

ANALISA PERFORMANSI VOIP MENGGUNAKAN SECURE REAL- TIME TRANSPORT PROTOCOL (SRTP)

SKRIPSI KONSENTRASI KOMPUTASI BERBASIS JARINGAN

Untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Komputer



Disusun Oleh :
PENNYKA TRIFIKA RIMBI
NIM. 0910683073

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
PROGRAM TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER**

MALANG

2013

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISA PERFORMANSI VOIP MENGGUNAKAN SECURE REAL-TIME TRANSPORT PROTOCOL (SRTP)

SKRIPSI

KONSENTRASI KOMPUTASI BERBASIS JARINGAN

Untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Komputer



Disusun Oleh:

PENNYKA TRIFIKA RIMBI

NIM. 0910683073

Skripsi ini telah disetujui oleh dosen pembimbing pada tanggal 1 Juli 2013 :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Kasyful Amron, ST., M.Sc
NIP. 19750803 200312 1 003

Eko Sakti P., S.Kom., M.Kom.
NIP. 860805 06 1 1 0252

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PERFORMANSI VOICE OVER INTERNET PROTOCOL
MENGUNAKAN SECURE REAL-TIME TRANSPORT PROTOCOL**

SKRIPSI

KONSENTRASI KOMPUTASI BERBASIS JARINGAN

Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :

Pennyka Trifikta Rimbi

NIM. 0910683073

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 19 Juli 2013

Penguji I

Penguji II

Achmad Basuki, ST., M.MG., Ph.D
NIP. 197411182003121002

Aswin Suharsono, ST., MT
NIK. 840919 06 11 0251

Penguji III

Gembong Edhi setyawan, S.T., M.T
NIK. 850920 16 1 1 0373

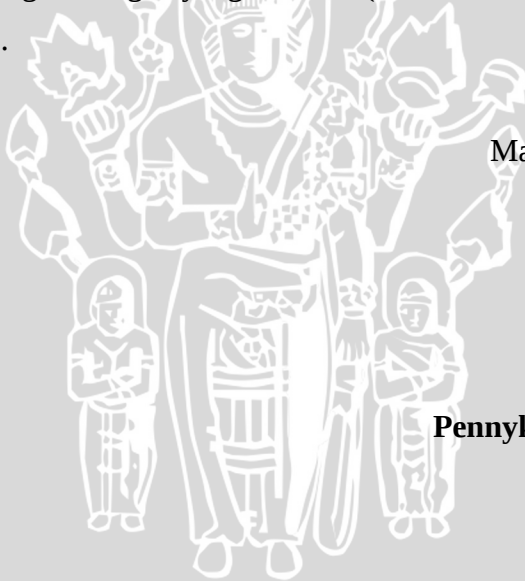
Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Informatika

Drs. Marji, M.T.
NIP. 19670801 199203 1 001

PERNYATAAN**ORISINALITAS SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).



Malang, 19 Juli 2013

Mahasiswa,

Pennyka Trifikta Rimbi

0910683073

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah mencurahkan kasih dan rahmat, sehingga Proposal skripsi yang berjudul “ANALISA PERFORMANSI VOIP MENGGUNAKAN SECURE REAL-TIME TRANSPORT PROTOCOL (SRTP)” ini dapat diselesaikan.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Almarhum Bapak Paimo, Ayahanda H. Moh. Ta'ib Sugianto dan Ibunda Hj. Indriyati yang selalu tidak lepas dari do'a dan harapan untuk terselesaikannya skripsi ini dan terus memberikan dorongan moral, material dan kasih sayangnya tiada akhir.
2. Kakak-kakak serta Adik yang senantiasa memberi do'a dan motivasi. Tak lupa juga penulis berterima kasih untuk segenap keluarga besar penulis.
3. Bapak Drs. Marji, MT. dan Bapak Issa Arwani S.Kom, MSc. selaku Ketua Program dan Sekretaris Program Studi Teknik Informatika, segenap Bapak/Ibu Dosen dan seluruh Staff Teknik Informatika Universitas Brawijaya.
4. Bapak Kasyful Amron, ST., Msc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Eko Sakti P, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Kekasih penulis, Prasetyan hatmojo, yang selalu menjadi motivasi penulis, memberikan doa dan semangat agar skripsi ini cepat selesai dan lulus untuk segera bekerja

7. Senior penulis, Mbak Ismi, Mas Amri, Mas Sukma, Mas Yogi, Mas Cahyo, Mbak Lidya, Mbak Jun dan senior lain yang berjuang skripsi, terima kasih atas bantuan dan petunjuknya.
8. Teman penulis, Aulia, Ichsan, Adestiana, Bkti, Bagus, Ryan yang selalu bertukar pikiran dan semangat selama pengerjaan skripsi ini serta senior penulis, mas fafa dan mas nyoman yang senantiasa member masukan selama pengerjaan skripsi ini.
9. Mas Bro selaku Laboran dan Mas penjaga kunci Laboratorium jaringan yang selalu bersedia meminjamkan lab untuk melaksanakan percobaan dan pengujian.
10. Semua teman Teknik Informatika 2009.
11. Pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang terlibat langsung maupun tidak langsung demi terselesaikannya skripsi ini.

Hanya doa yang bisa penulis berikan dan semoga Allah SWT memberikan pahala serta balasan kebaikan yang berlipat. Amin.

Penulis menyadari bahwa Proposal skripsi ini jauh dari sempurna dan banyak kekurangan Untuk itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga laporan skripsi ini membawa manfaat bagi penulis maupun pihak lain yang menggunakannya.

Malang, 2013

Penulis

ABSTRAKSI

Pennyka Trifikta Rimbi. 2013. Performansi VoIP Menggunakan Secure Real-Time Transport Protocol (SRTP). Skripsi Program Studi Teknik Informatika. PTIIK Universitas Brawijaya. Kasyful Amron, S.T., M.Sc dan Eko Sakti P, S.Kom., M.Kom.

Seiring berjalannya waktu, perkembangan teknologi informasi dan komunikasi hingga saat ini terus berkembang. Salah satunya ditemukan media komunikasi berbasis IP untuk memudahkan interaksi antar manusia yaitu VoIP. VoIP menawarkan biaya yang lebih rendah dan fleksibilitas yang lebih besar, tetapi menyajikan tantangan keamanan yang rentan. Salah satu kerentanan pada VoIP adalah *sniffing*. *Secure Real-time Transport Protocol* (SRTP) adalah salah satu cara pengamanan VoIP dari serangan *sniffing*. SRTP mampu mengamankan *payload* paket VoIP sehingga penyadapan pada VoIP dapat dicegah, tetapi SRTP dapat mempengaruhi kualitas layanan suara VoIP. Pengujian kualitas VoIP dengan SRTP dilakukan di lingkungan PTIIK dengan kondisi jaringan dan media yang berbeda. Pada pengujian VoIP dengan SRTP dengan kondisi dan media yang digunakan menunjukkan bahwa rata-rata nilai *delay* propagasi untuk *forward* sebesar 19,98 ms dan *reverse* sebesar 22,46 ms. Rata-rata nilai *jitter* untuk *forward* sebesar 2,16 ms dan *reverse* sebesar 8,41 ms. Rata-rata nilai *packet loss* untuk *forward* sebesar 0,04 ms dan *reverse* sebesar 0,82 ms.

Kata Kunci : *VoIP, SRTP*

ABSTRACT

Pennyka Trifikta Rimbi. 2013. Analysis Performansy VoIP Use of Secure Real-Time Transport Protocol (SRTP). Skripsi Informatics Technology / Computer Science Study. Information Technology and Computer Science Program Brawijaya University. Supervisor: Kasyful Amron, ST., M.Sc and Eko Sakti P, S.Kom., M.Kom.

The development of information and communication technology is growing rapidly. Such as the invention of an IP-based communication media to facilitate interaction between people called VoIP (Voice over IP Communications). VoIP offers lower cost and greater flexibility, but there is security threat that are quite vulnerable. Which one is sniffing (known as eavesdropping). Secure Real-time Transport Protocol (SRTP) is one way of securing VoIP sniffing attacks. SRTP is able to secure the packet payload, preventing from sniffing, but the use of SRTP can affect voice quality on VoIP services. VoIP quality testing is done in an environment in PTIIK's Network in which network conditions and media were different. On testing VoIP using SRTP shows that the average value of propagation *delay* (the time required to deliver the data via VoIP) for the *forward* is 19.98 ms and *reverse* is 22.46 ms. The average value of *jitter* is 2.16 ms for the *forward* and *reverse* is 8.41 ms. The average value of *packet loss* is 0.04 ms for the *forward* and *reverse* is 0.82 ms.

Keyword : VoIP, SRTP

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAKSI.....	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II	4
KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terkait	4
2.2 Voice over Internet Protocol	4
2.3 CODEC (Kompresi Data Suara)	8
2.4 <i>Secure Real-time Transport Protocol</i> (SRTP)	9
2.5 Kualitas Layanan VoIP	11
2.5.1 Waktu Tunda (<i>Delay</i>)	11
2.5.2 Jitter	11
2.5.3 <i>Packet Loss</i>	12
BAB III.....	13
METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN	13

3.1 Metode Penelitian.....	13
3.1.1 Studi Literatur.....	14
3.1.2 Analisis Kebutuhan	14
3.1.3 Perancangan Sistem.....	16
3.1.4 Implementasi	16
3.1.5 Pengujian dan Analisis	17
3.1.6 Pengambilan Kesimpulan	20
3.2 Perancangan Sistem	21
3.2.1 Perancangan Topologi.....	21
3.2.2 perancangan Panggilan.....	22
3.2.3 Perancangan Perangkat Keras.....	22
3.2.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	23
BAB IV	24
IMPLEMENTASI.....	24
4.1 Implementasi Jaringan	24
4.2 Implementasi Asterisk 11.2.1	26
4.3 Implementasi Iperf	27
4.4 Implementasi Secure Real-Time Transport Protocol	29
4.5 Implementasi Softphone.....	31
4.5.1 X-lite.....	31
4.5.2 Blink	31
BAB V.....	33
PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	33
5.1. Pengujian Konektivitas Client-Server	33
5.1.1 Pengujian Konektivitas Client-Server tanpa Keamanan	33
5.1.2 Pengujian Konektivitas Client-Server dengan SRTP	35
5.2 Pengujian Penyadapan	36
5.2.1 Pengujian Penyadapan VoIP tanpa Keamanan.....	36
5.2.2 Pengujian Penyadapan VoIP dengan SRTP	38
5.3 Pengujian Kualitas VoIP	40

5.3.1 Analisa Kualitas VoIP Tanpa Keamanan	40
5.3.2 Analisa Kualitas VoIP Dengan SRTP	49
BAB VI	57
PENUTUP	57
6.1 Kesimpulan	57
6.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	61
Lampiran 1. Data trafik jaringan ptiik sebelum pengujian	61
Lampiran 2: Diagram Alir Pemanggilan	64
Lampiran 3. Diagram alir instalasi server	65
Lampiran 4. Konfigurasi sip.conf dan extensions.conf	66
Lampiran 5: Diagram Alir Konfigurasi Srtip	67
Lampiran 6: Konfigurasi Pendukung SRTP	68
Lampiran 7: Hasil Debug RTP	69
Lampiran 8: Hasil Debug SRTP	71
Lampiran 9: Diagram Alir Pengujian Kualitas Layanan Suara VoIP	72
Lampiran 10: All Traffic di PTIHK	73
Lampiran 11: Hasil Analisa Kualitas Layanan VoIP	77

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2-1 Sesi Komunikasi pada SIP	6
Gambar 2-2 Posisi SRTP pada layer TCP/IP	10
Gambar 3-0-1 Diagram Alir Metodologi Penelitian	13
Gambar 3-2 Diagram Alir Implementasi Perangkat Lunak	17
Gambar 3-3 Diagram alir pengujian.....	18
Gambar 3-4 Skenario pengujian RTP	19
Gambar 3-5 Skenario pengujian SRTP	19
Gambar 3-6 Topologi Jaringan	21
Gambar 3-7 Skema Panggilan VoIP	22
Gambar 4-1 Konfigurasi jaringan dari sisi server	25
Gambar 4-2 Hasil konfigurasi Eth0 pada server	25
Gambar 4-3 Hasil Instalasi server asterisk	27
Gambar 4-4 Hasil instalasi iperf.....	28
Gambar 4-5 Pemberian beban melalui UTP	29
Gambar 4-6 Pemberian beban melalui Wireless	29
Gambar 4-7 File hasil generate key.....	30
Gambar 4-8 Status sertifikat pada server	31
Gambar 4-9 Tampilan konfigurasi <i>client</i> Blink	32
Gambar 5-1 Status Peering SIP RTP.....	34
Gambar 5-2 Proses Komunikasi User 200 dan 300	34
Gambar 5-3 Status peer SIP SRTP.....	35
Gambar 5-4 Proses Komunikasi <i>client</i> dengan SRTP.....	36
Gambar 5-5 Melihat protocol SIP	37
Gambar 5-6 Hasil penyadapan VoIP	38
Gambar 5-7 Melihat protokol SIP setelah VoIP dengan SRTP	39
Gambar 5-8 Hasil transport TLS pada VoIP dengan SRTP.....	39
Gambar 5-9 Hasil penyadapan VoIP dengan SRTP.....	40

Gambar 5-10 Wireshark membaca data RTP dari client 1.....	41
Gambar 5-11 Wireshark membaca data RTP dari client 2.....	42
Gambar 5-12 Wireshark RTP Stream dari client 1	42
Gambar 5-13 Wireshark RTP Stream dari client 2	43
Gambar 5-14 Wireshark <i>Summary</i>	44
Gambar 5-15 Delay Forward VoIP tanpa keamanan	45
Gambar 5-16 Delay Reverse VoIP tanpa keamanan	45
Gambar 5-17 Jitter forward VoIP tanpa keamanan.....	46
Gambar 5-18 Jitter Reverse VoIP tanpa keamanan.....	47
Gambar 5-19 Packet Loss forward VoIP tanpa keamanan	48
Gambar 5-20 Packet Loss reverse VoIP tanpa keamanan.....	49
Gambar 5-21 Wireshark membaca data SRTP	50
Gambar 5-22 Delay forward VoIP dengan SRTP	51
Gambar 5-23 Delay reverse VoIP dengan SRTP	52
Gambar 5-24 Jitter forward VoIP dengan SRTP	53
Gambar 5-25 Jitter reverse VoIP dengan SRTP.....	54
Gambar 5-26 Packet loss forward VoIP dengan SRTP.....	55
Gambar 5-27 Packet loss reverse VoIP dengan SRTP.....	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2-1 SIP Request Message.....	6
Tabel 2-2 SIP Response Message	7
Tabel 2-3 Macam-macam <i>CODEC</i>	9
Tabel 3-1 Waktu pengujian berdasarkan UTP - UTP	20
Tabel 3-2 Waktu pengujian berdasarkan Kabel UTP – <i>Wireless</i>	20
Tabel 3-3 Tabel perangkat keras Jaringan <i>VoIP</i>	22
Tabel 5-1 Delay forward dan reverse <i>VoIP</i> tanpa keamanan.....	44
Tabel 5-2 Jitter forward dan reverse <i>VoIP</i> tanpa keamanan	46
Tabel 5-3 Packet loss forward dan reverse <i>VoIP</i> tanpa keamanan	48
Tabel 5-4 Delay forward dan reverse <i>VoIP</i> dengan <i>SRTP</i>	51
Tabel 5-5 Jitter forward dan reverse <i>VoIP</i> dengan <i>SRTP</i>	53
Tabel 5-6 Packet loss forward dan reverse <i>VoIP</i> dengan <i>SRTP</i>	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu, perkembangan teknologi informasi dan komunikasi hingga saat ini terus berkembang. Berawal dari ditemukannya media komunikasi radio, kemudian telepon, dan akhirnya handphone serta internet. Media komunikasi selanjutnya menjadi trend di lingkungan masyarakat dan berpengaruh pada kualitas komunikasi dan interaksi manusia secara keseluruhan.

Seperti yang dikatakan oleh senior IEEE Bur Goode dalam jurnalnya berjudul *Voice Over Internet Protocol*, di masa depan nanti semua jenis lalu lintas telepon akan berjalan melalui media internet [GOO-02]. Jaringan Internet dapat dimanfaatkan untuk komunikasi suara dan video. VoIP adalah teknologi yang mampu melewati trafik suara, video dan data yang berbentuk paket melalui jaringan IP [ISK-05]. Menurut Tariq Latif dan Kranthi Kumar Malkajgiri dalam Thesisnya yang berjudul *Adoption of VoIP* terdapat tiga alasan mengapa VoIP perlu untuk dikembangkan yaitu biaya panggilan yang relatif lebih rendah, biaya infrastruktur yang lebih rendah dan kemampuan VoIP dalam integrasi suara dan data [LAT-07].

Salah satu kerentanan pada VoIP adalah *Eavesdropping* yaitu tindakan penyadapan yang dilakukan seseorang yang tidak sah dan tanpa otentikasi untuk mendengarkan percakapan VoIP [BOT-11]. Real-Time Transport Protocol (RTP) adalah protokol yang digunakan untuk mengirim data real-time seperti VoIP. Jika paket RTP tidak terenkripsi, muncul kondisi *Man-In-The-Middle* yang memungkinkan mengendus media packet dan dapat menyebabkan aliran RTP ditangkap oleh pihak ketiga [BOT-11]. Oleh karena itu, peluang penyadapan VoIP semakin meningkat sehingga perlu dibentuk sebuah sistem keamanan data pada VoIP.

Ada dua hal yang perlu menjadi perhatian utama ketika mengimplementasikan VoIP yaitu keamanan dan kualitas layanan VoIP [KAR-12]. *Secure Real-time Transport Protocol (SRTP)* adalah salah satu cara pengamanan VoIP dari serangan *sniffing*. SRTP akan mengamankan bagian pembawa data suara atau disebut *payload*. Dalam implementasinya terdapat beberapa parameter yang akan mempengaruhi kualitas dari layanan VoIP. Sehingga pada tugas akhir ini penulis menawarkan penelitian tentang “ANALISA PERFORMANSI VOIP MENGGUNAKAN SECURE REAL-TIME TRANSPORT PROTOCOL (SRTP)”.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu permasalahan yang diuraikan dalam latar belakang, maka rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengimplementasikan SRTP pada *server Asterisk* untuk mengamankan panggilan VoIP.
2. Bagaimana pengaruh penerapan SRTP terhadap kualitas VoIP (*Delay, jitter, dan Packet loss*)

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dirumuskan lebih terfokus dan tidak terjadi pelebaran topik, maka penelitian tugas akhir ini dibatasi dalam hal:

1. Pengujian performansi menggunakan dua perbandingan, performansi VoIP melalui RTP dan performansi VoIP melalui SRTP.
2. Parameter performansi VoIP yang diukur adalah *Delay, Jitter, dan Packet loss*.

1.4 Tujuan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah mengetahui kualitas suara dalam proses komunikasi dengan menggunakan *Secure Real-Time Transport Protocol (SRTP)* dan menggunakan *Real-Time Transport Protocol (RTP)*

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

- Memberikan solusi terhadap penyadapan VoIP menggunakan *server* asterisk.
- Menjadi bahan referensi penelitian yang berkaitan dengan kualitas layanan VoIP dengan metode pengamanan SRTP

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam proposal ini sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai teori-teori yang berkaitan dan menunjang dalam penyelesaian tugas akhir ini.

BAB III METODE DAN PERANCANGAN

Membahas metode yang digunakan dalam penelitian yang terdiri dari studi literatur, analisa kebutuhan, implementasi, pengujian dan analisis, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

BAB IV IMPLEMENTASI

Membahas tentang implementasi dari sistem.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Memuat proses dan hasil pengujian terhadap sistem yang telah direalisasikan.

BAB VI PENUTUP

Memuat kesimpulan serta saran yang diperoleh dari pembuatan dan pengujian sistem untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terhadap analisa kualitas layanan VoIP, salah satunya dilakukan oleh Kadek Dwijaya Surawan dan kawan-kawan pada penelitian yang berjudul “*Analisis Layanan Kinerja Jaringan VoIP pada Protokol SRTP dan VPN*” tahun 2012 menerangkan bahwa untuk komunikasi pada VoIP tanpa sistem keamanan dan pada VoIP yang menggunakan protokol SRTP memiliki *jitter*, *delay*, dan *packet loss* yang lebih kecil dibandingkan dengan VoIP pada VPN IPsec [SUR-12]. Hasil penelitian Kadek Dwijaya Suryawan menunjukkan dari parameter delay dihasilkan kualitas layanan VoIP sebesar 3.21 ms dan kualitas layanan VoIP dengan SRTP sebesar 4.12 ms. Kualitas layanan VoIP tanpa keamanan dihasilkan nilai *jitter* sebesar 4.40 ms dan kualitas layanan VoIP dengan SRTP dihasilkan nilai *jitter* sebesar 4.58 ms. Dan dari parameter *packet loss* menunjukkan kualitas layanan VoIP tanpa keamanan sebesar 0.07 % dan kualitas layanan VoIP dengan SRTP sebesar 0.09 % [SUR-12]. Dari sisi lain penelitian yang dilakukan oleh Mohd Narzi Ismail yang berjudul “*Implementation of Secure Real Time Transport Protocol on VoIP over Wired in Campus Network Environment*” tahun 2010 menunjukkan bahwa SRTP tidak begitu mempengaruhi kualitas layanan VoIP yang diukur dengan parameter MOS (*Mean Opinion Score*) [ISM-10].

2.2 Voice over Internet Protocol

Voice over Internet Protocol (VoIP) merupakan teknologi yang mampu melewati media suara, video dan data yang berbentuk paket melalui jaringan IP [ISK-05]. VoIP memiliki keuntungan dari segi biaya yang jelas lebih murah dari telepon konvensional. Seiring meningkatnya VoIP, maka akan muncul adanya potensi kerentanan. Kerentanan keamanan pada VoIP tidak jauh beda dengan kerentanan keamanan pada *internet*, salah satunya serangan penyadapan yang

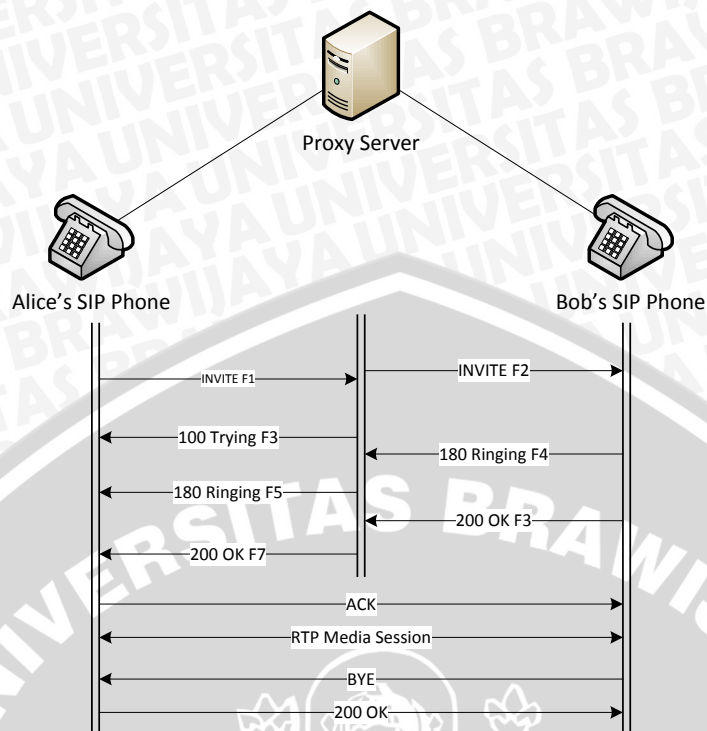
akan muncul. Berdasarkan fungsinya, protokol pada VoIP dapat dibedakan menjadi 2 yaitu protokol pensinyalan dan media transfer.

2.2.1 Protokol Pensinyalan

Dalam perkembangannya, ada 2 jenis protokol pensinyalan yaitu H.323 dan SIP (*Session Initiation Protocol*). Protokol pensinyalan (*signaling*) yang digunakan pada penelitian ini adalah *Session Initiation Protocol* (SIP). SIP dikembangkan oleh *Internet Engineering Task Force* (IETF).

SIP adalah standar IETF (*Internet Engineering Task Force*) yaitu protokol pensinyalan pada layer aplikasi yang berfungsi untuk membangun, memodifikasi, dan mengakhiri suatu sesi multimedia yang melibatkan satu atau beberapa pengguna [HAN-99]. Sesi multimedia adalah pertukaran arus data antara pengguna yang meliputi suara, video, atau teks [TRI-09]. Kontrol panggilan pada SIP adalah menggunakan SDP (*Session Description Protocol*) untuk mendeskripsikan detail dari panggilan tersebut (seperti audio, video, aplikasi, tipe *Codec*, ukuran paket,dll) [GOO-02]. Untuk mengidentifikasi *client*, SIP menggunakan URL yang berupa alamat nomor telepon atau *nickname*.

SIP menggunakan model *client-server*. *Client* mengirim permintaan pada SIP, kemudian *server* menyetujui permintaan tersebut, mengeksekusinya dan memberikan berbagai respon. Dengan demikian ada dua jenis *message*, yaitu *request* dan *response*. Deskripsi *request message* dan *response message* dapat dilihat pada tabel 2-1 dan tabel 2-2 sedangkan gambaran singkat penggunaan *message* tersebut dapat dilihat pada gambar 2-1.



Gambar 2-1 Sesi Komunikasi pada SIP

Sumber: [GOO-02]

SIP mendefinisikan enam metode permintaan yang dapat dilakukan seperti yang dapat dilihat pada tabel 2-1 dan tabel 2-2.

Tabel 2-1 SIP Request Message

Sumber: [GOO-02]

SIP Request Message	Deskripsi
INVITE	Inisiasi rangkaian sinyal panggilan kepada pengguna lain.
ACK	mengkonfirmasi permintaan INVITE.
BYE	mengakhiri suatu sesi atau panggilan.
CANCEL	mengakhiri proses pencarian dan dering telepon.
REGISTER	mengijinkan baik user maupun pihak ketiga (<i>third party</i>) untuk me-register informasi kontak pada <i>server SIP</i> .
OPTIONS	memberikan daftar apa saja yang dapat dilakukan oleh <i>server</i> .

Tabel 2-2 SIP Response Message

Sumber: [RAH-06]

SIP Response Message	Deskripsi
1xx	Respon Informasi Contoh: 180 Ringing
2xx	Respon Sukses/ Berhasil Contoh: 200 OK
3xx	Respon Redirection Contoh: 302 Moved Temporarily
4xx	Respon Kegagalan request Contoh: 403 Forbidden
5xx	Respon Kegagalan server Contoh: 504 Gateway timeout
6xx	Respon Kegagalan global Contoh: 600 Busy everywhere

2.2.2 Protokol Media Transfer

RTP (*Real Time Protocol*) adalah protokol yang digunakan pada proses transfer data multimedia seperti *voice* [PRA-11]. Tiap paket RTP berisi potongan percakapan suara. Besarnya ukuran tiap paket bergantung pada jenis *Codec* yang digunakan. Pada implementasinya RTP dapat digunakan pada beberapa macam data stream yang *real-time* seperti data suara dan data video. RTP juga berisi informasi tipe data yang dikirim, *timestamp* yang digunakan untuk pengaturan waktu, dan *sequence numbers* yang digunakan dalam hal pengurutan paket data dan mendeteksi adanya paket yang hilang [HAN-99]. Informasi RTP dienkapsulasi dalam *User Datagram Protocol* (UDP). Hal tersebut dikarenakan karakteristik komunikasi suara yang sensitif terhadap *delay*, tetapi tidak sensitif terhadap hilangnya paket [PRA-11]. Jika paket RTP hilang dalam jaringan, maka RTP tidak akan melakukan transmisi ulang ,paket tersebut. Dengan tidak adanya mekanisme transmisi ulang maka user tidak perlu menunggu paket tersebut yang akan menambah nilai waktu tunda total.

2.2.2 Media Komunikasi VoIP

Terdapat banyak media komunikasi pada VoIP untuk melakukan panggilan dalam berinteraksi di jaringan internet, salah satunya adalah *softphone*. *Softphone* adalah perangkat lunak sebagai media komunikasi VoIP yang digunakan melalui computer-to-computer sebagai *user agent client* [PRA-11]. Ada beberapa perusahaan yang menawarkan perangkat lunak gratis yang dapat digunakan untuk melakukan panggilan VoIP. Seperti yang digunakan pada penelitian ini yaitu X-lite dan Blink.

2.3 CODEC (Kompresi Data Suara)

Compressor-decompressor (Codec) merupakan pengalihan kode analog menjadi kode digital agar suara dapat dikirim dalam jaringan komputer [PUR-11]. *Codec* digunakan untuk mengurangi penggunaan *bandwidth* di dalam transmisi sinyal pada setiap panggilan dan berfungsi untuk meningkatkan jumlah panggilan [PRA-11]. Ada beberapa elemen yang harus diperhatikan dalam pemilihan *codec* yaitu rasio kompresi, kualitas panggilan dan *delay*. Semakin besar kompresi pada panggilan, maka semakin banyak panggilan yang dapat dilakukan. Rasio kompresi dan kualitas panggilan umumnya berbanding terbalik, untuk itu harus ditemukan kompresi terbaik yang tetap memberikan kualitas suara yang baik. Di dunia VoIP, segala sesuatu yang terjadi merupakan waktu yang terukur dan berharga dimana waktu tersebut dapat menambah peluang bagi paket untuk hilang, kualitas suara menjadi jelek dan terjadi kegagalan panggilan.

ITU-T (*International Telecommunication Union – Telecommunication Sector*) membuat beberapa standar untuk *voice coding* yang direkomendasikan untuk implementasi VoIP. Beberapa standar yang sering dikenal terdapat pada tabel 2-3.

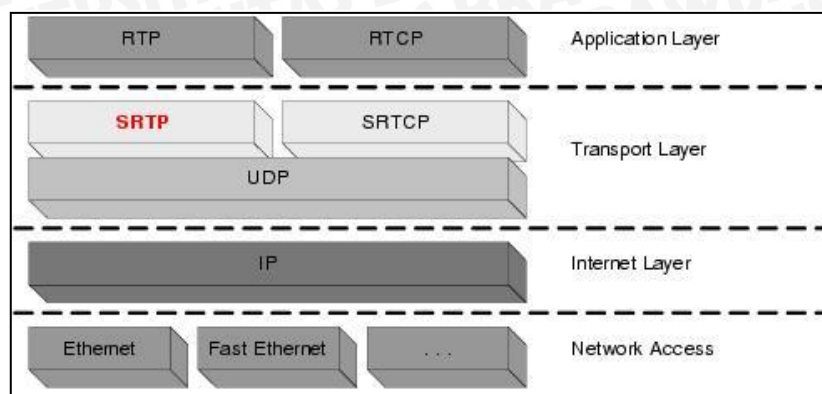
Tabel 2-3 Macam-macam CODEC

Sumber: [PRA-11]; [PUR-11]

CODEC	Bit Rate (Kbps)	Sampe Size (ms)	MOS	Result Voice Quality
ITU-T G.711	64	0.125	4.4	Bagus
ITU-T G.723.1	6.3/5.3	30	3.8-3.9	Rata-rata
ITU-T G.726	16/24/32/ 40	0.125	3.85	Rata-rata
ITU-T G.728	16	0.625	3.61	Rata-rata
ITU-T G.729	8	10	3.92	Rata-rata

2.4 Secure Real-Time Transport Protocol (SRTP)

Secure Real Time Protocol adalah sebuah profile dari *Real-time Transport Protocol* yang menyediakan layanan kerahasiaan, otentikasi pesan, dan reply protection terhadap paket RTP dan RTCP [BOT-11]. SRTP melindungi lalu lintas suara pada lapisan aplikasi. SRTP akan mengenkripsi *payload* multimedia (suara) paket RTP. Sedangkan paket RTCP berfungsi memberikan umpan balik pada kualitas data distribusi. RTCP akan memberikan informasi paket-paket telah diterima atau belum dilihat dari paramater bandwidth, packet loss, delay dan jitter dari sisi pengirim dan penerima (forward – reverse).



Gambar 2-2 Posisi SRTP pada layer TCP/IP

Sumber:

<http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/sametime/v8r0/index.jsp?topic=/com.ibm.help.sametime.telephony.doc/03-Technologien5.html>

Untuk enkripsi dan dekripsi dari aliran data, SRTP menggunakan AES (*Advance Encryption Standart*) sebagai *cipher* default. Ada dua mode yang didefinisikan oleh *cipher* AES untuk digunakan sebagai stream *cipher* yaitu AES-CM (*Advance Encryption Standart – Counter Mode*) dan AES F8. SRTP membutuhkan dua buah jenis kunci yaitu *master key* dan *session key*. *Session key* artinya kunci yang secara langsung digunakan dalam *cryptographic transform* [SUK-09]. Sementara *master key* adalah sebuah bilangan random bit string [SUK-09]. Spesifikasi SRTP telah ditetapkan tiga *kripto-suite* yaitu AES_CM_128_HMAC_SHA1_80, AES_CM_128_HMAC_SHA1_32 dan F8_128_HMAC_SHA1_80 [RFC-4568].

Untuk otentikasi pesan dan melindungi integritas, digunakan algoritma HMAC-SHA1 yang menghasilkan 160-bit, yang kemudian dipotong menjadi 80 atau 32 bit untuk menjadi tag otentikasi yang ditambahkan ke dalam paket data. HMAC dihitung atas *payload* dan bahan dari *header* paket, termasuk nomor urutan paket. Untuk melindungi paket terhadap serangan *sniffing*, penerima mempertahankan indeks pesan yang sebelumnya diterima, membandingkan indeks pesan dengan indeks dari setiap pesan yang baru diterima dan mengakui pesan barunya jika belum dikirim sebelumnya.

2.5 Kualitas Layanan VoIP

Kualitas layanan tidak diperoleh langsung dari infrastruktur yang ada, melainkan diperoleh langsung dengan mengimplementasikannya pada jaringan bersangkutan [PUR-11]. Aplikasi VoIP merupakan aplikasi *real time*, sehingga tidak dapat mentolerir *delay* (dalam batasan tertentu) dan *packet loss*. Kualitas layanan juga dipengaruhi oleh pemenuhan kebutuhan *bandwidth*, jenis kompresi data, interoperabilitas peralatan (vendor yang berbeda) dan jenis standar multimedia yang digunakan seperti protokol pensinyalan.

2.5.1 Waktu Tunda (*Delay*)

Delay adalah waktu yang dibutuhkan untuk transmisi sebuah paket untuk mencapai tujuan [GOO-02]. *Delay* dapat dicari dengan membagi antara panjang paket (L , packet length (bit/s)) dengan link bandwidth (R , link bandwidth (bit/s)) [LEI-11].

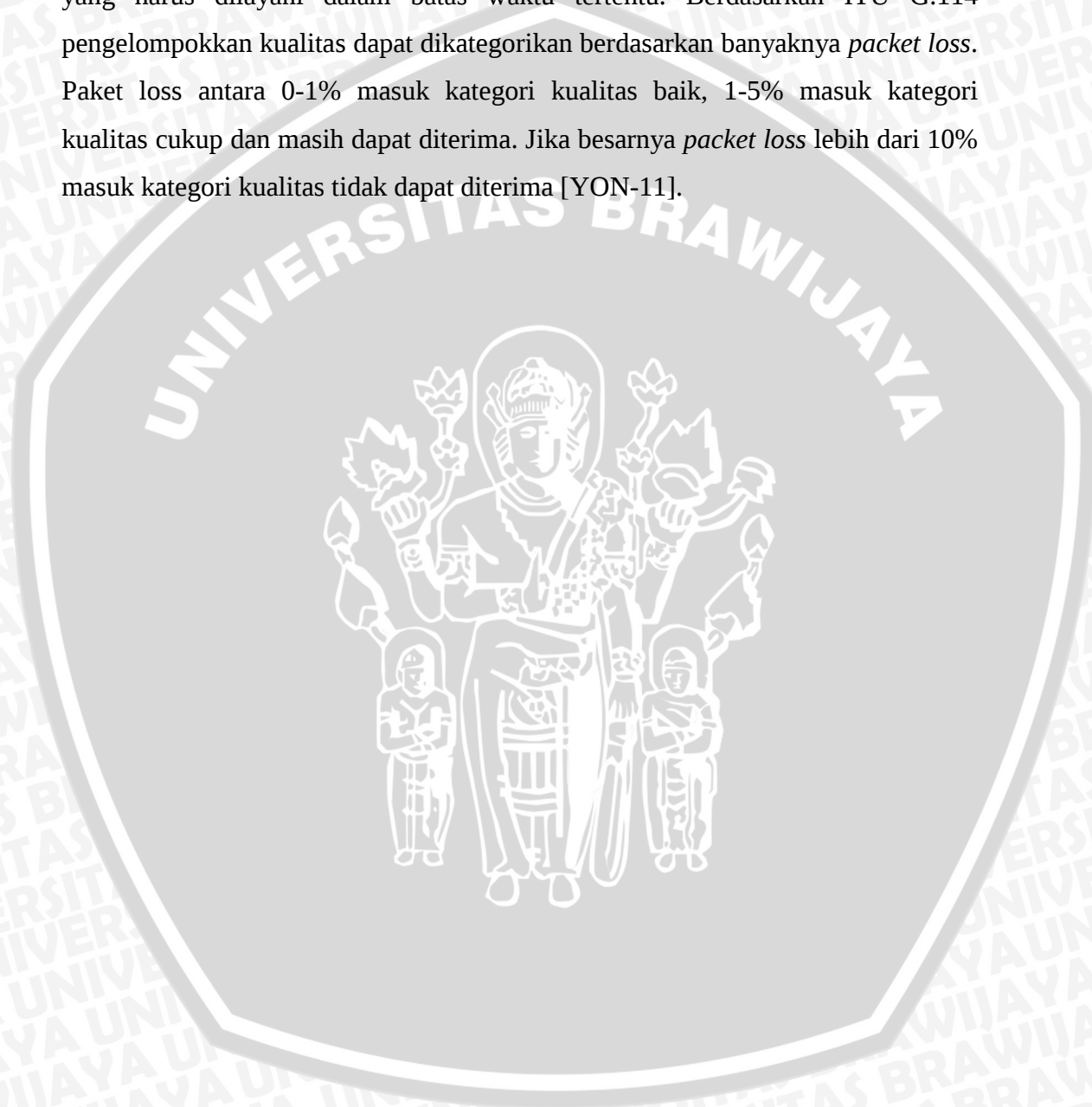
Dalam jaringan VoIP, *delay* merupakan suatu permasalahan yang harus diperhitungkan karena bagus tidaknya suara tergantung dari waktu *delay*. Berdasarkan ITU G.114 pengelompokkan kualitas berdasarkan *delay* berkisar antara 0-150 ms masuk kategori kualitas baik, 150-400 ms masuk kategori kualitas cukup dan masih dapat diterima, jika besarnya *delay* lebih dari 400 ms masuk kategori kualitas buruk [YON-11].

2.5.2 Jitter

Jitter mengacu pada variasi dalam besarnya *delay* untuk setiap paket data yang dikirimkan. Paket sering tidak sampai pada tujuan melalui rute yang sama, atau akan ditunda di router untuk jangka waktu yang berbeda, karena itu paket tidak mencapai target pada tingkat yang stabil. Berdasarkan ITU G.114 pengelompokkan kualitas berdasarkan *jitter* berkisar antara 0-20 ms masuk kategori kualitas baik, 20-50 ms masuk kategori kualitas cukup dan masih dapat diterima, jika besarnya *jitter* lebih dari 50 ms masuk kategori kualitas tidak dapat diterima [YON-11].

2.5.3 Packet loss

Kehilangan paket data pada proses transmisi dapat terjadi ketika terdapat penumpukan data pada jalur yang dilewati pada saat beban puncaknya (*peak load*). Hal ini menyebabkan kemacetan transmisi paket akibat padatnya trafik yang harus dilayani dalam batas waktu tertentu. Berdasarkan ITU G.114 pengelompokkan kualitas dapat dikategorikan berdasarkan banyaknya *packet loss*. Paket loss antara 0-1% masuk kategori kualitas baik, 1-5% masuk kategori kualitas cukup dan masih dapat diterima. Jika besarnya *packet loss* lebih dari 10% masuk kategori kualitas tidak dapat diterima [YON-11].



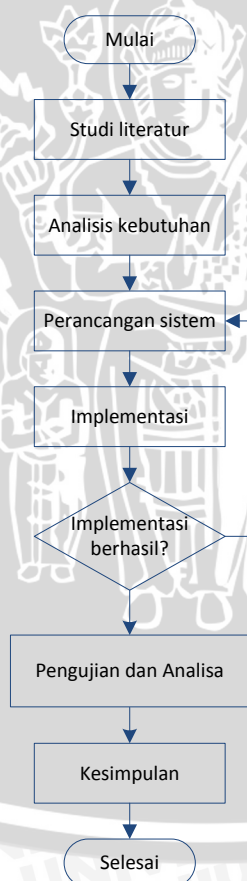
BAB III

METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN

Bab ini menjelaskan metodologi penelitian dan perancangan VoIP dengan menggunakan SRTP pada jaringan lokal Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.

3.1 Metode Penelitian

Metodologi menjelaskan tahapan yang digunakan dalam penelitian. Tahapan penelitian digambarkan dalam bentuk diagram alir seperti pada gambar 3-1.



Gambar 3-0-1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Sumber : [Perancangan]

3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari dan memahami konsep yang terkait dengan kualitas layanan suara *VoIP* menggunakan *Secure Real-time Transport Protocol*. Studi literatur yang dilakukan adalah mengenai karakteristik, parameter, serta teori pendukung lain yang menunjang dalam penulisan skripsi ini. Teori-teori pendukung tersebut meliputi :

1. Konsep *VoIP*
2. *Secure Realtime Transport Protocol* (SRTP)
3. Kualitas Layanan *VoIP*

3.1.2 Analisis Kebutuhan

Analisa kebutuhan digunakan untuk mengetahui kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan dalam penelitian sebelum diimplementasikan yang meliputi:

3.1.2.1 Analisa Lingkungan

Penelitian ini akan diimplementasikan pada 2 gedung PTIIK yaitu:

1. Gedung B

Di gedung B *client* menggunakan komputer yang terletak pada laboratorium jaringan dan terhubung ke jaringan lokal dengan menggunakan kabel UTP.

2. Gedung C

Di gedung C *client* menggunakan laptop dan terhubung ke jaringan lokal dengan menggunakan kabel UTP. Selain itu *client* di gedung C juga terhubung dengan *wireless*. Kondisi jaringan yang akan dilakukan dalam penelitian ini mengikuti kondisi di PTIIK, yaitu terbagi menjadi 3 kondisi yang berbeda:

1. Kondisi sepi, pada kondisi ini penggunaan trafik cenderung sedikit.
2. Kondisi ramai, pada kondisi ini penggunaan trafik cenderung padat.
3. Kondisi ramai dengan *iperf*, pada kondisi ini penggunaan trafik cenderung padat dan diberikan beban dengan menggunakan *iperf*.

Kondisi tersebut dapat diketahui dengan mengambil contoh data cacty tentang trafik jaringan di PTIIK yang dikelola oleh BPTIK. Data trafik jaringan di PTIIK tercantum pada lampiran 1.

3.1.2.2 Analisa Perangkat Keras

Perangkat keras yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- 1 unit *server* sebagai penyedia layanan VoIP
- 1 unit komputer sebagai *client* layanan VoIP
- 1 unit laptop sebagai *client* layanan VoIP
- 2 unit *headphone* untuk mendengarkan suara dari lawan komunikasi.
- 2 unit *handphone* untuk memutar file suara yang akan ditransmisikan pada saat komunikasi berlangsung.
- 2 unit kabel *sound* sebagai media untuk memasukkan suara dari *handphone* kedalam komputer yang akan digunakan saat komunikasi berlangsung.

3.1.2.3 Analisa Perangkat Lunak

Kebutuhan perangkat lunak yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. *Softphone*

Softphone yang digunakan ada dua jenis yaitu X-Lite dan Blink. *Softphone* X-Lite digunakan pada pengujian kualitas dengan protokol SIP. Sedangkan *softphone* Blink digunakan pada pengujian kualitas dengan protokol SRTP. Blink digunakan karena mendukung protokol SRTP yang akan digunakan dalam penelitian ini.

2. *Wireshark*

Wireshark adalah *software* yang dapat digunakan untuk melakukan analisa jaringan komputer [SHA-13]. Dalam penelitian ini, *wireshark* digunakan untuk menganalisa nilai *packet loss*, *jitter* dan *delay* dengan cara menangkap protokol yang sedang berjalan dalam jaringan tersebut yang akan digunakan di semua *client* ketika proses komunikasi VoIP berjalan. Dalam penelitian ini, *wireshark* yang digunakan adalah versi 1.8.6.

3. Media Player

Media player digunakan untuk memutar file suara atau audio yang berada dalam *handphone* kemudian akan ditransmisikan melalui layanan VoIP.

4. *Iperf*

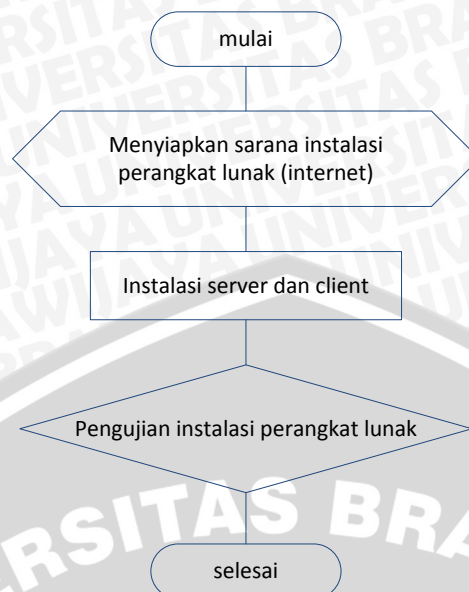
Pada penelitian ini *Iperf* digunakan untuk membebani jaringan dengan trafik yang banyak. Pembebanan ini akan mempengaruhi beberapa parameter yaitu *delay*, *jitter* dan *packet loss*. Dalam menggunakan *iperf* diperlukan sedikitnya dua host yaitu satu host sebagai *client* dan satu host sebagai *server*. Pada penelitian ini pembebanan dilakukan dengan cara *client* mengirimkan beberapa paket UDP ke *server*.

3.1.3 Perancangan Sistem

Perancangan untuk komunikasi VoIP menggunakan asterisk *server* dengan keamanan SRTP yang akan dilakukan di dua gedung PTIIK dengan 2 *client* yang tersebar pada masing-masing gedung dan terhubung dalam jaringan lokal PTIIK dengan subnet yang berbeda-beda tiap gedung. Perancangan dilakukan setelah mengetahui kondisi trafik jaringan di PTIIK. Hasil dari grafik trafik tersebut didapatkan dari BPTIK dan digunakan sebagai acuan ketika proses implementasi.

3.1.4 Implementasi

Implementasi dilakukan mengacu pada perancangan. Pada penelitian ini, sistem VoIP dibangun dengan melakukan instalasi dan konfigurasi perangkat lunak. Pada bagian ini ada beberapa konfigurasi yang akan dilakukan antara lain konfigurasi *server* asterisk. Setelah layanan VoIP terbentuk tahapan berikutnya adalah instalasi dan konfigurasi *softphone* dan Wireshark yang memiliki kemampuan untuk mengukur QoS VoIP. Selanjutnya konfigurasi SRTP pada *server* asterisk.



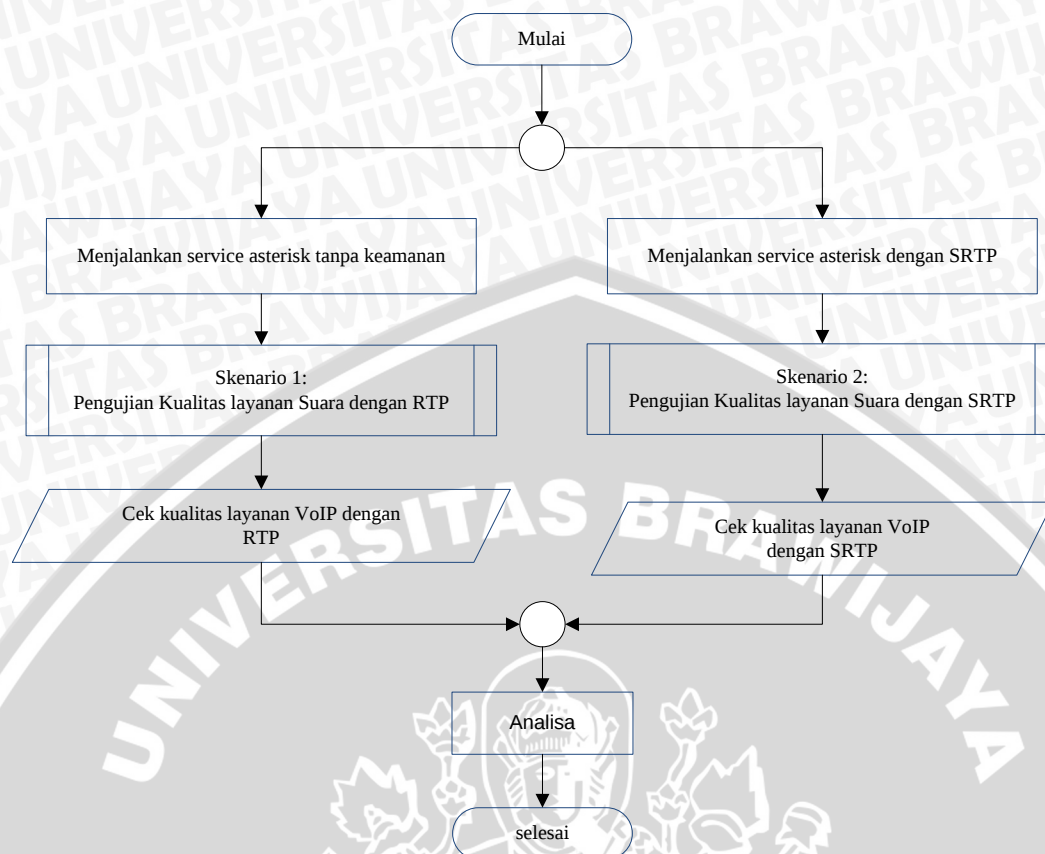
Gambar 3-2 Diagram Alir Implementasi Perangkat Lunak

Sumber : [Perancangan]

3.1.5 Pengujian dan Analisis

Pada tahapan ini dilakukan pengujian terhadap layanan VoIP pada kualitas layanan suara VoIP dengan skenario yang berbeda-beda yaitu dengan membandingkan kualitas layanan suara VoIP tanpa tambahan keamanan dan kualitas layanan suara VoIP dengan tambahan keamanan berupa SRTP. Dengan demikian akan didapatkan data dari parameter seperti *delay* dan *jitter* dari *client* sampai ke *server*, *packet loss* dari sistem dalam melayani permintaan dari *client*.

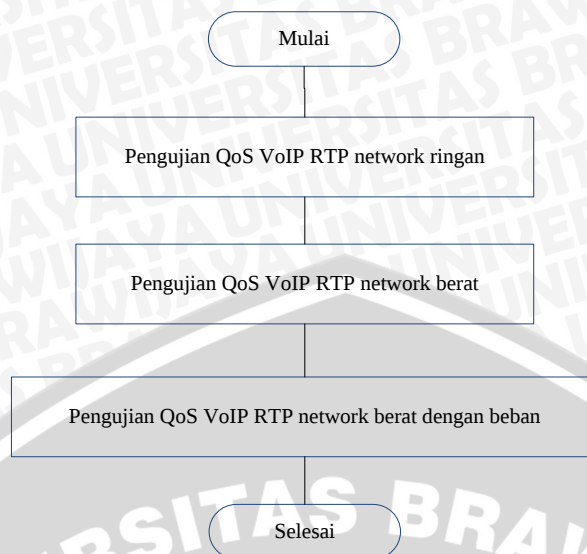
Dari kedua skenario yang berbeda tersebut, pengujian dilakukan dengan menyesuaikan kondisi jaringan di PTIIK. Seperti yang telah dipaparkan pada analisa kebutuhan, pada saat tertentu kondisi jaringan PTIIK dalam kondisi sepi atau ramai. Tahap pengujian sistem VoIP dapat dilihat pada Gambar 3-3.



Gambar 3-3 Diagram alir pengujian

Sumber : [Perancangan]

Berdasarkan gambar 3-3, pada pengujian skenario 1 dan skenario 2, ada beberapa kondisi berbeda yang dilakukan penulis. Kondisi tersebut berdasarkan kondisi jaringan yang terjadi di PTIIK yaitu kondisi jaringan sepi, kondisi jaringan ramai dan kondisi jaringan ramai dengan menambahkan beban sesuai media yang digunakan pada jaringan PTIIK. Berikut diagram alir pengujian berdasarkan kondisi di PTIIK.



Gambar 3-4 Skenario pengujian RTP

Sumber : [Perancangan]



Gambar 3-5 Skenario pengujian SRTP

Sumber : [Perancangan]

Pengujian kualitas layanan suara VoIP dilakukan dengan perangkat lunak menggunakan Wireshark karena perangkat lunak tersebut memiliki fitur untuk menangkap paket data yang sedang berjalan pada suatu jaringan termasuk paket RTP. Pengujian dilakukan pada beberapa kondisi jaringan yang berbeda yang

akan mempengaruhi kualitas layanan suara yang dihasilkan. Seperti yang terlihat pada tabel 3-4 dan tabel 3-5 merupakan waktu pengujian yang akan dilakukan.

Tabel 3-1 Waktu pengujian berdasarkan UTP - UTP

Sumber : [Perancangan]

Tanggal	Waktu (WIB)	Pengujian berdasarkan UTP – UTP
30 Mei 2013	13.20 - 13.43	Pengujian SRTP dengan kondisi <i>jaringan</i> sepi
	14.41 - 15.03	Pengujian RTP dengan kondisi <i>jaringan</i> ramai
	14-18 - 14.39	Pengujian SRTP dengan kondisi <i>jaringan</i> ramai
31 Mei 2013	11.19 - 11.47	Pengujian RTP dengan kondisi <i>jaringan</i> sepi
7 Juni 2013	15.16 – 16.05	Pengujian SRTP dengan kondisi <i>jaringan</i> ramai dan beban
11 Juni 2013	13.27 - 13.52	Pengujian RTP dengan kondisi <i>jaringan</i> ramai dan beban

Tabel 3-2 Waktu pengujian berdasarkan Kabel UTP – Wireless

Sumber : [Perancangan]

Tanggal	Waktu (WIB)	Pengujian berdasarkan UTP - Wireless
3 Juni 2013	15.36 - 16.00	Pengujian RTP dengan kondisi <i>jaringan</i> sepi
5 Juni 2013	12.36 - 13.20	Pengujian SRTP dengan kondisi <i>jaringan</i> sepi
6 Juni 2013	14.16 - 14.39	Pengujian RTP dengan kondisi <i>jaringan</i> ramai
	15.18 - 16.33	Pengujian SRTP dengan kondisi <i>jaringan</i> ramai
10 Juni 2013	11.54 - 13.58	Pengujian SRTP dengan kondisi <i>jaringan</i> ramai dan beban
	14.05 - 14.32	Pengujian RTP dengan kondisi <i>jaringan</i> ramai dan beban

3.1.6 Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah perancangan, implementasi, pengujian dan analisis dilakukan. Kesimpulan disusun berdasar pada hasil pengujian dan analisis terhadap penelitian yang dilakukan. Isi dari kesimpulan diharapkan dapat menjadi acuan untuk pemilihan cara pengamanan yang sesuai dengan kebutuhan yang dijalankan serta konfigurasi *server* yang ada. Pada akhir

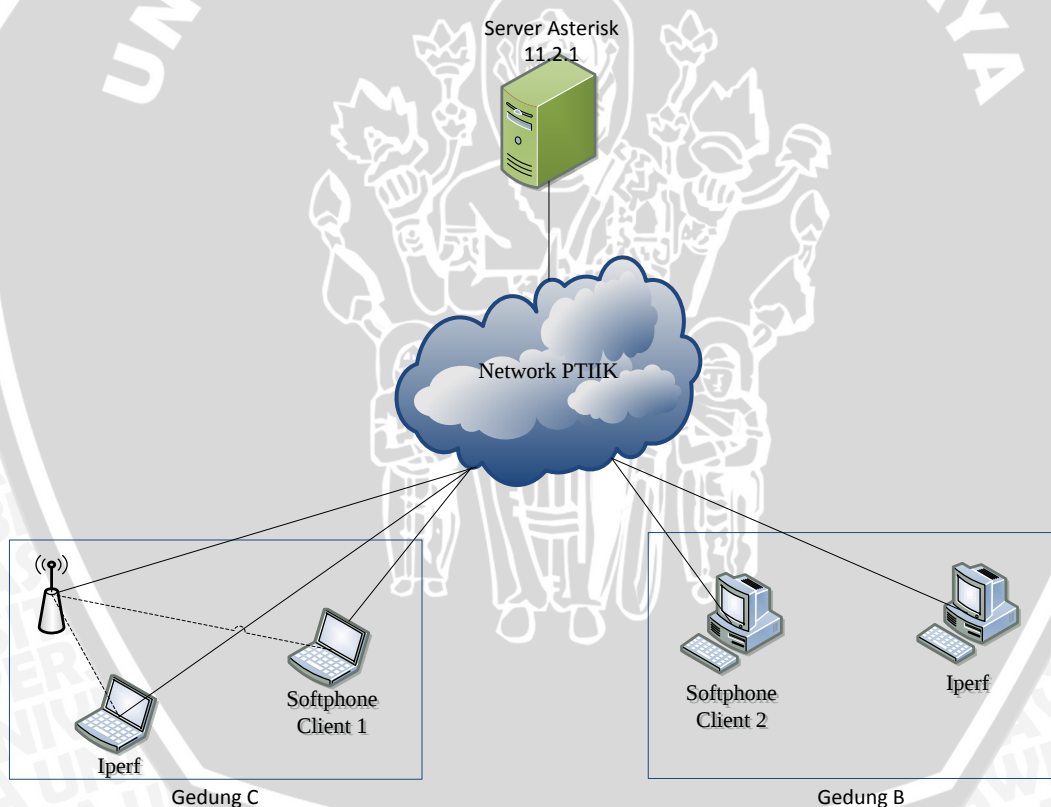
penulisan ini adalah saran yang bertujuan untuk memperbaiki kesalahan dan penyempurnaan terhadap skripsi yang dilakukan.

3.2 Perancangan Sistem

Perancangan ini bertujuan menjelaskan rancangan sistem VoIP yang dibangun dengan menggunakan *Secure Real-time Transport Protocol*. Dua hal yang akan dibahas dari perancangan sistem VoIP ini yaitu perancangan jaringan dan kebutuhan perangkat.

3.2.1 Perancangan Topologi

Perancangan topologi yang akan diimplementasikan terdiri dari satu *server* dan dua *client* yang digambarkan pada gambar 3-6.



Gambar 3-6 Topologi Jaringan

Sumber : [Perancangan]

Pada perancangan topologi sesuai Gambar 3-6 memisahkan subnet pada *softphone* dan *server* dengan *IP Address* sesuai Tabel 3-3 dengan lokasi yang berbeda pula.

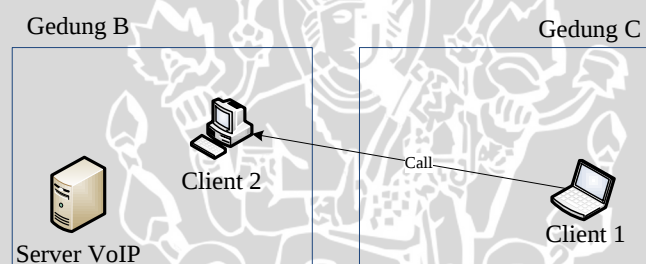
Tabel 3-3 Tabel perangkat keras Jaringan VoIP

Sumber : [Perancangan]

Perangkat	Alamat IP	Lokasi	Keterangan
Server PTIHK	175.45.187.252/28	Ruang server PTIHK	Server
Softphone	172.21.13.XXX/24	Gedung C	Client 1
Softphone	172.21.3.XX/32	Gedung B	Client 2

3.2.2 Perancangan Panggilan

Pada penelitian ini, terdapat 1 komunikasi yang akan berjalan dan dilakukan oleh 2 *client*. Gambar 3-7 menunjukkan skema pemanggilan yang dilakukan oleh 2 *client*. Alur proses pemanggilan dapat dilihat pada lampiran 2.



Gambar 3-7 Skema Panggilan VoIP

Sumber: [Perancangan]

3.2.3 Perancangan Perangkat Keras

Pada tahapan ini akan dilakukan perancangan untuk perangkat keras yang akan digunakan. Pada penelitian ini menggunakan 1 komputer di gedung B dan 1 laptop untuk gedung C sebagai *client*. Komputer akan terhubung ke jaringan lokal dengan menggunakan kabel UTP, sedangkan laptop menggunakan kabel UTP dan wireless. Kemudian komputer dan laptop tersebut dihubungkan ke handphone dengan menggunakan kabel sound untuk proses transmisi suara.

3.2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Kebutuhan perangkat lunak meliputi kebutuhan dari sisi *server* maupun sisi *client*. Kebutuhan tersebut meliputi instalasi *Server Asterisk 11.2.1* dilengkapi *Secure Real-time Transport Protocol* kemudian instalasi dari sisi *client* menggunakan *softphone X-Lite* dan *softphone Blink*.

Berdasarkan pada kebutuhan perangkat lunak yang telah ditentukan pada tahap analisis kebutuhan, berikut merupakan penjelasan penggunaan seluruh perangkat lunak pada sistem pengamanan VoIP:

- **Sistem Operasi** – Sistem operasi yang digunakan pada sistem pengamanan VoIP ini adalah Centos 6.3 32-bit. Sistem operasi ini dipasang pada *server asterisk*. Pada dasarnya, seluruh jenis distribusi Linux dapat digunakan pada sistem ini namun penulis memilih **Centos** karena telah teruji dapat beroperasi baik untuk Asterisk dan SRTP. Dari sisi *client* penulis menggunakan sistem operasi windows.
- **Server VoIP** – *Server VoIP* yang digunakan adalah minimal versi 1.8 karena versi tersebut mendukung *Secure Real-time Transport Protocol*. Pada implementasinya penulis menggunakan asterisk versi terbaru yaitu asterisk versi 11.2.1.
- **Codec** – Sesuai pada batasan masalah, *Codec* yang digunakan adalah G-711 PCMU dengan kebutuhan 64 Kbps untuk setiap panggilan.
- **Client** – Pengujian kualitas suara dengan *Secure Real-time Transport Protocol* membutuhkan perangkat lunak khusus yang digunakan untuk komunikasi antar *client*. Penulis memilih perangkat lunak X-Lite dan Blink sebagai *softphone*. Perangkat lunak X-Lite digunakan ketika pengujian kualitas layanan suara RTP. Sedangkan perangkat lunak Blink digunakan ketika pengujian kualitas layanan suara dengan SRTP.
- **QoS Tester** – Untuk menguji kualitas suara yang dihasilkan dari VoIP yang telah dilengkapi dengan *Secure Real-time Transport Protocol*, diperlukan perangkat lunak khusus yang memiliki kemampuan untuk menguji QoS VoIP.

BAB IV

IMPLEMENTASI

Pada bab implementasi, akan dibahas pembuatan sistem VoIP menggunakan SRTP. Sesuai dengan rancangan pada Bab III, sistem VoIP ini dibangun dan diujian pada jaringan PTIIK. Pada tahap implementasi, langkah-langkah yang akan dilakukan antara lain instalasi dan konfigurasi. Dalam hal ini, langkah-langkah tersebut mengacu pada perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan.

4.1 Implementasi Jaringan

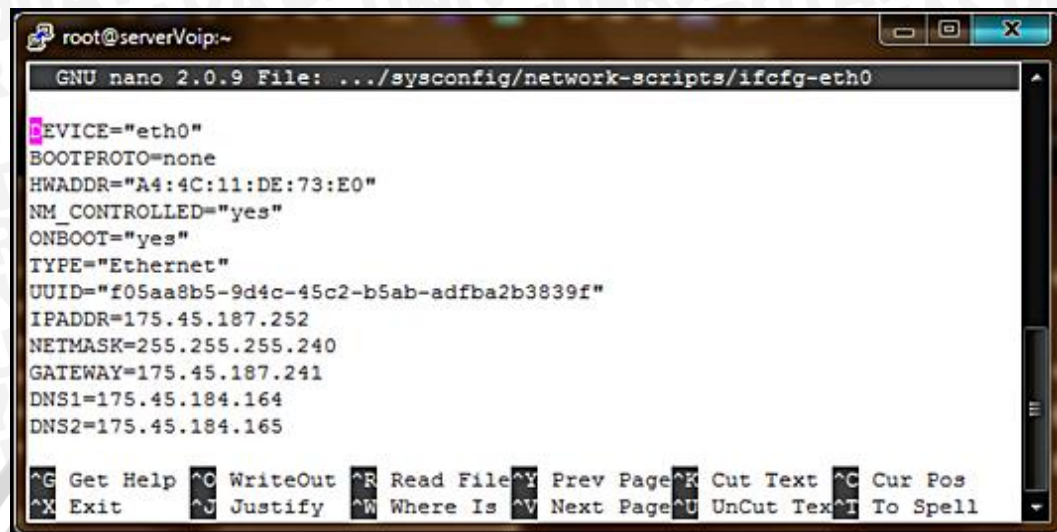
Dalam penelitian ini dibutuhkan perangkat yang menunjang tahap implementasi. Implementasi jaringan dilakukan sesuai topologi pada gambar 3-6. Perangkat yang dibutuhkan adalah:

4.1.1 Server

Sebelum melakukan instalasi dan konfigurasi jaringan dari sisi server, server telah diinstal sistem Operasi Centos 6.3 terlebih dahulu. Dalam penelitian ini menggunakan satu unit server Cisco UCS C210 M2 dengan spesifikasi sebagai berikut:

CPU	: Dual Intel Xeon 5600 Series
Harddisk	: 140GB
Memory	: 8GB
NIC	: Embedded dual-port Intel 82576NS PCIe-based Gigabit Ethernet controller
Operating System	: Centos 6.3
IP Address	: 175.45.187.252
Subnet Mask	: 255.255.255.240
Default Gateway	: 175.45.187.241

Untuk melakukan konfigurasi jaringan dengan mengatur file *ifcfg-eth0* yang berada pada */etc/sysconfig/jaringan-scripts/ifcfg-eth0*. Konfigurasi jaringan dari sisi *server* seperti terlihat pada gambar 4-1.



```

root@serverVoip:~
GNU nano 2.0.9 File: .../sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0

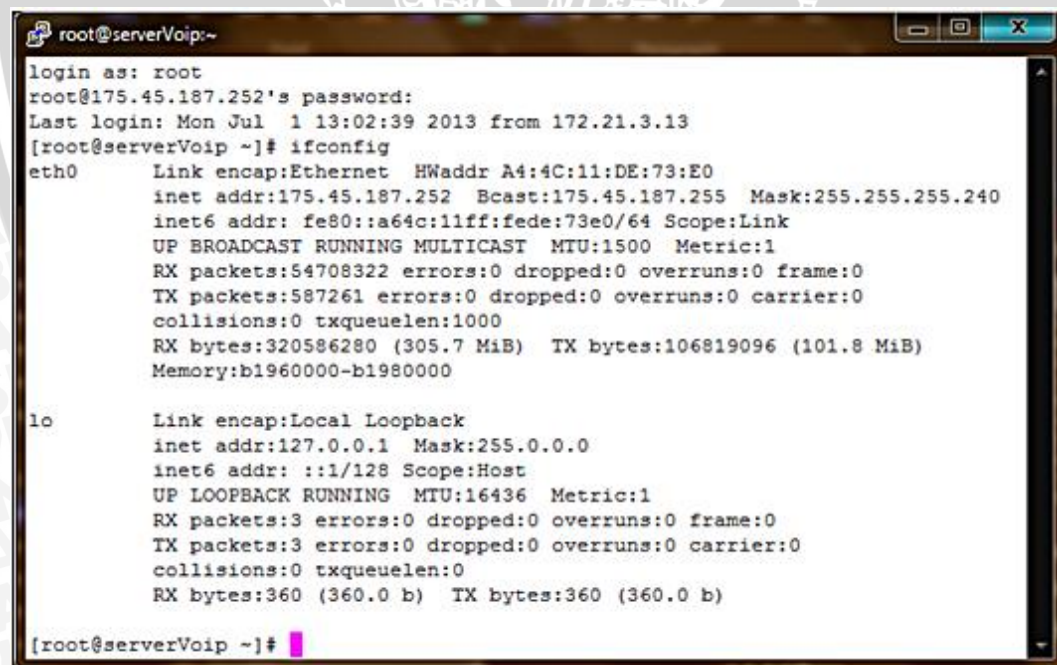
DEVICE="eth0"
BOOTPROTO=none
HWADDR="A4:4C:11:DE:73:E0"
NM_CONTROLLED="yes"
ONBOOT="yes"
TYPE="Ethernet"
UUID="f05aa8b5-9d4c-45c2-b5ab-adfba2b3839f"
IPADDR=175.45.187.252
NETMASK=255.255.255.240
GATEWAY=175.45.187.241
DNS1=175.45.184.164
DNS2=175.45.184.165

^G Get Help ^C WriteOut ^R Read File ^Y Prev Page ^K Cut Text ^C Cur Pos
^X Exit ^J Justify ^W Where Is ^V Next Page ^U UnCut Tex ^T To Spell
  
```

Gambar 4-1 Konfigurasi jaringan dari sisi server

Sumber : [Implementasi]

Tampilan konfigurasi eth0 ditunjukkan pada gambar 4.2



```

root@serverVoip:~
login as: root
root@175.45.187.252's password:
Last login: Mon Jul 1 13:02:39 2013 from 172.21.3.13
[root@serverVoip ~]# ifconfig

eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr A4:4C:11:DE:73:E0
          inet addr:175.45.187.252  Bcast:175.45.187.255  Mask:255.255.255.240
          inet6 addr: fe80::a64c:11ff:fedc:73e0/64  Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:54708322 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:587261 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:320586280 (305.7 MiB)  TX bytes:106819096 (101.8 MiB)
          Memory:b1960000-b1980000

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          inet6 addr: ::1/128  Scope:Host
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:16436  Metric:1
          RX packets:3 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:3 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:360 (360.0 b)  TX bytes:360 (360.0 b)

[root@serverVoip ~]#
  
```

Gambar 4-2 Hasil konfigurasi Eth0 pada server

Sumber : [Implementasi]

4.1.2 Client

Dalam penelitian ini *client* berada pada subnet yang berbeda. *Client* dengan nomor 300 berada pada gedung B sedangkan nomor 200 berada pada gedung C. Konfigurasi *jaringan* yang digunakan oleh *client* tetap. Posisi *client* ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4-1 Posisi *Client*

Sumber: [Implementasi]

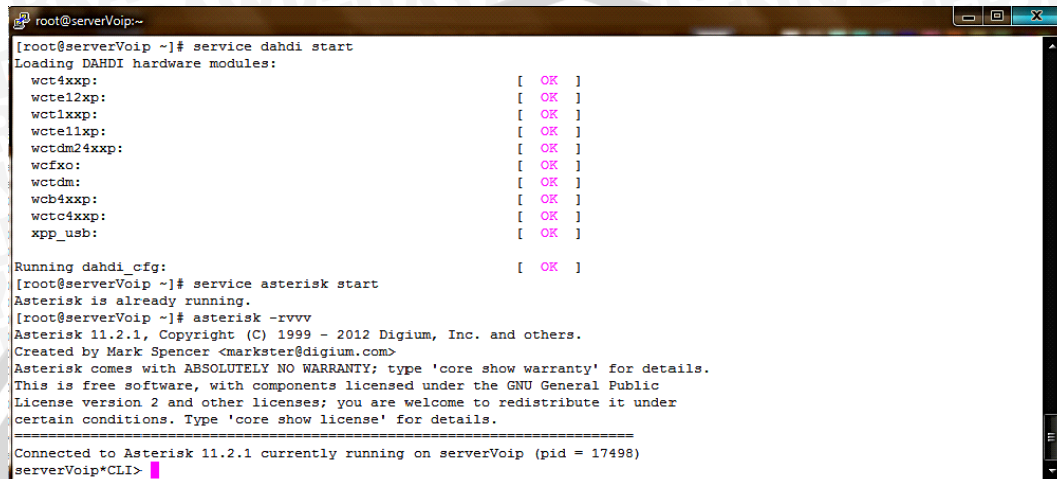
Gedung	Client	Netmask	Gateway	Range IP	Media
B	300	255.255.255.192	172.21.3.1	172.21.3.2- 172.21.3.62	Kabel
C	200	255.255.255.0	172.21.13.1	172.21.13.2- 172.21.13.254	Wireless dan UTP

4.2 Implementasi Asterisk 11.2.1

Proses instalasi dilakukan pada *server* di PTIIK. Implementasi asterisk dilakukan dengan mengetahui informasi tentang sistem operasi, *kernel* dan *dependency* yang akan digunakan. Proses instalasi asterisk pada sistem operasi Centos 6.3 32-bit berbeda dengan sistem operasi Centos 6.3 64-bit. Begitu pula *kernel* yang digunakan, beberapa kasus *kernel* mempengaruhi sintaks instalasi. Pada penelitian ini menggunakan *kernel* 2.6. Untuk mengatasi permasalahan instalasi asterisk karena *kernel*, maka proses awal yang harus dilakukan adalah melakukan update pada sistem operasi.

Alur langkah instalasi *server asterisk* seperti pada lampiran 3. Proses implementasi asterisk harus dilakukan pertahap sesuai alur pada lampiran 3 karena akan mempengaruhi keberhasilan proses instalasi. Hal yang perlu menjadi perhatian adalah pada diagram alir proses instalasi terdapat 2 aplikasi pendukung *asterisk* yaitu *dahdi* dan *libpri*. Penelitian ini melakukan instalasi *dahdi* terlebih dahulu diikuti dengan *libpri*. Jika tahap tersebut terbalik maka instalasi asterisk tidak akan berhasil.

Untuk melihat status keberhasilan instalasi asterisk, maka perlu memeriksa status keberhasilan implementasi pada terminal dengan mengetikkan perintah *service dahdi start* dilanjutkan dengan perintah *service asterisk start*. Kemudian untuk masuk *console CLI asterisk* melakukan perintah *asterisk -rvvv*. Gambar 4-3 memperlihatkan keberhasilan instalasi *asterisk VoIP server*.



```

root@serverVoip:~# service dahdi start
Loading DAHDI hardware modules:
wct4xxp: [ OK ]
wctel2xp: [ OK ]
wct1xxp: [ OK ]
wctellxp: [ OK ]
wctdm24xxp: [ OK ]
wctfxo: [ OK ]
wctdm: [ OK ]
wcb4xxp: [ OK ]
wctc4xxp: [ OK ]
xpp_usb: [ OK ]

Running dahdi cfg: [ OK ]
[root@serverVoip ~]# service asterisk start
Asterisk is already running.
[root@serverVoip ~]# asterisk -rvvv
Asterisk 11.2.1, Copyright (C) 1999 - 2012 Digium, Inc. and others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty' for details.
This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under
certain conditions. Type 'core show license' for details.

=====
Connected to Asterisk 11.2.1 currently running on serverVoip (pid = 17498)
serverVoip*CLI>

```

Gambar 4-3 Hasil Instalasi server asterisk

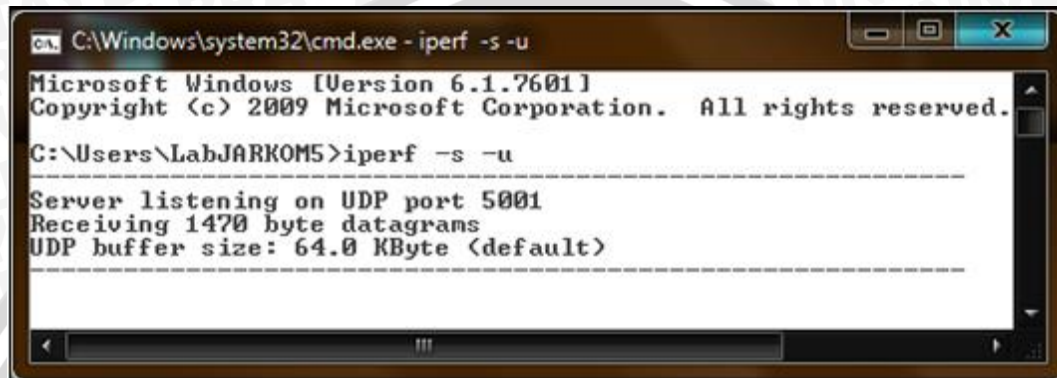
Sumber : [Implementasi]

Implementasi selanjutnya melakukan konfigurasi manual yang dilakukan dengan cara memasukkan secara langsung konfigurasi yang diinginkan ke beberapa file berekstensi *.conf* yang terdapat pada direktori */etc/asterisk*. File untuk mengatur konfigurasi *asterisk* dan menampung data *client* yang akan digunakan oleh *client* terletak pada */etc/asterisk/sip.conf*. Sedangkan file */etc/asterisk/extensions.conf* untuk mengatur extension antar *client* yang telah terdaftar pada *sip.conf*. Konfigurasi yang dibutuhkan pada *sip.conf* berupa IP server, port, jenis codec dan informasi-informasi yang dibutuhkan oleh *client*. Konfigurasi dari *sip.conf* dan *extensions.conf* dapat dilihat pada lampiran 4.

4.3 Implementasi Iperf

Dalam menggunakan *iperf* diperlukan sedikitnya dua host yaitu satu host sebagai *client* dan satu host sebagai *server*. Proses implementasi *iperf* dilakukan dari sisi *server* dan *client*. *Iperf* mendukung untuk semua sistem operasi. Dari sisi *server* menggunakan sistem operasi Centos. Proses implementasi dilakukan melalui terminal dengan perintah *yum -y install iperf*. Sedangkan dari sisi *client*

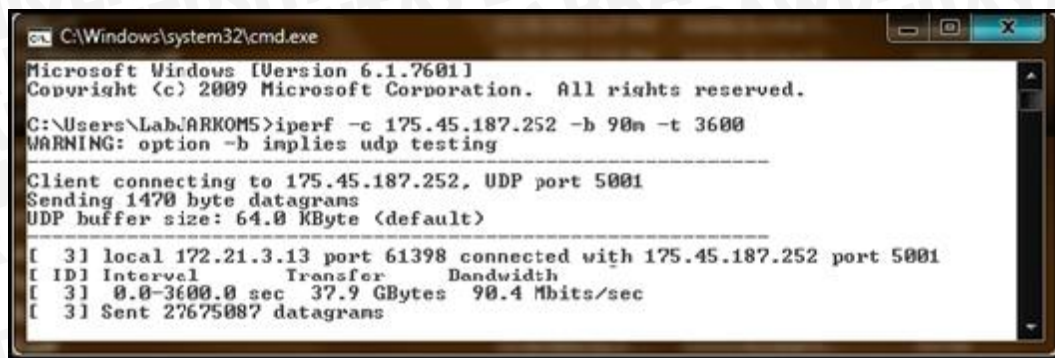
menggunakan sistem operasi windows, proses instalasi dibutuhkan dengan mengunduh paket *iperf* yang mendukung sistem operasi windows terlebih dahulu. Untuk melihat keberhasilan proses instalasi *iperf* pada *server* dan *client*, dapat diperiksa dengan mengaktifkan port *iperf* pada *server* melalui terminal *client* dengan perintah *iperf -s -u*. Gambar 4-4 menunjukkan keberhasilan instalasi *iperf*.



Gambar 4-4 Hasil instalasi *iperf*

Sumber : [Implementasi]

Pada penelitian ini menggunakan *iperf* untuk membebani jaringan dengan trafik yang banyak. Pembebanan ini akan mempengaruhi beberapa parameter yaitu *delay*, *jitter* dan *packet loss*. Pada penelitian ini pembebanan dilakukan dengan cara *client* mengirimkan beberapa paket UDP ke *server* dengan waktu tertentu. Konfigurasi dilakukan dari komputer lain yang berada pada satu segmen dengan *client* VoIP. Pemberian beban dilakukan dari sisi *client iperf* dengan mengetikkan IP *server*, badwidth yang dibutuhkan dan waktu pemberian beban. Pada gambar 4-5 adalah tampilan pemberian beban jaringan dengan media kabel UTP. Dari gambar tersebut dapat dilihat informasi yang menunjukkan bahwa komputer tersebut mengirimkan paket UDP selama 1 jam dengan bandwidth tiap paket membutuhkan 90Mbits/sec.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Lab\ARKOM5>iperf -c 175.45.187.252 -b 90m -t 3600
WARNING: option -b implies udp testing

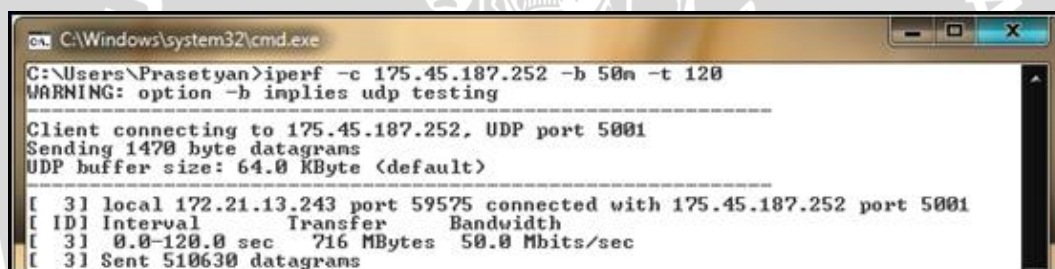
Client connecting to 175.45.187.252, UDP port 5001
Sending 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 64.0 KByte (default)

[ 3] local 172.21.3.13 port 61398 connected with 175.45.187.252 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 3]  0.0-3600.0 sec  37.9 GBytes  90.4 Mbits/sec
[ 3] Sent 27675087 datagrams
```

Gambar 4-5 Pemberian beban melalui UTP

Sumber : [Implementasi]

Pada gambar 4-6 adalah tampilan pemberian beban jaringan dengan media Wierless. Dari gambar tersebut dapat dilihat keterangan yang menunjukkan bahwa komputer tersebut mengirimkan paket UDP selama 2 menit dengan bandwidth tiap paket membutuhkan 50Mbits/sec.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\Prasetyan>iperf -c 175.45.187.252 -b 50m -t 120
WARNING: option -b implies udp testing

Client connecting to 175.45.187.252, UDP port 5001
Sending 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 64.0 KByte (default)

[ 3] local 172.21.13.243 port 59575 connected with 175.45.187.252 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 3]  0.0-120.0 sec  716 MBytes  50.0 Mbits/sec
[ 3] Sent 510630 datagrams
```

Gambar 4-6 Pemberian beban melalui Wireless

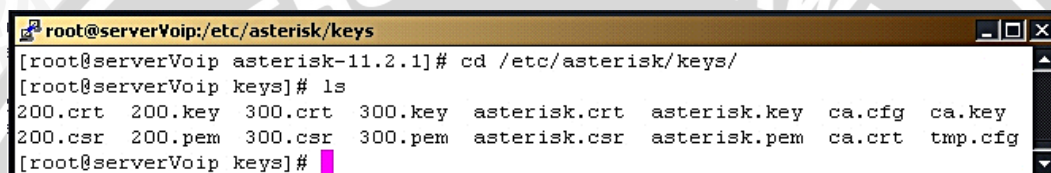
Sumber : [Implementasi]

4.4 Implementasi *Secure Real-time Transport Protocol*

Setelah seluruh instalasi dan konfigurasi untuk pengujian skenario 1 selesai dilakukan, proses selanjutnya adalah melakukan implementasi *Secure Real-time Transport Protocol* (SRTP). Ketika melakukan implementasi asterisk, SRTP tidak secara otomatis terinstal pada asterisk. Oleh karena itu harus mengunduh paket *library* SRTP terlebih dahulu. Dalam penelitian ini menggunakan SRTP versi 1.4.2. Setiap menambahkan *library* baru, asterisk harus diinstal ulang. Langkah instalasi asterisk dengan SRTP tercantum pada lampiran 3.

Secure Real-time Transport Protocol (SRTP) akan mengenkripsi *payload* paket suara. Namun *key* yang digunakan untuk mengenkripsi dipertukarkan melalui protokol SIP. Maka TLS (*Transport Layer Security*) dibutuhkan untuk mengenkripsi SIP. Alur konfigurasi SRTP pada *server* dapat dilihat pada lampiran 5.

Implementasi SRTP diawali dengan proses pembuatan sertifikat telah dibuat dan akan tersimpan pada directory `/etc/asterisk/keys`. Proses ini akan menghasilkan file berekstensi `.cert`, `.csr`, `.key` dan `.pem`. File tersebut secara otomatis dibuat ketika melakukan *generate key*.



```

root@serverVoip:/etc/asterisk/keys
[ root@serverVoip asterisk-11.2.1 ] # cd /etc/asterisk/keys/
[ root@serverVoip keys ] # ls
200.crt  200.key  300.crt  300.key  asterisk.crt  asterisk.key  ca.cfg  ca.key
200.csr  200.pem  300.csr  300.pem  asterisk.csr  asterisk.pem  ca.crt  tmp.cfg
[ root@serverVoip keys ] #
  
```

Gambar 4-7 File hasil generate key

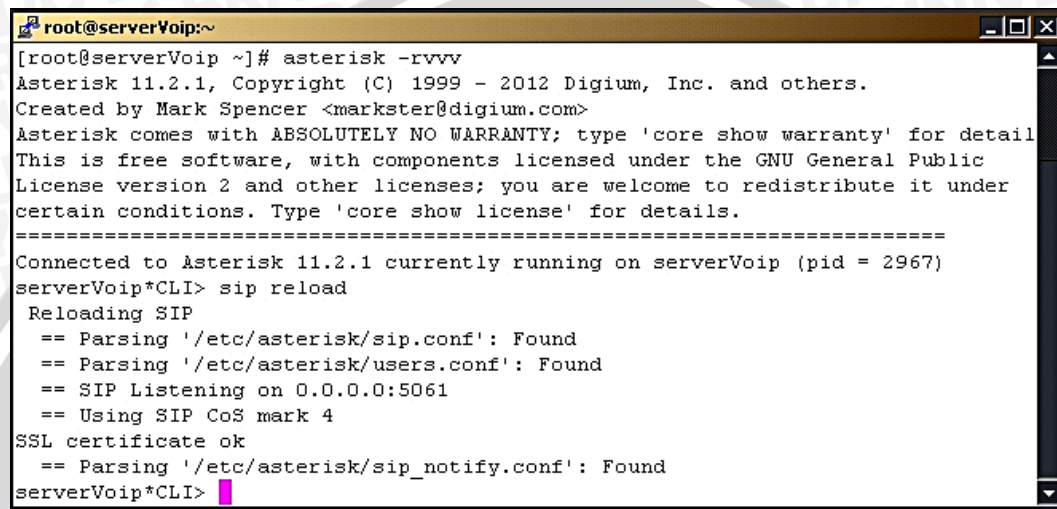
Sumber : [Implementasi]

Proses selanjutnya memodifikasi file pada *server asterisk* agar memungkinkan TLS (*Transport Layer Security*). File konfigurasi yang digunakan adalah `/etc/asterisk/sip.conf`. Konfigurasi yang diperlukan berupa informasi mengenai port default untuk transport TLS, IP asterisk yang mendukung TLS, informasi letak file sertifikat TLS dan *Certificate Authority* (CA) sesuai yang telah dibuat sebelumnya. Pada konfigurasi *sip.conf*, asterisk perlu mengizinkan semua TLS cipher dan mengatur metode TLS *client* dengan TLSv1. Konfigurasi yang mendukung SRTP dapat dilihat pada lampiran 6.

Langkah berikutnya membuat konfigurasi *client* pada file *asterisk* agar *client* mendukung TLS. Konfigurasi dilakukan dengan memodifikasi agar *client* mampu melakukan koneksi pada *server asterisk* yang dilengkapi TLS. File konfigurasi yang digunakan yaitu `/etc/asterisk/sip.conf` dan `/etc/asterisk/extensions.conf`. *Server asterisk* mendukung 3 tipe *transport* yaitu TCP, UDP dan TLS. Pada konfigurasi *client* yang mendukung SRTP diperlukan tipe *transport* TLS dan enkripsi default untuk SRTP cukup memberikan field

encryption=yes. Konfigurasi *client* yang mendukung SRTP dapat dilihat pada lampiran 6.

Untuk mengecek keberhasilan konfigurasi yang dilakukan, maka ketika melakukan *reload* melalui *console CLI asterisk* dengan mengetikkan perintah *sip reload* akan menunjukkan informasi *SSL certificate ok* seperti pada gambar 4-8.



```

root@serverVoip:~# asterisk -rvvv
Asterisk 11.2.1, Copyright (C) 1999 - 2012 Digium, Inc. and others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty' for detail
This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under
certain conditions. Type 'core show license' for details.
=====
Connected to Asterisk 11.2.1 currently running on serverVoip (pid = 2967)
serverVoip*CLI> sip reload
Reloading SIP
== Parsing '/etc/asterisk/sip.conf': Found
== Parsing '/etc/asterisk/users.conf': Found
== SIP Listening on 0.0.0.0:5061
== Using SIP CoS mark 4
SSL certificate ok
== Parsing '/etc/asterisk/sip_notify.conf': Found
serverVoip*CLI>

```

Gambar 4-8 Status sertifikat pada server

Sumber : [Implementasi]

4.5 Implementasi Softphone

4.5.1 X-lite

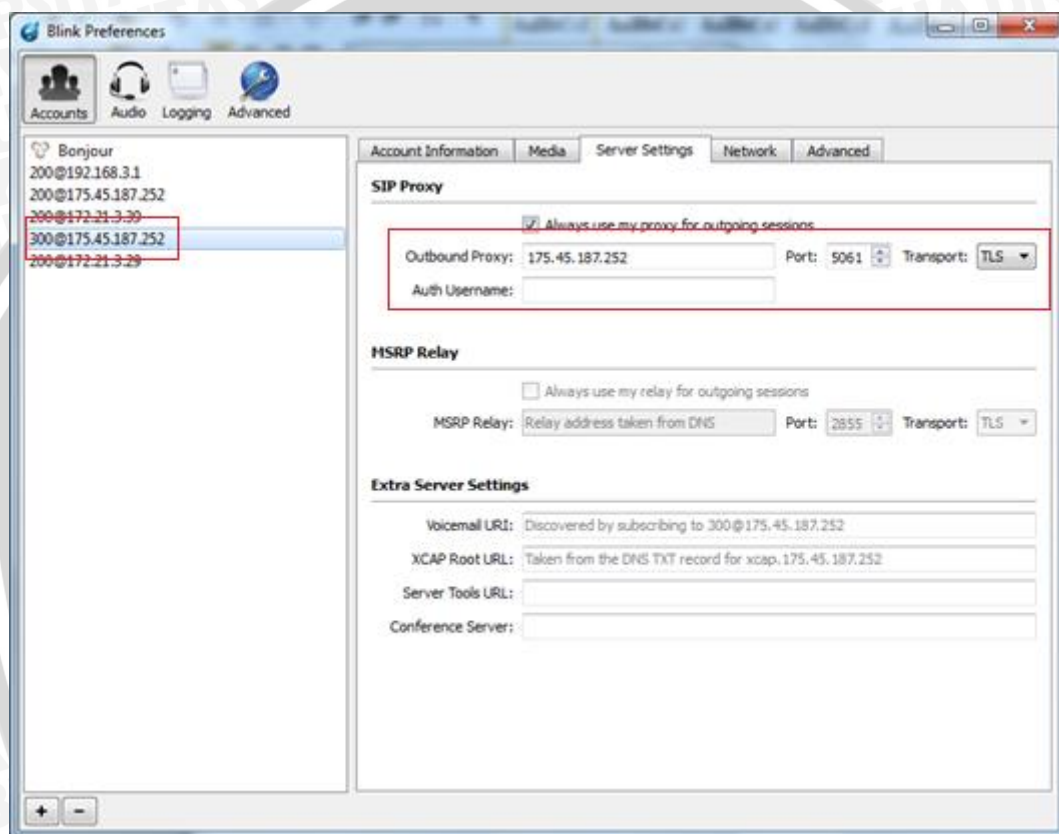
X-lite digunakan sebagai perangkat lunak dalam pengujian komunikasi VoIP ini. Bertujuan untuk mengetahui hasil komunikasi VoIP dari *server* yang tidak menggunakan *Secure Real-Time Transport Protocol*. Pada tahap ini melakukan implementasi X-lite. X-lite diinstal pada sistem operasi Windows pada tiap-tiap user agent. Konfigurasi X-lite diisi sesuai paramater yang sesuai dengan informasi yang dimiliki pada *server*. Informasi yang dibutuhkan seperti domain server, username dan password client. Gambar 4-3 menunjukkan konfigurasi *account client* 300.

4.5.2 Blink

Blink digunakan sebagai *software* dalam pengujian komunikasi VoIP. Bertujuan untuk mengetahui hasil komunikasi VoIP dari *server* menggunakan

Secure Real-time Transport Protocol. Implementasi Blink dilakukan pada Sistem Operasi Windows. Pada penelitian ini menggunakan *Softphone* Blink versi 0.3.0.

Implementasi Blink dilakukan dengan mengatur jenis *codec*, mengubah SRTP encryption menjadi *mandatory* agar mendukung SRTP, mengatur *Outbound proxy*, *port* dan jenis *transport* sesuai pada konfigurasi *server asterisk*. Dan yang terakhir menginputkan file sertifikat pada *softphone* Blink.



Gambar 4-9 Tampilan konfigurasi *client* Blink

Sumber : [Implementasi]

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini memuat hasil pengujian dan analisis terhadap sistem jaringan yang telah diimplementasikan. Yakni Pengujian dan analisis untuk mengetahui apakah sistem yang telah dirancang dan diimplementasikan telah bekerja sesuai dengan tujuan

Secara umum, pengujian dilakukan untuk dapat menunjukkan bahwa perangkat lunak telah mampu bekerja sesuai dengan spesifikasi dari kebutuhan yang melandasinya. Kemudian pengujian lebih spesifik dikhususkan pada perhitungan kualitas suara berdasarkan parameter-parameter yang digunakan. Sehingga dari uraian tersebut dapat dibagi menjadi 2 kegiatan pengujian, yaitu pengujian konektivitas *client* dengan *server* dan pengujian kualitas suara.

Pengujian konektivitas *client* dengan *server* dilakukan dengan maksud apakah sistem VoIP telah bekerja dengan baik atau tidak. Untuk pengujian utama yaitu pengukuran kualitas layanan suara VoIP akan dilakukan perbandingan kualitas suara VoIP dengan 2 kondisi yang berbeda seperti yang telah dijelaskan pada Bab III. Pengujian kualitas layanan suara dilakukan menggunakan *software* Wireshark. Berikut implementasi pengujian yang dilakukan pada penelitian ini.

5.1. Pengujian Konektivitas *Client-Server*

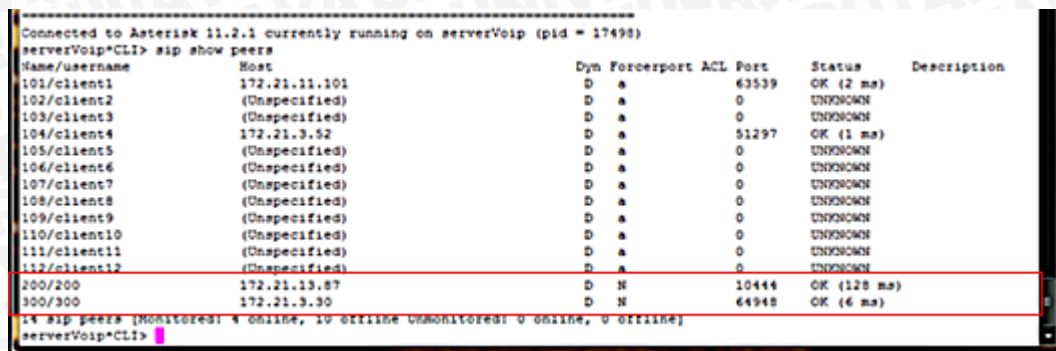
5.1.1 Pengujian Konektivitas *Client-Server* tanpa Keamanan

Pengujian konektivitas dilakukan dengan cara melihat apakah pengguna yang didaftarkan sudah diregistrasi oleh *server* atau tidak, kemudian menguji apakah dari pengguna yang telah terdaftar tersebut dapat saling melakukan panggilan atau tidak.

5.1.1.1 Pemeriksaan Status Registrasi pengguna

Untuk melihat status registrasi pengguna dari *console* CLI *asterisk* dengan mengetikkan perintah *sip show peers* seperti yang ditunjukkan pada gambar 5-1. Pada

gambar tersebut dapat dilihat keterangan yang menunjukkan bahwa terdapat beberapa pengguna yang terdaftar berada dalam posisi online dan siap untuk digunakan yaitu pengguna 200 dan pengguna 300.



```

Connected to Asterisk 11.2.1 currently running on serverVoip (pid = 17498)
serverVoip*CLI> sip show peers

```

Name/Username	Host	Dyn	Forceport	ACL	Port	Status	Description
101/client1	172.21.11.101	D	a		63539	OK (2 ms)	
102/client2	(Unspecified)	D	a		0	UNREGISTERED	
103/client3	(Unspecified)	D	a		0	UNREGISTERED	
104/client4	172.21.3.52	D	a		51297	OK (1 ms)	
105/client5	(Unspecified)	D	a		0	UNREGISTERED	
106/client6	(Unspecified)	D	a		0	UNREGISTERED	
107/client7	(Unspecified)	D	a		0	UNREGISTERED	
108/client8	(Unspecified)	D	a		0	UNREGISTERED	
109/client9	(Unspecified)	D	a		0	UNREGISTERED	
110/client10	(Unspecified)	D	a		0	UNREGISTERED	
111/client11	(Unspecified)	D	a		0	UNREGISTERED	
112/client12	(Unspecified)	D	a		0	UNREGISTERED	
200/200	172.21.13.87	D	N		10444	OK (128 ms)	
300/300	172.21.3.30	D	N		64948	OK (6 ms)	

```

# sip peers [Monitored: 4 online, 10 offline UNmonitored: 0 online, 0 offline]
serverVoip*CLI>

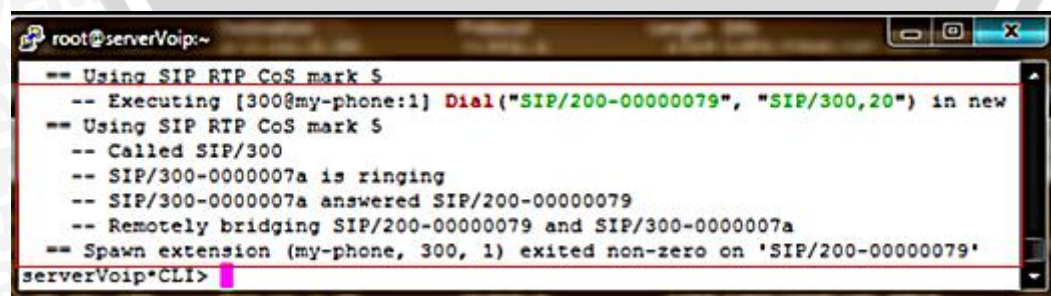
```

Gambar 5-1 Status Peering SIP RTP

Sumber : [Hasil Pengujian]

5.1.1.2 Pemeriksaan Keberhasilan Panggilan

Status keberhasilan panggilan di *server asterisk* dapat dilihat melalui *console CLI asterisk* ketika proses permintaan panggilan dimulai hingga diakhiri. Seperti yang terlihat pada gambar 5-2, proses panggilan diawali dengan mengeksekusi perintah Dial (SIP /XXX) dimana pernyataan tersebut berarti pada panggilan yang berlangsung digunakan teknologi SIP dan XXX adalah nomor tujuan dalam hal ini adalah *client* 300. Setelah rule tersebut dieksekusi, maka permintaan diterima dan proses panggilan dilakukan, kemudian dari nomor penerima merespon dengan berdering. Ketika telepon pada pengguna 300 diangkat, maka terjadi proses komunikasi antara pengguna 200 dan pengguna 300. Gambar 5-2 menunjukkan lebih jelas proses komunikasi yang terjadi.



```

root@serverVoip:~
-- Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [300@my-phone:1] Dial("SIP/200-00000079", "SIP/300,20") in new
-- Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called SIP/300
-- SIP/300-0000007a is ringing
-- SIP/300-0000007a answered SIP/200-00000079
-- Remotely bridging SIP/200-00000079 and SIP/300-0000007a
-- Spawn extension (my-phone, 300, 1) exited non-zero on 'SIP/200-00000079'
serverVoip*CLI>

```

Gambar 5-2 Proses Komunikasi User 200 dan 300

Sumber : [Hasil Pengujian]

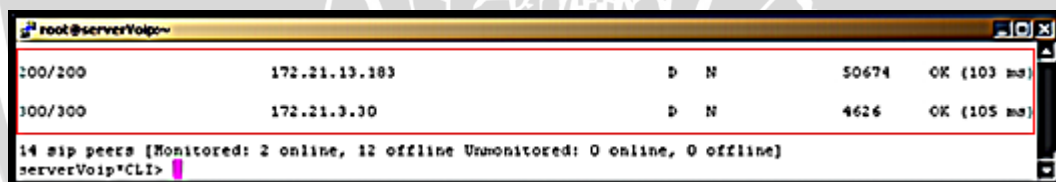
Ketika panggilan terjadi antara *client* 1 dan *client* 2, SDP (*Session Description Protocol*) akan mendeskripsikan detail panggilan. Detail panggilan dapat dilihat melalui *console* CLI dengan mengetikkan perintah *sip set debug on*. Hasil detail panggilan RTP dapat dilihat pada lampiran 6.

5.1.2 Pengujian Konektivitas Client-Server dengan SRTP

Pengujian konektivitas dilakukan dengan cara melihat apakah pengguna yang didaftarkan sudah diregistrasi oleh *server support* SRTP atau tidak, kemudian menguji apakah dari *client* yang telah terdaftar tersebut dapat saling melakukan panggilan atau tidak.

5.1.2.1 Pemeriksaan Status Registrasi Pengguna

Untuk melihat status registrasi pengguna dari *console* CLI *asterisk* dengan mengetikkan perintah *sip show peers* seperti yang ditunjukkan pada gambar 5-3. Pada gambar tersebut dapat dilihat keterangan yang menunjukkan bahwa terdapat beberapa pengguna yang terdaftar berada dalam posisi online dan siap untuk digunakan yaitu *client* 200 dan *client* 300.



Peer	IP Address	Status	Port	OK	Time
200/200	172.21.13.183	D N	50674	OK	(103 ms)
300/300	172.21.3.30	D N	4626	OK	(105 ms)

14 sip peers [Monitored: 2 online, 12 offline Unmonitored: 0 online, 0 offline]
serverVoip*CLI>

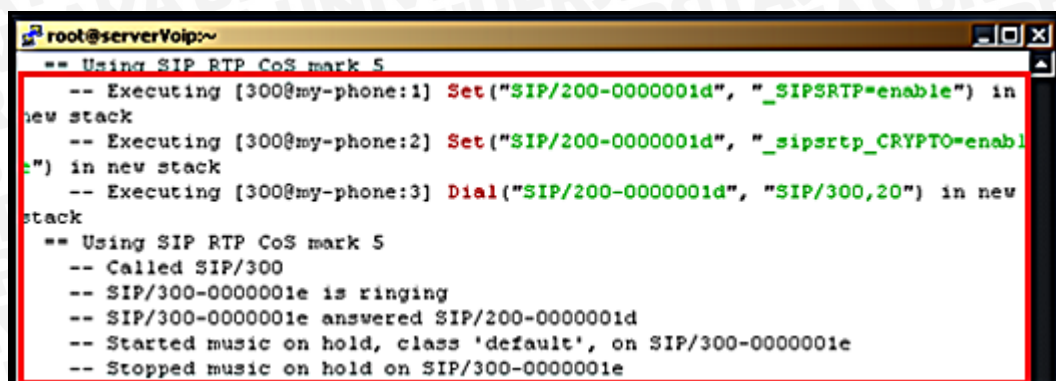
Gambar 5-3 Status peer SIP SRTP

Sumber : [Hasil Pengujian]

5.1.2.2 Pemeriksaan Keberhasilan Panggilan

Status keberhasilan panggilan di *server Asterisk* dapat dilihat melalui *console* CLI *asterisk* ketika proses permintaan panggilan dimulai hingga diakhiri. Seperti yang terlihat pada gambar 5-4, proses panggilan diawali dengan mengeksekusi perintah Set (*_SIP SRTP=enable*) dimana pernyataan tersebut berarti sebelum proses panggilan yang menggunakan teknologi SIP dan *server* akan me-setting SRTP. Perintah kedua adalah (*_SIP SRTP_CRYPTO=enable*) berarti *server* yang menggunakan teknologi SIP

mengijinkan untuk merahasiakan data menggunakan SRTP. Gambar 5-4 menunjukkan lebih jelas proses komunikasi yang terjadi.



```

root@serverVoip:~#
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [300@my-phone:1] Set("SIP/200-000000id", "_SIPSRTP=enable") in
new stack
-- Executing [300@my-phone:2] Set("SIP/200-000000id", "_sipsrtp_CRYPT0=enabl
e") in new stack
-- Executing [300@my-phone:3] Dial("SIP/200-000000id", "SIP/300,20") in new
stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called SIP/300
-- SIP/300-000000id is ringing
-- SIP/300-000000id answered SIP/200-000000id
-- Started music on hold, class 'default', on SIP/300-000000id
-- Stopped music on hold on SIP/300-000000id
  
```

Gambar 5-4 Proses Komunikasi *client* dengan SRTP

Sumber : [Hasil Pengujian]

Detail panggilan atau disebut SDP (*Session Descriptions Protocols*) dapat dilihat melalui *console* CLI dengan mengetikkan perintah *sip set debug on*. Hasil detail panggilan dapat dilihat pada lampiran 7.

Dari hasil SDP menunjukkan bahwa komunikasi menggunakan transport TLS. Media yang digunakan yaitu SRTP ditunjukkan dengan *media description* *m= RTP/SAVP*. Port yang digunakan adalah port default VoIP 5061. *User agent* yang digunakan adalah Blink-0.3.0, dan algoritma kriptografi yang digunakan sesuai informasi field pada *a=crypto:1 AES_CM_128_HMAC_SHA1_80*.

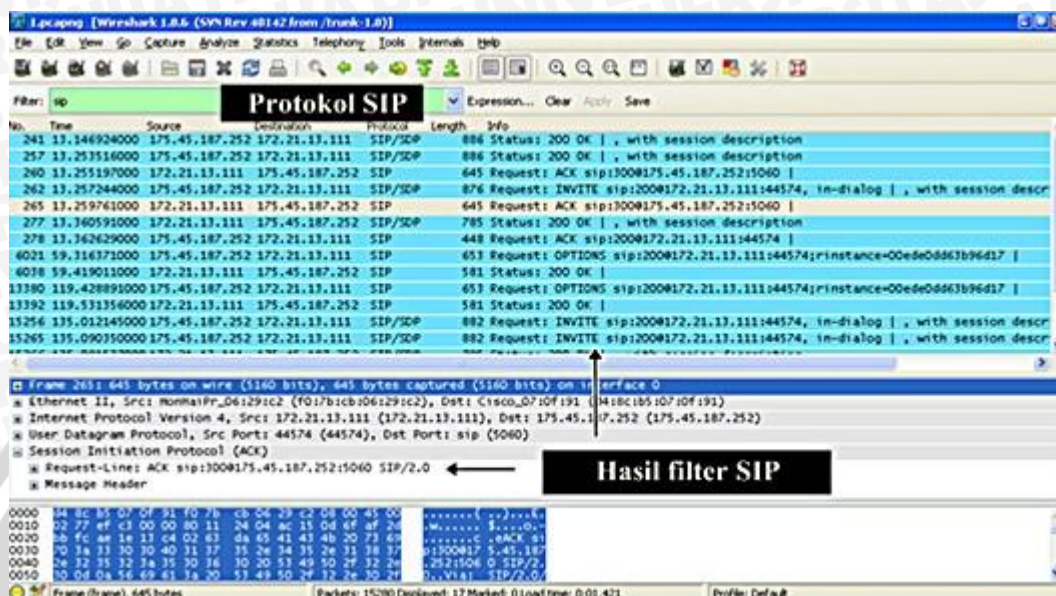
5.2 Pengujian Penyadapan

5.2.1 Pengujian Penyadapan VoIP tanpa Keamanan

Jika dilihat dari sisi wireshark sebagai perangkat lunak yang mampu menangkap paket pada suatu network. Pada penelitian ini perangkat lunak wireshark juga digunakan untuk melakukan *sniffing*. Wireshark dapat mengamati protokol SIP dan mendengarkan komunikasi yang terjadi antar client VoIP. Jika protokol SIP terlihat, pada wireshark memilih menu *Telephony – RTP – Show All Stream - Analyze* dan pilih *Player*. Berikut adalah hasil penyadapan yang terjadi pada VoIP tanpa menggunakan keamanan, yaitu :

- a. Melakukan pengecekan pada jalur protokol SIP

Pada tahap ini dapat dilihat terjadinya panggilan yang menggunakan protokol SIP.

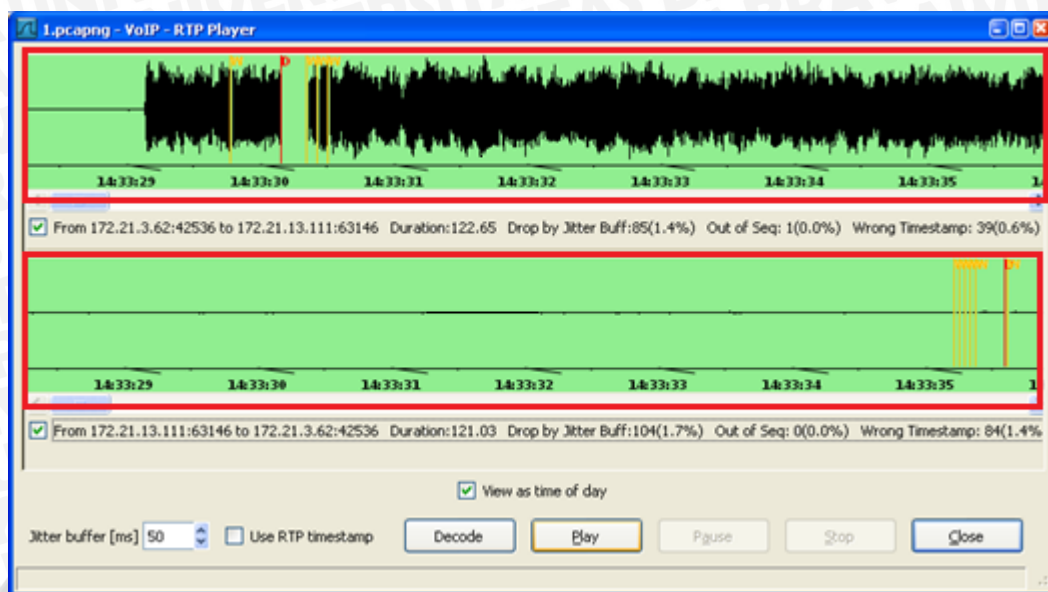


Gambar 5-5 Melihat protocol SIP

Sumber: [Hasil Pengujian]

Gambar 5-5 menunjukkan bahwa pada pengujian VoIP tanpa keamanan, wireshark mampu menangkap protokol SIP yang digunakan sebagai protokol komunikasi VoIP.

- b. Melakukan penyadapan pada komunikasi VoIP.



Gambar 5-6 Hasil penyadapan VoIP

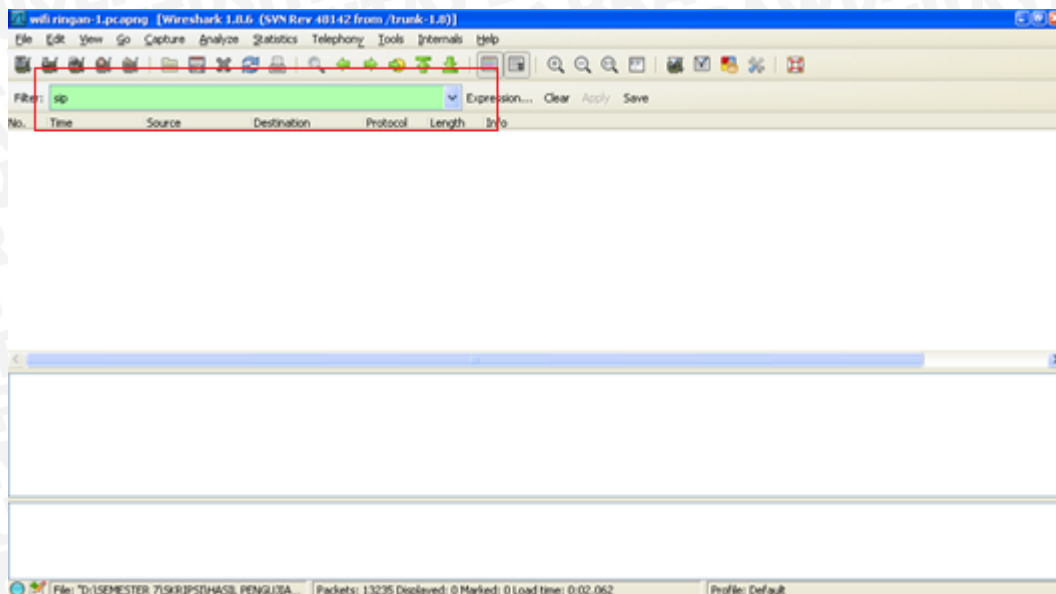
Sumber: [Hasil Pengujian]

Pada komunikasi RTP yang berhasil ditangkap seperti pada Gambar 5-6, komunikasi yang tersadap bisa dimainkan ulang dan dapat terdengar kembali semua komunikasi VoIP yang telah direkam sebelumnya oleh Wireshark secara otomatis.

5.2.2 Pengujian Penyadapan VoIP dengan SRTP

Berikut adalah hasil penyadapan yang terjadi pada VoIP menggunakan SRTP, yaitu :

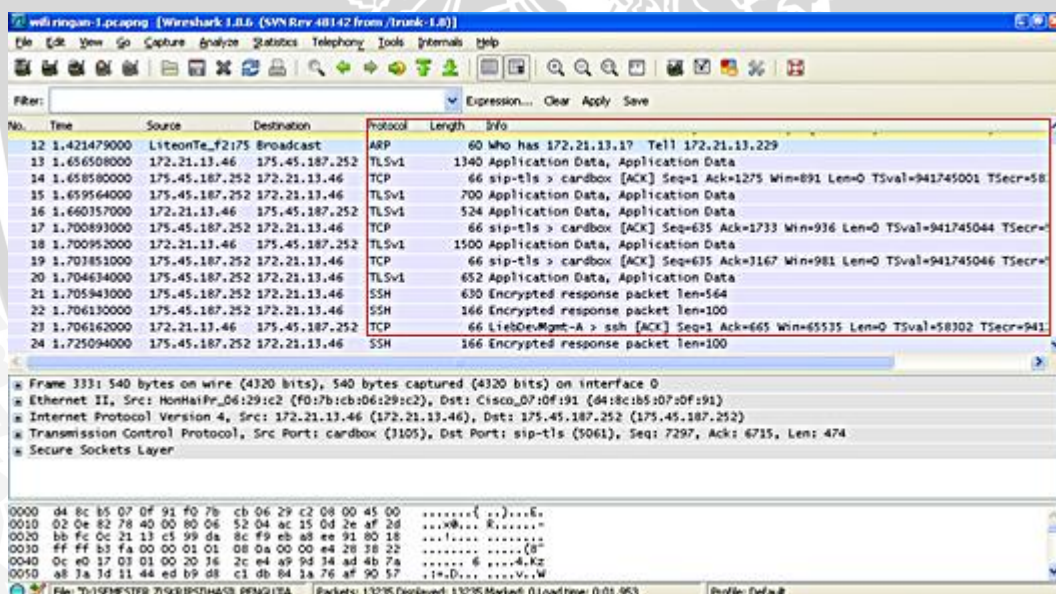
- a. Mengamati protocol SIP



Gambar 5-7 Melihat protokol SIP setelah VoIP dengan SRTP

Sumber: [Hasil Pengujian]

b. Mengamati jenis transport TLS

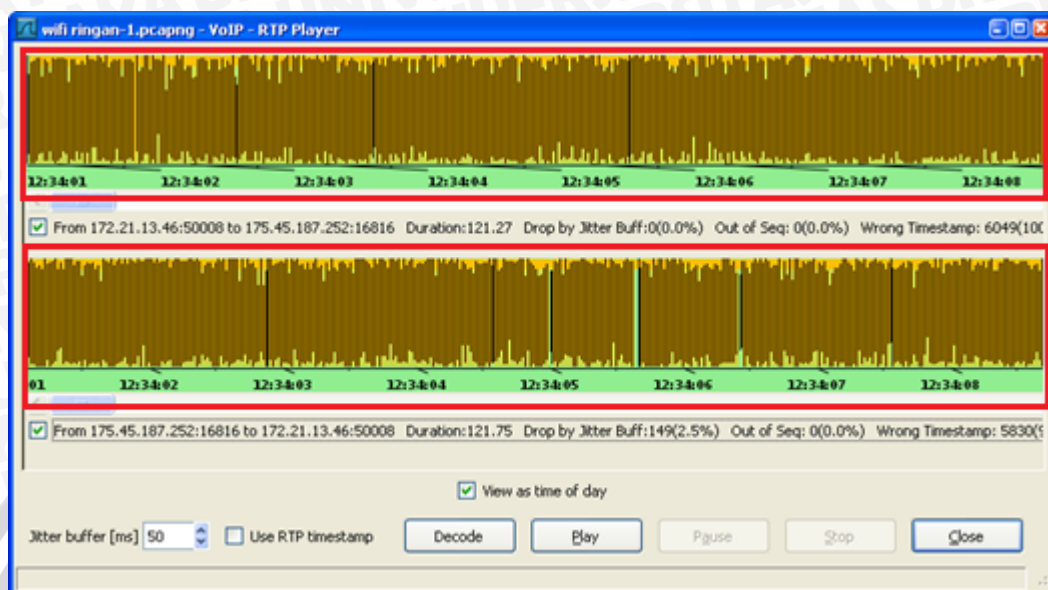


Gambar 5-8 Hasil transport TLS pada VoIP dengan SRTP

Sumber: [Hasil Pengujian]

Gambar 5-7 menunjukkan bahwa protokol SIP tidak tertangkap pada perangkat lunak wireshark. Hal ini dikarenakan komunikasi VoIP menggunakan tipe transport TLS untuk mengamankan key digunakan untuk enkripsi. Pada gambar 5-8 terlihat bahwa protokol SIP menggunakan TLS.

- c. Melihat isi data dan melakukan penyadapan pada komunikasi VoIP dengan SRTP



Gambar 5-9 Hasil penyadapan VoIP dengan SRTP

Sumber: [Hasil Pengujian]

Gambar 5-9 menunjukkan hasil dari tangkapan komunikasi VoIP menggunakan SRTP terlihat bahwa hasil suara telah terenkripsi.

5.3 Pengujian Kualitas VoIP

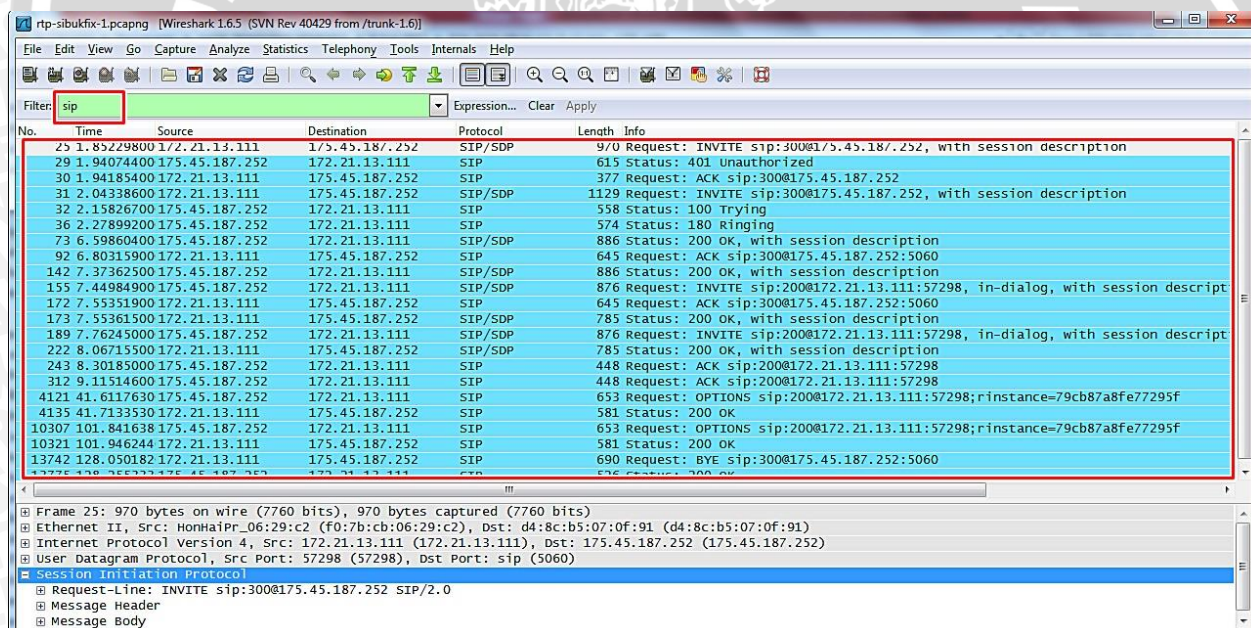
Pada penelitian ini, pengujian kualitas layanan suara dari *client* 1 dengan IP 172.21.13.XXX/24 menuju *client* 2 dengan IP address 172.21.3.XX/32. Pada masing-masing konfigurasi dilakukan pengambilan data sebanyak 10 kali, selama masing-masing 2 menit. Dari sini akan diamati *payload* dan dapat diperoleh data antara lain *delay*, *jitter* dan *packet loss*. Konfigurasi algoritma *cipher* dalam penelitian ini direncanakan menggunakan algoritma default dari library *Secure Real-time Transport Protocol* yaitu AES_CM_128_HMAC_SHA1_80.

5.3.1 Analisa Kualitas VoIP tanpa Keamanan

Panggilan dilakukan menggunakan *softphone* X-lite. Wireshark mampu membaca paket-paket data yang lewat pada jaringan dan menganalisanya. SIP merupakan salah satu protokol yang didukung oleh wireshark.

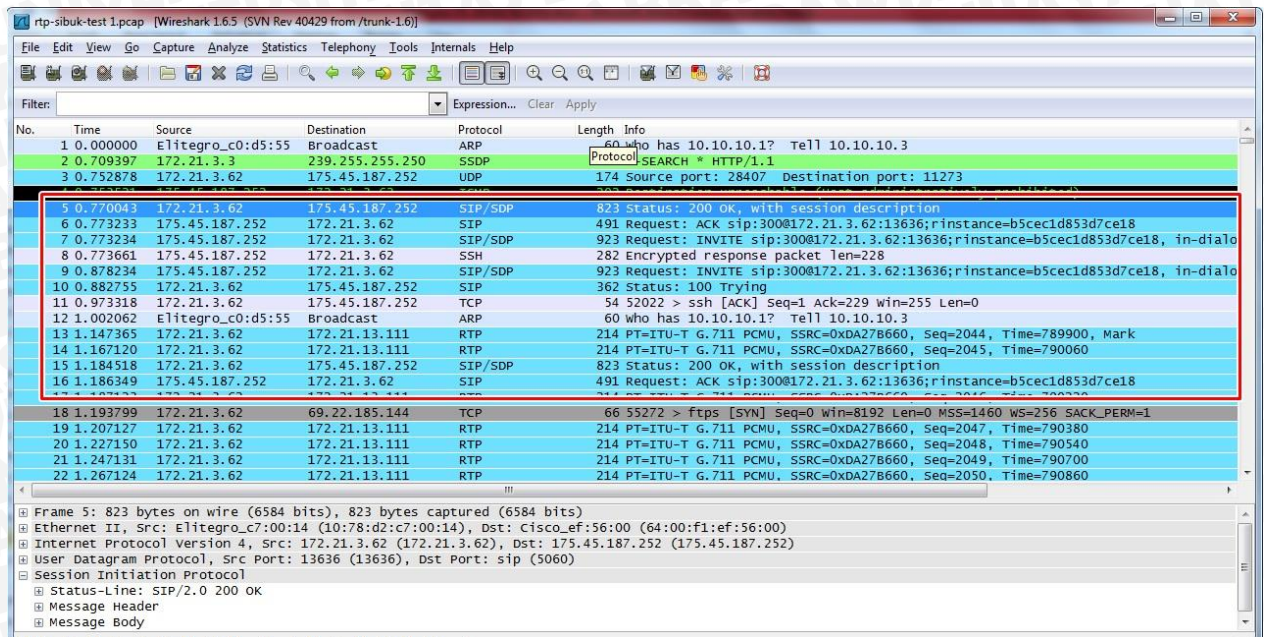
Alur pengujian kualitas suara VoIP dapat dilihat pada lampiran 8. Server yang digunakan dalam pengujian ini adalah server SIP tanpa keamanan dengan alamat 175.45.187.252 dan anggota *client* yang terdaftar yaitu 200 dan 300. Panggilan dilakukan menggunakan 2 *softphone* X-lite yang dipasang pada komputer dan segmen yang berbeda.

Hasil pengujian dibedakan menjadi dua sumber, yaitu dari sisi *client* 1 dengan IP address 172.21.13.XXX/24 menuju *client* 2 dengan IP address 172.21.3.XX/32 dan *client* 2 dengan IP address 172.21.3.XX/32 menuju *client* 1 dengan IP 172.21.13.XXX/24. Gambar 5-10 diambil dari sisi *client* 1 yang melakukan panggilan ke *client* 2. Gambar 5-11 diambil dari sisi *client* 2 yang dipanggil oleh *client* 1. Gambar 5-10 dan gambar 5-11 menunjukkan bahwa komunikasi menggunakan protocol SIP.



Gambar 5-10 Wireshark membaca data RTP dari client 1

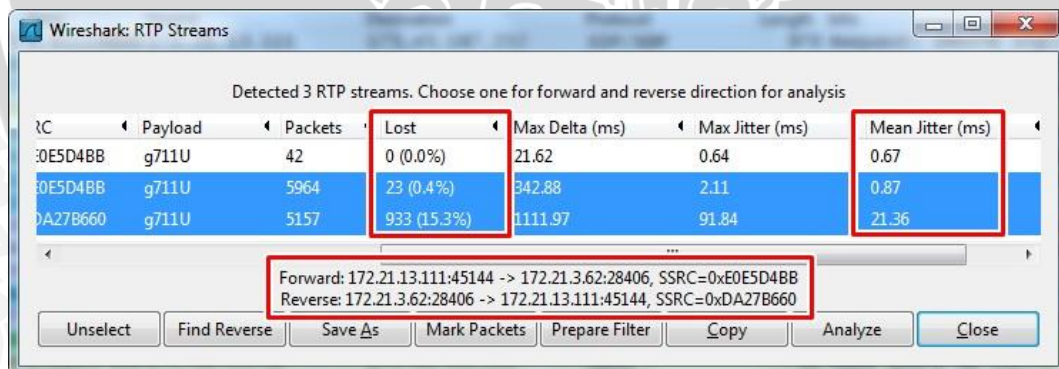
Sumber : [Hasil Pengujian]



Gambar 5-11 Wireshark membaca data RTP dari client 2

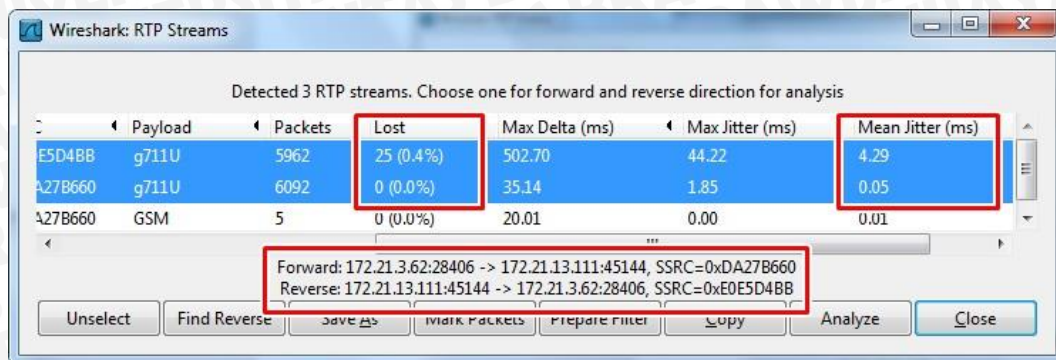
Sumber: [Hasil Pengujian]

Dari data diperoleh seperti gambar 5-10 dan gambar 5-11, untuk mendapatkan *jitter* dan *packet loss* pilih tab *Telephony – RTP – Show All Streams* hingga terlihat data seperti gambar 5-12 dan gambar 5-13.



Gambar 5-12 Wireshark RTP Stream dari client 1

Sumber: [Hasil Pengujian]



Detected 3 RTP streams. Choose one for forward and reverse direction for analysis

	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter (ms)	Mean Jitter (ms)
E5D4B8	g711U	5962	25 (0.4%)	502.70	44.22	4.29
A27B660	g711U	6092	0 (0.0%)	35.14	1.85	0.05
A27B660	GSM	5	0 (0.0%)	20.01	0.00	0.01

Forward: 172.21.3.62:28406 -> 172.21.13.111:45144, SSRC=0xDA27B660
Reverse: 172.21.13.111:45144 -> 172.21.3.62:28406, SSRC=0xE0E5D4B8

Unselect Find Reverse Save As Mark Packets Prepare Filter Copy Analyze Close

Gambar 5-13 Wireshark RTP Stream dari client 2

Sumber : [Hasil Pengujian]

Berdasarkan gambar 5-12 dapat dilihat nilai *packet loss forward* dari 172.21.13.111 menuju 172.21.3.62 sebesar 0.4% dengan jumlah *packet loss* 23. Sedangkan nilai *packet loss reverse* dari 172.21.3.62 menuju 172.21.13.111 sebesar 15.3% dengan jumlah *packet loss* 933. Dari gambar 5-12 dapat dilihat pula nilai *jitter forward* dari 172.21.13.111 menuju 172.21.3.62 sebesar 0.87 ms. Sedangkan nilai *jitter reverse* dari 172.21.3.62 menuju 172.21.13.111 sebesar 21.36 ms. Hasil analisa jitter dan packet loss VoIP tanpa keamanan lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 11.

Berdasarkan gambar 5-13 dapat dilihat nilai *packet loss forward* dari 172.21.3.62 menuju 172.21.13.111 sebesar 0 % dengan jumlah *packet loss* 0. Sedangkan nilai *packet loss reverse* dari 172.21.13.111 menuju 172.21.3.62 sebesar 0.4 % dengan jumlah *packet loss* 25. Dari gambar 5-13 dapat dilihat pula nilai *jitter forward* dari 172.21.3.62 menuju 172.21.13.111 sebesar 0.05 ms. Sedangkan nilai *jitter reverse* dari 172.21.13.111 menuju 172.21.3.62 sebesar 4.29 ms. Hasil analisa jitter dan packet loss VoIP tanpa keamanan lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 11.

Untuk mendapatkan *delay*, melakukan filterisasi paket pada tab Filter. Kemudian pilih tab *Statistic – Summary* dan membagi antara waktu dengan paket data sesuai filterisasinya. Gambar 5-14 adalah hasil filterisasi dari sisi client 1 forward.

Display filter: rtp&&ip.src==172.21.13.111&&ip.dst==172.21.3.62			
Traffic	Captured	Displayed	Marked
Packets	13813	5972	
Between first and last packet	129.629 sec	120.788 sec	
Avg. packets/sec	106.558	49.442	
Avg. packet size	101.526 bytes	102.115 bytes	
Bytes	1402382	609831	
Avg. bytes/sec	10818.441	5048.759	
Avg. MBit/sec	0.087	0.040	

Gambar 5-14 Wireshark Summary

Sumber : [Hasil Pengujian]

Dari gambar 5-14 dapat dihitung nilai delay dengan persamaan 1:

$$Delay = \frac{Waktu}{Jumlah\ paket}$$

$$Delay = \frac{120.722\ sec}{5972} = 0.020226\ sec = 20.226\ ms$$

Hasil analisa delay VoIP tanpa keamanan lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 11.

5.3.1.1 Delay

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh nilai delay yang dibutuhkan dalam komunikasi VoIP tanpa keamanan untuk setiap kondisi pada setiap client dan media ditunjukkan pada tabel 5-1. Untuk grafik delay dapat dilihat pada gambar 5-15 dan gambar 5-16.

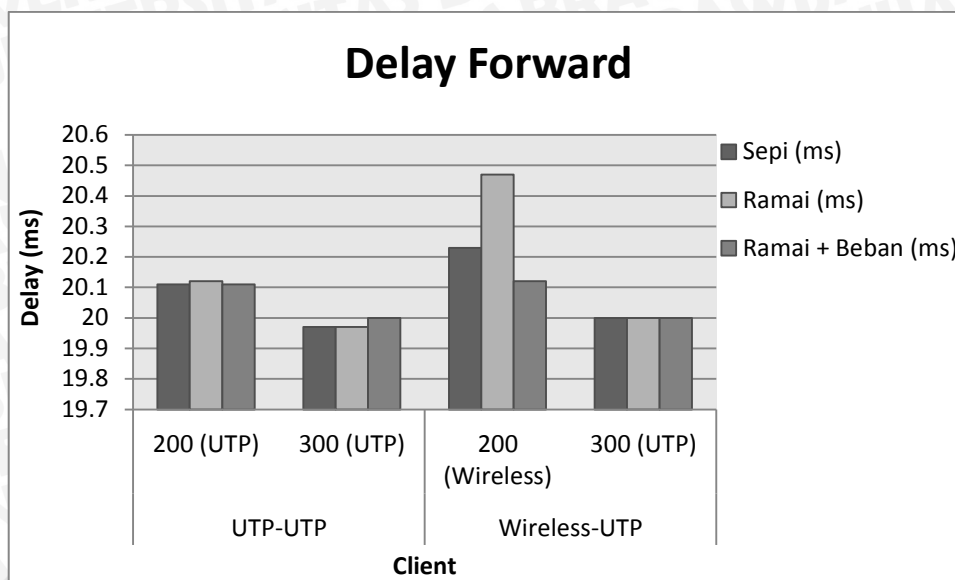
Tabel 5-1 Delay forward dan reverse VoIP tanpa keamanan

Sumber: [Hasil Pengujian]

Media	Pengguna	Sepi (ms)		Ramai (ms)		Ramai+beban(ms)	
		F	R	F	R	F	R
UTP-UTP	200	20.11	19.97	20.12	19.97	20.11	22.86
	300	19.97	20.12	19.97	20.13	20	20.12
Wireless-UTP	200	20.23	20.16	20.47	24.36	20.12	25.81
	300	20	20.24	20	20.5	20	20.13
Rata - rata		20.08	20.12	20.14	21.24	20.06	22.23

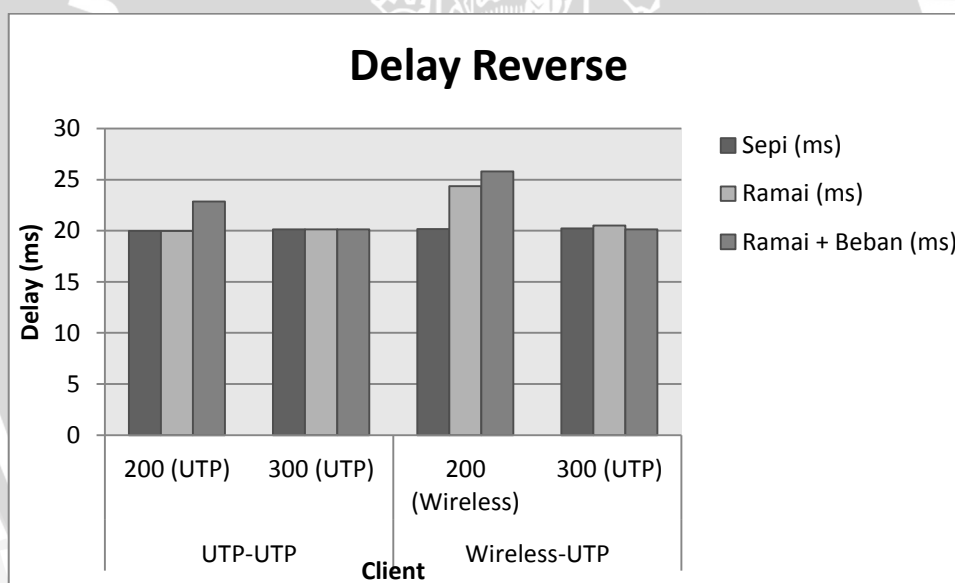
Keterangan:

F : Forward R : Reverse



Gambar 5-15 Delay Forward VoIP tanpa keamanan

Sumber: [Hasil Pengujian]



Gambar 5-16 Delay Reverse VoIP tanpa keamanan

Sumber: [Hasil pengujian]

Hasil dari tabel 5-1 dapat dilihat bahwa implementasi VoIP tanpa keamanan pada kondisi sepi terdapat rata-rata delay untuk forward sebesar 20.08 ms dan reverse sebesar 20.12 ms. Pada kondisi ramai terdapat rata-rata delay untuk forward sebesar 20.14 ms dan reverse sebesar 21.24 ms. Sedangkan kondisi

ramai dengan beban terdapat rata-rata delay untuk forward sebesar 20.06 ms dan reverse sebesar 20.13 ms.

5.3.1.2 Jitter

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh nilai jitter yang dibutuhkan dalam komunikasi VoIP tanpa keamanan untuk setiap kondisi pada setiap client dan media ditunjukkan pada tabel 5-2. Untuk grafik jitter dapat dilihat pada gambar 5-17 dan gambar 5-18.

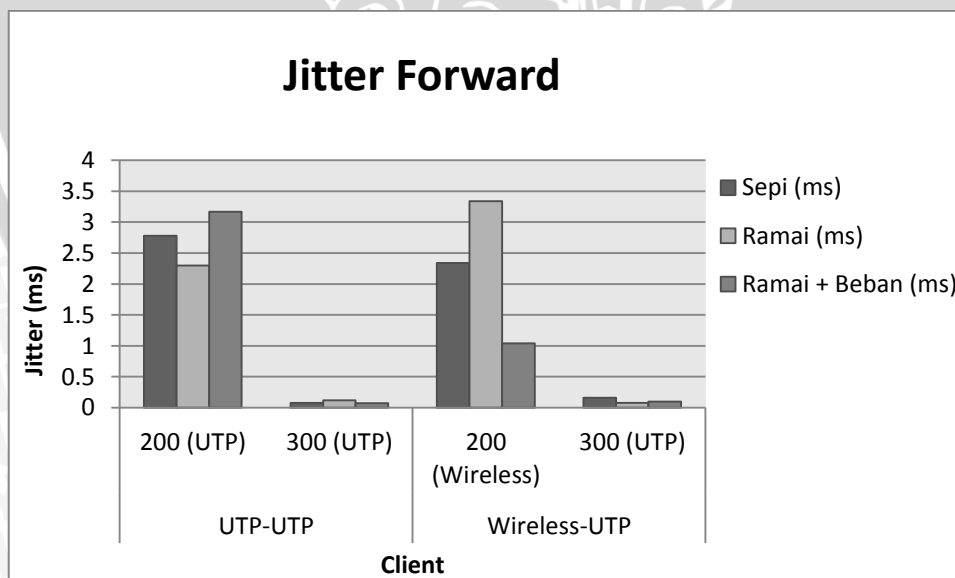
Tabel 5-2 Jitter forward dan reverse VoIP tanpa keamanan

Sumber: [Hasil Pengujian]

Media	Pengguna	Sepi (ms)		Ramai (ms)		Ramai+beban(ms)	
		F	R	F	R	F	R
UTP-UTP	200	2.78	0.28	2.3	0.31	3.17	2.16
	300	0.08	2.6	0.12	2.69	0.07	3.29
Wireless-UTP	200	2.34	14.02	3.34	26.93	1.04	26.96
	300	0.16	4.74	0.08	8.55	0.1	3.99
Rata - rata		1.34	5.41	1.46	9.62	1.10	9.10

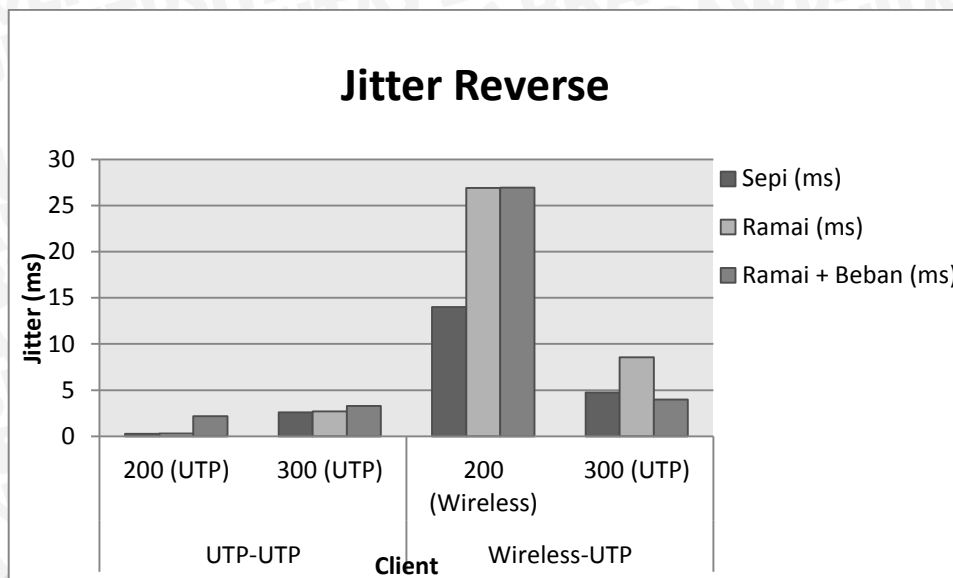
Keterangan:

F : Forward R : Reverse



Gambar 5-17 Jitter forward VoIP tanpa keamanan

Sumber: [Hasil pengujian]



Gambar 5-18 Jitter Reverse VoIP tanpa keamanan

Sumber: [Hasil Pengujian]

Hasil dari tabel 5-2 dapat dilihat bahwa implementasi VoIP tanpa keamanan pada kondisi sepi terdapat rata-rata jitter untuk forward sebesar 1.34 ms dan reverse sebesar 5.41 ms. Pada kondisi ramai terdapat rata-rata jitter untuk forward sebesar 1.46 ms dan reverse sebesar 9.62 ms. Sedangkan kondisi ramai dengan beban terdapat rata-rata jitter untuk forward sebesar 1.10 ms dan reverse sebesar 9.10 ms.

5.3.1.3 Packet Loss

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh nilai packet loss yang dibutuhkan dalam komunikasi VoIP tanpa keamanan untuk setiap kondisi pada setiap client dan media ditunjukkan pada tabel 5-3. Untuk grafik packet loss dapat dilihat pada gambar 5-19 dan gambar 5-20.

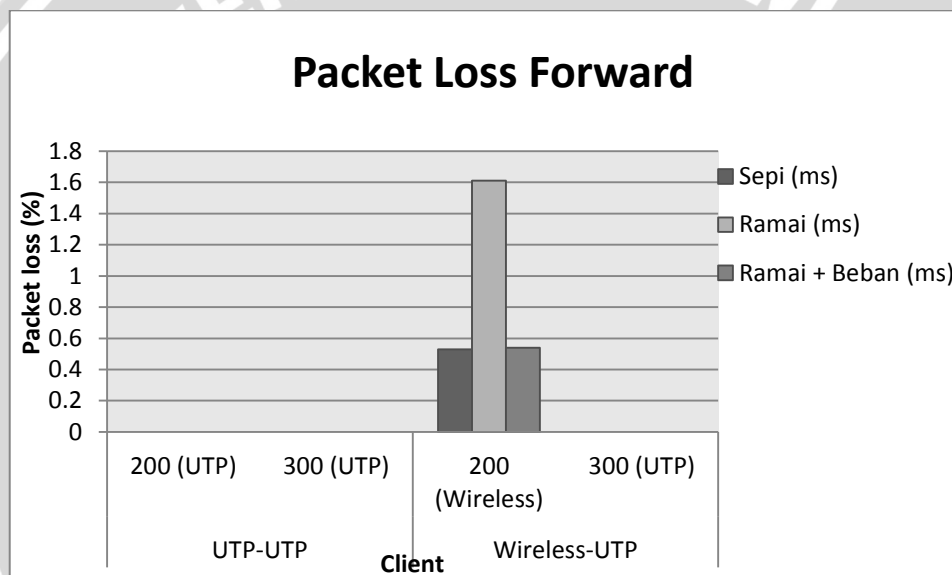
Tabel 5-3 Packet loss forward dan reverse VoIP tanpa keamanan

Sumber: [Hasil Pengujian]

Media	Pengguna	Sepi (%)		Ramai (%)		Ramai+beban (%)	
		F	R	F	R	F	R
UTP-UTP	200	0	0	0	0.01	0	12.51
	300	0	0	0	0.01	0	0
Wireless-UTP	200	0.53	0.75	1.61	18.02	0.54	19.29
	300	0	0.55	0	1.76	0	0.56
Rata - rata		0.13	0.33	0.4	4.95	0.14	8.09

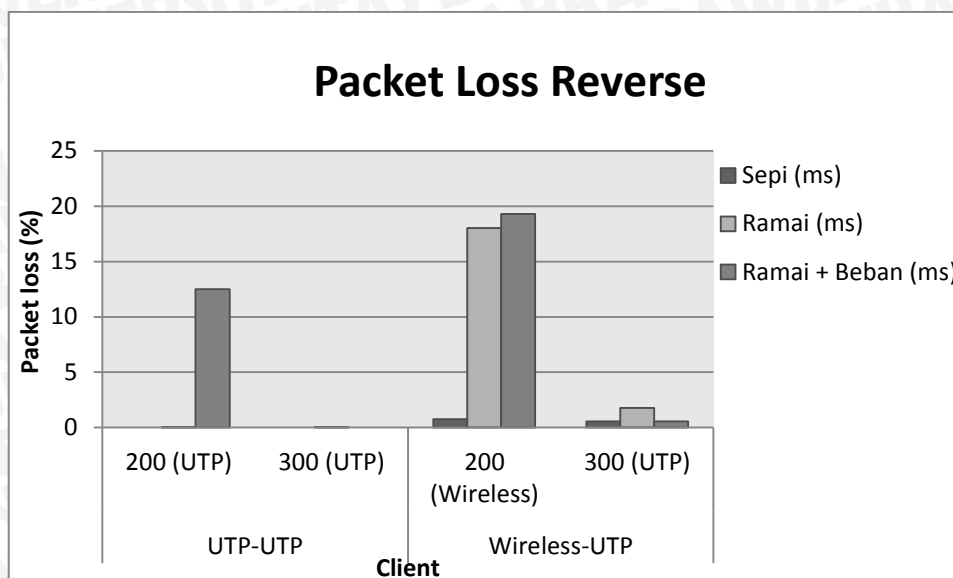
Keterangan:

F : Forward R : Reverse



Gambar 5-19 Packet Loss forward VoIP tanpa keamanan

Sumber: [Hasil Pengujian]



Gambar 5-20 Packet Loss reverse VoIP tanpa keamanan

Sumber: [Hasil Pengujian]

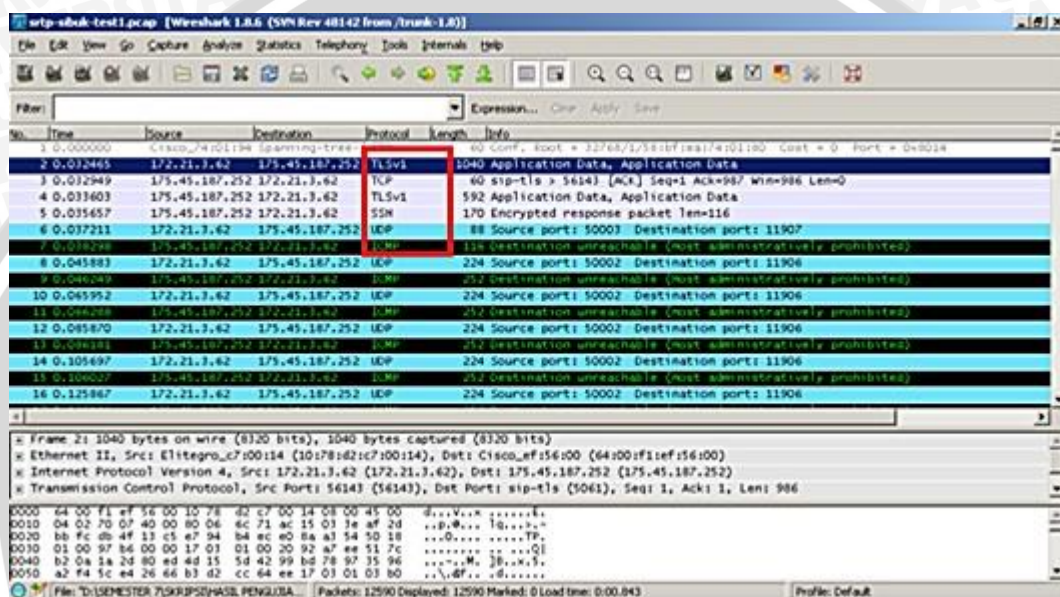
Hasil dari tabel 5-3 dapat dilihat bahwa implementasi VoIP tanpa keamanan pada kondisi sepi terdapat rata-rata packet loss untuk forward sebesar 0.13 % dan reverse sebesar 0.33 %. Pada kondisi ramai terdapat rata-rata packet loss untuk forward sebesar 0.4 % dan reverse sebesar 4.95 %. Sedangkan kondisi ramai dengan beban terdapat rata-rata packet loss untuk forward sebesar 0.14 % dan reverse sebesar 8.09 %.

5.3.2 Analisa Kualitas VoIP dengan SRTP

Panggilan dilakukan menggunakan *softphone* Blink. Wireshark mampu membaca paket-paket data yang lewat pada jaringan dan menganalisisnya. SIP merupakan salah satu protokol yang didukung oleh wireshark. Alur pengujian kualitas suara VoIP dapat dilihat pada lampiran 8. Server yang digunakan dalam pengujian ini adalah server SIP tanpa SRTP dengan alamat 175.45.187.252 dan anggota *client* yang terdaftar yaitu 200 dan 300. Panggilan dilakukan menggunakan 2 *softphone* Blink yang dipasang pada komputer dan segmen yang berbeda.

Untuk menggunakan Wireshark sama halnya ketika menggunakan wireshark untuk *me-capture* paket RTP tanpa keamanan. Data disimpan sebagai file dalam ekstensi *.pcap. Gambar 5-21 menunjukkan bahwa pada pengujian

SRTP, wireshark akan menangkap protocol transport TLSv1 sesuai dengan konfigurasi pada *sip.conf*. Ketika komunikasi antara *client* 1 dan *client* 2 berlangsung, wireshark akan membaca IP dari salah satu *client* dan *server*. Data dari hasil wireshark sama dengan data pada hasil debug pada *server* ketika mengetikkan *sip set debug on* dan data debug *server* dapat dilihat pada lampiran 7. Hal ini menunjukkan bahwa pada *server* dengan SRTP, komunikasi yang berlangsung diatur seluruhnya oleh *server*.



Gambar 5-21 Wireshark membaca data SRTP

Sumber : [Hasil Pengujian]

Untuk mendapatkan kualitas layanan VoIP dengan SRTP pada Wireshark memiliki dua sisi hasil pengujian yaitu *forward* dan *reverse*. Untuk mendapatkan *delay*, *jitter* dan *packet loss* sama halnya seperti penjelasan analisa kualitas VoIP tanpa keamanan. Hasil analisa *delay*, *jitter* dan *packet loss* VoIP dengan SRTP lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 11.

5.3.2.1 Delay

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh nilai *delay* yang dibutuhkan dalam komunikasi VoIP dengan SRTP untuk setiap kondisi pada setiap *client* dan media ditunjukkan pada tabel 5-4. Untuk grafik *delay* dapat dilihat pada gambar 5-22 dan gambar 5-23.

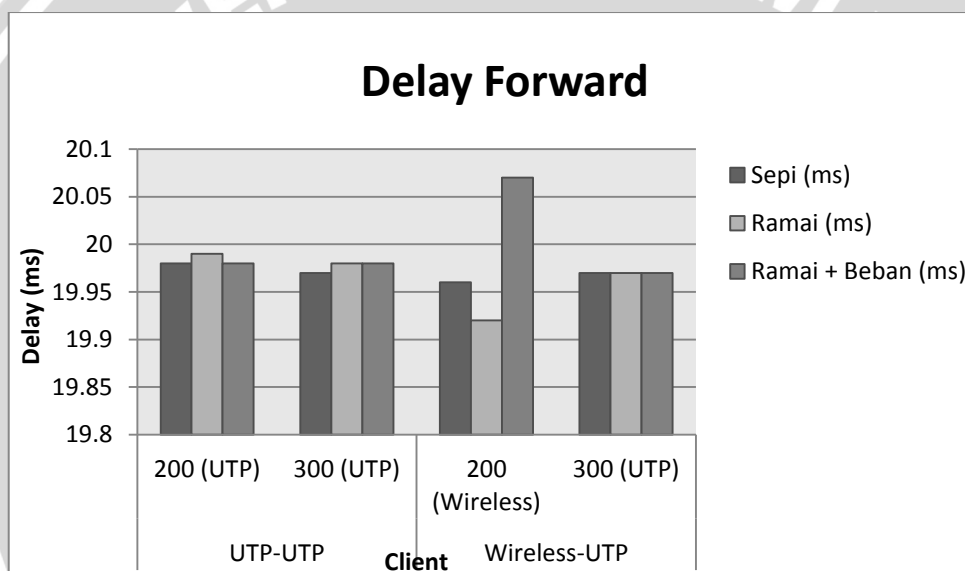
Tabel 5-4 Delay forward dan reverse VoIP dengan SRTP

Sumber: [Hasil Pengujian]

Media	Pengguna	Sepi (ms)		Ramai (ms)		Ramai+beban (ms)	
		F	R	F	R	F	R
UTP-UTP	200	19.98	20.21	19.99	20.22	19.98	30.68
	300	19.97	20.2	19.98	20.27	19.98	23.75
UTP-Wireless	200	19.96	20.62	19.92	24.52	20.07	26.25
	300	19.97	20.62	19.97	20.79	19.97	21.37
Rata - rata		19.97	20.41	19.96	21.45	20	25.51

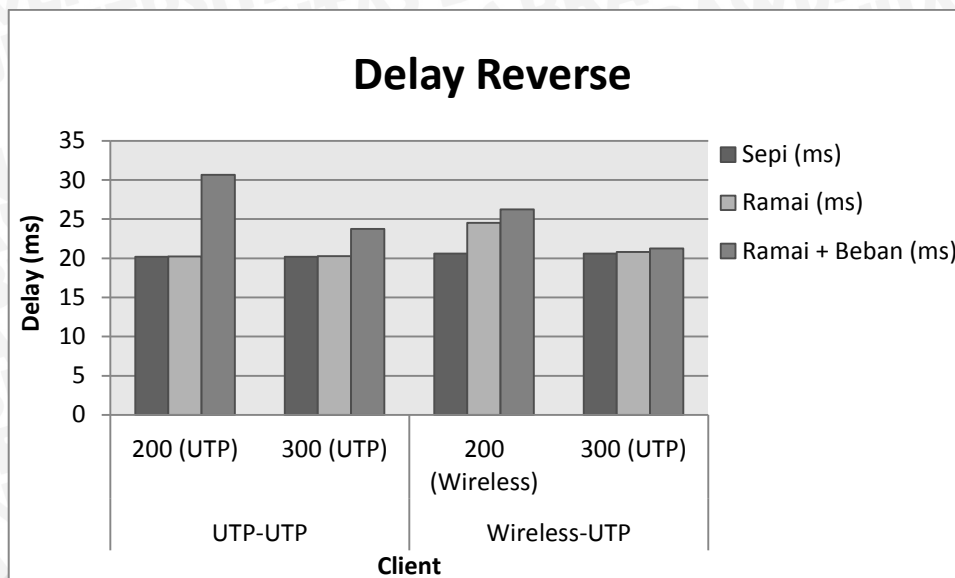
Keterangan:

F : Forward R : Reverse



Gambar 5-22 Delay forward VoIP dengan SRTP

Sumber: [Hasil Pengujian]



Gambar 5-23 Delay reverse VoIP dengan SRTP

Sumber: [Hasil Pengujian]

Hasil dari tabel 5-4 dapat dilihat bahwa implementasi VoIP dengan SRTP pada kondisi sepi terdapat rata-rata delay untuk forward sebesar 19.97 ms dan reverse sebesar 20.41 ms. Pada kondisi ramai terdapat rata-rata delay untuk forward sebesar 19.96 ms dan reverse sebesar 21.45 ms. Sedangkan kondisi ramai dengan beban terdapat rata-rata delay untuk forward sebesar 20 ms dan reverse sebesar 25.51 ms.

5.3.2.2 Jitter

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh nilai jitter yang dibutuhkan dalam komunikasi VoIP dengan SRTP untuk setiap kondisi pada setiap client dan media ditunjukkan pada tabel 5-4. Untuk grafik delay dapat dilihat pada gambar 5-24 dan gambar 5-25.

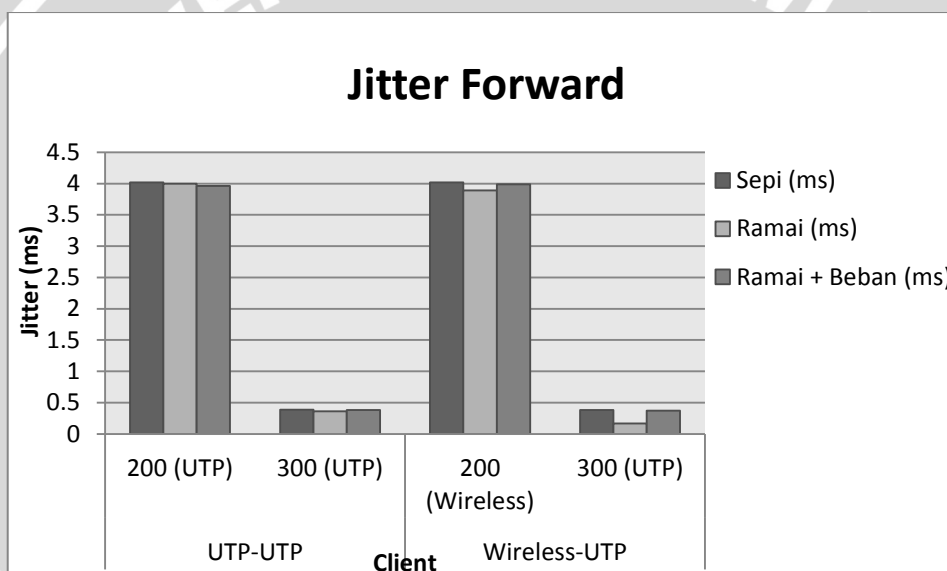
Tabel 5-5 Jitter forward dan reverse VoIP dengan SRTP

Sumber: [Hasil Pengujian]

Media	PenGguna	Sepi (ms)		Ramai (ms)		Ramai+beban (ms)	
		F	R	F	R	F	R
UTP-UTP	200	4.02	0.61	4	0.63	3.96	2.63
	300	0.39	4.83	0.36	4.07	0.38	5.79
UTP-Wireless	200	4.02	5.58	3.89	23.41	3.99	31.84
	300	0.38	4.78	0.17	9.22	0.37	7.58
Rata – rata		2.2	3.95	2.1	9.33	2.18	11.96

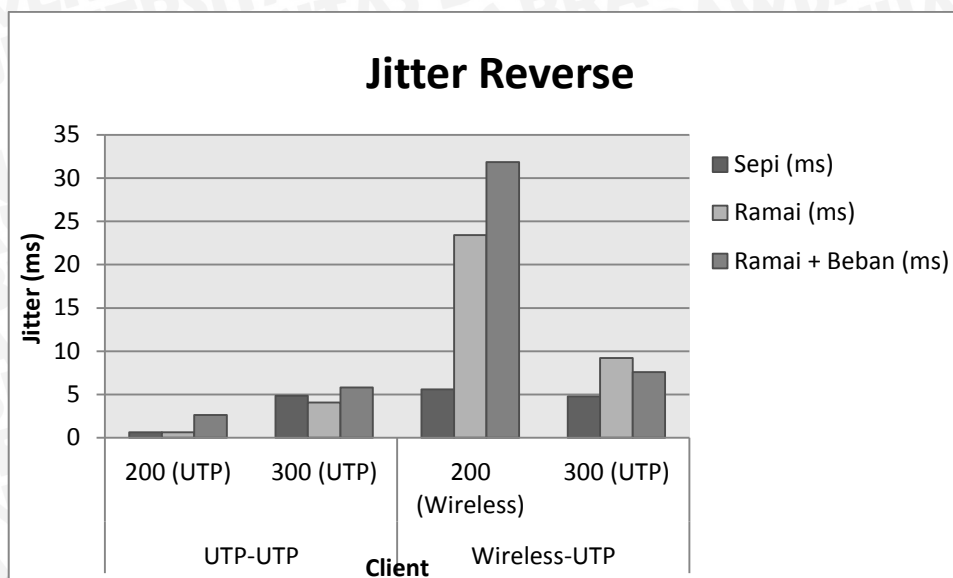
Keterangan:

F : Forward R : Reverse



Gambar 5-24 Jitter forward VoIP dengan SRTP

Sumber: [Hasil Pengujian]



Gambar 5-25 Jitter reverse VoIP dengan SRTP

Sumber: [Hasil Pengujian]

Hasil dari tabel 5-5 dapat dilihat bahwa implementasi VoIP dengan SRTP pada kondisi sepi terdapat rata-rata jitter untuk forward sebesar 2.20 ms dan reverse sebesar 3.95 ms. Pada kondisi ramai terdapat rata-rata jitter untuk forward sebesar 2.10 ms dan reverse sebesar 9.33 ms. Sedangkan kondisi ramai dengan beban terdapat rata-rata jitter untuk forward sebesar 2.18 ms dan reverse sebesar 11.96 ms.

5.3.2.3 Packet loss

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh nilai packet loss yang dibutuhkan dalam komunikasi VoIP dengan SRTP untuk setiap kondisi pada setiap client dan media ditunjukkan pada tabel 5-5. Untuk grafik delay dapat dilihat pada gambar 5-26 dan gambar 5-27.

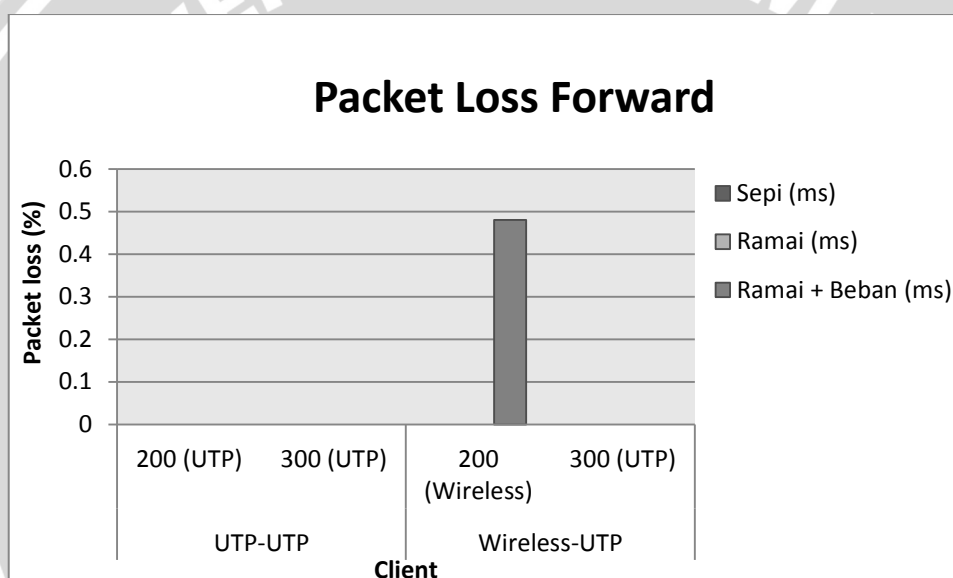
Tabel 5-6 Packet loss forward dan reverse VoIP dengan SRTP

Sumber: [Hasil Pengujian]

Media	Pennguna	Sepi (%)		Ramai (%)		Ramai+beban (%)	
		F	R	F	R	F	R
UTP-UTP	200	0	0	0	0.04	0	0.04
	300	0	0	0	0	0	0
UTP-Wireless	200	0	0	0	4.23	0.48	5.57
	300	0	0	0	0	0	0
Rata – rata		0	0	0	1.07	0.12	1.4

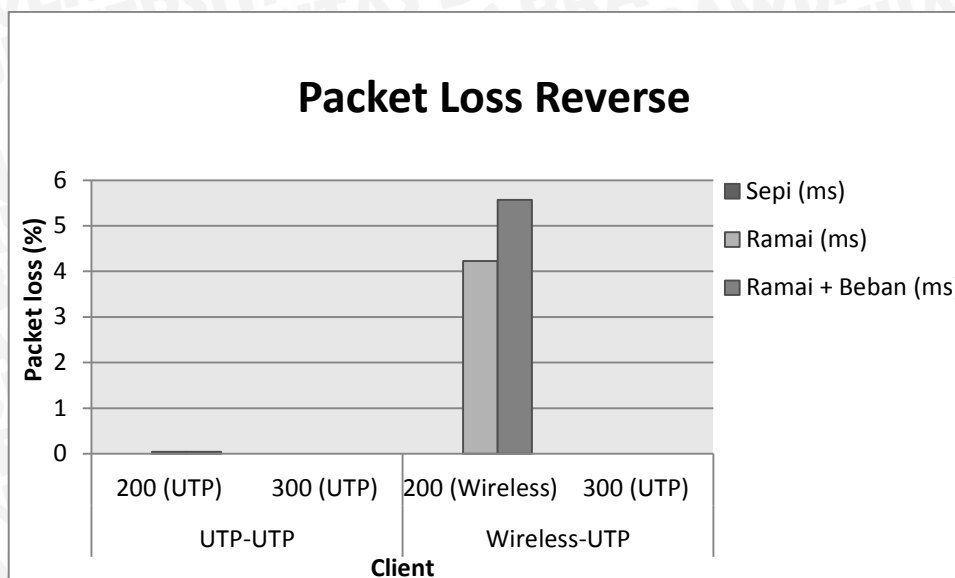
Keterangan:

F : Forward R : Reverse



Gambar 5-26 Packet loss forward VoIP dengan SRTP

Sumber: [Hasil Pengujian]



Gambar 5-27 Packet loss reverse VoIP dengan SRTP

Sumber: [Hasil Pengujian]

Hasil dari tabel 5-6 dapat dilihat bahwa implementasi VoIP dengan SRTP pada kondisi sepi terdapat rata-rata packet loss untuk forward sebesar 0 % dan reverse sebesar 0 %. Pada kondisi ramai terdapat rata-rata packet loss untuk forward sebesar 0 % dan reverse sebesar 1.07 %. Sedangkan kondisi ramai dengan beban terdapat rata-rata packet loss untuk forward sebesar 0.12 % dan reverse sebesar 1.4 %.

BAB VI

PENUTUP

Performansi VoIP tanpa keamanan dan performansi VoIP dengan SRTP dapat dipengaruhi oleh kondisi dan media yang digunakan pada pengujian. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya seperti yang telah dijabarkan pada sub-bab penelitian terkait.

6.1 Kesimpulan

1. VoIP tanpa keamanan menggunakan protocol media transfer RTP Sehingga komunikasi antar *client* dapat ditangkap oleh pihak lain dengan aplikasi seperti wireshark.
2. VoIP dengan keamanan menggunakan protocol media transfer yang telah diamankan menggunakan SRTP. Sehingga komunikasi antar *client* akan dienkripsi.
3. Dengan pengujian pada kondisi dan media yang digunakan pada pengujian VoIP tanpa keamanan menunjukkan bahwa kualitas VoIP tanpa keamanan menghasilkan nilai rata-rata *delay* untuk *forward* sebesar 20.09 ms dan *reverse* sebesar 21.19 ms. Nilai rata-rata *jitter* untuk *forward* sebesar 1.3 ms dan *reverse* sebesar 8.04 ms. Sedangkan nilai rata-rata *packet loss* untuk *forward* sebesar 0.22 % dan *reverse* sebesar 4.46 %.
4. Dengan pengujian pada kondisi dan media yang digunakan pada pengujian VoIP dengan SRTP pada kondisi dan media yang digunakan, menunjukkan bahwa kualitas VoIP menghasilkan nilai rata-rata *delay* untuk *forward* sebesar 19.98 ms dan *reverse* sebesar 22.46 ms. Nilai rata-rata *jitter* untuk *forward* sebesar 2.16 ms dan *reverse* sebesar 8.413 ms. Sedangkan nilai rata-rata *packet loss* untuk *forward* sebesar 0.04 % dan *reverse* sebesar 0.823 %.

6.2 Saran

1. Pada penelitian ini, media komunikasi yang digunakan adalah terbatas pada suara saja sehingga akan lebih baik jika dalam pengembangan selanjutnya diimplementasikan juga untuk video.
2. Pengambilan data dilakukan pada skala jaringan yang lebih luas misalkan jaringan intranet Universitas Brawijaya.
3. Dilakukan pengujian perbandingan *codec* suara selain G-711, yang tidak berbayar ataupun berbayar.
4. Dilakukan pengujian dengan client yang lebih banyak.
5. Penggunaan infrastruktur pada penelitian ini menggunakan *softphone* yang tersambung dengan kabel UTP dan *Wireless*, untuk pengembangan selanjutnya pengambilan data diterapkan pada *softphone* berbasis *mobile* yang tersambung dengan *Wireless*.

DAFTAR PUSTAKA

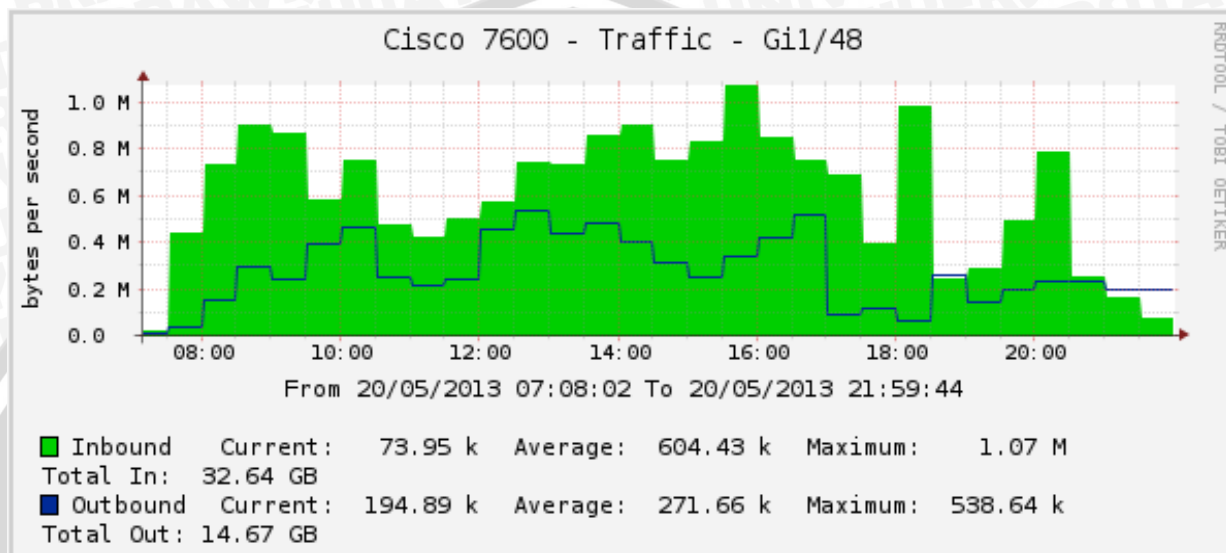
- [BOT-11] Botero, Diego Perez. Yezid Donoso. 2011. *VoIP Eavesdropping: Comprehensive Evaluation of Cryptographic Countermeasure*. Colombia: Universidad de los Andes
- [GOO-02] Goode, Bur. 2002. *Voice over Internet Protocol (VoIP)*. IEEE
- [ISK-05] Iskandariyah, MH. 2005. *Dasar-dasar Jaringan VoIP*. Copyright IlmuKomputer.com
- [HAN-99] Handley, M, dkk. 1999. SIP: Session Initiation Protocol. Diakses melalui <http://tools.ietf.org/html/rfc2543>. Tanggal akses: 19-6-2013
- [ISM-10] Ismail, Mohd Narzi. 2010. Implementation of Secure Real Time Transport Protocol on VoIP over Wired in Campus Network Envirounment. Malaysia: University Kuala Lumpur.
- [KAR-12] Karouw, 59tanley. 2012. Apa itu Voice-over-Internet-Protocol. Diakses dari <http://stanlysk.blogspot.com/2012/04/apa-itu-voice-over-internet-protocol.html>. Tanggal akses: 10-11-2012
- [LAT-07] Latif, Tariq, Kranthi Kumar Malkajgiri. 2007. *Adoption of VoIP*. Lulea Univerity of Technology; Mater Thesis, Continuation Courses Computer and System Science; Department of Business Administration and Social Sciences; Division of Informatin System Sciences.
- [PRA-11] Prasetyo, Faizal Dwi. 2011. *Perancangan Dan Implementasi Jaringan VoIP (Voice Over Internet Protocol) Di Universitas Brawijaya Menggunakan Server Asterisk Dan Asterisknow*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Teknik Informatika PTIIK Universitas Brawijaya.
- [PUR-11] Purbo. Onno W. et al. 2011. *VoIP Cookbook: Building your own Telecommunication Infrastructure*. Internet Society Innovation Fund

- [RAH-06] Raharja Anton, 2006. *Session Initiation Protocol*. Copyright Voiprakyat.or.id
- [SHA-13] Sharpe, Richard. 2013. Wireshark User's Guide for Wireshark 1.11. Diakses dari http://www.wireshark.org/docs/wsug_html_chunked/index.html. Tanggal 17-6-2013
- [SUK-09] Sukiyanto, Albert Raditya. 2009. *Studi Algoritma Enkripsi pada Protokol Secure Real-time Transport Protocol*. Bandung: ITB
- [SUR-12] Suryawan, Kadek Dwijaya, Muchammad Husni, dan Erina Letivina Anggraini. 2012. *Analisis Layanan Kinerja Jaringan VoIP pada Protokol SRTP dan VPN*. Surabaya: ITS
- [TRI-09] Trihandin, Yuyun. 2009. *Performansi sistem VoIP dengan SIP melalui Jaringan VPN*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- [YON-11] Yonathan, Bryan, Yoanes Bandung, dan Armien ZR Langi. 2011. *Analisa Kualitas Layanan (QOS) Audio-Video Layanan Kelas Virtual Di Jaringan Digital Learning Pedesaan*. Bandung: ITB
- [Zen-11] Zenhadi. 2011. Diakses dari <http://lecturer.eepis-its.edu/~zenhadi/kuliah/Jarkom2/Prakt9%20Pengukuran%20QoS%20Streaming%20Server.pdf>. Tanggal Akses: 4-5-2013

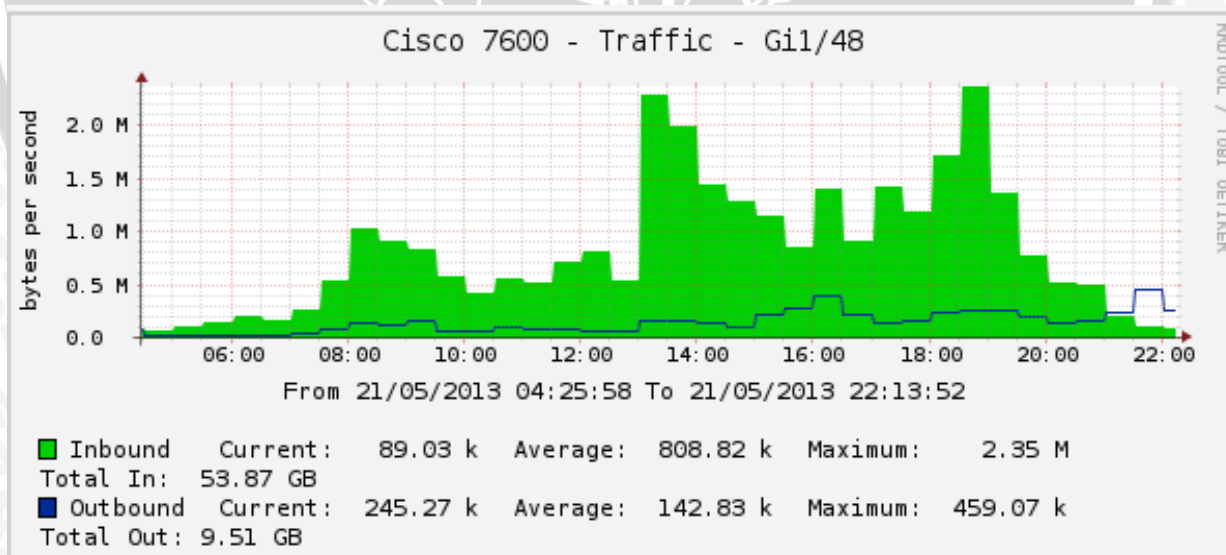
LAMPIRAN

Lampiran 1. Data trafik jaringan PTIIK sebelum pengujian

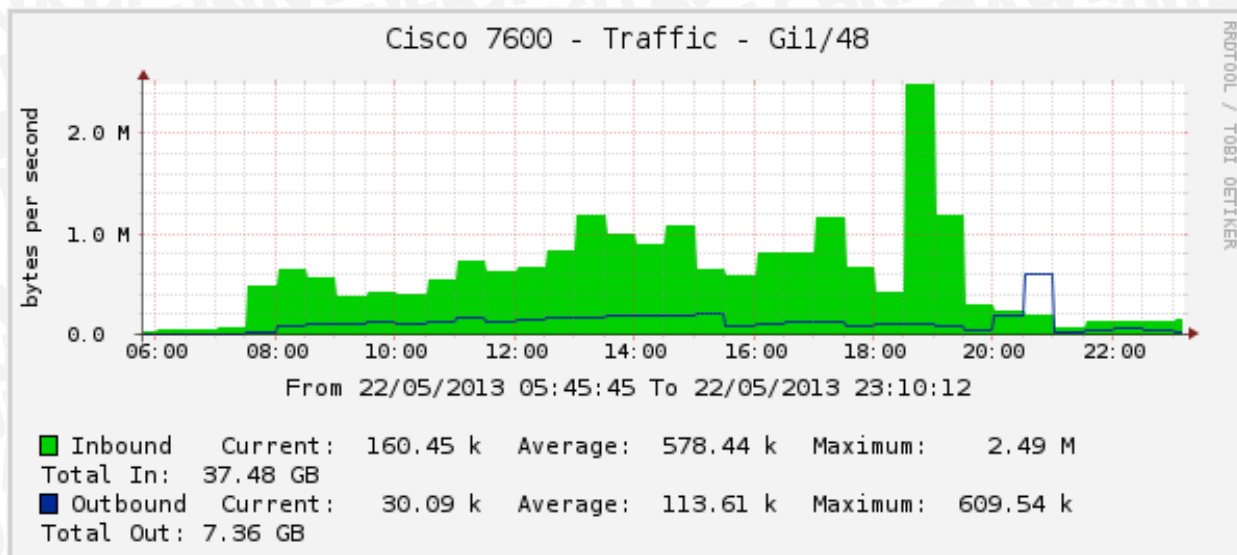
Senin, 20 Mei 2013



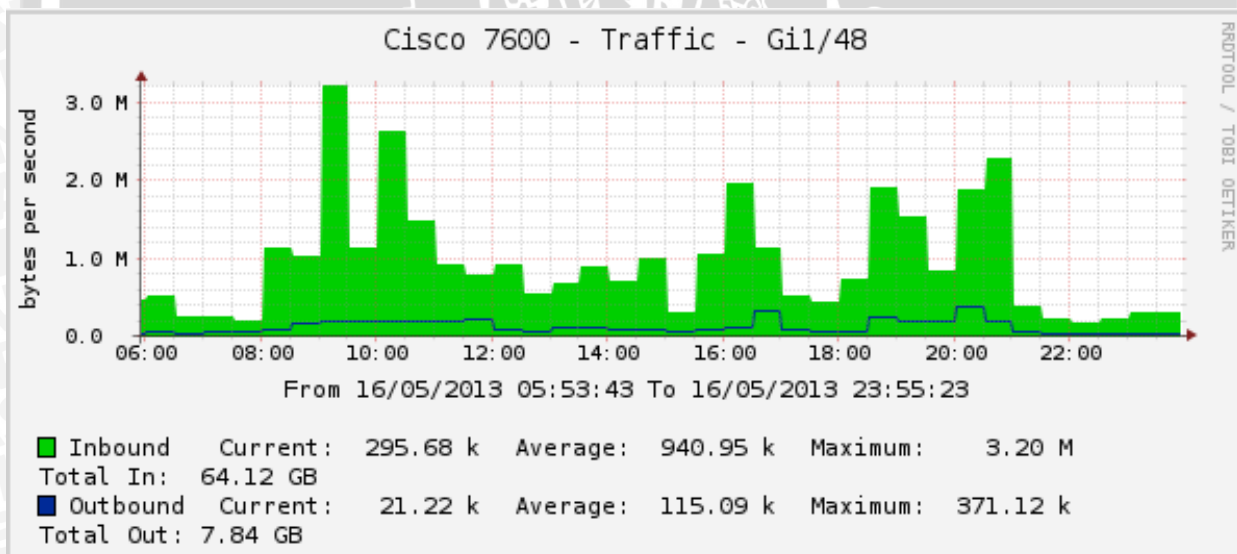
Selasa, 21 Mei 2013



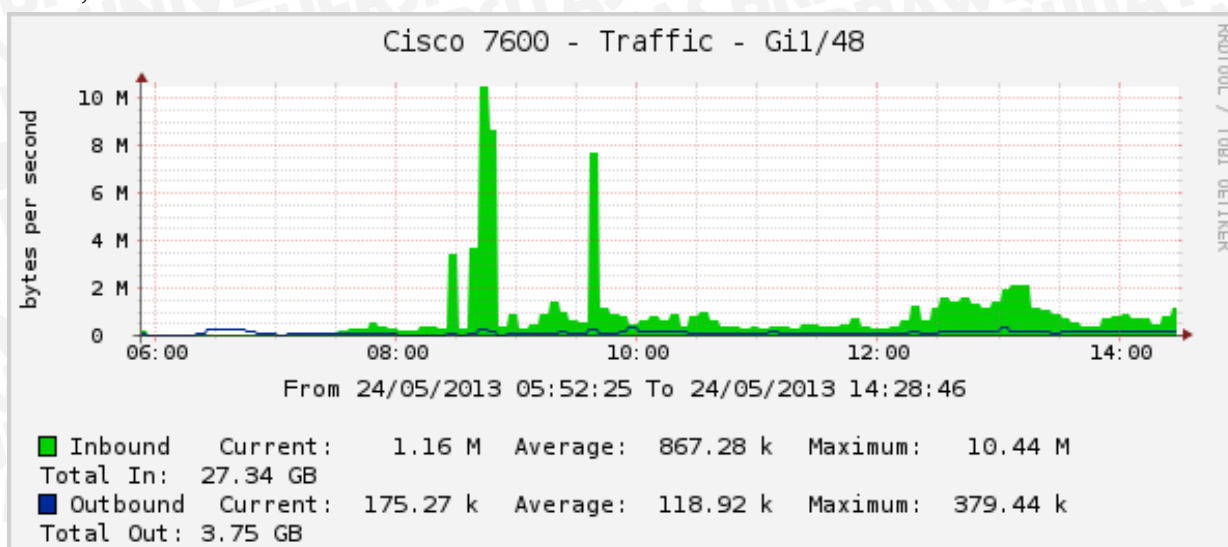
Rabu, 22 Mei 2013



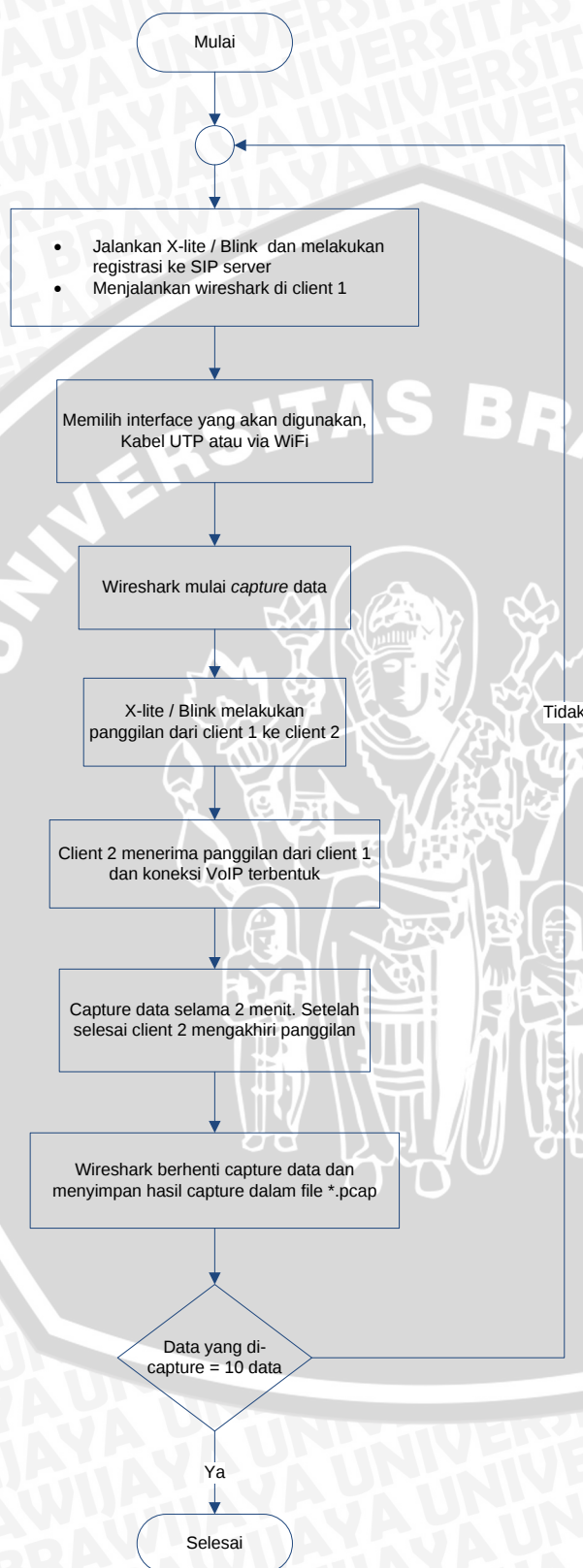
Kamis, 16 Mei 2013



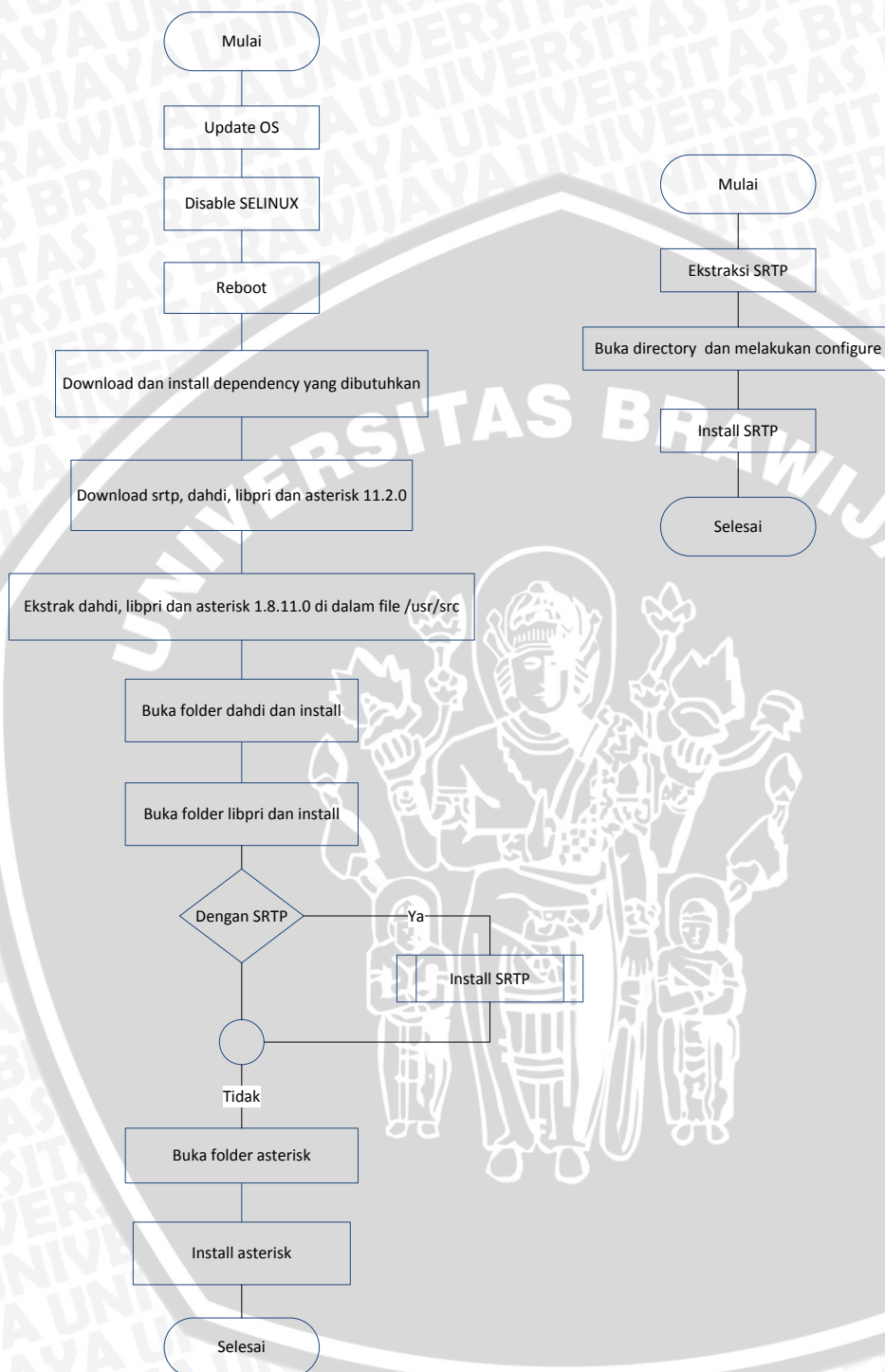
Jumat, 24 Mei 2013



Lampiran 2: Diagram Alir Pemanggilan



Lampiran 3. Diagram Alir Instalasi Server



Lampiran 4. Konfigurasi *sip.conf* dan *extensions.conf*

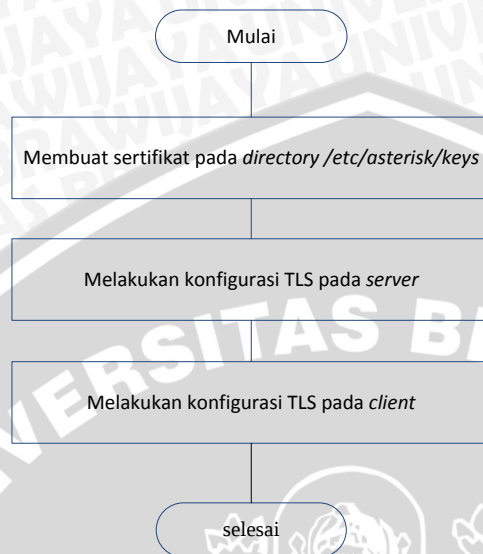
➤ *sip.conf*

1	[general]
2	allow=ulaw
3	allow=alaw
4	bindport=5060
5	bindaddr=175.45.187.252
6	
7	[200]
8	type=friend
9	secret=200
10	username=200
11	host=dynamic
12	context=my-phone
13	mailbox=200
14	qualify=yes
15	[300]
16	type=friend
17	secret=300
18	username=300
19	host=dynamic
20	context=my-phone
21	mailbox=300
22	qualify=yes
23	

➤ *extensions.conf*

1	[my-phone]
2	exten => 100,1,Dial(SIP/100,20)
3	exten => 200,1,Dial(SIP/200,20)

Lampiran 5: Diagram Alir Konfigurasi SRTP



Lampiran 6: Konfigurasi pendukung SRTP

➤ sip.conf

1	[general]
2	bindport=5061
3	tlsenable=yes
4	tlsbindaddr=175.45.187.252
5	tlscertfile=/etc/asterisk/keys/asterisk.pem
6	tlscacfile=/etc/asterisk/keys/ca.crt
7	tlscipher=ALL
8	tlscclientmethod=tlsv1
9	
10	[200]
11	transport=tls
12	encryption=yes
13	[300]
14	transport=tls
15	encryption=yes

➤ extensions.conf

1	[my-phone]
2	exten => 200,1,Set(_SIPSRTP=enable)
3	exten => 200,n,Set(_SIPSRTP_CRYPT0=enable)
4	exten => 200,n,Dial(SIP/200,20)
5	
6	exten => 300,1,Set(_SIPSRTP=enable)
7	exten => 300,n,Set(_SIPSRTP_CRYPT0=enable)
8	exten => 300,n,Dial(SIP/300,20)

Lampiran 7: Hasil Debug RTP

```

---
<--- SIP read from UDP:172.21.13.238:37634 --->
SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP 175.45.187.252:5060;branch=z9hG4bK25be1bc4;rport=5060
Contact: <sip:200@172.21.13.238:37634>
To: "200"<sip:200@175.45.187.252>;tag=74649d0e
From: "300"<sip:300@175.45.187.252>;tag=as682e0af6
Call-ID: e831d77a1f143b18ZjU2YWJlYjI5NjI4MDA5MWQ2Y2Q3ZWYxN2FhODk5ZWm.
CSeq: 102 INVITE
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, REFER, NOTIFY, MESSAGE, SUBSCRIBE, INFO
Content-Type: application/sdp
User-Agent: X-Lite release 1003l stamp 30942
Content-Length: 243

v=0
o=- 8 3 IN IP4 172.21.13.238
s=CounterPath eyeBeam 1.5
c=IN IP4 172.21.13.238
t=0 0
m=audio 42238 RTP/AVP 0 3 8 101
a=fmtp:101 0-15
a=rtpmap:101 telephone-event/8000
a=sendrecv
a=x-rtp-session-id:9DE919E8375E4221A596864DCA3F1DFE
<----->
--- (11 headers 10 lines) ---
Found RTP audio format 0
Found RTP audio format 3
Found RTP audio format 8
Found RTP audio format 101
Found audio description format telephone-event for ID 101
Capabilities: us - (gsm|ulaw|alaw|h263|testlaw), peer -
audio=(gsm|ulaw|alaw)/video=(nothing)/text=(nothing), combined - (gsm|ulaw|alaw)
Non-codec capabilities (dtmf): us - 0x1 (telephone-event|), peer - 0x1 (telephone-event|), combined - 0x1
(telephone-event|)
Peer audio RTP is at port 172.21.13.238:42238
set_destination: Parsing <sip:200@172.21.13.238:37634> for address/port to send to
set_destination: set destination to 172.21.13.238:37634
Transmitting (NAT) to 172.21.13.238:37634:
ACK sip:200@172.21.13.238:37634 SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 175.45.187.252:5060;branch=z9hG4bK3244a449;rport
Max-Forwards: 70
From: "300"<sip:300@175.45.187.252>;tag=as682e0af6
To: "200"<sip:200@175.45.187.252>;tag=74649d0e
Contact: <sip:300@175.45.187.252:5060>

```

Call-ID: e831d77a1f143b18ZjU2YWJlYjI5NjI4MDA5MWQ2Y2Q3ZWYxN2FhODk5ZWm.

CSeq: 102 ACK

User-Agent: Asterisk PBX 11.2.1

Content-Length: 0

set_destination: Parsing <sip:300@172.21.3.62:51720;rinstance=6b30e938d356ee0f> for address/port to send to

set_destination: set destination to 172.21.3.62:51720

Audio is at 18910

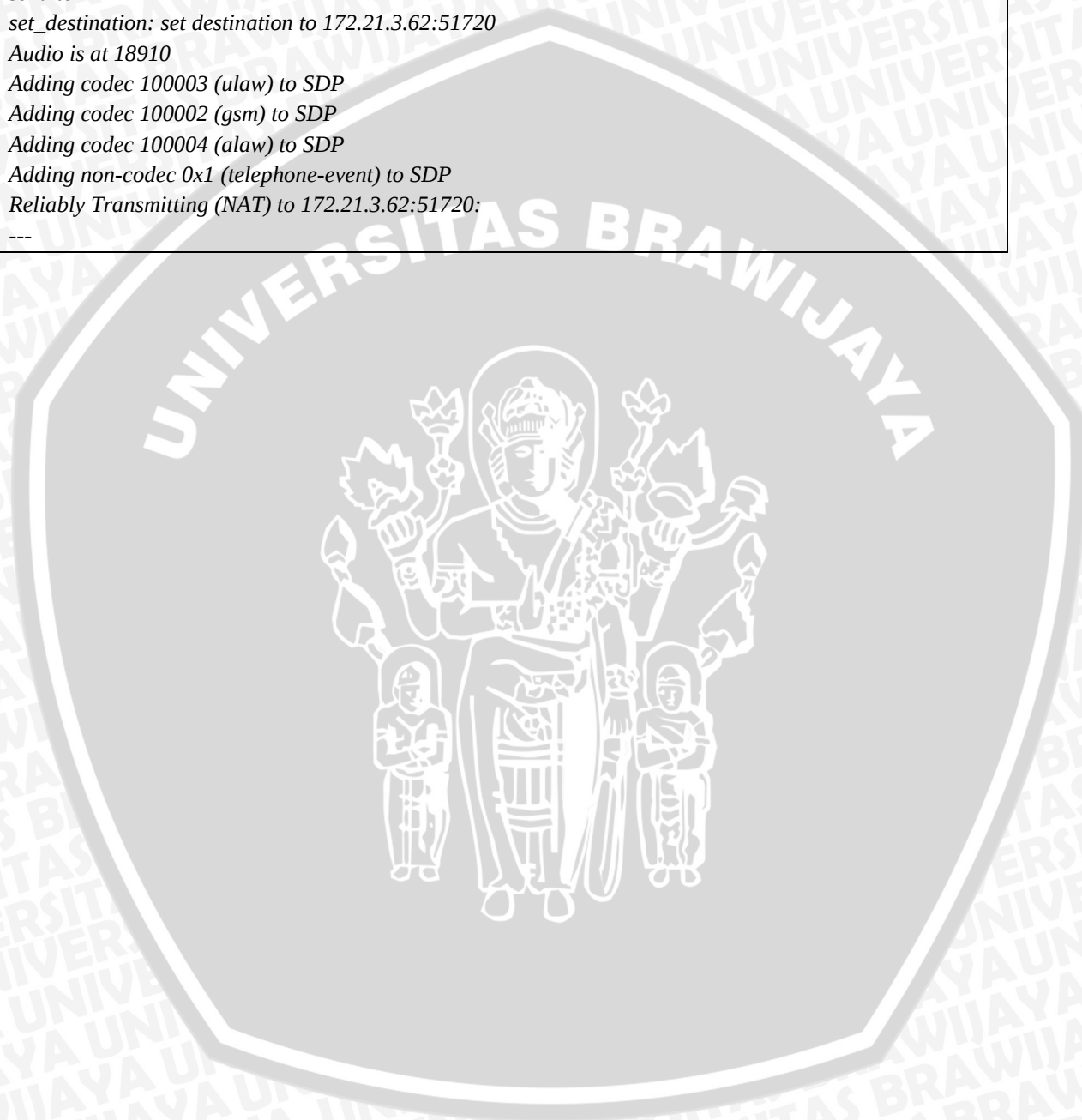
Adding codec 100003 (ulaw) to SDP

Adding codec 100002 (gsm) to SDP

Adding codec 100004 (alaw) to SDP

Adding non-codec 0x1 (telephone-event) to SDP

Reliably Transmitting (NAT) to 172.21.3.62:51720:



Lampiran 8: Hasil Debug SRTP

<----->

Reliably Transmitting (NAT) to 172.21.3.37:49165:

INVITE sip:14609875@172.21.3.37:49164;transport=tls SIP/2.0

Via: SIP/2.0/TLS 175.45.187.252:5061;branch=z9hG4bK74036b53;rport

Max-Forwards: 70

From: "200" <sip:200@175.45.187.252>;tag=as32ea0792

To: <sip:14609875@172.21.3.37:49164;transport=tls>

Contact: <sip:200@175.45.187.252:5061;transport=TLS>

Call-ID: 36f5cfc603ebad425178536c188cccfa@175.45.187.252:5061

CSeq: 102 INVITE

User-Agent: Asterisk PBX 11.2.1

Date: Mon, 17 Jun 2013 04:49:07 GMT

Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, REFER, SUBSCRIBE, NOTIFY, INFO, PUBLISH

Supported: replaces, timer

Content-Type: application/sdp

Content-Length: 371

v=0

o=root 1255748040 1255748040 IN IP4 175.45.187.252

s=Asterisk PBX 11.2.1

c=IN IP4 175.45.187.252

t=0 0

m=audio 19030 RTP/SAVP 0 3 8 101

a=rtpmap:0 PCMU/8000

a=rtpmap:3 GSM/8000

a=rtpmap:8 PCMA/8000

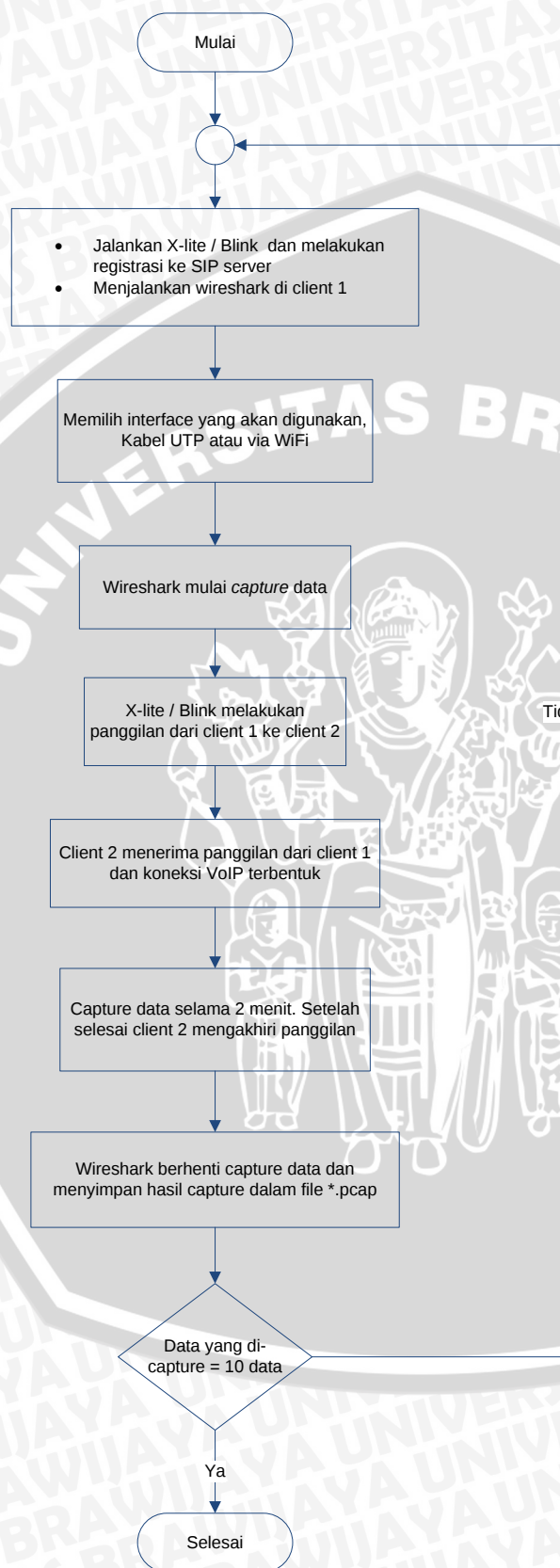
a=rtpmap:101 telephone-event/8000

a=fmtp:101 0-16

a=ptime:20

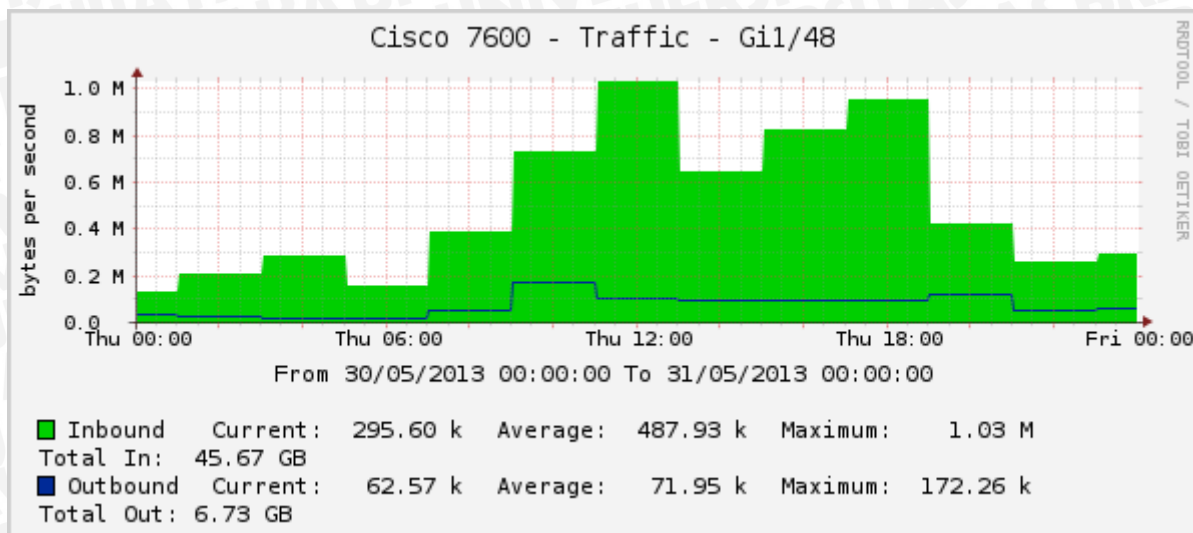
a=sendrecv

a=crypto:1 AES_CM_128_HMAC_SHA1_80 inline:Uiv1LjmML7Ge3c/amObZjhw739UCAE4N/Ct1+cK

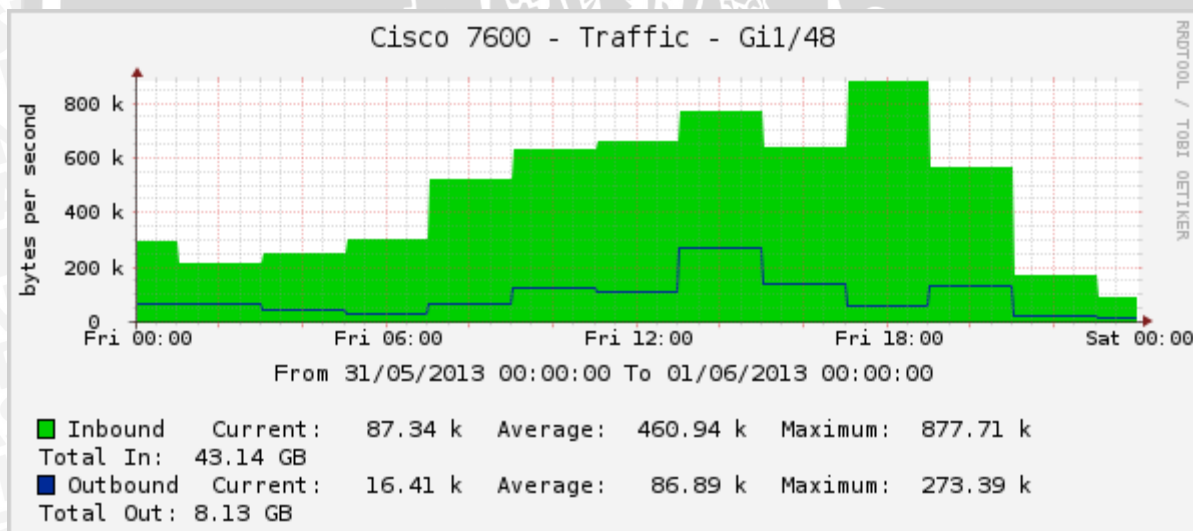
Lampiran 9: Diagram Alir Pengujian Kualitas Layanan Suara VoIP

Lampiran 10: All Traffic di PTIIK

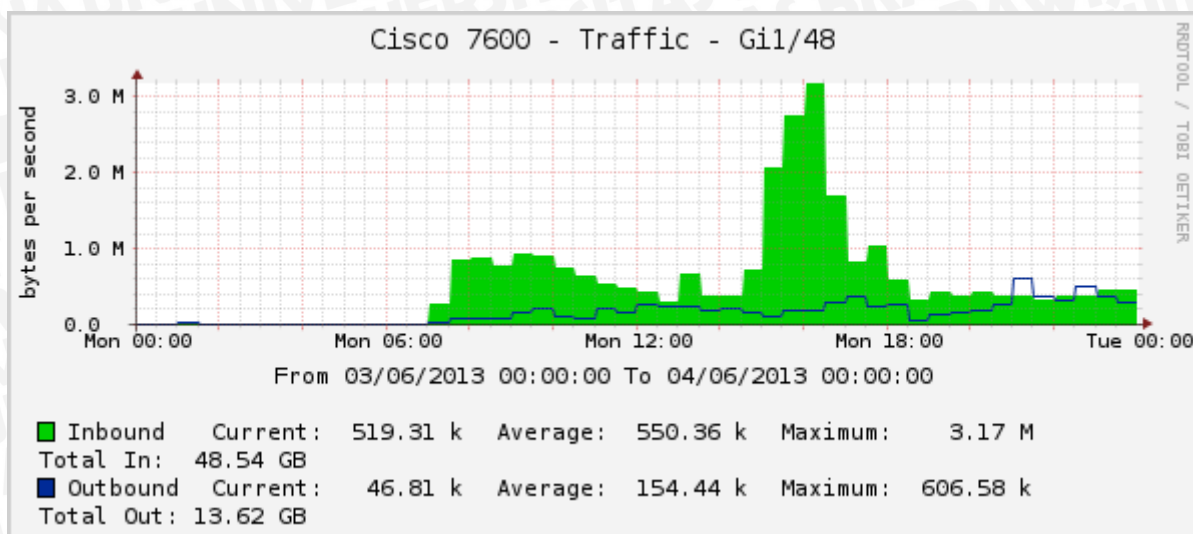
➤ 30 Mei 2013



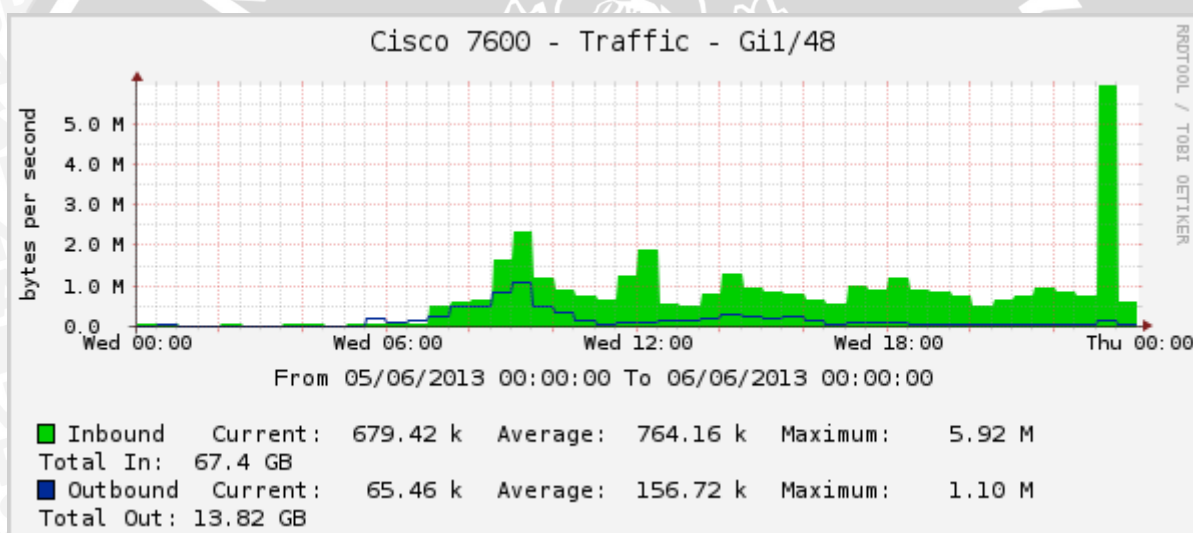
➤ 31 Mei 2013



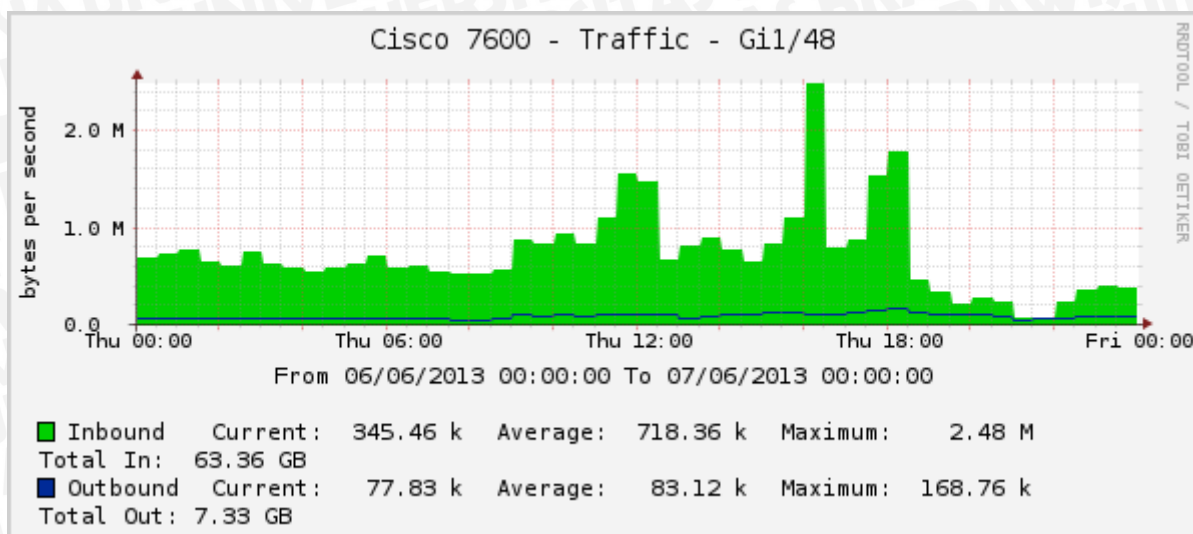
➤ 3 Juni 2013



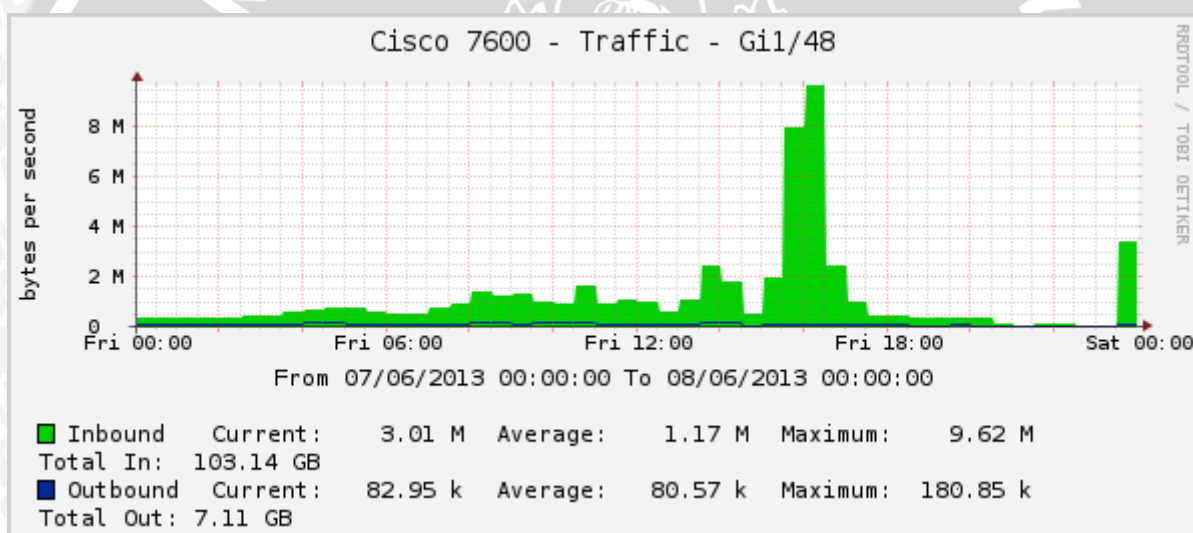
➤ 5 Juni 2013



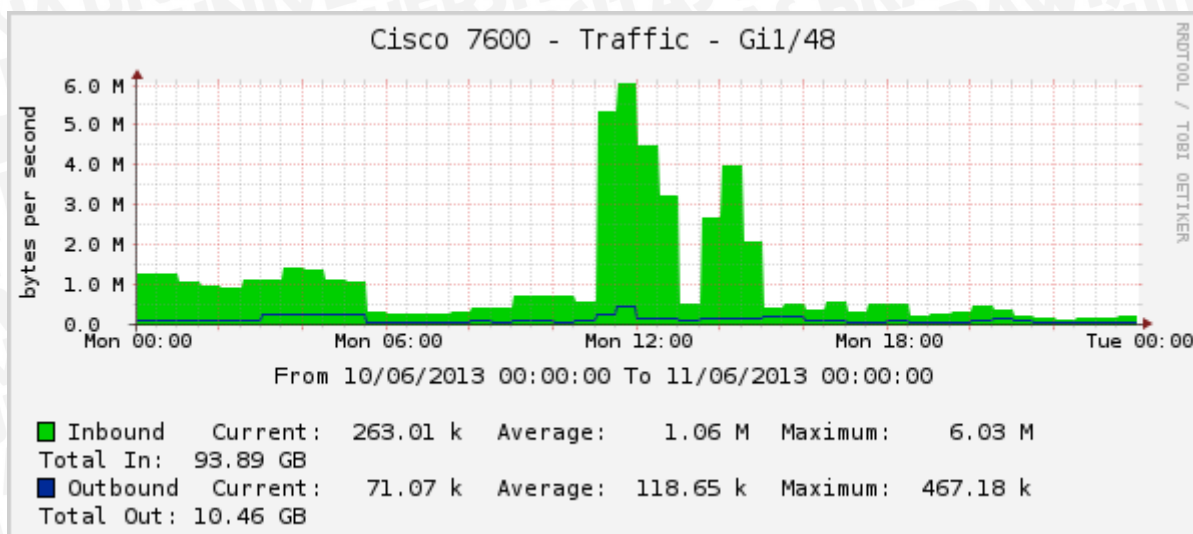
➤ 6 Juni 2013



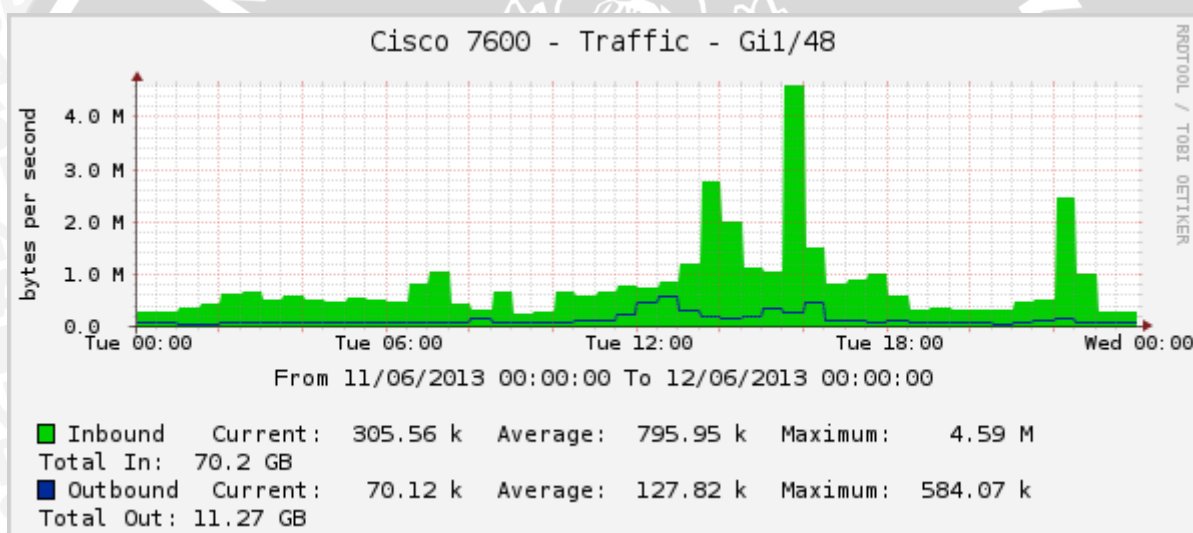
➤ 7 Juni 2013



➤ 10 Juni 2013



➤ 11 Juni 2013



Lampiran 11: Hasil analisa kualitas layanan VoIP

Kualitas layanan VoIP tanpa keamanan pada kondisi sepi

Pengujian ke-	UTP - UTP											
	Client 200 - 172.21.13.XXX						Client 300 - 172.21.3.XX					
	Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)		Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R
1	20.12	19.98	2.37	0.15	0.00	0.00	19.98	20.12	0.08	2.38	0.00	0.00
2	20.13	19.97	2.11	0.47	0.00	0.00	19.96	20.12	0.13	1.69	0.00	0.00
3	20.13	19.97	2.03	0.30	0.01	0.00	19.97	20.12	0.07	2.91	0.00	0.00
4	20.12	19.97	2.60	0.24	0.00	0.02	19.97	20.12	0.05	2.60	0.00	0.00
5	20.12	19.96	1.41	0.28	0.00	0.00	19.97	20.13	0.07	2.13	0.00	0.00
6	20.13	19.98	6.08	0.26	0.00	0.00	19.97	20.12	0.05	4.05	0.00	0.00
7	20.12	19.97	4.05	0.24	0.00	0.00	19.96	20.12	0.07	1.69	0.00	0.00
8	20.02	19.97	1.48	0.27	0.00	0.00	19.96	20.12	0.15	1.43	0.00	0.00
9	20.12	19.97	1.18	0.26	0.00	0.00	19.97	20.12	0.06	1.19	0.00	0.00
10	20.12	19.98	4.53	0.32	0.00	0.00	19.98	20.12	0.06	4.54	0.00	0.00
Rata-rata	20.113	19.972	2.784	0.279	0.001	0.002	19.969	20.121	0.079	2.602	0.000	0.000

Pengujian ke-	Wireless - UTP											
	Client 200 - 172.21.13.XXX						Client 300 - 172.21.3.XX					
	Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)		Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R
1	20.12	20.00	0.65	4.11	0.03	0.02	20.00	20.12	0.14	1.56	0.00	0.00
2	20.16	20.11	0.74	14.24	0.20	0.62	20.00	20.16	0.09	3.07	0.00	0.20
3	20.16	20.00	2.51	7.65	0.20	0.00	20.00	20.16	0.19	3.76	0.00	0.20
4	20.21	20.35	1.91	17.13	0.41	1.74	20.00	20.21	0.15	4.55	0.00	0.42
5	20.21	20.23	3.31	23.27	0.44	1.13	20.00	20.21	0.14	6.46	0.00	0.44
6	20.15	20.00	2.32	19.99	0.17	0.02	20.00	20.15	0.08	5.40	0.00	0.17
7	20.13	19.92	2.26	4.05	0.00	0.00	20.00	20.14	0.07	6.49	0.00	0.09
8	20.17	20.17	2.94	18.99	0.23	0.02	20.00	20.17	0.09	5.70	0.00	0.23
9	20.13	19.98	2.82	16.35	0.05	0.00	20.00	20.13	0.31	4.64	0.00	0.05
10	20.87	20.82	3.92	14.42	3.56	3.91	20.00	20.90	0.35	5.72	0.00	3.72
Rata-rata	20.231	20.158	2.338	14.020	0.529	0.746	20.000	20.235	0.161	4.735	0.000	0.552

Kualitas layanan VoIP tanpa keamanan pada kondisi ramai

Pengujian ke-	UTP - UTP											
	Client 200 - 172.21.13.XXX						Client 300 - 172.21.3.XX					
	Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)		Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R
1	20.09	19.97	1.29	0.52	0.00	0.03	19.97	20.12	0.14	2.12	0.00	0.00
2	20.12	19.97	2.38	0.44	0.00	0.00	19.97	20.13	0.08	1.35	0.00	0.03
3	20.12	19.97	2.10	0.35	0.00	0.00	19.97	20.12	0.18	5.15	0.00	0.00
4	20.13	19.97	1.33	0.22	0.03	0.02	19.97	20.13	0.11	1.79	0.00	0.02
5	20.12	19.97	5.14	0.26	0.00	0.00	19.98	20.12	0.07	1.32	0.00	0.00
6	20.12	19.97	1.79	0.24	0.00	0.00	19.98	20.13	0.06	5.20	0.00	0.00
7	20.12	19.98	1.30	0.22	0.00	0.00	19.98	20.12	0.14	3.21	0.00	0.00
8	20.12	19.97	1.66	0.31	0.00	0.02	19.96	20.13	0.07	3.07	0.00	0.00
9	20.13	19.97	3.07	0.25	0.00	0.02	19.97	20.12	0.17	1.63	0.00	0.00
10	20.12	19.98	2.89	0.25	0.00	0.02	19.97	20.13	0.15	2.04	0.00	0.02
Rata-rata	20.119	19.972	2.295	0.306	0.003	0.011	19.972	20.125	0.117	2.688	0.000	0.007

Pengujian ke-	Wireless - UTP											
	Client 200 - 172.21.13.XXX						Client 300 - 172.21.3.XX					
	Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)		Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>
1	20.22	23.49	0.87	21.35	0.38	15.32	20.00	20.23	0.05	4.29	0.00	0.42
2	20.15	23.43	0.91	28.93	0.32	14.98	19.96	20.20	0.04	6.73	0.00	0.45
3	20.46	25.93	5.47	33.35	1.70	23.55	20.00	20.53	0.05	9.12	0.00	2.00
4	20.93	28.11	2.96	38.98	3.72	29.53	20.00	20.93	0.07	11.66	0.00	3.90
5	21.55	25.37	3.94	33.58	6.67	21.77	20.00	21.71	0.03	13.54	0.00	7.40
6	20.25	23.49	4.46	31.90	0.51	15.60	20.00	20.23	0.03	10.97	0.00	0.50
7	20.63	24.72	4.10	23.71	2.46	19.68	20.00	20.71	0.37	8.37	0.00	2.90
8	20.13	22.99	4.06	18.22	0.00	13.08	20.00	20.12	0.03	6.13	0.00	0.00
9	20.20	22.86	5.44	20.63	0.37	12.70	20.00	20.21	0.06	9.39	0.00	0.04
10	20.13	23.21	1.18	18.62	0.00	13.99	20.00	20.12	0.03	5.26	0.00	0.00
Rata-rata	20.465	24.360	3.339	26.927	1.613	18.020	19.996	20.499	0.076	8.546	0.000	1.761

Kualitas layanan VoIP tanpa keamanan pada kondisi ramai dengan beban

Pengujian ke-	UTP - UTP											
	Client 200 - 172.21.13.XXX						Client 300 - 172.21.3.XX					
	Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)		Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R
1	20.00	22.68	1.58	2.23	0.00	11.81	20.00	20.12	0.06	1.56	0.00	0.00
2	20.12	23.15	1.52	2.15	0.00	13.63	20.00	20.12	0.05	3.43	0.00	0.00
3	20.12	22.68	3.40	2.17	0.00	11.83	20.00	20.12	0.12	1.88	0.00	0.00
4	20.12	22.68	1.83	2.25	0.00	11.84	20.00	20.12	0.07	3.37	0.00	0.00
5	20.12	22.77	3.33	2.18	0.00	12.19	20.00	20.12	0.05	3.90	0.00	0.00
6	20.12	23.25	3.87	2.19	0.00	13.98	20.00	20.12	0.07	3.44	0.00	0.00
7	20.12	22.77	3.41	2.02	0.00	12.17	20.00	20.12	0.07	5.77	0.00	0.00
8	20.12	22.55	5.74	2.03	0.00	11.32	20.00	20.12	0.06	3.40	0.00	0.00
9	20.12	23.22	3.36	2.15	0.00	13.88	20.00	20.12	0.07	3.69	0.00	0.00
10	20.12	22.83	3.64	2.23	0.00	12.42	20.00	20.12	0.05	2.46	0.00	0.00
Rata-rata	20.108	22.858	3.168	2.160	0.000	12.507	20.000	20.120	0.067	3.290	0.000	0.000

Pengujian ke-	Wireless - UTP											
	Client 200 - 172.21.13.XXX						Client 300 - 172.21.3.XX					
	Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)		Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>
1	20.00	23.16	0.70	24.92	0.00	13.62	20.00	20.06	0.06	4.38	0.00	0.23
2	20.06	22.73	0.72	16.45	0.23	11.12	20.00	20.05	0.04	5.00	0.00	0.15
3	20.04	23.72	1.07	26.16	0.15	15.65	20.00	21.03	0.15	5.41	0.00	4.81
4	20.98	23.63	0.74	25.17	4.63	15.33	20.00	20.06	0.09	4.37	0.00	0.25
5	20.06	23.32	1.17	24.75	0.25	14.66	20.00	20.01	0.07	3.67	0.00	0.00
6	20.01	23.76	1.06	9.53	0.00	15.30	20.00	20.01	0.31	4.00	0.00	0.00
7	20.01	42.89	0.87	68.45	0.00	48.87	20.00	20.01	0.06	2.62	0.00	0.00
8	20.01	28.54	0.86	43.81	0.00	30.54	20.00	20.05	0.08	4.17	0.00	0.17
9	20.05	23.34	1.85	23.56	0.17	14.74	20.00	20.01	0.06	2.83	0.00	0.00
10	20.01	22.99	1.36	6.80	0.00	13.05	20.00	20.01	0.07	3.42	0.00	0.00
Rata-rata	20.123	25.808	1.040	26.960	0.543	19.288	20.000	20.130	0.099	3.987	0.000	0.561

Kualitas layanan VoIP dengan SRTP pada kondisi sepi

Pengujian ke-	UTP - UTP											
	Client 200 - 172.21.13.XXX						Client 300 - 172.21.3.XX					
	Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)		Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>
1	19.99	20.28	3.94	0.55	0.00	0.00	19.97	20.39	0.37	5.18	0.00	0.00
2	19.98	20.20	4.04	0.56	0.00	0.00	19.98	20.14	0.38	5.10	0.00	0.00
3	20.00	20.15	4.22	0.57	0.00	0.02	19.98	20.17	0.40	5.21	0.00	0.00
4	19.98	20.13	3.96	0.60	0.00	0.00	19.98	20.11	0.39	4.94	0.00	0.00
5	19.98	20.12	3.94	0.65	0.00	0.00	19.88	20.01	0.39	4.66	0.00	0.00
6	19.97	20.37	4.07	0.64	0.00	0.00	19.97	20.35	0.40	4.44	0.00	0.00
7	19.98	20.19	4.01	0.77	0.00	0.00	19.98	20.16	0.39	4.65	0.00	0.00
8	19.97	20.16	3.96	0.60	0.00	0.02	19.98	20.13	0.41	4.51	0.00	0.00
9	19.98	20.16	3.96	0.57	0.00	0.00	19.98	20.18	0.41	4.74	0.00	0.00
10	19.97	20.35	4.10	0.54	0.00	0.00	19.98	20.31	0.40	4.83	0.00	0.00
Rata-rata	19.980	20.211	4.020	0.605	0.000	0.004	19.968	20.195	0.394	4.826	0.000	0.000

Pengujian ke-	Wireless - UTP											
	Client 200 - 172.21.13.XXX						Client 300 - 172.21.3.XX					
	Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)		Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>
1	19.97	20.20	4.00	4.10	0.00	0.00	19.98	20.14	0.38	4.45	0.00	0.00
2	19.98	20.13	3.98	5.50	0.00	0.00	19.98	20.10	0.38	4.48	0.00	0.00
3	19.97	19.89	4.00	7.05	0.00	0.00	19.98	20.18	0.39	6.90	0.00	0.00
4	19.98	20.25	4.03	5.04	0.00	0.00	19.98	20.21	0.38	4.56	0.00	0.00
5	19.98	20.18	4.01	3.38	0.00	0.00	19.98	20.13	0.39	4.41	0.00	0.00
6	19.98	20.16	4.03	4.36	0.00	0.00	19.98	20.14	0.39	4.64	0.00	0.00
7	19.94	20.33	4.05	8.15	0.00	0.00	19.98	20.30	0.38	4.91	0.00	0.00
8	19.92	23.54	4.05	7.53	0.00	0.00	19.92	23.43	0.37	4.79	0.00	0.00
9	19.97	20.19	3.99	7.66	0.00	0.03	19.98	20.19	0.38	4.28	0.00	0.00
10	19.95	21.37	4.02	3.00	0.00	0.00	19.96	21.34	0.37	4.42	0.00	0.00
Rata-rata	19.964	20.624	4.016	5.577	0.000	0.003	19.972	20.616	0.381	4.784	0.000	0.000

Kualitas layanan VoIP dengan SRTP pada kondisi ramai

Pengujian ke-	UTP - UTP											
	Client 200 - 172.21.13.XXX						Client 300 - 172.21.3.XX					
	Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)		Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R
1	19.99	20.41	4.05	0.99	0.00	0.03	19.97	20.40	0.35	4.03	0.00	0.00
2	19.98	20.29	3.93	0.71	0.00	0.00	19.97	20.32	0.37	3.88	0.00	0.00
3	19.98	20.21	3.98	0.63	0.00	0.15	19.98	20.23	0.37	3.98	0.00	0.00
4	19.98	20.17	4.04	0.70	0.00	0.03	19.97	20.42	0.36	3.99	0.00	0.00
5	20.04	20.15	4.13	0.57	0.00	0.03	19.98	20.19	0.36	3.90	0.00	0.00
6	19.98	20.18	3.90	0.52	0.00	0.03	19.98	20.21	0.35	3.90	0.00	0.00
7	19.98	20.19	4.00	0.72	0.00	0.02	19.98	20.22	0.36	4.12	0.00	0.00
8	19.98	20.17	4.02	0.72	0.00	0.02	19.98	20.20	0.38	4.30	0.00	0.00
9	19.98	20.19	4.00	0.06	0.00	0.02	19.98	20.23	0.37	4.39	0.00	0.00
10	19.97	20.19	3.97	0.63	0.00	0.02	19.98	20.23	0.37	4.19	0.00	0.00
Rata-rata	19.986	20.215	4.002	0.625	0.000	0.035	19.977	20.265	0.364	4.068	0.000	0.000

Pengujian ke-	Wireless - UTP											
	Client 200 - 172.21.13.XXX						Client 300 - 172.21.3.XX					
	Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)		Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>
1	19.97	21.57	4.02	10.55	0.00	0.29	19.97	20.59	0.19	6.67	0.00	0.00
2	19.97	21.49	4.03	9.35	0.00	1.22	19.97	20.38	0.16	5.89	0.00	0.00
3	19.97	22.76	4.00	5.28	0.00	0.10	19.97	20.39	0.16	5.28	0.00	0.00
4	19.73	26.46	3.00	45.15	0.00	14.99	19.98	20.31	0.17	15.15	0.00	0.00
5	19.80	24.87	4.03	28.73	0.00	6.40	19.97	20.37	0.17	11.60	0.00	0.00
6	19.97	24.76	3.90	30.76	0.00	4.30	19.97	21.74	0.17	12.01	0.00	0.00
7	19.97	24.83	3.97	38.41	0.00	12.60	19.98	21.24	0.17	12.17	0.00	0.00
8	19.96	25.06	3.94	34.76	0.00	1.00	19.97	21.74	0.16	11.29	0.00	0.00
9	19.87	27.84	3.98	18.26	0.00	0.40	19.98	20.18	0.16	6.22	0.00	0.00
10	19.95	25.58	3.99	12.88	0.00	1.00	19.96	20.96	0.16	5.87	0.00	0.00
Rata-rata	19.916	24.522	3.886	23.413	0.000	4.230	19.972	20.790	0.167	9.215	0.000	0.000

Kualitas layanan VoIP dengan SRTP pada kondisi ramai dengan beban

Pengujian ke-	UTP - UTP											
	Client 200 - 172.21.13.XXX						Client 300 - 172.21.3.XX					
	Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)		Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R
1	19.98	23.38	3.91	3.03	0.00	0.02	19.97	20.46	0.36	4.08	0.00	0.00
2	19.98	25.37	3.95	3.40	0.00	0.02	19.98	20.13	0.37	3.92	0.00	0.00
3	19.98	26.91	4.02	3.49	0.00	0.02	19.98	20.11	0.36	4.07	0.00	0.00
4	19.98	27.87	4.01	3.31	0.00	0.00	19.98	21.04	0.37	4.17	0.00	0.00
5	19.98	28.63	4.03	3.21	0.00	0.05	19.98	22.76	0.40	3.92	0.00	0.00
6	19.97	32.81	4.04	1.82	0.00	0.03	19.98	25.41	0.40	3.73	0.00	0.00
7	19.97	35.53	3.88	1.98	0.00	0.20	19.98	24.66	0.40	7.93	0.00	0.00
8	19.95	45.64	3.91	2.04	0.00	0.04	19.98	20.27	0.40	4.00	0.00	0.00
9	19.98	36.99	3.90	1.70	0.00	0.03	19.98	27.22	0.38	5.52	0.00	0.00
10	19.98	23.65	3.93	2.31	0.00	0.02	19.96	35.46	0.39	16.56	0.00	0.00
Rata-rata	19.975	30.678	3.958	2.629	0.000	0.043	19.977	23.752	0.383	5.790	0.000	0.000

Pengujian ke-	Wireless - UTP											
	Client 200 - 172.21.13.XXX						Client 300 - 172.21.3.XX					
	Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)		Delay (ms)		Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R
1	19.96	28.72	3.97	32.90	0.00	15.63	19.96	21.32	0.36	7.34	0.00	0.00
2	19.97	26.68	3.99	36.37	0.00	0.32	19.93	23.46	0.39	9.09	0.00	0.00
3	20.59	26.42	4.00	40.21	2.97	11.65	19.97	21.11	0.36	9.39	0.00	0.00
4	19.97	24.08	3.98	25.83	0.00	0.02	19.97	21.01	0.38	6.40	0.00	0.00
5	20.34	25.66	4.03	32.01	1.81	4.84	19.97	21.19	0.37	9.03	0.00	0.00
6	19.98	22.25	3.98	18.08	0.00	0.05	19.98	20.35	0.37	7.02	0.00	0.00
7	19.97	32.25	3.99	53.74	0.00	23.21	19.97	20.41	0.37	7.18	0.00	0.00
8	19.97	23.09	3.99	24.20	0.00	0.00	19.97	20.33	0.37	7.28	0.00	0.00
9	19.95	27.29	3.97	23.86	0.00	0.00	19.97	22.50	0.39	6.65	0.00	0.00
10	19.95	26.08	4.02	31.20	0.00	0.02	19.96	21.99	0.38	6.42	0.00	0.00
Rata-rata	20.065	26.252	3.992	31.840	0.478	5.574	19.965	21.367	0.374	7.580	0.000	0.000