

# *Analisis Skema Pembiayaan Internet Jaringan Wireless dalam Penetapan Strategi Pembiayaan Internet Penyedia Layanan Internet (ISP)*

Irmeilyana, Fitri Maya Puspita, Iffah Husniah  
Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Ogan Ilir  
Sumatera Selatan, Indonesia  
imel\_unsri@yahoo.co.id

**Abstrak**—Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui skema pembiayaan internet pada jaringan *wireless* yang dapat memberikan keuntungan maksimum bagi penyedia layanan internet (ISP), dimana skema yang diberikan dapat menjamin kepuasan penyedia layanan dan konsumen pengguna layanan. Model yang digunakan akan ditransformasikan ke dalam model optimasi yang kemudian akan diteliti dengan memandang model yang ada sebagai masalah pemrograman nonlinier yang dapat diselesaikan menggunakan bantuan LINGO 11.0. Solusi yang dihasilkan oleh program selanjutnya akan disajikan ke dalam tabel analisa guna menganalisis hasil paling optimal diantara semua model yang diajukan di dalam paper ini. Dari tiga model yang dibahas, berdasarkan hasil tiap kasusnya, ISP akan memperoleh keuntungan maksimal apabila ISP menerapkan model modifikasi dengan menetapkan harga dasar dan kualitas premium berupa variabel.

**Keywords**—*pembiayaan internet wireless; optimisasi; solusi optimal; pemrograman nonlinier*

## I. PENDAHULUAN

Semakin banyaknya pengguna internet, tuntutan terhadap kualitas juga semakin besar. Ini merupakan tugas yang besar bagi penyedia layanan internet (ISP) untuk menyediakan kualitas layanan (QoS) yang lebih baik dan berbeda kepada user atau pengguna dalam mencapai kualitas informasi terbaik dengan biaya yang efisien. Terlebih di era saat ini, penggunaan internet sudah mencapai pada penggunaan internet nirkabel. Maka dari itu, sangat wajar apabila penyedia layanan internet (ISP) bersaing dalam menentukan model pembiayaan internet *wireless* yang dapat memaksimalkan keuntungannya, namun dengan tidak melupakan kualitas layanan internetnya.

Sebelumnya, penelitian mengenai pemodelan skema pembiayaan nirkabel nonlinier pernah dilakukan oleh [1]. Disamping itu, penelitian terdahulu juga telah membahas masalah pembiayaan internet *wireless* dengan pendekatan program nonlinier [2], skema pembiayaan internet *wireless* untuk QoS attribute bandwidth, bit error rate (BER), dan end-to-end delay [3] dengan menggunakan pengembangan model yang diusulkan Wallenius & Hämäläinen dan Yang [4].

Penelitian lainnya yang berkaitan yaitu mengenai skema pembiayaan internet *wireless* untuk QoS attribute bandwidth dan end-to-end delay [5] berupa Mixed Integer Nonlinear Programming Model.

Maka dari itu, kontribusi utama pada artikel ini skema pembiayaan internet *wireless* untuk QoS attribute bandwidth dengan memperhatikan kualitas premium masing-masing pengguna, yang dalam hal ini merupakan pengembangan dari ketiga model yang pernah dibahas oleh penelitian terdahulu. Keunggulan model perbaikan ini terletak pada kemampuan penyedia layanan untuk memperbaiki model original dengan memanfaatkan total biaya dasar dan quality premium serta memanfaatkan fungsi utilitas yang menentukan sensitifitas pengguna dalam memilih layanan yang sesuai dengan anggaran yang pengguna miliki. Dalam paper ini, model yang telah dibentuk kemudian akan diselesaikan secara optimal dengan menggunakan LINGO 11.0.

## II. METODE

Pada penelitian ini, skema pembiayaan internet yang digunakan merupakan model yang diusulkan oleh Wallenius & Hämäläinen [1] atribut Quality of Service (QoS) yang diukur adalah bandwidth. Model tersebut kemudian akan dikombinasikan dengan model yang diusulkan oleh [4] ke dalam fungsi objektif dan fungsi kendalanya sebagai tolak ukur dalam penentuan harga dasar QoS, dan dengan memperhatikan kualitas premium masing-masing kelas ke dalam fungsi objektif akan ditambahkan parameter kualitas premium yang sebelumnya telah dibahas oleh [6] berdasarkan model formulasi [7], dengan dua asumsi dimana asumsi pertama harga dasar QoS berupa konstanta dengan kualitas premium juga konstanta, dan asumsi kedua harga dasar QoS berupa konstanta dengan kualitas premium variabel.

Model yang dibentuk kemudian akan diolah menggunakan data yang telah diperoleh dari salah satu server lokal di kota Palembang, dimana data yang digunakan terdiri dari data traffic digilib dan traffic mail. Yang kemudian akan diselesaikan dengan menggunakan LINGO 11.0 untuk memperoleh solusi optimalnya.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model yang digunakan dalam penelitian ini merupakan model bentukan [4] yang kemudian dimodifikasi dengan model yang disusun [1] untuk *QoS bandwidth*. Sehingga model yang dihasilkan adalah memaksimumkan

$$\sum_j^n \sum_i^n (PR_{ij} \pm PQ_{ij} + \alpha_j Z_{ij} + W_j \log \frac{X_{ij}}{L_{mj}}) \quad (1)$$

$\sum_j^n \sum_i^n (PR_{ij} \pm PQ_{ij} + \alpha_j Z_{ij} + \beta_i I_i + W_j \log \frac{X_{ij}}{L_{mj}})$  Berdasarkan yang pernah diteliti oleh [6] dengan memperhatikan beberapa aspek penting yang dapat mempengaruhi hasil optimum berupa kualitas premium pengguna  $i$  yang memiliki kinerja pelayanan  $I_i$ . Maka model (1) untuk fungsi objektif model modifikasi adalah memaksimumkan

(2)

Artinya guna memaksimumkan jumlah biaya total yang terdiri atas biaya untuk melakukan koneksi dengan QoS yang tersedia ( $PR_{ij}$ ), perubahan biaya sepanjang perubahan QoS ( $PQ_{ij}$ ), dan model formulasi pembiayaan internet pada *multi class QoS network* yang diusulkan oleh Yang [1] dimana  $\alpha$  merupakan harga dasar untuk masing-masing kelas  $j$ ,  $\beta$  merupakan kualitas premium pengguna  $i$  yang memiliki kinerja pelayanan  $I_i$ . Serta himpunan kendala yang berperan sebagai pembatas fungsi objektif yang harus dipenuhi dalam tujuan memperoleh hasil optimal.

Kendala pertama menyatakan bahwa perubahan biaya bergantung pada faktor biaya pada atribut *QoS bandwidth*, biaya dasar dengan pengguna  $i$  dan kelas  $j$ , serta faktor kelinieritasan. Dengan mengumpulkan semua informasi didapat kendala berikut.

$$PQ_{ij} = \left(1 \pm \frac{x}{Q_{bij}}\right) PB_{ij} Lx \quad (3)$$

dengan  $QB_{ij}$  merupakan nilai nominal atribut QoS dalam jaringan operator. Dalam hal ini atribut *QoS* yang akan diukur adalah *bandwidth*, dimana nilai maksimum untuk *bandwidth* adalah 2Mbps.  $PB_{ij}$  merupakan biaya dasar untuk suatu koneksi dengan pengguna  $i$  dan kelas  $j$ , serta  $Lx$  merupakan faktor kelinieritasan.

$$PB_{ij} = a_{ij}(e - e^{-xB})T_i/100 \quad (4)$$

$a_{ij}$  mendefinisikan faktor biaya linier dalam pengguna  $i$  dan kelas  $j$ , faktor linier ( $e - e^{-xB}$ ), dan  $T_i$  merupakan muatan trafik.

$$Lx = a(e - e^{-xB}) \quad (5)$$

$$f \leq a_{ij} \leq g \quad (6)$$

$$h \leq t_i \leq k \quad (7)$$

$$0 \leq x \leq 1 \quad (8)$$

$$0.8 \leq B \leq 1.07 \quad (9)$$

$$a = 1 \quad (10)$$

$Lx$  merupakan faktor kelinieritasan yang bergantung pada parameter  $a$  dan ( $e - e^{-xB}$ ), dengan asumsi  $0 \leq x \leq 1$ . Faktor linier  $a_{ij}$  dibatasi oleh penyedia layanan, anggap saja sebagai  $f$  dan  $g$ . Batasan muatan trafik yang diperbolehkan  $T_i$  juga ditentukan oleh penyedia layanan, katakanlah  $h$  dan  $k$ .

Pada kendala (7),  $x$  berupa sejumlah kenaikan atau penurunan nilai QoS, yang ditetapkan antara 0 dan 1 yang menunjukkan secara implisit bahwa jika 0 artinya berada dalam kondisi *best effort* dan 1 berada dalam kondisi layanan yang sempurna. Nilai  $B$  diatur berada antara 0,8 dan 1,07, karena dalam *range* ini kualitas layanan terbaik terjadi. Serta nilai  $a$  adalah parameter linier yang harus ditentukan, dengan faktor  $a$  menetapkan tingkat dasar harga [1].

Kemudian, kendala dilanjutkan dengan kendala yang diusulkan oleh Yang [4] :

$$\sum_{j=1}^2 \sum_i X_{ij} \leq Q, i = 1, 2 \quad (11)$$

dengan  $Q$  merupakan total *bandwidth* yaitu sebesar 100Mbps atau sebesar 102400 Kbps.

$$X_{ij} \geq L_{mj} - (1 - Z_{ij}), i = 1, 2; j = 1, 2 \quad (12)$$

$$W_j \leq W_{ij} + (1 - Z_{ij}), i = 1, 2; j = 1, 2 \quad (13)$$

$$X_{ij} \geq V_i - (1 - Z_{ij}), i = 1, 2; j = 1, 2 \quad (14)$$

$W_j$  berupa harga sensitivitas untuk pengguna  $i$  pada kelas  $j$ .  $V_i$  adalah minimum *bandwidth* di tiap-tiap pengguna. Yakni  $V_1 = 6$  Kbps untuk pengguna 1 dan  $V_2 = 5$  Kbps untuk pengguna 2.

$$X_{ij} \geq X_j - (1 - Z_{ij}), i = 1, 2; j = 1, 2 \quad (15)$$

$$X_{ij} \geq Z_{ij}, i = 1, 2; j = 1, 2 \quad (16)$$

$$X_{ij} \geq 0, i = 1, 2; j = 1, 2 \quad (17)$$

$$L_{mj} \geq 0.01, j = 1, 2 \quad (18)$$

$$W_j \geq 0, j = 1, 2 \quad (19)$$

$$X_{ij} \leq X_j, i = 1, 2; j = 1, 2 \quad (20)$$

$$Z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika pengguna } i \text{ berada di kelas } j \\ 0, & \text{pengguna } i \text{ tidak berada di kelas } j \end{cases} \quad (21)$$

Kendala dilanjutkan dengan kendala untuk membatasi kualitas premium  $\beta_i$ , yaitu :

$$\text{Untuk } \beta_i \text{ fix, ditambah dengan kendala :} \\ m_i \leq \beta_i \leq 1; m_i \in [0,1] \quad (22)$$

$$I_i = I_{i-1}; i = 1, 2 \quad (23)$$

$$\beta_i = 0.5 \quad (24)$$

Untuk  $\beta_i$  var, ditambah dengan kendala (22), (23), dan kendala di bawah ini :

$$\beta_i \cdot I_i \geq \beta_{i-1} \cdot I_{i-1}; i > 1 \quad (25)$$

$$I_i \leq \beta_i \leq b_i \quad (26)$$

dengan  $I_i$  merupakan minimum kualitas premium untuk kelas  $i$ , dan  $b_i$  merupakan maksimum kualitas premium untuk kelas  $i$ .

Selanjutnya, dari model (1) dan model (2) dengan kendala (3)-(26) dicari solusi optimal untuk 4 kasus pada atribut *QoS bandwidth* yang melibatkan kenaikan atau penurunan biaya karena perubahan QoS serta penurunan atau kenaikan nilai QoS dilakukan dengan menggunakan LINGO 11.0.

#### A. Model Original

Model original berupa model yang memuat fungsi objektif (1) dengan kendala (3)-(21). Sebelumnya, hasil untuk model original telah dibahas oleh [3], hasilnya dapat dilihat Tabel 1.

TABLE I. SOLUSI OPTIMAL SKEMA PEMBIAYAAN INTERNET WIRELESS UNTUK QoS BANDWIDTH PADA MODEL ORIGINAL

Variables	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
Model Class	INLP	INLP	INLP	INLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	508,632	508,628	503,863	503,863
Infeasibility	0	0	0	$3,63789 \cdot 10^{-12}$
Iterations	31	32	28	28
GMU	35K	35K	35K	35K
ER	0s	0s	0s	0s

Tabel I menampilkan solusi optimal pada atribut QoS bandwidth dari ke empat kasus yang ada dengan menggunakan model original. Nilai solusi optimal dapat di lihat pada baris objective, dengan melakukan iterasi sebanyak 31 kali, untuk QoS bandwidth dari empat kasus yang tersedia, nilai akan mencapai hasil yang paling optimal pada kasus pertama yakni sebesar 508,632. Dengan infeasibility sebesar 0. Generated Memory Used (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 35K dan Elapsed Runtime (ER) menunjukkan total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik.

Berdasarkan Tabel II, nilai  $Z_{ij}$  menunjukkan keberadaan pengguna  $i$  di kelas  $j$ . Nilai  $Z_{ij} = 1$  menyatakan bahwa pengguna  $i$  berada di kelas  $j$ , sedangkan nilai  $Z_{ij} = 0$  menyatakan sebaliknya. Karena  $Z_{11} = 1$ ,  $Z_{12} = 0$ ,  $Z_{21} = 0$  dan  $Z_{22} = 1$ , menunjukkan bahwa pengguna 1 berada pada kelas 1, dan pengguna 2 berada pada kelas 2.

### B. Model Modifikasi

Model modifikasi merupakan pengembangan dari model original dengan menganggap harga dasar tiap kelas  $\alpha_j$  fix (konstanta), dan dengan menambahkan parameter  $\beta_i$  sebagai kualitas premium tiap pengguna.

- $\alpha_j$  fix,  $\beta_i$  fix

Model modifikasi dengan  $\alpha_j$  fix dan  $\beta_i$  fix memuat fungsi objektif (2) dengan kendala (3)-(24). Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

TABLE II. VARIABEL KEPUTUSAN MODEL ORIGINAL

Variables	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
$PQ_{11}$	1,218333	1,217116	0,07381231	0,07381231
$PQ_{12}$	1,137111	1,135975	0,08857477	0,08857477
$PQ_{21}$	1,055889	1,054834	0,1033372	0,1033372
$PQ_{22}$	0,9746667	0,9736925	0,1180997	0,1180997
$x$	1	1	0	0
$PB_{11}$	0,5126671	0,5126671	0,04295705	0,04295705
$PB_{12}$	0,4784893	0,4784893	0,05154845	0,05154845
$PB_{21}$	0,4443115	0,4443115	0,06013986	0,06013986
$PB_{22}$	0,4101337	0,4101337	0,06873127	0,06873127
$a_{11}$	0,15	0,15	0,05	0,05
$a_{12}$	0,14	0,14	0,06	0,06
$a_{21}$	0,13	0,13	0,07	0,07
$a_{22}$	0,12	0,12	0,08	0,08
$L_s$	2,375273	2,375273	1,718282	1,718282
$T_1$	143,89	143,89	50	50
$B$	1,07	1,07	0,8	0,8
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	0	0	0	0
$Z_{21}$	0	0	0	0
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	8	8	8	8
$W_2$	9	9	9	9
$X_{11}$	24094,12	24094,12	24094,12	24094,12
$X_{12}$	27105,88	27105,88	27105,88	27105,88
$X_{21}$	24094,12	24094,12	24094,12	24094,12
$X_{22}$	27105,88	27105,88	27105,88	27105,88
$L_{m1}$	0,01	0,01	0,01	0,01
$L_{m2}$	0,01	0,01	0,01	0,01
$W_{11}$	8	8	8	8
$W_{12}$	8	8	8	8
$W_{21}$	7	7	7	7
$W_{22}$	9	9	9	9
$X_1$	24094,12	24094,12	24094,12	24094,12
$X_2$	27105,88	27105,88	27105,88	27105,88

TABLE III. SOLUSI OPTIMAL SKEMA PEMBIAYAAN INTERNET WIRELESS UNTUK QoS BANDWIDTH PADA MODEL  $\alpha_j$  FIX,  $\beta_i$  FIX

Variables	$PQ_{ij}$ increase $x$ increase	$PQ_{ij}$ increase $x$ decrease	$PQ_{ij}$ decrease $x$ increase	$PQ_{ij}$ decrease $x$ decrease
Model Class	INLP	INLP	INLP	INLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	510,632	510,628	505,863	505,863
Infeasibility	0	0	0	0
Iterations	31	32	28	28
GMU	36K	36K	36K	36K
ER	0s	0s	0s	0s

Berdasarkan Tabel III, dari empat kasus yang disajikan solusi optimal terletak pada kasus 1, dengan nilai sebesar 510,632, dengan Infeasibility sebesar 0, iterasi sebanyak 31 iterasi. Generated Memory Used (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 36K dan Elapsed Runtime (ER) menunjukkan total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik.

TABLE IV. VARIABEL KEPUTUSAN MODEL MODIFIKASI  $\alpha_j$  FIX,  $\beta_j$  FIX

Variables	$PQ_{ij}$ increase x increase	$PQ_{ij}$ increase x decrease	$PQ_{ij}$ decrease x increase	$PQ_{ij}$ decrease x decrease
$PQ_{11}$	1,218333	1,217116	0,07381231	0,07381231
$PQ_{12}$	1,137111	1,135975	0,08857477	0,08857477
$PQ_{21}$	1,055889	1,054834	0,1033372	0,1033372
$PQ_{22}$	0,9746667	0,9736925	0,1180997	0,1180997
$x$	1	1	0	0
$PB_{11}$	0,5126671	0,5126671	0,04295705	0,04295705
$PB_{12}$	0,4784893	0,4784893	0,05154845	0,05154845
$PB_{21}$	0,4443115	0,4443115	0,06013986	0,06013986
$PB_{22}$	0,4101337	0,4101337	0,06873127	0,06873127
$a_{11}$	0,15	0,15	0,05	0,05
$a_{12}$	0,14	0,14	0,06	0,06
$a_{21}$	0,13	0,13	0,07	0,07
$a_{22}$	0,12	0,12	0,08	0,08
$L_x$	2,375273	2,375273	1,718282	1,718282
$T_l$	143,89	143,89	50	50
$B$	1,07	1,07	0,8	0,8
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	0	0	0	0
$Z_{21}$	0	0	0	0
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	8	8	8	8
$W_2$	9	9	9	9
$X_{11}$	24094,12	24094,12	24094,12	24094,12
$X_{12}$	27105,88	27105,88	27105,88	27105,88
$X_{21}$	24094,12	24094,12	24094,12	24094,12
$X_{22}$	27105,88	27105,88	27105,88	27105,88
$L_{m1}$	0,01	0,01	0,01	0,01
$L_{m2}$	0,01	0,01	0,01	0,01
$W_{11}$	8	8	8	8
$W_{12}$	8	8	8	8
$W_{21}$	7	7	7	7
$W_{22}$	9	9	9	9
$X_1$	24094,12	24094,12	24094,12	24094,12
$X_2$	27105,88	27105,88	27105,88	27105,88
$I_1$	1	1	1	1
$I_2$	1	1	1	1

Nilai pada Tabel IV menunjukkan keberadaan pengguna  $i$  di kelas  $j$ . Karena  $Z_{11} = 1$ ,  $Z_{12} = 0$ ,  $Z_{21} = 0$  dan  $Z_{22} = 1$ , hal ini menunjukkan bahwa pengguna 1 berada pada kelas 1, dan pengguna 2 berada pada kelas 2.

- $\alpha_j$  fix,  $\beta_j$  var

Model modifikasi dengan  $\alpha_j$  fix dan  $\beta_j$  var memuat fungsi objektif (2) dengan kendala (3)-(23) yang dilanjutkan dengan kendala (25) dan (26). Hasilnya dapat dilihat pada Tabel V berikut.

Berdasarkan Tabel V, dari empat kasus yang disajikan solusi optimal terletak pada kasus 1, dengan nilai sebesar 511,032, dengan *Infeasibility* sebesar 0, iterasi sebanyak 36 iterasi. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 37K dan *Elapsed Runtime* (ER) menunjukkan total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik.

TABLE V. SOLUSI OPTIMAL SKEMA PEMBIAYAAN INTERNET WIRELESS UNTUK QoS BANDWIDTH PADA MODEL MODIFIKASI  $\alpha_j$  FIX,  $\beta_j$  VAR

Variables	$PQ_{ij}$ increase x increase	$PQ_{ij}$ increase x decrease	$PQ_{ij}$ decrease x increase	$PQ_{ij}$ decrease x decrease
Model Class	INLP	INLP	INLP	INLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	511,032	511,028	506,263	506,263
Infeasibility	0	3,63789.10 <sup>-12</sup>	0	0
Iterations	36	36	29	29
GMU	37K	37K	37K	37K
ER	0s	0s	0s	0s

TABLE VI. TABEL 6 VARIABEL KEPUTUSAN MODEL MODIFIKASI  $A_j$  FIX,  $B_j$  VAR

Variables	$PQ_{ij}$ increase x increase	$PQ_{ij}$ increase x decrease	$PQ_{ij}$ decrease x increase	$PQ_{ij}$ decrease x decrease
$PQ_{11}$	1,218333	1,217116	0,07381231	0,07381231
$PQ_{12}$	1,137111	1,135975	0,08857477	0,08857477
$PQ_{21}$	1,055889	1,054834	0,1033372	0,1033372
$PQ_{22}$	0,9746667	0,9736925	0,1180997	0,1180997
$x$	1	1	0	0
$PB_{11}$	0,5126671	0,5126671	0,04295705	0,04295705
$PB_{12}$	0,4784893	0,4784893	0,05154845	0,05154845
$PB_{21}$	0,4443115	0,4443115	0,06013986	0,06013986
$PB_{22}$	0,4101337	0,4101337	0,06873127	0,06873127
$a_{11}$	0,15	0,15	0,05	0,05
$a_{12}$	0,14	0,14	0,06	0,06
$a_{21}$	0,13	0,13	0,07	0,07
$a_{22}$	0,12	0,12	0,08	0,08
$L_x$	2,375273	2,375273	1,718282	1,718282
$T_l$	143,89	143,89	50	50
$B$	1,07	1,07	0,8	0,8
$Z_{11}$	1	1	1	1
$Z_{12}$	0	0	0	0
$Z_{21}$	0	0	0	0
$Z_{22}$	1	1	1	1
$W_1$	8	8	8	8
$W_2$	9	9	9	9
$X_{11}$	24094,12	24094,12	24094,12	24094,12
$X_{12}$	27105,88	27105,88	27105,88	27105,88
$X_{21}$	24094,12	24094,12	24094,12	24094,12
$X_{22}$	27105,88	27105,88	27105,88	27105,88
$L_{m1}$	0,01	0,01	0,01	0,01
$L_{m2}$	0,01	0,01	0,01	0,01
$W_{11}$	8	8	8	8
$W_{12}$	8	8	8	8
$W_{21}$	7	7	7	7
$W_{22}$	9	9	9	9
$X_1$	24094,12	24094,12	24094,12	24094,12
$X_2$	27105,88	27105,88	27105,88	27105,88
$\beta_1$	0,6	0,6	0,6	0,6
$\beta_2$	0,6	0,6	0,6	0,6
$I_1$	1	1	1	1
$I_2$	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel VI, dapat dilihat bahwa  $Z_{11} = 1$ ,  $Z_{12} = 0$ ,  $Z_{21} = 0$  dan  $Z_{22} = 1$ , hal ini menunjukkan bahwa pengguna 1 berada pada kelas 1, dan pengguna 2 berada pada kelas 2.

Perbandingan solusi optimal ketiga model untuk atribut *QoS bandwidth* berdasarkan kasusnya masing-masing dapat dilihat dari Tabel I, Tabel III, dan Tabel V. Dari ketiga tabel yang telah disajikan, dapat dilihat bahwa untuk keempat kasus hasil akan optimal apabila ISP menggunakan model modifikasi 1 dengan asumsi  $\alpha_j$  fix,  $\beta_i$  var. Dengan kata lain, penyedia layanan internet akan mendapatkan keuntungan yang lebih optimal apabila ISP menerapkan model modifikasi dengan menetapkan harga dasar dan kualitas premium berupa variabel.

#### IV. KESIMPULAN

Dari tiga model yang dibahas pada paper ini, berdasarkan hasil tiap kasusnya, ISP akan memperoleh keuntungan maksimal apabila ISP menerapkan model modifikasi dengan menetapkan harga dasar dan kualitas premium berupa variabel.

#### V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diampaikan kepada DIKTI melalui Hibah Bersaing I tahun 2015.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Wallenius, and T. Hämäläinen (2002), "Pricing Model for 3G/4G Networks", The 13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications. Lisbon, Portugal.
- [2] Irmeilyana, F.M. Puspita, and Indrawati. (2015), "Nonlinear Programming Approach of Wireless Pricing Models. 2nd International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics 2015 (EECSI 2015)", Palembang, South Sumatera, IAES.
- [3] F.M. Puspita, K. Seman, B.M. Taib, and I. Abdullah. (2015). "Optimization of Wireless Pricing Scheme", International Conference on Information Technology and Business. Bandar Lampung, Lampung.
- [4] W. Yang (2004), "Pricing Network Resources in Differentiated Service Networks", School of electrical and Computer Engineering, Phd Thesis. Georgia Institute of Technology. Doctor of Philosophy: 1-111.
- [5] Irmeilyana, F.M. Puspita, and Indrawati. (2015), "Mixed Integer Nonlinear Programming Model of Wireless Pricing Scheme with QoS Attribute of Bandwidth and End to-End Delay", 2015 Progress in Applied Mathematics in Science and Engineering (PIAMSE). Denpasar.
- [6] F.M. Puspita, K. Seman, B.M. Taib, and Z. Shafii (2013). "Improved Models of Internet Charging Scheme of Single Bottleneck Link in Multi QoS Networks." *Journal of Applied Sciences* 13(4): 572-579.
- [7] S. Sain, and S. Herpers, (2003), "Profit Maximisation in Multi Service Networks- An Optimisation Model", Proceedings of the 11th European Conference on Information Systems ECIS 2003, Naples, Italy.

