

Perbandingan Model Modifikasi Skema Pembiayaan Wired Internet Pada Jaringan Multi Kelas Multi Link Bottleneck

Fitri Maya Puspita, Irmeilyana, Bella Arisha
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
Indralaya, Ogan Ilir Sumatera Selatan
Email: pipitmac140201@gmail.com

Abstract—Pada paper ini dibentuk model modifikasi yang pembiayaan internet pada jaringan multi kelas multi link dengan mempertimbangkan biaya dasar sebagai variable keputusan sebagai salah satu tujuan utama penyedia layanan dalam memaksimalkan keuntungannya. Setelah dibentuk model didapatkan solusi optimal dari beberapa kasus. Solusi optimal dari tiap kasus dibandingkan dengan riset terdahulu yang menetapkan biaya dasar sebagai konstanta dengan tujuan penyedia layanan agar tidak mengalami kerugian. Perbandingan dilakukan juga untuk melihat keuntungan yang paling maksimum. Berdasarkan hasil diperoleh solusi optimal diperoleh pada model modified 2 dengan memvariasikan biaya dasar, dan memvariasikan quality premium maka model modifikasi 2 tersebut merupakan model terbaik yang dapat diadopsi oleh penyedia layanan. Model tersebut dapat menjadi pertimbangan untuk ISP dalam menetapkan harga tarif yang dapat menguntungkan ISP dan sesuai dengan preferensi pengguna.

Keywords—; skema pembiayaan internet, jaringan multi kelas, jaringan multi link, harga dasar, kualitas premium, modifikasi model jaringan wired internet.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan jaman, manusia di era modern ini tak terlepas dari penggunaan internet. Karena itu internet telah menjadi permasalahan ekonomi global yang dituntut untuk diselesaikan. Hal ini merupakan tugas *ISP (Internet Service Provider)* atau penyedia layanan internet untuk memberikan mekanisme perencanaan pembiayaan internet yang dapat memberikan kepuasan terhadap *user* atau pengguna dan juga dapat memberikan keuntungan bagi *ISP*.

Pembiayaan internet yang optimal diperlukan dengan mempertimbangkan jaringan QoS yang multi link bottleneck pada jaringan multi kelas dan multi layanan. Bottleneck adalah penyempitan jalur yang mengakibatkan lambatnya koneksi internet karena data yang diakses besar namun jalur yang disediakan tidak mampu menampung data yang diakses.

Model yang umumnya dapat memenuhi permintaan dan pendapatan ISP adalah model dengan menambahkan parameter, variabel keputusan, dan kendala dengan mempertimbangkan biaya dasar dan kualitas premium yang dapat menghasilkan pendapatan maksimal. Model yang telah di bentuk oleh [1, 2] dimodifikasikan dengan membentuk model ditetapkan harga dasar (α) dan kualitas premium (β) sebagai konstanta maupun sebagai variable mampu menghasilkan solusi yang optimal.

Berdasarkan penelitian tentang skema pembiayaan *wired* internet pada jaringan multi kelas [3-9] dari penelitian tersebut paper ini membahas perbandingan model dengan 2 pengguna dan 2 link serta penetapan biaya dasar sebagai konstanta yang diharapkan mampu menutupi kondisi penyedia layanan agar tidak mengalami kerugian. Kontribusi utama artikel ini terletak pada pemodifikasian model dengan menentukan biaya dasar sebagai variable keputusan yang diharapkan agar penyedia layanan mampu berkompetisi dalam pasar dan juga mempromosikan kelas tertentu. Dari model modifikasi ini, dilakukan perbandingan untuk dapat diamati hasil optimal terbaik dengan penetapan biaya dasar yang konstanta ataupun variabel. Pada akhirnya, artikel ini diharapkan dapat memudahkan ISP dalam memilih layanan yang dapat memaksimalkan keuntungan serta memudahkan pengguna memilih layanan yang sesuai dengan preferensi mereka.

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan program LINGO.011 untuk mendapatkan solusi optimal dari persamaan non-linier. Model yang dibentuk berdasarkan parameter-parameter dan variabel-variabel yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi. Untuk menganalisa kasus pada jaringan multi kelas dibutuhkan data. Data yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari salah satu server lokal di Palembang. Solusi yang optimal diperoleh dapat membantu dalam menampilkan permasalahan yang ada dengan melibatkan pembiayaan, kelas, jaringan, kapasitas, dan level QoS.

III. MODEL

Model yang digunakan yaitu [10, 11] dengan menetapkan harga dasar (α) dan kualitas premium (β) didapatkan tiga model yaitu model original, modified 1, dan modified 2. Ketiga model tersebut juga dibagi ke dalam 2 kasus yaitu a. W_{ij} ditetapkan sebagai parameter dan W_j sebagai variable, b. W_{ij} dan W_j ditetapkan sebagai parameter

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

i. Model Original

Model ini diadopsi dari [1] sebagai berikut.

$$\text{Max } R = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \alpha_j \cdot Z_{ij} + W_j \cdot \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{mj}} \quad (1)$$

dengan kendala :

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \tilde{X}_{ij} \leq Q \quad (2)$$

$$\tilde{X}_{ij} \geq L_{mj} - (1 - Z_{ij}) \quad (3)$$

$$W_j \leq \tilde{W}_{ij} + (1 - Z_{ij}) \quad (4)$$

$$\tilde{X}_{ij} \geq V_i - (1 - Z_{ij}) \quad (5)$$

$$\tilde{X}_{ij} \geq \quad (6)$$

$$\tilde{X}_{ij} \geq Z_{ij} \quad (7)$$

$$\tilde{X}_{ij} \geq 0 \quad (8)$$

$$L_{mj} \geq 0 \quad (9)$$

$$W_j \geq 0 \quad (10)$$

$$\tilde{X}_{ij} \leq X_j \quad (11)$$

$$Z_{ij} \begin{cases} 1, & \text{jika pengguna } i \text{ berada di kelas } j \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (12)$$

$$0 \leq \tilde{W}_{ij} \leq c_j \quad (13)$$

$$i = 1, 2, \dots, n ; j = 1, 2, \dots, m.$$

ii. Model modified 1

Model ini diadopsi dari [10] sebagai berikut

- α dan β konstanta

\tilde{W}_{ij} parameter dan W_j variabel

$$\text{Max } R = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n ((\alpha_j \cdot Z_{ij} + \beta_j \cdot I_j) + W_j \cdot \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{mj}}) \quad (14)$$

dengan mengikuti kendala (2)-(13) dan di tambah kendala :

$$\alpha_j + \beta_j \cdot I_j \geq \alpha_{j-1} + \beta_{j-1} \cdot I_{j-1} \quad (15)$$

$$0 \leq I_j \leq d_j \quad (16)$$

$$\tilde{W}_{ij} = c_j \quad (17)$$

\tilde{W}_{ij} parameter dan W_j parameter

Ditambah kendala :

$$W_j = d_j \quad (18)$$

- α konstanta dan β variabel

\tilde{W}_{ij} parameter dan W_j variabel

Maksimumkan persamaan R dengan mengikuti persamaan (14) dengan mengikuti kendala (2)-(13) dan kendala (15)-(17) serta ditambah kendala :

$$\beta_j \leq \beta_{j-1} \quad (19)$$

$$f_j \leq \beta_j \leq g_j \quad (20)$$

\tilde{W}_{ij} parameter dan W_j variabel

Maksimumkan persamaan R dengan mengikuti persamaan (14) dengan mengikuti kendala (2)-(13) dan kendala (15)-(20).

iii. Model Modified 2

Model ini terbentuk dengan memvariasikan biaya dasar. Penelitian sebelumnya lebih memfokuskan pada penetapan biaya dasar dan bukan memvariasikan biaya dasar.

- α variabel dan β konstanta

\tilde{W}_{ij} parameter dan W_j variabel

$$\text{Max } R = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n ((\alpha_j + \beta_j \cdot I_j) + W_j \cdot \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{mj}}) Z_{ij} \quad (21)$$

Dengan mengikuti kendala (2)-(13) dan kendala (15)-(17) serta ditambah kendala:

$$\alpha_j \leq \alpha_i \leq b_j \quad (22)$$

$$\alpha_j \geq \alpha_{j-1} ; j > 1 \quad (23)$$

\tilde{W}_{ij} parameter dan W_j variabel

Dengan memaksimumkan persamaan (21) ditambah kendala (2)-(13) dan kendala (15)-(18) dan ditambah kendala (22) dan (23)

- α dan β variabel

\tilde{W}_{ij} parameter dan W_j variabel

$$\text{Max } R = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (\alpha_j + W_j \cdot \log \frac{\tilde{X}_{ij}}{L_{mj}}) Z_{ij} \quad (24)$$

Dengan memaksimumkan persamaan (24) dengan kendala (2)-(13) dan ditambah kendala (15)-(17) serta kendala (22)-(23).

\tilde{W}_{ij} parameter dan W_j variabel

Dengan memaksimumkan persamaan (24) dengan kendala (2)-(13) dan ditambah kendala (15)-(18) serta kendala (22)-(23).

Keterangan :

α_j : harga dasar untuk kelas j .

Z_{ij} : $\begin{cases} 1, & \text{jika pengguna } i \text{ berada di kelas } j \\ 0, & \text{lainnya.} \end{cases}$

W_j : harga sensitivitas untuk kelas j .

\tilde{X}_{ij} : *bandwidth* akhir yang diperoleh pengguna i untuk kelas j .

L_{mj} : *bandwidth* minimum untuk kelas j .

Q : total *bandwidth*

\tilde{W}_{ij} : harga sensitivitas pengguna i di kelas j .

V_i : *bandwidth* minimum yang dibutuhkan oleh pengguna i .

X_j : *bandwidth* untuk tiap individu di kelas j .

β_j : kualitas premium untuk kelas j yang memiliki kinerja pelayanan I_j .

I_j : indeks kualitas dari kelas j .

k : konstanta

l : konstanta

f_j : nilai kualitas premium minimum untuk kelas j .

g_j : nilai kualitas premium maksimum untuk kelas j .

a_j : nilai harga dasar minimum untuk kelas j .

b_j : nilai harga dasar maksimum untuk kelas j .

Untuk menyelesaikan kasus dibutuhkan bantuan program Lingo11.0. Model yang terbentuk merupakan model Mixed Integer Nonlinear Programming yang diselesaikan secara iterative menggunakan branch and bound solver. Solusi optimal dari kasus-kasus akan ditampilkan pada tabel di bawah ini :

TABLE I. SOLUSI MODEL ORIGINAL

<i>Model Original</i>	<i>Kasus</i>
Model class	MINLP
state	Local optimum
Objective	105.757
Infeasibility	0
Iterations	5
Solver type	Branch & bound
Steps	0
Active	0
GMU	31
ER	0

TABLE II. SOLUSI MODEL MODIFIED 1 α konstanta

<i>Model Original</i>	<i>Kasus</i>			
	<i>b_j kons</i> <i>\tilde{W}_{ij} par</i> <i>W_j var</i>	<i>b_j kons</i> <i>\tilde{W}_{ij} par</i> <i>W_j par</i>	<i>b_j var</i> <i>\tilde{W}_{ij} par</i> <i>W_j var</i>	<i>b_j var</i> <i>\tilde{W}_{ij} par</i> <i>W_j par</i>
Model class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local optimum	Local optimum	Local optimum	Local optimum
Objective	1.056	67.2488	1.57	67.3128
Infeasibility	0	0	0	0
Iterations	4	5	4	6
Solver type	Branch & bound	Branch & bound	Branch & bound	Branch & bound
Steps	0	0	0	0
Active	0	0	0	0
GMU	34	34	35	36
ER	0	0	0	0

Berdasarkan Tabel I-III dapat dilihat bahwa solusi paling optimal berada pada Tabel III yaitu model modified 2 dengan kasus α variabel dan β variabel pada \tilde{W}_{ij} parameter dan W_j variable. Hal ini dikarenakan dengan memvariasikan biaya tetap, penyedia layanan mendapatkan kesempatan untuk berkompetisi dalam pasar dan pengguna dapat memilih kelas yang sesuai dengan anggaran yang dimiliki pengguna ataupun penyedia layanan pun dapat mempromosikan kelas tertentu yang menguntungkan bagi penyedia layanan yang jika hanya dibandingkan dengan menetapkan biaya dasar hanya untuk menutupi biaya operasional tanpa mengalami kerugian.

TABLE III. SOLUSI MODEL MODIFIED 2 α variabel

<i>Model Original</i>	<i>Kasus</i>			
	<i>b_j kons</i> <i>\tilde{W}_{ij} par</i> <i>W_j var</i>	<i>b_j kons</i> <i>\tilde{W}_{ij} par</i> <i>W_j par</i>	<i>b_j var</i> <i>\tilde{W}_{ij} par</i> <i>W_j var</i>	<i>b_j var</i> <i>\tilde{W}_{ij} par</i> <i>W_j par</i>
Model class	MINLP	MINLP	MINLP	MINLP
State	Local optimum	Infeasible	Local optimum	Local optimum
Objective	692.829	0	692.776	1523.71
Infeasibility	0	0	0	2.89e-007
Iterations	15	0	14	16
Solver type	Branch & bound	Branch & bound	Branch & bound	Branch & bound
Steps	0	0	0	0
Active	0	0	0	0
GMU	31	30	32	31
ER	0	3	0	1

Tabel IV-V berturut-turut akan menampilkan variabel keputusan dan solusi optimal untuk kasus model modified 2 dengan kasus α variabel dan β variabel pada \tilde{W}_{ij} parameter dan W_j variable sebagai berikut :

TABLE IV. NILAI VARIABEL KEPUTUSAN MODEL MODIFIED 2

<i>Variabel</i>	<i>Modified 2</i>
X_1	88135510
X_2	88135510
W_1	5
W_2	6
β_1	0.3
β_2	0.2
α_1	1
α_2	1
L_1	0
L_2	0
\hat{X}_{11}	88135510
\hat{X}_{12}	88135510
\hat{X}_{21}	88135510
\hat{X}_{22}	88135510
Z_{11}	1
Z_{12}	1
Z_{21}	1
Z_{22}	1
I_1	0.67
I_2	0.9

TABLE V. SOLUSI OPTIMAL MODEL MODIFIED 2 DENGAN α DAN β VARIABEL \tilde{W}_{ij} PARAMETER DAN W_j PARAMETER

Status	Modified 2
Model class	MINLP
State	Local optimum
Objective	1523.71
Infeasibility	2.89e-007
Iterations	16
Solver type	Branch & bound
Steps	0
Active	0
GMU	31
ER	1

Tabel. V menjelaskan bahwa kasus memiliki solusi optimal yaitu dengan nilai 1523.71, hasil tersebut didapat dengan 16 iterasi dan nilai *infeasibility* 2.89e-007. Solver type menunjukkan kasus ini diselesaikan dengan metode Branch & Bound. GMU atau Generated Memory Used menunjukkan jumlah alokasi memori yang digunakan yaitu sebesar 31K dan ER atau Elapsed Runtime menunjukkan total waktu total waktu yang digunakan untuk menghasilkan dan menyelesaikan model yaitu 1 detik.

Jadi, secara keseluruhan, dengan memvariasikan biaya dasar, penyedia layanan akan memperoleh keuntungan yang maksimal yang tidak hanya menguntungkan penyedia layanan, tetapi untuk kondisi tertentu, pengguna juga diberikan kesempatan untuk memilih kelas mana yang dikehendaki sesuai anggaran yang pengguna miliki ataupun penyedia layanan dapat mempromosikan kelas tertentu yang mendatangkan keuntungan yang maksimal.

V. KESIMPULAN

Solusi paling optimal berada saat kondisi model modified 2 dengan kasus α variabel dan β variabel pada \tilde{W}_{ij} parameter dan W_j variable yang artinya bila penyedia layanan memvariasikan biaya dasar, memvariasikan quality premium, menetapkan biaya sensitivitas untuk pengguna i pada kelas j dan juga memvariasikan biaya sensitivitas untuk kelas j , maka penyedia layanan akan mampu berkompetisi dalam pasar dan penyedia layanan juga mampu mempromosikan kelas tertentu yang tentu saja dapat memaksimalkan pendapatan penyedia layanan.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Yang, "Pricing Network Resources in Differentiated Service Networks", in School of electrical and Computer Engineering, 2004, Phd Thesis. Georgia Institute of Technology, p. 1-111.
- [2] J. Byun and S. Chatterjee, "A strategic pricing for quality of service (QoS) network business", in Proceedings of the Tenth Americas Conference on Information Systems, 2004. New York.
- [3] Irmeilyana, Indrawati, F. M. Puspita, and R.T. Amelia, "Generalized Model and Optimal Solution of Internet Pricing Scheme in Single Link under Multiservice Networks" in *1st International Conference on Computer Science and Engineering*, 2014. Palembang, South Sumatera, Indonesia: Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.
- [4] Irmeilyana, Indrawati, F. M. Puspita, and L. Herdayana, "The New Improved Models of Single Link Internet Pricing Scheme in Multiple QoS Network", in International Conference Recent trends in Engineering & Technology (ICRET'2014), Batam (Indonesia), 2014.
- [5] Irmeilyana, Indrawati, F. M. Puspita, and L. Herdayana, "Improving the Models of Internet Charging in Single Link Multiple Class QoS Networks", in *Advanced Computer and Communication Engineering Technology*, H.A. Sulaiman, et al., Editors. 2015, Springer Publishing International: Switzerland.
- [6] F.M. Puspita, Irmeilyana, and Indrawati, "Skema Pembiayaan Internet Multi Link Yang Melayani Jaringan Multi Kelas Dengan Kondisi Quality Premium Yang Berbeda", in Seminar dan Rapat Tahunan BKS PTN Barat, 2015: Universitas Tanjung Pura.
- [7] F.M. Puspita, Irmeilyana, Indrawati, E. Susanti, E. Yuliza, and R. O. Sapitri, "Model and optimal solution of multi link pricing scheme in multiservice network", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2014, September: p. 106-112.
- [8] F.M. Puspita, K. Seman, and B. Sanugi, "Internet Charging Scheme Under Multiple QoS Networks", in *The International Conference on Numerical Analysis & Optimization (ICeMATH 2011) 6-8 June 2011*, 2011. Yogyakarta, Indonesia: Universita Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- [9] F.M. Puspita, K. Seman, and B.M. Taib, "A Comparison of Optimization of Charging Scheme in Multiple QoS Networks," in *1st AKEPT 1st Annual Young Researchers International Conference and Exhibition (AYRC X3 2011) Beyond 2020: Today's Young Reseacher Tomorrow's Leader 19-20 DECEMBER 2011*, 2011. PWTC, KUALA LUMPUR.
- [10] F.M. Puspita, Irmeilyana, and Indrawati, "Generalized MINLP of Internet Pricing Scheme under Multi Link QoS Networks, in *IAES EECSI 2015*", Palembang, South Sumatera.
- [11] F.M. Puspita, K. , B. M. Taib, and Z. Shafii, "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.