

THE NEW IMPROVED MODELS UNTUK SKEMA PEMBIAYAAN INTERNET WIRELESS PADA JARINGAN MULTI LAYANAN YANG MELIBATKAN ATRIBUT QoS END-TO-END DELAY

Irmeilyana¹, Fitri Maya Puspita, Indrawati, Rahayu Tamy Agustin
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
¹email: imel_unsri@yahoo.co.id

Abstract

This research discusses the pricing schemes of wireless internet in multi service QoS network that can provide the maximum benefit for service providers (ISP) which involves the QoS attribute of the end-to-end delay. The model used is modified by combining the original model and the model of multiservice network by setting the base price (α) and premium (β) as variables and constants. Model established is solved using LINGO 11.0 program to obtain the optimal solution. The optimal results showed that the models are able to maximize revenue ISPs and provide high quality of service for users of the service compared to the original model. ISPs gain maximum benefit by applying the modified model by setting the constants α and β as well as lower the cost of all the changes in QoS (PQ_{ik}) and raise the value of QoS (x).

Keywords: internet wireless pricing scheme, multi service network, QoS attribute, end-to-end delay

Abstrak

Penelitian ini membahas skema biaya dari internet nirkabel di jaringan multi layanan QoS yang dapat memberikan manfaat maksimal bagi penyedia layanan (ISP) yang melibatkan atribut QoS end-to-end delay. Model yang digunakan dimodifikasi dengan menggabungkan model original dan model jaringan layanan multi dengan menetapkan biaya dasar (α) dan premium (β) sebagai variabel dan konstanta. Model selanjutnya diselesaikan menggunakan LINGO 11.0 program untuk mendapatkan solusi yang optimal. Hasil optimal menunjukkan bahwa model mampu memaksimalkan pendapatan ISP dan memberikan kualitas layanan yang tinggi bagi pengguna layanan dibandingkan dengan model asli. ISP memperoleh manfaat maksimal dengan menerapkan model dimodifikasi dengan menetapkan konstanta α dan β serta menurunkan biaya semua perubahan QoS dan menaikkan nilai QoS.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi mengalami perkembangan yang pesat dari tahun ketahun. Perkembangan teknologi informasi ini diimbangi dengan perkembangan internet. Hampir seluruh lapisan masyarakat menggunakan internet. Semakin banyaknya penggunaan internet di masyarakat menuntut terhadap kualitas internet semakin meningkat. Penyedia layanan internet (ISP) dituntut untuk dapat menyediakan kualitas layanan (QoS) yang terbaik bagi pengguna internet dalam memperoleh kualitas informasi yang lebih baik serta dapat memperoleh keuntungan yang maksimum (Byun & Chatterjee, 2004).

Berdasarkan penelitian sebelumnya tentang pemodelan skema pembiayaan wireless nonlinier pernah dilakukan oleh Puspita et al., (2015)

dengan membentuk model wireless dengan mempertimbangkan kenaikan ataupun penurunan perubahan QoS dan nilai QoS, pembiayaan internet link tunggal menurut jaringan, pembiayaan internet wireless untuk atribut QoS bandwidth, bit error rate (BER), end-to-end delay (Irmeilyana et al., 2014; Irmeilyana et al., 2016) juga diselesaikan untuk jaringan multi kelas.

Dalam penelitian ini, model pembiayaan wireless Wallenius & Hämäläinen (2002) dengan atribut QoS berupa end-to-end delay dan model multi layanan Sain & Herpers (2003) serta Byun & Chatterjee (2004) akan diselesaikan dengan pendekatan baru dengan mempertimbangkan model pembiayaan jaringan wireless sebagai permasalahan pemrograman nonlinier yang akan diselesaikan secara optimal dengan menggunakan program LINGO 11.0. Solusi yang didapat diharapkan dapat digunakan

untuk memaksimalkan pendapatan ISP dan memberikankualitas yang terbaik bagipengguna layanan.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan program LINGO 11.0 untuk mendapatkan solusi optimal permasalahan pemrograman nonlinier. Model yang digunakan pada skema pembiayaan internet wireless menggunakan model yang disusun oleh Wallenius & Hamalainen (2002) dengan menerapkan atribut QoS berupa *end-to-end delay*. Model akan dimodifikasi dengan menambahkan model jaringan multi layanan Sain & Herpers (2003) serta Byun & Chatterjee (2004) dengan menetapkan biaya dasar (α) dan kualitas premium (β) ke dalam fungsi objektif dan fungsi kendalanya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Model Original Pada QoS *End-to-end delay*

Model original yang digunakan pada penelitian ini didasarkan pada model yang dikemukakan oleh Wallenius & Hamalainen (2002). Model skema pembiayaan internet wireless pada model original untuk setiap atribut QoS dibagi menjadi 4 kasus menurut nilai PQ_{ij} dan x .

Solusi optimal yang diperoleh untuk model original pada QoS *end-to-end delay* setiap kasus dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Solusi Optimal Model Original Skema Pembiayaan Internet Wireless untuk QoS *End-to-end delay*

Var	PQ_{ij} increase x increase	PQ_{ij} increase x decrease e	PQ_{ij} decrease $e x$ increase	PQ_{ij} decrease $e x$ decrease e
Model Class	NLP	NLP	NLP	NLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	32,7534	32,5793	1,81618	1,81618
Infeasibility	0	0	$1,3877 \cdot 10^{-17}$	$1,3877 \cdot 10^{-17}$
Iterations	11	11	9	9
GMU	24K	25K	25K	25K
ER	0s	0s	0s	0s

Tabel 1 menampilkan solusi optimal pada atribut QoS *end-to-end delay* dari ke empat kasus yang ada. Nilai solusi optimal dapat dilihat pada baris *objective*, dimana untuk QoS *end-to-end delay* dari empat kasus yang tersedia, nilai akan mencapai hasil yang paling optimal pada kasus pertama yaitu sebesar 32,7534. Hasil ini akan diperoleh dengan melakukan iterasi sebanyak 11 kali dengan *infeasibility* sebesar 0. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 24K dan *Elapsed Runtime* (ER) menunjukkan total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik.

Tabel 2 menyajikan perbandingan nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model original untuk atribut QoS *end-to-end delay* masing-masing kasus dalam mencapai solusi optimal. Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai-nilai variabel untuk kasus 1 dan kasus 2 tidak jauh berbeda, namun sangat jauh berbeda dengan kasus 3 dan kasus 4 dimana kasus 3 dan kasus 4 memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

Tabel 2. Nilai-Nilai Variabel pada Model Original untuk QoS *End-to-end delay*

Variabels	PQ_{ij} increase $e x$ increase e	PQ_{ij} increase $e x$ decrease e	PQ_{ij} decrease x increase	PQ_{ij} decrease x decrease
PQ_{11}	8,4870 65	8,4387 05	0,073812 31	0,073812 31
PQ_{12}	7,9212 60	7,8761 25	0,088574 77	0,088574 77
PQ_{21}	7,3554 56	7,3135 45	0,103337 2	0,103337 2
PQ_{22}	6,7896 52	6,7509 64	0,118099 7	0,118099 7
x	1	1	0	0
PB_{11}	3,5629 10	3,5629 10	0,042957 05	0,042957 05
PB_{12}	3,3253 83	3,3253 83	0,051548 45	0,051548 45
PB_{21}	3,0878 55	3,0878 55	0,060139 86	0,060139 86
PB_{22}	2,8503 28	2,8503 28	0,068731 27	0,068731 27
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	2,3752 73	2,3752 73	1,718282	1,718282
T_l	1000	1000	50	50

B	1,07	1,07	0,8	0,8
---	------	------	-----	-----

3.2 Model Modifikasi

Penelitian ini bertujuan memberikan keuntungan maksimum bagi penyedia layanan internet. Model yang disusun oleh Wallenius & Hamalainen (2002) dikombinasikan dengan model jaringan multi layanan Sain & Herpers (2003) serta Byun & Chatterjee (2004) dengan menetapkan harga dasar (α) dan kualitas premium (β) . Terdapat empat kasus yang akan dibahas yaitu : kasus 1 (α dan konstanta), kasus 2 (α konstanta dan β variabel), kasus 3 (α dan β variabel) dan kasus 4 (α variabel dan β konstanta).

3.2.1 Model Modifikasi Kasus 1 (α dan β konstanta) Pada QoS End-to-end delay

Model skema pembiayaan wireless pada model modifikasi kasus 1 fungsi objektifnya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 & \text{Maks } R \\
 & = \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^s PR_{ik} \pm PQ_{ik} \\
 & + ((\alpha + \beta \cdot I_i) \cdot p_{ik} \cdot x_{ik}) \quad (1)
 \end{aligned}$$

dengan kendala:

$$\begin{aligned}
 PQ_{11} & = \left(1 \pm \frac{x}{350}\right) PB_{11} Lx \\
 PQ_{21} & = \left(1 \pm \frac{x}{350}\right) PB_{21} Lx \\
 PQ_{31} & = \left(1 \pm \frac{x}{350}\right) PB_{31} Lx \quad (4)
 \end{aligned}$$

$$PB_{11} = a_{11} (e - e^{-xB}) T_i / 100 \quad (5)$$

$$PB_{21} = a_{21} (e - e^{-xB}) T_i / 100 \quad (6)$$

$$PB_{31} = a_{31} (e - e^{-xB}) T_i / 100 \quad (7)$$

$$L_x = (e - e^{-xB}) \quad (8)$$

$$0,05 \leq a_{11} \leq 0,15 \quad (9)$$

$$0,06 \leq a_{21} \leq 0,14 \quad (10)$$

$$0,07 \leq a_{31} \leq 0,13 \quad (11)$$

$$50 \leq T_i \leq 1000 \quad (12)$$

$$0 \leq x \leq 1 \quad (13)$$

$$0,8 \leq B \leq 1,07 \quad (14)$$

$$a = 1 \quad (15)$$

$$I_1 x_{11} \leq a_{11} \quad (16)$$

$$I_2 x_{21} \leq a_{21} \quad (17)$$

$$I_3 x_{31} \leq a_{31} \quad (18)$$

$$I_1 x_{11} + I_2 x_{21} + I_3 x_{31} \leq C \quad (19)$$

$$a_{11} + a_{21} + a_{31} = 1 \quad (20)$$

$$0 \leq a_{11} \leq 1 \quad (21)$$

$$0 \leq a_{21} \leq 1 \quad (22)$$

$$0 \leq a_{31} \leq 1 \quad (23)$$

$$0,01 \leq I_1 \leq 1 \quad (24)$$

$$0,01 \leq I_2 \leq 1 \quad (25)$$

$$0,01 \leq I_3 \leq 1 \quad (26)$$

$$0 \leq x_{11} \leq 10 \quad (27)$$

$$0 \leq x_{21} \leq 10 \quad (28)$$

$$0 \leq x_{31} \leq 10 \quad (29)$$

$$\{x_{11}, x_{21}, x_{31}\} \subseteq \mathbb{Z}^+ \quad (30)$$

dengan memodifikasi indeks kualitas layanan i (I_i) yaitu :

jika $I_i = I_{i-1}$, maka ditambah kendala

$$I_2 - I_1 = 0 \quad (31)$$

$$I_3 - I_2 = 0 \quad (32)$$

Selanjutnya, untuk fungsi objektif (1) dan dengan kendala (2) sampai (32), solusi optimal untuk kasus-kasus di atribut QoS *end-to-end delay* yang melibatkan kenaikan atau penurunan biaya karena perubahan QoS (PQ_{ik}) dan kenaikan atau penurunan nilai QoS (x) dilakukan dengan menggunakan LINGO 11.0. Solusi optimal yang diperoleh model modifikasi pada QoS *end-to-end delay* setiap kasus dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Solusi Optimal Model Modifikasi Skema Pembiayaan Internet Wireless pada QoS *End to-end delay*

Variables	PQ_{ik} increases	PQ_{ik} decreases	PQ_{ik} decreases	PQ_{ik} decreases
Model Class	INLP	INLP	INLP	INLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	179.684	179.638	377.924	377.924
Infeasibility	0	0	0	0
Iterations	42	42	97	97
GMU	32K	32K	32K	32K
ER	0s	0s	0s	0s

Tabel 3 menampilkan solusi optimal pada atribut QoS *end-to-end delay* dari ke empat kasus yang ada. Nilai solusi optimal dapat dilihat pada baris *objective*, dimana untuk QoS *end-to-end delay* dari empat kasus yang tersedia, nilai akan mencapai hasil yang paling optimal pada kasus ketiga dan keempat yaitu sebesar 377.924. Hasil ini akan diperoleh dengan melakukan iterasi sebanyak 32 kali dengan *infeasibility* sebesar 0. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah

alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 32K dan *Elapsed Runtime* (ER) menunjukkan total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik.

Selanjutnya dalam Tabel 4 menunjukkan perbandingan nilai-nilai variabel yang diperoleh pada modelmodifikasi untuk atribut QoS *end-to-end delay* masing-masing kasus dalam mencapai solusi optimal. Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai-nilai variabel untuk kasus 1 dan kasus 2 tidak jauh berbeda, namun sangat jauh berbeda dengan kasus 3 dan 4 dimana kasus 3 dan 4 memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

Tabel 4. Nilai-Nilai Variabel pada Model Modifikasi untuk QoS *End-to-end delay*

Var	PQ_{ik} increase x increase	PQ_{ik} increase x decrease	PQ_{ik} decrease x increase	PQ_{ik} decrease x decrease
PQ_1	0.407067 9	0.404748 4	0.221436 9	0.221436 9
PQ_2	1.139790	1.133296	0.206674 5	0.206674 5
PQ_3	6.594500	6.556925	1.048135	1.048135
x	1	1	0	0
PB_1	0.170889	0.170889	0.128871 1	0.128871 1
PB_2	0.478489	0.478489	0.120279 7	0.120279 7
PB_3	2.768402	2.768402	0.609990 0	0.609990 0
a_{11}	0.50	0.50	0.15	0.15
a_{21}	0.14	0.14	0.14	0.14
a_{31}	0.81	0.81	0.71	0.71
B	1.07	1.07	0.8	0.8
L_x	2.375273	2.375273	1.718282	1.718282
T_1	143.8900	143.8900	50	50

3.2.2 Model Modifikasi Kasus 2 (α konstanta dan β variabel) Pada QoS *End-to-end delay*

Model skema pembiayaan *wireless* pada model modifikasi kasus 2 fungsi objektifnya sebagai berikut:

$$MaksR = \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^s PR_{ik} \pm PQ_{ik} + ((\alpha + \beta_i \cdot I_i) \cdot p_{ik} \cdot x_{ik}) \quad (33)$$

dengan kendala mengikuti kendala (2) sampai kendala (30), serta ditambahkan kendala :

$$\beta_2 I_2 \geq \beta_1 I_1 \quad (34)$$

$$\beta_3 I_3 \geq \beta_2 I_2 \quad (35)$$

$$0,01 \leq \beta_1 \leq 0,5 \quad (36)$$

$$0,01 \leq \beta_2 \leq 0,5 \quad (37)$$

$$0,01 \leq \beta_3 \leq 0,5 \quad (38)$$

dengan memodifikasi indeks kualitas layanan i (I_i) dan kualitas premium layanan (β_i) yaitu:

jika $\beta_i = \beta_{i-1}$, maka ditambah kendala

$$\beta_2 - \beta_1 = 0 \quad (39)$$

$$\beta_3 - \beta_2 = 0 \quad (40)$$

Selanjutnya, untuk fungsi objektif (33) dan dengan kendala (34) sampai kendala (38) serta ditambahkan kendala (39)-(40), solusi optimal untuk kasus-kasus di atribut QoS *end-to-end delay* yang melibatkan kenaikan atau penurunan biaya karena perubahan nilai QoS (x) dilakukan dengan menggunakan LINGO 11.0.

Solusi optimal yang diperoleh model modifikasi pada QoS *end-to-end delay* setiap kasus dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Solusi Optimal Model Modifikasi Skema Pembiayaan Internet *Wireless* pada QoS *End to-end delay*

Variables	PQ_{ik} increas e x increas e	PQ_{ik} increas e x decreas e	PQ_{ik} decreas e x increas e	PQ_{ik} decreas e x decreas e
Model Class	INLP	INLP	INLP	INLP
State	Local Optima 1	Local Optima 1	Local Optima 1	Local Optima 1
Objective	179.684	179.638	170.067	170.067
Infeasibilit y	0	0	0	0
Iterations	40	40	39	39
GMU	34K	34K	34K	34K
ER	0s	0s	0s	0s

Tabel 5 menampilkan solusi optimal pada atribut QoS *end-to-end delay* dari ke empat kasus yang ada. Nilai solusi optimal dapat dilihat pada baris *objective*, dimana untuk QoS *end-to-end delay* dari empat kasus yang tersedia, nilai akan mencapai hasil yang paling optimal pada kasus pertama yaitu sebesar 179.684. Hasil ini akan diperoleh dengan melakukan iterasi sebanyak 40 kali dengan *infeasibility* sebesar 0. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 34K dan *Elapsed Runtime* (ER) menunjukkan total waktu yang digunakan untuk

menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik.

Selanjutnya dalam Tabel 6 menunjukkan perbandingan nilai-nilai variabel yang diperoleh pada modelmodifikasi untuk atribut QoS *end-to-end delay* masing-masing kasus dalam mencapai solusi optimal. Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai-nilai variabel untuk kasus 1 dan kasus 2 tidak jauh berbeda, namun cukup jauh berbeda dengan kasus 3 dan 4 dimana kasus 3 dan 4 memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

Tabel 6. Nilai-Nilai Variabel pada Model Modifikasi untuk QoS *End-to-end delay*

Varia bles	PQ_{ik} increa se x increa se	PQ_{ik} increas e x decrea se	PQ_{ik} decrea se x increas e	PQ_{ik} decrea se x decrea se
PQ_{11}	0.4070 679	0.4047 484	0.7381 231	0.7381 231
PQ_{21}	1.1397 90	1.1332 96	0.2066 745	0.2066 745
PQ_{31}	6.5945 00	6.5569 25	1.1957 59	1.1957 59
x	1	1	0	0
PB_{11}	0.1708 89	0.1708 89	0.4295 705	0.4295 705
PB_{21}	0.4784 89	0.4784 89	0.1202 797	0.1202 797
PB_{31}	2.7684 02	2.7684 02	0.6959 041	0.6959 041
a_{11}	0.50	0.50	0.50	0.50
a_{21}	0.14	0.14	0.14	0.14
a_{31}	0.81	0.81	0.81	0.81
B	1.07	1.07	0.8	0.8
L_x	2.3752 73	2.3752 73	1.7182 82	1.7182 82
T_l	143.89 00	143.89 00	50	50

3.2.3 Model Modifikasi Kasus 3 (α dan β variabel) Pada QoS *End-to-end delay*

Model skema pembiayaan *wireless* pada model modifikasi kasus 3 fungsi objektifnya sebagai berikut:

$$MaksR = \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^s PR_{ik} \pm PQ_{ik} + ((\alpha_i + \beta_i \cdot I_i) \cdot p_{ik} \cdot x_{ik}) \quad (41)$$

dengan kendala mengikuti kendala (2) sampai kendala (30) serta ditambahkan kendala :

$$\alpha_2 + \beta_2 I_2 \geq \alpha_1 + \beta_1 I_1 \quad (42)$$

$$\alpha_3 + \beta_3 I_3 \geq \alpha_2 + \beta_2 I_2 \quad (43)$$

$$0 \leq \alpha_1 \leq 1 \quad (44)$$

$$0 \leq \alpha_2 \leq 1 \quad (45)$$

$$0 \leq \alpha_3 \leq 1 \quad (46)$$

dengan memodifikasi indeks kualitas layanan i (I_i) harga dasar layanan (α_i), dan kualitas premium layanan (β_i) yaitu :

jika $\alpha_i = \alpha_{i-1}$, maka ditambah kendala

$$\alpha_2 - \alpha_1 = 0 \quad (47)$$

$$\alpha_3 - \alpha_2 = 0 \quad (48)$$

Selanjutnya, untuk fungsi objektif (41) dan dengan kendala (2) sampai kendala (48), solusi optimal untuk kasus-kasus di atribut QoS *end-to-end delay* yang melibatkan kenaikan atau penurunan biaya karena perubahan QoS (PQ_{ik}) dan kenaikan atau penurunan nilai QoS (x) dilakukan dengan menggunakan LINGO 11.0.

Solusioptimal yang diperoleh model modifikasi pada QoS *end-to-end delay* setiap kasus dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Solusi Optimal Model Modifikasi Skema Pembiayaan Internet *Wireless* pada QoS *End to-end delay*

Variables	PQ_{ik} increas e x increas e	PQ_{ik} increas e x decreas e	PQ_{ik} decreas e x increas e	PQ_{ik} decreas e x decreas e
Model Class	INLP	INLP	INLP	INLP
State	Local Optima l	Local Optima l	Local Optima l	Local Optima l
Objective	1637.68	1637.64	1628.07	1628.07
Infeasibilit y	0	2.22 x 10 ⁻⁷	1.77 x 10 ⁻¹⁵	1.77 x 10 ⁻¹⁵
Iterations	40	40	41	41
GMU	34K	32K	35K	35K
ER	0s	0s	0s	0s

Tabel 7 menampilkan solusi optimal pada atribut QoS *end-to-end delay* dari ke empat kasus yang ada. Nilai solusi optimal dapat dilihat pada baris *objective*, dimana untuk QoS *end-to-end delay* dari empat kasus yang tersedia, nilai akan mencapai hasil yang paling optimal pada kasus pertama yaitu sebesar 1637.68. Hasil ini akan diperoleh dengan melakukan iterasi sebanyak 40 kali dengan *infeasibility* sebesar 0. *Generated Memory Used* (GMU) menunjukkan jumlah

alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 34K dan *Elapsed Runtime* (ER) menunjukkan total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 0 detik.

Tabel 8. Nilai-Nilai Variabel pada Model Modifikasi untuk QoS *End-to-end delay*

Variabel	PQ_{ik} increase x increase	PQ_{ik} increase x decrease	PQ_{ik} decrease x increase	PQ_{ik} decrease x decrease
PQ_{11}	0.4070679	0.4047484	0.7381231	0.7381231
PQ_{21}	1.139790	1.133296	0.2066745	0.2066745
PQ_{31}	6.594500	6.556925	1.195759	1.195759
x	1	1	0	0
PB_{11}	0.170889	0.170889	0.4295705	0.4295705
PB_{21}	0.478489	0.478489	0.1202797	0.1202797
PB_{31}	2.768402	2.768402	0.6959041	0.6959041
a_{11}	0.50	0.50	0.50	0.50
a_{21}	0.14	0.14	0.14	0.14
a_{31}	0.81	0.81	0.81	0.81
B	1.07	1.07	0.8	0.8
L_x	2.375273	2.375273	1.718282	1.718282
T_l	143.8900	143.8900	50	50

Selanjutnya dalam Tabel 8 menunjukkan perbandingan nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model modifikasi untuk atribut QoS *end-to-end delay* masing-masing kasus dalam mencapai solusi optimal. Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa nilai-nilai variabel untuk kasus 1 dan kasus 2 tidak jauh berbeda, namun sangat jauh berbeda dengan kasus 3 dan 4 dimana kasus 3 dan 4 memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

3.2.4 Model Modifikasi Kasus 4 (α variabel dan β konstanta) Pada QoS *End-to-end delay*

Model skema pembiayaan *wireless* pada model modifikasi kasus 4 fungsi objektifnya sebagai berikut:

$$MaksR = \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^s PR_{ik} \pm PQ_{ik} + ((\alpha_i + \beta \cdot I_i) \cdot p_{ik} \cdot x_{ik})$$

dengan kendala mengikuti kendala (2) sampai kendala (30), serta ditambahkan kendala :

$$\alpha_2 + I_2 \geq \alpha_1 + I_1 \quad (49)$$

$$\alpha_3 + I_3 \geq \alpha_2 + I_2 \quad (50)$$

Solusi optimal untuk kasus-kasus di atribut QoS *end-to-end delay* yang melibatkan kenaikan atau penurunan biaya karena perubahan QoS (PQ_{ik}) dan kenaikan atau penurunan nilai QoS (x) dilakukan dengan menggunakan LINGO 11.0.

Solusi optimal yang diperoleh model modifikasi pada QoS *end-to-end delay* setiap kasus dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Solusi Optimal Model Modifikasi Skema Pembiayaan Internet *Wireless* pada QoS *End to-end delay*

Variables	PQ_{ik} increase x increase	PQ_{ik} increase x decrease	PQ_{ik} decrease x increase	PQ_{ik} decrease x decrease
Model Class	INLP	INLP	INLP	INLP
State	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal	Local Optimal
Objective	1637.68	1637.64	1628.07	1628.07
Infeasibility	0	0	0	0
Iterations	42	42	41	41
GMU	35K	35K	35K	35K
ER	0s	0s	0s	0s

Tabel 9 menampilkan solusi optimal pada atribut QoS *end-to-end delay* dari ke empat kasus yang ada. Nilai solusi optimal dapat dilihat pada baris *objective*, dimana untuk QoS *end-to-end delay* dari empat kasus yang tersedia, nilai akan mencapai hasil yang paling optimal pada kasus pertama yaitu sebesar 1637.68. Hasil ini akan diperoleh dengan melakukan iterasi sebanyak 42 kali 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.

Selanjutnya dalam Tabel 10 menunjukkan perbandingan nilai-nilai variabel yang diperoleh pada model modifikasi untuk atribut QoS *end-to-end delay* masing-masing kasus dalam mencapai solusi optimal. Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat bahwa nilai-nilai variabel untuk kasus 1 dan kasus 2 tidak jauh berbeda, namun sangat jauh berbeda dengan kasus 3 dan

4 dimana kasus 3 dan 4 memiliki nilai-nilai variabel yang sama.

Tabel 10. Nilai-Nilai Variabel pada Model Modifikasi untuk QoS *End-to-end delay*

Variable s	PQ_{ik} increase x increase	PQ_{ik} increase x decrease	PQ_{ik} decrease x increase	PQ_{ik} decrease x decrease
PQ_{21}	0.4070679	0.4047484	0.1592556	0.1592556
PQ_{21}	1.139790	1.133296	0.2066745	0.2066745
PQ_{31}	6.594500	6.556925	1.110316	1.110316
x	1	1	0	0
PB_{11}	0.170889	0.170889	0.9268303	0.9268303
PB_{21}	0.478489	0.478489	0.1202797	0.1202797
PB_{31}	2.768402	2.768402	0.6461782	0.6461782
a_{11}	0.50	0.50	0.1078787	0.1078787
a_{21}	0.14	0.14	0.14	0.14
a_{31}	0.81	0.81	0.7521213	0.7521213
B	1.07	1.07	0.8	0.8
L_x	2.375273	2.375273	1.718282	1.718282
T_1	143.8900	143.8900	50	50

Jika dibandingkan model original dengan model modifikasi pada masing-masing kasus dengan menetapkan biaya dasar (α) dan kualitas premium (β) serta melibatkan kenaikan atau penurunan biaya karena perubahan QoS (PQ_{ik}) dan kenaikan atau penurunan nilai QoS (x) maka, untuk atribut QoS *End-to-end delay* maka diperoleh bahwa pendapatan pada model modifikasi lebih optimal dari pada model original yaitu sebesar 377,924 rupiah.

4. KESIMPULAN

Dari solusi kedua model yaitu model original dan model modifikasi, pendapatan yang diperoleh ISP akan optimal apabila ISP mengadopsi skema pembiayaan internet wireless pada model modifikasi dengan

mengaturharga dasar (α) dan kualitas premium (β) sebagai konstanta serta menurunkan biaya sepanjang perubahan QoS (PQ_{ik}) dan menaikkan nilai QoS (x). Jika ISP menerapkannya, maka pendapatan yang akan diperoleh adalah sebesar 377,924 rupiah untuk QoS *end-to-end delay*.

5. REFERENSI

- Byun, J., & Chatterjee, S. (2004). *A strategic pricing for quality of service (QoS) network business*. Paper presented at the Proceedings of the Tenth Americas Conference on Information Systems, New York.
- Irmeilyana, Indrawati, Puspita, F. M., & Amelia, R. T. (2014). *Generalized Model and Optimal Solution of Internet Pricing Scheme in Single Link under Multiservice Networks*. Paper presented at the 1st International Conference on Computer Science and Engineering, Palembang, South Sumatera, Indonesia.
- Irmeilyana, Puspita, F. M., & Husniah, I. (2016). *Optimization of Wireless Internet Pricing Scheme in Serving Multi QoS Network Using Various QoS Attributes*. *TELKOMNIKA, Telecommunication, Computing, Electronics and Control*, 14(1).
- Puspita, F. M., Seman, K., Taib, B. M., & Abdullah, I. (2015). *Optimization of Wireless Pricing Scheme*. Paper presented at the International Conference on Information Technology and Business, Bandar Lampung, Lampung.
- Sain, S., & Herpers, S. (2003). *Profit Maximisation in Multi Service Networks- An Optimisation Model*. Paper presented at the Proceedings of the 11th European Conference on Information Systems ECIS 2003, Naples, Italy
- Wallenius, E., & Hämäläinen, T. (2002). *Pricing Model for 3G/4G Networks*. Paper presented at the The 13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications.