

Analisa Karakteristik Teori Antrian pada Jaringan *IP Multimedia Subsystem* (IMS) Menggunakan OPNET Modeler 14.5

Eko Fajar Cahyadi¹, Refinda Dwi Cahyani², Alfin Hikmaturokhman³

^{1,2,3} Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto

^{1,2,3} Jalan D.I. Panjaitan No. 128 Purwokerto 53147

¹ekofajarcahyadi@st3telkom.ac.id, ²13101145@st3telkom.ac.id, ³alfin@st3telkom.ac.id

Abstrak – Perkembangan teknologi telekomunikasi yang semakin pesat, membuat para operator dan vendor telekomunikasi harus dapat menyediakan layanan telekomunikasi yang aman, cepat, dan multi guna, untuk mendorong terciptanya ekosistem layanan telekomunikasi yang beragam bagi para penggunanya. *Next Generation Network* (NGN) merupakan sebuah teknologi masa depan yang mendukung beberapa layanan terintegrasi seperti *voice*, data, dan multimedia. Hal utama dari konsep NGN adalah konvergensi dan layanan yang berbasis IP sehingga diperlukan sebuah teknologi yang dikenal dengan *IP Multimedia Subsystem* (IMS). Agar pengiriman data dalam layanan IMS menjadi lebih efektif dan efisien maka diperlukan sebuah teori antrian yang tepat untuk digunakan sebagai pengatur aliran paket data. Penelitian ini melakukan pengamatan terhadap beberapa layanan pada jaringan IMS dengan menggunakan tiga teori antrian yang berbeda yaitu *First In First Out* (FIFO), *Priority Queuing* (PQ), dan *Weighted-Fair Queuing* (WFQ). Pengamatan dilakukan terhadap layanan *Video Conference* dan VoIP. Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa teori antrian WFQ pada layanan *video conference* menghasilkan rata-rata *delay* sebesar 9.22 ms, *delay variation* sebesar 0.036 ms dan *packet loss* sebesar 0.88%. Sedangkan untuk layanan VoIP menghasilkan rata-rata *delay* sebesar 144 ms, *delay variation* sebesar 0.021 ms, dan *packet loss* sebesar 0.05% serta menghasilkan rata-rata *throughput* sebesar 7.052 Mbps, sehingga teori antrian yang tepat digunakan dalam jaringan IMS dalam penelitian ini adalah WFQ.

Kata kunci – IMS, Teori Antrian, *Video Conference*, VoIP, OPNET Modeler 14.5

Abstract – Telecommunications technology development growth rapidly, drive the telecom operators and vendors to provide safe, fast, and multi-purposed services, to encourage the creation of a diverse ecosystem of telecommunications services for the users. Next Generation Network (NGN) is a future technology that supports multiple integrated services such as voice, data, and multimedia. The main terms of NGN concept is a convergence and IP based services requiring a technology called IP Multimedia Subsystem (IMS). In order for data transmission in IMS services to be more effective and efficient it needed a proper queuing theory used as a regulator of data packets flow. This study observes some services on IMS networks using three different queuing theory, there are First in First out (FIFO), Priority Queuing (PQ), and Weighted - Fair Queuing (WFQ). Services that be used for this research are video conference and VoIP. From the simulation results, WFQ queuing theory on video conference services generate an average of 9.22 ms delay, delay variation 0.036 ms and packet loss 0.88%. As for VoIP services produce an average 144 ms of delay, delay variation 0.021 ms, packet loss 0.05%, and produce an average throughput of 7052 Mbps. So the appropriate queuing theory used in IMS networks in this study is WFQ.

Keywords: IMS, Queuing Theory, Video Conference, VoIP, OPNET Modeler 14.5

I. PENDAHULUAN

Teknologi *IP Multimedia Subsystem* (IMS) saat ini membawa perubahan pemikiran terhadap trend jaringan masa depan. Teknologi IMS diarahkan pada konvergensi jaringan *wireless* dan *wireline* dengan kemampuan mengirimkan layanan multimedia diatas kedua teknologi tersebut. Teknologi IMS lahir sebagai satu teknologi yang mengakomodasi teknologi *wireless* dan *wireline* dengan tawaran layanan yang tidak hanya *voice* namun juga layanan data yang sangat beragam. IMS pada dasarnya

dikhususkan untuk jaringan *mobile* dalam memberikan layanan telekomunikasi berbasis IP [1].

IMS memungkinkan pengguna untuk menggunakan layanan jaringan seperti Video Conference dan Voice over Internet Protocol (VoIP). Agar pengiriman data dalam layanan tersebut menjadi lebih optimal maka diperlukan adanya penggunaan teori antrian. Teori antrian yang umum digunakan antara lain First in First out (FIFO), Priority Queuing (PQ), dan Weighted-Fair Queuing (WFQ). Masing-masing teori antrian tersebut memiliki karakteristik

yang berbeda-beda dalam hal manajemen pengiriman paket data.

SIP merupakan elemen penting pada jaringan IMS, yang merupakan sebuah protokol yang dikeluarkan oleh IETF untuk membangun dan mengatur sesi multimedia melewati jaringan IP [2].

FIFO memiliki prinsip antrian dimana “pertama datang pertama dilayani”. Maksudnya adalah paket yang datang terlebih dahulu akan di layani dan ditransmisikan terlebih dahulu, sedangkan paket yang datang kemudian akan ditransmisikan setelah paket sebelumnya selesai dilayani atau ditransmisikan [3].

Priority Queuing membuat beberapa antrian pada sebuah interface jaringan di mana masing-masing antrian diberikan level prioritas. Sebuah paket antrian yang memiliki prioritas lebih tinggi akan diproses terlebih dahulu daripada paket yang memiliki prioritas lebih rendah.

Tujuan utama di balik metode WFQ adalah untuk menjamin keadilan (fairness) di antara semua jenis trafik. Mirip dengan PQ, pertama-tama paket diklasifikasikan dan ditetapkan ke dalam salah satu kelas antrian berdasarkan informasi yang diambil dari packet header. Masing-masing antrian diberikan bobot berdasarkan pada kebutuhan bandwidth masing-masing trafik. Dimana bobot dari tiap-tiap antrian berbeda berdasarkan level prioritasnya. Sehingga dalam metode scheduling ini, trafik dengan level prioritas rendah pun akan terlayani dan mendapat jaminan resources/bandwidth dari jaringan, sehingga akan meminimalkan packet drop [4].

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian yang telah dilaksanakan sebelumnya [1]. Pada penelitian yang dijadikan referensi hanya menggunakan layanan VoIP, oleh karena itu pada penelitian ini dengan menambahkan layanan Video Conference. Selain itu yang membedakan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan beberapa teori antrian yang berbeda terhadap jaringan IP Multimedia Subsystem (IMS) untuk mengetahui teori antrian manakah yang tepat digunakan untuk IP Multimedia Subsystem (IMS). Hasil dari simulasi dibandingkan dengan standarisasi ITU-T G.1010, dimana pada layanan VoIP untuk parameter delay memiliki standarisasi <150 ms dengan kategori sangat baik dan batas toleransi <400 ms sedangkan untuk parameter delay variation memiliki nilai standarisasi <1 ms dan packet loss <3%. Pada layanan video conference untuk parameter delay memiliki standarisasi < 150 ms dan packet loss < 1% [5].

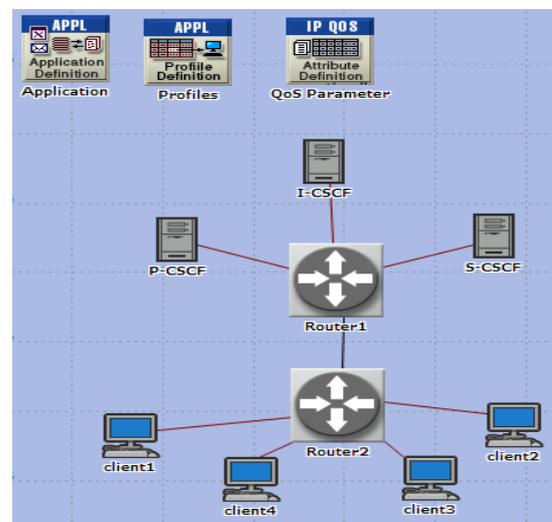
OPNET merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk merancang sebuah simulasi jaringan. Hasil simulasi pada OPNET dapat berupa grafik yang menggambarkan kinerja parameter tertentu yang telah diatur sebelumnya. Selain dalam bentuk grafik dapat juga dirubah ke dalam file spreadsheet seperti file

excel secara otomatis sehingga dapat mempermudah dalam proses analisis data hasil simulasi karena tidak perlu membaca nilai grafik secara manual.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah metode observasi. Pada penelitian ini akan dilakukan analisa karakteristik teori antrian pada jaringan IMS yang di simulasikan menggunakan OPNET Modeler 14.5. Teori antrian yang akan digunakan adalah *First In First Out (FIFO)*, *Priority Queuing (PQ)*, dan *Weighted-Fair Queuing (WFQ)*, dimana karakteristik teori antrian yang diamati adalah nilai parameter layanan dari jaringan IMS. Hasil yang diperoleh berupa grafik yang kemudian dari grafik tersebut dapat dilakukan analisa. Gambar 1 menunjukkan topologi jaringan *IP Multimedia Subsystem (IMS)* pada OPNET Modeler 14.5.

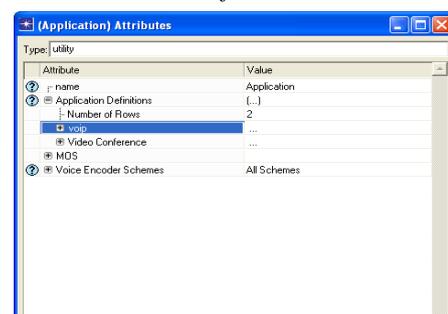


Gambar 1. Topologi jaringan

Penjelasan dari masing-masing komponen yang digunakan dalam perancangan topologi penelitian adalah sebagai berikut:

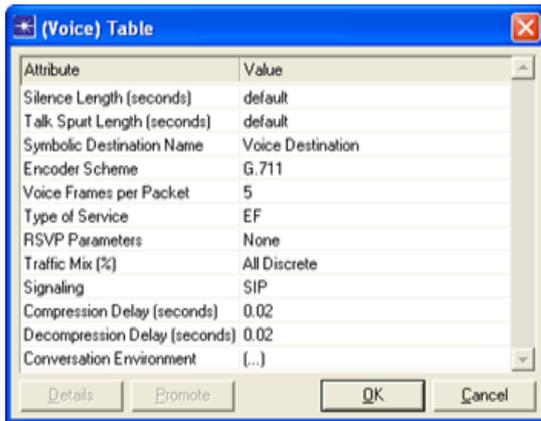
a) Application Configuration

Application Configuration merupakan komponen yang digunakan untuk mendefinisikan layanan-layanan yang akan digunakan, dimana dalam hal ini yaitu VoIP dan *Video Conference*.



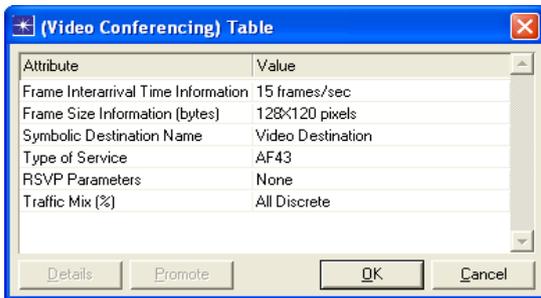
Gambar 2. Application Configuration

Untuk pengaturan parameter layanan VoIP seperti pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Pengaturan VoIP

Pengaturan parameter layanan Video Conference seperti pada Gambar 4 berikut.

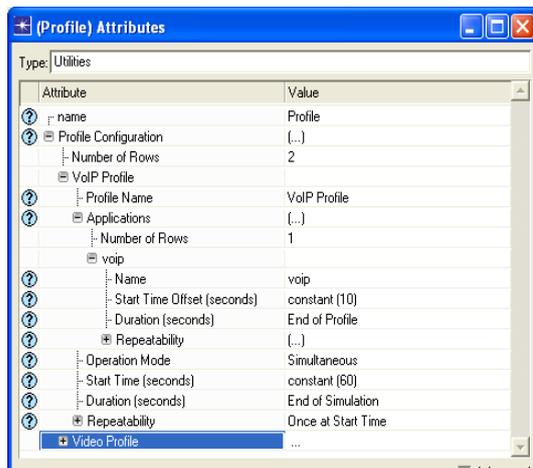


Gambar 4. Parameter Video Conference

b) Profile Configuration

Komponen profile digunakan untuk mengkonfigurasi profil layanan yang telah didefinisikan pada komponen *application*.

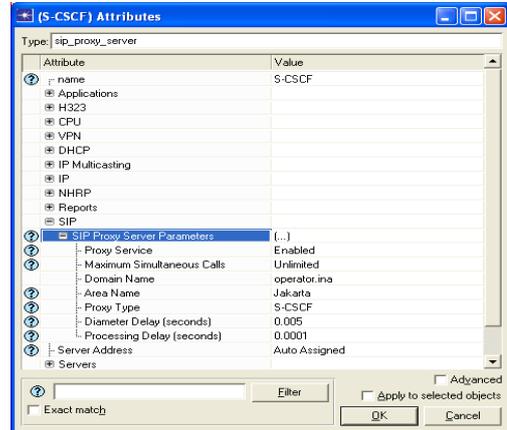
Pengaturan pada *profile* tidak dapat dilakukan sebelum mengkonfigurasi *application* terlebih dahulu. Gambar 5 menunjukkan konfigurasi *profile* sebagai berikut.



Gambar 5. Profile Configuration

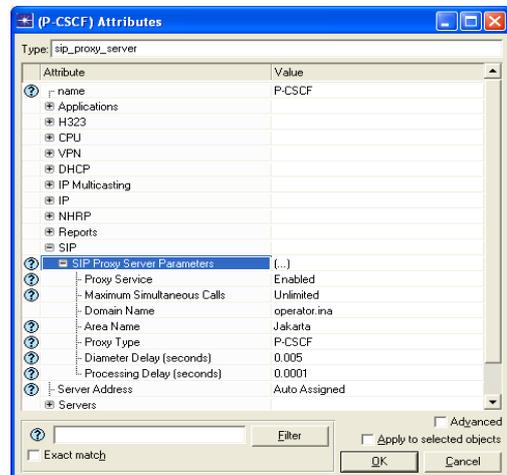
c) SIP Proxy Server

Pada komponen SIP Proxy Server terdapat pengaturan pada server P-CSCF, S-CSCF dan I-CSCF. Gambar 6 menunjukkan pengaturan konfigurasi pada server S-CSCF.



Gambar 6. Konfigurasi S-CSCF

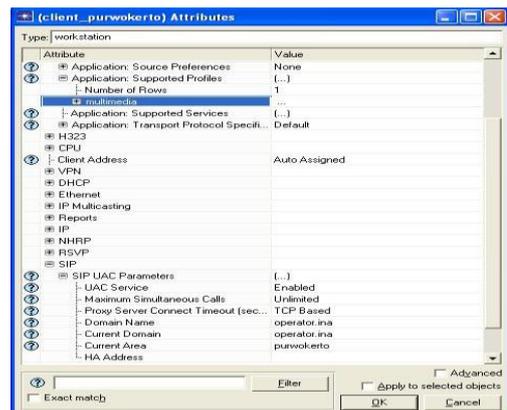
Gambar 7 menunjukkan pengaturan konfigurasi untuk server P-CSCF sebagai berikut.



Gambar 7. Konfigurasi P-CSCF

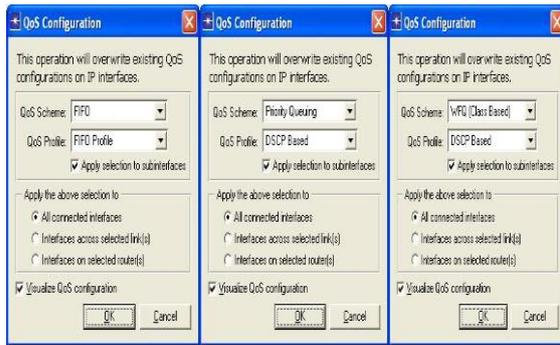
d) Workstation

Pada komponen workstation konfigurasi yang dilakukan adalah seperti pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Konfigurasi Workstation

e) QoS Configuration



Gambar 9. Pengaturan Teori Antrian

Pada penelitian ini menggunakan 3 jenis teori antrian, yaitu teori antrian FIFO, PQ, dan WFQ. Ketiga teori antrian tersebut dikonfigurasi pada semua link di dalam jaringan. Gambar 9 menunjukkan konfigurasi dari komponen QoS Configuration.

B. Parameter Penelitian

Dalam penelitian ini dibuat 3 buah skenario. Masing-masing skenario memiliki perbedaan pada teori antrian yang digunakan. Untuk layanan pada semua skenario menggunakan layanan yang sama serta dari segi parameter QoS yang diamati juga sama. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skenario Jaringan

Skenario	Teori Antrian	Layanan	Parameter QoS
Skenario 1	FIFO		<i>end-to-end delay, delay</i>
Skenario 2	PQ	<i>Video conference, VoIP</i>	<i>variation, packet loss, dan throughput</i>
Skenario 3	WFQ		

a. Skenario 1

Skenario pertama yaitu pada konfigurasi jaringan menggunakan teori antrian FIFO. Layanan *Video Conference*, VoIP dan parameter-parameter yang diamati adalah *End-to-End Delay, Delay Variation, Packet Loss* dan *Throughput*.

b. Skenario 2

Dalam skenario yang kedua ini yaitu pada konfigurasi jaringan menggunakan teori antrian PQ. Layanan *Video Conference*, VoIP dan parameter-parameter yang diamati adalah *End-to-End Delay, Delay Variation, Packet Loss* dan *Throughput*.

c. Skenario 3

Dalam pembuatan skenario yang ketiga ini yaitu pada konfigurasi jaringan menggunakan teori antrian WFQ. Layanan *Video Conference*, VoIP dan parameter-parameter yang diamati adalah *End-to-End Delay, Delay Variation, Packet Loss* dan *Throughput*.

C. Metode Pengumpulan Data

a. Studi literatur

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu studi literatur, yang dilakukan dengan cara mencari materi-materi yang berkaitan dengan teori antrian FIFO, PQ, WFQ, layanan *Video Conference*, VoIP, dan jaringan *IP Multimedia Subsystem (IMS)* dengan menggunakan Opnet Modeler 14.5.

b. Interview

Dalam penelitian ini, penulis juga melakukan *interview* kepada dosen pembimbing dan pihak-pihak yang dapat dipertanggungjawabkan guna melengkapi data.

D. Metode Analisa

Metode analisa yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Metode deskriptif yang dimaksud yaitu dengan melakukan deskripsi terhadap hasil dari simulasi menggunakan perangkat lunak OPNET Modeler 14.5. Hasil dari simulasi yang berupa grafik dijelaskan sebagai bentuk representasi karakter antrian. Selanjutnya dilakukan analisa komparasi, yaitu dengan membandingkan hasil antara simulasi menggunakan teori antrian FIFO, PQ, dan juga WFQ. Perbandingan dari grafik tersebut nantinya adalah parameter-parameter layanan dari jaringan IMS.

III. HASIL PENELITIAN

Data hasil dari simulasi menggunakan OPNET Modeler 14.5 berupa data grafik dan juga data *excel* yang merupakan hasil dari konversi grafik. Dengan demikian dapat diketahui teori antrian yang tepat digunakan pada jaringan *IP Multimedia Subsystem (IMS)*.

Tabel 2. Hasil Rerata *End-to-end Delay* pada *Video Conference*

Skenario	Hasil rata-rata	Standarisasi	Kategori
FIFO	10.11 ms	< 150 ms	Sangat baik
PQ	9.22 ms	< 150 ms	Sangat baik
WFQ	9.22 ms	< 150 ms	Sangat baik

Dari Tabel 2 dapat terlihat bahwa untuk skenario FIFO memiliki rata-rata *delay* yang lebih tinggi dibandingkan dengan skenario lainnya yaitu sebesar 10.11 ms, sedangkan PQ dan WFQ memiliki rata-rata *delay* yang paling kecil yaitu sebesar 9.22 ms, Dari ketiga skenario yang digunakan ketiganya memiliki rata-rata *delay* yang sesuai dengan persyaratan maksimal *delay* berdasarkan standarisasi ITU-T G.1010 seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Tabel 3. Hasil Rerata *Packet Delay Variation* pada *Video Conference*

FIFO	PQ	WFQ
0.049 ms	0.036 ms	0.036 ms

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai untuk *delay variation* pada teori antrian FIFO menghasilkan *delay variation* yang paling besar yaitu sebesar 0.049 ms, sedangkan pada teori antrian PQ dan WFQ menghasilkan *delay variation* sebesar 0.036 ms.

Tabel 4. Hasil Rerata *Packet Loss Video Conference*

Skenario	Hasil rata-rata	Standarisasi	Kategori
FIFO	1.16 %	< 1%	jelek
PQ	0.87 %	< 1%	Sangat baik
WFQ	0.88 %	< 1%	Sangat baik

Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa nilai untuk *packet loss* pada teori antrian FIFO menghasilkan *packet loss* yang paling besar yaitu sebesar 1.16%, sedangkan pada teori antrian PQ sebesar 0.87% dan WFQ menghasilkan *packet loss* sebesar 0.88 %.

Tabel 5. Hasil Rerata *End-To-End Delay* pada VoIP

Skenario	Hasil rata-rata	Standarisasi	Kategori
FIFO	144.6 ms	<150 ms	Sangat baik
PQ	144 ms	< 150 ms	Sangat baik
WFQ	144 ms	< 150 ms	Sangat baik

Dari Tabel 5 dapat terlihat bahwa untuk teori antrian FIFO pada layanan VoIP memiliki rata-rata *delay* yang lebih tinggi dibandingkan dengan teori antrian yang lainnya yaitu sebesar 144.6 ms, sedangkan PQ dan WFQ memiliki rata-rata *delay* yang paling kecil yaitu sebesar 144 ms. Dari ketiga skenario yang digunakan ketiganya memiliki rata-rata *delay* yang sesuai dengan persyaratan maksimal *delay* berdasarkan standarisasi ITU-T G.1010 seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Tabel 6. Hasil Rerata *Packet Delay Variation* pada VoIP

Skenario	Hasil rata-rata	Standarisasi	Kategori
FIFO	0.026 ms	< 1 ms	Sangat baik
PQ	0.021 ms	< 1 ms	Sangat baik
WFQ	0.021 ms	< 1 ms	Sangat baik

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata untuk *delay variation* pada teori antrian FIFO menghasilkan *delay variation* yang paling besar yaitu sebesar 0.026 ms, sedangkan pada teori antrian PQ dan WFQ menghasilkan *delay variation* sebesar 0.021 ms dan untuk teori antrian.

Tabel 7. Hasil Rerata *Packet Loss VoIP*

Skenario	Hasil rata-rata	Standarisasi	Kategori
FIFO	0.07 %	< 3 %	Sangat baik
PQ	0.05 %	< 3 %	Sangat baik
WFQ	0.05 %	< 3 %	Sangat baik

Dari tabel 7 dapat diketahui bahwa nilai untuk *packet loss* pada teori antrian FIFO menghasilkan *packet loss* yang paling besar yaitu sebesar 0.07 %, sedangkan pada teori antrian PQ dan WFQ menghasilkan *packet loss* sebesar 0.05 %

Tabel 8. Hasil Rerata Perbandingan Rata-rata *Throughput*

FIFO (Mbps)	PQ (Mbps)	WFQ (Mbps)
7.021	7.050	7.052

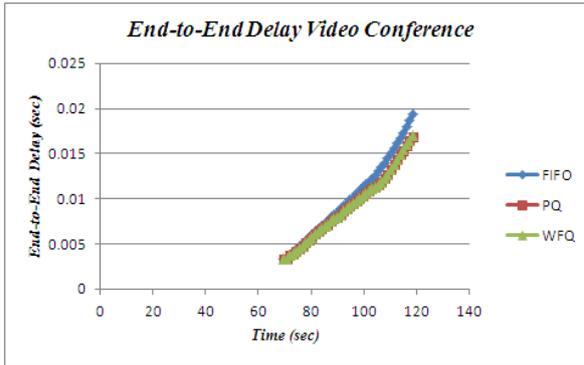
Seperti yang terlihat pada Tabel 8 nilai rata-rata *throughput* pada skenario yang menggunakan teori antrian FIFO, PQ, dan WFQ memiliki selisih sedikit. Skenario antrian WFQ memiliki *throughput* paling tinggi diantara teori antrian lainnya.

IV. PEMBAHASAN

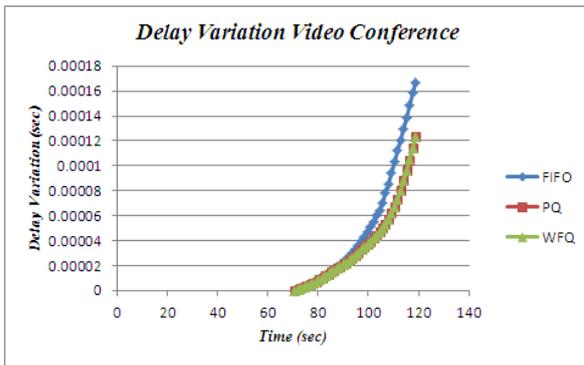
Hasil untuk teori antrian FIFO pada layanan *video conference*, paket data yang ditransmisikan hanya didasarkan pada kedatangan paket data dalam antrian, sehingga apabila jalur transmisi tersebut sedang mengalami kesibukan karena melayani panggilan dari layanan yang lain, maka layanan *video conference* harus menunggu antrian terlebih dahulu untuk dapat dilayani, sehingga akan mengakibatkan *delay* lebih lama tergantung dari lamanya waktu pada saat menunggu antrian. Gambar 10 menunjukkan bahwa untuk layanan *video conference* menggunakan teori antrian FIFO menghasilkan *delay* yang lebih besar dibandingkan dengan teori antrian PQ dan WFQ.

Untuk teori antrian PQ ketika sebuah paket data akan ditransmisikan, maka terlebih dahulu akan dilakukan prioritas antrian dari paket untuk diurutkan berdasarkan level prioritasnya, dimana proses pengurutan antrian yaitu dengan melayani terlebih dahulu paket data dengan prioritas paling tinggi, kemudian antrian dengan prioritas medium, begitu seterusnya sampai antrian dengan prioritas terendah. Pada penelitian ini didapatkan nilai *delay* untuk teori antrian PQ kecil. Sedangkan untuk teori antrian WFQ konsepnya hampir sama dengan teori antrian PQ. Sehingga hasil untuk *delay* pada antrian WFQ juga kecil.

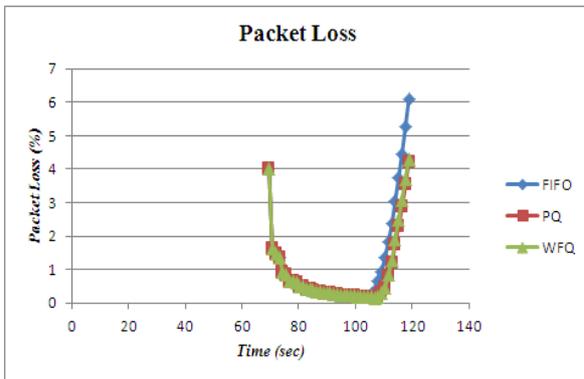
Dari grafik pada Gambar 11 terlihat bahwa *delay variation* pada skenario pertama yang menggunakan teori antrian FIFO jauh lebih tinggi dibandingkan *delay variation* pada skenario kedua dan ketiga yang menggunakan teori antrian PQ dan WFQ. Dari ketiga skenario, skenario kedua dan ketiga yang menggunakan teori antrian PQ dan WFQ memiliki *delay variation* yang lebih kecil.



Gambar 10. End-to-End Delay Video Conference



Gambar 11. Delay Variation



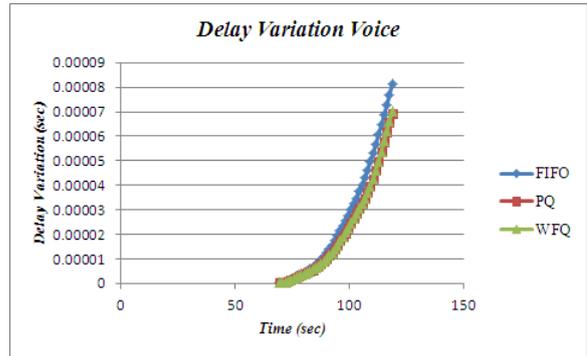
Gambar 12. Packet Loss Video Conference

Packet loss merupakan banyaknya paket yang hilang selama proses transmisi ke tujuan. Nilai packet loss biasanya dinyatakan dalam persen (%). Dari Gambar 12 terlihat bahwa pada skenario 1 yang menggunakan teori antrian FIFO memiliki packet loss yang paling besar dibandingkan dengan teori antrian PQ dan WFQ.

Dari nilai parameter delay, delay variation, packet loss dan throughput yang sudah dihasilkan maka dapat disimpulkan bahwa semakin kecil delay, delay variation, packet loss pada layanan Video Conference maka throughput akan semakin besar.

Layanan VoIP merupakan layanan yang memiliki prioritas lebih tinggi dibanding layanan video conference. Jadi apabila paket layanan VoIP datang setelah paket layanan video conference, maka paket layanan VoIP akan tetap dilayani terlebih dahulu dan

paket layanan video conference harus menunggu untuk dilayani. Sehingga pada penelitian ini dapat diketahui nilai delay yang paling kecil adalah PQ dan WFQ karena pada WFQ juga memiliki prioritas paket dan yang memiliki delay paling besar adalah FIFO.

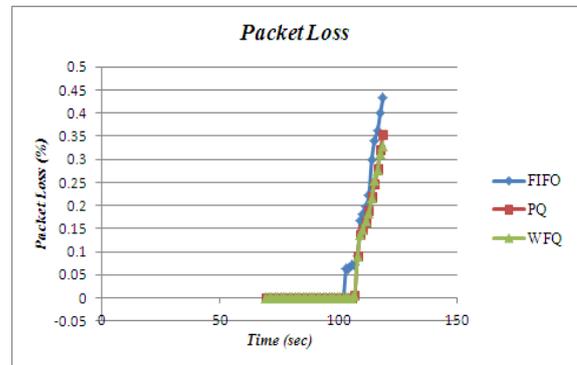


Gambar 13. Delay Variation VoIP

Dari grafik pada Gambar 13 terlihat bahwa delay variation pada skenario pertama yang menggunakan teori antrian FIFO jauh lebih tinggi dibandingkan delay variation pada skenario kedua dan ketiga yang menggunakan teori antrian PQ dan WFQ. Dari ketiga skenario, skenario kedua dan ketiga yang menggunakan teori antrian PQ dan WFQ berhimpitan serta memiliki delay variation lebih kecil. Hal ini tidak hanya terlihat dari besarnya delay variation maksimum pada masing-masing skenario, akan tetapi juga terlihat dari hasil rata-rata yang terjadi di dalam jaringan.

Pada Gambar 14 terlihat bahwa pada skenario 1 yang menggunakan teori antrian FIFO memiliki packet loss yang paling besar dibandingkan dengan teori antrian PQ dan WFQ.

Dari nilai parameter delay, delay variation, packet loss dan throughput yang sudah dihasilkan maka dapat disimpulkan bahwa semakin kecil delay, delay variation, packet loss pada layanan VoIP maka throughput akan semakin besar.

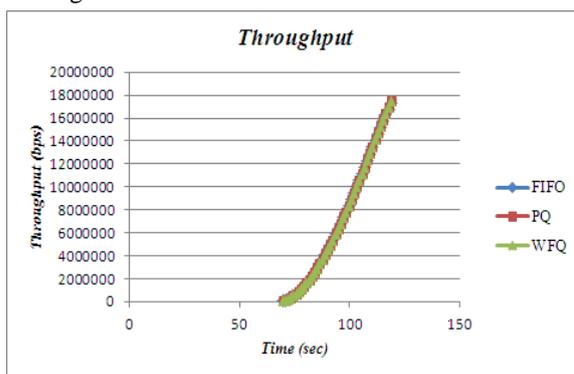


Gambar 14. Packet Loss VoIP

Throughput adalah jumlah bit yang diterima dengan sukses perdetik (kemampuan sebenarnya suatu jaringan dalam melakukan pengiriman data). Pada penelitian ini user dihubungkan ke router dengan menggunakan link 100BaseT. Link tersebut

memiliki *data rate* sebesar 100 Mbps. Oleh karena itu *throughput* yang didapatkan oleh *user* harus kurang dari 100 Mbps.

Gambar 15 merupakan hasil perhitungan rata-rata *throughput* setiap skenario. Nilai *throughput* yang didapatkan pada masing-masing skenario tidak jauh berbeda. Apabila dilihat dari kerapatannya, masing-masing skenario saling berhimpitan. Hal ini berarti bahwa nilai *throughput* yang didapatkan oleh setiap teori antrian hanya memiliki selisih sedikit. Nilai maksimum *throughput* dari masing-masing skenario adalah sekitar 18 Mbps. Dari gambar 17 dapat terlihat bahwa nilai *throughput* yang didapatkan mengalami kenaikan. Semakin tinggi rentang waktu pengamatan, maka besarnya titik puncak *throughput* akan semakin meningkat.



Gambar 15. *Throughput*

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Penggunaan teori antrian memberikan pengaruh yang signifikan terhadap *delay*, *delay variation*, *packet loss* dan *throughput* pada layanan VoIP dan *video conference*. Pada teori antrian PQ dan WFQ menghasilkan rata-rata *delay*, *delay variation* dan *packet loss* yang paling kecil, namun WFQ menghasilkan rata-rata *throughput* paling besar, sehingga dapat diketahui bahwa teori antrian yang tepat digunakan dalam jaringan IMS adalah teori antrian WFQ, dimana teori antrian tersebut sama-sama menggunakan prioritas layanan

dalam pengaturan trafik layanan pada jaringan, yang membedakannya yaitu pada WFQ terdapat pembobotan, yang mana pembobotan tersebut berkaitan dengan intensitas pelayanan paket.

2. Dilihat dari parameter *delay*, *delay variation*, *packet loss* dan *throughput* yang telah dihasilkan pada layanan VoIP dan *Video Conference*, maka dapat di ambil kesimpulan bahwa semakin kecil *delay*, *delay variation*, dan *packet loss* maka *throughput* akan semakin besar sehingga kualitas untuk layanan VoIP dan *Video Conference* akan semakin bagus.

B. Saran

1. Dapat dikembangkan dengan penggunaan aplikasi lainnya seperti *video streaming* pada jaringan IMS.
2. Teori antrian yang digunakan dapat dikembangkan dengan menggunakan teori antrian lainnya seperti RED dan MDRR.
3. Jumlah *user* diperbanyak agar dapat lebih terlihat perbedaan-perbedaan antar teori antrian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amarta, Robertus Windu. 2011. Analisis Kualitas Pemodelan Dan Kinerja IP Multimedia Subsystem Dengan Menggunakan Simulator Opnet. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [2] Jamil, Faisal. 2011. Implementasi Enum Server Pada Jaringan IMS Dengan Menggunakan Open IMS Core. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- [3] Gunawan, Angga Santika. 2008. Simulasi Performansi QoS Pada Jaringan MPLS PT.Telkom Dengan Metoda Teori Antrian FIFO, WRED, DAN CBQ. Bandung: Institut Teknologi Telkom
- [4] Cahyadi, Eko Fajar. 2013. Perhitungan Kesiapan Jaringan IP Untuk Mendukung Layanan H.323 Desktop Video Conferencing Dalam Beberapa Disiplin Antrian Menggunakan Opnet. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [5] [5] ITU-T. 2001. Series G: Transmission Systems And Media, Digital Systems And Networks Quality Of Service And Performance.

