

***Analisis Quality of Service dan Voice VLAN pada Jaringan VoIP
(Voice over Internet Protocol)***

TUGAS AKHIR



Oleh

Ivan Fernando

22084501



Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi

Universitas Kristen Duta Wacana

2012

***Analisis Quality of Service dan Voice VLAN pada Jaringan VoIP
(Voice over Internet Protocol)***

TUGAS AKHIR



Diajukan kepada Fakultas Teknologi Informasi Program Studi Teknik Informatika
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar
Sarjana Komputer



Oleh:
Ivan Fernando
22084501

Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
2012

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :

ANALISIS QUALITY OF SERVICE DAN VOICE VLAN PADA JARINGAN VOIP (VOICE OVER INTERNET PROTOCOL)

Yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagai persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan sarjana Program Studi Teknik Informatika/Sistem Informasi, Fakultas Teknik Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi kesarjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain. Saya bersedia dikenakan sanksi yakni pencabutan gelar kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 2 Mei 2012



(IVAN FERNANDO)
22084501

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul : Analisis *Quality of Service* dan *Voice VLAN* pada Jaringan VoIP (*Voice over Internet Protocol*)
Nama : Ivan Fernando
Nim : 22084501
Mata Kuliah : Skripsi
Kode : TIW276
Semester : Genap
Tahun akademik : 2011/2012

Telah diperiksa dan disetujui
Di Yogyakarta,
Pada tanggal 2 Mei 2012



Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

(Ir. Gani Indriyanta., M.T)

(Joko Purwadi S.Kom, M.Kom)

Rec. 02/05/2012

Utk. pembimbing

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS *QUALITY OF SERVICE* DAN *VOICE VLAN* PADA JARINGAN
VOIP (*VOICE OVER INTERNET PROTOCOL*)

Oleh : Ivan Fernando / 22084501

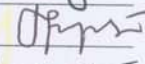
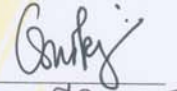
Dipertahankan di depan dewan Penguji Tugas Akhir/Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana – Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu
Syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
Pada tanggal
21 Mei 2012

Yogyakarta, 22 Mei 2012

Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Ir. Gani Indriyanta, M.T.
2. Joko Purwadi, S.Kom., M.Kom.
3. Junius Karel Tampubolon, S.Si., M.T.



Dekan

Ketua Program Studi



(Drs. Wimmie Handiwidjojo, MIT)



(Nugroho Agus Haryono S.Si.,MSI)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang selalu melimpahkan segala berkat, rahmat, bimbingan serta perlindungan-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis *Quality of Service* dan *Voice VLAN* pada Jaringan VoIP (*Voice over Internet Protocol*)” dengan baik semester ini.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini merupakan kelengkapan dan pemenuhan dari salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer. Selain pada penyusunan Tugas Akhir ini memiliki tujuan, melatih mahasiswa untuk dapat menghasilkan suatu karya yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, sehingga dapat memiliki manfaat yang baik.

Dalam menyelesaikan pembuatan analisis penelitian dan laporan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak menerima bimbingan, saran dan masukan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak **Ir. Gani Indriyanta., M.T.**, selaku pembimbing 1, yang telah banyak memberikan ide, kritik, saran dan bimbingan selama penulisan laporan dan pengolahan data pada Tugas Akhir ini.
2. Bapak **Joko Purwadi S.Kom, M.Kom.**, selaku pembimbing 2, yang telah banyak memberikan masukan, saran dan bimbingan selama penulisan laporan dan pengolahan data pada Tugas Akhir ini.
3. **PPUKDW UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA** yang mengizinkan penulis untuk melakukan implementasi di jaringan dan peminjaman peralatan yang tidak ternilai harganya sehingga penulis mendapatkan banyak pengalaman baru yang luar biasa.
4. **KERUMAHTANGGAAN UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA** yang telah meminjamkan peralatan *analog phone* yang digunakan penulis dalam penelitian ini.

5. **YAYASAN ARSARI DOJOHADIKUSUMO** yang telah memberikan dukungan moral dan materi berupa beasiswa studi kepada penulis selama menempuh perkuliahan di Universitas Kristen Duta Wacana.
6. Keluarga tercinta mama, ko Iwan, dan Intan untuk segala kasih sayang, kesabaran, perhatian serta dukungan doa yang luar biasa yang selalu menjadi motivasi dan semangat penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Pak Abet, Pak Tuyat, Mas Kris, Vita, Celna, Inyo, Mia, Teti, Yohan simbah, Indra, Maria, dan Dida yang telah berbagi pengalaman dan selalu memberi semangat bagi penulis.
8. Eka Prasetya dan Aldriles sebagai teman seperjuangan yang telah membantu penulis dalam proses pengambilan data dalam penelitian ini dan juga berbagi pengetahuan.
9. Teman-temanku Celenk, Kepleh, Kinthul, Niko Wedhus, Bogi, Robby, Roy, Lintang, Budi, Gilang, Willy 08, Patub, Bowo 07, Giat, dan Alex untuk bantuan dan kerjasama yang terjalin selama ini.
10. Wassy, Nathan, Nanda, Dhimas Creebs, Abert, Patrick, dan Albert yang telah membagi pengetahuan yang banyak bagi penulis.
11. Rekan-rekan futsal MARS FC dan sepak bola INFORMATIKA A yang telah selalu memberi semangat dan menghibur.
12. Rekan-rekan di 2ICT dan Keluarga Mahasiswa Katolik UKDW untuk kerjasama dan pengalaman yang telah diberikan.
13. Pak Nugroho, Pak Willy, Pak Budsus, Pak Hendro, Pak Gun, Bu Widi, Pak Anton, Pak Yuan, Pak Nico, Pak Beni, Bu Lucia, Pak Mahas, Pak Karel, Pak Sri, Pak Dito, dan Bu Rosa, selaku dosen-dosen yang telah mengajar penulis dengan sabar sehingga memperoleh ilmu pengetahuan dan dasar pemikiran yang tidak ternilai.
14. Rekan-rekan dan pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang secara langsung maupun tidak langsung yang telah mendukung penyelesaian Tugas Akhir ini. Terimakasih atas dukungan dan doa'nya.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca sekalian, sehingga suatu saat penulis dapat memberikan karya yang lebih baik lagi.

Akhir kata penulis ingin meminta maaf bila ada kesalahan baik dalam penyusunan laporan maupun yang pernah penulis lakukan sewaktu membuat program Tugas Akhir ini. Sekali lagi penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Dan semoga ini dapat berguna bagi kita semua.

Yogyakarta, 2 Mei 2012

Penulis



INTISARI

Perkembangan teknologi informasi yang pesat telah mendorong pemanfaatan jaringan IP untuk mengirimkan suara atau dikenal dengan VoIP (*Voice over Internet Protocol*). Namun, implementasi VoIP perlu didukung dengan performa atau kualitas trafik yang baik, dilihat dari parameter *throughput*, *delay*, *packet loss*, dan *jitter*.

Kualitas atau performa trafik suara merupakan salah satu hal yang penting. Oleh karena itu, untuk meningkatkan performa atau kualitas trafik suara dilakukan penerapan *Quality of Service (QoS)* dan *voice VLAN* pada jaringan VoIP. Penerapan *Quality of Service (QoS)* yang menggunakan *strict priority scheduling* pada *switch cisco* dimaksudkan untuk memberikan prioritas utama pada trafik suara. Penerapan *voice VLAN* dimaksudkan untuk memungkinkan dalam satu *port switch* digunakan dua *device* yaitu *IP phone* dan komputer.

Penggunaan QoS dan *voice VLAN* diharapkan mampu meningkatkan performa trafik suara pada jaringan VoIP. Hal ini untuk mendukung penggunaan beberapa *device* pada jaringan VoIP sebagai *client* yaitu *IP phone*, *softphone*, dan *analog phone*.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
INTISARI	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Hipotesis	3
1.5. Tujuan Penelitian	3
1.6. Metode Penelitian	3
1.7. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Landasan Teori	6
2.2.1. Jaringan Komputer	6
2.2.2. Layered Models	8
2.2.3. Tipe-tipe Jaringan Komputer	11
2.2.4. Voice Over Internet Protocol	12
2.2.4.1. Komponen-komponen pada Jaringan VOIP	15
2.2.4.2. VOIP Signaling Protocol	17
2.2.4.3. Media Transmission Protocol	18

2.2.4.4. Parameter Pendukung	19
2.2.5. Virtual Local Area Network (VLAN)	26
2.2.6. Quality of Service (QoS)	30
BAB III PERANCANGAN PENELITIAN	34
3.1. Kebutuhan Hardware dan Software	34
3.1.1. Kebutuhan Hardware	34
3.1.2. Kebutuhan Software	39
3.2. Tahapan Penelitian	44
3.3. Tahapan Perancangan Topologi Penelitian	47
BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM	49
4.1. Implementasi Jaringan VOIP	49
4.1.1. Tahap Pemasangan dan Pengalamatan Device	49
4.1.1.1. Router Gateway	51
4.1.1.2. Switch Management	51
4.1.1.3. Switch Distribusi 1	52
4.1.1.4. Switch Distribusi 2	53
4.1.1.5. Router Hotspot	53
4.1.1.6. Access Point Ubiquiti Nanostation2	54
4.1.1.7. Linksys PAP2T-NA Internet Phone Adapter	55
4.1.1.8. Server VoIP Trixbox ^{ce}	56
4.1.2. Tahapan Konfigurasi	56
4.1.2.1. Konfigurasi Routing	57
4.1.2.2. Konfigurasi DHCP Server	58
4.1.2.3. Konfigurasi Server VOIP	60
4.1.2.4. Konfigurasi IP Phone	61
4.1.2.5. Konfigurasi Internet Phone Adapter	62
4.1.2.6. Konfigurasi Softphone	63
4.1.2.7. Konfigurasi Voice VLAN dan QoS	64
4.2. Tahapan Proses Penelitian	72
4.2.1. Proses Pengambilan dan Penghitungan Throughput	73
4.2.2. Proses Pengambilan dan Penghitungan Packet Loss	74

4.2.3. Proses Pengambilan dan Penghitungan Delay	75
4.2.4. Proses Pengambilan dan Penghitungan Jitter	76
4.3. Tahap Pengujian dan Analisis Data	78
4.3.1. Pengambilan Data pada Percobaan yang Menggunakan Softphone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW	78
4.3.1.1. Throughput pada Percobaan yang Menggunakan Softphone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW	79
4.3.1.2. Packet Loss pada Percobaan yang Menggunakan Softphone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW	82
4.3.1.3. Delay pada Percobaan yang Menggunakan Softphone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW	87
4.3.1.4. Jitter pada Percobaan yang Menggunakan Softphone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW	90
4.3.2. Pengambilan Data pada Percobaan yang Menggunakan Analog Phone dengan Analog Phone pada Jaringan PPUKDW	93
4.3.2.1. Throughput pada Percobaan yang Menggunakan Analog Phone dengan Analog Phone pada Jaringan PPUKDW	94
4.3.2.2. Packet Loss pada Percobaan yang Menggunakan Analog Phone dengan Analog Phone pada Jaringan PPUKDW	97
4.3.2.3. Delay pada Percobaan yang Menggunakan Analog Phone dengan Analog Phone pada Jaringan PPUKDW.....	100
4.3.2.4. Jitter pada Percobaan yang Menggunakan Analog Phone dengan Analog Phone pada Jaringan PPUKDW.....	104
4.3.3. Pengambilan Data pada Percobaan yang Menggunakan Analog Phone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW.....	106
4.3.3.1. Throughput pada Percobaan yang Menggunakan Analog Phone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW	107
4.3.3.2. Packet Loss pada Percobaan yang Menggunakan Analog Phone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW	110
4.3.3.3. Delay pada Percobaan yang Menggunakan Analog Phone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW	114

4.3.3.4. Jitter pada Percobaan yang Menggunakan Analog Phone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW	117
4.3.4. Pengambilan Data pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW	120
4.3.4.1. Throughput pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW	121
4.3.4.2. Packet Loss pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW	124
4.3.4.3. Delay pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW	127
4.3.4.4. Jitter pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan Softphone pada Jaringan PPUKDW	130
4.3.5. Pengambilan Data pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan Analog Phone pada Jaringan PPUKDW	133
4.3.5.1. Throughput pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan Analog Phone pada Jaringan PPUKDW	134
4.3.5.2. Packet Loss pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan Analog Phone pada Jaringan PPUKDW	138
4.3.5.3. Delay pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan Analog Phone pada Jaringan PPUKDW	141
4.3.5.4. Jitter pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan Analog Phone pada Jaringan PPUKDW	144
4.3.6. Pengambilan Data pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan IP Phone pada Jaringan PPUKDW	148
4.3.6.1. Throughput pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan IP Phone pada Jaringan PPUKDW	149
4.3.6.2. Packet Loss pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan IP Phone pada Jaringan PPUKDW	153
4.3.6.3. Delay pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan IP Phone pada Jaringan PPUKDW	157

4.3.6.4. Jitter pada Percobaan yang Menggunakan IP Phone dengan IP Phone pada Jaringan PPUKDW	162
4.3.7. Analisis Keseluruhan	166
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	177
5.1. Kesimpulan	177
5.2. Saran	178
DAFTAR PUSTAKA	179

© UKDW

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Audio Codec Bandwidth dan MOS Values	15
Tabel 2.2. Acceptance Delay: G.114	24
Tabel 4.1. Throughput pada percobaan yang menggunakan softphone dengan softphone	80
Tabel 4.2. Packet Loss pada percobaan yang menggunakan softphone dengan softphone	83
Tabel 4.3. Packet Loss pada percobaan yang menggunakan softphone dengan softphone dengan tambahan aktifitas lain seperti browsing, membuka email, dll	84
Tabel 4.4. Delay pada percobaan yang menggunakan softphone dengan softphone.....	87
Tabel 4.5. Jitter pada percobaan yang menggunakan softphone dengan softphone.....	90
Tabel 4.6. Throughput pada percobaan yang menggunakan analog phone dengan analog phone.....	94
Tabel 4.7. Packet Loss pada percobaan yang menggunakan analog phone dengan analog phone.....	98
Tabel 4.8. Delay pada percobaan yang menggunakan analog phone dengan analog phone	101
Tabel 4.9. Jitter pada percobaan yang menggunakan analog phone dengan analog phone	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.10. Throughput pada percobaan yang menggunakan analog phone dengan softphone	108
Tabel 4.11. Packet Loss pada percobaan yang menggunakan analog phone dengan softphone	111
Tabel 4.12. Delay pada percobaan yang menggunakan analog phone dengan softphone.....	114

Tabel 4.13. Jitter pada percobaan yang menggunakan analog phone dengan softphone.....	117
Tabel 4.14. Throughput pada percobaan yang menggunakan IP phone dengan softphone.....	122
Tabel 4.15. Packet Loss pada percobaan yang menggunakan IP phone dengan softphone.....	125
Tabel 4.16. Delay pada percobaan yang menggunakan IP phone dengan softphone.....	128
Tabel 4.17. Jitter pada percobaan yang menggunakan IP phone dengan softphone.....	131
Tabel 4.18. Throughput pada percobaan yang menggunakan IP phone dengan analog phone	135
Tabel 4.19. Packet Loss pada percobaan yang menggunakan IP phone dengan analog phone	138
Tabel 4.20. Delay pada percobaan yang menggunakan IP phone dengan analog phone	141
Tabel 4.21. Jitter pada percobaan yang menggunakan IP phone dengan analog phone.....	145
Tabel 4.22. Throughput pada percobaan yang menggunakan IP phone dengan IP phone	150
Tabel 4.23. Perbandingan rata-rata throughput pada penggunaan softphone, analog phone, dan IP phone	152
Tabel 4.24. Packet Loss pada percobaan yang menggunakan IP phone dengan IP phone	154
Tabel 4.25. Perbandingan rata-rata packet loss pada penggunaan softphone, analog phone, dan IP phone	156
Tabel 4.26. Delay pada percobaan yang menggunakan IP phone dengan IP phone.....	158
Tabel 4.27. Perbandingan rata-rata delay pada penggunaan softphone, analog phone, dan IP phone.....	160

Tabel 4.28. Jitter pada percobaan yang menggunakan IP phone dengan IP phone.....	162
Tabel 4.29. Perbandingan rata-rata jitter pada penggunaan softphone, analog phone, dan IP phone.....	164

© UKDW

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Elemen-elemen pada jaringan komputer.....	8
Gambar 2.2. Membandingkan OSI Model dan TCP/IP Model.....	11
Gambar 2.3. Perubahan analog voice signal ke digital	14
Gambar 2.4. Komponen-komponen dalam jaringan VOIP.....	17
Gambar 2.5. Aturan main dari RTP	19
Gambar 2.6. Source of delay	22
Gambar 2.7. Jitter pada jaringan IP.....	25
Gambar 2.8. Efek dari packet loss	25
Gambar 2.9. VLANs memindahkan traffic diantara switches	29
Gambar 2.10. VLAN Tags.....	29
Gambar 2.11. Memisahkan trafik suara dan data menggunakan Voice VLAN..	30
Gambar 3.1. Router Gateway dan Router Hotspot	35
Gambar 3.2. Switch layer 3 Cisco 3550.....	35
Gambar 3.3. Switch Cisco 2950.....	36
Gambar 3.4. Access Point Ubiquiti Nanostation2	36
Gambar 3.5. Linksys PAP2T-NA	37
Gambar 3.6 Cisco IP Phone 7912 Series	38
Gambar 3.7. Telepon analog Uniden dan LG-ERICSSON GS-460N	38
Gambar 3.8. Tampilan home untuk Server VOIP Trixboxce saat diremote via web	39
Gambar 3.9. Tampilan winbox pada client saat melakukan remote pada router PC mikrotik	40
Gambar 3.10. Tampilan command line mikrotik menggunakan telnet.....	40
Gambar 3.11. Tampilan GUI Switch Cisco menggunakan CNA	41
Gambar 3.12. Tampilan web untuk Access Point Ubiquiti NanoStation2.....	41
Gambar 3.13. Tampilan web untuk Linksys PAP2T-NA	42
Gambar 3.14. Tampilan web untuk Cisco IP Phone 7912	42
Gambar 3.15. Tampilan konfigurasi pada layar Cisco IP Phone	43
Gambar 3.16. Tampilan softphone 3CXPhone versi 6	43

Gambar 3.17. Topologi jaringan PPUKDW yang digunakan untuk penelitian..	47
Gambar 4.1. Gambar topologi jaringan dengan keterangan port yang digunakan	50
Gambar 4.2. Tampilan web untuk pengalamatan Access Point Ubiquiti Nanostation2	54
Gambar 4.3. Tampilan web untuk pengalamatan Linksys PAP2T-NA	55
Gambar 4.4. Tampilan web untuk pengalamatan Trixboxce 2.8.0.4	56
Gambar 4.5. Field yang perlu diisikan pada proses pendaftaran ekstensi SIP....	61
Gambar 4.6. Konfigurasi SIP pada Cisco IP Phone 7912 menggunakan tampilan web	62
Gambar 4.7. Konfigurasi SIP pada Internet Phone Adapter Linksys PAP2T-NA.....	63
Gambar 4.8. Tampilan konfigurasi pada 3CXPhone	64
Gambar 4.9. Voice VLAN pada tabel VLAN di Switch Management.....	65
Gambar 4.10. Voice VLAN pada tabel VLAN di Switch Distribusi 1	66
Gambar 4.11. Voice VLAN pada tabel VLAN di Switch Distribusi 2.....	67
Gambar 4.12. Contoh tampilan nilai rata-rata throughput pada satu panggilan menggunakan JPERF	73
Gambar 4.13. Contoh tampilan nilai rata-rata packet loss pada satu panggilan menggunakan JPERF	75
Gambar 4.14. Tampilan delay pada software aplikasi wireshark	76
Gambar 4.15. Tampilan jitter pada software aplikasi wireshark	77
Gambar 4.16. Topologi percobaan softphone dengan softphone pada jaringan PPUKDW	79
Gambar 4.17. Perbandingan throughput jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan softphone dan softphone.....	80
Gambar 4.18. Perbandingan throughput jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan softphone dan softphone.....	81

Gambar 4.19. Perbandingan throughput jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan softphone dan softphone.....	81
Gambar 4.20. Perbandingan paket loss jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan softphone dan softphone.....	84
Gambar 4.21. Perbandingan paket loss jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan softphone dan softphone.....	85
Gambar 4.22. Perbandingan paket loss jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan softphone dan softphone.....	85
Gambar 4.23. Perbandingan delay jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan softphone dan softphone.....	88
Gambar 4.24. Perbandingan delay jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan softphone dan softphone.....	88
Gambar 4.25. Perbandingan delay jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan softphone dan softphone.....	89
Gambar 4.26. Perbandingan jitter jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan softphone dan softphone.....	91
Gambar 4.27. Perbandingan jitter jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan softphone dan softphone.....	91
Gambar 4.28. Perbandingan jitter jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan softphone dan softphone.....	92
Gambar 4.29. Topologi percobaan analog phone dengan analog phone pada jaringan PPUKDW.....	93
Gambar 4.30. Perbandingan throughput jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan analog phone	95

Gambar 4.31. Perbandingan throughput jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan analog phone	95
Gambar 4.32. Perbandingan throughput jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan analog phone	96
Gambar 4.33. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan analog phone	98
Gambar 4.34. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan analog phone	99
Gambar 4.35. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan analog phone	99
Gambar 4.36. Perbandingan delay jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan analog phone	102
Gambar 4.37. Perbandingan delay jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan analog phone	102
Gambar 4.38. Perbandingan delay jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan analog phone	103
Gambar 4.39. Perbandingan jitter jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan analog phone	105
Gambar 4.40. Perbandingan jitter jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan analog phone	105

Gambar 4.41. Perbandingan jitter jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan analog phone.....	106
Gambar 4.42. Topologi percobaan analog phone dengan softphone pada jaringan PPUKDW.....	107
Gambar 4.43. Perbandingan throughput jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan softphone.....	108
Gambar 4.44. Perbandingan throughput jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan softphone.....	109
Gambar 4.45. Perbandingan throughput jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan softphone.....	109
Gambar 4.46. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan softphone.....	112
Gambar 4.47. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan softphone.....	112
Gambar 4.48. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan softphone.....	113
Gambar 4.49. Perbandingan delay jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan softphone	115
Gambar 4.50. Perbandingan delay jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan softphone	115
Gambar 4.51. Perbandingan delay jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan softphone	116
Gambar 4.52. Perbandingan jitter jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan softphone	118

Gambar 4.53. Perbandingan jitter jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan softphone	118
Gambar 4.54. Perbandingan jitter jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan analog phone dan softphone	119
Gambar 4.55. Topologi percobaan IP phone dengan softphone pada jaringan PPUKDW	121
Gambar 4.56. Perbandingan throughput jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan softphone	122
Gambar 4.57. Perbandingan throughput jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan softphone	123
Gambar 4.58. Perbandingan throughput jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan softphone	123
Gambar 4.59. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan softphone	125
Gambar 4.60. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan softphone	126
Gambar 4.61. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan softphone	126
Gambar 4.62. Perbandingan delay jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan softphone	128
Gambar 4.63. Perbandingan delay jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan softphone	129
Gambar 4.64. Perbandingan delay jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan softphone	129

Gambar 4.65. Perbandingan jitter jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan softphone	131
Gambar 4.66. Perbandingan jitter jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan softphone	132
Gambar 4.67. Perbandingan jitter jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan softphone	132
Gambar 4.68. Topologi percobaan IP phone dengan analog phone pada jaringan PPUKDW	134
Gambar 4.69. Perbandingan throughput jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan analog phone	136
Gambar 4.70. Perbandingan throughput jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan analog phone	136
Gambar 4.71. Perbandingan throughput jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan analog phone	137
Gambar 4.72. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan analog phone	139
Gambar 4.73. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan analog phone	139
Gambar 4.74. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan analog phone	140
Gambar 4.75. Perbandingan delay jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan analog phone.....	142
Gambar 4.76. Perbandingan delay jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan analog phone.....	143

Gambar 4.77. Perbandingan delay jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan analog phone.....	143
Gambar 4.78. Perbandingan jitter jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan analog phone.....	146
Gambar 4.79. Perbandingan jitter jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan analog phone.....	146
Gambar 4.80. Perbandingan jitter jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan analog phone.....	147
Gambar 4.81. Topologi percobaan IP phone dengan IP phone pada jaringan PPUKDW.....	149
Gambar 4.82. Perbandingan throughput jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan IP phone	150
Gambar 4.83. Perbandingan throughput jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan IP phone	151
Gambar 4.84. Perbandingan throughput jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan IP phone	151
Gambar 4.85. Perbandingan throughput jaringan kabel menggunakan softphone-softphone, analog phone-analog phone, dan IP phone-IP phone.....	152
Gambar 4.86. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan IP phone	154
Gambar 4.87. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan IP phone	155
Gambar 4.88. Perbandingan packet loss jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan IP phone	155
Gambar 4.89. Perbandingan packet loss jaringan kabel menggunakan softphone-softphone, analog phone-analog phone, dan IP phone-IP phone.....	156
Gambar 4.90. Perbandingan delay jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan IP phone.....	159
Gambar 4.91. Perbandingan delay jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan IP phone.....	159

Gambar 4.92. Perbandingan delay jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan IP phone.....	160
Gambar 4.93. Perbandingan delay jaringan kabel menggunakan softphone-softphone, analog phone-analog phone, dan IP phone-IP phone.....	161
Gambar 4.94. Perbandingan jitter jaringan kabel pada pagi hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan IP phone.....	163
Gambar 4.95. Perbandingan jitter jaringan kabel pada siang hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan IP phone.....	163
Gambar 4.96. Perbandingan jitter jaringan kabel pada sore hari yang didapat pada saat sesi pengambilan data menggunakan IP phone dan IP phone.....	164
Gambar 4.97. Perbandingan jitter jaringan kabel menggunakan softphone-softphone, analog phone-analog phone, dan IP phone-IP phone.....	165

© UKDW

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi yang pesat dewasa ini telah mendorong pemanfaatan teknologi informasi di berbagai bidang industri, salah satunya dalam bidang telekomunikasi. Adanya teknologi *Voice over Internet Protocol (VoIP)* telah memungkinkan komunikasi suara menggunakan jaringan komputer, baik secara *Local Area Network (LAN)* maupun jaringan internet.

Penggunaan teknologi VoIP perlu didukung oleh ketersediaan *bandwidth* yang cukup besar. Teknologi VoIP memerlukan koneksi *establish* sebelum melakukan komunikasi suara menggunakan jaringan komputer. Hal ini memerlukan adanya konektivitas yang *reliable*, namun pada perkembangan saat ini, dimana jaringan komputer tidak hanya mengirimkan data selain suara, maka hal ini akan menyebabkan *packet loss*, *jitter*, dan *delay* yang tinggi sehingga menyebabkan penurunan kualitas suara yang dikirimkan.

Jaringan VoIP dengan menggunakan *Voice VLAN (Voice Virtual Local Area Network)* dapat memisahkan data *non-voice* dengan *voice* dalam satu kabel atau biasa disebut *mini-trunk*. Hal ini dapat meningkatkan pembagian jalur untuk VLAN untuk *voice* dan *non-voice*. Jaringan *Voice* memerlukan prioritas dalam jaringan komputer yang mana dilalui oleh berbagai macam jenis data (*Converged Network*). Oleh karena itu, diperlukan QoS (*Quality of Service*) yang mampu membagi prioritas serta limitasi *bandwidth* pada masing-masing jalur.

Jaringan VoIP akan sangat berkembang seiring dengan ketersediaan jaringan internet yang berbasis IP (*Internet Protocol*) diharapkan dengan adanya infrastruktur jaringan internet dan kemajuan teknologi VoIP dapat mengurangi biaya telepon dan juga fleksibilitas. Kemajuan Teknologi Informasi di bidang *device* seperti *smartphone* yang telah mendukung aplikasi VoIP dan jaringan *wireless*, serta *IP Phone* yang merupakan telepon berbasis IP juga menambah tingkat penggunaan jaringan *voice* sebagai media untuk berkomunikasi.

1.2. Perumusan Masalah

Penelitian tugas akhir ini memiliki rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana *Voice VLAN* dapat meningkatkan kualitas *traffic* suara yang dikirimkan melalui sebuah jaringan menggunakan *IP Phone* dengan parameter *packet loss, jitter, delay, dan throughput* ?
- b. Bagaimana *QoS (Quality of Service)* dapat meningkatkan kualitas *traffic* suara yang dikirimkan melalui sebuah jaringan dengan parameter *packet loss, jitter, delay, dan throughput* ?

1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Menganalisis performa atau kualitas *traffic voice* yang dikirimkan melalui jaringan dengan parameter *packet loss, jitter, delay, dan throughput*.
- b. Menganalisis performa atau kualitas *traffic voice* yang dikirimkan melalui jaringan yang menerapkan *QoS* dan *Voice VLAN* dengan parameter *packet loss, jitter, delay, dan throughput*.
- c. Server *VoIP* atau *PBX (Private Branch Exchange)* yang digunakan adalah *trixbox^{ce}* yang menggunakan *core Asterisk*.
- d. Analisis ini akan dilakukan di jaringan Pusat Pelatihan dan Uji Kompetensi Duta Wacana.
- e. Aplikasi dan *tools* yang digunakan untuk penelitian ini adalah *Wireshark, Jperf, 3CXPhone, dan Microsoft Excel*.
- f. Menggunakan *hardware Personal Computer (PC), switch Cisco 3550, router cisco 1720, dan Cisco IP Phone 7912*.
- g. *Protocol voice* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *SIP (Session Initiation Protocol)* dan *RTP (Real-time Transport Protocol)*.
- h. *Codec* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *G.711*
- i. Implementasi dan pengujian dilakukan pada jaringan *LAN (Local Area Network)* dan tidak memperdulikan jarak antar *device*.

1.4. Hipotesis

Penerapan *Quality of Service (QoS)* dan *VLAN (Virtual Local Area Network) Voice* dapat meningkatkan kualitas *traffic* suara yang melewati jaringan dengan berdasarkan pada nilai parameter *packet loss, jitter, delay, dan throughput*.

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Menganalisis secara menyeluruh mengenai *QoS* dalam meningkatkan performa jaringan *Voice Over Internet Protocol (VoIP)* berdasarkan *traffic* suara yang melalui jaringan menggunakan parameter *packet loss, jitter, delay* dan *throughput*.
- b. Mengetahui kualitas *traffic* suara yang dihasilkan dari layanan *VoIP* yang menerapkan *Voice VLAN* di dalam sebuah jaringan berdasarkan parameter *packet loss, jitter, delay* dan *throughput*.

1.6. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Melakukan studi literatur dan kajian dari sumber-sumber yang berkaitan dengan penerapan *QoS* dan *Voice VLAN* pada jaringan *VoIP*.
- b. Melakukan perancangan dan implementasi topologi jaringan di PPUKDW.
- c. Pembuatan Server *VoIP* atau *PBX* menggunakan Asterisk serta mengimplementasikan *QoS* dan *Voice VLAN* ke dalam jaringan PPUKDW (Pusat Pelatihan dan Uji Kompetensi Duta Wacana).
- d. Pengambilan dan pengolahan contoh data menggunakan parameter *packet loss, jitter, delay* dan *throughput*
- e. Menarik kesimpulan terhadap hasil analisis dari pengamatan *traffic* suara berdasarkan parameter-parameter yang digunakan di jaringan PPUKDW

1.7. Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini dibagi menjadi 5 bab, dengan rincian:

BAB I PENDAHULUAN, membahas tentang latar belakang masalah dari penelitian, rumusan masalah, batasan-batasan masalah, metode penelitian, tujuan serta sistematika penulisan dari penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI, Bab ini memperkuat gagasan-gagasan yang muncul dengan memberikan landasan teori dari berbagai sumber mengenai *QoS*, *Voice VLAN* dan konsep-konsep dasar dari sebuah jaringan VoIP termasuk didalamnya berupa protokol *SIP (Session Initiation Protocol)* yang digunakan dalam penelitian ini. Pada bab ini juga diterangkan secara lebih detail sesuai informasi serta studi pustaka yang diperoleh peneliti yang berkaitan dengan pengujian yang dilakukan

BAB III PERANCANGAN PENELITIAN, berisi rancangan dari sistem jaringan *VoIP* yang mengimplementasikan *QoS* dan *Voice VLAN* pada jaringan Pusat Pelatihan dan Uji Kompetensi Duta Wacana. Alur kerja sistem, serta kebutuhan akan *hardware* maupun *software* untuk mendukung penelitian.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM, berisi uraian detail implementasi sistem serta uraian mengenai hasil analisis yang didapatkan dari hasil ujicoba disetiap tahapan penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN, berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran-saran guna penelitian lebih lanjut untuk pengujian *QoS* dan *Voice VLAN* pada jaringan *VoIP*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melalui tahapan implementasi dan analisis terhadap *voice VLAN* dan QoS pada jaringan VOIP maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, yaitu:

- a. *Voice VLAN* mampu meningkatkan kualitas trafik suara dengan signifikan dalam jaringan dengan menggunakan *IP phone* berdasarkan parameter *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *jitter*.
- b. Penggunaan *voice VLAN* mampu memaksimalkan sebuah *port* pada *switch* untuk mengirimkan data dan suara melalui *link* yang sama.
- c. Penerapan QoS mampu meningkatkan kualitas suara berdasarkan nilai *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *jitter* pada jaringan VOIP yang menggunakan berbagai *device* seperti *IP phone*, *analog phone* dan *softphone*.
- d. Penerapan *voice VLAN* dan QoS secara bersamaan mampu menghasilkan nilai parameter *throughput*, *packet loss*, *jitter* dan *delay* yang terbaik untuk menunjukkan kualitas pada trafik suara.
- e. Pada penggunaan *softphone* yang dilakukan dengan aktifitas lain dapat menyebabkan terjadinya *packet loss* pada pengiriman *packet* suara. Oleh karena itu, penggunaan *dedicated device* untuk menelpon jauh lebih baik dibandingkan *softphone* yang menggunakan *device* komputer atau *PC*.
- f. Penerapan jaringan VOIP menggunakan *device* seperti *analog phone*, *softphone*, dan *IP phone* dapat diterapkan pada jaringan PPUKDW. Nilai parameter *delay* pada penelitian ini sebelum menggunakan QoS memiliki nilai rata-rata dengan *range* 79.7868 ms hingga 79.8552 ms. Nilai *delay* ini lebih rendah dari rekomendasi dari ITU-T dalam dokumen G.114 yang menyebutkan *one-way delay* atau setengah dari

nilai *roundtrip delay* yang digunakan dalam penelitian ini, yang termasuk dalam *acceptable for most user applications* adalah 0-150 ms. Nilai parameter *jitter* pada penelitian ini sebelum menggunakan QoS memiliki nilai rata-rata dengan *range* 1.378 ms hingga 6.032 ms. Nilai *jitter* ini masih lebih rendah dari nilai toleransi *jitter* yang direkomendasikan ITU-T yaitu 30 ms untuk *one-way jitter*. Hal ini dapat lebih didukung dengan penggunaan *voice VLAN* dan QoS untuk mengoptimalkan penggunaan *port* pada *switch* dan meningkatkan nilai parameter *throughput* serta menurunkan nilai *delay*, *jitter*, dan *packet loss*.

5.2. Saran

Pada proses penelitian ini, penulis memperoleh beberapa hal yang dapat menjadi masukan untuk penerapan jaringan VOIP di PPUKDW, diantaranya:

- a. Memaksimalkan pengelolaan *bandwidth* dengan menggunakan QoS untuk meningkatkan performa dari *traffic voice* selain dengan menggunakan *priority* dalam *scheduling* seperti memblok beberapa *traffic* maupun melakukan limitasi *bandwidth* pada penggunaan trafik yang tidak penting.
- b. Menggunakan *device dedicated* yang digunakan untuk menelpon atau menggunakan *voice VLAN* dan *IP phone* untuk memaksimalkan secara *physical* tanpa mengurangi performa trafik suara.
- c. Saat melakukan panggilan telepon menggunakan softphone, sebaiknya mengurangi aktifitas dari aplikasi lain yang dapat membebani kinerja dari CPU atau yang dapat membebani pada *traffic* suara.

Daftar Pustaka

- Al-Saadoon, G. M. (2009). Asterisk Open Source to Implement Voice over Internet Protocol. *International Journal of Computer Science and Network Security*. Vol 9 No 6, 39-42.
- Cloara, J. & Valentine M. (2012). *CCNA Voice 640-461 Official Cert Guide-second edition*. Indianapolis: Cisco Press.
- Dar, E., & Latif, M. (2010). Issues of Implementation of Voice over IP with Quality of Service: An Overview. *International Journal of Computer Science and Telecommunications*. Vol 1 Issue 1, 7-12.
- Dye, M. A., McDonald, R., Ruff, A. W. (2008). *Network Fundamental: CCNA Exploration Companion Guide*. Indianapolis: Cisco Press.
- Idrees, F., & Khan, U. A. (2008). A Generic Technique for Voice over Internet Protocol (VoIP) Traffic Detection. *International Journal of Computer Science and Network Security*. Vol 8 No 2, 52-59.
- Li, J., Sengupta, S. & Vasudevan, V. (2009). *A First Look at Media Conferencing Traffic in the Global Enterprise*. Diakses 5 Maret 2012, dari <http://www.springerlink.com/content/m20462547111h167/fulltext.pdf>
- Lewis, Wayne, Ph.D. (2008). *LAN Switching and Wireless: CCNA Exploration Companion Guide*. Indianapolis: Cisco Press.
- Wallace, Kevin. (2009). *Authorized Self-Study Guide: Cisco Voice over IP (CVOICE)*. Indianapolis: Cisco Press.