

**ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMA PROTOKOL RTP DAN SRTP  
PADA APLIKASI VOIP**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Jurusan Teknik Informatika**



**Oleh :**

**Nama: Umar Sami**

**NIM: 06 523 019**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

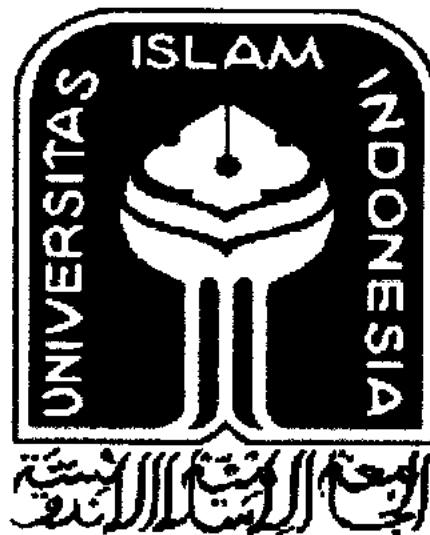
**2011**

**HALAMAN JUDUL**

**ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMA PROTOKOL RTP DAN SRTP  
PADA APLIKASI VOIP**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Jurusan Teknik Informatika**



**Oleh :**

**Nama: Umar Sami**

**NIM: 06 523 019**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2011**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**  
**ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMA PROTOKOL RTP DAN SRTP**  
**PADA APLIKASI VOIP**

ANALISIS PER

Telah Dipertu  
untuk M  
Faku

R. Teduh  
Ketua

Hendrik S  
Anggota I

Syarif Hic  
Anggota I



Oleh :


Oleh :

Nama: Umar Sami

NIM: 06 523 019

Yogyakarta, 18 Juli 2011

Pembimbing



(R. Teduh Dirgahayu, ST., M.Sc.)

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan dibawah ini,

Nama : Umar Sami

NIM : 06 523 019

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini bukan merupakan hasil karya saya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuen apapun.

Demikian pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 18 Juli 2011

(Umar Sami)

## MOTTO

“... sesungguhnya setelah kesulitan tersimpan sebuah kemudahan “

(QS. Al Insiroh :6)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan ; Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan ) yang lain ”.

(Q.S. Alama Nasyrh ayat 6 dan 7)



## KATA PENGANTAR

*Assalaamu 'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh*

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Sholawat serta salam penulis curahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW yang penulis tunggu syafaatnya di hari akhir.

Laporan Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa selama penyusunan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan baik secara material maupun moral dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala karunia, rahmat dan hidayahNya, juga kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW
2. Kedua orangtuaku atas segala limpahan cinta, kasih sayang, doa, dan dukungan yang tiada henti dan tidak akan pernah berhenti.
3. Bapak Gumbolo Hadi Susanto, Ir., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Yudi Prayudi, S.Si., M.Kom., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri.
5. Bapak R. Teduh Dirgahayu, ST., M.Sc., selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis. Terima kasih atas segala bimbingan, dukungan dan masukan yang

telah diberikan kepada penulis sehingga penyusunan laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

6. Bapak R. Ranta Dewa, selaku dosen jaringan komputer yang telah mengenalkan dunia jaringan dengan penuh kesabaran.
7. Bapak Azmiansyah, S.T., selaku dosen jaringan komputer yang telah mengarahkan dan membimbing penulis dalam membangun server Voice Over Internet Protocol.
8. Bapak Onno W.Purbo, dan kawan-kawan forum kios yang telah memberikan bimbingannya walau hanya lewat dunia maya.
9. Teman-teman FIRE dan seluruh teman-teman Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Terima kasih atas dukungannya kepada penulis.
10. Para penghuni Asrama Putra Amanah, Abdullah Sulaiman Maretan –Tetep teges!, Saleh Bafadal –Orang paling romantis se-Bondowoso, Rayyan Muchamad Maretan – Jiron Kamil, syukran katsir ya akh, Hafid Ali Kelib – nyripit gahwa sitik ya fid=D, Jamal Ali Kelib –klo bikin pancake sami nya di ajak ya mal, Ikrimah Abbad – sukrn atas saran dan kritiknya ya pak =D.
11. Untuk para mantan “Penghuni Jalur Gaza” Robiq Shammakh, Hanif Hatrash, Salim Shammakh, terima kasih atas kenangan dan pelajaran di padepokan dunia hitam persilatan.
12. Pemuda Al-irsyad cabang Jogjakarta, yang telah memberikan pelajaran berharga tentang kehidupan, tentang organisasi, tentang tanggung jawab, agama dan segalanya. Mari perdengarkan raum Jogja lagi demi kebaikan bersama, demi Jogjakarta.
13. Seluruh teman-teman dan barbagai pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis.

Tidak lepas dari segala kekurangan, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini mengingat keterbatasan waktu dan pengetahuan yang penulis miliki. Karena itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sekalian sangat penulis harapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Besar harapan penulis semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca sekalian.

*Wassalaamu 'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh.*

Yogyakarta, 18 Juli 2011

Penulis

Umar Sami





## ABSTRAKSI

Teknologi telekomunikasi saat ini berkembang pesat. Salah satu solusi komunikasi murah jarak jauh adalah VoIP (*Voice over Internet Protocol*). VoIP adalah sebuah teknologi yang memungkinkan percakapan suara jarak jauh melalui media internet protocol. VoIP menggunakan protokol UDP, protokol tersebut adalah SIP (*Session Initiation Protocol*) untuk signalling dan RTP (*Real-Time Transport Protocol*) untuk membawa data suara ketika terjadi percakapan suara. Seperti halnya teknologi komunikasi yang lain, VoIP juga memiliki metode pengamanan, salah satunya menggunakan protokol SRTP (*Secure Real-time Transport Protocol*). Protokol ini mengamankan pengiriman percakapan suara dengan melakukan enkripsi pada bagian pembawa data suara atau disebut *payload*.

Dengan menggunakan SRTP keamanan akan terjamin, tetapi kualitas performa akan mengalami penurunan karena paket yang dikirimkan lebih besar daripada RTP. Parameter yang digunakan untuk melakukan penilaian perbedaan adalah delay, jitter, dan packet loss. perbedaan nilai delay antara RTP dan SRTP adalah sebesar 200%, jitter sebesar 4%, dan packet loss 0%. Hal ini terjadi karena pada SRTP memiliki bagian tambahan untuk enkripsi, dan mengalami proses enkripsi dan dekripsi.

**Keyword:** RTP, SRTP, Delay, Jitter, Paket loss.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>MOTTO.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRAKSI.....</b>	<b>xi</b>
<b>TAKARIR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I 1</b>	
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metode Penelitian.....	3
1.7 Studi Pustaka.....	3
1.8 Implementasi Perangkat Lunak.....	3
1.9 Sistematika Penulisan.....	4

## **BAB II 6**

<b>LANDASAN TEORI</b> .....	<b>6</b>
2.1 Voice Over Internet Protocol.....	6
2.1.1 Protokol – Protokol VoIP.....	8
2.2 PBX (Internet Protocol Private Branch Exchange).....	17
2.3 SRTP (Secure Real Time Protocol).....	18
2.3.1 Susunan SRTP.....	19
2.3.2 LibSRTP.....	20
2.4 QoS (Quality of Service).....	20

## **BAB III 22**

<b>METODOLOGI</b> .....	<b>22</b>
3.1 Analisis Masalah.....	22
3.2 Implementasi sistem.....	23
3.2.1 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	23
3.2.2 Kebutuhan Perangkat Keras.....	24
3.3 Topologi.....	25
3.4 Konfigurasi.....	25
3.4.1 Konfigurasi server.....	25
3.4.2 Konfigurasi klien.....	27
3.5 Rencana Pengujian.....	32

## **BAB IV 34**

<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>34</b>
4.1 Hasil dan Pembahasan Protokol RTP dan SRTP.....	34
4.2 Perbandingan Hasil Pengamatan.....	36

**BAB V 45**

**KESIMPULAN DAN SARAN ..... 45**

5.1 Kesimpulan ..... 45

5.2 Saran ..... 45



## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Konfigurasi alamat IP .....	26
Tabel 3. 2 Konfigurasi pada sip.conf .....	26
Tabel 3. 3 Konfigurasi extensions.conf.....	27
Tabel 4. 1 Perbandingan RTP dan SRTP.....	39
Tabel 4. 2 hasil rata-rata perhitungan RTP dan SRTP dengan bandwithd 64kb... 40	
Tabel 4. 3 Hasil rata-rata perhitungan RTP dan SRTP dengan bandwithd 128kb.41	
Tabel 4. 4 Hasil rata-rata perhitungan RTP dan SRTP dengan bandwithd 512kb.41	
Tabel 4. 5 Hasil rata-rata perhitungan RTP dan SRTP dengan bandwithd 1Mb. .42	
Tabel 4. 6 Perbandingan faktor bandwithd pada kualitas RTP.....	42
Tabel 4. 7 Perbandingan faktor bandwithd pada kualitas SRTP.....	43

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Saat ini teknologi komunikasi sudah berkembang pesat. Salah satu teknologi yang saat ini mulai ramai digunakan adalah VoIP. VoIP adalah kependekan dari *Voice over Internet Protocol*, yaitu sebuah teknologi yang memungkinkan percakapan suara jarak jauh melalui media internet. Dari segi keamanan, VoIP sama halnya dengan transmisi data konvensional, yakni tetap rawan dengan serangan-serangan keamanan.

Keamanan suatu jaringan komputer adalah hal yang sangat sensitif dalam teknologi komunikasi. Teknik-teknik dan metoda-metoda pengamanan banyak dikembangkan dalam teknologi komunikasi menilik kepentingan data yang ada dalam setiap paket yang di transmisikan. Salah satu metode keamanan salam VoIP adalah dengan menggunakan SRTP, yang mana teknologi ini melakukan pengamanan dengan enkripsi pada protokol RTP yang membawa data suara. Kualitas keamanan VoIP menjadi topik yang hangat di perbincangkan baik antara praktisi jaringan atau bagi para pengguna, namun di lain sisi kualitas suara sebuah jaringan VoIP juga menjadi pilihan utama, jangan sampai dengan metode keamanan yang diterapkan kualitas suara menjadi buruk sehingga jaringan VoIP yang digunakan tetap aman dan kualitas suara tetap terjamin.

Salah satu bagian dari VoIP adalah paket data yang membawa data atau suara yang dikirimkan saat menggunakan layanan VoIP. Bagian ini menjadi rawan penyerangan, baik penyerangan yang merusak ataupun dengan penyadapan. Untuk menghindari agar penyadapan tidak terbaca oleh penyerang maka salah satu cara yang digunakan adalah dengan metode pengamanan enkripsi data. Namun secara logika, penerapan enkripsi pada paket data akan berdampak pada

pembesaran ukuran paket data tersebut yang mungkin akan mengganggu atau mengurangi kualitas dari layanan VoIP tersebut.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Kemanan merupakan masalah yang penting bagi seorang teknisi jaringan komputer di lain sisi para pengguna layanan menginginkan kualitas suara dan layanan yang optimal dalam penggunaan layanan VoIP. Hal ini bersifat berbanding terbalik dan inilah yang menjadi daya tarik pembahasan.

1. Bagaimana mengukur kualitas layanan VoIP dari sisi paket data terhadap faktor metoda-metoda kemanan yang diterapkan.
2. Apakah metoda keamanan paket data yang diterapkan merupakan layanan yang baik namun tetap aman.
3. Bagaimanakah perbandingan QoS antara RTP dengan SRTP.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang diangkat oleh penulis dalam penelitian ini adalah:

1. Protokol tranport media pada aplikasi VoIP saja.
2. Metode pengamanan hanya pada protokol SRTP saja dengan menghiraukan metode pengamanan jaringan.
3. Membatasi penggunaan VoIP hanya dalam lingkup jaringan lokal.
4. Tanpa melakukan uji penetrasi terhadap metode keamanan yang digunakan.
5. Membatasi parameter penilaian performa dengan delay jitter dan packet loss

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian adalah untuk membandingkan layanan metode enkripsi yang diterapkan pada jaringan VoIP dalam pengiriman data, sehingga ditemukan metode keamanan dengan QoS (*Quality of Service*) yang baik.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah didapatkannya metode enkripsi yang terbaik yang dapat digunakan dalam pengiriman data dalam jaringan VoIP sehingga mendapatkan nilai kualitas yang terbaik.

#### **1.6 Metode Penelitian**

Untuk memenuhi tujuan yang akan dicapai melalui penulisan skripsi ini, maka ada beberapa metode yang akan digunakan, yaitu:

1. Studi literatur dari buku – buku, makalah, ataupun manual – manual dan berbagai sumber online lainnya.
2. Implementasi VoIP menggunakan protokol RTP dan SRTP.
3. Ujicoba performa bertujuan untuk mengamati perbandingan performa RTP dan SRTP.

#### **1.7 Studi Pustaka**

Pada penelitian ini peneliti mengawali dengan studi pustaka dari buku-buku literatur dan dari tugas akhir yang berkaitan dengan penelitian.

Peneliti juga mengambil beberapa artikel dan informasi-informasi yang dianggap perlu dari Internet untuk mendukung penelitian, seperti kebutuhan perangkat keras, perangkat lunak, arsitektur dan informasi-informasi lainnya yang di anggap perlu dalam implementasi penelitian QoS data VoIP.

#### **1.8 Implementasi Perangkat Lunak**

Implementasi penelitian berdasarkan pengumpulan informasi dan literatur yang meliputi :

1. Desain Arsitektur Jaringan dan Alokasi Account



Tahap ini merupakan tahap perancangan arsitektur jaringan komputer yang akan digunakan untuk membangun VoIP SRTP serta pengalokasian account dan penyusunan pengendalian telpon atau biasa disebut *dial plan*.

## 2. Pengadaan perangkat keras

Tahapan ini merupakan tahap pengadaan perangkat keras untuk server dan client VoIP SRTP. Selain itu diperlukan pula perangkat keras yang digunakan sebagai pendukung keberlangsungan transmisi data suara, antara lain seperangkat PC sebagai server dan minimalnya dua buah PC/laptop sebagai client dengan aplikasi softphone didalamnya.

## 3. Instalasi dan konfigurasi perangkat lunak

Tahapan ini merupakan tahap instalasi software pada komputer server dan client VoIP SRTP. Kemudian dilanjutkan dengan mengkonfigurasi software pada server dan client VoIP SRTP.

## 4. Pengujian

Setelah konfigurasi selesai dilakukan, tahapan selanjutnya adalah pengujian QoS dari arsitektur dan konfigurasi yang telah dibangun. Pada tahap ini dilakukan pembacaan kualitas dari transfer data dari jaringan yang telah dibangun dengan menggunakan beberapa aplikasi pendukung seperti wireshark, dan VQ Manager.

### 1.9 Sistematika Penulisan

Sistematika ini digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

#### Bab I Pendahuluan

Pada bab ini dikemukakan latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penelitian.

#### Bab II Landasan Teori

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Voice Over Internet Protocol

*Voice Over Internet Protocol (VoIP)* dikenal juga dengan sebutan *IP telephony*. VoIP didefinisikan sebagai suatu sistem yang menggunakan jaringan untuk mengirimkan data paket suara dari suatu tempat ke tempat yang lain menggunakan perantara protokol IP. Iskandariyah (Iskandariyah,2003) menyebutkan bahwa VoIP merupakan teknologi yang mampu melewati trafik suara, video, dan data yang berbentuk paket melalui jaringan IP. Jaringan IP sendiri merupakan jaringan komunikasi data yang berbasis *packet-switch* [OWP07].

Salah satu bagian utama arsitektur VoIP adalah PBX (*Private Branch Exchange*) yang berlaku sebagai server penghubung antara pengguna aplikasi VoIP *client/softphone* ataupun ke layanan PSTN. Salah satu aplikasi open source yang dapat digunakan adalah Asterisk. Di dalamnya terdapat protokol yang dapat mengirimkan data secara *realtime* (waktu nyata). Protokol ini bernama RTP (*Real Time Protokol*). RTP melewati data dalam jaringan tanpa dienkripsi yang dapat dengan mudah dibaca oleh pihak lain yang tidak berwenang. Untuk mengamankan data tersebut, dibuatlah protokol SRTP (*Secure Real Time Protokol*)

Protokol tersebut digunakan dalam berbagai layanan multimedia sebagai alternatif dari teknologi komunikasi pendahulunya. Layanan tersebut antara lain

1. Layanan telepon dengan biaya yang lebih terjangkau karena menggunakan jaringan Internet, sehingga tidak perlu membangun infrastruktur jaringan baru.
2. Layanan *voice message* yang dapat ditinggalkan pada nomor yang dihubungi.

3. Layanan faksimili dengan biaya yang terjangkau.
4. Layanan *video chat* atau *video conferencing* di mana dua orang atau lebih dapat berbincang dengan teks atau suara dengan menampilkan video lawan bicaranya.

Dalam komunikasi VoIP memiliki parameter tertentu untuk melakukan penilaian performa agar dapat memenuhi standar kualitas. Parameter tersebut adalah:

A. Delay

Dalam perancangan jaringan VoIP, delay merupakan suatu permasalahan yang harus diperhitungkan karena kualitas bagus tidaknya suara tergantung dari waktu delay. Besarnya delay maksimum yang direkomendasikan oleh ITU untuk aplikasi suara adalah 150 ms, sedangkan delay maksimum dengan kualitas suara yang masih dapat diterima pengguna adalah 250 ms

B. Jitter

Jitter merupakan variasi dari delay. Jitter dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan besarnya tumbukan antar paket (*congestion*) yang ada dalam jaringan. Pengaruh jitter pada kinerja jaringan harus dilihat bersama delay. Ketika jitter besar namun *delay*-nya kecil maka kinerja jaringan tidak bisa dikatakan jelek karena besarnya jitter dapat dikompensasi dengan nilai delay yang kecil. Jitter akan menurunkan kinerja jaringan ketika nilainya besar dan juga nilai *delay*-nya juga besar.

C. Paket loss

Merupakan suatu keadaan dimana suatu paket tidak sampai ketujuan atau gagal ketujuan .

### 2.1.1 Protokol – Protokol VoIP

Didalam dunia komunikasi komputer diperlukan beberapa perangkat jaringan agar dapat saling berkomunikasi. Pengalamatan pada tiap perangkat juga dilakukan agar setiap paket dapat dikirimkan ke tujuan yang benar. Protokol digunakan sebagai penerjemah dalam telekomunikasi komputer. Dalam jaringan komputer terdapat berbagai macam protokol, akan tetapi di perlukan protokol yang sama agar kedua komputer dapat berkomunikasi dengan baik.

#### 6. Protokol TCP/IP

TCP/IP (*Transfer Control protocol/Internet Protocol*) merupakan suatu protocol yang digunakan pada jaringan. Gambar 2.1 adalah ilustrasi susunan protokol TCP/IP

Application	Application
Transport	Transport
Internetwork	Internetwork
Physical	Physical

Gambar 2. 1 Ilustrasi susunan TCP/IP protocol

#### A. Application Layer

Application layer atau lapisan aplikasi berfungsi sebagai pengirim file dari sebuah system ke system yang berbeda agar file tersebut sampai dengan baik dan dapat digunakan sebagaimana mestinya. Lapisan ini berhubungan dengan protokol yang digunakan sebagai dasar. Contoh protokol aplikasi yang banyak dikenal adalah HTTP (*Hypertext transfer protocol*), FTP (*File Transfer Protocol*) untuk perpindahan file, dan TELNET untuk akses terminal jarak jauh .

#### B. Transport Layer

SIP adalah suatu *signaling protocol* pada lapisan aplikasi yang berfungsi untuk membangun, memodifikasi dan mengakhiri suatu sesi komunikasi multimedia. Sesi multimedia adalah suatu pertukaran data antara pengguna yang meliputi suara, video dan data atau text.

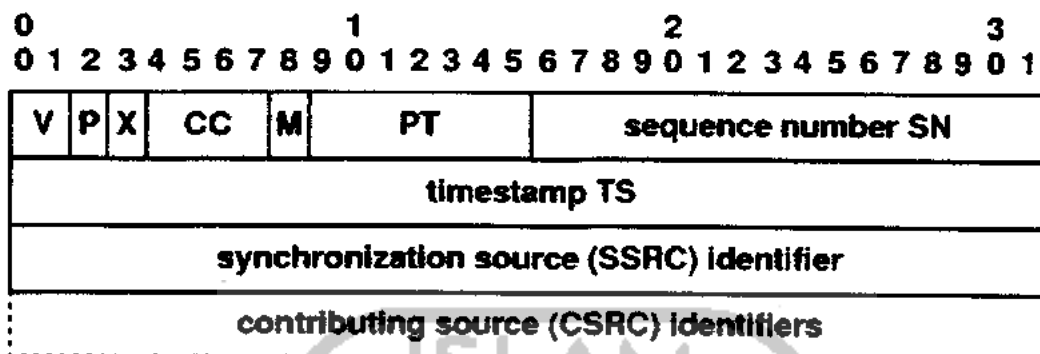
SIP tidak memberikan keterangan sesi apa yang dijalankan, namun hanya mengakomodasi sesi tersebut. Dengan fleksibilitas tersebut, SIP dapat digunakan oleh banyak aplikasi multimedia seperti game interaktif, musik dan video termasuk *voice*, video dan *web conferencing*.

### 1. Arsitektur SIP

SIP memiliki beberapa bagian pembentuk dalam paket protokol ini. Pada SIP terdapat protokol yg mendukung agar data terkirim *real-time*. [TJN10]

#### 1. RTP (*Real-Time Transport Protocol*)

RTP adalah protokol untuk membebaskan *jitter* dan *desequencing* yang terjadi pada jaringan IP. RTP dapat digunakan untuk beberapa macam transfer data *real time* seperti video dan suara. RTP berisi tipe data yang dikirimkan, seperti *timestamps*, yang di gunakan sebagai pengatur waktu percakapan agar terdengar seperti yang di ucapkan dan *sequence number*. RTP dirancang untuk berjalan menggunakan UDP karena TCP tidak dapat menangani pengiriman data yang *real-time* dengan *delay* yang relatif kecil, seperti pada pengiriman data komunikasi suara. Dengan menggunakan UDP yang dapat mengirimkan paket IP secara *multicast*, RTP *stream* yang dibentuk oleh satu terminal dapat dikirimkan ke beberapa terminal tujuan. Skema paket RTP dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Skema RTP Header

## 2. RTCP (*Real-Time Transport Control Protocol*)

RTCP adalah protokol yang digunakan bersamaan dengan RTP. RTCP bertugas untuk mengirimkan paket kontrol setiap user yang berpartisipasi pada percakapan dan digunakan sebagai informasi kualitas transmisi pada jaringan.

RTCP memiliki fungsi utama sebagai pengirim laporan kualitas dan media control. RTCP memiliki informasi seperti paket yang hilang (*packet loss*), *jitter*, keterlambatan (*delay*), level sinyal, *Call Quality Metrics*, *Echo Return Loss*.

RTCP memiliki beberapa jenis packet yang berbeda:

### 3. *Sender Report (SR)*

Paket ini dikirim secara periodik oleh pengirim yg aktif dalam sesi untuk melaporkan pengiriman dan penerimaan untuk semua paket RTP yang dikirim selama interval sesi komunikasi.

### 4. *Receiver Report (RR)*

Paket ini ditujukan kepada user yang telah register tetapi tidak mengirimkan paket RTP. Laporan ini berisi kualitas layanan.

5. *Source Description (SDES)*

Pesan ini berisi tentang informasi seperti nama, alamat, email, nomor telepon dan alamat sumber paket berasal.

6. *End of participant (BYE)*

Pesan ini berisi informasi bahwa pengirim meninggalkan konferensi/*offline*.

7. *Application-specific message (APP)*

Pesan ini mengirimkan pesan unik dari aplikasi yang berfungsi untuk menyatakan desain ekstensi khusus protokol RTCP.

Selain RTP dan RTCP, SIP memiliki dua komponen penting yaitu User Agent dan Server.

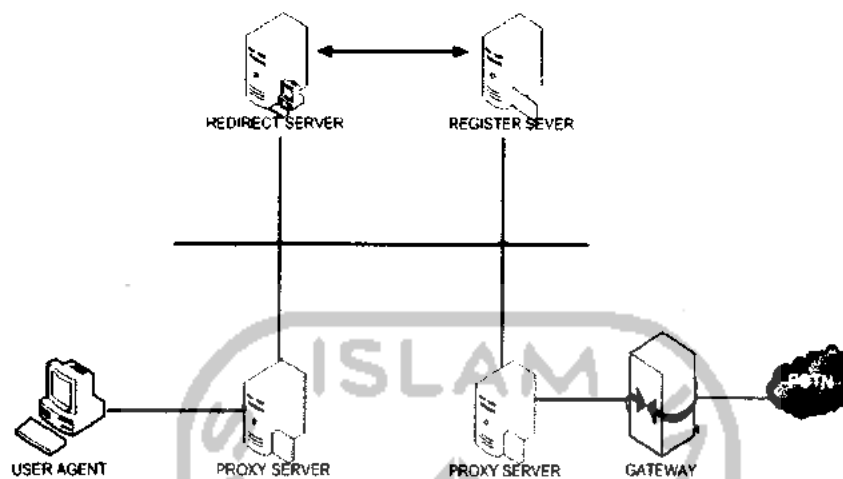
User Agent digunakan untuk memulai, menerima, dan mengakhiri sesi komunikasi. User Agent dibagi dua, yaitu:

1. *User Agent Service (UAS)*, adalah bagian yang menerima dan menanggapi sesi komunikasi.
2. *User Agent Client (UAC)*, adalah bagian yang memiliki sesi komunikasi.

Kedua jenis User Agent ini dapat menutup sesi komunikasi, dalam artian UAS dapat menutup sesi komunikasi meskipun UAC tidak menutup sesi komunikasi tersebut. User Agent ini dapat berupa *softphone* atau *IP-phone*.

*Server* digunakan untuk melayani permintaan (*request*) dari *client* dan memberikan tanggapan (*response*) atas permintaan yang dibuat.

Dalam SIP ada tiga buah server, sebagaimana dijelaskan dalam Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2. 3 Skema Topologi SIP server

#### 8. Proxy Server

Proxy Server merupakan penghubung antara user agent, yang bertugas menerima *request message* dari user agent pengirim kemudian meneruskan ke user agent penerima. *Request* dapat dilayani oleh proxy server sendiri atau disampaikan (*forward*) pada proxy server lain. Server ini juga menerjemahkan dan menulis ulang *request message* sebelum menyampaikannya pada user agent tujuan atau proxy lain. Fungsi dari proxy server adalah menyimpan seluruh keadaan (*state*) sesi komunikasi antar UAC dan UAS.

#### 9. Redirect Server

*Redirect server* adalah komponen yang menerima *request message* dari user agent, memetakan alamat SIP user agent atau proxy server tujuan, kemudian menyampaikan hasil pemetaan kembali kepada user agent pengirim (UAC). Server ini tidak menyimpan keadaan sesi komunikasi antara UAC dan UAS setelah hasil pemetaan disampaikan kepada UAC. Tidak seperti proxy server, redirect server tidak dapat memulai inisiasi *request message* dan tidak seperti UAS, server ini tidak dapat menerima dan menutup sesi komunikasi



## 10. Register Server

*Register server* merupakan komponen yang menerima *request message REGISTER*, yaitu perintah mendaftarkan pesan yang akan dikirim. Register server dapat menambahkan fungsi otentikasi user untuk validasi. Server ini menyimpan database user untuk otentikasi dan lokasi sebenarnya (berupa alamat IP dan nomor port) agar user yang terdaftar dapat dihubungi oleh komponen SIP lainnya.

### 2. Pengalamatan SIP

Komunikasi pada SIP dilakukan dengan mengirimkan pesan yang berbasis HTTP. Pengalamatan dalam SIP dinyatakan dengan SIP-URI (*Uniform Resource Identification*). Format pengalamatan SIP ditunjukkan pada gambar 2.1

A rectangular box containing the text "[sip :] <username@ host>".

[sip :] <username@ host>

Gambar 2.1 Pengalamatan SIP

Contoh :

1. sip:samiy@192.168.1.2
2. sip:900@voiprakyat.or.id

<b>Pesan Request</b>	<b>Keterangan</b>
INVITE	Mengundang user agent lain untuk bergabung dalam sesi komunikasi
ACK	Konfirmasi bahwa user agent telah menerima pesan terakhir dari serangkaian pesan INVITE.
BYE	Terminasi sesi
CANCEL	Membatalkan INVITE
REGISTER	Registrasi di register server
OPTIONS	Meminta informasi tentang kemampuan server
INFO	Digunakan untuk membawa pesan informasi lainnya seperti informasi inline DTMF

### 5. SIP Response

*SIP response* merupakan tanggapan dari server terhadap permintaan client. Setiap pesan yang ditampilkan akan dijelaskan pada tabel 2.2 .

**Tabel 2. 2** Tabel keterangan SIP *response*.

<b>Pesan Request</b>	<b>Keterangan</b>
1xx	Pesan yang memberikan informasi Contoh : 180 Ringing

2xx	Tanggapan Sukses Contoh : 200 OK
3xx	Tanggapan Redirection Contoh : 302 dipindah alih sementara
4xx	Permintaan tidak ditanggapi Contoh : 403 tidak dapat mengakses
5xx	Server tidak dapat melakukan tanggapan Contoh : 504 gateway time-out
6xx	Tidak dapat menghubungi siapapun Contoh : 602 sibuk

## 2.2 PBX (Internet Protocol Private Branch Exchange)

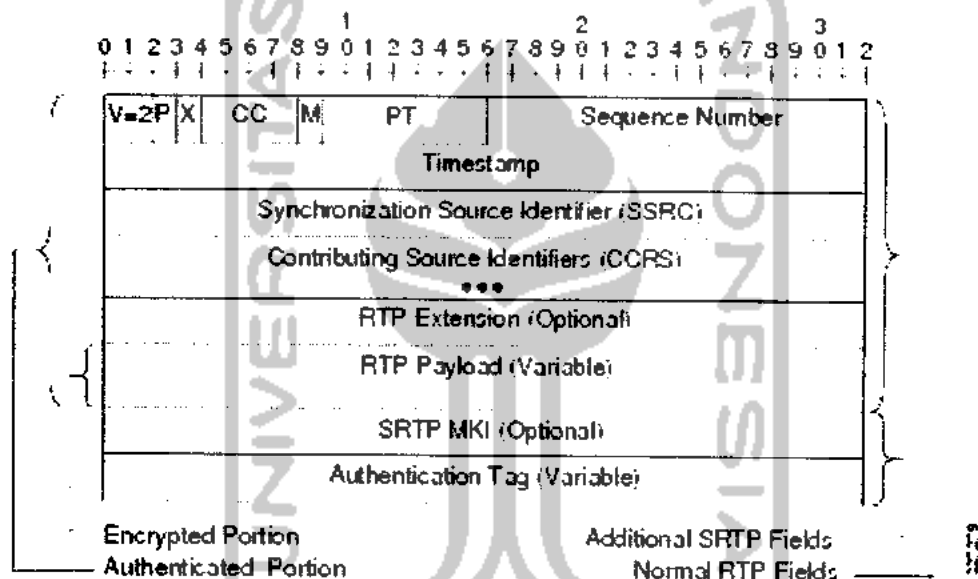
IP PBX adalah perangkat *switching* komunikasi telepon dan data berbasis teknologi Internet Protocol (IP) yang mengendalikan ekstensi telepon analog (TDM) maupun ekstensi *IP phone*. Fungsi-fungsi yang dapat dilakukan oleh IP PBX antara lain penyambungan, pengendalian, dan pemutusan hubungan telepon; translasi protokol komunikasi; translasi media komunikasi atau transcoding; serta pengendalian perangkat-perangkat IP Teleponi seperti VoIP Gateway, Access Gateway, dan Trunk Gateway.

IP PBX mempunyai kemampuan multilayanan di jaringan IP ke dunia komunikasi teleponi, sehingga memungkinkan semakin banyak layanan komunikasi yang dapat berjalan di atas jaringan IP. Multilayanan tersebut adalah *voicemail*, *voice conference*, *Interactive Voice Response (IVR)*, *Automatic Call Distribution (ACD)*, *Computer Telephony Integration (CTI)*, *Unified Messaging System (UMS)*, *fax server fax on demand*, *Call Recording System*, *Billing System*, serta *Web-based Management System*.

Asterisk adalah sebuah perangkat lunak telepon IP PBX yang dibuat tahun 1999 oleh Mark Spencer dari Digium. Seperti halnya PBX, asterisk

### 2.3.1 Susunan SRTP

SRTP adalah tambahan pada paket RTP yang disajikan dalam aliran yang berbentuk tumpukan dimana aplikasinya terletak diantara aplikasi RTP dan layer transport. Aliran paket data yang dikirim oleh RTP akan disaring oleh SRTP dan kemudian dialirkan kembali dengan paket data yang mirip dengan aslinya tetapi sudah dilindungi oleh SRTP pada saat diterima oleh penerima.



Gambar 2. 5 Gambar skema SRTP header.

Pada Gambar 2.5 diatas terdapat *encrypted portion* yaitu bagian RTP yang disaring dan dienkripsi oleh SRTP, kemudian disajikan dalam bentuk yang mirip dengan paket RTP. Perubahan ini menghasilkan penambahan bagian baru pada SRTP yang mengakibatkan ukuran paket menjadi lebih besar.

MKI (Master Key Identifier) dapat dikonfigurasi secara optional. Key management mendefinisikan, memberi tanda dan menggunakan MKI untuk penguncian kembali dan identifikasi bagian master key dengan menggunakan konteks kriptografi. *Authentication tag* dibutuhkan untuk mengkonfigurasi

panjang data. Bagian ini memastikan data tersebut sebagai pesan. Bagian autentikasi dalam paket SRTP berisi RTP header yang diikuti oleh bagian yang terenkripsi dalam paket SRTP.

Pada sisi pengirim, paket data akan di enkripsi terlebih dahulu sebelum di autentikasi. Sedangkan pada sisi penerima data akan di dekripsi dahulu baru di autentikasi.

### 2.3.2 LibSRTP

LibSRTP merupakan perangkat lunak *open source*. Library ini digunakan untuk implementasi SRTP yang dikembangkan oleh Cisco. Pustaka ini mendukung beberapa fitur yang ada pada SRTP. Fitur yang didukung oleh libSRTP adalah:

1. *Master Key Identifier*

MKI digunakan dengan tujuan penguncian kembali, identifikasi bagian master key dengan menggunakan konteks kriptografi.

2. *Key Derivation*

*Key derivation* digunakan untuk menentukan kunci-kunci dalam setiap sesinya.

## 2.4 QoS (Quality of Service)

Dalam dunia jaringan komputer dan jaringan komunikasi terdapat mekanisme penjagaan kualitas layanan. QoS (*Quality of service*) adalah kemampuan untuk membedakan prioritas antara aplikasi, pengguna dan arus data, atau untuk menjamin perbedaan kinerja dari arus data. Sebagai contoh, QoS memungkinkan penjaminan *bitrate*, *delay*, *jitter*, *paket dropping* dan atau kesalahan *bitrate*. penjaminan QoS merupakan hal yang penting dalam jaringan dengan kapasitas yang terbatas, khususnya untuk aplikasi multimedia *streaming realtime* seperti VoIP, game Online dan IP-TV, selama masih membutuhkan ketepatan *bitrate* dan *delay* yang sensitif, dan dalam keterbatasan sumberdaya jaringan.

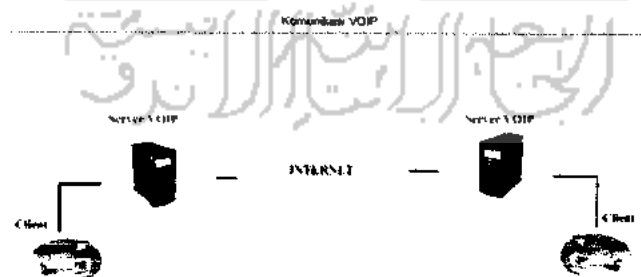
## BAB III

### METODOLOGI

#### 3.1 Analisis Masalah

VoIP menggunakan protokol UDP. *User* atau *Caller* melakukan *dial* ke ekstensi tertentu yang sudah terdaftar dalam server VoIP melalui protokol *signalling* SIP dan data suara dibawa dengan menggunakan protokol RTP. Protokol ini rawan penyadapan karena data suara yang di bawa tidak di amankan, oleh karena itu di gunakan teknologi SRTP untuk mengamankan paket data tersebut. SRTP mengamankan dengan melakukan enkripsi pengiriman data terlebih dahulu sebelum dikirimkan.

Dengan menggunakan SRTP, terjadi perubahan bentuk paket yang dikirimkan. Jika melihat konsep perbandingan terbalik antara keamanan dengan kualitas, maka munculah permasalahan sejauh mana dampak penggunaan SRTP ini terhadap kualitas layanan. Gambaran umum implementasi VoIP dapat di lihat pada gambar 3.1 berikut



**Gambar 3. 1** Gambaran umum implementasi VoIP

Dengan adanya perubahan ukuran paket tersebut maka dimungkinkan akan terjadi perubahan nilai pada delay, jitter dan paket loss. Karena

## 5. Eyebeam 1.5

Eyebeam *softphone* adalah bentuk *user agent* yang digunakan untuk memulai, menerima, dan mengakhiri sesi komunikasi. Alasan pemilihan *softphone* ini karena telah mendukung enkripsi data suara pada real-time protocol sehingga mendukung dalam penggunaan SRTP pada Asterisk.

## 6. VQ.Manager

VQManager adalah salah satu perangkat lunak untuk melakukan penilaian kualitas terhadap paket data suara. Software ini dipilih karena user-friendly dengan tampilan web yang simple dan lengkap beserta grafik dalam menampilkan perhitungan kualitas layanan suara.

### 3.2.2 Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras yang dibutuhkan meliputi 1 unit komputer sebagai server dan 2 unit komputer sebagai klien.

#### 1. Kebutuhan Server

Server pada implementasi ini menggunakan komputer dengan spesifikasi minimal berikut :

1. processor IV 2,4 GHz
2. Harddisk 5 Gb, sebagai minimal untuk installasi sistem ubuntu server 10.10
3. Ethernet card
4. Memory 512 MB
5. CD-ROM

#### 2. Kebutuhan Klien

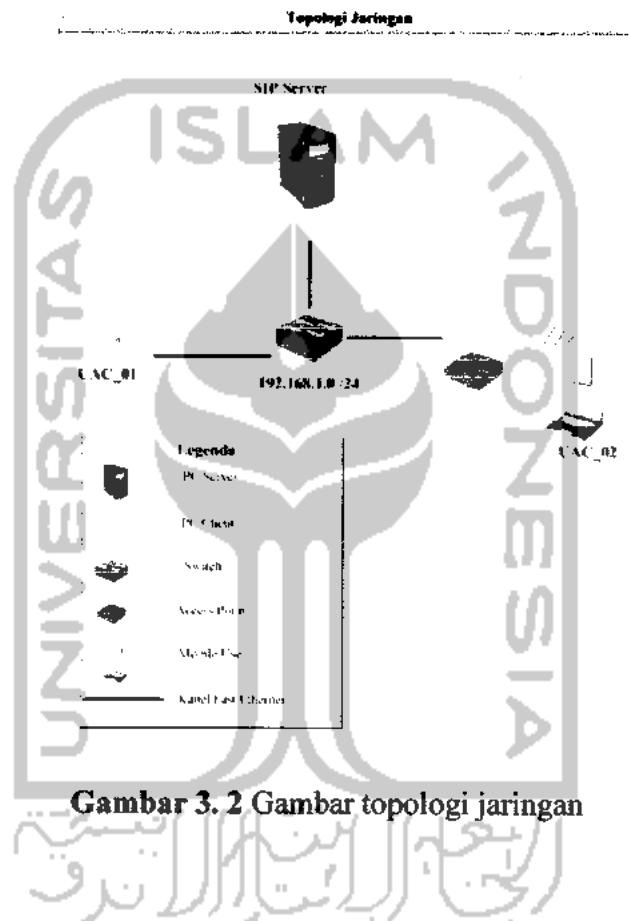
Kebutuhan hardware klien meliputi 2 unit komputer dengan spesifikasi minimal sebagai berikut:

1. Pentium IV 2,4 GHz
2. Memory 512 MB
3. Harddisk 40 GB

#### 4. Ethernet card

### 3.3 Topologi

Gambar 3.2 menunjukkan topologi yang digunakan pada implementasi .



### 3.4 Konfigurasi

#### 3.4.1 Konfigurasi server

Pada implementasi ini penulis berasumsi bahwa instalasi Ubuntu 10.10 server edition, LibSRTP, dan Asterisk SVN sudah dilakukan lebih awal.

Pada server Asterisk-SRTP terdapat minimal 3 bagian yang perlu dikonfigurasi, yaitu pada `interface.conf` untuk pengalamatan IP address, `sip.conf` dan `extension.conf`. Pertama kali yang perlu dilakukan adalah pengalamatan IP .



Konfigurasi di lakukan pada file `/etc/network/interface.conf` dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut

**Tabel 3. 1** Konfigurasi alamat IP

```
auto eth0
iface eth0 inet static
    address 192.168.1.100
    netmask 255.255.255.0
    network 192.168.1.0
    broadcast 192.168.1.255
    gateway 192.168.1.1
```

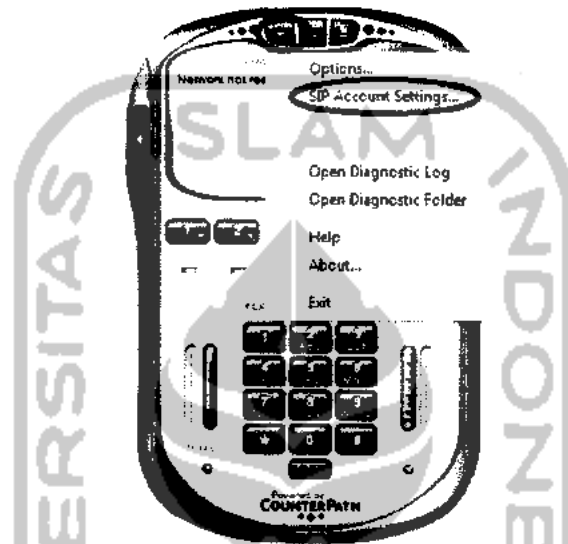
**Tabel 3. 2** Konfigurasi pada sip.conf

```
[authentication]
[123]
type=friend
username=123
secret=123
host=dynamic
context=main
nat=no
srtpcapable=yes

[124]
type=friend
username=124
secret=124
host=dynamic
context=main
nat=no
srtpcapable=yes
```

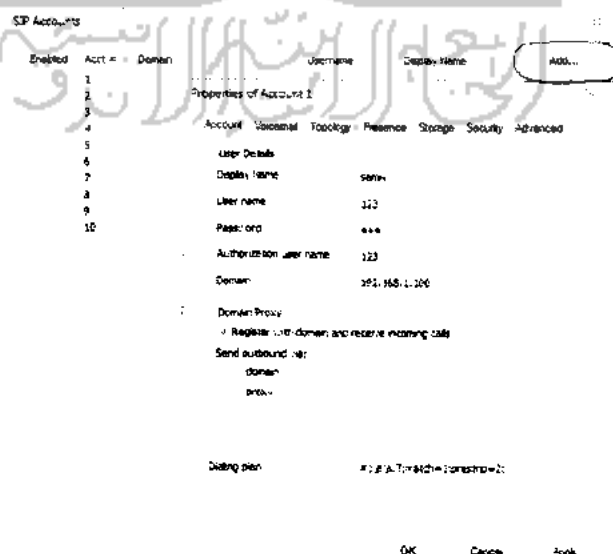
### 1. Konfigurasi Eyebeam 1.5 *Softphone*

Eyebeam adalah salah satu aplikasi *softphone*. Konfigurasi yang perlu dilakukan adalah pemberian SIP Account dan nomor telepon seperti ditunjukkan pada gambar 3.3



Gambar 3. 3 Pendaftaran SIP Account

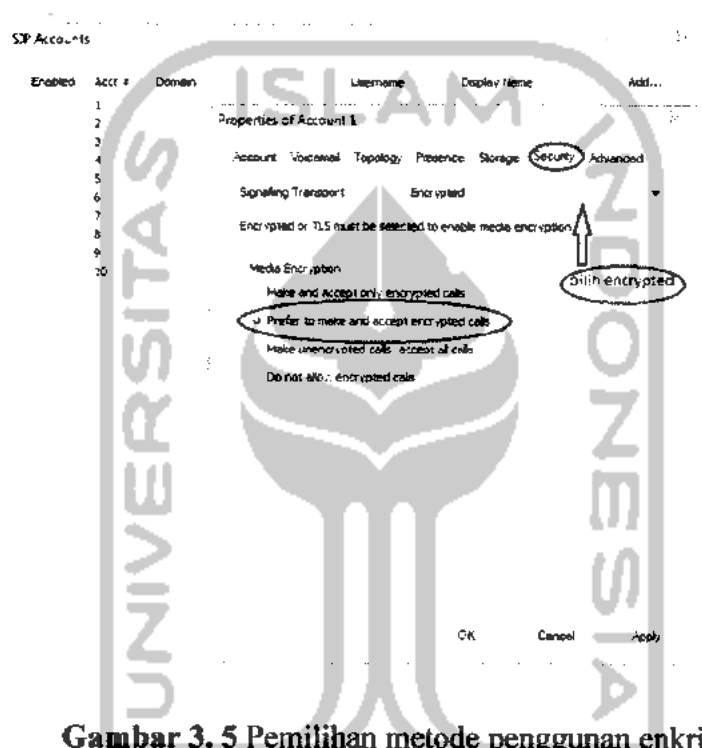
Selanjutnya akan muncul window untuk mendaftarkan *user* seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Pemberian SIP Account

Pada *field* user name dan password diisikan sesuai SIP *user* yang telah di daftarkan pada sip.conf

Selanjutnya adalah konfigurasi supaya klien dapat melakukan telpon dengan enkripsi seperti ditunjukkan seperti pada gambar 3.5



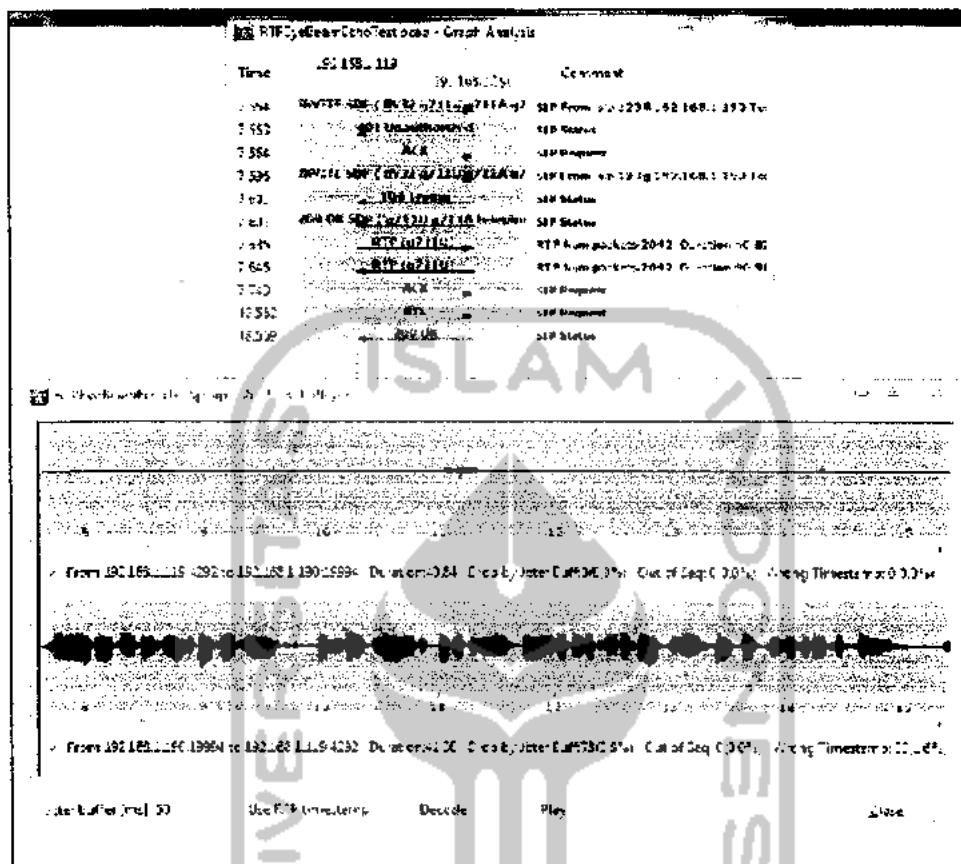
Gambar 3.5 Pemilihan metode penggunaan enkripsi

Gambar 3.5 menunjukkan bahwa *encrypted* harus dipilih pada signalling protocol agar komunikasi yang digunakan dapat di enkripsi. Apabila akan melakukan telpon tanpa menggunakan enkripsi pilih *Automatic* pada bagian *Signalling transport*.

## 2. Konfigurasi wireshark

Konfigurasi yang perlu dilakukan pada wireshark antara lain memilih *interface* yang akan digunakan dalam koneksi VoIP.

Gambar 3.6 menunjukkan pemilihan *interface* yang dilalui paket data pada wireshark. Selanjutnya wireshark akan membaca setiap paket yang lewat pada *interface* yang di pilih. Ketika ada panggilan VoIP, wireshark akan membaca



Gambar 3. 8 Gambar grafik SIP dan RTP player

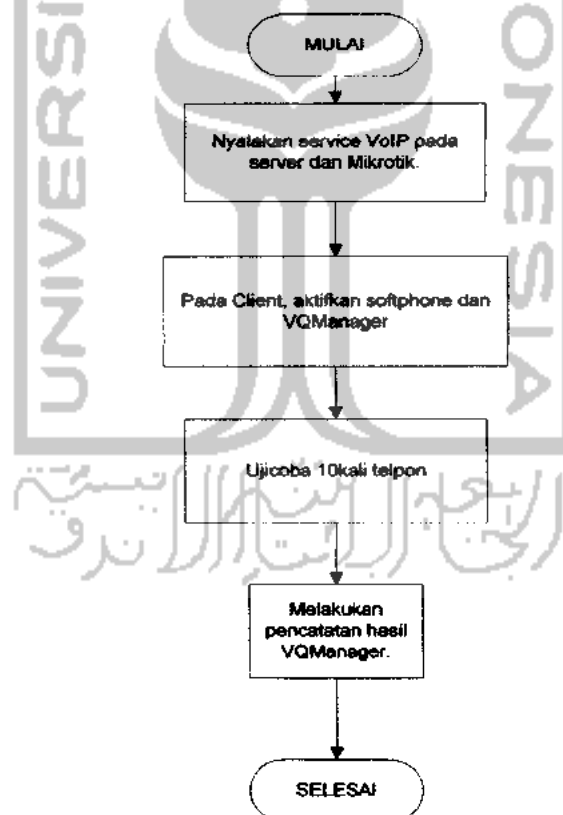
### 3. Konfigurasi VQManager.

VQManager adalah salah satu aplikasi untuk melihat nilai QoS berdasarkan beberapa parameter dari sebuah *service* yang dijalankan. Berikut halaman awal VQManager tampak seperti pada gambar 3.9. Untuk melihat hasil atau nilai QoS dari *service* yang sedang dijalankan dapat dibuka pada tab *calls*.

10 kali percobaan baik menggunakan protokol RTP dan 10 kali menggunakan protokol SRTP.

Pengambilan data dilakukan menggunakan software VQManager untuk melihat delay, jitter, dan paket loss. Sedangkan untuk pembagian bandwidth menggunakan Mikrotik. Setelah didapatkan hasil dari VQManager maka akan dilakukan perbandingan data baik menggunakan protokol RTP dan protokol SRTP untuk masing-masing besaran bandwidth. Besaran bandwidth yang digunakan adalah 64kb, 128kb, 512kb, dan 1Mb.

Berikut flowchart pengujian yang dilakukan.



**Gambar 3. 11** Flowchart pengujian.



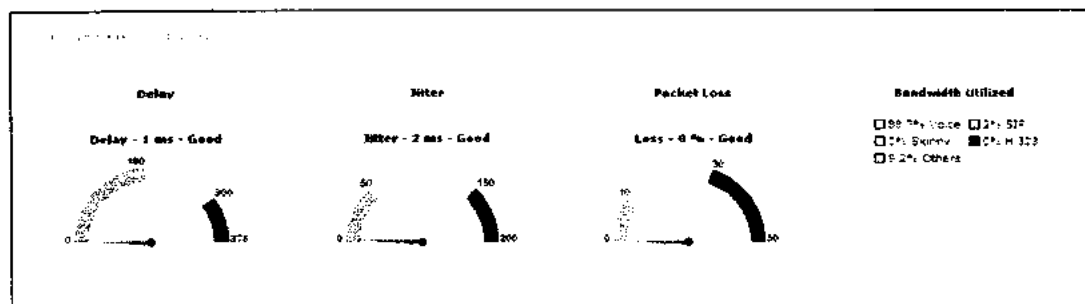
rekaman tetapi tidak dapat terdengar percakapan tersebut karena paket data telah di enkripsi seperti terlihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Tampilan putar ulang hasil rekaman SRTP.

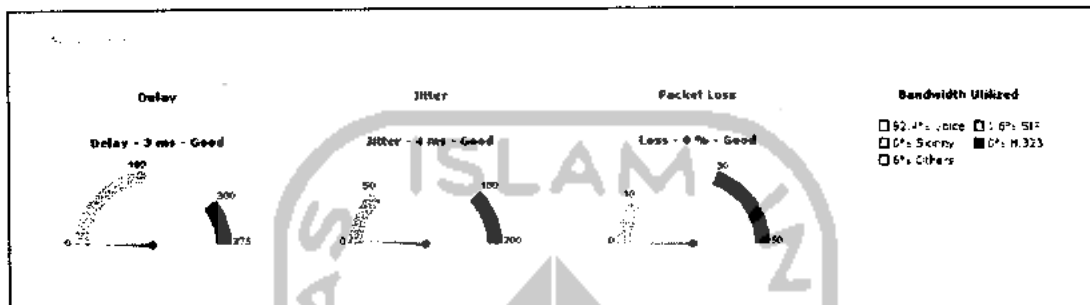
#### 4.2 Perbandingan Hasil Pengamatan

Pengamatan dilakukan menggunakan software VQManager untuk melihat parameter delay, jitter, dan packet loss dalam bentuk barometer. Dalam gambar 4.7 dapat terlihat nilai delay sebesar 1 ms, jitter sebesar 2 ms dan packet loss sebesar 0% dari pengujian penguuan protokol RTP yang telah dilakukan.



Gambar 4.5 Tampilan barometer pengukuran paket RTP.

Sedangkan pengamatan saat penggunaan protokol SRTP dapat dilihat pada Gambar 4.8. Terlihat pada gambar nilai delay sebesar 3 ms, jitter sebesar 4 ms, dan packet loss sebesar 0%.



Gambar 4.6 Tampilan barometer pengukuran paket SRTP

Untuk mendapatkan hasil yang lebih pasti maka pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pada tiap-tiap ukuran bandwidth yang digunakan. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui bandwidth minimal yang dapat digunakan namun tetap dalam menjaga kualitas dan keamanan. Dari 10 kali pengujian yang dilakukan mendapatkan beberapa variasi hasil, pada tabel dibawah ini menunjukkan hasil kualitas yang didapat pada tiap-tiap ukuran bandwidth yang digunakan.

Dalam komunikasi VoIP kapasitas bandwidth juga diperhitungkan, besarnya kapasitas bandwidth juga mempengaruhi kualitas suara yang didengar oleh user. Pada tabel berikut adalah perbandingan kualitas pada RTP dan SRTP terhadap beberapa lebar bandwidth.

Berikut pada tabel 4.2 menampilkan pengujian pada penggunaan bandwidth 64kb, 128kb, 512kb, 1Mb.



**Tabel 4. 1** hasil rata-rata perhitungan RTP dan SRTP dengan bandwidth 64kb.

Hasil Data Uji Performa RTP dan SRTP dengan 64kb bandwidht						
Pengujian	RTP			SRTP		
	Delay	Jitter	Packet loss	Delay	Jitter	Packet loss
1	1	23	8	6	5	0
2	3	20	10	5	3	0
3	1	5	3	4	4	0
4	2	25	9	6	7	0
5	1	3	2	5	5	0
6	1	14	7	7	4	3
7	2	20	8	4	3	0
8	1	2	10	2	2	1
9	0	3	4	4	3	2
10	1	2	4	5	4	0
rata-rata	1,3	11,7	6,5	4,8	4	0,6

**Tabel 4. 2** Hasil rata-rata perhitungan RTP dan SRTP dengan bandwidth 128kb.

Hasil Data Uji Performa RTP dan SRTP dengan 128kb bandwidht						
Pengujian	RTP			SRTP		
	Delay	Jitter	Packet loss	Delay	Jitter	Packet loss
1	1	14	0	4	4	0
2	2	8	0	3	6	0
3	2	11	0	3	5	0
4	1	5	0	4	5	0
5	0	6	0	5	4	0
6	1	14	0	4	5	0
7	0	7	0	4	3	0
8	2	2	0	2	2	0
9	0	3	0	4	3	0
10	1	2	0	5	4	0
rata-rata	1	7,2	0	3,8	4,1	0

perbandingan delay, dan pada tabel 4.6 menampilkan perbandingan jitter sedangkan pada tabel 4.7 menampilkan perbandingan paket loss.

**Tabel 4. 5** Perbandingan delay antara RTP dan SRTP dengan variasi bandwitd.

perbandingan delay dengan bandwidth		
	RTP	SRTP
64kb	1,4	4,8
128kb	1	3,8
512kb	0,9	3,9
1Mb	0,9	3,4

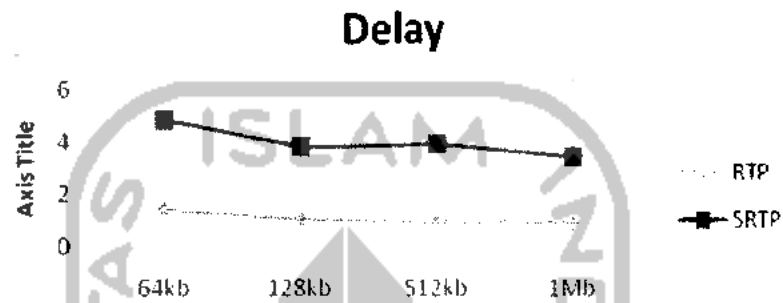
**Tabel 4. 6** Perbandingan jitter antara RTP dan SRTP dengan variasi bandwitd.

perbandingan jitter dengan bandwidth		
	RTP	SRTP
64kb	11,7	4
128kb	7,2	4,1
512kb	5,5	3,7
1Mb	2,8	2,9

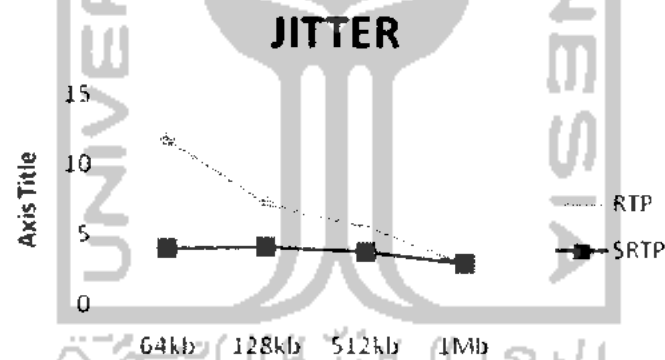
**Tabel 4. 7** Perbandingan paket loss antara RTP dan SRTP dengan variasi bandwitd.

perbandingan paket loss dengan bandwidth		
	RTP	SRTP
64kb	6,5	0,6
128kb	0	0
512kb	0	0
1Mb	0	0

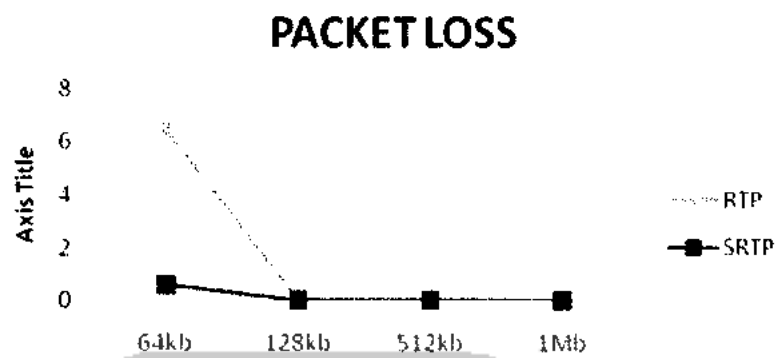
Pada gambar 4.9 berikut adalah grafik dari tabel 4.5. pada grafik tersebut dapat diamati besaran delay yang terjadi saat melakukan panggilan VoIP menggunakan RTP dan SRTP.



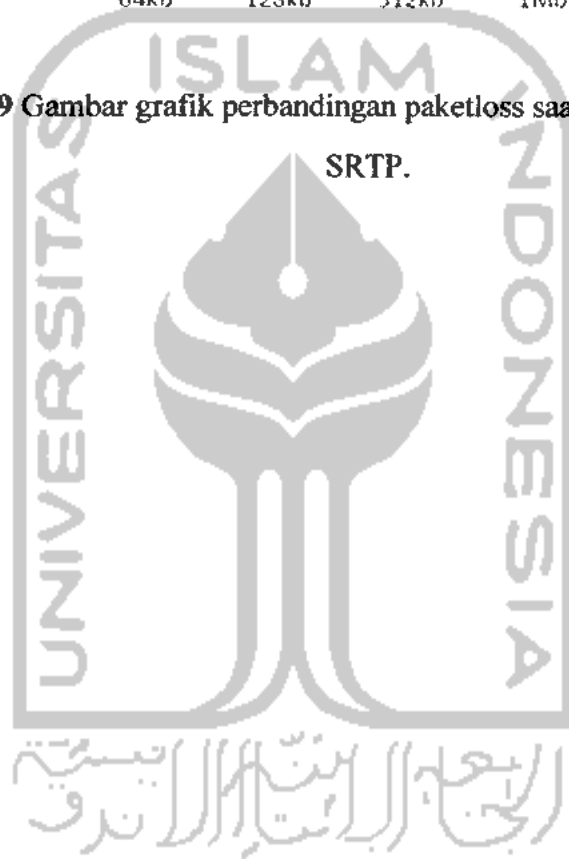
**Gambar 4. 7** Grafik perbandingan delay saat menggunakan RTP dan SRTP.



**Gambar 4. 8** Grafik perbandingan jitter saat menggunakan RTP dan SRTP.



**Gambar 4. 9** Gambar grafik perbandingan paketloss saat menggunakan RTP dan SRTP.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan adalah:

1. SRTP dapat digunakan sebagai salah satu solusi keamanan dalam komunikasi multimedia real-time sebagai pengganti RTP.
2. Dari hasil perbandingan yg dilakukan RTP memiliki nilai QoS lebih baik karena nilai awal yang lebih kecil daripada SRTP dan cenderung lebih baik dengan semakin bertambahnya kapasitas bandwidth yang digunakan. Rincian perbandingan delay, jitter dan paket loss antar RTP dan SRTP sebagaimana dapat dilihat pada grafik gambar 4.7, gambar 4.8 dan gambar 4.9.
3. Berdasarkan faktor bandwidth menunjukkan VoIP akan berjalan dengan stabil jika menggunakan bandwidth di atas 512kb, meskipun dari nilai delay, jitter dan packet loss masih dalam batasan toleransi, namun jika menggunakan bandwidth dibawah 64kb maka paket media tidak dapat berjalan.

#### **5.2 Saran**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran yang perlu disampaikan, antara lain:

1. Agar dapat melakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik dan sifat-sifat dari protokol RTP dan SRTP untuk diketahui kelebihan dan kelemahannya.

2. Agar dapat melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan TLS (*Transport Layer Security*) untuk mendukung keamanan pada *signalling*.
3. agar dapat menjadi penelitian lebih lanjut karena data dapat berubah secara fluktuatif dan dapat mencari sebab dari perubahan data tersebut.



**DAFTAR PUSTAKA**

- [AST11] Anonim, *Asterisk SRTP*, <http://voip-info.org/wiki/page=Asterisk+SRTP>, diakses 20 Februari 2011
- [LIBS11] Anonim, *About libSRTP*, <http://srtp.sourceforge.net/srtp.html> diakses 15 Februari 18 Februari 2011
- [OWP07] Purbo, Onno W, 2007. *VoIP: Cikal Bakal "Telkom Rakyat" (Panduan Lengkap Setting VoIP)*. Infokomputer. Jakarta.
- [RMP11] Philippe, Remi, 2011. *Asterisk SRTP*, <http://www.remiphilippe.fr/2011/01/16/asterisk-srtp-with-1-8/> diakses 2 Maret 2011.
- [TJN10] Joanita, Thania, 2010. *Analisis Keamanan Pada Voip Menggunakan Secure Real Time Protocol*. UII.
- [WKI11] Anonim [http://en.wikipedia.org/wiki/Quality\\_of\\_service](http://en.wikipedia.org/wiki/Quality_of_service) diakses 15 agustus 2011