

## ANALISIS PERBANDINGAN QOS ANTARA RTP DAN SRTP PADA *CALL CENTER* BERBASIS *SERVER ELASTIX*

### *COMPARATIVE ANALYSIS OF QOS BETWEEN RTP AND SRTP AT CALL CENTER BASED ON ELASTIX SERVER*

Listya Wulandari Mardiah<sup>1</sup>, Dr. Ir. Rendy Munadi, M.T.<sup>2</sup>, Danu Dwi Sanjoyo, S.T., M.T.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[liyamardiah@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:liyamardiah@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[rendymunadi@telkomuniversity.ac.id](mailto:rendymunadi@telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup>[danudwi@telkomuniversity.ac.id](mailto:danudwi@telkomuniversity.ac.id)

#### Abstrak

*Call center* merupakan suatu infrastruktur perusahaan yang terpusat untuk menerima dan mengirimkan sejumlah besar permintaan melalui telepon. *Call center* didalam sebuah bisnis biasanya digunakan untuk berinteraksi dengan para pelanggan. *Voice over Internet Protocol* (VoIP) merupakan teknologi informasi yang dapat berkomunikasi melalui jaringan *Internet Protocol* (IP). Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan perbandingan QoS pada protokol RTP dan SRTP berbasis *call center*. *Call center* yang dibangun menggunakan VoIP server Elastix. Dalam pengujian Tugas Akhir ini akan membandingkan tiap parameter hasil *Quality of Service* (QoS) pada protokol RTP dan protokol SRTP. Parameter pengujian QoS pada protokol RTP dan SRTP berupa *packet loss*, *jitter*, *delay*, dan *throughput*. Diharapkan hasil pengujian perbandingan pada protokol RTP dan SRTP yang aman, jelas, dan akurat pada *call center*. Dengan menggunakan SRTP keamanan akan terjamin, tetapi kualitas performa akan mengalami penurunan karena paket yang dikirimkan lebih besar daripada RTP. Hal ini terjadi karena pada SRTP memiliki bagian tambahan untuk enkripsi, dan mengalami proses enkripsi dan dekripsi. Hasil dari pengujian dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan yang diharapkan yaitu pengujian *call center* dengan melihat perbandingan protokol RTP dan SRTP. Di mana *packet loss* yang diperoleh sesuai dengan standar ITU-T G.1010 di bawah 3%, *delay* sesuai dengan standar ITU-T G.114 kurang dari 150 ms, dan *jitter* sesuai standar ITU-T G.114 adalah kurang dari 50 ms.

**Kata kunci :** *Call center*, Elastix, VoIP, SRTP, RTP, QoS

#### Abstract

A *call center* is a centralized corporate infrastructure for receiving and sending a large number of requests by telephone. *Call centers* in a business are usually used to interact with customers. *Voice over Internet Protocol* (VoIP) is an information technology that can communicate through an *Internet Protocol* (IP) network. In this Final Project, QoS will be compared on RTP and SRTP protocol based on *call center*. *Call center* that was built using the Elastix VoIP server. In this Final Project test will compare each parameter of the *Quality of Service* (QoS) results on the RTP protocol and SRTP protocol. QoS testing parameters in the RTP and SRTP protocols are *packet loss*, *jitter*, *delay*, and *throughput*. It is expected that the results of comparative testing on RTP and SRTP protocols are safe, clear, and accurate at the *call center*. By using SRTP security is guaranteed, but the quality of performance will decrease because the packets sent are greater than RTP. This happens because the SRTP has an additional section for encryption, and undergoes an encryption and decryption process. The results of the test can function well as expected, namely *call center* testing by looking at the comparison of RTP and SRTP protocols. Where the *packet loss* obtained in accordance with the ITU-T G.1010 standard is below 3%, the *delay* according to the ITU-T G.114 standard is less than 150 ms, and the *jitter* according to the ITU-T G.114 standard is less than 50 ms.

**Keywords:** *Call center*, Elastix, VoIP, SRTP, RTP, QoS

#### 1. Pendahuluan

Saat ini teknologi komunikasi sudah berkembang pesat. Salah satu teknologi komunikasi yang saat ini mulai berkembang adalah VoIP. VoIP adalah singkatan dari *Voice over Internet Protocol*, yaitu sebuah teknologi informasi yang dapat berkomunikasi suara jarak jauh melalui media internet.

Keamanan data pada jaringan komputer adalah hal penting dalam teknologi komunikasi. Teknik dan metode keamanan banyak dikembangkan dalam teknologi komunikasi yang memiliki kepentingan pengamanan

data pada setiap paket data yang ditransmisikan. Salah satu metode keamanan dalam VoIP yaitu menggunakan protokol SRTP, dimana teknologi ini melakukan pengamanan dengan enkripsi pada protokol RTP yang membawa data suara. Kualitas keamanan VoIP menjadi topik yang hangat diperbincangkan baik antara praktisi jaringan atau para pengguna, namun dilain 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 [1].

Salah satu fungsi VoIP merupakan protocol yang memungkinkan terjadinya pengiriman pesan suara. Untuk kasus tertentu diinginkan agar pesan tersebut terjaga dari aktivitas penyadapa. Oleh karena itu, enkripsi data diperlukan untuk menghilangkan pesan suara agar tidak terbaca oleh pihak ketiga. Namun, secara teori proses tersebut akan menambah ukuran paster pesan.

Pada Tugas Akhir ini penulis ingin mengetahui seberapa besar ukuran paket pada protokol SRTP dibandingkan dengan protokol RTP dengan cara *call center* menggunakan *server* elastix 3CX. Parameter yang akan diambil *packet loss*, *jitter*, *delay*, dan *throughput*.

## 2. Dasar Teori

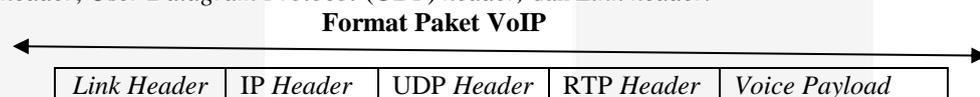
### 2.1. Call Center

*Call center* adalah ilmu tersendiri dalam mengelola interaksi langsung dengan pelanggan melalui beragam media teknologi, didukung oleh pilar proses, teknologi, sumber daya manusia, berlokasi disuatu tempat tertentu dengan tujuan memberikan pengalaman tertentu bagi pelanggan [2]. Dengan kata lain suatu kantor informasi yang terpusat yang digunakan untuk tujuan menerima dan mengirimkan sejumlah besar permintaan melalui telepon.

*Call center* dapat dioperasikan sebagai sebuah ruang lingkup kerja yang terbuka secara luas yang dikerjakan oleh agen *call center*, dilengkapi dengan sebuah *work station* berupa komputer bagi setiap agen, sebuah telepon *set/headset* yang terhubung ke jaringan, dan sebuah atau lebih stasiun pengawas. *Call center* juga dapat secara bebas dioperasikan atau dihubungkan dengan *center* tambahan, seiring dihubungkan dengan jaringan komputer korporat.

### 2.2 Voice over Internet Protocol (VoIP)

*Voice Over Internet Protocol* (VoIP) merupakan teknologi memungkinkan percakapan telepon dengan menggunakan jalur komunikasi data pada suatu jaringan komputer [3]. VoIP dapat mengirimkan data suara, video dan data yang berbentuk paket secara *realtime* dengan jaringan yang menggunakan *Internet Protocol* (IP). Paket VoIP memiliki dua bagian, yakni *header* dan *payload* (beban). *Header* terdiri atas *IP header*, *Real-Time Transport Protocol* (RTP) *header*, *User Datagram Protocol* (UDP) *header*, dan *Link header*.



**Gambar 1** Format Paket VoIP

### 2.3 Session Initiation Protocol (SIP)

SIP adalah suatu *signaling protocol* pada layer aplikasi yang berfungsi untuk membangun, memodifikasi, dan mengakhiri, suatu sesi multimedia yang melibatkan satu atau beberapa pengguna. Sesi multimedia adalah pertukaran data antar pengguna yang dapat meliputi suara, video, dan *text*. SIP menyediakan fondasi yang dapat digunakan oleh protokol aplikasi lainnya untuk memberikan layanan yang lengkap bagi pengguna, misalnya dengan *Real-Time Transport Protocol* (RTP) untuk transfer data secara *real-time* [4].

### 2.4 Real-Time Transport Protocol (RTP)

RTP merupakan salah satu protokol yang digunakan pada layanan *triple play*. RTP digunakan untuk mentransfer data komunikasi yang bersifat *real time* seperti *voice* dan *video*. RTP menggunakan *User Datagram Protocol* (UDP) sebagai protokol *transport* karena UDP bersifat *connectionless*, sehingga dapat memenuhi kebutuhan komunikasi *real time* yang rentan terhadap *delay*. Namun penggunaan UDP menyebabkan adanya kemungkinan *packet loss* karena tidak adanya mekanisme *error control* [5].

### 2.5 Secure Real-Time Transport Protocol (SRTP)

*Secure Real-Time Transport Protocol* (SRTP) yaitu metode untuk memberikan fasilitas enkripsi pada protokol *transport*, yaitu paket RTP dan RTCP dengan menggunakan algoritma enkripsi AES 128 bit dan distandarkan oleh IETF RFC 3711 [6].

Peranan SRTP untuk memberikan keamanan pengiriman paket VoIP adalah sebagai berikut :

- a. Mengenkripsi media *stream* yang dilakukan untuk menanggulangi *traffic capturing*.

- b. Autentikasi pengirim untuk mengatasi pencurian identitas.
- c. Validasi *integrity* yang dilakukan untuk mengatasi modifikasi dari pesan yang dikirimkan.

## 2.6 Elastix

Elastix adalah *platform open source* yang mengintegrasikan *tools* terbaik yang tersedia menjadi IP PBX terintegrasi berbasis Asterisk yang mudah digunakan. Pengembang Elastix membuat *web interface* yang memungkinkan untuk mengakses *platform* ini, sehingga secara umum terlihat seperti satu produk lengkap [7]. Elastix bertujuan untuk membuat kehandalan, modularitas dan kemudahan penggunaan. Karakteristik ini menambah kemampuan *reporting* yang kuat menjadikannya pilihan terbaik untuk menerapkan PBX berbasis Asterisk

## 2.7 Interactive Voice Response (IVR)

*Interactive Voice Response (IVR)* merupakan suatu sistem yang dapat digunakan untuk menerima dan menjawab setiap panggilan telepon secara otomatis [8]. Aplikasi IVR digunakan untuk membuat *server* layanan berbagai bidang yang membutuhkan jasa layanan, seperti hotel, bank, rumah sakit, bisnis *online*, dan berbagai penyedia jasa telekomunikasi. Teknologi IVR memanfaatkan *database* suara yang disimpan. *Database* ini dipanggil melalui VoIP, kemudian diarahkan sesuai dengan pilihan yang diketikkan pelanggan melalui *keypad phone*.

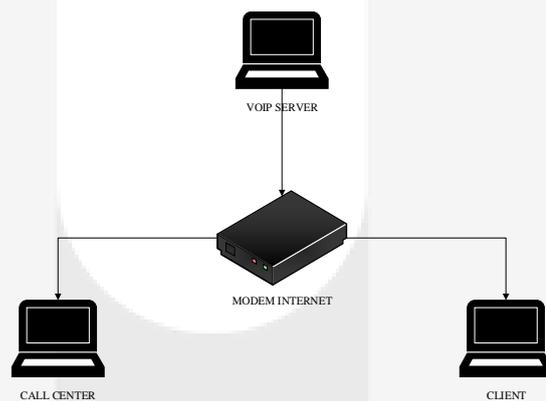
## 2.8 Quality of Service (QoS)

*Quality of Service (QoS)* adalah kemampuan layanan dan menentukan kepuasan pengguna dari layanan yang diberikan oleh suatu jaringan berdasarkan parameter-parameter [9]. Tujuan dari QoS adalah untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan layanan yang berbeda, yang menggunakan infrastruktur yang sama. Terdapat 3 tingkat QoS yang umum dipakai, yaitu *best-effort service*, *integrated service* dan *differentiated service*. Adapun beberapa parameter QoS yaitu *throughput*, *packet loss*, *delay*, *jitter* [10].

## 3. Pembahasan

### 3.1 Perancangan Sistem

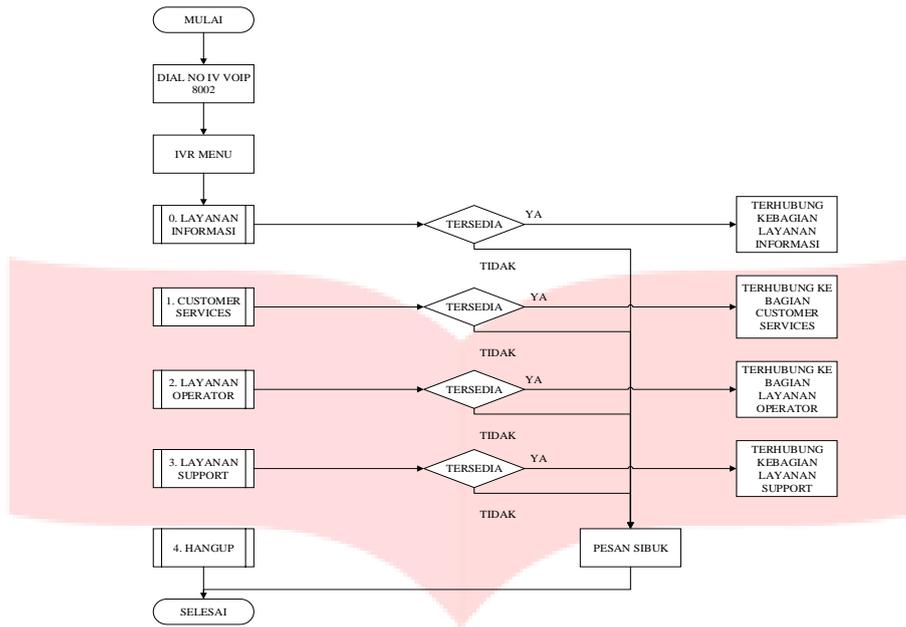
Model sistem *call center* yang akan dirancang menggunakan *server* Elastix. *Call center* yang menggunakan *software softphone* yang di *install* pada kedua Laptop akan disambungkan ke jaringan internet agar dapat tersambung dengan VoIP *server*.



Gambar 2 Topologi Perancangan

Gambar 3 di atas merupakan topologi sistem VoIP pada Tugas Akhir ini. Komponen pembangun dalam topologi di atas adalah:

1. Jaringan Modem Internet penghubung elastix *server* dengan *call center* dan *client* pada topologi di atas.
2. Elastix *server* digunakan sebagai *server* utama, di mana segala konfigurasi panggilan serta segala pengaturan jaringan VoIP dilakukan di sini.
3. VoIP *client* (Laptop) telah ter-*install softphone ekiga*. Digunakan untuk berkomunikasi. Selain itu, laptop juga telah ter-*install wireshark* berguna untuk meng-*capture* dan menghitung nilai-nilai parameter QoS.
4. Laptop yang sedang ter-*install ekiga* digunakan sebagai *call center*, di mana pada saat menghubungi *call center* dengan tekan 0 akan tertuju ke nomor *extention call center*.



Gambar 3 Sistem Pengoperasian Dengan Softphone (VoIP Client)

Sistem pengoperasian dengan menggunakan *softphone* ini adalah pertama men-*dial* nomor IVR VoIP 8002 yang digunakan sebagai nomor *call center*, kemudian akan ada menu IVR dan meminta *client* untuk menekan angka 0 untuk Layanan Informasi, 1 untuk *Customer Services*, 2 untuk layanan Layanan Operator, 3 untuk Layanan Support, dan yang ke 4 untuk mengakhiri *call center*/hangup. Jika menekan angka 0 akan diteruskan kebagian Layanan Informasi, apabila bagian yang dituju sedang tidak tersedia akan ada pesan sibuk kemudian panggilan akan diakhiri, dan apabila tersedia akan terhubung ke bagian Layanan Informasi. Jika menekan angka 1 akan diteruskan kebagian *Customer Services*, apabila bagian yang dituju sedang tidak tersedia akan ada pesan sibuk dan kemudian panggilan akan diakhiri, dan apabila tersedia akan terhubung ke bagian *Customer Services*. Jika menekan angka 2 akan diteruskan kebagian Layanan Operator, apabila bagian yang dituju sedang tidak tersedia akan ada pesan sibuk kemudian panggilan akan diakhiri, dan apabila tersedia akan terhubung ke bagian Layanan Operator. Jika menekan angka 3 akan diteruskan kebagian Layanan Support, apabila bagian yang dituju sedang tidak tersedia akan ada pesan sibuk kemudian panggilan akan diakhiri, dan apabila tersedia akan terhubung ke bagian Layanan Support. Jika menekan angka 4 makan *call center* akan berhenti.

4. Pengujian dan Analisis

4.1 Pengujian

Pengujian pada protokol RTP dan SRTP menitik-beratkan pada nilai QoS masing-masing protokol, dilihat dari segi keamanan dan performa protokol RTP dan SRTP pada jaringan lokal dengan variasi normal, sibuk, dan sangat sibuk. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *wireshark* untuk melihat protokol yang sedang berjalan. Terdapat perbedaan saat menggunakan RTP dan SRTP.

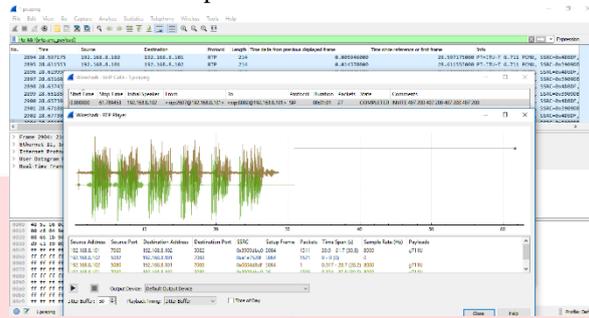
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Time delta from previous displayed frame	Time since reference or first frame	Info
7	0.353634	192.168.8.101	192.168.8.102	RTP	214	0.000000000	0.353636000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x398008
8	0.372923	192.168.8.101	192.168.8.102	RTP	214	0.019289000	0.372928000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x398008
12	0.393508	192.168.8.101	192.168.8.102	RTP	214	0.020615000	0.393508000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x398008
14	0.413624	192.168.8.101	192.168.8.102	RTP	214	0.020844000	0.413624000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x398008
15	0.433674	192.168.8.101	192.168.8.102	RTP	214	0.020950000	0.433674000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x398008
16	0.453699	192.168.8.101	192.168.8.102	RTP	214	0.021056000	0.453699000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x398008
17	0.473809	192.168.8.101	192.168.8.102	RTP	214	0.021160000	0.473809000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x398008
18	0.494068	192.168.8.101	192.168.8.102	RTP	214	0.021275000	0.494068000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x398008
20	0.513496	192.168.8.101	192.168.8.102	RTP	214	0.021380000	0.513496000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x398008
21	0.533555	192.168.8.101	192.168.8.102	RTP	214	0.021484000	0.533555000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x398008

Gambar 4 Tampilan wireshark capture paket RTP

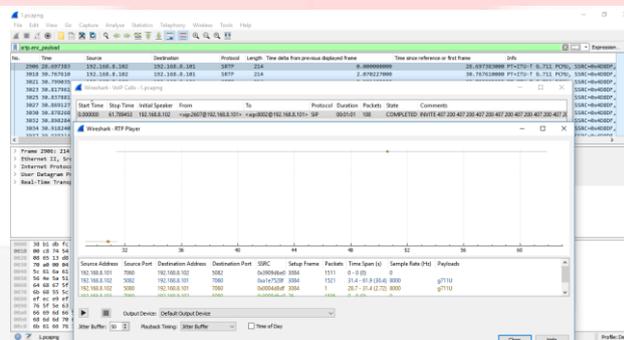
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Time delta from previous displayed frame	Time since reference or first frame	Info
2986	30.697383	192.168.8.102	192.168.8.101	SRTP	224	0.000000000	30.697383000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x400008
3018	30.767610	192.168.8.102	192.168.8.101	SRTP	214	2.070227000	30.767610000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x400008
3021	30.799915	192.168.8.102	192.168.8.101	SRTP	214	0.031425000	30.799915000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x400008
3023	30.817961	192.168.8.102	192.168.8.101	SRTP	214	0.017046000	30.817961000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x400008
3025	30.837881	192.168.8.102	192.168.8.101	SRTP	214	0.019720000	30.837881000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x400008
3027	30.860327	192.168.8.102	192.168.8.101	SRTP	214	0.021348000	30.860327000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x400008
3030	30.878268	192.168.8.102	192.168.8.101	SRTP	214	0.008541000	30.878268000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x400008
3032	30.898284	192.168.8.102	192.168.8.101	SRTP	214	0.020816000	30.898284000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x400008
3034	30.918240	192.168.8.102	192.168.8.101	SRTP	214	0.019568000	30.918240000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x400008
3037	30.938214	192.168.8.102	192.168.8.101	SRTP	214	0.019366000	30.938214000	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x400008

Gambar 5 Tampilan wireshark capture paket SRTP

Perbedaan yang terlihat antara RTP dan SRTP adalah rekaman suara yang ada pada *wireshark*. Untuk RTP rekaman suara akan terbaca oleh *wireshark* tetapi untuk SRTP rekaman suara tidak akan bisa terbaca oleh *wireshark* dikarenakan paket data telah di enkripsi.



Gambar 6 Tampilan putar ulang hasil rekaman RTP



Gambar 7 Tampilan putar ulang hasil rekaman SRTP

#### 4.2.2 Analisis

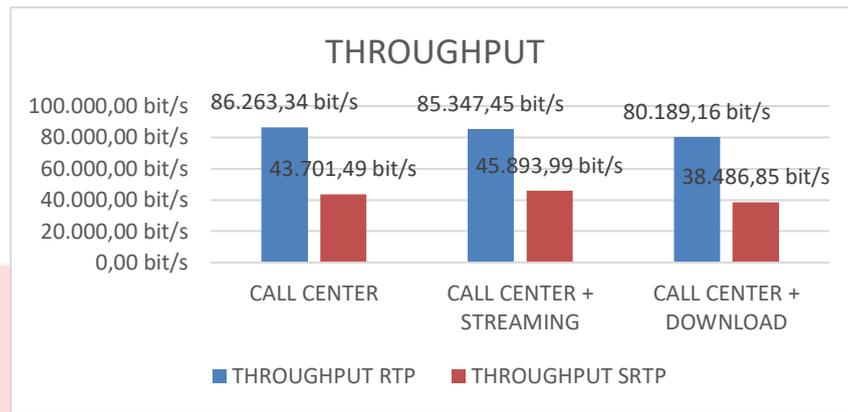
Pengukuran *Quality of Service* pada Tugas Akhir ini yaitu mengukur parameter-parameter yang menunjang kualitas dari layanan VoIP. Parameter yang diukur meliputi *throughput*, *packet loss*, *delay*, *jitter*. Nilai dari parameter yang didapatkan akan dibandingkan dengan standar nilai QoS yang ada, apakah kualitasnya masih dalam standar yang ditentukan atau tidak. Dalam Tugas Akhir ini standar acuan yang digunakan yaitu:

1. *Packet Loss* sesuai standar ITU-T G.1010 adalah di bawah 3%.
2. *Delay* sesuai standar ITU-T G.114 adalah kurang dari 150ms.
3. *Jitter* sesuai standar ITU-T G.114 adalah kurang dari 50ms.

Penulis membagi berdasarkan tiga percobaan yaitu pada saat normal, sibuk, dan sangat sibuk untuk mengukur performansi jaringan. Untuk mendapatkan hasil yang lebih pasti maka pengujian dilakukan sebanyak 20 kali pada tiap-tiap protokol dan pada tiap-tiap skenario yang dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan antara protokol RTP dan protokol SRTP. Dari 20 kali percobaan yang dilakukan mendapatkan beberapa hasil kemudian diambil rata-ratanya. Setelah melakukan pengukuran QoS dengan 3 percobaan hasil perbandingan yang didapatkan yaitu:

##### a. *Throughput*

*Throughput* merupakan kecepatan (*rate*) *transfer* data efektif, yang diukur dalam bps (*bit per second*) [11]. Tujuan pengukuran ini adalah untuk mengetahui besar nilai *throughput* yang didapatkan pada saat menggunakan RTP dan SRTP.

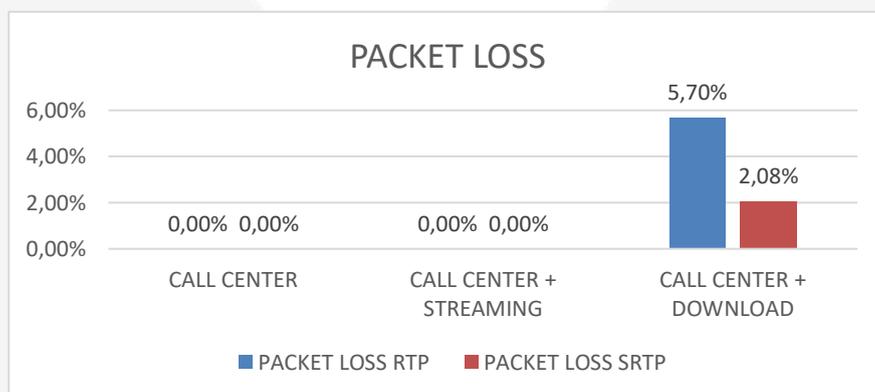


**Gambar 4. 1** Hasil Throughput Perbandingan Menggunakan RTP dan SRTP

Dari hasil yang didapatkan pada Gambar 4.8 menunjukkan hasil pengukuran parameter *throughput* pada saat normal, sibuk, dan sangat sibuk. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar *background traffic*, *throughput* yang didapatkan semakin kecil dan *throughput* yang didapatkan pada saat RTP hasilnya lebih besar daripada saat menggunakan SRTP. Hal ini terjadi karena pada SRTP memiliki bagian tambahan untuk enkripsi, dan mengalami proses enkripsi dan dekripsi.

b. *Packet Loss*

*Packet Loss* merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan [11]. Tujuan pengukuran ini adalah untuk mengetahui seberapa baik hasil implementasi sistem dalam menangani panggilan VoIP dengan variasi panggilan tiap detiknya.

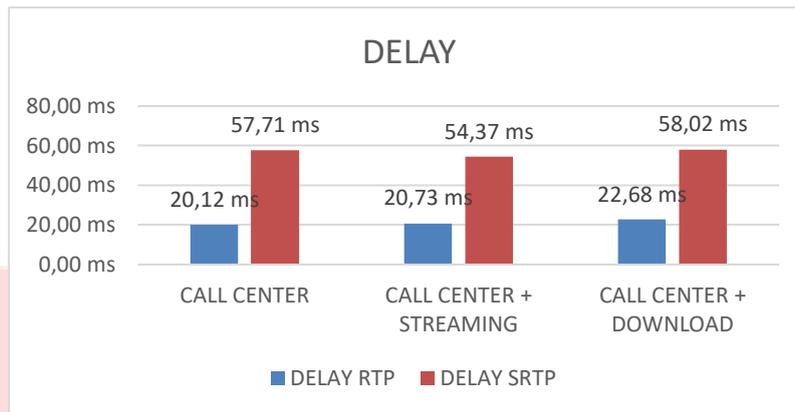


**Gambar 4. 2** Hasil *Packet Loss* Perbandingan Menggunakan RTP dan SRTP

Dari hasil yang didapatkan pada Gambar 4.9 menunjukkan hasil pengukuran parameter *packet loss* pada saat normal, sibuk, dan sangat sibuk. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar *background traffic*, *packet loss* yang didapatkan semakin besar dan *packet loss* yang didapatkan pada saat RTP hasilnya lebih besar daripada saat menggunakan SRTP. Hal ini terjadi karena pada SRTP memiliki bagian tambahan untuk enkripsi, dan mengalami proses enkripsi dan dekripsi.

c. *Delay*

*Delay* merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Satuan yang digunakan yaitu *milisecond* (ms) [11]. Tujuan pengukuran ini adalah untuk mengetahui seberapa cepat paket yang diteruskan dari pengirim ke penerima.

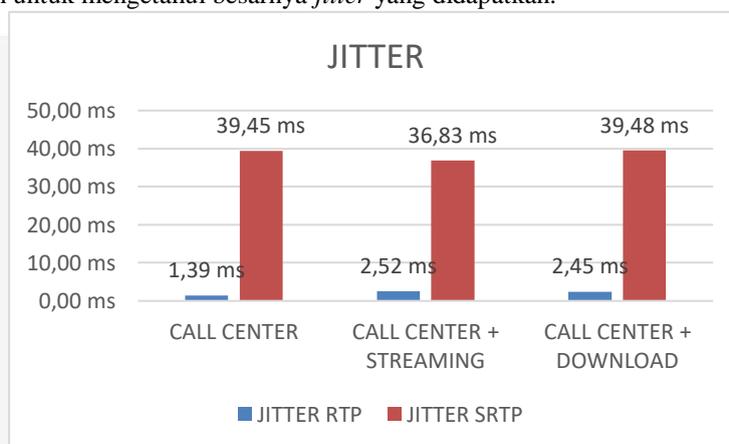


**Gambar 4. 3** Hasil Delay Perbandingan Menggunakan RTP dan SRTP

Dari hasil yang didapatkan pada Gambar 4.10 menunjukkan hasil pengukuran parameter *delay* pada saat normal, sibuk, dan sangat sibuk. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar *background traffic*, *delay* yang didapatkan semakin besar dan *delay* yang didapatkan pada saat RTP hasilnya lebih kecil daripada saat menggunakan SRTP. Hal ini terjadi karena pada SRTP memiliki bagian tambahan untuk enkripsi, dan mengalami proses enkripsi dan dekripsi.

d. *Jitter*

*Jitter* merupakan variasi *delay* yang diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket di akhir perjalanan *jitter* [11]. Tujuan pengukuran ini adalah untuk mengetahui besarnya *jitter* yang didapatkan.



**Gambar 4. 4** Hasil Jitter Perbandingan Menggunakan RTP dan SRTP

Dari hasil yang didapatkan pada Gambar 4.8 menunjukkan hasil pengukuran parameter *jitter* pada saat normal, sibuk, dan sangat sibuk. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar *background traffic*, *jitter* yang didapatkan semakin besar dan *jitter* yang didapatkan pada saat RTP hasilnya lebih kecil daripada saat menggunakan SRTP. Hal ini terjadi karena pada SRTP memiliki bagian tambahan untuk enkripsi, dan mengalami proses enkripsi dan dekripsi.

**Daftar Pustaka**

- [1] U. Sami, "ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMA PROTOKOL RTP DAN SRTP," 2011.
- [2] P. H. Dwi Revita Putri, "ANALISIS KUALITAS PELAYANAN PADA LAYANAN CALL CENTER 108 MENGGUNAKAN METODE IMPORTANCE PERFORMANCE ANALYSIS (Studi Pada Pengguna Layanan Call Center 108 di Bandung)," *e-Proceeding of Management*, vol. 2, 2015.
- [3] E. Prasetyo, "IMPLEMENTASI VoIP (VOICE OVER INTERNET PROTOKOL) PADA JARINGAN LAN (LOCAL AREA NETWORK) DINAS KESEHATAN KABUPATEN MUSI BANYUASIN," *Jurnal Teknik Informatika Politeknik Sekayu*, vol. II, 2015.
- [4] H. F. D. F. J. P. Yetti Yuniati, "ANALISA PERANCANGAN SERVER VOIP (VOICE INTERNET PROTOCOL) DENGAN OPENSOURCE ASTERISK DAN VPN (VIRTUAL PRIVATE NETWORK) SEBAGAI PENGAMAN JARINGAN ANTAR CLIENT," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro*

*Terapan*, vol. 1, 2012.

- [5] F. Amany, "IMPLEMENTASI DAN ANALISIS CLUSTERING SERVER PADA INTEGRASI ELASTIX DAN OPENFIRE UNTUK HIGH AVAILABILITY SERVER," 2013.
- [6] M. M. N. GAMHA, "IMPLEMENTASI VOIP SIP MENGGUNAKAN SECURE REAL-TIME TRANSPORT PROTOCOL (SRTP) PADA ASTERISK SERVER," 2009.
- [7] B. Sharif, "Elastix Without Tears," 2008.
- [8] A. G. P. I. M. D. R. M. I. M. Syafrizal Akbar Harahap, "ANALISIS DAN IMPLEMENTASI ELASTIX SEBAGAI VOIP SERVER DALAM INFRASTRUKTUR CLOUD COMPUTING DENGAN LAYANAN IVR," 2013.
- [9] H. Nurdyana, "Membangun Call Center Menggunakan VoIP Server Berbasis Elastix di PT. Charisma Persada Nusantara," Bandung, 2018.
- [10] B. A. SANTOSO, "PEMBANGUNAN SERVER VOIP MENGGUNAKAN SOFTSWITCH ELASTIX BERBASIS SIP DAN SOFTPHONE UNTUK CLIENT," p. 23, 2016.
- [11] R. Wulandari, "ANALISIS QoS (QUALITY OF SERVICE) PADA JARINGAN INTERNET (STUDI KASUS : UPT LOKA UJI TEKNIK PENAMBANGAN JAMPANG KULON – LIPI)," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 2, 2016.
- [12] "Elastix," 2006-2018. [Online]. Available: <https://www.elastix.org>. [Diakses 21 November 2018].
- [13] T. I. Ingrid Melyana, "Analisa Quality Of Service Dan Implementasi Voice Over Internet Protocol Dengan Menggunakan IPSEC VPN," *Integer Journal*, vol. 1, 2016.