

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI QoS DENGAN KOMBINASI MPLS-INTSERV DAN MPLS-DIFFSERV DI IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM

ANALYSIS AND IMPLEMENTATION QoS USE COMBINATION MPLS-INTSERV AND MPLS-DIFFSERV IN IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM (IMS)

Tuntun Aditara Maharta¹, Dr. Rendy Munadi, Ir., M.T.², Ratna Mayasari, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹aditara@student.telkomuniversity.ac.id, ²rendymunadi@telkomuniversity.ac.id,

³ratnamayasari@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Untuk meningkatkan jaminan QoS, ada beberapa metode yang dapat dilakukan yaitu best effort, integrated service (*Intserv*) dan differentiated service (*Diffserv*). Best effort adalah metode dimana paket yang datang pertama ke node akan dilanjutkan ke node lainnya. *Intserv* adalah metode dimana paket yang akan dikirimkan sebelumnya diberi jaminan bandwidth di jaringan, protokol yang berperan adalah Resource Reservation Protocol (RSVP). Sedangkan *Diffserv* adalah metode dimana paket yang akan dikirimkan diberikan prioritas di jaringan. Untuk menambah performansi forwarding data maka digunakan Multi-Protocol Label Switching (*MPLS*).

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, diperoleh hasil bahwa MPLS-intserv-diffserv memiliki nilai delay terbesar pada layanan VoIP. Dan MPLS-intserv memiliki nilai delay terbesar pada layanan video conference. Kemudian untuk nilai jitter yang paling kecil ada pada metode MPLS-intserv-diffserv pada layanan VoIP dan MPLS-diffserv pada layanan video conference. Untuk nilai throughput tertinggi ada pada metode MPLS-diffserv pada layanan VoIP dan MPLS-intserv-diffserv pada layanan video conference. Berdasarkan perhitungan MOS dengan pendekatan E-model, ketiga mekanisme tersebut masuk ke dalam kategori “sangat baik”. Tapi dari ketiga mekanisme tersebut, MPLS-diffserv memiliki nilai MOS yang paling tinggi. Jadi, bisa disimpulkan bahwa MPLS-diffserv memiliki kinerja yang paling bagus.

Kata kunci : QoS, MPLS, Intserv, Diffserv, IMS

Abstract

To improve QoS, there are some methods that can be applied such as best effort, integrated service (*Intserv*), and differential service (*Diffserv*). Best effort is a method of sending a package from the first node to another one. *Intserv* is a method where the package that are going to be sent, will be given a bandwidth guarantee first, the protocol that involves is RSVP. *Diffserv* is a method of giving first priority in the network to the package that will be sent. To improve forwarding data performance we will need *MPLS*.

Based on the test results and analysis of the results obtained, that has the value MPLS-intserv-diffserv the largest delay on VoIP services and MPLS-intserv on video conference services. Then the smallest jitter value exists on the MPLS-intserv-diffserv mechanism on VoIP services and MPLS-diffserv on video conference services. For the value of the highest throughput on the MPLS-diffserv mechanism on VoIP services and MPLS_intserv_diffserv on video conference services. Based on MOS calculation with E-model method, those mechanisms are included to “very good” category. But, MPLS-diffserv has the highest value of MOS. So, it can be concluded that MPLS-diffserv has the best performance.

Keyword : QoS, MPLS, Intserv, Diffserv, IMS

1. Pendahuluan

Saat sekarang, dikembangkanlah teknologi yang untuk meningkatkan layanan yang digunakan untuk layanan real time dan jasa pengiriman data paket multimedia yaitu IMS atau *Internet Protocol Multimedia Subsystem*[2]. Untuk mendukung layanan pada IMS diperlukan layanan *Quality Of Service* untuk mengatur kualitas jaringan yang akan dipakai dalam pengiriman data multimedia. Metode perbaikan QoS yang akan digunakan adalah dengan menggunakan metode forwarding paket, yaitu *MPLS* (*Multi Protocol Label Switching*). Selain *MPLS*, Metode QoS yang akan digunakan adalah *intserv* dan *diffserv*. Pada *intserv* mempunyai protokol persinyalan untuk membantu IP membuat aliaran dan kebutuhan sumber daya yang diperlukan waktu pengiriman paket data yaitu protokol RSVP. Pada *diffserv* terdapat PHB (*per-hop behaviours*). PHB didefinisikan mekanisme *forwarding* yang dilakukan di tiap node di *diffserv*.

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah untuk menganalisa performansi *QoS (Delay, Jitter, Throughput)* pada jaringan *MPLS-Diffserv, MPLS-Intserv, dan MPLS-Intserv-Diffserv* pada layanan *VoIP dan video conference* di *IMS*.

Penelitian dalam tugas akhir ini menggunakan metode studi literature untuk mempelajari system pada *IMS*, konsep dasar tentang *MPLS, interserv, dan diffserv*. Kemudian metode implementasi system dengan mengkombinasikan *MPLS-intserv dan MPLS-diffserv* di dalam *backbone MPLS*. Untuk metode selanjutnya yaitu pengambilan data. Dalam metode ini, masing-masing kombinasi *MPLS-intserv dan MPLS-diffserv* diambil data *QoS (delay, jitter, throughput)*. dan metode yang terakhir adalah analisis masing-masing data yang telah diperoleh pada metode sebelumnya.

2. Landasan Teori

2.1 IP Multimedia Subsystem

IMS adalah sebuah *framework* baru yang dispesifikasikan untuk *mobile network* yang menyediakan layanan telekomunikasi *Internet Protokol (IP)*. Prinsip dasar jaringan *IMS* adalah mengintegrasikan antara teknologi *wireless* atau *PLMN (mobile)* yang mempunyai kekayaan layanan dan *wireline* atau *PSTN* yang mempunyai *voice* sebagai layanan andalannya sehingga dapat menangani berbagai kekurangan diantara keduanya. Prinsip dari teknologi ini sama yaitu mengatur session yang muncul untuk setiap layanan.

2.2 MPLS

MPLS adalah suatu metode forwarding (meneruskan data melalui suatu jaringan dengan menggunakan informasi dalam label yang dilekatkan pada *IP*), sehingga memungkinkan router untuk meneruskan paket dengan hanya melihat label dari paket itu, tidak perlu melihat *IP* alamat tujuannya. Pada jaringan *MPLS*, mekanisme forwarding dilakukan tidak berdasarkan header yang ada pada paket data melainkan pada label yang dibawa oleh paket, analisa header hanya dilakukan pada saat paket data pertama kali masuk ke jaringan *MPLS*, setelah itu yang dilakukan hanyalah mekanisme pe-label-an atau label-swapping untuk mem-forward paket data yang diterima.

2.3 Integrated Service

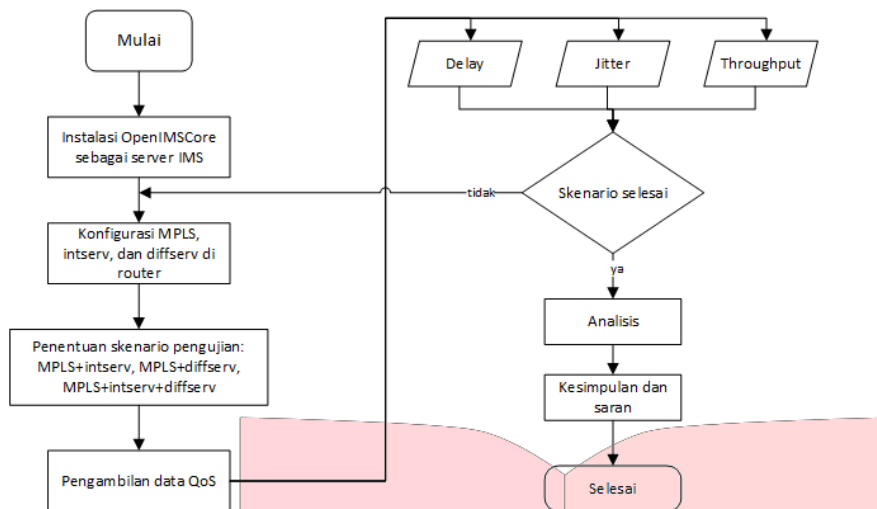
Intserv merupakan model pelayanan *QoS* yang terintegrasi untuk menangani kebutuhan beragam *QoS*. Sebelum mengirimkan paket data, *intserv* akan melakukan layanan khusus ke dalam jaringan dengan proses signaling. Pada proses signaling, pertama kali diberikan informasi mengenai parameter jalur lalu lintas pengiriman data paket dan kebutuhan kualitas pelayanan seperti kebutuhan *bandwidth* dan waktu tunda. Setelah sistem mendapatkan konfirmasi dari jaringan dan kemudian disediakan sumber daya untuk pengiriman paket-paket data. Signaling yang bertanggung jawab terhadap penyediaan *QoS* di model *Intserv* adalah *Resource Reservation Protocol (RSVP)*.

2.4 Differentiated Service

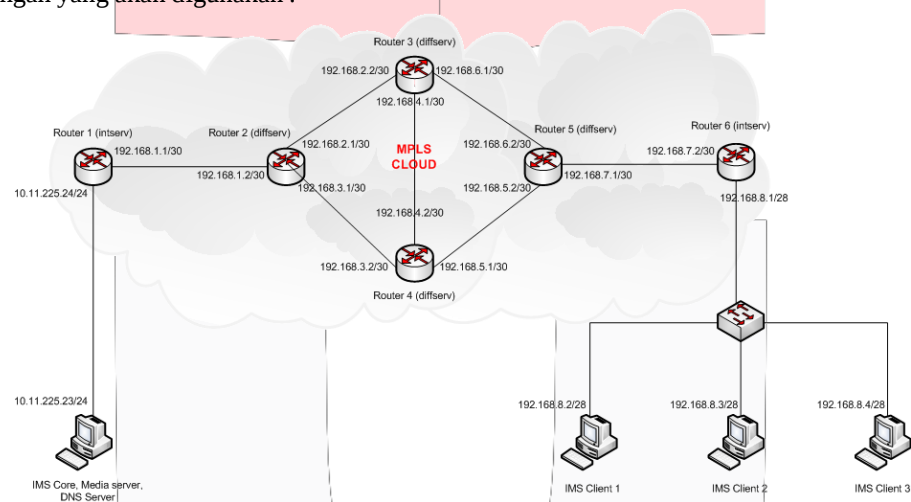
Diffserv merupakan model yang memberikan multi layanan yang menghendaki kebutuhan *QoS* yang berbeda-beda. Berbeda dengan *Intserv*, *Diffserv* tidak mengaplikasikan *RSVP* sehingga tidak meminta router-router untuk menyediakan sumber daya jaringan untuk melakukan pengiriman paket. *Diffserv* menyediakan layanan khusus menurut *QoS* yang dikehendaki oleh masing-masing paket, misalnya dengan menggunakan teknik *IP Precedence*. Jaringan akan melakukan *packet classification, traffic shaping, traffic policing, dan queuing* berdasarkan informasi yang diberikan.

3. Perancangan dan Implementasi

Langkah – langkah perancangan system :



Topologi jaringan yang akan digunakan :



3.1 Skenario Pengujian

3.1.1 Pengukuran Data Delay, Jitter, dan Throughput pada kombinasi MPLS-Intserv dan MPLS-Diffserv

Data yang akan diambil pada skenario pengujian pertama adalah data *delay*, *jitter*, dan *throughput* yang akan dihitung pada pengimplementasian *MPLS-intserv* di router CE dan *MPLS-diffserv* di router PE dan P.

Dari studi kasus tersebut diambil data sebanyak 30 kali dengan masing – masing data dengan periode 1 menit. Serta diberi tambahan background traffic sebesar 0 Mb, 20 Mb, 40 Mb, 60 Mb.

3.1.2 Pengukuran Data Delay, Jitter, dan Throughput pada MPLS-intserv

Data yang akan diambil pada skenario pengujian kedua adalah data *delay*, *jitter*, dan *throughput* yang akan dihitung pada pengimplementasian *MPLS-intserv* di router CE.

Dari studi kasus tersebut diambil data sebanyak 30 kali dengan masing – masing data dengan periode 1 menit. Serta diberi tambahan background traffic sebesar 0 Mb, 20 Mb, 40 Mb, 60 Mb.

3.1.3 Pengukuran Data Delay, Jitter, dan Throughput pada MPLS-diffserv

Data yang akan diambil pada skenario pengujian ketiga adalah data *delay*, *jitter*, dan *throughput* yang akan dihitung pada pengimplementasian *MPLS-diffserv* di router PE dan PE pada saat berjalannya layanan VoIP dan *video conference* di IMS.

Dari studi kasus tersebut diambil data sebanyak 30 kali dengan masing – masing data dengan periode 1 menit. Serta diberi tambahan background traffic sebesar 0 Mb, 20 Mb, 40 Mb, 60 Mb.

4. Pengujian dan Analisis

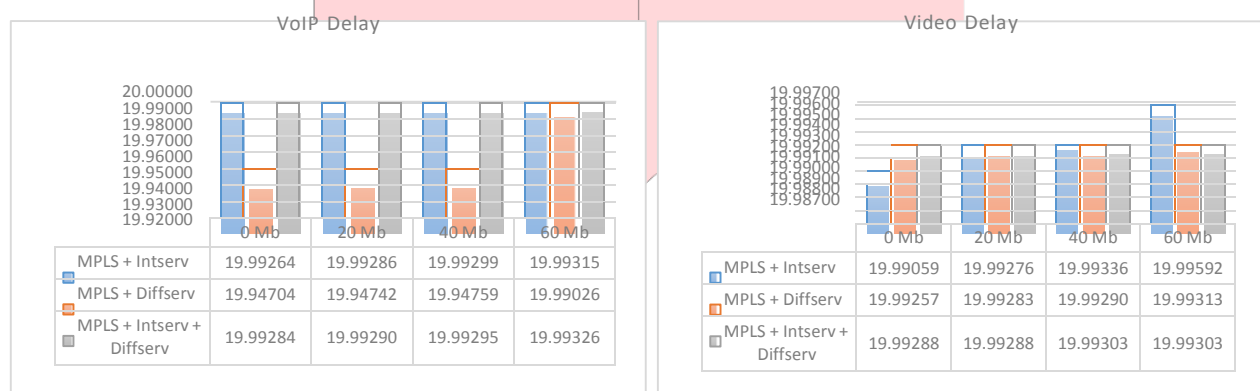
Pada bab ini akan dibahas analisis dari besaran nilai QoS dengan membandingkan jaringan yang digunakan dalam melewati layanan VoIP (*Voice over IP*) dan *Video conference* pada arsitektur IMS (*IP Multimedia Subsystem*), yaitu jaringan MPLS dan jaringan IP yang menggunakan metode *Intserv* dan *Diffserv*. Adapun parameter-parameter QoS yang diukur adalah, *Delay*, *Jitter*, dan *Throughput*. Untuk mendapatkan nilai-nilai parameter QoS itu sendiri digunakan Wireshark sebagai *network protocol analyzer*.

Sebagai acuan tingkat kualitas layanan yang dijamin oleh *backbone* jaringan pada penelitian ini, maka digunakan standar beberapa lembaga pertelekomunikasian sebagai acuan besaran parameter QoS, antara lain:

- Delay* yang paling baik dalam transfer untuk layanan yang bersifat *real-time* bernilai antara 0 – 150ms (ITU-T standart).
- Jitter* bernilai < 50ms (ITU-T G.1010), dan bernilai < 30ms (Cisco).

4.1 Delay

Berikut ini merupakan hasil pengukuran parameter QoS, *delay* pada scenario pengujian yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.



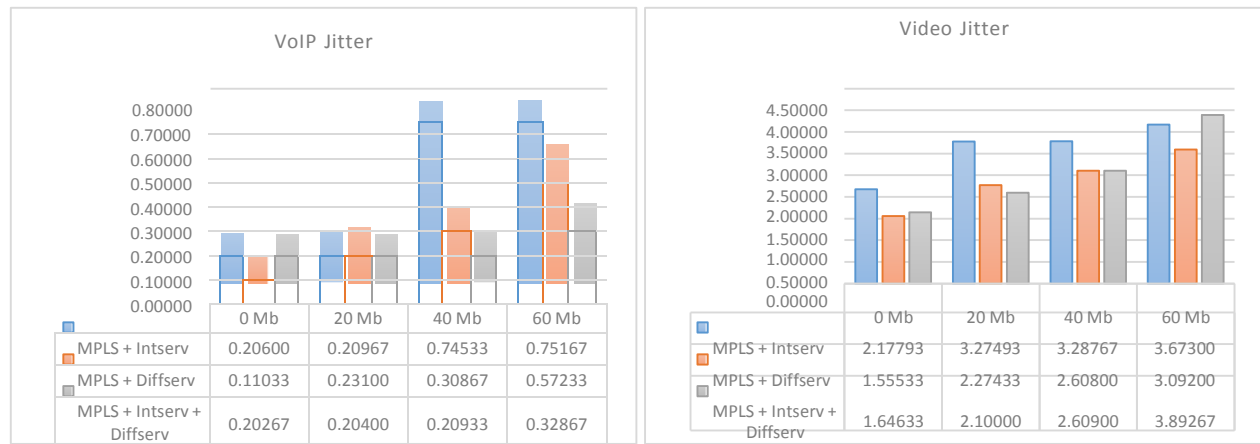
Dari data tersebut dapat diketahui bahwa delay layanan VoIP dengan metode MPLS-intserv, MPLS-intserv-diffserv mempunyai nilai paling tinggi. Hal ini bisa terjadi karena ketika proses signaling, paket dari layanan ini telah diberi jaminan bandwidth terlebih dahulu oleh router dengan menggunakan protocol RSVP (*Resource Reservation Protocol*). Dan dalam hal ini, router CE lah yang pertama kali menyediakan *resource* berupa bandwidth kepada paket VoIP ini. Waktu untuk reservasi bandwidth ini lah yang menambah besarnya delay pada metode MPLS-intserv ini.

Untuk layanan *video conference* mempunyai nilai delay paling tinggi ketika menggunakan metode MPLS-intserv. Pada scenario MPLS-intserv ini, layanan *video conference* dialokasikan bandwidth sebesar 512 Kbps sesuai dengan ketentuan 3GPP karena di sisi client menggunakan codec H.263. penyebab tingginya delay pada layanan ini juga sama seperti pada layanan VoIP, yaitu router yang membutuhkan waktu lebih untuk melakukan reservasi bandwidth yang ditujukan untuk paket yang melewatinya. Kemudian paket ini juga diberi label MPLS header yang dilekatkan pada paket tersebut.

4.2 Jitter

Berikut ini merupakan hasil pengukuran parameter QoS, *jitter* pada scenario pengujian yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

Dari grafik “VoIP Jitter” dibawah bisa diketahui besarnya nilai jitter dari masing – masing metode dengan background traffic yang telah ditentukan. Ketika menggunakan metode MPLS-intserv-diffserv, nilai jitter lebih kecil daripada metode MPLS-diffserv dan MPLS-intserv. Dan bisa dilihat pula dari berbagai scenario penambahan background traffic, besarnya nilai jitter dari tiap scenario hampir sama/ tidak terlalu besar selisihnya. Hal ini membuktikan bahwa pada metode ini, kondisi jaringan paling stabil. Hal ini bisa disebabkan karena ketika akan masuk ke dalam jaringan, paket terlebih dahulu akan diberi jaminan bandwidth oleh router CE. Dalam hal ini 64 Kbps. Kemudian ketika paket masuk ke router PE, paket akan diklasifikasikan dan dikelompokkan kemudian diberi label/ header DSCP untuk penentuan prioritas pengiriman. Selain itu, paket juga diberi label MPLS sebagai metode forwarding data ketika paket mulai masuk kedalam jaringan.



Dari grafik “*Video Conference Jitter*” dapat dilihat perbedaan nilai jitter dari masing – masing metode meskipun sangatlah tipis perbedaan tersebut. Ketika menggunakan metode MPLS-diffserv dan MPLS-intserv-diffserv nilai jitter tidak menunjukkan perbedaan/ selisih yang terlalu besar/ signifikan dari tiap scenario. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian prioritas pengiriman pada paket bisa mengurangi tingginya variasi delay yang timbul akibat adanya antrian paket pada router. Berbeda hal nya dengan metode MPLS-intserv yang memiliki nilai jitter paling besar yang diakibatkan adanya antrian di router karena adanya proses reservasi bandwidth yang dilakukan oleh router

4.3 Throughput

Berikut ini merupakan hasil pengukuran parameter *QoS, jitter* pada scenario pengujian yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.



Dari data “*VoIP Throughput*” diatas bisa dilihat bahwa nilai throughput terbesar ada pada metode *MPLS-diffserv*. Ketika dalam jaringan diberi tambahan background traffic, nilai throughput semakin kecil. Dengan kata lain, nilai throughput berbanding terbalik dengan delay dan besarnya background traffic. Pada metode *MPLS-diffserv*, ketika paket mulai masuk ke dalam jaringan, paket akan diklarifikasi dan dikelompokkan berdasarkan prioritas. Berdasarkan teori tentang differentiated service, paket voice memiliki prioritas tertinggi dalam pengiriman, yaitu masuk ke dalam kategori EF. Jadi, meskipun ada antrian paket yang sangat padat di router, paket VoIP ini tetap akan menjadi prioritas tertinggi dalam pengirimannya. Dan secara keseluruhan nilai throughput yang didapat, ternyata mendekati nilai throughput untuk paket voice secara teori, yaitu sebesar 0.0824 Mbps.

Berdasarkan grafik “*video conference throughput*” bisa diketahui bahwa metode *MPLS-intserv-diffserv* memiliki nilai throughput terbesar. Sehingga bisa dikatakan bahwa metode ini memiliki kualitas terbaik jika dibandingkan dengan metode yang lainnya. Ketika paket video ini mulai masuk ke dalam jaringan, pertama kali paket akan diberi jaminan bandwidth sebesar 512 Kbps oleh router CE dengan menggunakan protocol RSVP. Kemudian ketika masuk dalam router PE, paket ini akan diberi prioritas pengiriman, yaitu kelas 4 : AF41. Kelas ini merupakan kelas dalam klasifikasi paket dalam teori differentiated service. Kelas AF41 ini memiliki prioritas pengiriman termasuk tinggi, yaitu dibawah kelas EF (voice).

Voice	Video Conference
Codec : G.711, Bit rate: 64 Kbps, Payload: 160 Byte	Codec video: H.263, Bit rate: 384 Kbps, Payload: 4 Byte
Ukuran paket VoIP : 46 Byte + 160 Byte = 206 Byte	Ukuran paket video : 46 Byte + 160 Byte + 4 Byte = 210 Byte
Jumlah paket per detik (pps) : 64 Kbps/ (160 x 8) = 50 pps	Jumlah paket per detik (pps) : (64+384)/ (164 x 8) = 342 pps
BW per kanal full rate : 206 Byte x 50 pps x 8 bit/Byte = 0.0824 Mbps	BW per kanal full rate : 210 Byte x 342 pps x 8 bit/ Byte = 0.575 Mbps

Nilai throughput yang diperoleh pada metode MPLS-intserv-diffserv ini juga merupakan nilai throughput yang paling mendekati nilai throughput paket video secara teori, yaitu sebesar 0.575 Mbps. Berdasarkan perbandingan data tersebut bisa disimpulkan bahwa MPLS-intserv-diffserv lah yang mempunyai performansi paling bagus jika dilihat dari parameter throughput.

4.4 MOS (Mean Opinion Score)

Untuk menentukan kualitas layanan suara dan video dalam jaringan IP (internet protocol) dapat digunakan beberapa parameter subjektif, salah satunya adalah dengan metode Mean Opinion Score (MOS). MOS merupakan parameter subjektif untuk mengukur kualitas suara dan video pada layanan VoIP dan video conference.

Pendekatan matematis yang digunakan untuk menentukan kualitas suara dan video berdasarkan penyebab menurunnya kualitas suara dalam jaringan dimodelkan dengan E-Model ITU-T G.107 dan ITU-T P.800. Nilai akhir estimasi E-Model disebut dengan R factor.

$$R = 94.2 - Id - Ief$$

Id = factor penurunan kualitas yang disebabkan oleh pengaruh *one way delay*.

Ief = factor penurunan kualitas yang disebabkan oleh teknik kompresi dan *packet loss* yang terjadi.

$$Id = 0.024 d + 0.11 (d-177.3) H (d-177.3)$$

$$Ief = 7 + 30 \ln (1+15 e)$$

Maka, secara umum persamaan nilai estimasi R factor menjadi :

$$R = 94.2 - [0.024 d + 0.11 (d-177.3) H (d-177.3)] - [7 + 30 \ln (1+15 e)]$$

R = factor kualitas transmisi

d = delay (mili second)

H = fungsi tangga; dengan ketentuan

$$H(x) = 0 \quad \text{jika } x < 0, \text{ lainnya}$$

$$H(x) = 0 \quad \text{untuk } x > 0$$

e = prosentase besarnya *packet loss* yang terjadi (dalam bentuk decimal)

Untuk mengubah estimasi dari nilai R ke dalam MOS terdapat ketentuan sebagai berikut :

untuk $R < 0$: MOS =1

untuk $R > 100$: MOS = 4.5

untuk $0 < R < 100$: MOS = $1 + 0.035R + 7 \times 10^{-6} R (R-60) (100-R)$

berikut adalah table perbandingan nilai MOS pada layanan VoIP dan video conference.

VOIP					
	delay	Id	lef	R faktor	MOS
MPLS-intserv	19.99291	0.4798299	7	86.7201701	4.250608034
MPLS-diffserv	19.95808	0.4789938	7	86.7210062	4.250632550
MPLS-intserv-diffserv	19.99299	0.4798317	7	86.7201683	4.250607981
VIDEO CONFERENCE					
	delay	Id	lef	R faktor	MOS
MPLS-intserv	19.99315	0.4798357	7	86.7201643	4.250607863
MPLS-diffserv	19.99286	0.4798286	7	86.7201714	4.250608070
MPLS-intserv-diffserv	19.99296	0.4798309	7	86.7201691	4.250608003

5. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Pada Komunikasi VoIP, MPLS-intserv-diffserv dan MPLS-intserv menghasilkan delay paling besar. Hal ini disebabkan karena ketika proses signaling, router melakukan reservasi *resource* kepada router lain berupa bandwidth. Proses reservasi ini lah yang membuat delay lebih tinggi. Untuk parameter QoS jitter, MPLS-intserv-diffserv menghasilkan nilai jitter paling kecil. Hal ini disebabkan karena adanya prioritas pengiriman paket di router PE dan P. Sehingga variasi delay di router tersebut cukup kecil karena setiap paket yang lewat akan langsung diberikan prioritas dan akan langsung di forward tanpa melihat paket IP karena adanya mekanisme MPLS di setiap router. Kemudian untuk parameter throughput, MPLS-diffserv memiliki nilai throughput paling tinggi daripada yang MPLS-intserv dan MPLS-intserv-diffserv, yaitu 0.08943 Mbps ketika tanpa background traffic dan 0.08690 Mbps ketika diberi background traffic 60 Mb.

Pada komunikasi video conference, MPLS-intserv menghasilkan delay paling tinggi, yaitu 19.99059 ketika tanpa background traffic, dan 19.99592 ketika diberi tambahan background traffic sebesar 60 Mb. Penyebab tingginya delay ini sama seperti halnya pada komunikasi VoIP, yaitu adanya proses reservasi *resource* yang dilakukan router. MPLS-diffserv dan MPLS-intserv-diffserv memiliki nilai jitter cenderung lebih kecil dan tidak terlalu besar selisihnya ketika diberi tambahan beban background traffic. Hal ini menunjukkan kedua mekanisme tersebut memiliki kestabilan yang tinggi di dalam jaringan. Karena kecilnya variasi delay yang dihasilkan dari paket yang melewati router PE dan P. MPLS-intserv-diffserv memiliki nilai throughput paling tinggi dibandingkan MPLS-intserv dan MPLS-intserv-diffserv, yaitu 0.43210 Mbps ketika tanpa background traffic dan 0.20133 Mbps ketika diberi beban background traffic 60 Mb. Nilai ini juga yang merupakan nilai throughput yang paling mendekati nilai throughput secara teori, yaitu 0.575 Mbps.

Berdasarkan keseluruhan data yang diperoleh, bisa disimpulkan bahwa ketiga mekanisme MPLS-intserv, MPLS-diffserv, dan MPLS-intserv-diffserv mampu mempertahankan QoS dari komunikasi VoIP maupun video conference. Dari parameter delay dan jitter, ketiga mekanisme tersebut mampu menghasilkan delay dan jitter dibawah batas maksimal yang telah di standarisasi oleh ITU-T. Untuk parameter throughput, sudah mendekati nilai secara teoritis pada komunikasi VoIP. Hanya saja pada komunikasi video conference, kurang mendekati teori ketika kondisi jaringan yang terlalu padat. Berdasarkan perhitungan MOS dengan pendekatan E-model, diperoleh hasil bahwa ketiga mekanisme tersebut masuk ke dalam kategori "sangat baik". Tapi dari ketiga nya, MPLS diffserv yang memiliki nilai MOS tertinggi. Jadi, bisa disimpulkan bahwa MPLS-diffserv memiliki kinerja yang paling bagus.

4.2 Saran

- Dilakukan implementasi di skala yang lebih besar dan menggunakan lebih dari 6 router.
- Menggunakan *dedicated router* atau *pc router* agar performansi *router* dan *bandwidth* benar – benar mendekati jaringan nyata.
- Perlu diimplementasikan layanan lain agar bisa terlihat perbedaan prioritas antrian penyediaan *bandwidth* di *router* yang telah di *set up diffserv* dan *intserv*.

Daftar Pustaka :

- [1] Adi Nugroho, Dafiz.2009. *Analisis dan Implementasi QoS Kombinasi Intserv dan Diffserv di IP Multimedia Subsystem (IMS)*. Bandung : Institut Teknologi Telkom.

- [2] Cisco, “*White Papers – RSVP Commands*”, Cisco System, Inc.
- [3] Cisco. “*White Papers – Diffserv – The Scalable end-to-end Quality of Service Model*”. Cisco System, Inc.
- [4] Edge, I. B. (2015, January). Next-Generation Network. Retrieved from Webopedia:
http://www.webopedia.com/TERM/N/Next_Generation_Network.html
- [5] Ghein, Luc De. 2006. *MPLS Fundamental*. Indiana: Cisco System, Inc.
- [6] Lobo, Lancy. 2005. *MPLS Configuration on Cisco IOS Software*. Cisco Press.
- [7] Poikselka, Miika. 2006. *IMS IP Multimedia Concepts and Services Second Edition*. England: JOHN WILEY & SONS, LTD
- [8] Primadasa, I Gede Putu Bagus. 2011. *Kompresi Video Conference Dengan Standar H.263 dan H.261*. Bali: Universitas Udayana.
- [9] <http://www.gns3.net/>
- [10] <http://www.openimscore.org/>
- [11] <http://www.wireshark.org/>

