus *ij* sebagai parameter dan  *Wj* sebagai variabel yaitu sebesar 182,797 rupiah (per kbps).

**3.4. Rekapitulasi Solusi Model *Original* dan Model Modifikasi**

Hasil rekapitulasi seperti pada Tabel 11 berikut ini:

Tabel 11. Rekapitulasi Solusi Model Original dan Model Modifikasi

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Solver Status*** | **Model *Original*** | **Model Modifikasi 1** | **Model Modifikasi 2** |
| ***ij*Par*****Wj* Var** | ***ij*Par*****Wj* Par** | ***ij*Par*****Wj* Var** | ***ij*Par*****Wj* Par** |
| *Model Class* | MINLP |
| *State* | *Local Optimal* |
| *Infeasibility* | 0 | 0 |  | 0 | 0 |
| *Iterations* | 8 | 25 | 18 | 33 | 28 |
| ***Extended Solver state*** |
| *Solver type* | *Branch and Bound* |
| *Best Objective*  | 115,759 | 182,733 | 114,18 | 182,797 | 114,244 |
| *Objective bound* | 115,759 | 182,733 | 114,18 | 182,797 | 114,244 |
| *Active* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| *Update interval* | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| *GMU(K)* | 33 | 36 | 36 | 37 | 37 |
| *ER(sec)* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Hasil rekapitulasi perbandingan solusi optimal antara model original, model modifikasi 1 dan model modifikasi 2 pada Tabel 11 menunjukkan bahwa solusi yang lebih optimal adalah pada model modifikasi 2 dengan *ij* sebagai parameter dan *Wj* sebagai variabel dengan *best objective* sebesar 182,797 (dalam kbps). Jadi, ISP bisa menggunakan model skema pembiayaan internet pada multi kelas dengan mengatur *ij* sebagai parameter dan *Wj* sebagai variabelyang berarti ISP dapat mempertahankan biaya operasional yang dikeluarkan (*α*) setidaknya agar tidak rugi dan mampu mempromosikan layanan tertentu pada pelanggan (*β*) dengan menetapkan biaya sensitifitas pelanggan dalam kelas layanan tertentu *ij*) dan menentukan berapa biaya sensitifitas untuk kelas layanan (*Wj*).

# KESIMPULAN

Pada jaringan multi kelas didapatkan solusi optimal terbaik 182,797 (dalam kbps). ISP akan memperoleh keuntungan tertinggi dengan mengaplikasikan model modifikasi 2 dengan *ij* sebagai parameter dan *Wj* sebagai variabel agar ISP mampu mempertahankan biaya operasional yang dikeluarkan dan dapat melakukan promosi kelas layanan tertentu.

# UCAPAN TERIMAKASIH

 Ucapan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi (DIKTI) atas bantuan finansial dalam kegiatan penelitian yang dilakukan melalui Penelitian Hibah Bersaing Tahun II, 2015.

# PUSTAKA

[1]. Byun J, Chatterjee S. *A strategic pricing for quality of service (QoS) network business*. in Proceedings of the Tenth Americas Conference on Information Systems. 2004. New York.

[2]. Indrawati, Irmeilyana, Puspita FM, Lestari MP. *Optimasi Model Skema Pembiayaan Internet Berdasarkan Fungsi Utilitas Quasi-Linier*, in Seminar Hasil Penelitian dalam rangka Dies Natalis Universitas Sriwijaya. 2013: Universitas Sriwijaya.

[3]. Irmeilyana, Indrawati, Puspita FM, Herdayana L. *Model yang Diperbaiki dan Solusi Skema Pembiayaan Internet Link Tunggal pada Jaringan Multi Layanan (Multi Service Network)*, in Seminar Hasil Penelitian Universitas Sriwijaya. 2013: Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Indonesia

[4]. Irmeilyana, Indrawati, Puspita FM, Herdayana L. *The New Improved Models of Single Link Internet Pricing Scheme in Multiple QoS Network*, inInternational Conference Recent treads in Engineering & Technology (ICRET’2014)*, Batam (Indonesia)*. 2014.

[5]. Puspita FM, Seman K, Taib BM, Shafii Z. An improved optimization model of internet charging scheme in multi service networks. *TELKOMNIKA*, 2012. 10(3): p. 592-598.

[6]. Irmeilyana, Indrawati, Puspita FM, Herdayana L. *Improving the Models of Internet Charging in Single Link Multiple Class QoS Networks*. in 2014 International Conference on Computer and Communication Engineering (ICOCOE'2014). 2014. Melaka, Malaysia.

[7]. Puspita, FM, Seman K, Taib BM. The Improved Models of Internet Pricing Scheme of Multi Service Multi Link Networks with Various Capacity Links, in *Advanced Computer and Communication Engineering Technology*, H.A. Sulaiman, et al., Editors. 2015, Springer International Publishing: Switzeland.

[8]. Puspita, FM, Irmeilyana, Indrawati, Juniwati, Dumepa L. *Multi Link Internet Charging Scheme Serving Multi Class QoS*, in International Conference on Education, Technology and Sciences*, Jambi*. 2014: Jambi.

[9]. Puspita FM, Seman K, Taib BM, Shafii Z. Improved Models of Internet Charging Scheme of Single Bottleneck Link in Multi QoS Networks. *Journal of Applied Sciences*, 2013. 13(4): p. 572-579.

[10].Puspita, FM, Irmeilyana, Indrawati, Susanti E, Yuliza E, Sapitri RO. Improved Models of Internet Charging Scheme of Multi bottleneck Links in Multi QoS Networks*.* *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2013. 7(7): p. 928-937.

[11].Sain S, Herpers S. *Profit Maximisation in Multi Service Networks- An Optimisation* Model*.* in Proceedings of the 11th European Conference on Information Systems ECIS 2003. 2003. Naples, Italy

[12].Irmeilyana, Indrawati, Puspita FM, Juniwati. Model and optimal solution of single link pricing scheme multiservice network. *TELKOMNIKA*, 2014. 12(1): p. 173-178.