

**PENGUKURAN QOS KOMUNIKASI AUDIO PADA  
BEBERAPA CLIENT DENGAN APLIKASI X-LITE  
SOFTPHONE MENGGUNAKAN APLIKASI WIRESHARK**

**Rahmatunnisa<sup>1</sup>, Margono<sup>2</sup>, Teguh Imam Suharto<sup>3</sup>**

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Navigasi Udara, Politeknik Penerbangan Surabaya

Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email: [rahmatunisa01@gmail.com](mailto:rahmatunisa01@gmail.com)

**Abstrak**

*Voice over Internet Protocol (VoIP)* merupakan teknologi digital yang memanfaatkan *Internet Protocol* untuk menyediakan komunikasi *voice* secara elektronik dan *real-time*. Unsur pembentuk VoIP adalah *user agent, proxy, protocol*. Dengan menggunakan VoIP sinyal *audio* yang biasa kita dengar melalui telepon diubah menjadi data digital yang nantinya akan dikirimkan menjadi paket-paket data yang dikirimkan melalui jaringan internet secara *real time*, sehingga bukan melewati sirkuit analog telepon biasa. Saat ini teknologi VoIP sudah tersedia pada *router*, namun penulis menggunakan *software* VoIP sebagai alternatif. Penggunaan teknologi VoIP (*Voice over Internet Protocol*) dapat diimplementasikan sebagai media untuk mengoptimalkan sistem komunikasi. VoIP diimplementasikan dengan menggunakan *Elastix Server* dan *X-Lite Softphone* sebagai aplikasi untuk melakukan panggilan pada komputer *client*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas hasil komunikasi pada *Elastix Server* dengan uji QoS (*Quality of Service*) pada beberapa *client*. Pengukuran ini perlu dilakukan agar kualitas komunikasi *audio* berjalan dengan baik walaupun dengan penambahan *client*. Metode penelitian yang dilakukan secara garis besar terdiri dari dua alur, yaitu rancang bangun jaringan komunikasi dan pengambilan parameter QoS yakni *Delay, Jitter, Packet Loss*, dan *Throughput*. Dengan uji QoS kita dapat mengetahui bahwa *delay* yang didapat adalah 0,0000092139 ms, *jitter* 0,000016708 ms, *packet loss* 0%, dan *throughput* 1043,75 bps. Dari nilai tersebut dapat diartikan nilai indeks sangat baik, sehingga dapat diterapkan sebagai media komunikasi yang baik dengan penambahan *client* yang dilakukan.

**Kata Kunci:** *Voice over Internet Protocol (VoIP), Elastix Server, X-Lite Softphone, Quality of Service*

**Abstract**

*Voice over Internet Protocol (VoIP)* is a digital technology that utilizes the *Internet Protocol* to provide voice communication electronically and in *real-time*. The constituent elements of VoIP are *user agent, proxy, protocol*. By using VoIP audio signals that we normally hear through the telephone are converted into digital data which will later be sent into data packets that are sent over the internet in *real-time*, so as not to pass through an ordinary telephone analog circuit. Currently, VoIP technology is available on the router, but the authors use VoIP software as an alternative. The use of VoIP (*Voice over Internet Protocol*) technology can be implemented as a medium to optimize communication systems. VoIP is implemented by using *Elastix Server* and *X-Lite Softphone* as an application to make calls on the client computer. The purpose of this study was to determine the quality of communication results on the *Elastix Server* by QoS (*Quality of Service*) test on several clients. This measurement needs to be done so that the quality of audio communication runs well even with the addition of a client. The research method which is carried out broadly consists of two channels, namely the design of communication networks and the taking of QoS parameters namely *Delay, Jitter, Packet Loss*, and *Throughput*. With the QoS test, we can find out that the delay obtained is 0.0000092139 ms, jitter 0.000016708 ms, packet loss 0%, and throughput 1043.75 bps. From this value, it can

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2019

ISSN : 2548-8090

*be interpreted as a very good index value so that it can be applied as a good communication media by adding clients.*

**Keywords:** *Voice over Internet Protocol (VoIP), Elastix Server, X-Lite Softphone, Quality of Service*

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi khususnya teknologi informasi membawa perubahan yang sangat mendasar bagi dunia telekomunikasi. Dalam teknologi komunikasi, komunikasi suara merupakan satu hal menjadi bagian sangat penting, karena saat ini komunikasi suara dianggap komunikasi yang paling praktis. Hal ini menyebabkan hadirnya teknologi pemrosesan sinyal digital yang mempunyai kemampuan modular dengan berbasis teknologi IP (*Internet Protocol*) yang diintegrasikan antara komunikasi data dan suara. Penggunaan telepon berbasis VoIP memberi banyak keuntungan terutama dari segi biaya jelas lebih murah dari biaya telepon tradisional, karena jaringan IP bersifat global, serta sebagai pengoptimalan media komunikasi.

VoIP adalah salah satu aplikasi internet yang tumbuh dan berkembang paling cepat sekarang dikarenakan VoIP dapat meningkatkan efisiensi *bandwidth*. VoIP merupakan suatu teknologi yang melewatkan trafik suara, video, dan data yang berbentuk paket melalui jaringan IP. Biasanya menggunakan jaringan akses yang umumnya berupa kabel. Dengan menggunakan VoIP sinyal *audio* yang biasa kita dengar melalui telepon diubah menjadi data digital yang nantinya akan dikirimkan menjadi paket-paket data yang dikirimkan melalui jaringan internet secara *real time*, sehingga bukan melewati sirkuit analog telepon biasa. Jika kita menggunakan VoIP dan ingin menggunakannya untuk melakukan hubungan telepon kita juga harus menggunakan terminal seperti PC ataupun telepon biasa. Dengan

menggunakan VoIP ini kita dapat mendapatkan banyak keuntungan ketimbang kita menggunakan telepon konvensional.

Sehingga jika kita ingin melakukan komunikasi dalam ruang lingkup internasional kita dapat menghemat hingga 70%, karena VoIP ini menggunakan IP, dan IP ini bersifat global. Dengan menggunakan VoIP biaya *maintenance* yang dikeluarkan juga bisa ditekan, dikarenakan dalam VoIP *voice* dan data *network* terpisah, sehingga IP *Phone* dapat ditambah, dipindah dan diubah. Hal tersebut dikarenakan VoIP bisa dipasang disembarang ethernet dan IP *Address*, sehingga VoIP ini tidak seperti telepon konvensional yang harus mempunyai *port* sendiri di Sentral atau PBX (*Private Branch Exchange*).

Pada saat ini *router* sudah menyediakan VoIP, hanya dengan *setting config* VoIP menggunakan *software Cisco Packet Tracer* maka kita dapat berkomunikasi menggunakan *ip phone* dalam satu jaringan. Selain VoIP pada *hardware* kini sudah banyak aplikasi yang menyediakan layanan VoIP, yang dalam penginstalasiannya hanya melakukan instalasi dan mengkoneksikan IP *server* dengan *client*.

Pengukuran *Quality of Service* Komunikasi *Audio* Pada Beberapa *Client* Dengan Aplikasi *X-Lite Softphone* Menggunakan Aplikasi *Wireshark* adalah judul yang diangkat oleh penulis dengan memanfaatkan *software* untuk membangun jaringan komunikasi. Aplikasi yang dijadikan *server* adalah aplikasi *Elastix* dan aplikasi *X-Lite* sebagai *client*. Untuk mendapatkan hasil pengukuran QoS menggunakan aplikasi

Wireshark dengan melakukan komunikasi dengan penambahan jumlah *client* secara bertahap yakni 2, 4, dan 6. Pengukuran QoS mengambil parameter *Delay*, *Jitter*, *Packet Loss*, dan *Troughput*.

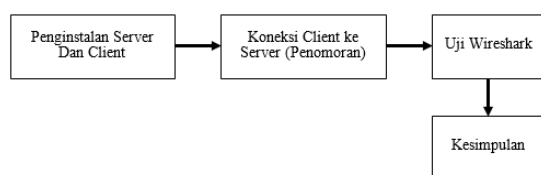
Rumusan masalah yang diambil pada penelitian ialah bagaimana kualitas komunikasi yang telah dibangun menggunakan VoIP *server* ketika berkomunikasi dan bagaimana pengaruh penambahan jumlah *client* pada komunikasi VoIP *server*.

Tujuan penelitian ialah untuk mengetahui kualitas penerapan teknologi VoIP dengan menggunakan *software* VoIP *server* dan untuk mengetahui kelaikan teknologi VoIP sebagai media komunikasi.

Kajian penelitian terdahulu oleh Indra Warman, S.Kom., M.Kom dan Johari Maknun dari Institut Negeri Padang tahun 2014 yang berjudul Implementasi *Voice Over Internet Protocol (VoIP) IP Phone* Sebagai Media Komunikasi Pengganti *Privat Automatic Branch Exchange (PABX)*. Pada penelitian ini penulis melakukan analisa atas hasil pengukuran QoS yang dilakukan.

### METODE

Penelitian ini adalah bentuk implementasi jaringan komunikasi menggunakan layanan VoIP (*Voice over Internet Protocol*) serta menganalisa uji kualitas komunikasi yakni parameter QoS (*Quality of Service*) agar dapat diterapkan di Politeknik Penerbangan Surabaya.



Gambar 1 Blok Diagram Penelitian

Gambar 1 di atas merupakan blok diagram penelitian yang dilakukan. Pada tahap awal,

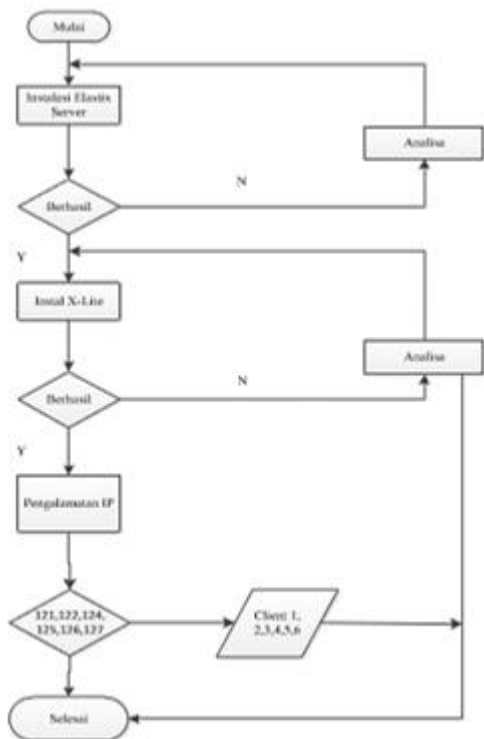
melakukan instalasi *software* *Server* dan *Client*. Elastix digunakan sebagai *server* terlebih dahulu diinstal dan diatur, kemudian *softphone* X-Lite yang berguna sebagai media telepon seperti *handphone*. Selanjutnya merancang arsitektur jaringan VoIP yakni alokasi IP untuk penomoran. Setelah koneksi *client* ke *server* sudah berhasil, maka pengujian QoS menggunakan aplikasi Wireshark dengan parameter *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*, untuk ditarik kesimpulan.

Komponen Perangkat Keras (*Hardware*) :

- a. Satu buah PC *Server* HP Pro 2000 MT Intel Pentium *Dual-Core Processor* E5400 2.7 GHz untuk menjalankan *VirtualBox*, *Elastix Server*, dan *Wireshark* dengan sistem operasi Linux Ubuntu.
- b. Laptop sebagai *Client* 6 buah.
- c. *Switch* D-Link DES-1016A
- d. Kabel *Local Area Network (LAN)* dengan panjang 34,5 m untuk menghubungkan PC *server* dan laptop *client* dengan *switch* 7 buah.
- e. LAN Tester untuk menguji kabel LAN baik atau tidak untuk digunakan.
- f. *Headset/Headphone* untuk komunikasi.

Komponen Perangkat Lunak (*Software*) :

- a. Sistem Operasi Linux sebagai OS PC *server*, yang akan diinstal *software* *Elastix Server*.
- b. Sistem Operasi Windows pada laptop *client*.
- c. *Oracle VirtualBox* 6.0.6.0.8 dengan OS Linux Ubuntu untuk menjalankan *Elastix*.
- d. *Elastix* 2.5.0 untuk menjalankan fungsi VoIP *server*.
- e. X-Lite *Softphone* untuk menjalankan fungsi sebagai media komunikasi telepon suara, video, dan pesan teks.
- f. Mozilla Firefox untuk setting GUI pada *server* VoIP PBX di *Elastix*.
- g. Wireshark sebagai pencuplik parameter QoS.



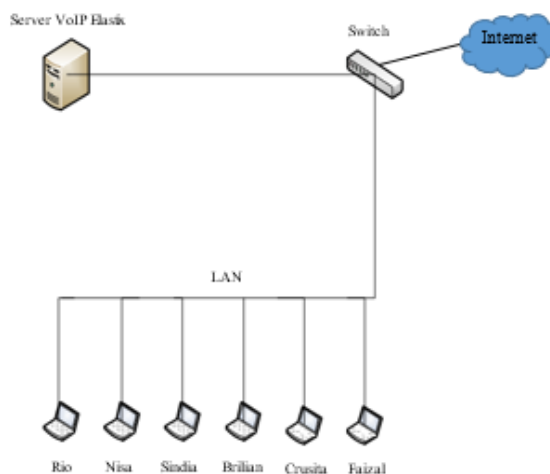
Gambar 2 Flowchart Instalasi Program

Gambar 2 di atas merupakan *flowchart* instalasi program yang merupakan tahapan yang dilakukan untuk sebuah rancang bangun jaringan komunikasi VoIP. Sistem yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua yaitu *server* dan *client*. Untuk *server* yang digunakan adalah salah satu PC yang ada di Lab. *Control* yang telah diinstal Elastix sebagai *server* VoIP untuk melakukan pengontrolan terhadap jaringan IP telepon *privat* dengan konfigurasi *web base*, yang konfigurasi interfacenya lebih mudah. *Web base Elastix Server login* pada IP 192.168.9.121 seperti yang terlihat pada Gambar 3.2, dimana *web base* ini digunakan sebagai VoIP *server* yang bertugas menjadi sentral pada jaringan VoIP. Selanjutnya PC/Laptop yang telah terinstal X-Lite *softphone* dapat saling berkomunikasi setelah SIP *number* diatur, karena X-Lite mengubah *IP Address* yang diperoleh menjadi nomor *extension* yang kemudian nomor tersebut akan registrasi ke *server*. Seperti terlihat pada Tabel 1 di bawah ini adalah alokasi penomoran *client* di *server*.

Tabel 1 Nomor Ekstensi *Client*

Client	IP	No. Ekstensi
Rio	192.168.9.118	121
Nisa	192.168.9.194	122
Sindia	192.168.9.205	124
Brilian	192.168.9.245	125
Crusita	192.168.9.174	126
Faizal	192.168.9.230	127

Pada Gambar 3 di bawah ini adalah sebuah topologi yang digunakan sebagai pengimplementasian VoIP pada jaringan yang dirancang dalam satu lantai. Terdapat sebuah *server* yang dihubungkan langsung ke *switch* yang telah terhubung ke jaringan yang sudah tersedia.



Gambar 3 Topologi Jaringan Komunikasi VoIP

Dalam implementasi *Voice over Internet Protocol (VoIP)* ini metode yang penulis terapkan adalah :

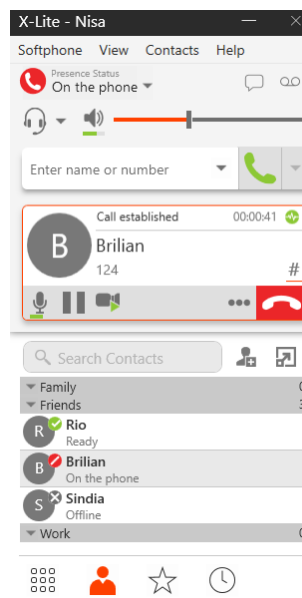
1. Studi Literatur
  - a. Membaca buku yang berkaitan
  - b. Membaca Tugas Akhir/Jurnal akhir yang terkait
2. Tinjauan Lapangan
 

Penulis melakukan penelitian lapangan untuk mencapai sinkronisasi dan pembandingan antara teori-teori yang ada dengan praktik yang penulis hadapi sendiri di lapangan. Adapun metode-metode yang penulis lakukan antara lain:

  - a. Observasi

Observasi merupakan suatu metode yang dilakukan dengan cara mengadakan pengamatan langsung di tempat penelitian. Hal ini diharapkan agar mendapatkan gambaran nyata tentang keadaan yang akan diteliti.

b. Pengumpulan data penelitian kuantitatif merupakan pengumpulan data yang datanya bersifat angka-angka statistik yang dapat dikuantifikasi. Data tersebut berbentuk variabel-variabel dan operasionalisasinya dengan skala ukuran tertentu misalnya skala nominal, ordinal, interval, dan ratio.



Gambar 4 Tampilan X-Lite Bisa Digunakan

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah berhasil terinstal pada semua laptop *client* maka selanjutnya laptop *client* melakukan uji panggilan antar nomor tujuan yang berbeda untuk memastika bahwa semua nomor SIP atau ekstensi telah terhubung pada *server* VoIP. Berikut ini pada Tabel 2 merupakan hasil tes uji coba telepon.

Tabel 2 Pengujian Panggilan

Pengujian ke-	Nomor Tujuan	Keberhasilan	
		V (Berhasil)	X (Gagal)
1	121	V	
2	122	V	
3	124	V	
4	125	V	
5	126	V	
6	127	V	

Dari pengujian 6 kali pengujian telepon, semua telepon dapat melakukan panggilan.

Gambar 4 di atas adalah tampilan X-Lite yang dapat melakukan telekomunikasi. Skenario penelitian yang dilakukan, setelah sistem terinstal dan terkonfigurasi dengan baik maka langkah selanjutnya melakukan pengambilan data, skenario yang digunakan berupa Pengukuran QoS dengan mengukur nilai-nilai parameter QoS yaitu *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* dari hubungan komunikasi antar client A dan B dengan menggunakan koneksi LAN. Pengukuran menggunakan Wireshark dilakukan pada ruangan yang sama selama 1 menit tiap percobaan dengan 20 kali percobaan selama komunikasi berlangsung.

Pengukuran parameter-parameter ini dilakukan dengan skenario hubungan *voice* dengan setiap penambahan *user* secara bertahap dengan penggunaan dari 2 *user*, 4 *user*, dan 6 *user* secara bertahap dengan melakukan komunikasi *voice*.

Berikut ini merupakan hasil pengukuran QoS menggunakan aplikasi Wireshark :

1. Hasil Pengukuran *Packet Loss*

Tabel 3 *Packet Loss*

Pengujian ke-	2 Client	4 Client	6 Client
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0

Pada Tabel 3 di atas adalah hasil pengukuran *packet loss*. Tidak terdapatnya *packet loss* dengan menunjukkan angka sama dengan nol dengan satuan persen pada tiap pengujian yang dilakukan.

## 2. Hasil Pengukuran *Throughput*

Tabel 4 *Throughput*

Pengujian ke-	2 Client	4 Client	6 Client
1	351	694	1044
2	349	692	1052
3	351	704	1043
4	351	715	1041
5	357	696	1043
6	352	694	1047
7	350	692	1042
8	349	692	1044
9	354	690	1042
10	366	709	1049
11	346	705	1046
12	346	703	1035
13	349	701	1043
14	345	702	1060

Pada Tabel 4 di atas adalah hasil pengukuran *throughput*. *Throughput* merupakan *bandwidth* aktual pada lama waktu tertentu, menunjukkan perbedaan pada tiap pengujian, baik dengan 2 *client*, 4 *client*, maupun 6 *client*.

## 3. Hasil Pengukuran *Delay*

Tabel 5 *Delay*

Pengujian ke-	2 Client	4 Client	6 Client
1	0,00000891917	0,00000226863	0,00000094017
2	0,00000583802	0,0000024758	0,000000913396
3	0,000007004	0,00000281	0,00000180371
4	0,00000929834	0,00000316994	0,00000124982
5	0,00000948512	0,00000272715	0,000000835255
6	0,0000115876	0,00000286381	0,000000930289
7	0,000010413	0,00000296016	0,00000129342
8	0,0000103195	0,00000284809	0,00000107458
9	0,00000512953	0,00000275189	0,00000100504
10	0,00000927528	0,00000156599	0,0000013549
11	0,00000950023	0,0000025927	0,000000725101
12	0,00000869358	0,00000222328	0,00000144259
13	0,00000996892	0,00000229629	0,00000125922
14	0,0000167804	0,00000213655	0,00000111724
15	0,00000723926	0,00000213655	0,00000105724
16	0,0000072432	0,00000229513	0,0000011932
17	0,00000877286	0,00000247166	0,0000011112
18	0,00000837116	0,00000217585	0,00000113787
19	0,0000111222	0,00000207952	0,0000011932
20	0,00000931755	0,00000213981	0,00000100722

Pada Tabel 5 di atas adalah hasil

Pengujian ke-	2 Client	4 Client	6 Client
15	348	709	1040
16	356	707	1038
17	346	702	1031
18	361	680	1050
19	347	689	1043
20	349	695	1042

pengukuran *delay*. *Delay* merupakan jeda waktu yang terjadi selama pengiriman paket, menunjukkan perbedaan pada tiap pengujian, baik dengan 2 *client*, 4 *client*, maupun 6 *client*.

4. Hasil Pengukuran *Jitter*

Tabel 6 *Jitter*

Pengujian ke-	2 Client	4 Client	6 Client
1	0,00000144823	0,00000368114	0,0000151954
2	0,00000134168	0,00000397852	0,000012265
3	0,00000271108	0,0000046	0,000012265
4	0,00000195165	0,00000479251	0,0000175658
5	0,00000136875	0,00000479251	0,0000173813
6	0,00000148758	0,00000496023	0,0000217466
7	0,00000127877	0,0000051789	0,0000194893
8	0,00000169	0,00000490422	0,0000193575
9	0,00000169176	0,00000484779	0,00000937698
10	0,00000236435	0,00000484779	0,0000160055
11	0,00000119688	0,00000435096	0,0000173676
12	0,00000225741	0,00000328268	0,0000145548
13	0,00000209189	0,00000390632	0,0000176996
14	0,0000010914	0,00000361062	0,0000293962
15	0,00000162451	0,00000429827	0,000013314
16	0,00000152351	0,00000343366	0,0000135053
17	0,00000165091	0,00000411093	0,0000163899
18	0,000001713	0,00000377029	0,0000156898
19	0,00000185503	0,00000340972	0,0000203311
20	0,0000014731	0,00000351735	0,0000171551

Pada Tabel 6 di atas adalah hasil pengukuran *jitter*. *Jitter* merupakan variasi *delay* yang terjadi selama pengiriman paket, menunjukkan perbedaan pada tiap pengujian, baik dengan 2 *client*, 4 *client*, maupun 6 *client*.

Dari hasil perhitungan parameter yang direkam Wireshark selama percakapan dapat dianalisa rata-rata 20 kali pengujian, penambahan jumlah *client* terhadap *Quality of Service* jaringan komunikasi VoIP.

Tabel 7 Hasil Uji Parameter QoS Dibandingkan Dengan Standar ITU-T

No	QoS	2 Client	4 Client	6 Client	ITU-T	Keterangan
1	Packet Loss	0%	0%	0%	0%	Tidak ada packet loss
2	Troughput	351,15 bps	698,55 bps	1043,75 bps	100 bps	Troughput paling tinggi adalah 1043,75 bps pada saat 6 client, sedangkan terendah pada saat penggunaan 2 client yakni 351,15 bps
3	Delay	0,0000011322 ms	0,0000024494 ms	0,0000092139 ms	<150 ms	Delay paling tinggi adalah 0,0000092139 ms pada saat 6 client, sedangkan terendah pada saat penggunaan 2 client yakni 0,0000011322 ms
4	Jitter	0,0000016906 ms	0,0000042137 ms	0,000006708 ms	0 ms	Jitter paling tinggi adalah 0,000006708 ms pada saat 6 client, sedangkan terendah pada saat penggunaan 2 client yakni 0,0000016906 ms

Dapat dianalisa dari hasil pengukuran QoS dengan parameter *Throughput*, *Packet Loss*, *Delay*, dan *Jitter*, seperti yang terlihat pada Tabel 4.7 di atas. Hasil pengukuran dibandingkan dengan standar ITU-T (*International Telecommunications Union – Telecommunications*) yang berindeks sangat bagus atau nilai indeks 4. Penambahan jumlah *client* yang sedang berkomunikasi membuat *throughput* semakin meningkat hal ini sejalan karena *throughput* merupakan *bandwidth* aktual yang terukur dalam suatu waktu. Besar *throughput* berindeks sangat baik karena menandakan di atas nilai 100.

*Packet Loss* yang didapatkan setelah pengukuran adalah 0%, ini menandakan tidak adanya paket yang hilang selama proses komunikasi berlangsung, bahkan penambahan jumlah *client* yang berkomunikasi juga tidak mengalami *packet loss*, dan menandakan berindeks sangat bagus.

*Delay* merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Dari hasil pengukuran yang dilakukan, *delay* menunjukkan semakin banyak *user* maka nilai *delay* bertambah. Namun, nilai tersebut masih dalam standar ITU-T bahkan berindeks sangat bagus karena <150 ms.

*Jitter* merupakan selisih *delay*, apabila *delay* bernilai kecil maka *jitter* juga mengalami nilai yang kecil. Sehingga yang didapatkan setelah melakukan pengukuran, *jitter* masih dalam indeks sangat bagus.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Delay*, *Jitter*, *Packet Loss*, dan *Troughput* pada penggunaan teknologi VoIP menunjukkan layanan VoIP dalam kualitas

- sangat baik, tidak terjadi masalah pada komunikasi suara, baik pada saat penambahan jumlah *client* yang sedang berkomunikasi.
2. Perbedaan selang waktu kedatangan antar paket di terminal tujuan (*delay*) menunjukkan yaitu indeks nilai rata-rata 0 ms (sangat bagus).
  3. Pengujian ini untuk mengetahui berapa besar paket kirim yang ada di jaringan dan berapa besar paket yang diterima maka dalam hal ini akan diukur seberapa besar *packet loss* yang terjadi pada sistem yang dibangun. Banyaknya paket yang hilang selama proses transmisi ke tujuan (*packet loss*) yaitu pada saat terjadi komunikasi suara menunjukkan indeks 4 yang bernilai 0 % (sangat bagus).
  4. Pengujian *throughput* sebuah paket data terhitung dari saat pengiriman oleh *transmitter* sampai saat diterima oleh *receiver* (*throughput*) yaitu pada saat komunikasi suara >100 (sangat bagus).
  5. Penambahan jumlah *client* tidak menimbulkan gangguan komunikasi, didapat dari hasil uji QoS.
  4. Untuk pengembangan di masa yang akan datang penelitian dapat ditambahkan dengan komunikasi video dan pesan teks.
  5. Untuk pengembangan di masa yang akan datang penelitian dapat menambah variabel berupa *bandwidth*, panjang kabel, dan lain-lain.
  6. Peneliti hanya merancang pada satu lantai atau satu ruangan, untuk pengembangan selanjutnya dapat diterapkan di berbeda ruangan, berbeda lantai, atau bahkan berbeda gedung.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iwan, Sofana. 2006. Membangun Jaringan Komputer (Wire dan Wireless) Untuk Pengguna Windows dan Linux. Bandung : Informatika.
- [2] Maknun, Johari. (2012). "Implementasi Voice Over Internet Protocol (VoIP) IP Phone Sebagai Media Komunikasi Pengganti Private Automatic Branch Exchange (PABX)". Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Padang. Padang.
- [3] Oetomo, Budi Sutedjo Dharma. 2004. Konsep dan Perancangan Jaringan Komputer. Yogyakarta : Andi.
- [4] Prakoso, Samuel. 2008. Cara Mudah Belajar Linux. Yogyakarta : Graha Ilmu
- [5] Saputra, Budi Eko. 2 Oktober 2012. Analisa Quality of Service (QoS) Voice Over Internet Protocol (VoIP) dengan protokol H.323 dan Session Initiation Protocol (SIP). Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika Vol.1 Nomor 2.

#### Saran

Dari penelitian yang dilakukan, berikut ini merupakan saran atas penelitian yang dilakukan:

1. Untuk mempelajari VoIP dan SIP hendaknya memahami terlebih dahulu tentang jaringan dan linux.
2. Untuk penggunaan selanjutnya dapat mencoba menggunakan *wireless*.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan sebagai sarana komunikasi yakni dengan menghubungkan *server* VoIP pada jaringan telepon analog sehingga *client* terkoneksi pada VoIP dapat berkomunikasi pula dengan telepon analog.