

Studi Kelayakan Implementasi Server VoIP IT Del

Tugas Akhir

Disampaikan Sebagai Bagian Dari Persyaratan Kelulusan Diploma 3
Program Studi Teknik Komputer

Oleh:

13315009 Bornok J. Situmorang

13315018 Erwin M. Simamora



**Institut Teknologi Del
2017/2018**

Lembar Pengesahan Tugas Akhir
Institut Teknologi Del

Studi Kelayakan Implementasi Server VoIP
IT Del

Oleh:

13315009 Bornok J. Situmorang
13315018 Erwin M. Simamora

Sitoluama, 22 Juni 2018

Pembimbing

Marojahan Mula Timbul Sigirow, ST, M.Sc
NIDN. 0108098301

Dinyatakan memenuhi syarat dan karenanya disetujui dan disahkan
Sebagai
Laporan Tugas Akhir Diploma 3
Program Studi Teknik Komputer
Institut Teknologi Del

Prakata

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya yang diberikan kepada penulis selama proses pengerjaan Tugas Akhir serta penyusunan laporan Tugas Akhir yang dapat berjalan dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini ditulis sebagai bagian dari syarat kelulusan Diploma III Teknik Komputer Institut Teknologi Del. Tujuan penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah untuk mendokumentasikan hasil pengerjaan Tugas Akhir mengenai Studi Kelayakan Implementasi *Server VoIP IT Del*. Selama mengikuti pendidikan Diploma III Teknik Komputer sampai dengan proses penyelesaian Tugas Akhir, berbagai pihak telah membantu, membimbing, dan memberikan fasilitas kepada penulis. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terimakasih khususnya kepada:

1. Bapak Marojahan Mula Timbul Sigirow, ST, MSc, sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dan meluangkan waktu dan tenaga beliau untuk membimbing penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak/Ibu dosen khususnya yang mengajar di Jurusan Teknik Komputer yang telah membekali penulis dengan disiplin ilmu yang bermanfaat.
3. Bapak *Teaching Assistant* di Jurusan Teknik Komputer yang telah mengarahkan mahasiswa Teknik Komputer dalam mendapat ilmu yang diberikan.
4. Bapak *staff* Dukungan Teknis (Duktek) Institut Teknologi Del yang telah membantu penulis dalam melengkapi fasilitas yang dibutuhkan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Orang tua, saudara, teman dekat dan teman spesial yang telah memberikan dukungan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman seperjuangan Mahasiswa Teknik Komputer Institut Teknologi Del Angkatan 2015 yang telah banyak berdiskusi dan bekerjasama dengan penulis selama masa pendidikan.

Penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat terhadap semua pihak yang memerlukannya. Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran yang membangun untuk perbaikan laporan Tugas Akhir ini di masa yang akan datang. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih.

Sitoluama, 22 Juni 2018

Bornok J. Situmorang
Erwin M. Simamora

Abstrak

Voice over Internet Protocol (VoIP) merupakan teknologi yang memungkinkan berkomunikasi dengan menggunakan jaringan *Internet Protocol (IP)*. Komunikasi yang berlangsung dengan menggunakan teknologi VoIP dengan cara mengirimkan data berupa paket melalui jaringan. Menggunakan teknologi VoIP mengakibatkan biaya telepon lebih murah dan kualitas suara yang dihasilkan bagus karena menggunakan jaringan yang sama. Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dilakukan pengujian kelayakan implementasi VoIP dengan menggunakan jaringan LAN di Institut Teknologi Del yang kualitas suara diukur berdasarkan *Quality of Service (QoS)* yang meliputi *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss*. Dengan menggunakan nilai dari QoS maka didapatkan nilai MOS (*Mean Opinion Score*) yang digunakan sebagai parameter menentukan kualitas suara di Institut Teknologi Del.

Implementasi VoIP dengan menggunakan *server Asterisk* yang berfungsi sebagai *server* antara *transmitter* dan *receiver*. Asterisk berbasis SIP (*Session Initiation Protocol*) yang berfungsi sebagai protokol pengontrol *signal* jaringan yang meliputi mulai dari tahap awal, komunikasi berlangsung, dan pengakhiran komunikasi.

Hasil yang didapatkan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah teknologi VoIP yang dapat diterapkan di Institut Teknologi Del dengan memperhatikan kualitas suara selama berkomunikasi, nilai MOS, dan nilai QoS. Penggunaan kecepatan transmisi data untuk teknologi VoIP adalah sebesar 180 kbps selama berkomunikasi dengan menggunakan VoIP.

Kata kunci: *VoIP, QoS, MOS, Asterisk*

Daftar Isi

Prakata	2
Abstrak	3
Bab I Pendahuluan	9
1.1. Latar Belakang	9
1.2. Tujuan	10
1.3. Lingkup	10
1.4. Pendekatan	11
1.5. Istilah, Definisi, dan Singkatan	11
1.6. Sistematika Penyajian	13
BAB II Tinjauan Pustaka	14
2.1. Voice over Internet Protocol (VoIP)	14
2.2. Komponen VoIP	16
2.2.1. User Agent	16
2.2.2. Proxy	16
2.2.2.1. Asterisk	17
2.2.3. Protokol VoIP	18
2.2.3.1. TCP (Transmission Control Protocol)	18
2.2.3.2. UDP (User Datagram Protocol)	18
2.2.3.3. IP (Internet Protocol)	19
2.2.3.3.1. H.323	19
2.2.3.3.2. SIP (<i>Session Initiation Protocol</i>)	19
2.2.4. Codec (<i>Compression-Decompression</i>)	21
2.3. Parameter kualitas layanan VoIP	23
Bab III Analis dan Perancangan	25
3.1. Perancangan	25
3.2. Perangkat yang Digunakan	26
3.2.1. Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	26
3.2.2. Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	26
3.3. Parameter Analisa	27

3.3.1.	Delay	27
3.3.2.	Throughput	29
3.3.3.	Jitter.....	29
3.3.4.	Packet Loss.....	30
3.4.	Metode Pengukuran.....	30
3.4.1.	MOS	30
3.4.2.	R – Factor	31
3.5.	Skenario Pengujian.....	33
3.5.1.	Skenario Pengujian Codec.....	33
3.5.2.	Skenario Pengujian Telepon.....	34
3.5.2.1.	Skenario Pengujian Berdasarkan Jarak.....	34
3.5.2.2.	Skenario Pengujian Berdasarkan Banyak Telepon	35
Bab IV Implementasi dan Pengujian		38
4.1.	Instalasi Software	38
4.1.1.	Instalasi Asterisk	38
4.1.1.1.	Konfigurasi Selinux	38
4.1.1.2.	Konfigurasi Iptables	38
4.1.1.3.	Install PJPROJECT.....	41
4.1.1.4.	Install DAHDI	42
4.1.1.5.	Install Asterisk.....	43
4.1.1.6.	Konfigurasi dan Build Asterisk	44
4.1.2.	Instalasi Softphone	45
4.2.	Register Nomor VoIP.....	47
4.2.1.	Register Nomor Pada Server Asterisk.....	47
4.2.2.	Register Nomor Pada Softphone X-Lite 5.2.0.....	49
4.3.	Pengujian Skenario.....	52
4.3.1.	Pengujian Codec.....	52
4.3.2.	Pengujian Telepon.....	55
4.3.2.1.	Pengujian Berdasarkan Jarak.....	55
4.3.2.2.	Pengujian Berdasarkan Banyak Telepon	59

Bab V Kesimpulan dan Saran.....	60
5.1. Kesimpulan.....	60
5.2. Saran.....	61
Referensi.....	62
Lampiran	64

Daftar Tabel

Tabel 1. Istilah dan Defenisi.....	11
Tabel 2. Singkatan.....	12
Tabel 3. <i>Compression-Decompression</i>	22
Tabel 4. Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	26
Tabel 5. Parameter <i>Delay</i>	29
Tabel 6. Parameter <i>Jitter</i>	29
Tabel 7. Standar <i>Packet loss</i>	30
Tabel 8. Standar MOS	31
Tabel 9. Hubungan <i>R - Factor</i> dengan MOS.....	32
Tabel 10. Jarak (x) antara gedung	35
Tabel 11. Panggilan telepon oleh nomor sumber ke nomor tujuan	36
Tabel 12. Penomoran VoIP yang di- <i>register</i> pada <i>Server</i> dan <i>Client</i>	50
Tabel 13. Hasil pengukuran skenario pengujian <i>codec</i>	52
Tabel 14. Hasil pengukuran skenario pengujian berdasarkan jarak	55
Tabel 15. Hasil pengukuran skenario pengujian berdasarkan banyak telepon	59
Tabel 16. Hasil Pengukuran <i>Codec</i>	64
Tabel 17. Hasil Pengukuran Berdasarkan Jarak	65
Tabel 18. Hasil Pengukuran Berdasarkan Banyak Telepon	66

Daftar Gambar

Gambar 1. <i>Voice over Internet Protocol</i>	15
Gambar 2. Cara kerja VoIP ^[1]	16
Gambar 3. Cara kerja komunikasi SIP	21
Gambar 4. Desain Rancangan Topologi VoIP IT Del	25
Gambar 5. Skenario Pengujian <i>Codec</i>	33
Gambar 6. Skenario Pengujian Berdasarkan Jarak	34
Gambar 7. Skenario Pengujian Berdasarkan Banyak Telepon	36
Gambar 8. Tampilan X-Lite <i>License Agreement</i>	45
Gambar 9. Tampilan awal X-Lite	46
Gambar 10. Tampilan <i>Register SIP Account</i>	49
Gambar 11. Tampilan X-Lite dengan nomor yang aktif	50
Gambar 12. Grafik <i>Delay</i> Pengujian <i>Codec</i>	53
Gambar 13. Grafik <i>Jitter</i> Pengujian <i>Codec</i>	54
Gambar 14. Grafik <i>Throughput</i> Pengujian <i>Codec</i>	54
Gambar 15. Grafik <i>Delay</i> Pengujian Berdasarkan Jarak	56
Gambar 16. Grafik <i>Throughput</i> Pengujian Berdasarkan Jarak	57
Gambar 17. Grafik <i>Jitter</i> Pengujian Berdasarkan Jarak	57
Gambar 18. Grafik <i>Packet Loss</i> Pengujian Berdasarkan Jarak	58

Bab I

Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, tujuan, lingkup, pendekatan yang dilakukan, dan sistematika penyajian yang menjadi objek kajian dalam dokumen laporan Tugas Akhir.

1.1. Latar Belakang

Komunikasi adalah suatu proses dimana seseorang atau beberapa orang menggunakan informasi agar terhubung dengan lingkungan sekitar dan orang lain. Komunikasi menjadi salah satu kebutuhan penting dalam proses penyampaian informasi. Komunikasi dapat dilakukan juga dengan memanfaatkan jaringan komputer selayaknya menggunakan telepon seluler. Sesuai dengan perkembangan jaringan komputer yang semakin pesat saat ini memungkinkan terciptanya komunikasi *real-time* melalui jaringan komputer yang biasa disebut sebagai teknologi VoIP. Teknologi VoIP (*Voice over Internet Protocol*) adalah teknologi yang memungkinkan terjadinya percakapan suara jarak jauh melalui jaringan komputer. Teknologi VoIP merubah sinyal analog seperti suara menjadi sinyal digital yang dapat dikirimkan melalui jaringan komputer.

Teknologi VoIP ini berkembang dengan pesat seiring dengan berkembangnya aplikasi dan infrastruktur internet serta mempunyai kelebihan yang paling mendasar yaitu biaya yang dikeluarkan untuk infrastruktur teknologi ini jauh lebih murah dibandingkan dengan telepon konvensional pada umumnya karena dapat memanfaatkan infrastruktur jaringan data yang sudah ada. Jaringan-jaringan yang sudah ada bisa dibangun jaringan VoIP, maka tidak diperlukan tambahan biaya bulanan untuk komunikasi suara tersebut. Disamping biaya operasional yang lebih murah, teknologi VoIP juga memiliki keuntungan yang lain. Melalui teknologi ini memungkinkan untuk komunikasi suara dengan pihak lain walaupun berbeda gedung atau lokasi antara pihak tersebut tanpa melalui instalasi perangkat telepon seperti telepon konvensional pada umumnya.

Institut Teknologi Del saat ini terdiri atas beberapa gedung. Dimana posisi setiap gedung letaknya saling berjauhan. Dalam pembangunan teknologi *telephony* dengan menggunakan sistem *cabeling* di IT Del perlu mempertimbangkan beberapa kerugian seperti biaya yang

mahal, rawan terhadap kerusakan, memerlukan perencanaan dan pengaturan yang lebih, sehingga kurang efisien, dan kurang mobilitas karena harus ditempatkan pada tempat yang aman. Dengan menggunakan teknologi VoIP dapat mengurangi sebagian besar kerugian tersebut, karena teknologi VoIP ini hanya perlu konfigurasi terhadap beberapa perangkat. Hampir disetiap gedung IT Del sudah memiliki jaringan lokal IT Del. Berdasarkan ketersediaan jaringan lokal tersebut perlu dilakukan pengujian terhadap kelayakan implementasi teknologi VoIP di IT Del sehingga diwaktu yang akan datang dapat mempertimbangkan pembangunan teknologi VoIP di IT Del. Melalui hal tersebut “Studi Kelayakan Implementasi Server VoIP IT Del” diangkat sebagai bahan studi kasus Tugas Akhir oleh tim pembangun.

1.2. Tujuan

Pada subbab ini menuliskan tentang tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini.

- a) Melakukan pengujian dan analisis terhadap teknologi VoIP pada jaringan lokal IT Del sebagai bahan studi kasus.
- b) Teknologi VoIP yang diimplementasikan pada beberapa titik gedung yang ada di IT Del.
- c) Menyajikan hasil studi berupa kelayakan implementasi VoIP dan teknologi yang disarankan.

1.3. Lingkup

Ruang lingkup dalam pembangunan teknologi VoIP ini diimplementasikan dan didesain pada jaringan lokal IT Del, dimana implementasi tersebut tidak dilakukan pada semua ruangan yang ada di IT Del melainkan hanya pada beberapa titik jaringan (terminal VoIP) di beberapa gedung yang ada di IT Del, seperti gedung 5, gedung 7, gedung 9, dan gedung BAAK yang memerlukan teknologi VoIP dimana lokasi dari setiap gedung tersebut letaknya berjauhan. Ruang lingkup yang dicakup dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yaitu jaringan lokal IT Del yang menjadi media jaringan teknologi VoIP ini serta pengujian terhadap kualitas atas kelayakan teknologi VoIP ini.

1.4. Pendekatan

Pada subbab ini menjelaskan mengenai pendekatan yang dilakukan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.

a) Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pencarian informasi-informasi yang berkaitan dengan pengerjaan Tugas Akhir dalam hal membangun *server* VoIP.

b) Analisa dan Perancangan

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap informasi dari studi literatur yang sebelumnya dilakukan dan kemudian melakukan perancangan teknologi VoIP.

c) Implementasi dan *Testing*

Pada tahap ini dilakukan implementasi *server* VoIP dan juga dilakukan pengujian terhadap teknologi VoIP tersebut untuk mengetahui dan menentukan kualitas yang baik dengan parameter perbandingan seperti *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss*.

d) Dokumentasi

Pada tahap ini melakukan dokumentasi terhadap proses desain dan implementasi *server* VoIP IT Del.

1.5. Istilah, Definisi, dan Singkatan

Pada subbab ini menjelaskan tentang istilah, definisi, dan singkatan yang digunakan dalam penulisan dokumen Tugas Akhir ini.

Tabel 1. Istilah dan Defenisi

Istilah	Definisi
<i>Delay</i>	Waktu yang dibutuhkan oleh satu paket dari sumber ke tujuan
<i>Jitter</i>	Variasi yang ditimbulkan oleh <i>delay</i> karena adanya perubahan karakteristik suatu sinyal
<i>Throughput</i>	Jumlah data persatuan waktu yang dikirim dari satu titik jaringan ke titik jaringan lainnya
<i>Packet-loss</i>	Suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang
<i>Noise</i>	Masalah yang terjadi dalam transmisi data

<i>Server</i>	Sebuah sistem komputer yang menyediakan jenis layanan tertentu dalam sebuah jaringan komputer
<i>Client</i>	Sistem yang meminta suatu layanan tertentu ke sebuah <i>server</i>

Tabel 2. Singkatan

Singkatan	Keterangan
VoIP	<i>Voice over Internet Protocol</i>
IT Del	Institut Teknologi Del
ADC	<i>Analog to Digital Converter</i>
DAC	<i>Digital to Analog Converter</i>
ADSI	<i>Active Directory Services Interface</i>
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>
ITU-T	<i>International Telecommunication Union of Telecommunication</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
IAX	<i>Inter Asterisk Exchange</i>
MGCP	<i>Media Gateway Control Protocol</i>
SCCP	<i>Skinny Cisco Control Protocol</i>
RTP	<i>Real-time Transport Protocol</i>
SDP	<i>Session Description Protocol</i>
UAC	<i>User Agent Client</i>
UAS	<i>User Agent Server</i>
PCM	<i>Pulse Code Modulation</i>
ACELP	<i>Algebraic Code Excited Linier Prediction</i>
Mp-MLQ	<i>Multipulse Maximum Likelihood Quantitation</i>
QoS	<i>Quality of Sevice</i>
MOS	<i>Mean Opinion Score</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
ACK	<i>Acknowledgement</i>
DAHDI	<i>Digium Asterisk Hardware Device Interface</i>
POTS	<i>Plain Old Telephony System</i>

1.6. Sistematika Penyajian

Pada subbab ini menjelaskan sistematika penyajian yang disampaikan pada dokumen laporan ini. Dokumen laporan Tugas Akhir ini terdiri atas lima (5) bab, yang didokumentasikan menggunakan sistematika sebagai berikut.

a) Bab I Pendahuluan

Berisi pendahuluan berupa latar belakang, tujuan, dan pendekatan yang dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir.

b) Bab II Tinjauan Pustaka

Berisi rangkuman informasi yang didapatkan dari berbagai pustaka yang berhubungan dengan topik kajian dalam tugas akhir untuk membantu dan memperluas pemahaman mengenai topik Tugas Akhir.

c) Bab III Analisis dan Perancangan

Berisi analisis data yang dikumpulkan dan tahapan-tahapan yang dirancang berdasarkan analisis data yang telah dilakukan. Pada bab ini dijelaskan mengenai perancangan untuk implementasi topik Tugas Akhir.

d) Bab IV Implementasi dan Pengujian

Berisi pengerjaan dan implementasi dari analisis dan perancangan yang telah dibuat dan dapat dilakukan pengujian dari implementasi yang telah dilakukan.

e) Bab V Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan yang didapat dari pengerjaan Tugas Akhir dan saran yang diberikan untuk pengerjaan topik ini dimasa mendatang.

BAB II

Tinjauan Pustaka

Pada bab ini menjelaskan mengenai dasar teori yang mencakup informasi yang dapat dipercaya untuk menjadi bahan referensi dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Dasar teori yang dijelaskan pada bab ini meliputi VoIP, komponen VoIP, parameter kualitas layanan VoIP, dan lainnya.

2.1. Voice over Internet Protocol (VoIP)

Voice over Internet Protocol (VoIP) adalah salah satu teknologi komunikasi yang mentransmisikan data percakapan *real-time* dengan memanfaatkan *Internet Protocol* melalui jaringan internet ^[2]. Jaringan *Internet Protocol* merupakan jaringan komunikasi data yang berbasis *packet-switch*, sehingga dalam berkomunikasi menggunakan VoIP berarti menggunakan jaringan internet untuk melakukan komunikasi ^[1]. VoIP dapat disebut dengan *IP Telephony*, *Internet Telephony*, atau *Digital Phone* ^[1]. VoIP memanfaatkan infrastruktur internet yang sudah ada untuk berkomunikasi seperti layaknya menggunakan telepon biasa dan tidak dikenakan biaya telepon dimana saja dan kapan saja. Teknik dasar dari VoIP adalah teknologi yang memungkinkan untuk melakukan percakapan telepon dengan menggunakan jalur komunikasi data pada suatu jaringan ^[2]. Jaringan yang menggunakan data, dikirimkan dan dipulihkan kembali dalam bentuk *voice* kepada penerima. *Voice* terlebih dahulu diubah kedalam format digital karena lebih mudah untuk dikompresi, dan dapat diubah keformat yang lebih baik dan data digital lebih tahan terhadap *noise* daripada analog. Tidak jauh berbeda dengan jaringan telepon PSTN (*Public Switched Telephone Network*), VoIP juga menggunakan telepon yang bekerja mirip dengan telepon analog, yaitu menggunakan nomor tertentu yang telah diregistrasikan sebelumnya untuk melakukan panggilan. Setiap teknologi memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, begitu juga dengan teknologi VoIP memiliki kelebihan dan kekurangan seperti:

1) Kelebihan:

- a) Biaya implementasi dan komunikasi yang jauh lebih murah dari PSTN
- b) Memiliki banyak fitur tanpa harus mengeluarkan biaya tambahan

c) Fleksibel, pengaturan alur komunikasi dapat diubah sesuai dengan kebutuhan

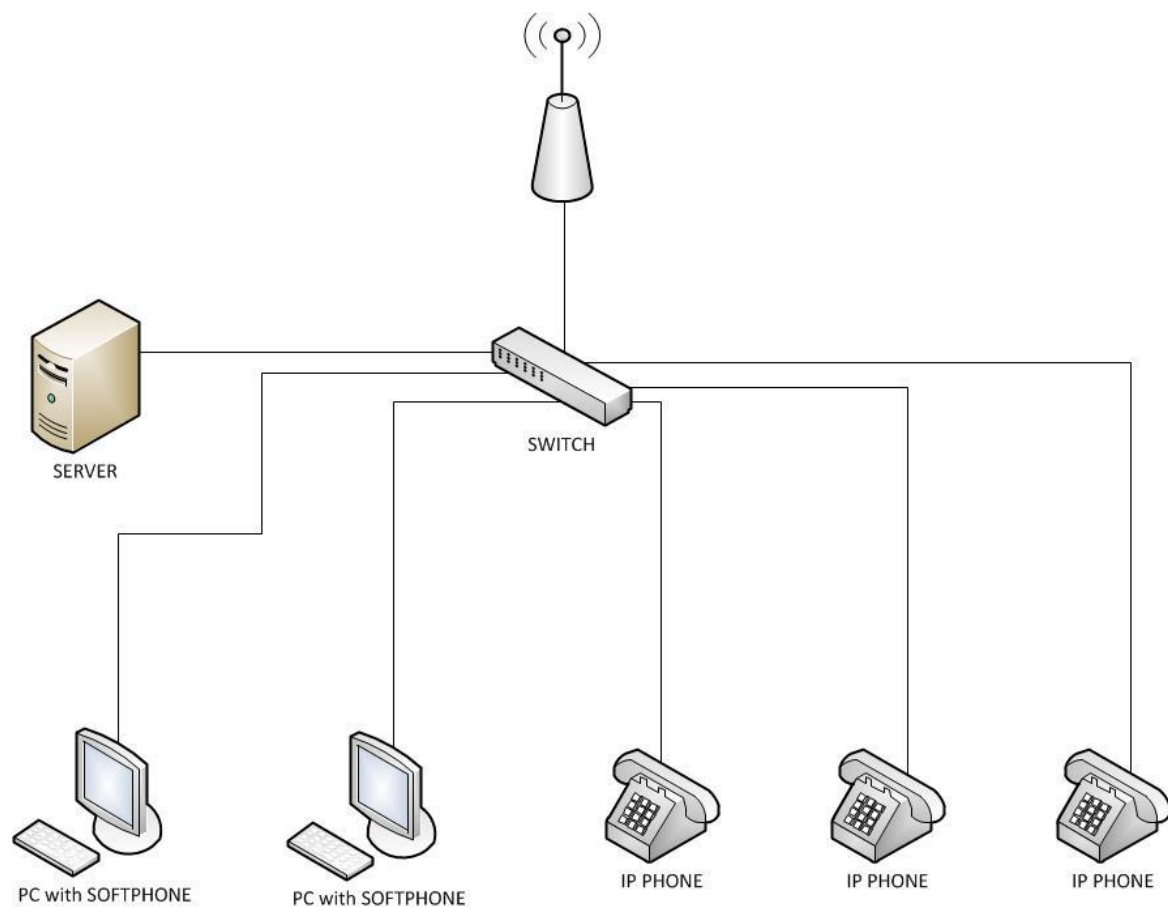
d) Dapat melakukan panggilan video pada PC menggunakan *softphone*

2) Kekurangan:

a) Kualitas suara VoIP yang tidak konsisten

b) Integritas/keamanan komunikasi

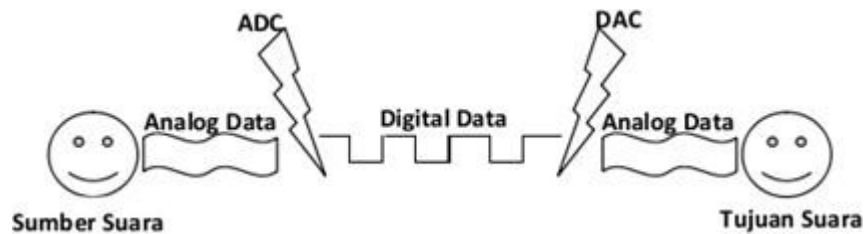
c) Tidak dapat melakukan panggilan darurat seperti nomor telepon polisi atau ambulans



Gambar 1. Voice over Internet Protocol

Konsep cara kerja VoIP yaitu dengan melakukan pengiriman sebuah sinyal secara digital [1]. Sebelum proses transmisi (pengiriman) dilakukan, data yang berupa sinyal analog dikonversikan terlebih dahulu dengan ADC (*Analog to Digital Converter*) menjadi bentuk data digital. Setelah proses konversi dilakukan data digital ditransmisikan ke sumber tujuan [1]. Setelah sampai, data sinyal digital tersebut dikonversi kembali menjadi data sinyal analog dengan DAC (*Digital to Analog Converter*) sehingga dapat diterima oleh sumber

tujuan sesuai dengan data sinyal yang ditransmisikan ^[1]. ADC dan DAC tersebut merupakan fungsi yang dijalankan pada CODEC (*Compression/Decompression*). Berikut gambar cara kerja dari VoIP pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Cara kerja VoIP ^[1]

2.2. Komponen VoIP

Pada subbab ini menjelaskan dan mendefinisikan komponen-komponen yang dibutuhkan dalam pembangunan teknologi VoIP.

2.2.1. User Agent

User agent merupakan suatu komponen yang digunakan oleh pengguna untuk memulai dan menerima suatu sesi komunikasi ^[1]. *User agent* yang melakukan *dial* nomor telepon atau yang menerima nomor telepon *dial* dari sistem VoIP.

2.2.2. Proxy

Proxy dapat diibaratkan dengan sebuah jembatan. *Proxy* merupakan komponen penengah antar *user agent*, yang bertindak sebagai *server* VoIP yang menerima *request message* dari *user agent* dan menyampaikan pada *user agent* tujuan ^[3]. *Proxy* ini dapat digunakan untuk mengatur jaringan antar terminal dan juga untuk mendefinisikan jalur yang digunakan dalam berkomunikasi. Pada bagian ini menjelaskan tentang aplikasi *proxy*. Dalam mengoperasikan *proxy* dibutuhkan sebuah *softswitch*, untuk mendapatkan *softswitch* ada dua cara yaitu *open source* dan *non-open source*. Beberapa *softswitch open source* yaitu Asterisk, OpenSER, Yate, *Free PBX*, dan Trixbox. *Softswitch non-open source* yaitu Axon dan OnDO SIP Server. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini *softswitch open source* yang digunakan adalah Asterisk ^[14].

2.2.2.1. Asterisk

Asterisk merupakan salah satu aplikasi *open source* IP PBX (*Internet Protocol Private Branch Exchange*) yang berjalan pada linux digunakan untuk membuat sistem layanan komunikasi telepon melalui internet atau disebut juga sebagai VoIP ^[3]. Asterisk merepresentasikan sebuah *wild card* dibanyak bahasa komputer. Ini merupakan simbol yang menyatakan bahwa Asterisk dikembangkan untuk memenuhi semua tuntutan aplikasi *telephony*.

Asterisk sendiri memiliki fitur seperti *voicemail*, *conferencing*, *call distribution*, *call-queuing*, dan *call detail record*. Beberapa fitur lain yang dimiliki asterisk diantaranya ^[3]:

- Integrasi yang baik antara komputer dengan telepon
- Memiliki skabilitas yang tinggi
- Mendukung banyak *codec*
- Mendukung banyak protokol *video conference* seperti: IAX, SIP, H323, MGCP, dan SCCP
- Mendukung protokol PRI

Pelengkap dalam komunikasi jaringan VoIP menyediakan *three-way calling*, layanan *caller ID*, ADSI, SIP dan dukungan protokol H.323. Asterisk adalah *Open Source software*, sehingga dapat dengan mudah menggunakan dan memodifikasikannya tanpa dituntut biaya lisensi. Asterisk merupakan *open source* dengan lisensi rangkap, menggunakan GNU/GPL (*General Public License*) sebagai lisensi perangkat lunak yang bebas atau gratis dan lisensi perangkat lunak kepemilikan untuk mengizinkan pemegang lisensi untuk menerbitkan komponen sistem yang tidak diterbitkan ^[4]. Asterisk adalah modular *software*, sehingga kita dapat melakukan kostumisasi sesuai dengan kebutuhan, menambah modul ataupun melakukan pengurangan modul sesuai kebutuhan, sehingga memberikan kemudahan dan fleksibilitas kepada pemakainya.

Cara kerja asterisk yaitu komunikasi di dalam asterisk menggunakan sebuah kanal, jika ada n titik pada sesi komunikasi, maka disediakan n kanal untuk masing-masing titik ^[4]. Topologi yang digunakan pada asterisk adalah *Star*, dimana IP PBX yang dikonfigurasi dengan asterisk sebagai intinya. Asterisk juga dapat menjadi jembatan yang mendukung beberapa protokol seperti ^[4]:

- a) IAX (*Inter-Asterisk Exchange*)
- b) H.232 (ITU-T *Standart*)
- c) SIP (*Session Initiation Protocol*)
- d) MGCP (*Media Gateway Control Protocol*)
- e) SCCP (*Skinny Cisco Protocol*)

Mendukung beberapa *codec* populer seperti: ADPCM, G.711 (A-law, U-Law), G.722, G.723.1, G.726, GSM, iLBC, LPC-10. Berdasarkan hal tersebut, asterisk mampu melayani beberapa *user* yang berkomunikasi dengan berbeda *codec* ^[4].

2.2.3. Protokol VoIP

Protocol merupakan sebuah aturan yang harus dipenuhi sehingga akses komunikasi VoIP bisa melalui jaringan internet yang ada ^[1]. Pada bagian ini menjelaskan tentang *protocol* yang menunjang komunikasi di dalam VoIP.

2.2.3.1. TCP (*Transmission Control Protocol*)

TCP merupakan protokol *connection-oriented* yang artinya menjaga reliabilitas hubungan komunikasi *end-to-end* ^[4]. Konsep dasar kerja TCP adalah mengirim dan menerima *segment-segment* informasi dengan panjang data yang bervariasi pada suatu datagram internet ^[11]. TCP juga menjamin reliabilitas hubungan komunikasi karena melakukan perbaikan terhadap data yang rusak, hilang atau kesalahan dalam proses pengiriman.

2.2.3.2. UDP (*User Datagram Protocol*)

UDP merupakan salah satu protokol utama di atas IP dan merupakan *transport protocol* yang lebih sederhana dibandingkan dengan TCP ^[11]. UDP digunakan untuk situasi yang tidak mementingkan mekanisme reliabilitas. Artinya pada protokol UDP ini, komunikasi tetap berlangsung tanpa memperdulikan koneksi antara sumber dan tujuan ^[11].

2.2.3.3. IP (*Internet Protocol*)

Internet Protocol adalah protokol lapisan jaringan (*network layer dalam OSI Reference Model*) yang digunakan oleh protokol TCP/IP untuk melakukan pengalamatan dan *routing* paket data antar *host-host* di jaringan komputer berbasis TCP/IP ^[1]. Setiap *host* memiliki alamat IP yang unik, masing-masing berbeda satu dengan yang lainnya. Hal tersebut untuk mencegah adanya kesalahan pada *transfer* data. Secara umum protokol ini bertugas untuk menangani pendeteksian kesalahan pada saat *transfer* data.

Protocol yang sering digunakan adalah *protocol* H.323 yang dikembangkan oleh ITU (*International Telecommunication Union*) dan protokol SIP (*Session Initiation Protocol*) yang dikembangkan oleh IETF (*Internet Engineering Task Force*).

2.2.3.3.1. H.323

VoIP dalam melakukan komunikasi membutuhkan suatu standarisasi sistem yang kompatibel satu dengan yang lain. Protokol H.323 merupakan protokol standar yang direkomendasikan oleh *International Telecommunications Union Telecommunications Sector* (ITU-T) ^[1]. Protokol H.323 dapat menentukan komponen dan prosedur yang menyediakan layanan komunikasi audio, video, dan data melalui jaringan berbasis paket ^[1]. Protokol H.323 dapat digunakan untuk layanan *multimedia* seperti komunikasi suara, *video telephony*, dan data ^[1]. Pada jaringan VoIP, protokol H.323 terdiri atas empat komponen penting yang saling terhubung yaitu *terminal*, *gateway*, *gatekeeper*, dan *multipoint control unit* ^[1].

2.2.3.3.2. SIP (*Session Initiation Protocol*)

Session Initiation Protocol (SIP) merupakan protokol yang berada pada *layer* aplikasi yang mendefinisikan proses awal, perubahan dan pemutusan suatu sesi komunikasi multimedia ^[1]. SIP yaitu protokol yang digunakan untuk inisiasi, modifikasi, dan terminasi sesi komunikasi VoIP. SIP dapat mengontrol sinyal untuk jaringan IP. Protokol SIP ini didalamnya terdiri dari beberapa protokol, diantaranya adalah *Real-time Transport Protocol* (RTP) dan *Real-time Transport Control Protocol* (RTCP) yang berfungsi untuk mentransmisikan media serta mengetahui kualitas layanan, serta *Session Description Protocol* (SDP) yang mendeskripsikan media dalam suatu komunikasi ^[1]. Komponen SIP

yang berhubungan dengan VoIP adalah *User Agent* dan *Network Server*. Cara kerja SIP yaitu dengan metode *client-server* atau *request-response* ^[4].

Dalam hal ini terdapat dua komponen utama SIP, yaitu ^[4]:

a) *User Agent* (UA)

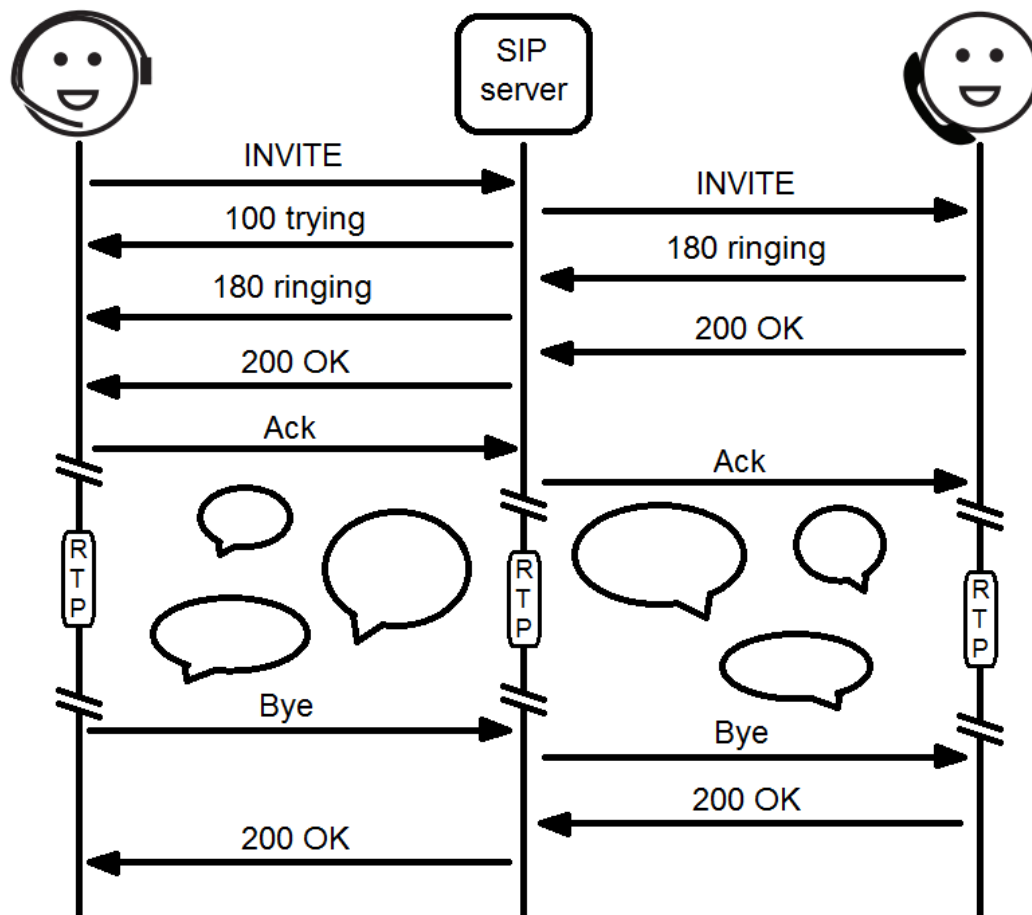
UA dibagi menjadi dua elemen yaitu UAC (*User Agent Client*) sebagai aplikasi *caller* yang menginisialisasi dan mengirimkan *request* SIP, sedangkan UAS (*User Agent Server*) yang menerima dan memberikan respon (*accept*, *redirect*, atau *refuse call*) terhadap *request* yang dikirim.

b) *Network Server*

Terdapat tiga jenis *server* SIP yang digunakan pada jaringan SIP:

- *Registration server*: berfungsi menerima *up-date* sehubungan dengan lokasi pengguna.
- *Proxy server*: menerima *request*, mengembalikannya ke *server* hop berikutnya. *Server* ini mempunyai informasi yang lengkap tentang lokasi penelpon. *Server* ini dapat menerima sebuah *request INVITE*, lalu mengirimnya dalam jumlah lebih dari satu ke berbagai alamat, fitur ini disebut *Forking Proxy*.
- *Redirect server*: menerima *request*, menentukan *server* hop berikutnya dan mengembalikan alamat *server* tersebut ke *client* tanpa mem-forward *request*.

Komunikasi VoIP didalam jaringan dengan protokol SIP dengan beberapa tahapan sebelum *transmitter* dan *receiver* melakukan percakapan. Pertama, *transmitter* mengirimkan *INVITE* ke *receiver*. *INVITE* tersebut tidak langsung masuk ke *receiver*, melainkan diterima terlebih dahulu oleh SIP *server* karena SIP *server* merupakan pusat komunikasi pada VoIP yang mengatur jalannya komunikasi. Setelah itu, *INVITE* dari *transmitter* baru dikirim ke *receiver*. Setelah *INVITE* terkirim, ada proses *ringing* dan *trying* yang terjadi karena ACK telah dikirimkan ke *receiver*, kemudian percakapan antara *transmitter* dan *receiver* baru bisa dilakukan. Cara kerja komunikasi SIP berikut terlihat percakapan menggunakan protokol RTP karena dalam percakapan telepon *transfer* datanya bersifat *real time*. Setelah percakapan selesai *transmitter* mengirimkan *Bye* dan *receiver* mengirimkan *OK* ^[6].



Gambar 3. Cara kerja komunikasi SIP

2.2.4. Codec (*Compression-Decompression*)

Dalam melewati jalur *packet switch* dengan baik, VoIP membutuhkan proses *compression* dan *decompression* ^[11]. Proses ini mengkonversi sinyal *audio* menjadi data digital yang dipadatkan (kompresi) yang kemudian dikirimkan lewat jalur *network* / internet. Pada titik lain, data dikembangkan lagi (dekompresi), dan diubah menjadi sinyal analog. Konversi *codec* bekerja dengan cara memotong bagian sinyal (*sampling*) *audio* dalam jumlah tertentu perdetiknya ^[11]. *Codec* berfungsi untuk penghematan *bandwidth* di jaringan. Berikut penjelasan jenis *protocol voice codec*:

a. G.711

Suatu standar Internasional untuk kompresi suara dengan menggunakan teknik *Pulse Code Modulation* (PCM) dalam pengiriman suara. Protokol ini membutuhkan *bandwidth* sebesar 64 Kbps. *Bit rate* tersebut merupakan standar transmisi untuk satu kanal telepon digital.

b. G.723.1

Merupakan jenis *coder* yang memiliki *dual rate speech coder* pada batas 5.3 kbit/s dan 6,3 kbit/s. Dengan *dual rate speech coder* tersebut maka G.723.1 memiliki fleksibilitas dalam beradaptasi terhadap informasi pada sinyal suara. *Coder* ini dilengkapi dengan fasilitas untuk memperbaiki sinyal suara hasil sintesis. Sinyal eksitasi untuk *bit rate* rendah dikodekan dengan *Algebraic Code Excited Linier Prediction* (ACELP) sedangkan untuk *rate* tinggi dikodekan dengan menggunakan *Multipulse Maximum Likelihood Quantization* (MP-MLQ).

c. G.729

Merupakan *coder* suara jenis CELP dengan hasil kompresi pada 8 Kbps. *Coder* ini merupakan teknik kompresi dengan hasil yang optimal.

d. G.726

Merupakan kompresi data suara dengan teknik pengkodean suara ADPCM dengan hasil pengkodean pada 40, 32, 24, dan 16 Kbps.

e. G.728

Standar kompresi suara dengan menggunakan teknik LD-CELP dengan hasil pengkodean pada 16 Kbps.

Tabel 3. *Compression-Decompression*

Metode kompresi	Bitrate (kbps)	Delay kompresi (detik)
G.711 PCM	64	0.75
G.726 ADPCM	32	1
G.728 LD – CELP	16	3 – 5
G.729 CS – ACELP	8	10
G.729A CS – ACELP	8	10
G.723.1 MPMLQ	6.3	30

Metode kompresi	Bitrate (kbps)	Delay kompresi (detik)
G.723.1 ACELP	5.3	30

2.3. Parameter kualitas layanan VoIP

QoS (*Quality of Service*) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada *traffic* data tertentu pada berbagai jenis *platform* teknologi ^[5]. QoS tidak diperoleh langsung dari infrastruktur yang ada, melainkan diperoleh dengan mengimplemetasikannya pada jaringan yang bersangkutan.

Dalam keperluan VoIP, ada syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu jaringan oleh suatu infrastruktur jaringan internet:

- Jaringan harus mempunyai *policy* pengaturan yang jelas.
- Bandwidth* jaringan harus memenuhi standar minimal aplikasi.
- Terdapat urutan prioritas paket data pada jaringan tersebut.

Tanpa ketiga hal tersebut, QoS pada jaringan tersebut menurun dalam hal kualitasnya yang diterima oleh terminal.

Beberapa parameter yang menyatakan QoS untuk IP *telephony* yaitu *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss*.

- Delay* adalah salah satu parameter yang paling menentukan dalam QoS. *Delay* juga merupakan waktu yang dibutuhkan oleh satu paket dari tempat asal ke sumber tujuan. Beberapa hal penyebab terjadinya *delay* yaitu kongesti, pemadatan *bandwith* secara tiba-tiba, dan paket-paket data dengan ukuran yang berbeda.
- Jitter* adalah variasi yang ditimbulkan oleh *delay*. *Jitter* terjadi karena bervariasinya waktu penerimaan paket-paket data dari pengirim ke penerima. Hal tersebut menyebabkan terjadinya masalah terhadap data yang dibawa oleh sinyal tersebut.
- Throughput* adalah jumlah data persatuan waktu yang dikirim dari satu titik jaringan ke titik jaringan yang lain.

- d) *Packet loss* merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang. Kualitas sinyal yang diterima dapat diukur dengan subjektif dan objektif.

Pada penilaian subjektif kualitas layanan VoIP dapat menggunakan metode *Rating Factor* (*R - Factor*) dan *Mean Opinion Score* (MOS). *R - Factor* dan MOS adalah dua pengukuran yang umum digunakan untuk kualitas panggilan VoIP secara keseluruhan.

- a. *R - Factor*: nilai yang diperoleh dari *metrics* seperti *latency*, *jitter*, dan *packet loss* per ITU-T *Recommendation G.107*, nilai *R - Factor* membantu menilai *quality-of-experience* untuk panggilan VoIP pada jaringan pengguna. *Range* skor antara 50 (buruk) sampai 90 (sangat baik).
- b. MOS: nilai berasal dari *R - Factor* per ITU-T *Recommendation G.10* yang mengukur kualitas panggilan VoIP. *Packet Shaper* mengukur MOS menggunakan skala 10 - 50. Dalam mengkonversi ke skor MOS standar (yang menggunakan skala 1-5), bagilah nilai MOS *PacketShaper* sebesar 10.

ITU-T (*International Telecommunication Union of Telecommunication*) adalah standar internasional dibidang Telekomunikasi baik itu telepon maupun data. ITU-T merupakan salah satu dari tiga sektor *International Telecommunication Union* (ITU). Tugas ITU-T adalah membuat rekomendasi teknis tentang telepon, telegraf, dan antar muka komunikasi data. Standar-standar yang diakui secara internasional sering menjadi penentu penempatan dan makna dari berbagai pin pada konektor yang digunakan oleh kebanyakan *asynchronous* terminal dan modem eksternal. Beberapa contoh standar ITU-T: JPEG, MPEG, H.323, G.709.

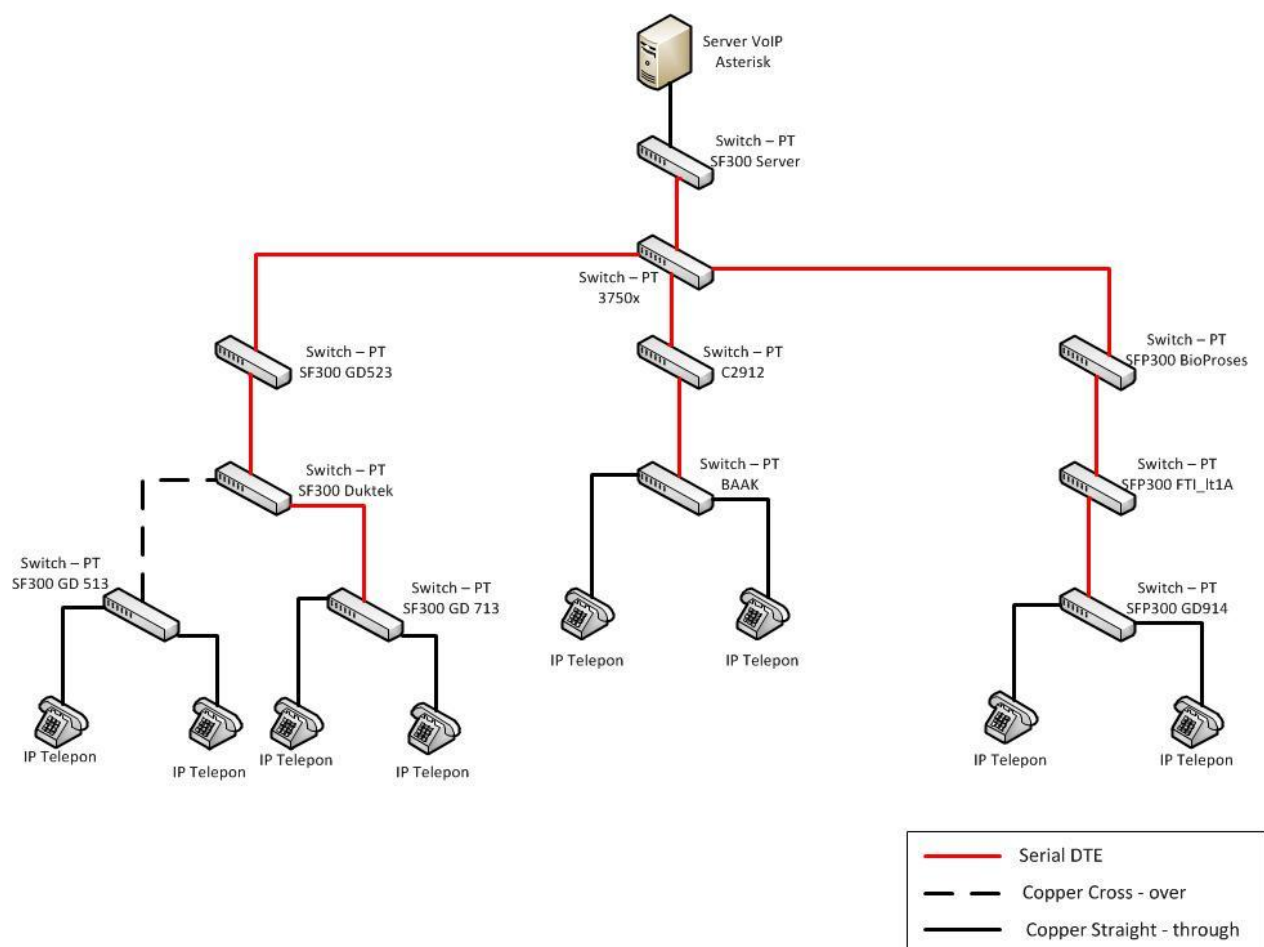
Bab III

Analisis dan Perancangan

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis dan perancangan yang akan diterapkan dalam implementasi VoIP.

3.1. Perancangan

Pada bagian ini dituliskan mengenai rancangan topologi komunikasi VoIP yang dapat berjalan sebagaimana mestinya dengan menggunakan jaringan LAN (*Local Area Network*) atau jaringan lokal IT Del. *Server* VoIP dihubungkan dengan *switch* yang berada pada setiap titik gedung, kemudian *switch* disambungkan dengan setiap *client* atau *endpoint* untuk melakukan komunikasi. Berikut gambar rancangan topologi komunikasi VoIP pada IT Del.



Gambar 4. Desain Rancangan Topologi VoIP IT Del

3.2. Perangkat yang Digunakan

Pada subbab ini dijelaskan mengenai perangkat yang digunakan pada pengerjaan Tugas Akhir ini. Adapun perangkat-perangkat tersebut mencakup perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

3.2.1. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras (*hardware*) yang diperlukan dalam perancangan dan pembangunan teknologi VoIP IT Del dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat	Spesifikasi	Keterangan
Telepon IP	<ul style="list-style-type: none">- 5 line grafis layar LCD- Fitur IPv6, SRTP/HTTPS/TLS, VLAN, dan QoS- Kompatibilitas <i>headset</i>	Alat utama melakukan komunikasi telepon
Laptop	<ul style="list-style-type: none">- Lenovo G40- Intel Core i3- RAM 4 GB	<ul style="list-style-type: none">- Media penghubung dan konfigurasi pada <i>server</i> VoIP- Media komunikasi telepon setelah diinstall <i>softphone</i>
Server	<ul style="list-style-type: none">- Server IT Del	Server VoIP

3.2.2. Perangkat Lunak (*Software*)

Implementasi VoIP membutuhkan beberapa perangkat lunak atau *software*. Perangkat lunak tersebut adalah:

1) Asterisk 13.21

Pihak pembangun menggunakan asterisk karena asterisk merupakan *software* yang bersifat *opensource* dimana pengguna dapat mengembangkan *source code* yang ada didalamnya. Asterisk juga menyediakan banyak *codec* yang dibutuhkan untuk kompresi dan dekompresi dalam sebuah proses telepon. Menyediakan fitur *format file*, *call detailed record*, dan lainnya. Asterisk menggunakan protokol berbasis SIP (*Session*

Initiation Protocol) yang berfungsi untuk melakukan kontrol terhadap urutan suatu panggilan, cara data *voice* ditransfer saat percakapan terjadi, dan bagaimana sebuah percakapan diakhiri. Asterisk juga mudah untuk digunakan atau dioperasikan.

2) Wireshark

Pada saat dilakukan uji telepon VoIP dibutuhkan aplikasi *wireshark* untuk menangkap setiap paket data saat proses percakapan terjadi. Penggunaan *wireshark* sebagai *tool network analyzer* karena *wireshark* dapat menangkap protokol data seperti RTP (*Real-time Transport Protocol*) dimana protokol tersebut merupakan paket yang membawa data komunikasi VoIP. Penggunaan *wireshark* juga mudah dioperasikan karena tampilannya menggunakan tampilan grafis atau GUI (*Graphical User Interface*).

3) X-Lite 5.2.0

X-Lite 5.2.0 adalah *softphone* yang diinstall pada *device* yang berfungsi untuk mengirimkan suara melalui jaringan dengan menggunakan protokol SIP. Dengan *softphone* X-Lite 5.2.0 ini, *transmitter* dan *receiver* dapat berkomunikasi atau melakukan percakapan. X-Lite digunakan karena mudah untuk dioperasikan dan memiliki fitur yang mendukung untuk *video call* dan *chatting*. X-Lite juga mendukung banyak *codec* yang dibutuhkan dalam proses panggilan pada VoIP.

3.3. Parameter Analisa

Pada bagian ini menjelaskan tentang parameter yang digunakan sebagai analisis pada teknologi VoIP.

3.3.1. Delay

Delay merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari sumber ke tujuan. Penyebab terjadinya *delay* antara lain:

- a) Kongesti, yaitu keadaan kemacetan yang terjadi di dalam jaringan yang menyebabkan paket ACK tidak terkirim kepada *receiver*.
- b) Kekurangan pada metode *traffic shaping*.
- c) Penggunaan paket-paket data yang besar pada jaringan berkecepatan rendah.
- d) Pemadatan *bandwidth* secara tiba-tiba.
- e) Adanya paket-paket data dengan ukuran yang berbeda-beda

Delay terdiri dari dua jenis, yaitu:

1) *Fixed delay*

Delay yang disebabkan pada media transmisi paket data. *Fixed delay* dibagi atas tiga bagian, yaitu:

a) *Propagation delay*

Merupakan *delay* yang ditentukan oleh karakteristik jarak antara sumber dan tujuan, serta media transmisi yang digunakan untuk pengiriman sinyal suara.

b) *Processing delay*

Merupakan *delay* yang diakibatkan oleh *coding*, kompresi, dekompresi, dan *decoding* yang ditentukan oleh algoritma standar *Codec*.

c) *Packetization delay*

Merupakan *delay* yang disebabkan oleh pemrosesan pada sampel suara digital yang dibawa untuk ditempatkan pada *payload* sampai paket terisi penuh. Dalam hal mengurangi terlalu banyak *delay* paketisasi, biasanya digunakan beberapa skema kompresi seperti pembagian yang dapat dikirim.

2) *Variable delay*

Delay yang terjadi didalam jaringan yang digunakan. *Variable delay* dibagi atas dua bagian, yaitu:

a) *Queuing delay*

Delay ini disebabkan oleh waktu tunggu sampai paket dilayani.

b) *Jitter buffer*

Delay yang digunakan untuk mengatasi *jitter* dengan adanya *buffer*.

Persamaan perhitungan dari *delay* sebagai berikut ^[15]:

$$Delay (ms) = \frac{total\ delay\ (ms)}{total\ paket\ yang\ diterima}$$

Standar maksimum *delay* yang direkomendasikan oleh ITU-T ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Parameter *Delay*

Kategori	Besar <i>Delay</i>
Sangat Bagus	< 9 ms
Bagus	10 ms s/d 50 ms
Jelek	51 s/d 450 ms
Sangat Jelek	>450 ms

3.3.2. Throughput

Throughput merupakan kecepatan (*rate*) transfer data efektif yang diukur dalam bps (bit per second). Persamaan perhitungan *throughput* sebagai berikut ^[15]:

$$Throughput \text{ (kbps)} = \frac{\text{paket data diterima}}{\text{lama pengamatan}}$$

3.3.3. Jitter

Jitter menunjukkan banyaknya variasi *delay* pada transmisi data di dalam suatu jaringan. *Jitter* disebabkan oleh bervariasinya waktu penerimaan paket – paket data dari *transmitter* ke *receiver*.

Standar maksimum *jitter* yang direkomendasikan oleh ITU-T ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. Parameter *Jitter*

Kategori	Besar <i>Jitter</i>
Sangat Bagus	0 ms
Bagus	1 ms s/d 75 ms
Jelek	76 s/d 125 ms
Sangat Jelek	>126 ms

3.3.4. Packet Loss

Packet loss merupakan banyak paket yang hilang selama proses transmisi ke tujuan, bila *packet loss* yang terjadi dengan nilai *packet loss* yang besar maka menyebabkan terjadinya interkoneksi melambat. Standar maksimum *packet loss* yang direkomendasikan oleh ITU-T ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 7. Standar *Packet loss*

Kategori	Besar <i>Packet Loss</i>
Sangat Bagus	0 %
Bagus	1 % s/d 5 %
Jelek	6 % s/d 15 %
Sangat Jelek	>16 %

3.4. Metode Pengukuran

Pada bagian ini menjelaskan mengenai metode pengukuran yang dilakukan pada analisis terhadap implementasi VoIP yang dilakukan.

3.4.1. MOS

Merupakan sistem penilaian yang berhubungan dengan kualitas suara yang didengar pada telepon penerima. Standar penilaian MOS dikeluarkan oleh *International Telecommunication Union of Telecommunication* (ITU-T) pada tahun 1996 (ITU-T P.800, 1996) MOS memberikan penilaian kualitas suara dengan skala 1 (satu) sampai 5 (lima), di mana satu mempresentasikan kualitas suara yang tidak direkomendasikan dan lima mempresentasikan kualitas suara yang sangat memuaskan. Penilaian dengan menggunakan MOS masih bersifat subjektif karena kualitas pendengaran dan pendapat dari masing-masing pendengar berbeda-beda.

Metode MOS masih kurang efektif dalam mengestimasi kualitas suara untuk layanan VoIP, hal ini dikarenakan:

- Tidak terdapatnya nilai yang pasti terhadap parameter yang mempengaruhi kualitas layanan suara dalam VoIP.
- Setiap orang memiliki standar yang berbeda-beda terhadap suara yang didengar hanya dengan melalui percakapan.

Rekomendasi ITU-T untuk nilai kualitas dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 8. Standar MOS

Skala MOS	Keterangan
1.0 – 2.5	Tidak direkomendasikan
2.6 – 3.0	Tidak memuaskan
3.1 – 3.5	Kurang memuaskan
3.6 – 3.9	Puas
4.0 – 4.5	Memuaskan
4.6 – 5.0	Sangat Memuaskan

3.4.2. R – Factor

Didalam jaringan VoIP, penurunan kualitas yang diakibatkan oleh transmisi data memegang peranan penting terhadap kualitas suara yang dihasilkan yang disebabkan oleh beberapa hal, yaitu: *delay* dan *packet loss*. Pendekatan matematis yang digunakan untuk menentukan kualitas suara berdasarkan penurunan kualitas suara dalam jaringan VoIP dimodelkan dengan *E – Model* yang distandarisasikan pada ITU-T.

Nilai akhir estimasi *E – Model* disebut dengan *R – Factor*. *R – Factor* merupakan faktor kualitas transmisi yang dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti: *codec*, *delay*, dan *packet loss*. *R – Factor* ini dirumuskan sebagai berikut ^[15]:

$$R = 94.2 - I_d - I_e$$

Keterangan:

I_d = Faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh pengaruh *delay*.

I_e = Faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh *packet loss*.

Nilai dari I_d dan I_e ditentukan oleh persamaan berikut ^[15]:

$$I_d = 0.024d + 0.11(d - 177.3)H(d - 177.3)$$

$$I_e = 7 + 30 \ln(1 + 15e)$$

Nilai R - $Factor$ secara keseluruhan dihitung dari persamaan berikut ^[15]:

$$R = 94.2 - [0.024d + 0.11(d - 177.3)H(d - 177.3)] - [7 + 30 \ln(1 + 15e)]$$

Keterangan:

R = Faktor kualitas transmisi

d = *Delay* (ms)

$H(x)$ = Fungsi dengan nilai bulat yang terbesar, dengan ketentuan: $H(x) = 0$, jika $x < 0$;

$H(x) = 1$, jika $x \geq 0$

e = Persentasi besarnya *packet loss* yang terjadi (dalam bentuk desimal)

Hubungan nilai dari estimasi R - $Factor$ dengan MOS mempunyai ketentuan sebagai berikut ^[15]:

1. $R < 0$, MOS = 1
2. $R = 100$, MOS = 4.5
3. $0 < R < 100$, MOS = $1 + 0.035R + (7 \times 10^{-6} R(R - 60)(100 - R))$

Nilai R - $Factor$ mengacu kepada standar MOS, hubungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini ^[15].

Tabel 9. Hubungan R - $Factor$ dengan MOS

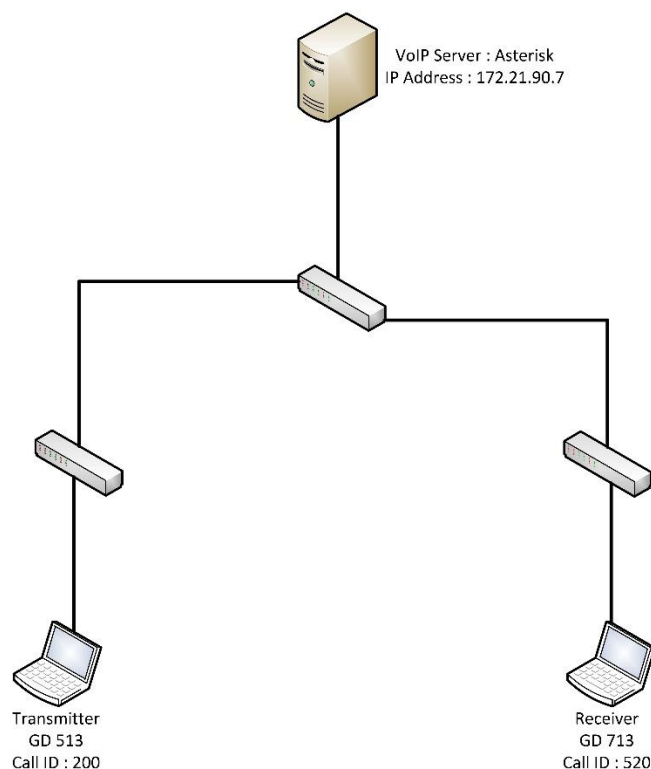
R - $Factor$	MOS	Keterangan
0 - 49	1.0 - 2.5	Tidak direkomendasikan
50 - 59	2.6 - 3.0	Tidak memuaskan
60 - 69	3.1 - 3.5	Kurang memuaskan
70 - 79	3.6 - 3.9	Puas
80 - 89	4.0 - 4.5	Memuaskan
90 - 99	4.6 - 5.0	Sangat Memuaskan

3.5. Skenario Pengujian

Pada subbab ini menjelaskan skenario-skenario implementasi teknologi VoIP yang diuji. Pada bagian ini juga diberitahukan jarak antar setiap gedung yang menjadi lokasi pengujian VoIP.

3.5.1. Skenario Pengujian Codec

Skenario ini bertujuan untuk menguji setiap *codec* yang terdapat pada *softphone* maupun pada *IP Telephony*. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan *codec* yang memiliki kualitas suara yang jelas dan bagus. Pengujian ini dilakukan dengan menguji satu persatu *codec* yang terdapat pada perangkat sehingga setiap *codec* akan mendapat *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* yang berbeda-beda untuk setiap *codec*. *Codec* yang diuji adalah *codec* G711uLaw, G711aLaw, GSM, G722, OPUS, SPEEX Narrowband, dan SPEEX Wideband. Skenario pengujian ini pertama sekali dilakukan karena dibutuhkan untuk skenario pengujian selanjutnya. Gambar skenario pengujian *codec* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. Skenario Pengujian Codec

Pada gambar dapat dilihat bahwa dibutuhkan 2 laptop dengan peran satu laptop sebagai *transmitter* dengan *call id*: 200, dan satu laptop berperan sebagai *receiver* dengan *call id*:

100. Pada masing-masing laptop telah terinstal *softphone* sebagai media percakapan antara *transmitter* dan *receiver*, dan pada laptop *transmitter* telah diinstal *wiresark* yang bertujuan untuk melihat *traffic* data pada saat komunikasi berlangsung. Tujuan dari *traffic* data ini adalah untuk mendapatkan *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* untuk setiap *codec*. *Transmitter* ditempatkan di GD 513 dan *receiver* ditempatkan di GD 713 yang memiliki jarak antara kedua gedung sekitar 80 meter berdasarkan jarak topologi jaringan.

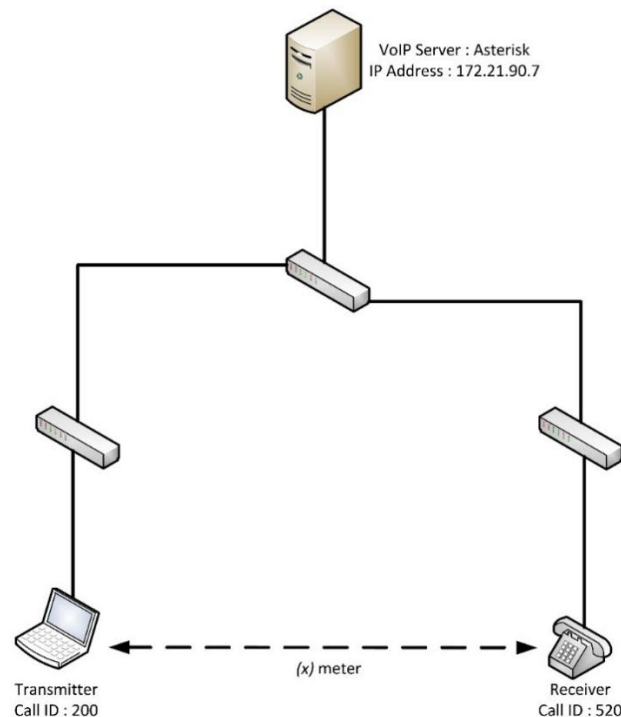
3.5.2. Skenario Pengujian Telepon

Pada skenario pengujian dilakukan menjelaskan skenario pengujian terhadap kualitas layanan dan suara pada saat proses pemanggilan setelah didapatkan *codec* yang baik melalui skenario pengujian *codec* sebelumnya.

3.5.2.1. Skenario Pengujian Berdasarkan Jarak

Pada skenario pengujian telepon berdasarkan jarak yang diukur menggunakan *google maps* dengan mengikuti *path* topologi jaringan IT Del, *transmitter* dan *receiver* melakukan komunikasi dengan menggunakan jaringan LAN yang bertujuan untuk mendapatkan hasil pengukuran terhadap nilai *delay*, *throughput*, *jitter*, *packet loss* serta rata-rata MOS dengan jarak (x) yang berbeda-beda berdasarkan tabel 7, 8, 9, 10. Gambar skenario pengujian dua telepon dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

ANTAR GEDUNG – SKENARIO I



Gambar 6. Skenario Pengujian Berdasarkan Jarak

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa dibutuhkan satu laptop yang berperan sebagai *transmitter* dengan *call id*: 200 dan satu IP *Telephony* berperan sebagai *receiver* dengan *call id*: 520. Pada laptop *transmitter* telah terinstal *softphone* sebagai media percakapan antara *transmitter* dan *receiver*, dan pada laptop *transmitter* juga telah diinstal *wireshark* yang bertujuan untuk melihat *traffic* data pada saat komunikasi berlangsung. Tabel dibawah ini digunakan sebagai sampel acuan jarak (x) untuk dilakukan pengujian dua telepon.

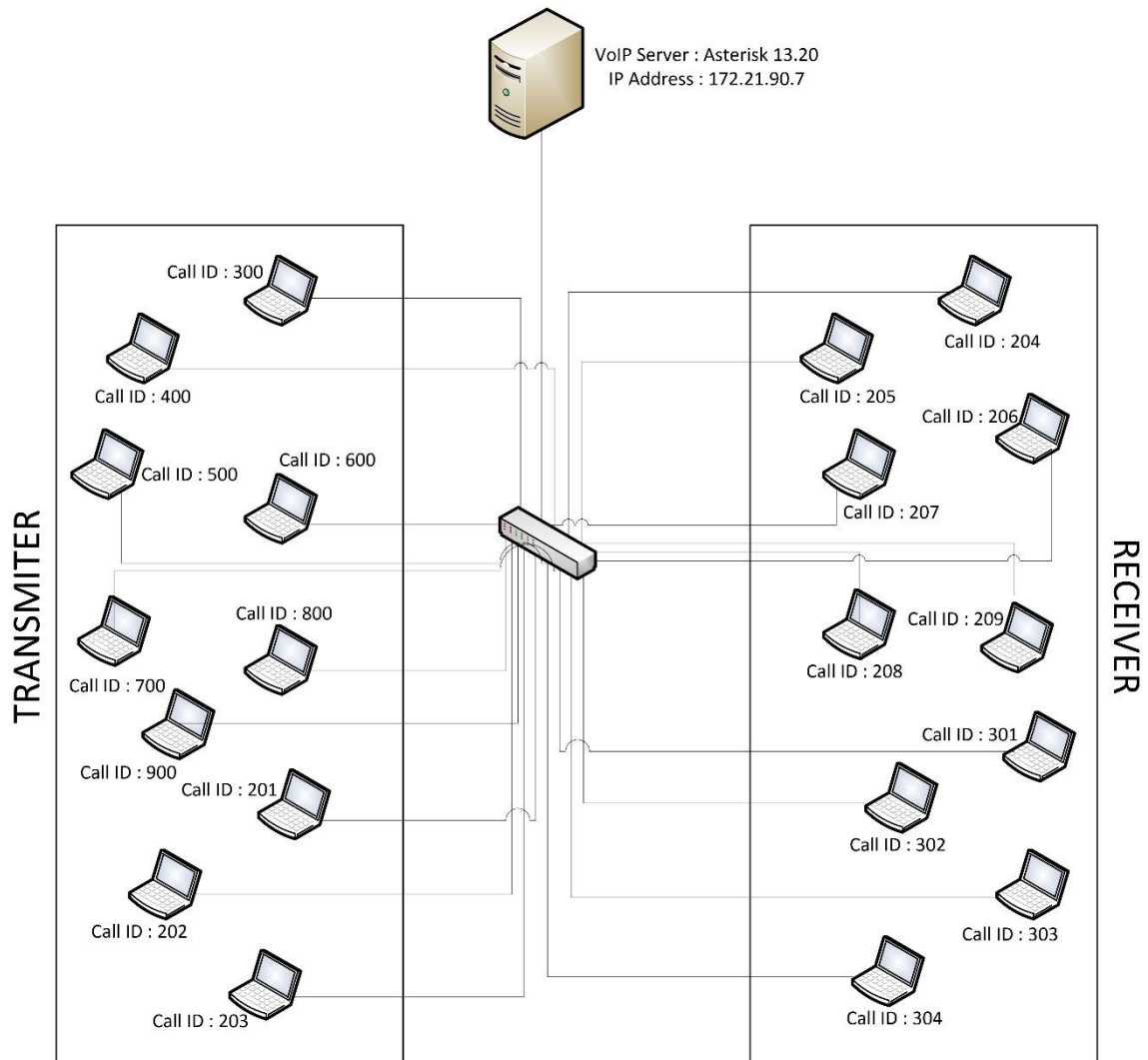
Tabel 10. Jarak (x) antara gedung

Nama Gedung Sumber	Nama Gedung Tujuan	Jarak (meter)
GD 5	GD 7	80,44
	GD 9	467,30
	BAAK	402,72
GD 7	GD 9	510,13
	BAAK	452,98
GD 9	BAAK	566,97

3.5.2.2. Skenario Pengujian Berdasarkan Banyak Telepon

Pada skenario ini, dilakukan dengan menggunakan sampel sebanyak 20 laptop pada suatu ruangan yang memiliki satu *switch*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *delay*, *jitter*, *throughput*, *packet loss*, dan kualitas suara pada komunikasi dengan waktu secara bersamaan. Sepuluh laptop pertama berperan sebagai *transmitter* dan sudah terinstal juga *wireshark* yang berfungsi untuk melihat *traffic* data antara *transmitter* dan *receiver*, sepuluh laptop berikutnya berperan sebagai *receiver* yang berfungsi untuk menerima panggilan dari *transmitter*. Gambar skenario pengujian berdasarkan banyak telepon dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

GD 724 – SKENARIO II



Gambar 7. Skenario Pengujian Berdasarkan Banyak Telepon

Pada gambar dapat dilihat bahwa 10 *transmitter* dan 10 *receiver* melakukan komunikasi dengan nomor panggilan antara nomor sumber dengan nomor tujuan sesuai pada tabel dibawah ini.

Tabel 11. Panggilan telepon oleh nomor sumber ke nomor tujuan

No	Nomor Sumber	Nomor Tujuan
1.	201	209
2.	203	204
3.	700	302
4.	900	206

No	Nomor Sumber	Nomor Tujuan
5.	600	207
6.	202	205
7.	800	208
8.	400	303
9.	300	304
10.	500	301

Bab IV

Implementasi dan Pengujian

Pada bab ini dijelaskan implementasi dan pengujian VoIP. Implementasi yang dilakukan seperti instalasi *server* Asterisk dan instalasi *softphone*. Pada bab ini juga dijelaskan pengujian yang dilakukan terhadap jaringan yang dibangun menggunakan skenario-skenario yang telah dirancang.

4.1. Instalasi Software

Pada subbab ini menjelaskan tentang cara instalasi *software* yang dibutuhkan yaitu Asterisk 13 dan *softphone*.

4.1.1. Instalasi Asterisk

Asterisk digunakan untuk merutekan dan mengatur panggilan telepon dengan menggunakan *Session Initiation Protocol* (SIP). Langkah-langkah instalasi Asterisk pada *server* adalah sebagai berikut.

4.1.1.1. Konfigurasi Selinux

- a) Edit *file* pada `/etc/selinux/config`, ubah SELINUX menjadi *disable*.
- b) *Restart server* dengan *command reboot*.

4.1.1.2. Konfigurasi Iptables

Iptables berfungsi sebagai alat untuk melakukan *filter* (penyaringan) terhadap lalulintas (*traffic*) data. Dengan *iptables* ini dilakukan pengaturan semua lalulintas didalam komputer, baik yang masuk kedalam komputer, keluar dari komputer, ataupun *traffic* yang sekedar yang melewati komputer.

Install iptables-service pada *server*, lakukan *enable* pada *iptables* yang terinstal yang bertujuan untuk membuat *service* tetap berjalan pada saat *boot* secara otomatis.

```
$ yum install -y iptables-services
$ systemctl enable iptables
$ systemctl start iptables
```

Buat sebuah *file* dengan *text editor*:

```
-----$ nano /etc/iptables.firewall.rules-----
```

Pada *file* tersebut masukkan *script* sesuai yang dibawah ini:

```
* filter
# Allow all loopback (lo0) traffic and drop all
traffic to 127/8 that doesn't use lo0
-A INPUT -i lo -j ACCEPT //
-A INPUT -d 127.0.0.0/8 -j REJECT //

# Accept all established inbound connections
-A INPUT -m state --state ESTABLISHED,RELATED -j
ACCEPT //

# Allow all outbound traffic - you can modify this
to only allow certain traffic
-A OUTPUT -j ACCEPT //

# Allow SSH connections
#
# The -dport number should be the same port number
you set in sshd_config, ie 8050
#
-A INPUT -p tcp -m state --state NEW --dport 22 -j
ACCEPT
# SIP on UDP port 5060, 5061 for secure signaling.
Used for signals such as "hang up"
-A INPUT -p udp -m udp --dport 5060 -j ACCEPT
-A INPUT -p udp -m udp --dport 5061 -j ACCEPT
# IAX2- the IAX protocol - comment out if you don't
plan to use IAX
# -A INPUT -p udp -m udp --dport 4569 -j ACCEPT
```



```
# IAX - old IAX protocol, uncomment if needed for
legacy systems.

# -A INPUT -p udp -m udp --dport 5036 -j ACCEPT

# RTP - the media stream - you can change this in
/etc/asterisk/rtp.conf
-A INPUT -p udp -m udp --dport 10000:20000 -j
ACCEPT

# MGCP - if you use media gateway control protocol
in your configuration
-A INPUT -p udp -m udp --dport 2727 -j ACCEPT

# Uncomment these lines if you plan to use FreePBX
to manage Asterisk
# -A INPUT -p tcp --dport 80 -j ACCEPT
# -A INPUT -p tcp --dport 443 -j ACCEPT

# Allow ping
-A INPUT -p icmp --icmp-type echo-request -j ACCEPT

# Log iptables denied calls
-A INPUT -m limit --limit 5/min -j LOG --log-prefix
"iptables denied: " --log-level 7
# Drop all other inbound - default deny unless
explicitly allowed policy
-A INPUT -j DROP
-A FORWARD -j DROP

COMMIT //
```

Muat ulang *file firewall rules*

```
$ iptables-restore < /etc/iptables.firewall.rules
```

Simpan *iptables* yang telah dibuat

```
$ /usr/libexec/iptables/iptables.init save
```

Install sejumlah *dependencies* yang dibutuhkan sebelum menginstal Asterisk.

```
$ yum install -y epel-release dmidecode gcc-c++  
ncurses-devel libxml2-devel make wget openssl-devel  
newt-devel kernel-devel libuuid-devel gtk2-devel  
jansson-devel binutils-devel
```

4.1.1.3. Install PJPROJECT

PJPROJECT merupakan *driver* saluran SIP Asterisk yang memberikan kinerja panggilan yang lebih efisien daripada *driver* yang lainnya.

Buat direktori sebagai tempat PJPROJECT untuk bekerja

```
$mkdir ~/build
```

Pindah ke direktori tersebut

```
$cd ~/build
```

Gunakan wget untuk mendapatkan *link download* PJSIP fdriver

```
$wget http://www.pjsip.org/release/2.3/pjproject-2.3.tar.bz2
```

Lakukan ekstrak pada *file* hasil yang telah di-*download* tersebut

```
$tar -jxvf pjproject-2.3.tar.bz2
```

- 1) Pindah ke direktori yang telah diekstrak tersebut

```
$ cd pjproject-2.3
```

- 2) Lakukan *compiled* pada *software* dengan menggunakan perintah berikut :

```
$ ./configure CFLAGS="-DNDEBUG -DPJ_HAS_IPV6=1"
-prefix=/usr -libdir=/usr/lib64 -enable-shared -
disable-video -disable-sound -disable-opencore-
amr
```

- 3) Memastikan semua dependencies tersedia dengan menggunakan

```
$ make dep
$ make
```

- 4) *Install packages* :

```
$ make install
$ ldconfig
```

4.1.1.4. Install DAHDI

DAHDI atau Digium/Asterisk *Hardware Device Interface* merupakan modul kernel yang mengontrol kartu *interface* telepon. Kartu telepon tersebut digunakan untuk menghubungkan Briker dengan jaringan *Plain Old Telephony System* (POTS) atau dengan telepon analog.

- 1) Pindah ke direktori *build*

```
$ cd ~/build
```

2) *Download DAHDI*

```
$wget  
http://download.asterisk.org/pub/telephony/dahdi-  
linux-complete/dahdi-linux-complete-current.tar.gz
```

3) Ekstrak *file* yang telah di-*download*

```
$ tar -zxvf dahdi-linux-complete-current.tar.gz
```

4) Pindah ke direktori hasil ekstraknya

```
$ cd dahdi-linux-complete-2.11.1+2.11.1  
$ make  
$ make install  
$ make config
```

4.1.1.5. **Install Asterisk**

1) Pindah ke direktori build

```
$ cd ~/build
```

2) *Download Asterisk*

```
$wget  
http://download.asterisk.org/pub/telephony/asteri  
sk/asterisk-13-current.tar.gz
```

3) Ekstrak *file* yang telah di-*download*

```
$ tar -zxvf asterisk-13-current.tar.gz
```

4) Pindah ke direktori hasil ekstraknya

```
$ cd asterisk-13.20.0
```

Menghidupkan MP3

- 1) *Install subversion*

```
$ yum install svn
```

- 2) Jalankan hasil instalasinya

```
$ contrib/scripts/get_mp3_source.sh
```

4.1.1.6. Konfigurasi dan Build Asterisk

- 1) Jalankan *script configure* pada Asterisk

```
$ ./configure --libdir=/usr/lib64
```

- 2) Mulai *build* proses

```
$ make menuselect
```

- 3) *Compile* Asterisk

```
$ make
```

- 4) *Install* hasil *compile* Asterisk pada *server*

```
$ make install
```

- 5) *Install file konfigurasi sample*

```
$ make samples
```

- 6) Konfigurasi Asterisk untuk memulainya secara otomatis ketika dilakukan *boot*

```
$ make config
```

Memulai Asterisk

1) Aktifkan Asterisk

```
$ service asterisk start
```

Perintah tersebut dilakukan untuk memulai Asterisk didalam perintah *service* pada linux.

2) Membuka Asterisk dengan :

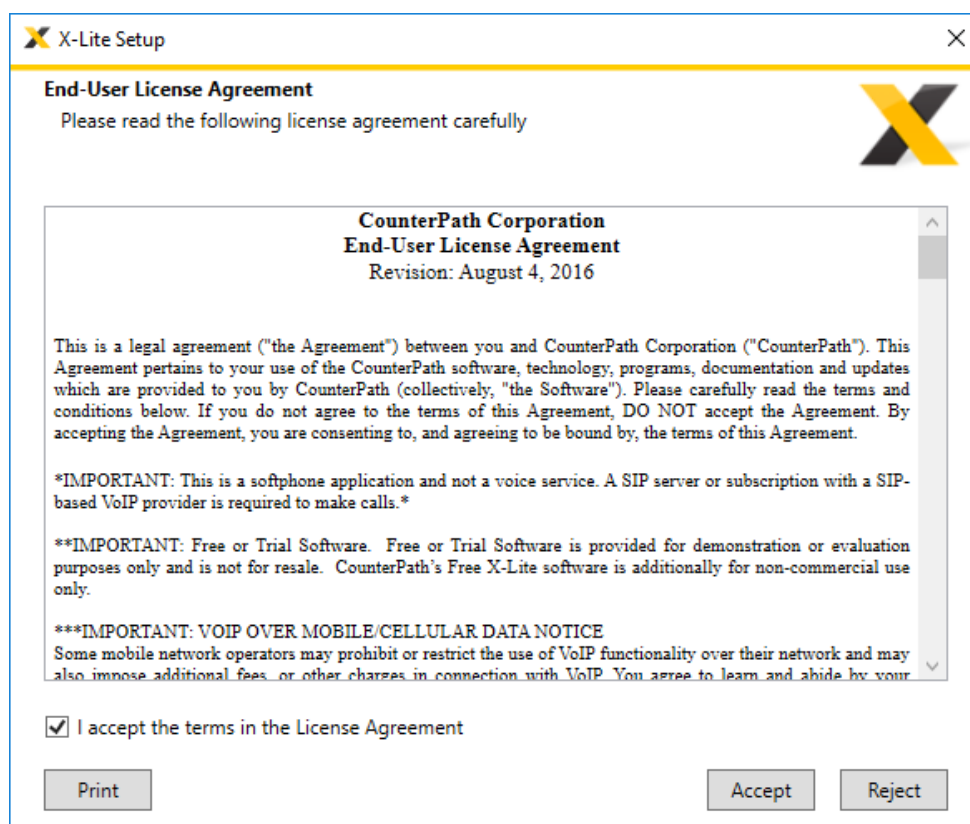
```
$ asterisk -rvvv
```

Perintah tersebut dilakukan untuk masuk kedalam *console* Asterisk.

4.1.2. Instalasi Softphone

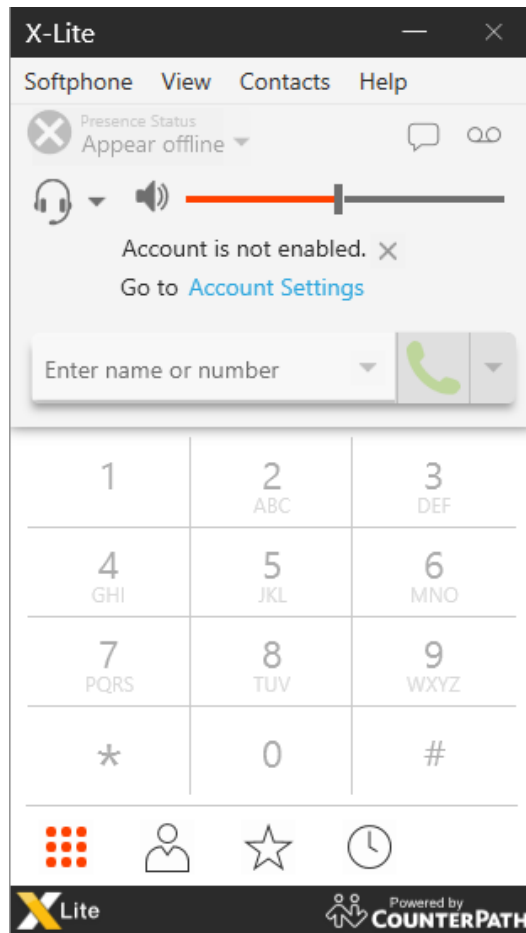
Softphone digunakan sebagai aplikasi untuk mengirimkan suara pada implementasi VoIP melalui jaringan LAN. *Softphone* yang digunakan adalah X-Lite_5.2.0_90534. Langkah-langkah instalasi X-Lite_5.2.0_90534 pada *client* adalah sebagai berikut:

- 1) Memberikan tanda centang, dan menekan tombol “Accept”. Gambar tampilan awal X-lite dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 8. Tampilan X-Lite *License Agreement*

- 2) Setelah selesai melakukan *install softphone*, maka tampilan *softphone* ditampilkan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 9. Tampilan awal X-Lite

4.2. Register Nomor VoIP

Pada bagian ini menjelaskan tentang melakukan *registration* nomor VoIP pada *server* Asterisk.

4.2.1. Register Nomor Pada Server Asterisk

Register nomor VoIP pada *server* Asterisk

- a) Edit file `/etc/asterisk/sip.conf`, tambahkan *script* berikut :

```
[200]
type = friend
context = my-phones
secret = 520
host = dynamic
```

Keterangan:

- 1) `[200]` : nomor yang akan digunakan untuk *softphone* X-Lite.
- 2) `Type` : penanda atau *group*.
- 3) `Context` : nama grup dari nomor-nomor yang akan di-*register*.
- 4) `Secret` : *password* yang akan digunakan pada *softphone* X-Lite.
- 5) `Host` : *host* yang digunakan untuk mendapatkan *ip address* untuk *transmitter* dan *receiver* biasanya menggunakan *dynamic* yang bertujuan untuk mendapatkan *ip address* secara otomatis berdasarkan jaringan yang digunakan.

File `sip.conf` berfungsi untuk menambahkan *user* yang didaftarkan pada *server* Asterisk

- b) Edit file `/etc/asterisk/extensions.conf`, tambahkan *script* berikut:

```
[my-phones]
exten => 200,1,Dial(SIP/200,20)
```

- 1) `[my-phones]` : merupakan nama grup yang sesuai pada *file* `sip.conf`
- 2) `exten` : mendaftarkan nomor dan untuk mengatur jenis *signal* yang digunakan, dan waktu *hang-up* untuk panggilan.

File extensions.conf berfungsi untuk memberikan *extension* kepada masing-masing *user* yang telah didaftar pada *file sip.conf*.

c) Masuk kedalam *console line interface* Asterisk

```
$ asterisk -rvvv
```

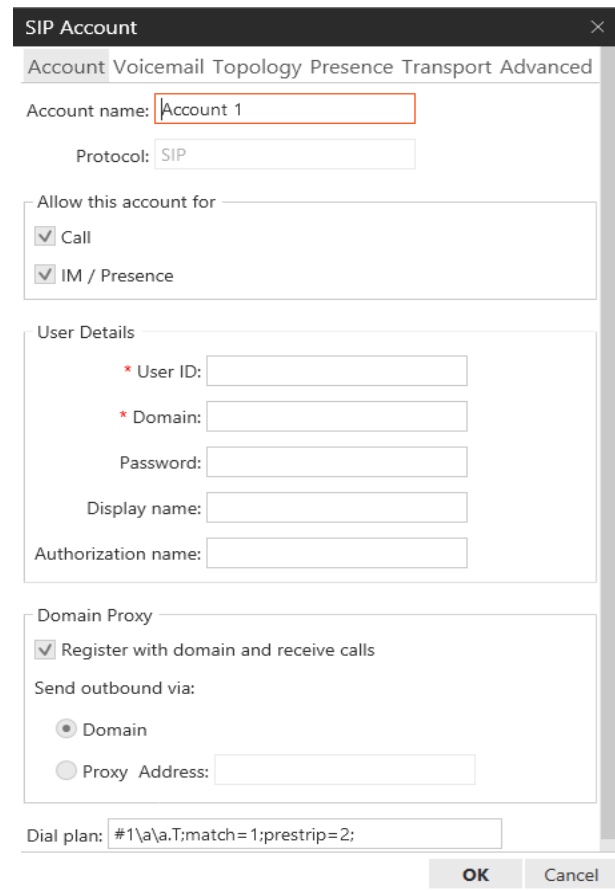
Perintah diatas bertujuan untuk masuk kedalam *console line interface* Asterisk.

```
localhost*CLI > reload
```

Perintah diatas bertujuan untuk memuat ulang *file* konfigurasi pada *sip.conf* dan *extensions.conf*

4.2.2. Register Nomor Pada Softphone X-Lite 5.2.0

Melakukan *register* nomor *dial-up* yang telah ditambahkan pada *server* Asterisk, dengan cara memilih menu *Softphone > Account settings*. Gambar dari *register* nomor *dial up* seperti yang dibawah:

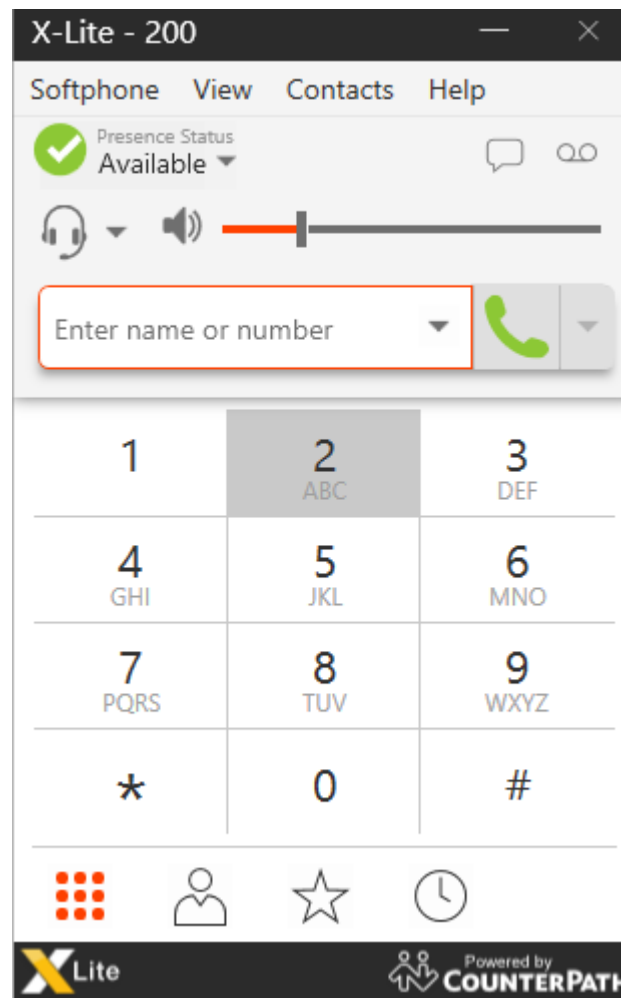


Gambar 10. Tampilan Register SIP Account

Pada *field*:

- Account name* => diisi dengan nama akun yang akan ditampilkan pada layar *softphone*
- User ID* => diisi dengan nomor dari yang telah didaftarkan pada *server* Asterisk
- Domain* => diisi dengan domain dari *server* yaitu : *voip-ta.del.ac.id*, yang *ip address*-nya adalah 172.21.90.7
- Password* => *password* yang telah didaftarkan pada *server* Asterisk
- Display name* => diisi dengan nama yang akan ditampilkan pada layar *softphone*
- Authorization name* => diisi sama dengan nama pada *User ID*

Tampilan *softphone* setelah nomor diregistrasi dan berhasil.



Gambar 11. Tampilan X-Lite dengan nomor yang aktif

Dalam hal melakukan pengujian teknologi VoIP pada jaringan LAN IT Del maka dilakukan penambahan penomoran pada *server* VoIP. Pada tabel berikut dapat dilihat penomoran VoIP yang digunakan pada saat pengujian teknologi VoIP.

Tabel 12. Penomoran VoIP yang di-*register* pada *Server* dan *Client*

No.	Nomor Telepon	Jenis Perangkat
1.	519	Telepon VoIP
2.	520	Telepon VoIP
3.	100	<i>Softphone</i>
4.	200	<i>Softphone</i>
5.	300	<i>Softphone</i>
6.	400	<i>Softphone</i>

No.	Nomor Telepon	Jenis Perangkat
7.	500	<i>Softphone</i>
8.	600	<i>Softphone</i>
9.	700	<i>Softphone</i>
10.	800	<i>Softphone</i>
11.	900	<i>Softphone</i>
12.	201	<i>Softphone</i>
13.	202	<i>Softphone</i>
14.	203	<i>Softphone</i>
15.	204	<i>Softphone</i>
16.	205	<i>Softphone</i>
17.	206	<i>Softphone</i>
18.	207	<i>Softphone</i>
19.	208	<i>Softphone</i>
20.	209	<i>Softphone</i>
21.	301	<i>Softphone</i>
22.	302	<i>Softphone</i>
23.	303	<i>Softphone</i>
24.	304	<i>Softphone</i>
25.	305	<i>Softphone</i>

4.3. Pengujian Skenario

Pada subbab ini dijelaskan pengujian yang dilakukan terhadap skenario-skenario yang telah didesain pada bab III sebelumnya.

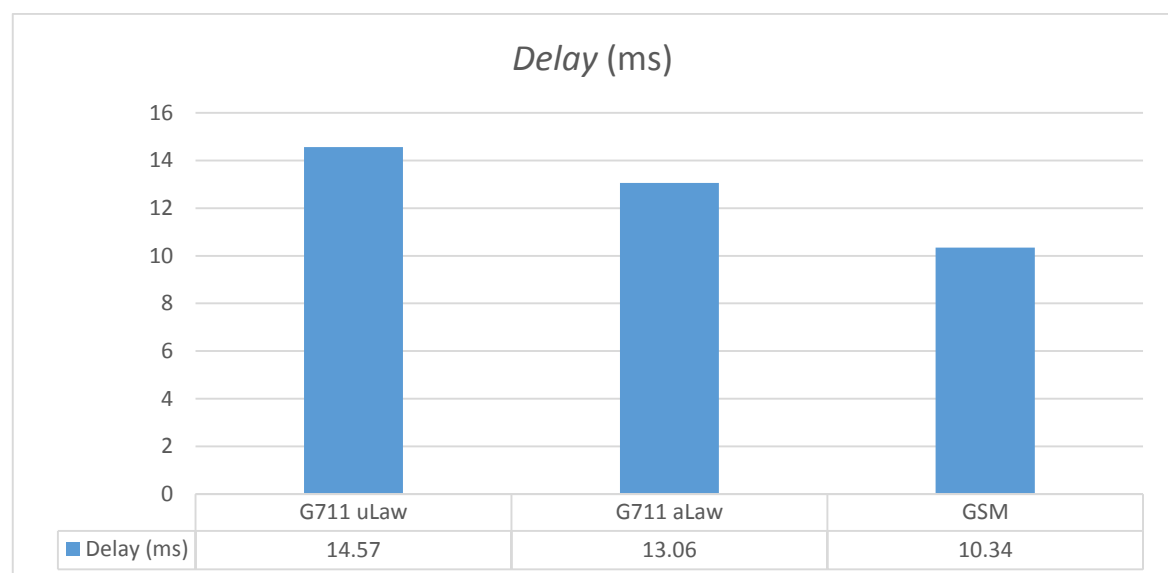
4.3.1. Pengujian Codec

Pengujian *codec* dengan menggunakan jaringan LAN IT Del dan dilakukan masing-masing sebanyak 7 kali percobaan dengan menggunakan 2 buah laptop yang masing-masing laptop telah terinstal *softphone*. Jarak antara *receiver* dan *transmitter* adalah sekitar 80.44 m. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 13. Hasil pengukuran skenario pengujian *codec*

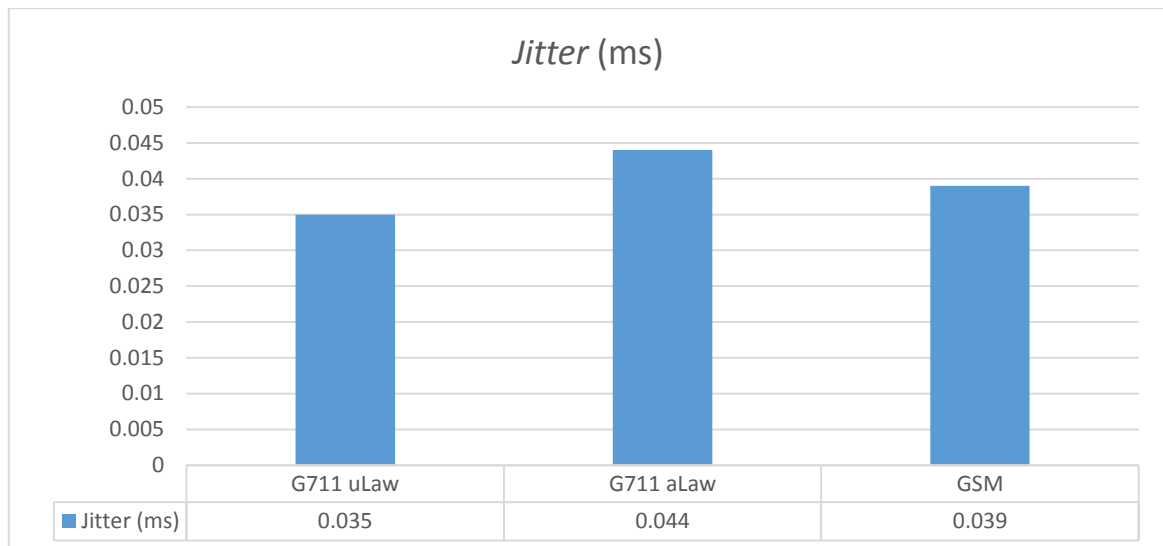
No	Jenis Codec	Delay (ms)	Throughput (kbps)	Jitter (ms)	Packet loss (%)	R – Factor	MOS	Status Panggilan
1.	G711 uLaw	14.57	117.76	0.035	0	86.85032	4.254412792	Berhasil
2.	G711 aLaw	13.06	131.07	0.044	0	86.88656	4.255467979	Berhasil
3.	GSM	10.34	70.65	0.039	0	86.95184	4.257364044	Berhasil
4.	G722	-	-	-	-	-	-	Tidak Berhasil
5.	OPUS	-	-	-	-	-	-	Tidak Berhasil
6.	SPEE X Wideb and	-	-	-	-	-	-	Tidak Berhasil
7.	SPEE X Narro wband	-	-	-	-	-	-	Tidak Berhasil

Dari tabel diatas didapatkan hasil yang berbeda dari setiap *codec* dan status yang berbeda juga. Pada *codec* G711 ulaw dengan nilai *R – Factor* yang didapat adalah 86.85032, sehingga nilai MOS yang diperoleh adalah 4.254412792. Pada *codec* G711 alaw dengan nilai *R – Factor* yang didapat adalah 86.88656 sehingga nilai MOS yang diperoleh adalah 4.255467979. Pada *codec* GSM dengan nilai *R – Factor* yang didapat adalah 86.95184 sehingga nilai MOS yang diperoleh adalah 4.257364044. Berdasarkan tabel 7 nilai rata-rata MOS untuk ketiga *codec* ini berada pada *range* 4.0 – 4.5 yang menghasilkan kualitas suara yang memuaskan dan status panggilan dengan menggunakan ketiga *codec* ini adalah berhasil. Pada *codec* G722, OPUS, SPEEX *Narrowband*, SPEEX *Wideband* tidak berhasil melakukan panggilan karena server Asterisk 13 hanya mendukung untuk *codec* G711ulaw, G711alaw, dan *codec* GSM. Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 12, 13, 14 dibawah ini.



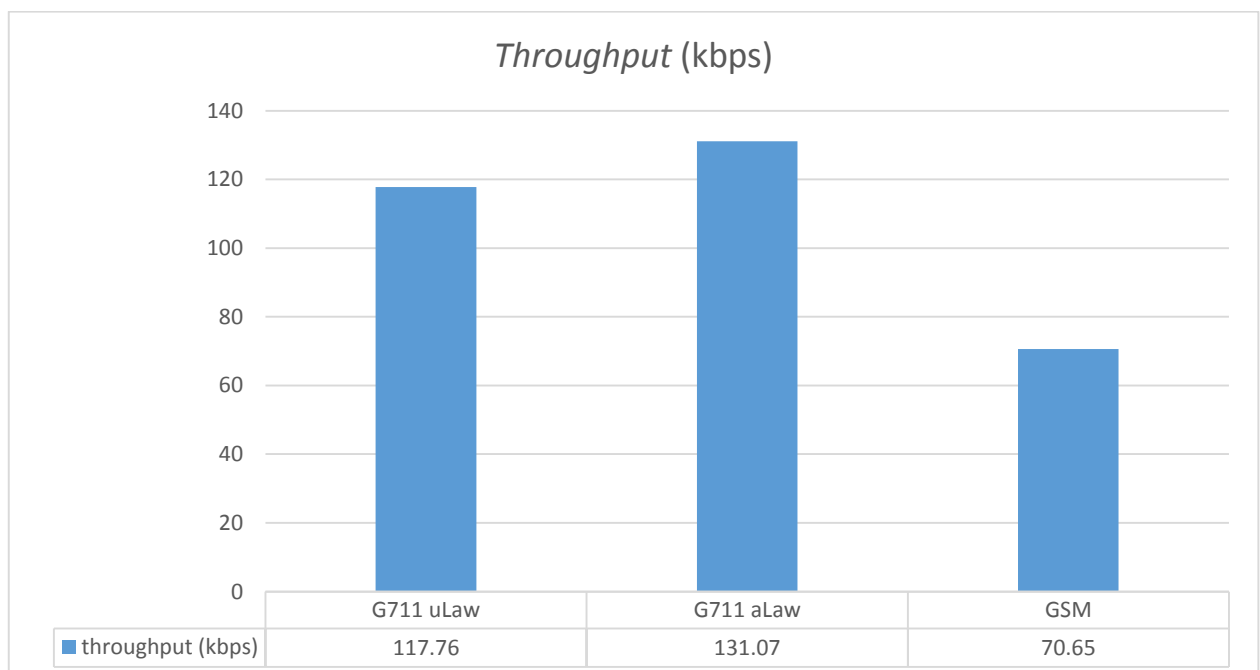
Gambar 12. Grafik *Delay* Pengujian *Codec*

Berdasarkan grafik 12 dapat dilihat bahwa *delay* yang terjadi untuk ketiga *codec* berada diantara 10 – 15 ms yang berdasarkan tabel 3 memiliki kategori bagus untuk melakukan komunikasi.



Gambar 13. Grafik *Jitter* Pengujian *Codec*

Berdasarkan grafik 13 dapat dilihat bahwa *jitter* untuk ketiga *codec* berada diantara 0 – 1 ms yang berdasarkan tabel 4 memiliki kategori bagus untuk melakukan komunikasi.



Gambar 14. Grafik *Throughput* Pengujian *Codec*

Berdasarkan grafik 14 dapat dilihat bahwa konsumsi *throughput* untuk ketiga *codec* adalah sekitar 70 – 131 kbps yang digunakan selama berkomunikasi.

Pengujian dengan skenario ini dapat disimpulkan bahwa *codec* yang digunakan untuk implementasi VoIP dengan menggunakan *server* Asterisk 13 adalah *codec* G711ulaw,

G711alaw, dan GSM yang menghasilkan kualitas suara yang memuaskan dengan nilai rata-rata MOS adalah 4.2 dan konsumsi *throughput* yang lumayan sedikit.

4.3.2. Pengujian Telepon

Pada bagian ini menuliskan data mengenai kualitas layanan teknologi VoIP pada saat proses panggilan berlangsung.

4.3.2.1. Pengujian Berdasarkan Jarak

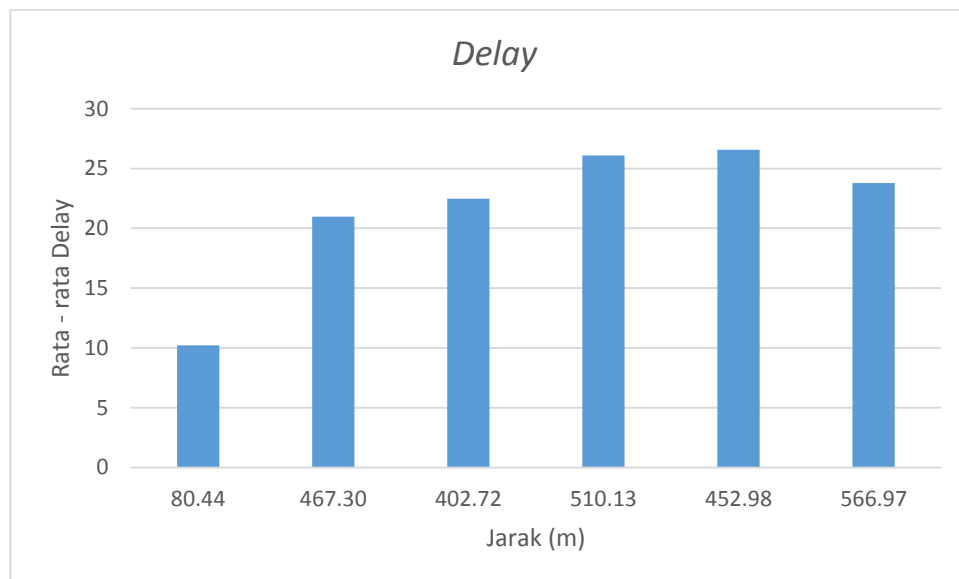
Pengujian telepon berdasarkan jarak menggunakan jaringan LAN IT Del dilakukan masing-masing sebanyak 5 kali percobaan panggilan pada setiap jarak yang telah ditentukan, yaitu dengan selang waktu : 1 menit, 3 menit, 5 menit, 7 menit, dan 10 menit untuk melakukan panggilan dengan menggunakan 1 buah laptop yang telah terinstall *softphone* X-Lite dan 1 buah ip *telephony*. Dalam pengujian dengan skenario ini menggunakan *codec* G711ulaw dan G711alaw karena pada *device* IP *Telephony* dan *softphone* X-Lite memiliki *codec* yang sama yaitu: *codec* G711alaw dan G711ulaw. Pada pengujian tersebut dilakukan dengan berbeda-beda jarak pula. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 14. Hasil pengukuran skenario pengujian berdasarkan jarak

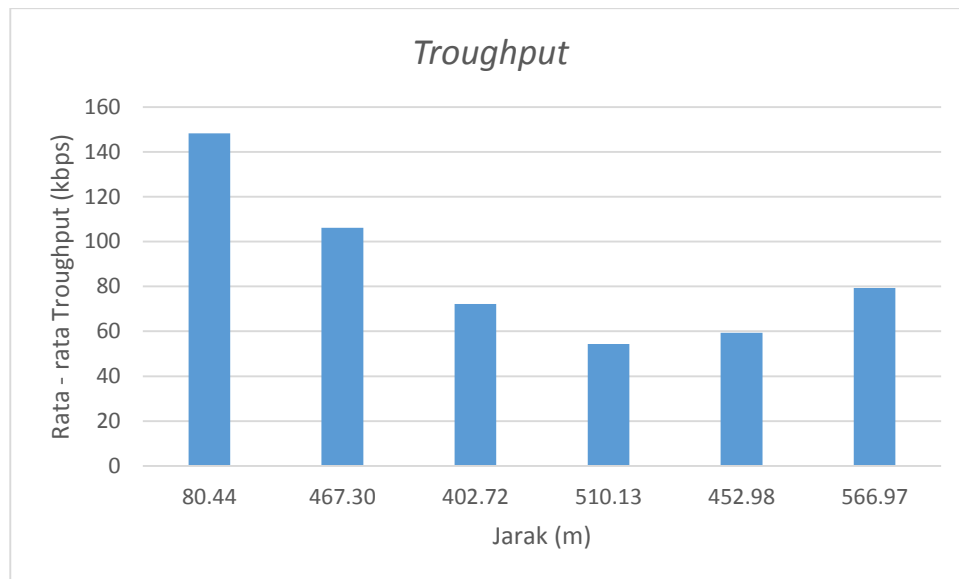
No	Gedung Sumber	Gedung Tujuan	Jarak (m)	Delay (ms)	Throughput (kbps)	Jitter (ms)	Packet loss (%)	R – Factor	MOS
1.	GD 513	GD 713	80.44	10.222	148.255	0.515	0	86.954672	4.257446164
2.	GD 513	GD 914	467.30	20.976	106.235	0.56	0	86.696576	4.249915745
3.	GD 513	BAAK	402.72	22.478	72.1875	1.835	9.2	60.64751337	3.133480594
4.	GD 713	GD 914	510.13	26.088	54.2875	0.3425	0	86.573888	4.246303324
5.	GD 713	BAAK	452.98	26.566	59.3875	1.62	7.325	64.32215812	3.320707246
6.	GD 914	BAAK	566.97	23.774	79.36	1.8175	2.875	75.87297836	3.858952539

Dari tabel diatas didapatkan hasil yang berbeda untuk setiap jarak yang berbeda juga. Nilai *delay*, *throughput*, *jitter*, *packet loss* pada tabel tersebut merupakan total rata-rata nilai dengan selang waktu 1 menit, 3 menit, 5 menit, 7 menit, dan 10 menit untuk setiap dilakukan pengujian panggilan yang ditunjukkan pada bab lampiran. Pada jarak 80.44 m dengan gedung sumber 513 ke gedung 713, nilai MOS 4.257446164 berdasarkan tabel 7

menghasilkan kualitas suara yang memuaskan. Pada jarak 467.30 m dengan gedung sumber 513 ke gedung 914, nilai MOS 4.249915745 berdasarkan tabel 7 menghasilkan kualitas suara yang memuaskan. Pada jarak 402.72 m dengan gedung sumber 513 ke gedung BAAK, didapatkan nilai MOS 3.133480594 berdasarkan tabel 7 menghasilkan kualitas suara yang kurang memuaskan. Pada jarak 510.13 m dengan gedung sumber 713 ke gedung 914, didapatkan nilai MOS 4.246303324 berdasarkan tabel 7 menghasilkan kualitas suara yang memuaskan. Pada jarak 452.98 m dengan gedung sumber 713 ke gedung BAAK, nilai MOS 3.320707246 berdasarkan tabel 7 menghasilkan kualitas suara yang kurang memuaskan. Pada jarak 566.97 m dengan gedung sumber 914 ke gedung BAAK nilai MOS 3.858952539 berdasarkan tabel 7 menghasilkan kualitas suara yang kurang memuaskan. Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 15, 16, 17, dan 18 dibawah ini.

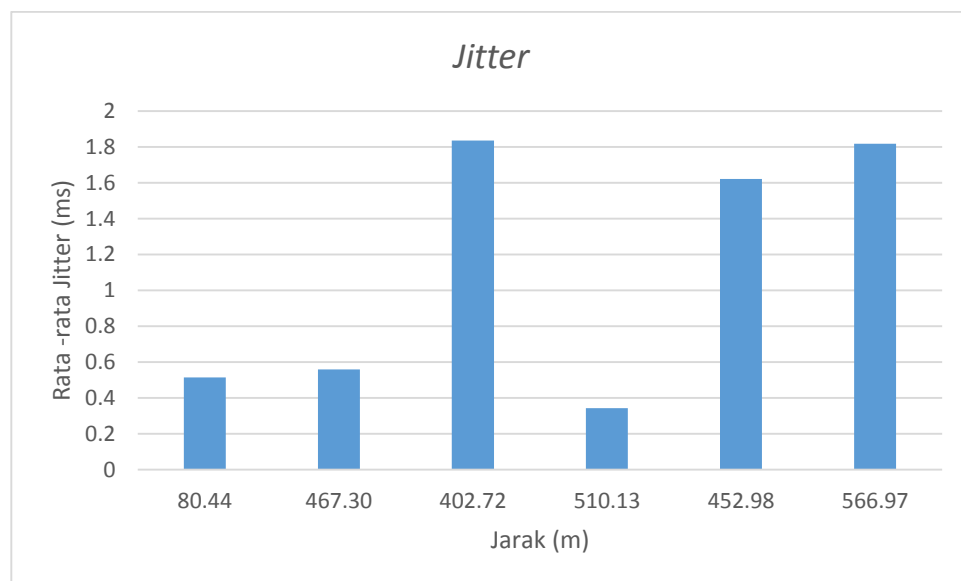


Gambar 15. Grafik *Delay* Pengujian Berdasarkan Jarak



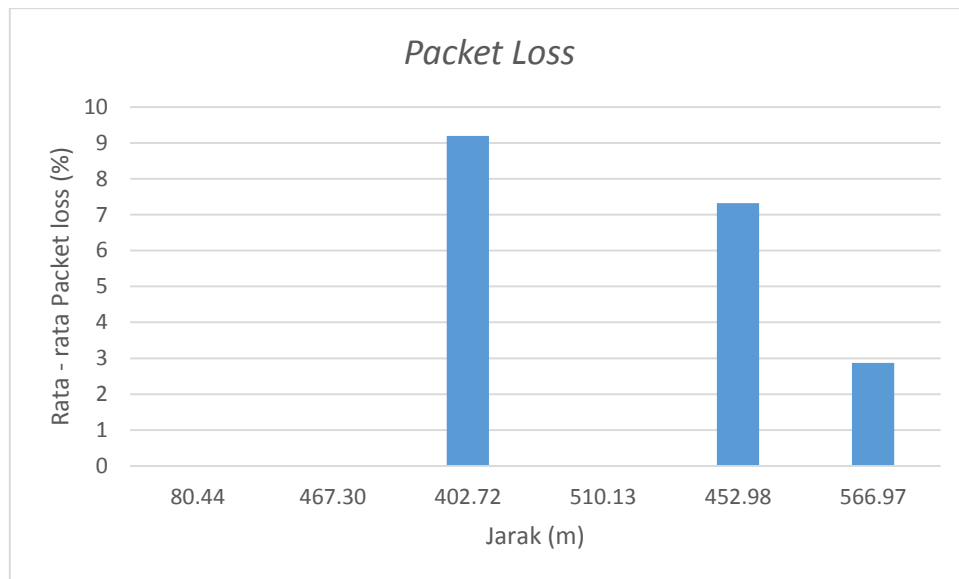
Gambar 16. Grafik *Throughput* Pengujian Berdasarkan Jarak

Berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa semakin besar *throughput* yang digunakan maka *delay* semakin turun dengan kata lain besar *delay* berbanding terbalik dengan besar *throughput*.



Gambar 17. Grafik *Jitter* Pengujian Berdasarkan Jarak

Berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa pengukuran *jitter* yang paling tinggi terdapat pada gedung tujuan BAAK yang rata – rata *jitter*-nya 1.63 ms dari jarak pengukuran 402.72 m, 452.98 m, dan 566.97 m.



Gambar 18. Grafik *Packet Loss* Pengujian Berdasarkan Jarak

Berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa pengukuran *packet loss* yang paling banyak terdapat pada gedung tujuan BAAK yang rata-rata *packet loss* 6.4% (*percent*) dari jarak pengukuran 402.72 m, 452.98 m, 566.97 m, sehingga berdasarkan grafik 17 dan grafik 18 dilihat bahwa semakin besar nilai dari *jitter* maka semakin besar nilai dari *packet loss* yang akan terjadi dengan kata lain besar nilai *jitter* yang dihasilkan berbanding lurus dengan nilai *packet loss* yang akan terjadi. Nilai *packet loss* juga mempengaruhi nilai MOS yang digunakan untuk parameter nilai kualitas panggilan, semakin besar nilai *packet loss* maka nilai MOS juga akan semakin kecil yang menghasilkan kualitas suara menjadi kurang memuaskan.

Melalui pengujian berdasarkan jarak maka disimpulkan bahwa gedung BAAK memiliki kualitas suara yang kurang memuaskan dengan nilai rata-rata MOS 3.5 yang disebabkan aktivitas *switch* pada gedung tersebut lumayan padat sehingga paket yang diterima banyak yang hilang dan perangkat *switch* yang digunakan sudah mulai rusak serta sistem pengkabelan yang digunakan untuk gedung tersebut belum menggunakan *fiber optic* yang menimbulkan *packet loss*, *jitter* yang lumayan besar yang dapat mengganggu *transfer* paket data. Untuk gedung – gedung lainnya sudah menghasilkan kualitas suara yang bagus walaupun jarak antara tiap gedung lumayan jauh.

4.3.2.2. Pengujian Berdasarkan Banyak Telepon

Pengujian berdasarkan banyak telepon dengan menggunakan jaringan LAN IT Del dengan menggunakan 20 buah laptop yang dibagi menjadi 10 laptop sebagai *transmitter* dan 10 laptop sebagai *receiver* dan masing-masing laptop telah terinstall *softphone* yang digunakan sebagai media komunikasi. Dalam pengujian dengan skenario ini menggunakan *codec* G711ulaw dan G711alaw. Pada pengujian tersebut dilakukan dengan waktu secara bersamaan selama 10 menit. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 15. Hasil pengukuran skenario pengujian berdasarkan banyak telepon

No	Nomor Sumber	Nomor Tujuan	Durasi (menit)	Delay (ms)	Throughput (kbps)	Jitter (ms)	Packet Loss (%)	MOS
1.	201	209	10	11.93	154.62	0.79	0	4.256256413
2.	203	204	10	10.04	181.25	0.57	0	4.257572801
3.	700	302	10	10.09	183.3	0.3	0	4.257538013
4.	900	206	10	9.05	218.11	1	0	4.258261178
5.	600	207	10	11.8	158.72	0.68	0	4.256347051
6.	202	205	10	14.68	139.26	0.66	0	4.254335851
7.	800	208	10	9.99	188.42	0.51	0	4.257607586
8.	400	303	10	9.08	199.68	0.41	0	4.258240329
9.	300	304	10	17.44	98.3	0.56	0	4.252402141
10.	500	301	10	10.95	168.96	0.44	0	4.256939347
Rata –rata (∑)				11.505	169.062	0.592	0	4.256550071

Dari tabel diatas didapatkan nilai dari pengujian skenario tersebut nilai total rata-rata *delay* 11.505 ms, total nilai *throughput* 169.062 kbps, total nilai *jitter* 0.592 ms, dan total *packet loss* selama komunikasi adalah 0% (*percent*). Nilai total rata-rata MOS yang didapatkan sebesar 4.256550071 dan berdasarkan tabel tersebut, kualitas suara yang didapatkan dari sampel 20 pengguna yang melakukan komunikasi adalah memuaskan.

Melalui pengujian banyak telepon dapat disimpulkan bahwa jaringan LAN sudah stabil untuk diimplementasikan teknologi VoIP dengan konsumsi *throughput* yang lumayan sedikit untuk melakukan panggilan serta dengan durasi panggilan yang cukup lama.

Bab V

Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

VoIP merupakan teknologi yang efisien untuk melakukan komunikasi dengan menggunakan jaringan LAN dengan jarak yang berbeda dan pengguna yang banyak. Asterisk merupakan *server* VoIP yang paling cocok untuk dilakukan implementasi VoIP dengan menggunakan protokol SIP untuk mentransfer datanya.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan yaitu pengujian *codec*, pengujian dua telepon, dan pengujian dengan banyak telepon dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Server* Asterisk bekerja dengan baik dan konfigurasi lebih mudah.
2. *Codec* yang dapat digunakan untuk implementasi VoIP adalah *codec* G711ulaw, G711alaw, dan GSM.
3. Kualitas suara yang dihasilkan bergantung dengan *packet loss*, *delay*, *jitter*, sehingga jika semakin besar nilai *packet loss*, *delay*, *jitter* maka akan menimbulkan komunikasi terganggu dan suara yang dihasilkan tidak jelas. Dalam hal mengurangi masalah tersebut maka nilai *throughput* dinaikkan.
4. Rata – rata pengujian didalam satu ruangan dengan penempatan satu *switch* ,10 *transmitter*, dan 10 *receiver* berkomunikasi secara bersama-sama menghasilkan kualitas suara yang bagus.
5. Dengan menggunakan jaringan LAN dan penempatan IP *Telephony* untuk setiap gedung sudah dapat berkomunikasi dengan kualitas suara yang dihasilkan bagus.
6. Gedung BAAK merupakan gedung yang memiliki nilai MOS pada *range* 3.1 – 3.5 yang menyebabkan kualitas suara yang dihasilkan kurang memuaskan.
7. *Throughput* yang digunakan untuk berkomunikasi berkisar 180 kbps untuk sekali melakukan komunikasi dan jaringan yang digunakan sudah stabil untuk implementasi VoIP.

5.2. Saran

Beberapa hal yang menjadi saran untuk dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini adalah:

1. Perlu dilakukan studi pengujian teknologi VoIP dengan menggunakan jaringan *wireless* yang memungkinkan komunikasi yang berlangsung dari segala tempat.
2. Perlunya ditambahkan *security* untuk komunikasi VoIP yang bertujuan untuk melindungi percakapan dan menghindari terjadinya penyadapan pada saat berkomunikasi. *Security* yang dimaksud adalah VPN (*Virtual Private Network*) karena VPN akan mengenkripsi paket data yang dikirimkan.
3. Mengatasi masalah jika tiba-tiba terjadi *server down*, perlu ditambahkan *server* cadangan yang berfungsi sebagai pengalih panggilan ke *server* cadangan jika *server* utama *down*.

Referensi

- [1] Eko B. S. 2012. “ANALISA QUALITY OF SERVICES (QoS) VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VoIP) DENGAN PROTOKOL H.323 DAN SESSIONS INITIAL PROTOCOL”. Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA) : Bandung
- [2] Domiko, Helmy, dan Yetti. 2012. “ANALISA PERANCANGAN *SERVER VOIP (VOICE OVER INTERNET PROTOCOL)* DENGAN *OPENSOURCE ASTERISK* DAN *VPN (VIRTUAL PRIVATE NETWORK)* SEBAGAI PENGAMAN JARINGAN ANTAR CLIENT”. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Lampung
- [3] Laurenz dan Endi. “PERANCANGAN DAN PEMBANGUNAN SISTEM *VOICE OVER INTERNET PROTOCOL*”. Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Kristen Krida Wacana : Jakarta
- [4] Diah, dkk. 2016. JURNAL TEKNIK. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang : Tangerang
- [5] Firman, Irwansyah, dan Rudy. “ANALISIS DAN IMPLEMETASI VOIP SERVER (STUDI KASUS: CV. SUZUKI DAYA MOTOR)”. Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura : Tanjungpira
- [6] Fredy K. “APLIKASI *QOS ANALYZER* PADA JARINGAN VOIP”. Fakultas Teknologi Informasi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- [7] Ieeexplore.ieee.org. (2018). A Comparative Study of VoIP Standards with Asterisk - IEEE Conference Publication.
- [8] Effan dan Ahmad. 2015. “Analisis Kinerja Voip Server pada Wireless Access Point”. FMIPA UGM. Yogyakarta
- [9] Voiceip.com.ua. (2018). VoIP Telephony with Asterisk Paul Mahler
- [10] Warman, Indra; Maknun, Johari. (2014). IMPLEMENTASI VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VoIP) IP PHONE SEBAGAI MEDIA KOMUNIKASI PENGANTI PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE (PABX) (Studi Kasus Institut Teknologi Padang)
- [11] Patih, F. J. Domiko; Fitriawan, Helmy; Yuniati Yetti. (2012). ANALISA PERANCANGAN SERVER VOIP (*VOICE INTERNET PROTOCOL*) DENGAN *OPENSOURCE ASTERISK* DAN *VPN (VIRTUAL PRIVATE NETWORK)* SEBAGAI PENGAMAN JARINGAN ANTAR CLIENT : Lampung

- [12] Rochim; Isnanto R.; Setiawan. *VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VoIP) MENGGUNAKAN ASTERISK SEBAGAI SESSION INITIATION PROTOCOL (SIP) SERVER*
- [13] Meicsy E. I. STUDI IMPLEMENTASI VOIP BERBASIS SIP JARINGAN KAMPUS UNIVERSITAS SAM RATULANGI
- [14] <https://niceman28.wordpress.com/2009/06/16/voip-voice-over-internet-protokol/>
(Accessed at 20 April 2018)
- [15] Widhiatmoko, Hesti, dan Rahmat. “ANALISIS PERFORMANSI VoIP (*Voice over Internet Protocol*) PDA JARINGAN WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) DI WILAYAH DKI JAKARTA”. Jakarta

Lampiran

1. Hasil Pengukuran *Codec*

Tabel 16. Hasil Pengukuran *Codec*

No.	Jenis <i>Codec</i>	Bandwidth (Kbps)	Packet Loss	Delay (ms)	Jitter (ms)	Throughput (kbps)	R - Factor	MOS
1.	G711 uLaw	170	0	14.57	0.035	117.76	86.85032	4.254412792
2.	G711 aLaw	180	0	13.06	0.044	131.07	86.88656	4.255467979
3.	GSM	80	0	10.34	0.039	70.65	86.95184	4.257364044
4.	G722	-	-	-	-	-	-	-
5.	OPUS	-	-	-	-	-	-	-
6.	SPEEX Wideband	-	-	-	-	-	-	-
7.	SPEEX Narrowband	-	-	-	-	-	-	-

2. Hasil Pengukuran Berdasarkan Jarak

Tabel 17. Hasil Pengukuran Berdasarkan Jarak

Jarak (meter)	Waktu Tunggu (menit)	Delay (ms)	Throughput (kbps)	Jitter (ms)	Packet loss (%)	Π Delay (ms)	Π Throughput (kbps)	Π Jitter (ms)	Π Packet loss (%)
80.44	1	10.21	169.98	0.53	0	10.222	148.255	0.515	0
	3	10.25	167.33	0.52	0				
	5	10.35	103.21	0.51	0				
	7	9.85	172.21	0.48	0				
	10	10.45	150.27	0.55	0				
467.30	1	10.38	162.82	0.51	0	20.976	106.235	0.56	0
	3	10.2	164.86	0.53	0				
	5	9.64	175.1	0.55	0				
	7	29.49	52.22	0.56	0				
	10	45.17	32.76	0.6	0				
402.72	1	10.99	155.65	1.85	1.1	22.478	72.1875	1.835	9.2
	3	14.74	114.69	2.04	17.6				
	5	29.94	55.29	1.87	9.3				
	7	31.25	53.24	1.73	8.8				
	10	25.47	65.53	1.7	1.1				
510.13	1	10.36	163.84	0.5	0	26.088	54.2875	0.3425	0
	3	21.12	74.75	0.38	0				
	5	32.31	48.12	0.36	0				
	7	30.17	51.2	0.31	0				
	10	36.48	43.08	0.32	0				
452.98	1	10.15	169.98	1.77	1.4				

Jarak (meter)	Waktu Tunggu (menit)	Delay (ms)	Throughput (kbps)	Jitter (ms)	Packet loss (%)	Π Delay (ms)	Π Throughput (kbps)	Π Jitter (ms)	Π Packet loss (%)
	3	19.7	86.01	1.54	6	26.566	59.3875	1.62	7.325
	5	25.06	66.56	1.66	4				
	7	34.11	48.12	1.71	11.4				
	10	43.81	36.86	1.57	7.9				
566.97	1	10.14	168.96	1.28	0.8	23.774	79.36	1.8175	2.875
	3	9.79	173.06	2	3.3				
	5	26.7	59.39	1.57	0.6				
	7	33.23	46.08	1.93	5.9				
	10	39.01	38.91	1.77	1.7				

3. Hasil Pengukuran Berdasarkan Banyak Telepon

Tabel 18. Hasil Pengukuran Berdasarkan Banyak Telepon

No.	Nomor Sumber	Nomor Tujuan	Bandwidth (kbps)	Delay (s)	Throughput (kbps)	Jitter (s)	Packet Loss (%)	MOS	R-FACTOR
1	201	209	150	11.93	154.62	0.79	0	4.256256413	86.91368
2	203	204	120	10.04	181.25	0.57	0	4.257572801	86.95904
3	700	302	100	10.09	183.3	0.3	0	4.257538013	86.95784
4	900	206	250	9.05	218.11	1	0	4.258261178	86.9828
5	600	207	530	11.8	158.72	0.68	0	4.256347051	86.9168
6	202	205	230	14.68	139.26	0.66	0	4.254335851	86.84768
7	800	208	200	9.99	188.42	0.51	0	4.257607586	86.96024
8	400	303	950	9.08	199.68	0.41	0	4.258240329	86.98208

No.	Nomor Sumber	Nomor Tujuan	<i>Bandwidth</i> (kbps)	<i>Delay</i> (s)	<i>Throughput</i> (kbps)	<i>Jitter</i> (s)	<i>Packet Loss</i> (%)	MOS	R-FACTOR
9	300	304	300	17.44	98.3	0.56	0	4.252402141	86.78144
10	500	301	240	10.95	168.96	0.44	0	4.256939347	86.9372
Rata-rata				11.505	169.062	0.592	0	4.256550071	86.92388