

**PENGARUH PROTOKOL TRANSPORT TERHADAP
KARAKTERISTIK CALL SESSION CONTROL FUNCTION
(CSCF) DAN QUALITY OF SERVICE (QOS) PADA
JARINGAN IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM (IMS)**

(Skripsi)

Oleh

Yoseph Valentino



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2017

ABSTRACT

THE EFFECT OF TRANSPORT PROTOCOL ON CALL SESSION CONTROL FUNCTION (CSCF) CHARACTERISTICS AND QUALITY OF SERVICE (QoS) IN IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM (IMS) NETWORK

By

Yoseph Valentino

Call Session Control Function (CSCF) on IMS networks is used to handle signaling process. The characteristics of CSCF can be determined, by this research, by observing and analyzing the effect of Transmission Control Protocol (TCP) and User Datagram Protocol (UDP) on the signaling process and Quality of Service (QoS) when service is running. The measured QoS parameters are delay, jitter, packet loss and throughput. Testing scenarios included registration process, session establishment, instant messaging, voice call and audio call. The testbed for these scenario is the IMS network using Open IMS Core based on cloud computing system in a LAN network. There are two conditions for testing the network, normal and fully loaded conditions. The results shows that delay for registration process using TCP is faster than UDP in normal condition (TCP = 31.4 ms and UDP = 33.26 ms). On the other hand, registration process using UDP is faster than TCP in fully loaded condition (TCP = 90.346 ms and UDP = 85.1 ms). On session establishment and instant messaging scenario, TCP can not execute the process due to the blocking TCP protocol by IMS Core. As the result, TCP can not be used to handle voice and video calls. When UDP is used to handle the process, all of the services can be executed very well and the measured QoS value are already meet the standard ITU-T G.1010 (normal and fully loaded conditions). Jitter is the only parameter that is not meet the ITU-T G.1010 standard requirements. In which, it has the measurement value of 13.53 ms, 13.81 ms, 3.1 ms, and 6.4 ms for normal and fully loaded voice call, normal and fully loaded video call conditions respectively.

Keywords : IP Multimedia Subsystem (IMS), Signalling, Transmission Control

Protocol (TCP), User Datagram Protocol (UDP), Quality of Service (QoS)

ABSTRAK

PENGARUH PROTOKOL TRANSPORT TERHADAP KARAKTERISTIK CALL SESSION CONTROL FUNCTION (CSCF) DAN QUALITY OF SERVICE (QoS) PADA JARINGAN IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM (IMS)

Oleh

Yoseph Valentino

Call Session Control Function (CSCF) dalam jaringan IMS berfungsi dalam proses pensinyalan. Sifat dari CSCF dapat diketahui, melalui penelitian ini, dengan mengobservasi dan menganalisa pengaruh protokol *Transmission Control Protocol* (TCP) dan *User Datagram Protocol* (UDP) terhadap proses pensinyalan dan *Quality of Service* (QoS) dalam mengakses layanan. Parameter QoS yang diukur adalah *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*. Skenario pengujian yang dilakukan meliputi proses registrasi, pembangunan sesi, pesan cepat, panggilan suara, dan panggilan video. Pengujian dilakukan dalam sebuah *testbed* IMS berbasis Open IMS Core dengan sistem *cloud* dalam jaringan LAN. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi jaringan, tanpa beban dan dengan beban. Berdasarkan hasil pengujian, dapat diketahui bahwa dalam proses registrasi TCP lebih cepat pada saat tanpa beban (TCP = 31.4 ms dan UDP = 33.26 ms) dan sebaliknya lebih lambat dari UDP pada saat jaringan dibebani (TCP = 90.346 ms dan 85.1 ms). Pada proses pembangunan sesi dan pesan cepat, protokol TCP tidak dapat digunakan dikarenakan IMS Core memblokir protokol TCP sehingga tidak dapat digunakan. Sebaliknya dengan menggunakan protokol UDP, layanan IMS dapat diakses dan nilai QoS yang didapat sudah memenuhi standar ITU-T G.1010 baik pada kondisi tanpa beban maupun dengan beban. Hanya *jitter* yang belum memenuhi standar ITU-T G.1010 (suara tanpa beban = 13.53 ms dan beban = 13.81 ms, video tanpa beban = 3.1 ms dan beban = 6.4 ms)

Kata kunci : *IP Multimedia Subsystem* (IMS), pensinyalan, *Transmission Control Protocol* (TCP), *User Datagram Protocol* (UDP), *Quality of Service*

**PENGARUH PROTOKOL TRANSPORT TERHADAP
KARAKTERISTIK CALL SESSION CONTROL FUNCTION
(CSCF) DAN QUALITY OF SERVICE (QOS) PADA
JARINGAN IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM (IMS)**

Oleh

Yoseph Valentino

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

SARJANA TEKNIK

pada

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2017

**Judul Skripsi : PENGARUH PROTOKOL TRANSPORT
TERHADAP KARAKTERISTIK CALL
SESSION CONTROL FUNCTION (CSCF)
DAN QUALITY OF SERVICE (QoS) PADA
JARINGAN IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM
(IMS)**

Nama Mahasiswa : Yoseph Valentino

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315031100

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik



Dr. Ing. Melvi, S.T., M.T.
NIP 19730118 200003 2 001

Ing. Heri Dian Septama, S.T.
NIP 19850915 200812 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP 19731128 199903 1 005

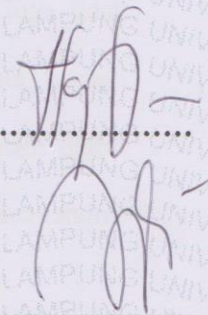
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Ing. Melvi, S.T., M.T.



Sekretaris : Ing. Heri Dian Septama, S.T.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.**

2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 8 Agustus 2017

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan di dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Agustus 2017



Yoseph Valentino

1315031100

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, 31 Oktober 1995. Penulis merupakan anak bungsu dari lima bersaudara pasangan Bapak Edfresson Ekatama dan Pin Nio yang diberi nama Yoseph Valentino.

Riwayat pendidikan lulus Sekolah Dasar (SD) di SD Immanuel Bandar Lampung pada tahun 2007 sebagai lulusan terbaik ke tiga, lulus Sekolah Menengah Pertama (SMP) Immanuel Bandar Lampung pada tahun 2010 sebagai lulusan terbaik, lulus Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Immanuel Bandar Lampung pada tahun 2013 sebagai lulusan terbaik, dan melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2013 melalui Jalur Seleksi Nasional Mahasiswa Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) Universitas Lampung pada tahun 2014 sebagai anggota divisi pendidikan dan pada tahun 2015 sebagai Kepala Departemen Pendidikan dan Pengembangan Diri (PPD). Selain itu penulis menjabat sebagai Wakil Ketua Paguyuban Karya Salemba Empat (KSE) Universitas Lampung pada tahun 2015 dan menjadi Dewan Penasihat Paguyuban KSE Unila pada tahun 2016. Penulis juga menjadi Wakil Koordinator Asisten Laboratorium Teknik Telekomunikasi serta menjadi Koordinator Praktikum Sistem Komunikasi pada tahun 2016. Penulis pernah menjuarai beberapa kompetisi baik lokal maupun nasional, diantaranya Juara 3 Electronic Design Contest 2015 kategori Embedded system yang dilaksanakan di ITB dan menjadi Juara 2 Go Green In the City 2016 yang diselenggarakan oleh Schneider Electric Indonesia dan menjadi Mahasiswa Berprestasi 3 Fakultas Teknik Universitas Lampung 2016. Penulis pernah melakukan Kerja Praktik (KP) di PT. XL Axiata Tbk selama satu bulan (Februari – Maret 2016) di divisi *Base Station Subsystem* subdivisi *New Technology Standard*.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk :

- 1. Papa dan mama tercinta, yang telah memberikan dukungan moril dan materil dalam penyelesaian skripsi dan perkuliahanku*
- 2. Cici dan koko tersayang, Ci Mila, Ci Nyoman, Ci Tina, dan Ko Thomas yang telah memberikan dukungan moril dan materil dalam penyelesaian skripsi dan perkuliahanku*
- 3. Keponakanku tersayang, Wynne, Edward, Nadine dan Karen yang telah memberikan dukungan moril dalam penyelesaian skripsi dan perkuliahanku.*

Motto

“Tetapi carilah dahulu Kerajaan Allah dan kebenarannya, maka semuanya itu akan ditambahkan kepadamu.”

(Matius 6:33)

SANWACANA

Puji syukur Penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala kasih dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh Protokol Transport Terhadap Karakteristik Call Session Control Function (CSCF) dan Quality of Service (QoS) Pada Jaringan IP Multimedia Subsystem (IMS)”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama pelaksanaan hingga sampai dengan penyusunan laporan kerja praktik ini, penulis banyak mendapatkan bantuan baik itu ilmu, materiil, petunjuk, bimbingan dan juga saran dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini Penulis ingin sampaikan rasa terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Suharno, M.S,M.Sc,Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik
2. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung sekaligus Penguji Utama yang telah memberikan kritik dan saran dalam pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Herman Halomoan Sinaga, S.T.,M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik dan Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.

4. Ibu Dr, Ing. Melvi, S.T, M.T selaku Pembimbing Utama, yang telah meluangkan waktu untuk memberi bimbingan, arahan serta kritikan dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Bapak Ing. Heri Dian Septama, S.T selaku Pembimbing Kedua, yang telah meluangkan waktu untuk memberi bimbingan, arahan serta kritikan dalam pengerjaan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, atas ilmu yang telah dibagikan kepada penulis selama menjadi mahasiswa Teknik Elektro
7. Bapak Edfresson Ekatama dan Ibu Pin Nio Orang Tuaku tercinta, terimakasih atas segala jerih payah serta doanya selama ini.
8. Cici Mila, Cici Nyoman, Cici Tina dan Koko Thomas yang selalu memberikan semangat untuk terus maju.
9. Mbak Ning dan jajaran staf administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung
10. Keluarga Teknik Elektro angkatan 2013 yang sangat luar biasa kompak dan saling mendukung.
11. Keluarga Pasukan R-3 Kedamaian yang selalu mendukung dan mendoakan.
12. Teman – teman asisten sekaligus rekan seperjuangan skripsi Lab. Teknik Telekomunikasi, Kak Fiki, Kak Angga, Kak Taufik, Hanif, Adit, Fasyin, Sitro, serta staff lab dan Mas Qodar.

13. Semua pihak yang telah memberikan bantuannya dari awal pengerjaan skripsi hingga selesainya, baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

Semoga Tuhan membalas dengan kebaikan.

Bandar Lampung, Agustus 2017

Penulis,

Yoseph Valentino

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
RIWAYAT HIDUP	vi
SURAT PERNYATAAN	vii
PERSEMBAHAN	viii
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xix
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Rumusan Masalah.....	3
1.1 Batasan Masalah	3
1.2 Sistematika Penulisan	4

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Litelatur.....	6
2.2 Konvergensi Jaringan	7
2.3 <i>IP Multimedia Subsystem</i> (IMS).....	8
2.4 Arsitektur Jaringan IMS.....	10
2.5 <i>Session Initiation Protocol</i> (SIP).....	14
2.6 Pengukuran Karakteristik CSCF	19
2.7 Open IMS Core.....	19
2.8 <i>Transport Layer</i>	20
2.9 <i>Quality of Service</i> (QoS).....	22
2.10 <i>Network Analyzer Wireshark</i>	23

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.2 Jadwal Kegiatan Penelitian.....	27
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	27
3.4 Perangkat Penelitian.....	29
3.5 Topologi Jaringan.....	33
3.6 Skenario Penelitian.....	34

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Registrasi	41
4.2 Pembangunan Sesi.....	44

4.3 Instant Messagging	50
4.4 Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Registrasi, Pembangunan Sesi, <i>Instant Messagging</i>	52
4.5 Voice Call	53
4.6 Video Call.....	57
4.7 Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap QoS Pada Layanan <i>Audio Call</i> dan <i>Video Call</i>	62

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	68

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Konvergensi Jaringan Pada IMS	9
Gambar 2.2 Arsitektur IMS.....	11
Gambar 2.3 Proses <i>three-way handshake</i>	21
Gambar 2.4 Tampilan Pada Wireshark	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2 Topologi Jaringan <i>testbed</i> IMS	33
Gambar 3.3 IMS <i>Registration Call Flow</i>	35
Gambar 3.4 IMS <i>Session Establishment Call Flow</i>	36
Gambar 3.5 VoIP dan <i>Video Call Calls Flow</i>	38
Gambar 3.6 <i>Instant Messagging Call Flow</i>	39
Gambar 4.1 Proses registrasi jaringan IMS.....	41
Gambar 4.2 Grafik perbandingan <i>Delay</i> registrasi	42
Gambar 4.3 Tampilan Wireshark Pada Saat Pembangunan Sesi TCP.....	44
Gambar 4.4 SIP <i>Call Flow</i> TCP.....	44
Gambar 4.5 Tampilan <i>logfile</i> IMS <i>Core Network</i>	45
Gambar 4.6 Alur pengiriman retransmisi paket TCP.....	46
Gambar 4.7 proses terjadinya <i>timeout</i> SIP dengan TCP	47
Gambar 4.8 Proses pembangunan sesi UDP	48
Gambar 4.9 Hasil pengukuran <i>delay</i> pembangunan sesi	49
Gambar 4.10 <i>Call Flow Instant messagging</i> Protokol TCP.....	50
Gambar 4.11 Tampilan Wireshark pada proses instant messaging.....	50

Gambar 4.12 Grafik hasil pengukuran <i>delay</i> instant messaging.....	51
Gambar 4.13 Hasil pengukuran <i>Delay Voice call</i>	53
Gambar 4.14 Hasil pengukuran <i>Jitter Voice call</i>	54
Gambar 4.15 Hasil pengukuran <i>Packet loss Voice call</i>	55
Gambar 4.16 Perbandingan hasil pengukuran <i>throughput voice call</i>	56
Gambar 4.17 Hasil pengukuran <i>Delay Video Call</i>	58
Gambar 4.18 Hasil pengukuran <i>jitter</i> video call	59
Gambar 4.19 Hasil pengukuran <i>packet loss</i> video call	60
Gambar 4.20 Hasil pengukuran <i>throughput</i> video call	61

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Standar ITU –T G.1010 untuk VoIP dan Video Call.....	24
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Tugas Akhir	27
Tabel 3.2 Perbandingan Perangkat Lunak IMS	30
Tabel 3.3 Kebutuhan perangkat lunak	31
Tabel 3.4 Kebutuhan perangkat keras	32
Tabel 3.5 Format tabel data hasil pengukuran delay registrasi	35
Tabel 3.6 Format tabel data hasil pengukuran delay pembangunan sesi	37
Tabel 3.7 Format tabel data hasil pengukuran delay instant messagging	39
Tabel 3.8 Format tabel data hasil pengukuran QoS panggilan suara.....	40
Tabel 3.9 Format tabel data hasil pengukuran QoS panggilan video	40
Tabel 4.1 Perbandingan Nilai <i>Delay</i> dengan Standar ITU-T G.1010.....	62
Tabel 4.2 Perbandingan Nilai <i>Jitter</i> dengan Standar ITU-T G.1010	63
Tabel 4.3 Perbandingan Nilai <i>Packet Loss</i> dengan Standar ITU-T G.1010	63
Tabel 4.4 Perbandingan Nilai <i>Jitter</i> dengan Standar Codec	64

DAFTAR SINGKATAN

3GPP	: <i>Third Generation Partnership Project</i>
AS	: <i>Application Server</i>
B2BUA	: <i>Back to Back User Agent</i>
BGCF	: <i>Breakout Gateway Control Function</i>
CS	: <i>Circuit Switch</i>
CSCF	: <i>Call Session Control Function</i>
DNS	: <i>Domain Name System</i>
ETSI	: <i>European Telecommunications Standards Institute</i>
GPRS	: <i>General Packet Radio Service</i>
GUI	: <i>Graphical User Interface</i>
HSS	: <i>Home Subscriber Server</i>
I-CSCF	: <i>Interrogating Call Session Control Function</i>
IEEE	: <i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
ITU-T	: <i>International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector</i>
IMS	: <i>Internet Protocol Multimedia Subsystem</i>
IP	: <i>Internet Protocol</i>
IPTV	: <i>Internet Protocol Television</i>
LAN	: <i>Local Area Network</i>
MRF	: <i>Media Resource Function</i>

MOS	: <i>Mean Opinion Score</i>
NGN	: <i>Next Generation Network</i>
OSI	: <i>Open System Interconnection</i>
P-CSCF	: <i>Proxy Call Session Control Function</i>
PS	: <i>Packet Switch</i>
PSTN	: <i>Public Switched Telephone Network</i>
QoS	: <i>Quality of Service</i>
RFC	: <i>Request for Comments</i>
RTP	: <i>Real Time Protocol</i>
S-CSCF	: <i>Serving Call Session Control Function</i>
SCTP	: <i>Stream Control Transmission Protocol</i>
SIP	: <i>Session Initiation Protocol</i>
TCP	: <i>Transmission Control Protocol</i>
TISPAN	: <i>Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks</i>
UDP	: <i>User Datagram Protocol</i>
USB	: <i>Universal Serial Bus</i>
UA	: <i>User Agent</i>
UAC	: <i>User Agent Client</i>
UAS	: <i>User Agent Server</i>
UE	: <i>User Equipment</i>
VoIP	: <i>Voice over Internet Protocol</i>
VM	: <i>Virtual Machine</i>
WiFi	: <i>Wireless Fidelity</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

IP *Multimedia Subsystem* (IMS) adalah arsitektur jaringan berbasis *Internet Protocol* (IP) yang menyediakan berbagai macam layanan multimedia untuk pengguna. IMS merupakan bagian dari *Next Generation Network* (NGN) yang dapat mengkonvergensi jaringan konvensional yang berbasis *Circuit Switch* (CS) dengan jaringan yang berbasis *Packet Switch* (PS).

IMS memiliki dua komponen penting yakni *Call Session Control Function* (CSCF) dan *Home Subscriber Server* (HSS). CSCF berfungsi untuk mengatur proses pensinyalan pada IMS yang menggunakan protokol *Session Initiation Protocol* (SIP). CSCF terbagi menjadi tiga yakni, *Proxy Call Session Control Function* (P-CSCF), *Interrogating Call Session Control Function* (I-CSCF), *Serving Call Session Control Function* (I-CSCF). HSS merupakan *database* yang menyimpan informasi pengguna.

Proses komunikasi yang terjadi saat ini menggunakan model *Open System Interconnection* (OSI) *Layer*. OSI Layer terdiri dari tujuh lapisan yakni, *Physical layer*, *Data-link layer*, *Network layer*, *Transport layer*, *Session layer*,

Presentation layer, Application layer. Transport layer berfungsi untuk mengatur transportasi dari tiap data yang keluar masuk dalam sistem. *Transport layer* memiliki beberapa protokol seperti *Transmission Control Protocol (TCP)*, *User Datagram Protocol (UDP)* dimana masing – masing protokol memiliki karakteristik yang berbeda.

Pengukuran terhadap CSCF penting karena CSCF adalah elemen kunci untuk mengontrol sesi multimedia. CSCF berperan dalam mengatur pensinyalan pembangunan sesi dan sebagai proxy server yang mengatur registrasi dan otorisasi. Dengan mengetahui karakter dari CSCF, maka dapat dibuat sebuah jaringan IMS yang optimal.

Pada Tugas Akhir ini akan dibahas mengenai analisa pengaruh protokol transport terhadap karakteristik CSCF dan *Quality of Service (QoS)* pada jaringan IMS. Pengaruh itu akan dilihat dimulai dari proses registrasi sampai penggunaan layanan. Untuk menganalisis hal tersebut maka dibangun sebuah simulasi yang terdiri dari *IMS core network, application server (AS)* serta *user equipment (UE)*.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Terbangunnya *IMS core network* yang dapat diakses dengan beberapa jenis protokol transport.
2. Menunjukkan karakter CSCF pada jaringan IMS saat diakses dengan beberapa jenis protokol transport.
3. Menunjukkan QoS yang terbaik pada layanan IMS saat diakses dengan beberapa jenis protokol transport.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui proses instalasi IMS *core network* yang dapat berinteraksi dengan berbagai macam protokol transport.
2. Mengetahui karakteristik CSCF saat diakses dengan protokol transport yang berbeda
3. Mengetahui kualitas layanan yang terbaik pada IMS saat diakses dengan protokol transport yang berbeda.

1.4 Rumusan Masalah

1. Bagaimana membangun sebuah IMS *core network* yang dapat diakses dengan berbagai protokol transport.
2. Bagaimana karakteristik CSCF apabila diakses dengan berbagai transport protokol.
3. Bagaimana QoS pada IMS apabila diakses dengan transport protokol yang berbeda.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. IMS *core network* yang digunakan adalah Open IMS Core.
2. Pengujian dilakukan pada saat proses registrasi, pembangunan sesi dan mengakses layanan.
3. Jaringan yang digunakan adalah jaringan kabel (*wired*).

4. *User equipment* (UE) menggunakan *softphone* Boghe
5. Protokol transport yang digunakan adalah TCP, UDP.
6. Layanan IMS yang diujikan adalah *audio call*, *video call*, dan *instant messaging*.
7. *Quality of Service* (QoS) yang akan diuji dari skenario layanan sistem adalah *jitter*, *packet loss*, *delay*, *throughput*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, tujuan, manfaat, perumusan masalah, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Memuat tinjauan dari beberapa literatur atau hasil penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan IMS, protokol transport, QoS, serta software untuk proses pembangunan simulasi.

BAB III METODE PENELITIAN

Memuat waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, dan proses pengerjaan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Memuat hasil dari penelitian yang telah dilakukan, analisa dari hasil simulasi yang dilakukan, analisa dari data yang diperoleh pada simulasi sistem.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang diberikan terkait dengan hasil penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Penulis [1] melakukan penelitian untuk menganalisis proses komunikasi dan *Quality of Service* (QoS) menggunakan OpenIMSCore sebagai *core network* IMS. Parameter QoS yang dianalisa adalah *jitter*, *max delta*, *delay*, *throughput*, dan *packet loss*. Layanan yang diujikan pada penelitian ini adalah *Audio Call*, *Video Call*, dan *Instant Messaging*. Akses jaringan yang digunakan adalah LAN dan WiFi. Dari percobaan diketahui proses komunikasi pada OpenIMSCore sudah sesuai dengan standard dan QoS menggunakan LAN dan WiFi sudah sesuai dengan standar ITU-T.

Penulis [2] melakukan penelitian untuk mengimplementasikan Kamailio SIP Server dalam arsitektur IMS. Pengujian yang dilakukan adalah mengakses VoIP dan *Video Call*. Performa dari Kamailio IMS dilihat dari *CPU usage*, *memory usage*, *emulate call*, *Mean Opinion Score* (MOS), serta beberapa parameter QoS seperti *delay*, *jitter*, dan *throughput*.

Penulis [3] melakukan penelitian untuk menganalisis perbandingan unjuk kerja TCP, UDP, dan SCTP menggunakan simulasi lalu lintas data multimedia. Adapun layanan multimedia yang diujikan adalah VoIP dan IPTV. Adapun QoS yang dianalisis adalah *latency*, *jitter*, *packet loss*, dan *queue*. Dari hasil penelitian diketahui

bahwa protokol UDP memiliki *latency* dan *jitter* terendah. Adapun untuk protokol yang memiliki kecenderungan terjadinya *packet loss* adalah protokol UDP.

2.2 Konvergensi Jaringan

Inovasi telekomunikasi yang distimulasi oleh proses digitalisasi telah membawa era baru dunia telekomunikasi. Transformasi teknologi dari *circuit switch* (CS) menjadi *packet switch* (PS) yang menggunakan *Internet Protocol* (IP) telah membawa era baru dunia telekomunikasi yang disebut *Next Generation Network* (NGN). Teknologi NGN menawarkan perubahan besar dengan mengadopsi kemampuan konvergensi jaringan.

Teknologi konvergensi yang dibawa oleh NGN mengubah struktur telekomunikasi yang ada saat ini. Struktur telekomunikasi yang ada saat ini bersifat vertikal. Setiap layanan (*mobile*, *fixed* dan lain – lain) memiliki jaringan masing – masing. Konvergensi jaringan oleh NGN membawa pergeseran struktur menjadi bersifat horizontal dimana layanan komunikasi dapat diakses dan digunakan oleh jaringan yang berbeda dan tersedia untuk berbagai macam *platform*.

Konvergensi jaringan ini berperan pada beberapa level yang berbeda seperti [4] :

a. *Network convergence*

Network convergence disebabkan oleh penggunaan jaringan *broadband* berbasis IP. Konvergensi ini meliputi konvergensi jaringan *fixed* dan *mobile* serta ‘*three-screen convergence*’ (*mobile*, *TV* and *computer*).

b. *Service convergence*

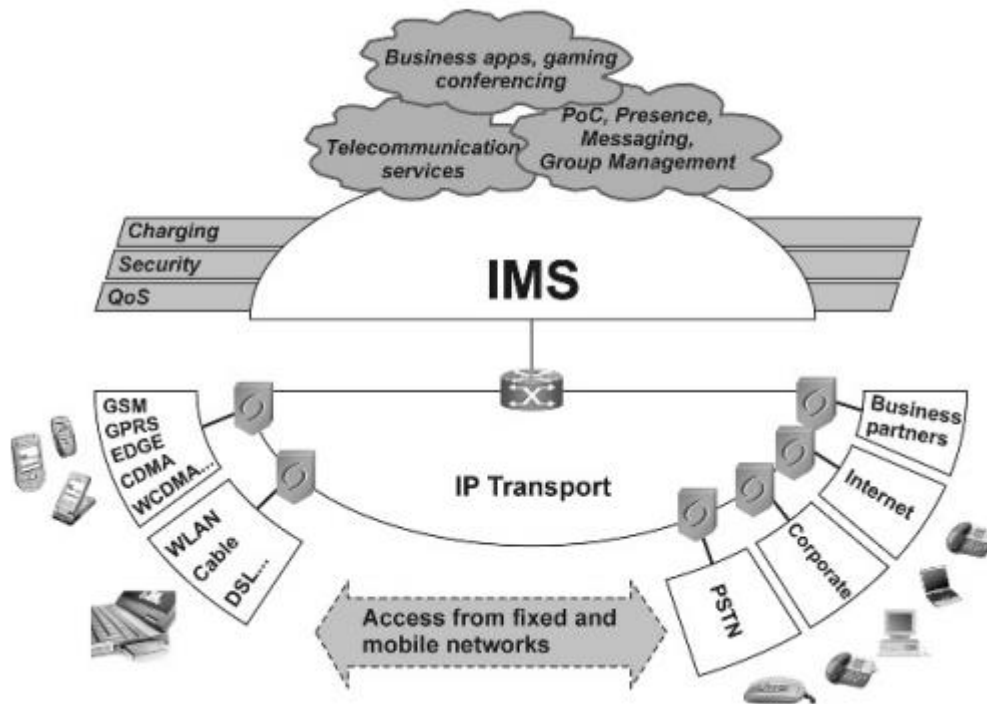
Network convergence dan *innovative handsets* memungkinkan untuk mengakses aplikasi yang berbasis *web*, layanan tradisional dan baru dari devais yang beraneka macam.

c. *Device convergence*

Devais yang ada saat ini memiliki kemampuan untuk melakukan berbagai macam fungsi komunikasi dan aplikasi.

2.3 IP Multimedia Subsystem (IMS)

IP Multimedia Subsystem (IMS) adalah arsitektur jaringan berbasis IP yang menyediakan berbagai macam layanan multimedia untuk pengguna. IMS merupakan komponen utama untuk mewujudkan konvergensi jaringan dimana IMS dapat menghubungkan teknologi seluler dengan jaringan PSTN seperti pada Gambar 2.1. IMS merupakan *session control* multimedia pada domain PS dan pada saat yang sama mengadopsi fungsi CS pada domain PS. Sebagai *session control*, IMS memiliki beberapa fungsi seperti *security*, mekanisme *charging* dan alokasi *Quality of Service* (QoS) [5].



Gambar 2.1 Konvergensi jaringan pada IMS [5]

Tujuan utama terbentuknya IMS adalah :

1. Menggabungkan teknologi telekomunikasi.
2. Merealisasikan adanya *mobile internet*.
3. Membangun sebuah *platform* untuk menyediakan berbagai macam layanan multimedia.
4. Membuat sebuah mekanisme untuk meningkatkan keuntungan dari besarnya penggunaan jaringan *PS mobile*.

Berdasarkan *The 3rd Generation Partnership Project (3GPP) release 5*, IMS didefinisikan sebagai sebuah *framework* yang dibuat dengan tujuan mengirimkan layanan multimedia ke pengguna. *Framework* tersebut harus memenuhi syarat berikut [6] :

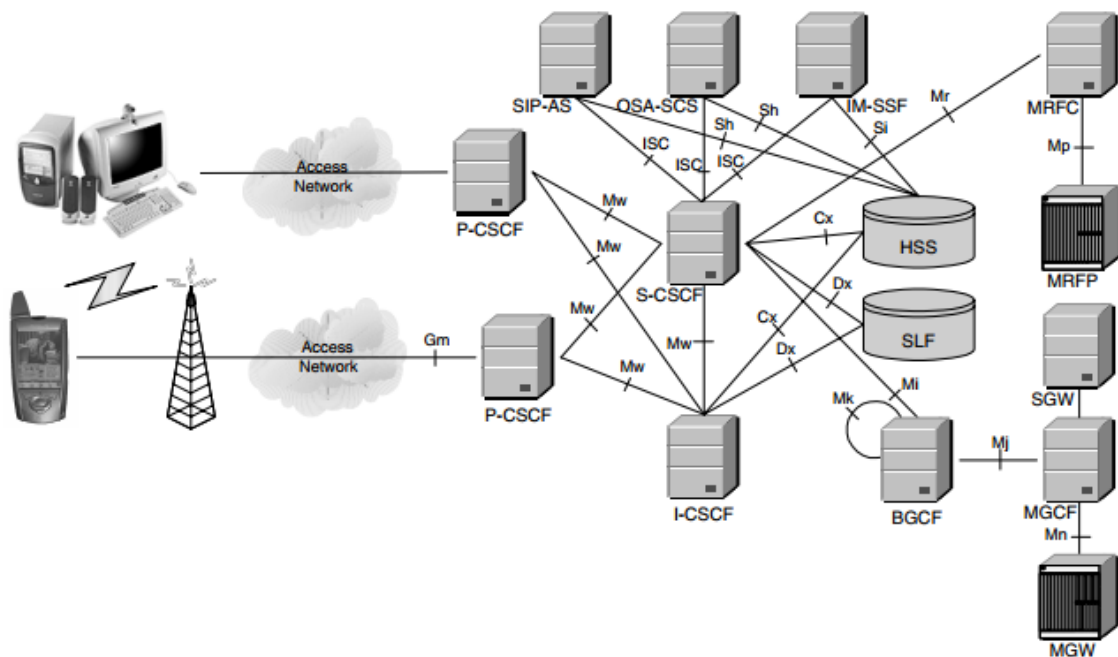
1. Mendukung terbentuknya IP *multimedia session*.
2. Mendukung sebuah mekanisme negosiasi QoS
3. Mendukung proses *internetworking* dengan internet atau jaringan CS
4. Mendukung *roaming*
5. Mendukung control yang diberlakukan oleh operator sehubungan dengan layanan yang akan diberikan ke pengguna.
6. Mendukung layanan yang cepat tanpa standarisasi

Pada 3GPP *release* 6 ditambahkan syarat baru untuk mendukung akses dari jaringan selain GPRS.

2.4 Arsitektur Jaringan IMS

Pada dasarnya 3GPP tidak menstandarisasikan *nodes*, melainkan fungsi. Hal ini berarti bahwa arsitektur IMS adalah kumpulan fungsi yang terhubung dengan *interface* yang terstandarisasi. Kondisi ini membuat penyedia layanan bebas untuk menggabungkan dua fungsi menjadi satu *node* atau sebaliknya.

Arsitektur IMS yang distandarisasikan oleh 3GPP dapat dilihat seperti pada Gambar 2.2 Pada gambar diperlihatkan *interface* pensinyalan IMS, biasanya berupa dua atau tiga huruf.



Gambar 2.2 Arsitektur IMS [7]

Pada sisi kiri Gambar 2.2 dapat dilihat peralatan yang digunakan oleh *user* yang biasa disebut sebagai *User Equipment* (UE). UE menggunakan teknologi *packet switching* baik secara kabel maupun nirkabel, seperti ponsel dan computer.

Semua *node* selain UE merupakan jaringan inti IMS yang biasa disebut *IP Multimedia Core Network Subsystem*. *Node* ini berupa [7]:

2.4.1 Home Subscriber Server (HSS)

HSS adalah tempat penyimpanan informasi terkait pengguna. HSS berisikan semua data pengguna yang dibutuhkan untuk mengatur sesi multimedia. Data ini meliputi informasi lokasi, informasi keamanan (termasuk otentifikasi dan informasi otorisasi), informasi profil pengguna (termasuk layanan yang pengguna berlangganan), dan *Serving-Call Session Control Function* (S-CSCF) yang dialokasikan untuk pengguna.

2.4.2 Call Session Control Protocol (CSCF)

CSCF merupakan *Session Initiation Protocol* (SIP) server. CSCF yang memproses pensinyal SIP pada IMS. CSCF dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan fungsinya, yakni :

a. Proxy-CSCF (P-CSCF)

P-CSCF adalah titik pertama proses pensinyalan antara UE dengan jaringan IMS. Hal ini berarti semua permintaan dari UE atau ke UE harus melintasi P-CSCF. P-CSCF meneruskan permintaan SIP.

P-CSCF memiliki beberapa fungsi yang sebagian berhubungan dengan keamanan. P-CSCF membangun nomor IPsec yang untuk UE. Setelah P-CSCF mengotentifikasi pengguna, kemudian P-CSCF menginformasikan pengguna ke semua *node* di jaringan dan memverifikasi permintaan SIP dari UE.

b. Interrogating-CSCF (I-CSCF)

I-CSCF adalah titik kontak antara operator untuk semua koneksi yang ditujukan ke pelanggan dari jaringan tersebut, Terdapat empat tugas yang dimiliki I-CSCF:

1. Mencari nama *node* selanjutnya (baik S-CSCF ataupun *application server*) dari HSS
2. Menentukan S-CSCF berdasarkan kapabilitas yang diterima dari HSS.
3. Merutekan permintaan yang masuk ke S-CSCF ataupun *application server*.

c. Serving-CSCF (S-CSCF)

S-CSCF adalah titik fokus IMS yang bertanggung jawab untuk mengatur proses registrasi, membuat keputusan perutean dan menjaga sesi. Ketika pengguna

mengirim sebuah permintaan registrasi, permintaan ini akan dirutekan ke S-CSCF yang mana S-CSCF akan mengunduh data otentifikasi dari HSS. Berdasarkan data otentifikasi tersebut akan dimulai pertukaran informasi dengan UE. Setelah menerima respon dan memverifikasinya, S-CSCF menerima registrasi tersebut dan memulai pengawasan status registrasi. Setelah prosedur selesai maka pengguna dapat menginisiasi dan menerima layanan IMS. Selain itu S-CSCF mengunduh profil layanan dari HSS sebagai bagian dari proses registrasi.

2.4.3 Application Server (AS)

Application Server (AS) adalah sebuah SIP *entity* yang menyediakan dan mengeksekusi layanan. Berdasarkan layanannya, AS dapat beroperasi sebagai SIP *proxy mode*, SIP *User Agent* (UA), atau SIP *Back-to-Back User Agent* (SIP B2BUA). AS berkomunikasi dengan S-CSCF menggunakan SIP.

2.4.4 The Media Resources Function (MRF)

MRF menyediakan sumber media pada jaringan. MRF memungkinkan jaringan menggabungkan media *stream*, mendefinisikan kode dari berbagai macam kode yang berbeda, memperoleh statistik, dan melakukan analisis media

2.4.5 BCGF

BCGF merupakan SIP server yang memiliki fungsi perutean berdasarkan nomor telepon. BCGF digunakan saat ada sesi yang ditujukan ke pengguna pada jaringan *circuit switching* (CS).

2.4.6 Public Swicthed Telephone Network (PSTN)/CS Gateway

PSTN *gateway* menyediakan *interface* ke jaringan CS, yang memungkinkan UE untuk membangun dan menerima panggilan dari dan ke PSTN.

2.5 Session Initiation Protocol (SIP)

Session Initiation Protocol (SIP) adalah protokol pada *application-layer* untuk menginisiasi, memodifikasi, atau menghentikan komunikasi dan sesi kolaboratif yang melalui jaringan IP. Sebuah sesi dapat berupa telepon IP, sebuah konferensi yang meliputi suara, video, dan data, layanan *instant messaging* atau *game online*. SIP dapat digunakan untuk mengundang partisipan ke sebuah sesi yang terjadwal atau yang sedang berlangsung. Partisipan dapat berupa orang, layanan otomatis atau sebuah devais. SIP juga dapat digunakan untuk menambahkan atau menghilangkan media dalam sebuah sesi.

Pensinyalan SIP menggunakan konsep *common channel signaling*, dimana jalur yang digunakan untuk pensinyalan berbeda dengan jalur yang digunakan untuk pengiriman data. Pemisahan jalur ini membuat manajemen sesi lebih efisien, dan lebih adaptif untuk perubahan – perubahan [8].

Pensinyal SIP mendukung manajemen sesi multimedia seperti berikut:

a. *User location*

Mengizinkan pengguna untuk mengakses layanan dimanapun.

b. *User availability*

Menentukan ketersediaan pihak tertentu untuk terlibat dalam sesi komunikasi.

c. *User capabilities*

Menentukan media dan parameter media yang digunakan dalam sesi komunikasi.

d. *Session setup*

Membangun parameter sesi *point-to-point* dan sesi *multiparty*

e. *Session management*

Memungkinkan untuk transfer dan penghentian sesi, dan modifikasi parameter sesi.

2.5.1 Komponen arsitektur SIP

Komponen SIP terdiri dari :

a. *User Agent (UA)*

Sebuah SIP UA adalah devais yang dapat mengirim dan menerima panggilan SIP.

UA dapat berupa ponsel atau mesin penjawab. SIP mendukung arsitektur baik *peer-to-peer* dan *client server*. UA berperan sebagai *peer*.

b. *User Agent Server*

Pada model *client server*, ketika mengirimkan permintaan dan menerima respon,

UA berperan sebagai klien, yang dapat disebut sebagai *User Agent Client (UAC)*.

SIP UA yang menerima permintaan berperan sebagai server dan disebut sebagai *User Agent Server (UAS)*.

c. *Back-to-Back UA (B2BUA)*

Ketika komponen SIP berperan sebagai UAC dan UAS, maka dapat disebut sebagai *Back-to-Back User Agent (B2BUA)*. B2BUA mengirimkan permintaan untuk menentukan bagaimana permintaan yang masuk akan dijawab.

d. *Proxy Server*

SIP proxy server adalah komponen kunci pada SIP. SIP memiliki kemampuan perutean dan mendukung fungsi seperti otentifikasi, akunting, registrasi dan keamanan. *SIP proxy server* menerima semua permintaan dari SIP UA dan kemudian merutekan permintaan sampai mencapai server yang terdekat ke SIP UA tujuan.

e. *Registrar*

Registrar adalah tempat penyimpanan informasi lokasi UA. Registrar menerima permintaan dari UA dan menempatkan informasi di *database* lokasi.

f. *Redirect Server*

Redirect server merespon permintaan SIP dengan sebuah alamat dimana pesan SIP harus dialihkan. *Redirect server* memetakan alamat tujuan dan kemudian memberikan alamat baru ke permintaan SIP.

2.5.2 Pesan SIP

Pesan pada SIP dibedakan menjadi dua yakni permintaan dan respon. Permintaan dikirimkan untuk menginisiasi aksi dan respon dikirimkan sebagai balasan terhadap permintaan

2.5.2.1 SIP *request*

Pesan SIP *request* memiliki enam tipe yang mengindikasikan metode pelaksanaan yakni :

a. *Register*

Metode ini digunakan untuk memberikan *Registrar* dengan informasi mengenai lokasi UA.

b. *Invite*

Metode ini dipakai untuk menginisiasi sesi komunikasi antara dua buah *peer*.

c. ACK

ACK mengindikasikan bahwa respon akhir telah diterima

d. *Cancel*

Metode ini dipakai untuk menunda permintaan.

e. *Options*

Metode ini dipakai menanyakan kemampuan server,

f. BYE

Metode ini dipakai untuk menghentikan sebuah sesi.

2.5.2.2 SIP *responses*

Permintaan yang dikirimkan oleh UA akan menghasilkan sebuah respon yang akan dikirimkan oleh pesan SIP *response*. SIP *response* yang dikirimkan terdiri dari

beberapa jenis yang direpresentasikan dalam bentuk tiga digit kode dimana digit pertama mengindikasikan jenis respon yakni:

- a. 1xx (respon informasi)

Pesan ini mengindikasikan bahwa permintaan telah diterima dan sedang diproses.

- b. 2xx (sukses)

Pesan ini mengindikasikan bahwa permintaan telah diterima, dipahami dan telah diproses.

- c. 3xx (pengalihan)

Ketika aksi lebih lanjut seperti lokasi lain diperlukan untuk menyelesaikan permintaan, respon pengalihan digunakan untuk menunjukkan lokasi baru atau layanan alternative untuk menyelesaikan permintaan.

- d. 4xx (klien eror)

Pesan klien eror dikirimkan ketika permintaan tidak dapat diproses.

- e. 5xx (server eror)

Respon server eror dikirimkan ketika permintaan sudah benar, namun server tidak dapat memenuhi permintaan tersebut.

- f. 6xx (kegagalan global)

Respon kegagalan global dikirimkan ketika permintaan tidak dapat diproses oleh server manapun.

2.6 Pengukuran Karakteristik CSCF

3rd Generation Partnership Project (3GPP) merilis sebuah standar untuk mengukur IMS. Standar ini adalah 3GPP TS 32.409 V10.3.0 *Release 10* dimana dalam standar ini dijelaskan semua jenis pengukuran yang berkaitan dengan jaringan IMS. Salah satu pengukuran yang dijelaskan dalam standar tersebut adalah pengukuran yang berkaitan dengan CSCF. Pengukuran tersebut dapat dilihat dari berbagai macam aspek, salah satunya adalah proses registrasi dan proses pembangunan sesi.

Pada proses registrasi, pengukuran dilakukan dengan cara menghitung waktu rata – rata untuk registrasi. Adapun proses registrasi adalah dimulai dari UE mengirimkan pesan *Register* ke P-CSCF dan diakhiri dengan pesan 200 OK dari P-CSCF ke UE. Akumulasi waktu untuk registrasi akan dibagi dengan jumlah proses registrasi yang berhasil.

Pada proses pembangunan sesi, pengukuran dilakukan dengan cara menghitung waktu rata – rata pembangunan sesi. Adapun proses registrasi adalah dimulai dari pesan SIP_INVITE dan diakhiri ke pesan 200 OK. Akumulasi waktu untuk pembangunan sesi akan dibagi dengan jumlah proses pembangunan sesi yang berhasil [9].

2.7 Open IMS Core

Open IMS Core adalah software open-source yang mengimplementasikan CSCF dan HSS yang membentuk sebuah jaringan IMS sebagaimana didefinisikan oleh 3GPP, 3GPP2, ETSI TISPAN dan PACKETCABLE Initiative. OpenIMSCore

awalnya dimulai tahun 2004 oleh Fraunhofer FOKUS research institute untuk mengevaluasi tingkah laku dan performa arsitektur NGN. Pada tahun 2006, Open IMS Core dipublikasi sebagai software open-source dan dengan cepat menjadi referensi komunitas NGN di dunia.[10]

2.8 Transport Layer

Transport layer adalah layer ke empat dari model jaringan OSI layer. Model koneksi logical pada transport layer adalah *end-to-end*. Transport layer menerima pesan dari *application layer* yang kemudian dikapsulasi ke dalam *transport layer* paket dan dikirimkan melalui koneksi logical menuju *transport layer* pada tujuan akhir. Dengan kata lain, *transport layer* bertanggung jawab untuk memberikan layanan kepada *application layer* dalam hal menerima pesan dari aplikasi yang kemudian dikirimkan ke alamat tujuan.

Terdapat beberapa transport layer protokol yang masing – masing memiliki fungsi spesifik :

2.8.1 Transmission Control Protocol (TCP)

TCP adalah protokol yang bersifat *connection-oriented* dimana koneksi logical antara pengirim dan penerima harus terbentuk terlebih dahulu sebelum pengiriman data. TCP membuat pipa logical terlebih dahulu sebelum aliran data dikirimkan. TCP memiliki fitur *flow control*, *error control*, dan *congestion control*.

Koneksi logical pada TCP dilakukan menggunakan skema *three-way handshake*. *Three way handshake* adalah prosedur yang digunakan untuk membangun sebuah koneksi. Prosedur ini diinisiasi oleh sebuah TCP dan direspon oleh TCP lainnya. Proses *three way handshake* paling sederhana dapat dilihat pada gambar 2.3.

TCP A	TCP B
1. CLOSED	LISTEN
2. SYN-SENT --> <SEQ=100><CTL=SYN>	--> SYN-RECEIVED
3. ESTABLISHED <-- <SEQ=300><ACK=101><CTL=SYN,ACK>	<-- SYN-RECEIVED
4. ESTABLISHED --> <SEQ=101><ACK=301><CTL=ACK>	--> ESTABLISHED
5. ESTABLISHED --> <SEQ=101><ACK=301><CTL=ACK><DATA>	--> ESTABLISHED

Basic 3-Way Handshake for Connection Synchronization

Gambar 2.3 Proses *three-wayhandshake*

Pada baris 2 gambar 2.3, TCP A mengirimkan segmen SYN yang mengindikasikan bahwa TCP A akan menggunakan urutan segmen dimulai dari nomor 100. Baris 3, TCP B mengirim sebuah SYN dan ACK dari SYN yang diterima dari TCP A. ACK ini mengindikasikan bahwa TCP B akan menunggu segmen 101 karena SYN dari TCP menduduki segmen 100.

Pada baris 4, TCP A merespon dengan sebuah segmen kosong yang berisi ACK untuk SYN dari TCP B. Pada baris ke 5, TCP A mengirim data. Perlu diperhatikan bahwa nomor segment pada segmen baris ke 5 sama dengan baris 4 karena ACK tidak menduduki segmen tersebut. [11]

2.8.2 User Datagram Protocol (UDP)

UDP adalah protokol yang bersifat connection-less yang tidak memerlukan koneksi logical untuk pengiriman data. UDP adalah protokol sederhana yang tidak memiliki fitur *flow control*, *error control*, dan *congestion control*. Protokol UDP cocok untuk program yang membutuhkan pengiriman pesan singkat dan tidak membutuhkan pengiriman ulang paket apabila paket tersebut rusak atau hilang [12].

2.9 Quality of Service (QoS)

Quality of Service adalah kemampuan untuk mengatur mekanisme trafik pada jaringan sehingga aplikasi dapat beroperasi sesuai dengan yang diharapkan [13]. Ada beberapa parameter yang dapat dipakai untuk mengukur kualitas layanan seperti *delay*, *throughput*, *jitter* dan *packet loss*

2.9.1 Delay

Delay adalah waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan data dari satu titik ke titik tujuan. Waktu *delay* dapat meningkat apabila paket mengalami antrian panjang di jaringan (kongesti). *Delay* dapat diukur menggunakan *one-way* (waktu total dari pengirim sampai ke penerima) atau *round-trip* (waktu pengiriman paket dari pengirim ke penerima dan dikirim kembali dari penerima ke pengirim) [14].

$$\text{Delay (second)} = \text{waktu paket dikirim} - \text{waktu paket diterima} \quad (2.1)$$

2.9.2 Throughput

Throughput adalah *bandwidth* dalam kondisi yang terukur dalam waktu tertentu dan dalam kondisi jaringan tertentu yang digunakan untuk mentransfer file dengan ukuran tertentu. Sistem *throughput* adalah jumlah kecepatan data yang dikirim melalui jaringan [14].

$$\text{Throughput} = \frac{\sum \text{Sent data (bit)}}{\text{time data delivery (s)}} \text{ bps} \quad (2.2)$$

2.9.3 Jitter

Jitter adalah variasi *delay*. Jitter dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan kongesti pada jaringan. Semakin besar beban trafik pada jaringan akan menyebabkan nilai

jitter akan semakin besar. Apabila nilai jitter semakin besar maka nilai QoS akan semakin menurun dan demikian sebaliknya [14].

$$Jitter = \frac{\sum \text{variasi delay}}{\sum \text{packet received}} \text{ second} \quad (2.3)$$

2.9.4 Packet Loss

Packet Loss adalah kegagalan dalam pentransmisiian paket ke tujuan. *Packet loss* dapat disebabkan oleh berbagai factor seperti kongesti, kegagalan *hardware*, atau kebijakan untuk membatasi jumlah trafik [14].

$$Packet Loss = \frac{\text{packet sent} - \text{packet received}}{\text{packet sent}} \times 100\% \quad (2.3)$$

Berdasarkan standar ITU-T G.1010, terdapat standar parameter QoS untuk layanan VoIP dan Video Call seperti pada Tabel 2.1

2.10 Network Analyzer Wireshark

Wireshark adalah *software network protocol analyzer* yang paling banyak digunakan. Wireshark memungkinkan pengguna meluhat apa yang terjadi pada jaringan sampai ke level *microscopic*.

Wireshark memiliki banyak fitur seperti mengenali ratusan protokol, melihat trafik pada jaringan secara langsung dan dapat dianalisa secara *offline*, memiliki *Graphical User Interface* (GUI), dapat membaca dari berbagai adaptor jaringan seperti Ethernet, IEEE 802.11, Bluetooth, USB dan lain – lain [15].

Tabel 2.1 Standar ITU-T G.1010 untuk VoIP dan Video Call [16]

Medium	Application	Degree of symmetry	Typical data rates	Key performance parameters and target values			
				One-way delay	Delay variation	Information loss (Note 2)	Other
Audio	Conversational voice	Two-way	4-64 kbit/s	<150 ms preferred (Note 1) <400 ms limit (Note 1)	< 1 ms	< 3% packet loss ratio (PLR)	
Audio	Voice messaging	Primarily one-way	4-32 kbit/s	< 1 s for playback < 2 s for record	< 1 ms	< 3% PLR	
Audio	High quality streaming audio	Primarily one-way	16-128 kbit/s (Note 3)	< 10 s	<< 1 ms	< 1% PLR	
Video	Videophone	Two-way	16-384 kbit/s	< 150 ms preferred (Note 4) <400 ms limit		< 1% PLR	Lip-synch: < 80 ms
Video	One-way	One-way	16-384 kbit/s	< 10 s		< 1% PLR	

eth0: Capturing - Wireshark

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Help

Filter: Expression... Clear Apply

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
40	139.931107	WISTRON_07:07:ee	BROADCAST	ARP	W10 HAS 192.168.1.254; Tell 192.168.1.100
47	139.931463	ThomsonI_08:35:4f	WISTRON_07:07:ee	ARP	192.168.1.254 is at 00:90:d0:08:35:4f
48	139.931466	192.168.1.68	192.168.1.254	DNS	Standard query A www.google.com
49	139.975406	192.168.1.254	192.168.1.68	DNS	Standard query response CNAME www.l.google.com A 66.102.9.99
50	139.976811	192.168.1.68	66.102.9.99	TCP	62216 > http [SYN] Seq=0 Win=8192 Len=0 MSS=1460 WS=2
51	140.079578	66.102.9.99	192.168.1.68	TCP	http > 62216 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=5720 Len=0 MSS=1430
52	140.079583	192.168.1.68	66.102.9.99	TCP	62216 > http [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=65780 Len=0
53	140.080278	192.168.1.68	66.102.9.99	HTTP	GET /complete/search?hl=en&client=suggest&js=true&q=m&cp=1 H
54	140.086765	192.168.1.68	66.102.9.99	TCP	62216 > http [FIN, ACK] Seq=805 Ack=1 Win=65780 Len=0
55	140.086921	192.168.1.68	66.102.9.99	TCP	62218 > http [SYN] Seq=0 Win=8192 Len=0 MSS=1460 WS=2
56	140.197484	66.102.9.99	192.168.1.68	TCP	http > 62216 [ACK] Seq=1 Ack=805 Win=7360 Len=0
57	140.197777	66.102.9.99	192.168.1.68	TCP	http > 62216 [FIN, ACK] Seq=1 Ack=806 Win=7360 Len=0
58	140.197811	192.168.1.68	66.102.9.99	TCP	62216 > http [ACK] Seq=806 Ack=2 Win=65780 Len=0
59	140.210210	66.102.9.99	192.168.1.68	TCP	http > 62216 [FIN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=5720 Len=0 MSS=1430

▶ Frame 1 (42 bytes on wire, 42 bytes captured)
 ▶ Ethernet II, Src: Vmware_38:eb:0e (00:0c:29:38:eb:0e), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
 ▶ Address Resolution Protocol (request)

```

0000 ff ff ff ff 00 0c 29 38 eb 0e 08 06 00 01 ..... )8.....
0010 08 00 06 04 00 01 00 0c 29 38 eb 0e c0 a8 39 80 ..... )8.....9.
0020 00 00 00 00 00 c0 a8 39 02 ..... 9.
  
```

eth0: <live capture in progress> Fil... Packets: 445 Displayed: 445 Marked: 0 Profile: Default

Gambar 2.4 Tampilan pada Wireshark

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dibahas mengenai perancangan Open IMS Core dan implementasi penggunaan IP *Multimedia Subsystem* (IMS) dengan protokol yang berbeda. Pembahasan diawali dengan penentuan waktu dan tempat penelitian, diagram alir penelitian, kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras, perancangan IMS *Server* dan IMS *Client* dan diakhiri dengan menguji karakteristik dari *Call Session Control Function* (CSCF) pada saat diakses dengan protokol *Transmission Control Protocol* (TCP) dan *User Datagram Protokol* (UDP). Pengujian dilakukan pada saat registrasi, pembangunan sesi dan saat layanan IMS sedang digunakan. Data hasil pengujian dari masing – masing protokol akan dibandingkan sehingga dapat diketahui karakteristik dari masing – masing protokol terhadap IMS.

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan pada:

Waktu :Maret 2017 – Agustus 2017

Tempat :Laboratorium Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro
Universitas Lampung

3.2 Jadwal Kegiatan Penelitian

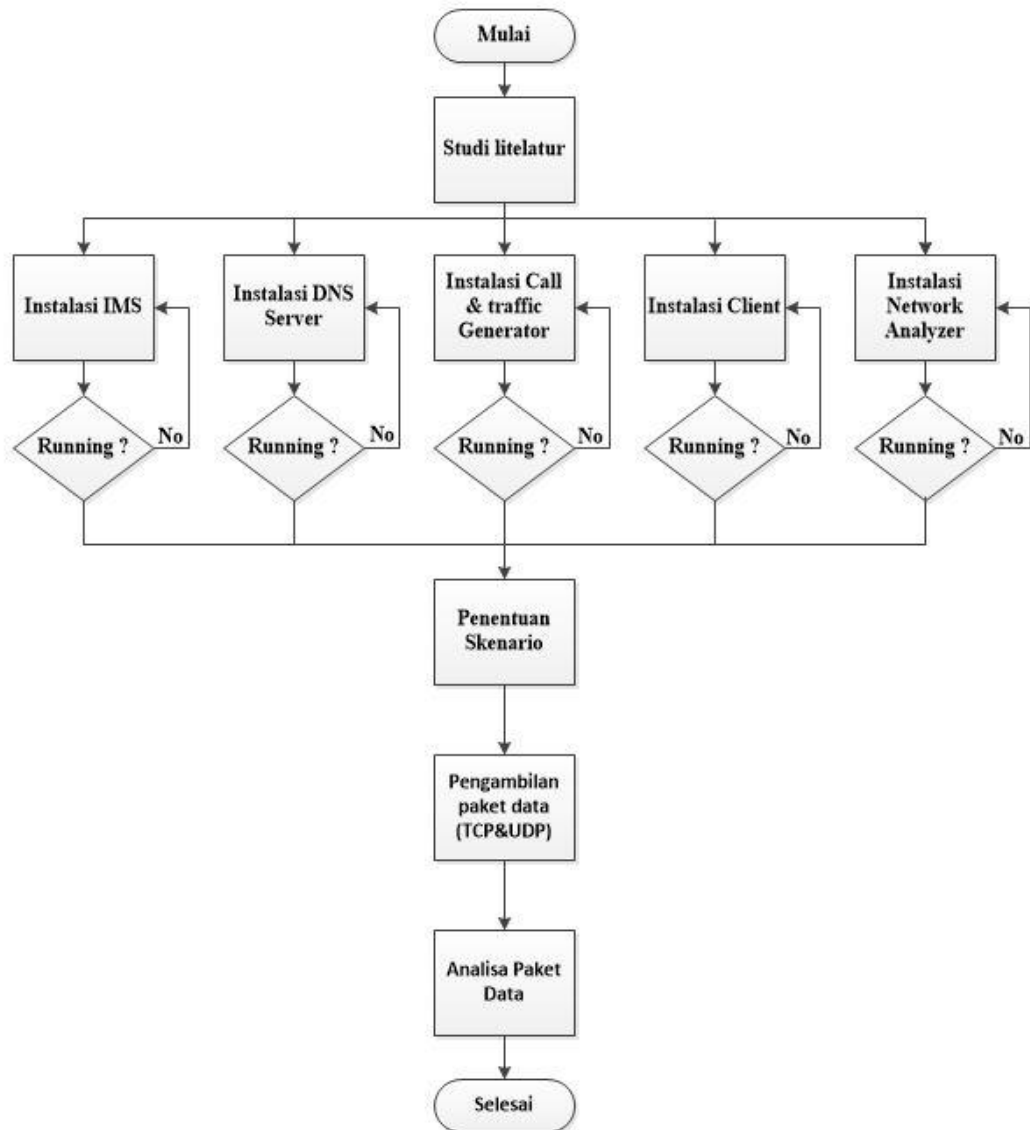
Jadwal kegiatan penelitian diperlihatkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.1 Tabel Jadwal Kegiatan Tugas Akhir

No	Aktifitas	Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus		
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
1	Studi Pustaka dan Literatur	■	■	■	■																			
2	Instalasi IMS					■	■	■																
3	Seminar Usul						■																	
4	Pengujian Skenario dan Pengambilan Data							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
5	Analisa dan Pembahasan																	■	■	■	■	■	■	
6	Seminar Hasil																				■			
7	Ujian Komprehensif																						■	

3.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian pada sub bab ini akan menunjukkan langkah – langkah dalam penelitian yang dikerjakan. Langkah – langkah tersebut diperlihatkan dalam bentuk *flowchart* seperti Gambar 3.1 :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah pertama yang harus dikerjakan adalah studi literatur. Langkah kedua adalah menginstal perangkat yang digunakan seperti IMS, *Domain Name Server* (DNS) *server*, *Client* IMS, dan *Network Analyzer*. Setelah semua perangkat terinstal, dilakukan penentuan skenario penelitian yang dilakukan. Apabila skenario sudah ditentukan, dilakukan proses pengamatan dan pengambilan data berupa paket data yang dikirimkan selama proses skenario dijalankan. Apabila data telah terkumpul, kemudian data akan dianalisa untuk mendapatkan kesimpulan.

3.4 Perangkat Penelitian

Perangkat yang dibutuhkan pada penelitian ini terdiri dari perangkat lunak dan perangkat keras.

3.4.1 Penentuan Perangkat Lunak IMS Core Network

Pada proses studi literatur, peneliti mencoba mengimplementasi beberapa jenis perangkat lunak yang akan dipakai dalam proses penelitian, yakni Open IMS Core, Clearwater, dan Kamailio IMS. Ketiga *software* tersebut masing – masing memiliki kelebihan dan kekurangan.

1. Open IMS Core

Open IMS Core merupakan perangkat lunak IMS Core Network yang paling sederhana. Semua elemen CSCF dan HSS dapat diinstall hanya dalam sebuah *virtual machine* sehingga untuk mengoperasikannya tidak diperlukan sumber daya yang besar.

2. Clearwater

Clearwater merupakan perangkat lunak yang paling kompleks. Clearwater membutuhkan enam *virtual machine* untuk membangun IMS Core Network. Dikarenakan keterbatasan sumber daya, peneliti tidak dapat menggunakan Clearwater.

3. Kamailio

Kamailio IMS merupakan hasil dari pengembangan Open IMS Core yang proyeknya berhenti. Elemen – elemen IMS dalam Kamailio memiliki sistem yang hampir sama dengan Open IMS Core. Akan tetapi, untuk membangun IMS dengan

Kamailio dibutuhkan minimal empat *virtual machine*. Kondisi ini membuat peneliti tidak dapat membangun IMS dengan Kamailio.

Kebutuhan perangkat keras dari masing – masing perangkat lunak IMS dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Perbandingan Perangkat Lunak IMS

No.	Perangkat Lunak	Spesifikasi Perangkat Keras	Keterangan
1	Project Clearwater	<ul style="list-style-type: none"> • 6 <i>Virtual Machine</i> dengan spesifikasi : 1 CPU dan 2 GB RAM • 6 <i>IP Public Address</i> 	6 <i>virtual machine</i> untuk setiap elemen pada Clearwater : Ellis, Bono, Sprout, Homer, Dime, Vellum
2	Kamailio	<ul style="list-style-type: none"> • 4 <i>Virtual Machine</i> • 4 <i>IP Public Address</i> 	4 <i>virtual machine</i> untuk elemen CSCF (P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF) dan HSS
3	Open IMS Core	<ul style="list-style-type: none"> • 1 <i>Virtual Machine</i> menggunakan Linux Desktop • 1 <i>IP Public Adress</i> 	Semua elemen IMS berada dalam sebuah <i>Virtual Machine</i>

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka peneliti memutuskan untuk membangun IMS Core Network menggunakan Open IMS Core

3.4.2 Perangkat Lunak

Kebutuhan perangkat lunak yang digunakan adalah seperti pada Tabel 3.3:

Tabel 3.3 Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Perangkat	Fungsi
1.	Ubuntu 12.04	Sistem operasi pada <i>server</i> IMS
2.	Windows	Sistem operasi pada <i>client</i> IMS
3.	Proxmox	Sistem yang digunakan untuk kontrol <i>Virtual Machine</i>
4.	Open IMS Core	Perangkat untuk membangun <i>server</i> IMS
5.	BIND Server	Perangkat DNS Server pada <i>server</i> IMS
6.	Boghe	Perangkat yang berfungsi sebagai <i>IMS Client</i>
7.	Wireshark	Aplikasi untuk mengamati paket data yang dikirimkan
8.	Iperf	Aplikasi untuk membangkitkan <i>background</i> trafik pada jaringan
9.	Sipp	Aplikasi <i>call generator</i> untuk membangkitkan permintaan panggilan
10.	Stress	Aplikasi <i>Benchmarking</i> kinerja <i>processor</i>

3.4.3 Perangkat Keras

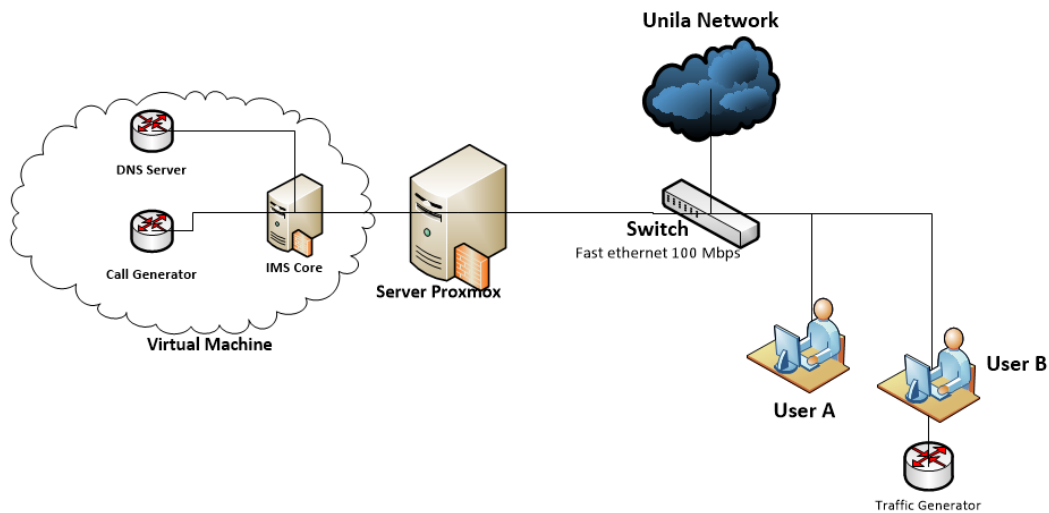
Kebutuhan perangkat keras yang digunakan adalah seperti pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Kebutuhan Perangkat Keras

No.	Perangkat	Fungsi	Spesifikasi
1.	<i>Server</i>	Sebagai <i>server</i> tempat <i>virtual machine</i> diimplementasikan	<ul style="list-style-type: none"> • Intel® Xeon® E3-1200 v5 • Memory : 16 GB • Hard Drive : 1 TB
2	<i>Server-Virtual Machine (VM)</i>	Sistem komputer berbasis <i>cloud computing</i> dimana IMS <i>Core Network</i> diinstall	<ul style="list-style-type: none"> • Processor 1 <i>core</i> • Memory : 1,5 GB
3	Komputer	IMS <i>Client</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Processor Intel Core i5 • Memory : 2GB • Hard Drive : 500 GB
4	Laptop	IMS <i>Client</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Asus a43s seri d • Processor Inter Core i3 • Memory : 6GB • Hard Drive : 320 GB
5	Switch	Switching pada jaringan IMS	<ul style="list-style-type: none"> • TP-Link (TL-SF1008D)
6	Kabel UTP	Penghubung antar <i>server</i> dengan switch dan <i>client</i>	

3.5 Topologi Jaringan

Pada pelaksanaan penelitian ini, dibangun sebuah *testbed* jaringan IMS yang dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Topologi jaringan *testbed* IMS

Pada penelitian ini, *IMS Core Network* dibangun berbasis *cloud computing* dimana *server* IMS merupakan *virtual machine* yang dibangun diatas *server* Proxmox. Dalam *virtual machine* tersebut, elemen P-CSCF, S-CSCF, I-CSCF dan HSS, DNS Server, Sipp (*call generator*) berada dalam sebuah *virtual machine* yang sama.

Server dan *client* terhubung menggunakan *switch* dengan media kabel, dimana *switch* terhubung dengan jaringan Universitas Lampung. Apabila *client* ingin berkomunikasi dengan *IMS Core Network*, maka *client* harus melalui jaringan Universitas Lampung terlebih dahulu.

Pada penelitian ini, terdapat tiga skenario penelitian. Pertama adalah menguji karakteristik CSCF pada saat registrasi. Kedua adalah menguji karakteristik pada

saat pembangunan sesi. Ketiga adalah menguji *Quality of Service* (QoS) pada saat mengakses layanan *audio call*, *video call*, *instant messaging*.

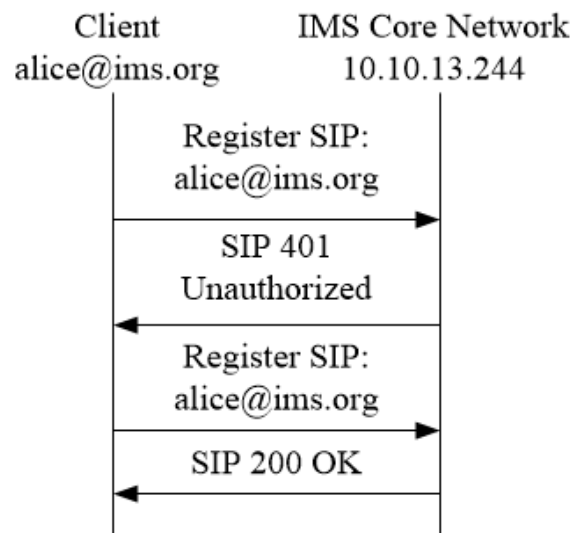
Pada pengujiannya, dilakukan dalam dua kondisi. Kondisi pertama adalah kondisi jaringan tanpa beban. Kondisi kedua adalah kondisi jaringan dengan beban trafik, dimana beban trafik tersebut berupa *background* trafik menggunakan iperf yang diarahkan ke IMS *Core Network* sebesar 100 Mbps, *emulate call* menggunakan Sipp yang diarahkan ke IMS *Core Network* sebesar 60 panggilan/detik (Registrasi, pembangunan sesi, dan *instant messaging*), dan beban pada processor IMS dengan menggunakan aplikasi Stress Test.

3.6 Skenario Penelitian

Terdapat tiga skenario penelitian yang akan dilakukan, yakni sebagai berikut :

3.5.1 Uji karakteristik CSCF – Registrasi

Skenario pertama adalah menguji karakteristik CSCF pada saat pengguna melakukan registrasi ke jaringan IMS dengan menggunakan protokol TCP dan UDP seperti pada Gambar 3.3. Saat proses registrasi akan terjadi pertukaran pesan SIP dimulai dari SIP-REGISTER sampai 200 OK. Durasi proses registrasi *client* dengan protokol TCP dan UDP akan diukur menggunakan aplikasi wireshark.



Gambar 3.3. IMS *Registration Calls Flow*

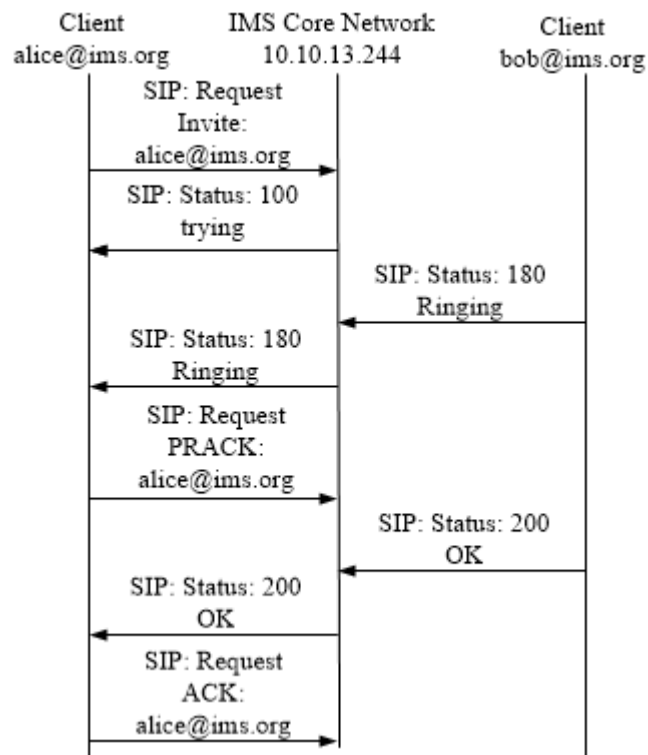
Proses pengambilan data dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan 2 kondisi (kondisi jaringan normal dan padat) dan akan dicatat dalam tabel seperti pada Tabel 3.5

Tabel 3.5 Format tabel data hasil pengukuran *Delay* registrasi

Percobaan Ke	TCP	UDP
	<i>Delay</i> (ms)	<i>Delay</i> (ms)
1		
2		
3		
4		
5		
Rata – rata		

3.5.2 Uji Karakteristik CSCF-Pembangunan Sesi

Skenario kedua adalah menguji karakteristik CSCF pada saat pengguna akan melakukan komunikasi dengan pengguna lainnya di jaringan IMS dengan menggunakan protokol TCP dan UDP seperti pada gambar 3.4. Saat proses pembangunan sesi akan terjadi pertukaran pesan SIP dimulai dari SIP_INVITE sampai ACK. Durasi proses pembangunan sesi dengan protokol TCP dan UDP akan diukur menggunakan aplikasi wireshark.



Gambar 3.4. IMS Session Establishment Calls Flow

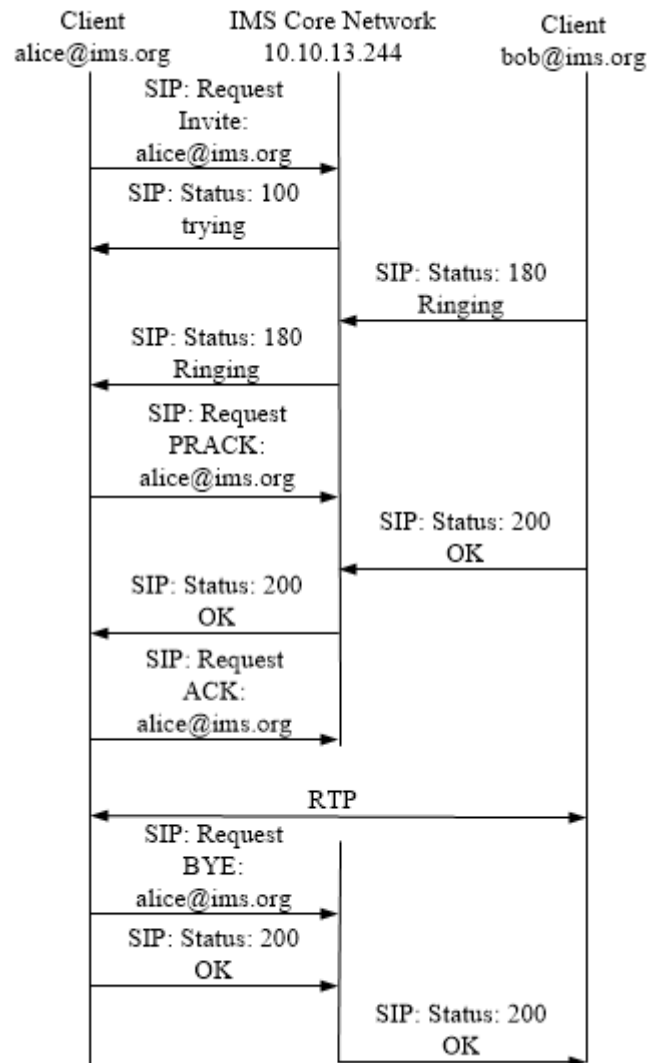
Proses pengambilan data dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan dua kondisi (kondisi jaringan normal dan padat) dan akan dicatat dalam tabel seperti Tabel 3.6

Tabel 3.6 Format tabel data hasil pengukuran *Delay* pembangunan sesi

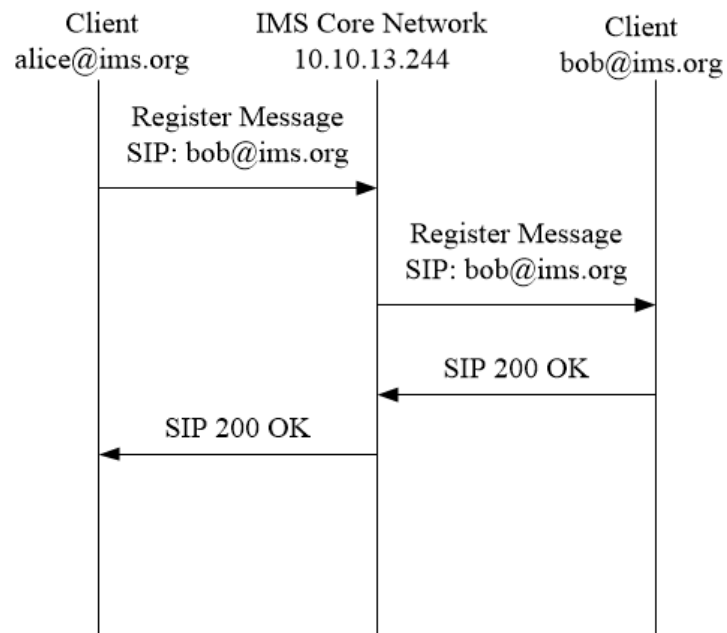
Percobaan Ke	TCP	UDP
	<i>Delay (ms)</i>	<i>Delay (s)</i>
1		
2		
3		
4		
5		
Rata – rata		

3.5.3 Quality of Service (QoS) layanan dengan protokol TCP dan UDP

Pada skenario ke tiga akan menguji *Quality of Service (QoS)* IMS dalam memberikan layanan pada saat *client* menggunakan protokol TCP atau UDP seperti pada gambar 3.5 dan gambar 3.6. Adapun parameter QoS yang akan dibahas adalah *Voice Over IP (VoIP)*, *Video Call* dan *Instant Messaging*. QoS tersebut akan diukur per masing – masing protokol dan akan dibandingkan kualitasnya. Pengukuran QoS akan menggunakan software wireshark.



Gambar 3.5. VoIP dan Video Call Calls Flow



Gambar 3.6. *Instant Messaging Calls Flow*

Proses pengambilan data dilakukan sebanyak sepuluh kali dalam dua kondisi (kondisi jaringan normal dan padat) dan akan dicatat dalam tabel seperti pada Tabel 3.7, Tabel 3.8, dan Tabel 3.9

Tabel 3.7 Format tabel data hasil pengukuran *Delay instant messaging*

Percobaan Ke	TCP	UDP
	<i>Delay (s)</i>	<i>Delay (s)</i>
1		
2		
3		
4		
5		
Rata – rata		

Tabel 3.8 Format tabel data hasil pengukuran QoS panggilan suara

Percobaan Ke	TCP			UDP		
	<i>Throughput</i> (Kbps)	<i>Packet</i> <i>loss (%)</i>	<i>Jitter</i> (ms)	<i>Throughput</i> (Kbps)	<i>Packet</i> <i>loss (%)</i>	<i>Jitter</i> (ms)
1						
2						
3						
4						
5						
Rata - rata						

Tabel 3.9 Format tabel data hasil pengukuran QoS panggilan video

Percobaan Ke	TCP			UDP		
	<i>Throughput</i> (Kbps)	<i>Packet</i> <i>loss (%)</i>	<i>Jitter</i> (ms)	<i>Throughput</i> (Kbps)	<i>Packet</i> <i>loss (%)</i>	<i>Jitter</i> (ms)
1						
2						
3						
4						
5						
Rata - rata						

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berikut ini merupakan kesimpulan dari hasil penelitian tugas akhir ini

1. Pada proses registrasi, *delay* registrasi protokol TCP saat jaringan tanpa beban lebih baik dibandingkan protokol UDP (TCP = 31.4 ms dan UDP = 33.26 ms) dan sebaliknya pada saat jaringan padat, protokol UDP memiliki *delay* registrasi lebih baik daripada protokol TCP (TCP = 90.356 ms dan UDP = 85.1053 ms). Hal ini menunjukkan bahwa protokol UDP lebih baik daripada TCP pada saat jaringan padat.
2. IMS *Core Network* tidak dapat mengeksekusi layanan dengan menggunakan protokol TCP dikarenakan karakteristik TCP tidak cocok dengan protokol RTP
3. Layanan yang disediakan oleh IMS *Core Network* dapat dieksekusi dengan baik menggunakan protokol UDP dilihat dari nilai parameter QoS (*voice call* dan *video call*) yang sudah dikategorikan baik menurut standar ITU-T G.1010 baik pada saat kondisi jaringan normal maupun kondisi jaringan padat trafik
4. Pada proses pembangunan sesi, besar *delay* dengan protokol UDP adalah 108.2599 ms pada saat tanpa *background* trafik dan meningkat menjadi 220.196 ms pada saat diberi *background* trafik ditambah *emulate call*.

5. Besar *delay instant messaging* pada saat jaringan normal adalah 3.368 ms dan meningkat menjadi 11.498 ms pada saat diberi *background* trafik dan *emulate call*.
6. Besar *throughput* pada panggilan suara pada saat jaringan normal adalah 85.689 Kbps dan pada saat jaringan padat adalah sebesar 85.593 Kbps. Nilai *throughput* ini sudah sesuai dengan standar codec G.711 yang memiliki standar *bit-rate* 64 Kbps. Sedangkan pada panggilan video, besar *throughput* tanpa *background* trafik adalah sebesar 805.88 Kbps dan pada saat padat sebesar 660.2511 Kbps. Nilai *throughput* video call sudah sesuai standar codec H.264 yang memiliki *bit-rate* 128 Kbps.
7. Besar *delay* panggilan suara pada saat jaringan normal adalah 19.979 ms dan pada saat jaringan padat adalah 19.992 ms. Besar *delay* panggilan video pada saat jaringan normal adalah 13.265 ms dan pada saat jaringan padat adalah 16.74 ms. Besar *delay* tersebut sudah memenuhi standar ITU-T G.1010 dimana besar *delay* adalah kurang dari 150 ms.
8. Besar *jitter* panggilan suara pada saat jaringan normal adalah 13.53 ms dan pada saat jaringan padat adalah 13.81 ms. Besar *jitter* panggilan video pada saat jaringan normal adalah 3.1 ms dan pada saat jaringan padat adalah 6.457 ms. Besar *jitter* tersebut belum memenuhi standar ITU-T G.1010 dimana besar *jitter* adalah kurang dari 1 ms. Besar nilai *jitter* dapat dianggap baik karena tidak terlalu jauh dari standar yang ada.
9. Besar *packet loss* panggilan suara pada saat jaringan normal adalah 0% dan pada saat jaringan padat adalah 0.266%. Besar *packet loss* panggilan video pada saat jaringan normal adalah 0% dan pada saat jaringan padat adalah 0.452% ms.

Besar *packet loss* tersebut sudah memenuhi standar ITU-T G.1010 dimana besar *packet loss* adalah kurang dari 1 %.

5.2 SARAN

Adapun saran yang bisa dilakukan untuk penelitian selanjutnya yaitu

1. Pada penelitian selanjutnya mencoba melakukan penelitian dengan jenis protokol lain seperti SCTP.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan protokol enkripsi seperti TLS untuk meningkatkan keamanan pada proses komunikasi IMS.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat mencoba membuat server IMS dengan *software* IMS lain seperti *Clearwater*, *Kamailio IMS*.
4. Pada penelitian selanjutnya dapat mengimplementasikan berbagai layanan dalam *application server* pada jaringan IMS.

DAFTAR PUSTAKA

1. O. Damayanti, "Analisis Proses Komunikasi Dan Unjuk Kerja Antara Terminal Pengguna Dan Server Aplikasi Pada Jaringan Internet Protocol Multimedia Subsystem Terintegrasi", Fakultas Teknik Universitas Lampung, 2013.
2. R. Priambodo "Implementasi Dan Analisis Performansi Kamailio Sip Server Untuk Arsitektur IP Multimedia Subsystem Dengan Layanan Voip Dan Video Call", Universitas Telkom Bandung, 2016.
3. R. T. Y. Anggraeni, "Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Protokol TCP, UDP, Dan SCTP Menggunakan Simulasi Lalu Lintas Data Multimedia", STIKOM Surabaya, 2013.
4. J. Sen, "Convergence & Next Generation Networks", GISFI India, 2009
5. M. Poikselka, G. Mayer, H. Khartabil, A. Niemi, "The IMS IP Multimedia Concents and Services Second Edition", UK. John Wiley & Sons, LTD, ISBN 978-0-470-01906-1, 2016.
6. 3GPP. 2002. *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); IP Multimedia Subsystem; Stage 1 (3GPP TS 22.228 version 5.5.0 Release 5)*. http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/122200_122299/122228/05.05.00_60/ts_12228v050500p.pdf. Diakses pada 4 Maret 2017
7. G. Camarillo, M.G. Martin, "The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS) Merging the Internet and the Cellular World Second Edition". UK. John Wiley & Sons, LTD, ISBN 978-0-470-01818-7, 2006.
8. Oguejiofor, Edward, "Developing SIP and IP Multimedia Subsystem (IMS) Applications", USA. IBM, ISBN 0738489573, 2007.
9. ETSI.2011. *TS 132 409 v10.3.0 Performance measurements IP Multimedia Subsystem (IMS)*. http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/132400_132499/132409/10.03.00_60/ts_132409v100300p.pdf. Di akses pada 16/03/17 14.00
10. Open IMS Core, [Online]. Available: <http://www.openimscore.org>
11. ietf.1981. *RFC 793: Transmission Control Protocol; Darpa Internet Program; Protocol Specification*. <https://tools.ietf.org/html/rfc793> Di akses pada 09/08/17 12.00

12. B.A Forouzan, “*Data Communications and Networking Fourth Edition*”, USA. McGraw-Hill, ISBN 978-0073250328, 2000.
13. F.C. de Gouveia, T. Magedanz, ”*Quality Of Service In Telecommunication Networks*”, *Telecommunication Systems And Technologies* - Vol. II
14. W.Sugeng, J.E. Istiyanto, K. Mustofa, A. Ashari, “*The Impact of QoS Changes towards Network Performance*”, Publish on “*International Journal of Computer Networks and Communications Security (IJCNCs)*”, Vol. 3, No. 2, 48–53 ISSN 2308-9830, 2015
15. Wireshark [online]. Available: <https://www.wireshark.org>. Diakses 30 Maret 2017
16. ITU-T.2001.Recommendation G-1010 – End User Multimedia QoS Categories. <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.1010-200111-I/en>. Di akses pada 17/03/17 15.00
17. J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, E. Schooler.2002. *RFC 3261= SIP : Session Inintiantion Protocol*. <https://www.ietf.org/rfc/rfc3262.txt>. Diakses pada 19/07/17
18. C. Perkins, “*RTP: Audio and Video for the Internet*”, USA. Addison Wesley, ISBN:0-672-32249-8, 2003.
19. Codecs & Containers [online]. Available : <https://www.encoding.com/blog/2014/01/13/whats-difference-codecs-containers/>. Diakses pada 9/08/17 12.00