

**IMPLEMENTASI DAN ANALISA KINERJA *VOIP SERVER*
PADA JARINGAN *WIRELESS LAN* MENGGUNAKAN
*SMARTPHONE***

SKRIPSI



**MUHAMMAD SALEH ABRAR
NPM : 12.301020.013**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BORNEOTARAKAN
2017**

**IMPLEMENTASI DAN ANALISA KINERJA *VOIP SERVER*
PADA JARINGAN *WIRELESS LAN* MENGGUNAKAN
*SMARTPHONE***

SKRIPSI

**Sebagai Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan**



**MUHAMMAD SALEH ABRAR
NPM : 12.301020.013**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BORNEOTARAKAN
2017**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : **IMPLEMENTASI DAN ANALISA KINERJA VOIP SERVER PADA JARINGAN WIRELESS LAN MENGGUNAKAN SMARTPHONE**

Nama Mahasiswa : Muhammad Saleh Abrar

NPM : 12.301020.013

Program Studi : Teknik Elektro

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Menyetujui,

Ketua Jurusan

Achmad Budiman, S.T.,M.T.
NIP. 197705112014041001

Pembimbing

Rudy, S.T.,M.T.
NIDN. 1127017101

Mengetahui,

Dekan



Asta, S.T.,M.Eng.
NIP. 197711092014042001

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI INI TELAH DIUJI DAN DINYATAKAN LULUS PADA

Hari : Senin

Tanggal : 7 Agustus 2017

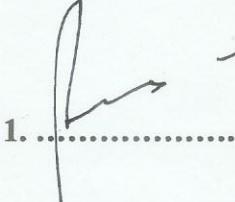
Tempat : Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan Jl. Amal Lama No 01 Tarakan

TIM PENGUJI

1. Rudy, S.T., M.T.

NIDN: 1127017101

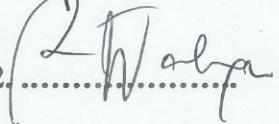
Pembimbing 1.



2. Rika Wahyuni Arsianti, S.T., M.T.

NIDN: 0029067606

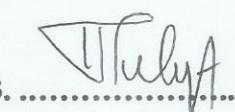
Ketua Penguji 2.



3. Mulyadi, S.T., M.T.

NIDN : 1120127501

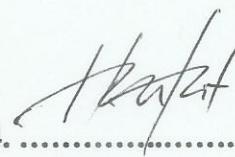
Anggota 3.



4. Dedy Harto, S.T., M.T.

NIDN: 1123117201

Anggota 4.



RIWAYAT HIDUP



Muhammad Saleh Abrar, lahir di Nunukan, Kalimantan Utara tanggal 3 Maret 1994. Putra ke dua dari Bapak Muhammad Dahlan dan Ibu Sitti Hara Said. Penulis memulai pendidikan pertama di pendidikan dasar di SDN 004 Nunukan selama enam tahun, tamat pada tahun 2006. Penulis melanjutkan tingkat sekolahnya di SMP Muhammadiyah Nunukan selama tiga tahun, tamat pada tahun 2009 dan menyelesaikan pendidikan menengah di SMAN 2 Nunukan Selatan selama tiga tahun, tamat pada tahun 2012. Penulis melanjutkan pendidikan ketingkat perguruan tinggi di Universitas Borneo Tarakan pada tahun 2012 dengan pilihan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro. Berdasarkan hasil pengumuman penulis dinyatakan lulus dan telah menjadi mahasiswa Universitas Borneo Tarakan tahun ajaran 2012/2013.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif mengikuti kegiatan yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HMTE), pernah terlibat dalam acara Lomba Robot Line follower untuk tingkat pelajar SMA sederajat 2013, penulis juga pernah melakukan KP (kerja Praktek) di PT. Adiquatro Elektrikindo Perkasa Tarakan Kalimantan Utara. Sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan, Penulis melakukan penelitian dengan mengangkat judul "*Implementasi dan Analisa Kinerja VoIP Sever Pada Wireless LAN Menggunakan Smartphone*". Setelah beberapa kali melakukan ujian, penulis dinyatakan lulus pada 07 Agustus 2017.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Sayang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Saleh Abrar

NPM : 12.301020.013

Judul Skripsi : **IMPLEMENTASI DAN ANALISA KINERJA VOIP SERVER PADA JARINGAN WIRELESS LAN MENGGUNAKAN SMARTPHONE**

menyatakan bahwa skripsi dengan judul tersebut di atas saya susun dengan sejurnya berdasarkan norma akademik dan bukan merupakan hasil plagiat. Adapun semua kutipan di dalam skripsi ini telah saya sertakan nama penulisnya dan telah saya cantumkan ke dalam Daftar Pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila ternyata di kemudian hari saya terbukti melanggar pernyataan saya tersebut di atas, saya bersedia menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Tarakan, Agustus2017

Vang menyatakan,



Muhammad Saleh Abrar
NPM. 12.301020.013

IMPLEMENTASI DAN ANALISA KINERJA *VOIP SERVER* PADA JARINGAN *WIRELESS LAN* MENGGUNAKAN *SMARTPHONE*

Nama Mahasiswa : Muhammad Saleh Abrar
NPM : 12.301020.013
Dosen Pembimbing : Rudy, S.T.,M.T.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan *VoIP Server* Pada jaringan *Wireless LAN* di Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan dengan menggunakan *Elastix* sebagai server dan aplikasi *VoIP Call* pada *Smartphone* menggunakan *CsipSimple* serta menganalisa kinerja dari server tersebut dengan perangkat lunak *Wireshark*.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni dengan metode pengukuran kualitas layanan suara atau QoS (Quality of Service). Pengujian dilakukan *indoor* dan *outdoor*. Dengan parameter *QoS* seperti *delay*, *throughput*, dan *packet loss* dapat dijadikan sebagai ukuran untuk mengetahui kualitas dari suatu jaringan.

Delay yang dihasilkan paling besar di pengujian *indoor* dengan jarak 11-15 meter yakni sebesar 0.00956464 seconds. *Packet loss* yang dihasilkan pada range 0,00%, sedangkan standar *packet loss* yang ditetapkan oleh *ITU-T* untuk layanan aplikasi VoIP adalah < 3%. *Jitter* yang dihasilkan yakni antara 0,04608 – 0.09485 seconds sedangkan standar yang ditetapkan oleh *ITU-T* adalah = 0–75 ms.. *Throughput* yang dihasilkan pada proses pengujian yakni antar 104,551 kbps - 108,905 kbps

Kata Kunci: *Voice over Internet Protokol, Elastix, Quality of Service, Wireshark.*

IMPLEMENTATION AND VOIP SERVER PERFORMANCE ANALYSIS ON WIRELESS LAN NETWORK USING SMARTPHONE

Student Name : Muhammad Saleh Abrar
NPM : 12.301020.013
Supervisor : Rudy, S.T.,M.T.

ABSTRACT

This study aims to implement VoIP Server In Wireless LAN network at the Faculty of Engineering, University of Borneo Tarakan by using Elastix as a server and VoIP Call application on Smartphone using CsipSimple and analyze the performance of the server with Wireshark software.

The method used in this research is by the method of measuring the quality of voice service or QoS (Quality of Service). Testing is done indoor and outdoor. With QoS parameters such as delay, throughput, and packet loss can be used as a measure to determine the quality of a network.

Delay produced the largest in indoor testing with a distance of 11-15 meters of 0.0095646 seconds. Packet loss is generated in the 0.00% range, while the packet loss standard set by ITU-T for VoIP application services is <3%. The resulting jitter is between 0.04608 - 0.09485 seconds while the standard set by ITU-T is = 0-75 ms .. Throughput generated in the testing process ie between 104.551 kbps - 108.905 kbps

Keywords : *Voice over Internet Protokol, Elastix, Quality of Service, Wireshark*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyusun skripsi yang berjudul: **“Implementasi dan Analisa Kinerja VoIP Server Pada Jaringan Wireless LAN Menggunakan Smartphone”**.

Adapun maksud dan tujuan dalam menyelesaikan skripsi/ tugas akhir, sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan.

Selama pelaksanaan penyusunan skripsi ini banyak pihak yang telah membantu, karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua Orang Tua tercinta, yang telah banyak memberikan bantuan moral dan materil yang tak ternilai.
2. Bapak Rudy, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama yang telah membimbing dan mengarahkan penulis mulai dari persiapan dan selama penyusunan proposal skripsi/ tugas akhir ini.
3. Bapak Mulyadi, S.T., M.T. selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran demi kesempurnaan dalam penyusunan skripsi/ tugas akhir ini.
4. Ibu Rika Wahyuni, S.T., M.T. selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran demi kesempurnaan dalam penyusunan skripsi/ tugas akhir ini.
5. Bapak Dedy Harto, S.T., M.T. selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran demi kesempurnaan dalam penyusunan skripsi/ tugas akhir ini.
6. Ibu Asta, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan beserta staf pengajar dan staf administrasi yang telah banyak membantu penulis selama belajar di Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan.

7. Bapak Rudy, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan.
8. Keluarga saudara ku tercinta yang telah banyak memberikan semangat dan dukungannya sehingga penulis bisa menyusun skripsi/ tugas akhir ini.
9. Teman-teman mahasiswa teknik angkatan 2012 yang telah memberikan bantuan, motivasi serta ikut berperan dalam penyusunan proposal skripsi dan skripsi/ tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kelemahan dan kekurangannya, oleh karena itu sangat diharapkan saran yang membangun agar tulisan ini dapat disemurnakan.

Tarakan, Agustus 2017

Muhammad Saleh Abrar

NPM. 12.301020.013

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGUJI.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Voice Over Internet Protokol (VoIP).....	3
2.2 Protokol VoIP	5
2.2.1 TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol	5
2.2.2 Internet Protocol (IP).....	6
2.2.3 Session Initiation Protocol	6
2.2.4 H.323	6
2.3 IP PBX.....	7
2.4 Penggunaan Bandwidth dan Delay	7
2.4.1 Bandwidht	7
2.4.2 Delay	8

2.5 Konsep dasar <i>IP Address</i>	10
2.5.1 <i>Network ID</i> dan <i>Host ID</i>	11
2.5.2 <i>Subnetting</i>	14
2.5.3 <i>Subnetmask</i>	16
2.6 Kebutuhan Peralatan dan <i>Software</i>	16
2.7 Kebutuhan Minimal.....	17
2.8 Keuntungan <i>VoIP</i>	17
2.9 Kelemahan <i>VoIP</i>	18
2.10 Sejarah <i>VoIP</i>	19
2.11 Cara Kerja <i>Voip</i>	20
2.12 <i>Elastix</i>	21
2.13 <i>Quality Of Service Voip</i>	22
2.11.1 <i>Delay</i>	22
2.11.2 <i>Throughput</i>	23
2.11.3 <i>Packet Loss</i>	24
2.11.4 <i>Jitter</i>	24
2.11.5 <i>WireShark</i>	25
2.14 <i>Smartphone</i>	26
2.15 Wireless LAN (WLAN)	26
2.13.1 Cara Kerja Wireless LAN (WLAN)	27
2.13.1 Frekuensi	28
2.13.1 Faktor Yang Brpengaruh.....	28
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Analisis Sistem.....	29
3.1.1 Analisis Perangkat Keras (Hardware).....	29
3.1.2 Analisis Perangkat Lunak (Software)	30
3.1.3 Pemodelan Sistem	31
3.1.4 Perancangan Sistem	32
3.2 Konfigurasi <i>IP Client</i> Pada Server <i>VoIP Elastix</i>	33
3.3 Cara membatasi <i>IP Client</i> Pada <i>Access Point</i>	38

3.4 Total Data Awal	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Pengukuran dan Analisa Kinerja <i>VoIP Server</i>	42
4.1.1 Pengukuran <i>Delay</i>	43
4.1.2 Pengukuran <i>Troughput</i>	45
4.1.3 Pengukuran <i>Packet Loss</i>	47
4.1.4 Pengukuran <i>Jitter</i>	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Wireshark	25
Gambar 2.1	Contoh Jaringan WLAN	27
Gambar 3.1	Pemodelan Sistem	31
Gambar 3.2	Diagram Alir Sistem.....	32
Gambar 4.1	Wireshark Sumarry.....	43
Gambar 4.2	Capture Jitter Wireshark.....	48

DAFTAR TABEL

TABEL 3.1	Pengujian <i>VoIP Server Indoor</i> pada jarak 0-5 meter.....	40
TABEL 3.2	Pengujian <i>VoIP Server Indoor</i> pada jarak 6-10 meter.....	40
TABEL 3.3	Pengujian <i>VoIP Server Indoor</i> pada jarak 11-15 meter.....	40
TABEL 3.4	Pengujian <i>VoIP Server Outdoor</i> pada jarak 0-5 meter	40
TABEL 3.5	Pengujian <i>VoIP Server Outdoor</i> pada jarak 6-10 meter	40
TABEL 3.6	Pengujian <i>VoIP Server Outdoor</i> pada jarak 11-15 meter	41
TABEL 4.1	Hasil Rata-rata Pengukuran Delay (<i>Indoor</i>).....	44
TABEL 4.2	Hasil Rata-rata Pengukuran Delay (<i>Outdoor</i>)	44
TABEL 4.3	Hasil Rata-rata Pengukuran Troughput (<i>Indoor</i>)	46
TABEL 4.4	Hasil Rata-rata Pengukuran Troughput (<i>Outdoor</i>).....	46
TABEL 4.5	Hasil Rata-rata Pengukuran Packet Loss (<i>Indoor</i>)	47
TABEL 4.6	Hasil Rata-rata Pengukuran Packet Loss (<i>Outdoor</i>)	48
TABEL 4.7	Hasil Rata-rata Pengukuran Jitter.....	49

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Voice over Internet Protocol adalah Teknologi yang menjadikan media *internet* untuk bias melakukan komunikasi suara jarak jauh secara langsung. Sinyal suara *analog*, seperti yang kita dengar ketika berkomunikasi di telepon diubah menjadi data *digital* dan dikirimkan melalui jaringan berupa paket-paket data secara *real time*. Dalam komunikasi *VoIP*, pemakai melakukan hubungan telepon melalui terminal yang berupa PC atau telepon biasa. Dengan bertelepon menggunakan *VoIP*, banyak keuntungan yang dapat diambil diantaranya adalah dari segi biaya jelas lebih murah dari tarif telepon seluler, karena jaringan *IP* bersifat global. Sehingga untuk hubungan Internasional dapat ditekan hingga 70%. Selain itu, biaya *maintenance* dapat di tekan karena *voice* dan data *network* terpisah, sehingga *IP Phone* dapat di tambah, dipindah dan di ubah. Hal ini karena *VoIP* dapat dipasang disembarang *Ethernet* dan *IP address*, tidak seperti telepon konvensional yang harus mempunyai *port* tersendiri di Sentral atau *PBX (Private branch exchange)*. (Ronny Daya, Hafidudin, dan Sholekan, 2009).

Untuk tugas akhir ini, saya akan mencoba mengimplementasikan layanan tersebut di wilayah Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan dengan menggunakan perangkat *Smartphone*, yang memiliki kemampuan mobilitas yang tinggi dan dengan memanfaatkan *Wifi (Wireless Fidelity)* yang telah terintegrasi pada perangkat tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan pada sub bab 1.1, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu sebagai berikut:

- a. Bagaimana Membangun *VoIP Server* dengan menggunakan jaringan *Wireless LAN* di Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan

- b. Bagaimana Menganalisa Kinerja *VoIP Server* di Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Membangun *VoIP Server* pada jaringan *Wireless LAN* di Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan dengan menggunakan *Smartphone* Sebagai *User* (Pengguna).
- b. Menganalisa Kinerja *VoIP Server* di Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan.

1.4 Batasan Masalah

Pembahasan masalah hanya dibatasi pada hal-hal berikut :

- a. Perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisa *VoIP Server* adalah *Wireshark*.
- b. Area atau daerah yang dianalisa hanya di Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan.

1.5 Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan dapat diimplementasikan sebuah sistem yang memungkinkan beberapa orang atau *client* melakukan komunikasi dalam satu wilayah yang terintegrasi jaringan *Wi-Fi* di dalamnya. Dengan menggunakan teknologi VoIP kita dapat meminimalisir biaya yang dibutuhkan untuk melakukan komunikasi dibanding dengan telepon seluler.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Berbagai studi mengenai *Voice Over Internet Protokol (VoIP)* yang telah dilakukan seperti mengenai paket *delay VoIP* dalam *single hop* di jaringan *Ad Hoc IEEE 802.11*(Barcel, Bellalta, Cano, & Sfairopoulou, 2008). Studi tersebut memperkenalkan prediksi model *VoIP* pada IEEE 802.11 untuk jaringan *ad hoc*. Model tersebut digunakan untuk mengetahui dampak atau prediksi *delay* yang terjadi pada *VoIP* melalui parameter konfigurasi seperti *codec*, *packetization interval* dan *data rate*.

Studi berikutnya mengenai komunikasi *VoIP* di jaringan *wireless ad hoc* melalui *gateway* dilakukan oleh Faloso et.al (Fasolo et al., 2007). Studi tersebut memperkenalkan rumus untuk memperkirakan jumlah sesi suara berkelanjutan dalam satu *hop cell*. Keakuratan rumus tersebut dapat diimplementasikan melalui perangkat lunak simulasi jaringan *NS2*.

Beberapa studi mengenai *VoIP* telah diuraikan di atas, pada penelitian kali ini penulis ingin melakukan penelitian terhadap komunikasi yang terjadi pada aplikasi *VoIP call android* dengan menggunakan jaringan *Wireless LAN*. Mengingat fitur aplikasi di *android* sudah terdapat fitur *VoIP Call*. Hanya dengan mengkoneksikan *internet* pengguna dapat menggunakan layanan telepon *internet* tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni dengan metode pengukuran kualitas layanan suara. Parameter *QoS* seperti *delay*, *throughput*, dan *packet loss* dapat dijadikan sebagai ukuran untuk mengetahui kualitas

2.1 *Voice Over Internet Protokol (VoIP)*

Di banyak negara, khususnya, Negara-negara berkembang, orang-orang berusaha untuk solusi komunikasi murah. Hal ini, internet menjadi lebih mudah diakses bagi orang dan korporasi di Negara-negara tersebut. Memiliki akses ke *internet*, seseorang mungkin mudah menyebarkan jaringan telepon di atas infrastruktur *internet*. Hal ini dikenal sebagai *Voice over Internet Protocol (VoIP)* juga dikenal sebagai *Internet Telephony* (Onno,2011).

VoIP sendiri ialah teknologi yang memungkinkan komunikasi suara dan *fax* menggunakan jaringan berbasis *IP* (*Internet Protocol*) untuk dijalankan diatas infrastruktur jaringan *packet network*. Jaringan yang digunakan bisa berupa *internet* atau *intranet*. Teknologi ini bekerja dengan jalan merubah suara atau *fax* menjadi format data *digital* tertentu yang dapat dikirimkan melalui jaringan *IP*. *VoIP* memiliki prinsip Kerja mengubah suara *analog* yang didapatkan dari speaker pada Komputer menjadi paket data *digital*, kemudian dari *PC* diteruskan melalui *Hub/ Router/ ADSL Modem* dikirimkan melalui jaringan *internet* dan akan diterima oleh tempat tujuan melalui media yang sama. Atau bisa juga melalui media telepon diteruskan ke *phone adapter* yang disambungkan ke *internet* dan bisa diterima oleh telepon tujuan.

Untuk Pengiriman sebuah sinyal ke remote destination dapat dilakukan secara digital yaitu sebelum dikirim data yang berupa sinyal analog diubah ke bentuk data digital dengan *ADC* (*Analog to Digital Converter*), kemudian ditransmisikan, dan di penerima dipulihkan kembali menjadi data *analog* dengan *DAC* (*Digital to Analog Converter*). Begitu juga dengan *VoIP*, digitalisasi *voice* dalam bentuk *packets data*, dikirimkan dan di pulihkan kembali dalam bentuk *voice* di penerima. Format *digital* lebih mudah dikendalikan, dalam hal ini dapat dikompresi, dan dapat diubah ke format yang lebih baik dan data *digital* lebih tahan terhadap noise daripada *analog*. Sedangkan Fungsi *VoIP* itu sendiri adalah sebagai berikut :

- *Signalling* – *Signalling* berfungsi untuk menamkap jaringan yang dituju, sehingga dapat melakukan inisialisasi (penyampaian) pesan/percakapan.
- *Database Service* – Layanan *database* adalah salah satu fungsi *VoIP* dalam mencari tujuan akhir/*endpoint* yang harus dituju, sekaligus sebagai penerjemah alamat yang biasanya digunakan dalam dua jaringan yang berbeda.
- *Call Connect/Disconnect (Bearer Control)* – *Bearer Control* memungkinkan si penerima panggilan dapat memutuskan panggilan/menerima panggilan.

- *Codecs Operations* – Berguna sebagai *coder* ataupun *decoder* dalam pengubahan/*transmitted* suara menjadi sinyal *digital/paket data* ataupun sebaliknya.

2.2 Protokol VoIP

2.2.1 TCP/IP (*Transfer Control Protocol/Internet Protocol*)

Merupakan sebuah protokol yang digunakan pada jaringan *internet*. Standarisasi diperlukan agar antar komputer terjadi kesepakatan tentang tatacara pengiriman dan penerimaan data sehingga data dapat dikirimkan dan diterima dengan benar. Protokol ini terdiri dari dua bagian besar, yaitu *TCP* dan *UDP* serta dibawah lapisan tsb ada protokol yang bernama *IP*.

a. *Transmission Control Protocol (TCP)*

Merupakan protokol yang menjaga reliabilitas hubungan komunikasi *end-to-end*. Konsep dasar cara kerja *TCP* adalah mengirim dan menerima segmen-semen informasi dengan panjang data bervariasi pada suatu datagram *internet*. Dalam hubungan *VoIP*, *TCP* digunakan pada saat *signaling*, *TCP* digunakan untuk menjamin *setup* suatu panggilan pada sesi *signaling*. *TCP* tidak digunakan dalam pengiriman data suara karena pada komunikasi data *VoIP* penanganan data yang mengalami keterlambatan lebih penting daripada penanganan paket yang hilang.

b. *User Datagram Protocol (UDP)*

Merupakan salah satu protocol utama diatas *IP*, yang lebih sederhana dibandingkan dengan *TCP*. *UDP* digunakan untuk situasi yang tidak mementingkan mekanisme reliabilitas. *UDP* digunakan pada *VoIP* pada pengiriman *audiostreaming* yang berlangsung terus menerus dan lebih mementingkan kecepatan pengiriman data agar tiba di tujuan tanpa memperhatikan adanya paket yang hilang walaupun mencapai 50% dari jumlah paket yang dikirimkan. Karena *UDP* mampu mengirimkan data *streaming* dengan cepat.

2.2.2 Internet Protocol (IP)

Internet Protocol didesain untuk interkoneksi sistem komunikasi komputer pada jaringan paket *switched*. Pada jaringan *TCP/IP*, sebuah komputer di identifikasi dengan alamat *IP*. Tiap-tiap komputer memiliki alamat *IP* yang unik, masing-masing berbeda satu sama lainnya. Hal ini dilakukan untuk mencegah kesalahan pada *transfer* data. Terakhir, protokol data akses berhubungan langsung dengan media fisik. Secara umum protokol ini bertugas untuk menangani pendekripsi kesalahan pada saat *transfer* data.

2.2.3 SIP (Session Initiation Protocol)

Yaitu protokol yang digunakan untuk inisiasi, modifikasi dan terminasi sesi komunikasi *VoIP*. *SIP* adalah protokol *Open Standard* yang dipublikasikan oleh *IETF*, *RFC 2543* dan *RFC 3261*. Selain digunakan untuk negosiasi sesi komunikasi *voice*, *SIP* juga dapat digunakan untuk negosiasi sesi komunikasi data media lain seperti *video* dan *text*. Disebutkan sebagai hanya melakukan “negosiasi sesi komunikasi” adalah karena *SIP* merupakan *signalling protocol*, bukan media *transfer protocol*. Artinya *SIP* tidak menghantar data media (*voice*, *video* dan *text*), melainkan hanya melakukan negosiasi sesi komunikasi saja dan memanfaatkan protokol lain seperti *RTP* sebagai media *transfer protocol*.

2.2.4 H.323

VoIP dapat berkomunikasi dengan sistem lain yang beroperasi pada jaringan *packet-switch*. Untuk dapat berkomunikasi dibutuhkan suatu standarisasi sistem komunikasi yang kompatibel satu sama lain. Standar *H.323* terdiri dari komponen, protokol, dan prosedur yang menyediakan komunikasi *multimedia* melalui jaringan *packet-based*. Bentuk jaringan *packet-based* yang dapat dilalui antara lain jaringan *internet*, *Internet Packet Exchange (IPX)-based*, *Local Area Network (LAN)*, dan *Wide Area Network (WAN)*. *H.323* dapat digunakan untuk layanan – layanan *multimedia* seperti komunikasi suara (*IP telephony*),

komunikasi video dengan suara (*video telephony*), dan gabungan suara, *video* dan *data*.

2.3 IP PBX

IP PBX atau *Internet Protocol Private Branch Exchange* merupakan *PABX* yang menggunakan teknologi *IP*. *IP PBX* adalah perangkat switching komunikasi telepon dan data berbasis teknologi *Internet Protocol (IP)* yang mengendalikan *extension telepon analog (TDM)* maupun *ekstension IP Phone*.

Fungsi-fungsi yang dapat dilakukan antara lain : penyambungan, pengendalian, dan pemutusan hubungan telepon, translasi protocol komunikasi, translasi media komunikasi atau transcoding, serta pengendalian perangkat-perangkat *IP telephony* seperti: *VoIP Gateway*, *Access Gateway*, dan *Trunk Gateway*. Solusi berbasis *IP PBX* merupakan konsep jaringan komunikasi generasi masa depan atau dikenal dengan istilah *NGN (Next Generation Network)* yang dapat mengintegrasikan jaringan telepon yang umum dipakai (*PSTN/POTS*), jaringan telepon bergerak (*GSM/CDMA*), jaringan telepon satelit, jaringan *Cordless (DECT)*, dan jaringan berbasis paket (*IP/ATM*).

IP PBX membawa kemampuan multi layanan di jaringan *IP* kedunia komunikasi telepon, sehingga akan memungkinkan semakin banyak layanan komunikasi yang dapat berjalan di atas jaringan *IP*. Multi layanan tersebut adalah *Voice mail dan Voice Conference*, *Interactive Voice Response (IVR)*, *Automatic Call Distribution (ACD)*, *Computer Telephony Integration (CTI)*, *Unified Messaging System (UMS)*, *Fax on Demand*, *Call Recording System*, *Billing System*, serta *Web-based Management System*.
[\(http://id.wikipedia.org/wiki/IP_PBX\)](http://id.wikipedia.org/wiki/IP_PBX)

2.4 Penggunaan *Bandwidth* dan *Delay*

2.4.1 Bandwidth

Lebar Pita (*bandwidth*) dalam teknologi komunikasi adalah perbedaan antara frekuensi terendah dan frekuensi tertinggi dalam rentang tertentu. Sebagai

contoh, line telepon memiliki *bandwidth* 3000Hz, yang merupakan rentang antara frekuensi tertinggi (3300Hz) dan frekuensi terendah (300Hz) yang dapat dilewati oleh *line* telepon ini. Pada jaringan komputer, *bandwidth* mengacu pada kecepatan *transfer* data, umumnya dalam satuan *Kbps* (*Kilobit per second*).
[\(<http://id.wikipedia.org/wiki/Bandwidth>\)](http://id.wikipedia.org/wiki/Bandwidth)

Dengan kata lain *bandwidth* merupakan kecepatan maksimum yang dapat digunakan untuk melakukan transmisi data antar komputer pada jaringan *IP* atau *internet*. Dalam perancangan *VoIP*, *bandwidth* merupakan suatu yang harus diperhitungkan agar dapat memenuhi kebutuhan pelanggan yang dapat digunakan menjadi parameter untuk menghitung jumlah peralatan yang dibutuhkan dalam suatu jaringan. Perhitungan ini juga sangat diperlukan dalam efisiensi jaringan dan biaya serta sebagai acuan pemenuhan kebutuhan untuk pengembangan di masa mendatang. *Packet loss* (kehilangan paket data pada proses transmisi) dan *desequencing* merupakan masalah yang berhubungan dengan kebutuhan *bandwidth*, namun lebih dipengaruhi oleh stabilitas rute yang dilewati data pada jaringan, metode antrian yang efisien, pengaturan pada *router*, dan penggunaan kontrol terhadap kongesti (kelebihan beban data) pada jaringan. *Packet loss* terjadi ketika terdapat penumpukan data pada jalur yang dilewati dan menyebabkan terjadinya *overflow buffer* pada *router*.

2.4.2 Delay

Dalam perancangan jaringan *VoIP*, *delay* merupakan suatu permasalahan yang harus diperhitungkan karena kualitas suara bagus tidaknya tergantung dari waktu *delay*. *Delay* didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data dari sumber (pengirim) ke tujuan (penerima), sedangkan *bandwidth* adalah kecepatan maksimum yang dapat digunakan untuk melakukan transmisi data antar computer pada jaringan *IP* atau *internet*. Besarnya *delay* maksimum yang direkomendasikan oleh *ITU-T* untuk aplikasi suara adalah 150 ms, sedangkan *delay* maksimum dengan kualitas suara yang masih dapat diterima pengguna adalah 250 ms. *Delay end-to-end* adalah jumlah *delay* konversi

suara *analog-digital*, *delay* waktu paketisasi atau bisa disebut *delay* panjang paket dan *delay* jaringan pada saat t (waktu).

Beberapa *delay* yang dapat mengganggu kualitas suara dalam perancangan jaringan VoIP dapat dikelompokkan menjadi:

- a. *Propagation delay* (*delay* yang terjadi akibat transmisi melalui jarak antar pengirim dan penerima).
- b. *Serialization delay* (*delay* pada saat proses peletakkan bit ke dalam sirkuit).
- c. *Processing delay* (*delay* yang terjadi saat proses *coding*, *compression*, *decompression* dan *decoding*).
- d. *Dacketization delay* (*delay* yang terjadi saat proses paketisasi *digital voice sample*).
- e. *Queuing delay* (*delay* akibat waktu tunggu paket sampai dilayani).
- f. *Jitter buffer* (*delay* akibat *buffer* untuk mengatasi *jitter*).

Untuk berkomunikasi dengan menggunakan teknologi VoIP yang harus *real time* adalah *jitter*, *echo* dan *Packet Loss*.

Jitter merupakan variasi *delay* yang terjadi akibat adanya selisih waktu atau interval antar kedatangan paket di penerima. Untuk mengatasi *jitter* maka paket data yang datang dikumpulkan dulu dalam *jitter buffer* selama waktu yang telah ditentukan sampai paket dapat diterima pada sisi penerima dengan urutan yang benar. *Echo* disebabkan perbedaan impedansi dari jaringan yang menggunakan *four-wire* dengan *two-wire*. Efek *echo* adalah suatu efek yang dialami mendengar suara sendiri ketika sedang melakukan percakapan. Mendengar suara sendiri pada waktu lebih dari 25 ms dapat menyebabkan terhentinya pembicaraan. *Packet Loss* (kehilangan paket) ketika terjadi *peak load* dan *congestion* (kemacetan transmisi paket akibat padatnya *traffic* yang harus dilayani) dalam batas waktu tertentu, maka *frame* (gabungan data *payload* dan *header* yang ditransmisikan) suara akan dibuang sebagaimana perlakuan terhadap *frame* data lainnya pada jaringan berbasis *IP*. Salah satu alternatif solusi permasalahan di atas adalah membangun *link* antar *node* pada jaringan VoIP dengan spesifikasi dan dimensi dengan *QoS*

yang baik dan dapat mengantisipasi perubahan lonjakan *traffic* hingga pada suatu batas tertentu.

2.5 Konsep Dasar *IP Address*

Dalam mendesain sebuah jaringan komputer yang terhubung ke internet, kita perlu menentukan *IP address* untuk tiap komputer dalam jaringan tersebut. Penentuan *IP address* ini termasuk bagian terpenting dalam pengambilan keputusan desain. Hal ini disebabkan oleh *IP address* (yang terdiri atas bilangan 32-bit ini) akan ditempatkan dalam header setiap paket data yang dikirim oleh komputer ke computer lain, serta akan digunakan untuk menentukan rute yang harus dilalui oleh paket data. Disamping itu sebuah sistem komunikasi dikatakan mendukung layanan komunikasi universal jika setiap komputer dapat berkomunikasi dengan setiap komputer yang lain. Untuk membuat sistem komunikasi kita universal, kita menerapkan metode pengalamatan komputer yang telah diterima diseluruh dunia.

Dengan menetukan *IP address*, kita melakukan pemberian identitas yang universal bagi setiap interface komputer. Setiap komputer yang tersambung ke internet setidaknya harus memiliki sebuah *IP address* pada setiap interfacenya, misal ada sebuah card Ethernet dan sebuah interface serial.. Maka kita harus memberi dua *IP address* kepada komputer tersebut masing-masing untuk setiap interfacenya. Jadi, sebuah *IP address* sesungguhnya tidak merujuk ke sebuah komputer, tetapi ke sebuah interface.

Konsep dasar pengalamatan di internet ialah awalan (*prefix*) pada *IP address* dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pemilihan rute paket data ke alamat tujuan. Misalnya, 16 bit pertama menandakan jaringan PT Jaya, 20 bit pertama menandakan jaringan pada kantor Administrasi perusahaan yang sama, 26 bit pertama menandakan segmen jaringan Ethernet pada kantor tersebut, dan keseluruhan 32 bit menandakan interface komputer tertentu pada jaringan Ethernet tersebut.

Dengan demikian, kesalahan dalam mendesain dapat menyebabkan sebuah komputer dapat dicapai oleh sebuah *IP address*, tetapi tidak dapat dicapai oleh *IP*

address yang lain. Jalan keluar yang paling sederhana adalah dengan memilih interface yang paling bagus dan mengumumkan *IP addressnya* sebagai *IP address primer* komputer tersebut.

2.5.1 Network ID dan host ID

Pembagian kelas-kelas *IP address* didasarkan pada dua hal: *network ID* dan *host ID* dari suatu *IP address*. Setiap *IP address* selalu merupakan sebuah pasangan dari *network-ID* (identitas jaringan) dan *host-ID* (identitas *host* dalam jaringan tersebut). *Network-ID* ialah bagian dari *IP address* yang digunakan untuk menunjukkan jaringan tempat computer ini berada. Sedangkan *host-ID* ialah bagian dari *IP address* yang digunakan untuk menunjukkan *workstation*, *server*, *router*, dan semua *host TCP/IP* lainnya dalam jaringan tersebut. Dalam satu jaringan, *host-ID* ini harus unik (tidak boleh ada yang sama).

Kelas A

Karakteristik:

Format	: 0nnnnnnn hhhhhhhh hhhhhhhh hhhhhhhh
Bit pertama	: 0
Panjang <i>NetID</i>	: 8 bit
Panjang <i>HostID</i>	: 24 bit
<i>Byte Pertama</i>	: 0- 127
Jumlah	: 126 kelas A (0 dan 127 dicadangkan)
<i>Range IP</i>	: 1.xxx.xxx.xxx sampai 126.xxx.xxx.xxx
Jumlah <i>IP</i>	: 16.777.214 <i>IP address</i> pada tiap kelas A

IP address kelas A diberikan untuk jaringan dengan jumlah *host* yang sangat besar. Bit pertama dari *IP address* kelas A selalu di set 0 (nol) sehingga byte terdepan dari *IP address* kelas A selalu bernilai antara angka 0 sampai 127.

Pada *IP address* kelas A, *network ID* adalah delapan bit pertama, sedangkan *host ID* adalah 24 bit berikutnya. Dengan demikian, cara membaca *IP address* kelas A, misalnya 113.46.5.6 ialah:

Network ID = 113 Host ID = 46.5.6

Sehingga *IP address* di atas berarti host nomor 46.5.6 pada network nomor 113. Dengan panjang *host ID* yang 24 bit, network dengan *IP address* kelas A ini dapat menampung sekitar 16 juta host.

Kelas B

Karakteristik:

Format	: 10nnnnnn nnnnnnnn hhhhhhhh hhhhhhhh
2 bit pertama	: 10
Panjang <i>NetID</i>	: 16 bit
Panjang <i>HostID</i>	: 16 bit
<i>Byte</i> pertama	: 128- 191
Jumlah	: 16.384 Kelas B
<i>Range IP</i>	: 128.0.xxx.xxx. sampai 191.155.xxx.xxx
Jumlah <i>IP</i>	: 65.532 <i>IP address</i> pada tiap kelas B

IP address kelas B biasanya dialokasikan untuk jaringan berukuran sedang dan besar. Dua bit pertama dari *IP address* kelas B selalu di set 10 (satu nol) sehingga *byte* terdepan dari *IP address* kelas B selalu bernilai antara 128 hingga 191.

Pada *IP address* kelas B, *network ID* ialah enam belas bit pertama, sedangkan *host ID* ialah 16 bit berikutnya. Dengan demikian, cara membaca *IP address* A, misalnya 132.92.121.1 ialah:

Network ID = 132.92 Host ID = 121.1

Sehingga *IP address* di atas berarti *host* nomor 121.1 pada *network* nomor 132.92. Dengan panjang *host ID* yang 16 bit, *network* dengan *IP address* kelas B ini dapat menampung sekitar 65000 host.

Kelas C

Karakteristik:

	: 192.168.1.1
	: 192.173.1.2
Format	: 110nnnn nnnnnnnn nnnnnnnn hhhhhh
3 bit pertama	: 110
Panjang <i>NetID</i>	: 24 bit
Panjang <i>HostID</i>	: 8 bit
Byte pertama	: 192-223
Kelas	: 2.097.152 Kelas C
Ruang <i>IP</i>	: 192.0.0.xxx sampai 223.255.255.xxx
Jumlah <i>IP</i>	: 254 <i>IP address</i> pada tiap Kelas C

IP address kelas C awalnya digunakan untuk jaringan berukuran kecil (misalnya *LAN*). Tiga bit pertama dari *IP address* kelas C selalu berisi 111. Bersama 21 bit berikutnya, angka ini membentuk *network ID* 24 bit. *Host-ID* ialah 8 bit terakhir. Dengan konfigurasi ini, bisa dibentuk sekitar dua juta *network* dengan masing - masing *network* memiliki 256 *IP address*.

Kelas D

Karakteristik:

Format	: 1110mmmm mmmmmmmmm mmmmmmmmm mmmmmmmmm
4 bit pertama	: 1110
Bit multicast	: 28 bit
Byte insial	: 224-247
Deskripsi	: kelas D adalah ruang alamat multicast (RFC 1112)

IP address kelas D digunakan untuk keperluan IP multicasting. 4 bit pertama *IP address* kelas D di set 1110. Bit-bit berikutnya diatur sesuai keperluan multicast group yang menggunakan *IP address* ini. Dalam multicasting tidak dikenal network bit dan host bit.

Kelas E

Karakteristik:

Format	: 1111rrrr rrrrrrrr rrrrrrrr rrrrrrrr
4 bit pertama	: 1111
Bit cadangan	: 28 bit
Byte inisial	: 248-255
Deskripsi	: kelas E adalah ruang alamat yang di cadangkan untuk keperluan eksperimental

IP address kelas E tidak digunakan untuk umum. 4 bit pertama IP address ini de set 1111.

Selain network ID, istilah lain yang digunakan untuk menyebut bagian IP address yang menunjukkan jaringan ialah Network Prefix. Biasanya dalam menuliskan network prefix suatu kelas IP address digunakan tanda garis miring (slash) “/” yang diikuti dengan angka yang menunjukkan panjang network prefix dalam bit.

Misalnya, ketika menuliskan network Kelas A dengan allokasi IP 12.xxx.xxx.xxx, network prefixnya dituliskan sebagai: 12/8. Angka delapan menunjukkan jumlah bit yang digunakan oleh network prefix.

Untuk menunjuk satu network kelas B 167.205.xxx.xxx, digunakan: 167.205/16. Angka 16 merupakan panjang bit untuk network prefix pada IP address kelas B.

2.5.2 Subnetting

Setiap organisasi yang terhubung ke Internet memperoleh sebuah *network ID* dari *Internic* (<http://www.internic.net>). *Network ID* ini memiliki ukuran bermacam-macam, mulai dari kelas A, B, hingga kelas C.

Network ID dengan dengan ukuran tertentu ini jarang sekali langsung digunakan untuk membentuk satu jaringan. Biasanya sebuah organisasi memiliki

lebih dari satu jaringan/*LAN*, yang masing-masing jumlah *host*nya tidak sebesar jumlah maksimal *host* yang disediakan oleh satu kelas *IP address*.

Ada beberapa alasan yang menyebabkan sebuah organisasi memerlukan lebih dari satu *LAN* agar dapat mencakup seluruh organisasi, yaitu:

- a. Teknologi yang berbeda: khususnya dalam sebuah lingkungan riset, yang terdapat beberapa *LAN* karena terdapat peralatan yang harus didukung oleh *Ethernet*, dan yang lain oleh jaringan token-ring.
- b. Keterbatasan teknologi: sebagian besar teknologi *LAN* memiliki batas kemampuan berdasarkan pada parameter elektrikal, jumlah *host* yang terhubung, dan panjang total dari kabel. Batas ini paling sering dicapai oleh faktor panjang kabel.
- c. Kongesti pada jaringan : Sebuah *LAN* dengan 254 Host misalnya akan memiliki performasi yang kurang baik, dibandingkan dengan *LAN* berukuran kecil, jika teknologi yang digunakan ialah ethernet. Sekian banyak *host* yang menggunakan satu media bersama-sama untuk berbicara satu dengan lainnya akan membuat kesempatan akses masing-masing host terhadap jaringan menjadi kecil. Selain itu dalam sebuah *LAN* mungkin terdapat beberapa host yang memonopoli penggunaan *bandwidth*. Jalan keluar yang paling umum adalah memisahkannya kedalam sebuah kelompok kecil dan menempatkannya pada kabel yang terpisah.
- d. Hubungan *point-to-point*: karena jauhnya dua lokasi sebuah kampus, maka diperlukan teknologi *LAN* tertentu yang dapat mencakup “lokal area” ini. Biasanya digunakanlah hubungan *point-to-point* berkecepatan tinggi untuk menghubungkan beberapa *LAN* tersebut.

Karena alasan alasan di atas, *network ID* yang dimiliki oleh suatu organisasi dipecah lagi menjadi beberapa *network ID* lain dengan jumlah anggota jaringan yang lebih kecil. Teknik ini dinamakan subnetting dan jaringannya dinamakan *subnet (subnetwork)*.

2.5.3 Subnet mask

Subnet mask ialah angka biner 32 bit yang digunakan untuk:

- Membedakan *network ID* dan *host ID*
- Menunjukkan letak suatu *host*, apakah berada di jaringan lokal atau jaringan luar.

Tabel *subnet mask* untuk tiap kelas *IP address*

Kelas A	11111111 . 00000000 . 00000000 . 00000000	255.0.0.0
Kelas B	11111111 . 11111111 . 00000000 . 00000000	255.255.0.0
Kelas C	11111111 . 11111111 . 11111111 . 00000000	255.255.255.0

Pada *subnet mask*, seluruh bit yang berhubungan dengan *network ID* di set 1. Sedangkan bit yang berhubungan dengan *host-ID* di set 0. *IP address* kelas A misalnya, secara *default* memiliki *subnet mask* 255.0.0.0 yang menunjukkan batas antara *network-ID* dan *host-ID IP address* kelas A.

Subnet mask juga digunakan untuk menentukan letak suatu *host*, apakah di jaringan lokal, atau di jaringan luar. Hal ini diperlukan untuk operasi pengiriman paket *IP*. Dengan melakukan opearasi *AND* antara *subnet mask* dengan *IP address* asal dan *IP address* tujuan, serta membandingkan hasilnya, dapat diketahui arah tujuan paket *IP* tersebut. Jika kedua hasil operasi tersebut sama, maka *host* tujuan terletak di jaringan lokal, dan paket *IP* dikirim langsung ke *host* tujuan. Jika hasilnya berbeda, *host* tujuan terletak di luar jaringan lokal, sehingga paketpun dikirim ke *default router*.

2.6 Kebutuhan Peralatan dan *Software*

VoIP pada dasarnya beroperasi menggunakan jaringan computer berbasis internet dengan menggunakan protokol *TCP/IP*, tetapi bukanlah hal yang wajib dipenuhi dalam jaringan *intranet*. Oleh karena itu, VoIP dapat dioperasikan menggunakan jaringan *internet* publik maupun pada jaringan internal di *LAN*.

Adapun *Hardware* dari *VoIP* sebagai berikut :

- *Server*
- *Gateway* (*appliance based* atau *pc-based*). *Appliance* misalnya *Mediant*, *Asterisk appliance*, *PC based, card* misalnya *digium, sangoma*

- *SIP Client;*
Hardware IPPhone : *Grandstream, astra, Polycom, Linksys, Cisco* dll
Software IP Phone (Softphone): *X-lite, Kphone, Linphone, Twinkle.*

2.7 Kebutuhan Minimal

Selain keberadaan jaringan komputer berbasis internet yang menggunakan protokol *TCP/IP*, sebuah infrastruktur *VoIP* yang sederhana tidak membutuhkan peralatan tambahan. Peralatan yang diperlukan hanya berupa:

- a. Komputer yang terhubung ke jaringan *TCP/IP* atau internet yang dilengkapi dengan kartu suara (*sound card*) atau bisa pula menggunakan *PDA* yang terhubung ke *Wi-Fi hotspot*.
- b. *Headset* yang dilengkapi dengan mikrofon dan *speaker*.
- c. *Software client VoIP* berbasis *SIP* atau *IAX* yang disebut dengan softphone yang dapat diperoleh dari beberapa situs, misalnya situs (<http://www.voiprakyat.or.id>), seperti *CsipSimple*, *Idefisk*, *Sjphone*, *X-lite* yang berbasis *SIP* atau *Iaxlite* dan *Idefisk* yang berbasis *IAX*.

2.8 Keuntungan *VoIP*

- a. Biaya lebih rendah untuk sambungan langsung jarak jauh. Penekanan utama dari *VoIP* adalah biaya. Dengan dua lokasi yang terhubung dengan internet maka biaya percakapan menjadi sangat rendah.
- b. Memanfaatkan infrastruktur jaringan data yang sudah ada untuk suara. Berguna jika perusahaan sudah mempunyai jaringan. Jika memungkinkan jaringan yang ada bisa dibangun jaringan *VoIP* dengan mudah. Tidak diperlukan tambahan biaya bulanan untuk penambahan komunikasi suara.
- c. Penggunaan *bandwidth* yang lebih kecil daripada telepon biasa. Dengan majunya teknologi penggunaan *bandwidth* untuk *voice* sekarang ini menjadi sangat kecil. Teknik pemampatan data memungkinkan suara hanya membutuhkan sekitar 8kbps *bandwidth*.

- d. Memungkinkan digabung dengan jaringan telepon lokal yang sudah ada. Dengan adanya gateway bentuk jaringan *VoIP* bisa disambungkan dengan *PABX* yang ada dikantor. Komunikasi antar kantor bisa menggunakan pesawat telepon biasa
- e. Berbagai bentuk jaringan *VoIP* bisa digabungkan menjadi jaringan yang besar.
- f. Variasi penggunaan peralatan yang ada, misal dari *PC* sambung ke telepon biasa, *IP phone handset*.

2.9 Kelemahan VoIP

- a. Kualitas suara tidak sejernih jaringan PSTN. Merupakan efek dari kompresi suara dengan *bandwidth* kecil maka akan ada penurunan kualitas suara dibandingkan jaringan PSTN konvensional. Namun jika koneksi internet yang digunakan adalah koneksi internet pita-lebar / *broadband* seperti Telkom *Speedy*, maka kualitas suara akan jernih - bahkan lebih jernih dari sambungan Telkom dan tidak terputus-putus.
- b. Ada jeda dalam berkomunikasi. Proses perubahan data menjadi suara, jeda jaringan, membuat adanya jeda dalam komunikasi dengan menggunakan *VoIP*. Kecuali jika menggunakan koneksi *Broadband* (lihat di poin atas).
- c. Regulasi dari pemerintah RI membatasi penggunaan untuk disambung ke jaringan milik Telkom.
- d. Jika belum terhubung secara 24 jam ke internet perlu janji untuk saling berhubungan.
- e. Jika memakai internet dan komputer di belakang *NAT* (*Network Address Translation*), maka dibutuhkan konfigurasi khusus untuk membuat *VoIP* tersebut berjalan.
- f. Tidak pernah ada jaminan kualitas jika *VoIP* melewati internet.
- g. Peralatan relatif mahal. Peralatan *VoIP* yang menghubungkan antara *VoIP* dengan *PABX* (*IP telephony gateway*) relatif berharga mahal. Diharapkan dengan makin populernya *VoIP* ini maka harga peralatan tersebut juga mulai turun harganya.

- h. Berpotensi menyebabkan jaringan terhambat/*Stuck*. Jika pemakaian *VoIP* semakin banyak, maka ada potensi jaringan data yang ada menjadi penuh jika tidak diatur dengan baik.

2.10 Sejarah *VoIP*

Sejarah Perkembangan teknologi *VoIP* dimulai dari penemuan telepon pada tahun 1876 oleh Alexander Graham Bell. Kemudian dikembangkan lagi teknologi PSTN (*Public Switched Telephone Network*) yang sudah berkembang sampai sekarang. Beberapa tahun kemudian mulai berkembang teknologi yang baru. Pembuatan *Personal Computer* (PC) secara massal, sistem komunikasi telepon selular dan terakhir sistem berdasarkan jaringan internet yang memberikan layanan *e-mail*, *Chat* dan lain-lain. Teknologi *VoIP* diperkenalkan setelah internet mulai berkembang sekitar tahun 1995.

Pada mulanya kemampuan mengirimkan suara melalui internet hanya merupakan eksperimen dari beberapa orang atau perusahaan kecil. Ini dimulai dengan perusahaan seperti *Vocaltech* dan kemudian pada akhirnya diikuti oleh *Microsoft* dengan program *Netmeeting*-nya. Pada saat itu jaringan komputer internet masih sangat lambat. Di rumah-rumah (khususnya di Amerika) masih digunakan *dial-up* dengan kecepatan 36,6 *Kbyte*. *Backbone* Internet pun masih kecil. Aplikasi yang bersifat menghabiskan *bandwidth*, seperti misalnya suara atau video, masih sangat terbatas penggunaannya di pusat penelitian yang memiliki *bandwidth* besar. Dalam komunikasi *VoIP*, pemakai melakukan hubungan telepon melalui terminal yang berupa PC atau telepon biasa. Dengan bertelepon menggunakan *VoIP*, banyak keuntungan yang dapat diambil diantaranya adalah dari segi biaya jelas lebih murah dari tarif telepon tradisional, karena jaringan *IP* bersifat global. Sehingga untuk hubungan Internasional dapat ditekan hingga 70%. Selain itu, biaya *maintenance* dapat di tekan karena *voice* dan data *network* terpisah, sehingga *IP Phone* dapat di tambah, dipindah dan di ubah. Hal ini karena *VoIP* dapat dipasang di sembarang *ethernet* dan *IP address*, tidak seperti telepon konvensional yang harus mempunyai *port* tersendiri di Sentral atau *PBX* (*Private branch exchange*).

2.11 Cara Kerja VoIP

Prinsip kerja *VoIP* adalah mengubah suara *analog* yang didapatkan dari *speaker* pada komputer menjadi paket data digital, kemudian dari *PC* diteruskan melalui *Hub/ Router/ ADSL modem* dikirimkan melalui jaringan internet dan akan diterima oleh tempat tujuan melalui media yang sama. Atau bisa juga melalui media telepon diteruskan ke *phone adapter* yang disambungkan ke internet dan bisa diterima oleh telepon tujuan.

Untuk Pengiriman sebuah sinyal ke *remote destination* dapat dilakukan secara digital yaitu sebelum dikirim data yang berupa sinyal *analog* diubah ke bentuk data *digital* dengan *ADC(Analog to Digital Converter)*, kemudian ditransmisikan, dan di penerima dipulihkan kembali menjadi data *analog* dengan *DAC (Digital to Analog Converter)*. Begitu juga dengan VoIP, digitalisasi *voice* dalam bentuk paket data, dikirimkan dan dipulihkan kembali dalam bentuk *voice* di penerima. Format *digital* lebih mudah dikendalikan, dalam hal ini dapat dikompresi, dan dapat diubah ke format yang lebih baik dan data *digital* lebih tahan terhadap *noise* dari pada *analog*.

Bentuk paling sederhana dalam sistem *VoIP* adalah dua buah komputer terhubung dengan internet. Syarat-syarat dasar untuk mengadakan koneksi *VoIP* adalah komputer yang terhubung ke internet, mempunyai *sound card* yang dihubungkan dengan *speaker* dan mikrofon. Dengan dukungan *software* khusus, kedua pemakai komputer bisa saling terhubung dalam koneksi *VoIP* satu sama lain. Bentuk hubungan tersebut bisa dalam bentuk pertukaran *file*, suara, gambar. Penekanan utama dalam *VoIP* adalah hubungan keduanya dalam bentuk suara.

Pada perkembangannya, sistem koneksi *VoIP* mengalami *evolusi*. Bentuk peralatan pun berkembang, tidak hanya berbentuk komputer yang saling berhubungan, tetapi peralatan lain seperti pesawat telepon biasa terhubung dengan jaringan *VoIP*. Jaringan data *digital* dengan *gateway* untuk *VoIP* memungkinkan berhubungan dengan *PABX* atau jaringan *analog* telepon biasa. Komunikasi antara komputer dengan pesawat (*extension*) di kantor adalah memungkinkan. Bentuk komunikasi bukan Cuma suara saja. Bisa berbentuk tulisan (*chatting*) atau jika jaringannya cukup besar bisa dipakai untuk *Video Conference*. Dalam bentuk

yang lebih lanjut komunikasi ini lebih dikenal dengan *IP Telephony* yang merupakan komunikasi bentuk multimedia sebagai kelanjutan bentuk komunikasi suara (*VoIP*). Keluwsan dari *VoIP* dalam bentuk jaringan, peralatan dan media komunikasinya membuat *VoIP* menjadi cepat popular dimasyarakat umum.

2.12 *Elastix*

Elastix adalah *opensource software* yang membuat sebuah *platform* media komunikasi terpadu atau “*Unified Communications Platform*” yang terdiri dari komponen atau modul berbagai teknologi media komunikasi yang lazim digunakan dewasa ini seperti: *email server, instant messaging, a fax server, VoIP* dan *video conference*. Hampir semua modul dapat dikelola dan dikonfigurasi melalui antarmuka grafis, dimana *Elastix* mendukungan fitur-fitur terdepan seperti *voicemail, fax-to-email, softphones*, termasuk sistem CRM (*customer relationship management*) dan banyak lainnya.

Elastix 2.0.1 dengan lisensi GPLv2 untuk arsitektur x86 tersedia baik untuk sistem 32 dan 64 bit. Pembaruan pada *Elastix* 2.0 termasuk pengelolaan *add-on* yang membantu penyesuaian *Elastix* dengan kebutuhan pengguna termasuk kemungkinan untuk menambahkan aplikasi pihak ketiga. Disamping itu, pengguna *Elastix* akan menerima pemberitahuan dari sistem sehubungan dengan *update* untuk *add-on* yang terpasang.

Tampilan *Dashboard* juga diperbaiki agar pengguna dapat memantau informasi tentang status dan kinerja sistem lebih baik, seperti misalnya untuk panggilan yang terabaikan (*mised calls*), *E-mail* dan pesan dari vendor. Pengguna diberi pilihan dalam mengatur komponen atau informasi yang ingin ditampilkan di *Dashboard*. Sebuah Panel untuk operator berfungsi sebagai pengelola panggilan (telepon) secara *realtime* yang secara simultan menampilkan informasi tentang aktifitas yang sedang berlangsung. Mendukung pertemuan virtual, tersedia fitur *Elastix Conference Room* yang bisa mengorganisasi sebuah *Teleconference*, termasuk presentasi yang didukung pertukaran berkas berbagai format, disamping menyediakan fasilitas untuk *chatting* antar peserta konferensi jarak jauh. Modul *e-mail* diperbaiki dan lebih mudah disambungkan dengan *server e-mail* eksternal.

Sistem kini langsung mendukung *Mailman*, yaitu program pengelola milis yang dapat dipasang via antarmuka *Elastix-Interface*. *Elastix* 2.0 menyediakan fasilitas untuk *Faksimili* yang dikirim melalui antarmuka berbasis web (*Webinterface*). Fax dapat ditulis langsung atau diunggah dari berkas dengan format *PDF*, *Tiff* atau *Text*. Disamping itu modul Agenda juga telah ditingkatkan dengan *iCal-Export*.

2.13 Quality Of Service VoIP

Pembahasan selanjutnya adalah mengenai metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur kualitas kinerja VoIP. Secara umum, ada beberapa parameter-parameter penting yang mempengaruhi *Quality of Service* (QoS) layanan suara pada jaringan VoIP. Parameter ini dijadikan gambaran ukuran kinerja dari suatu jaringan VoIP. Parameter QoS tersebut yakni *delay*, *jitter*, *packet loss* dan *throughput*.

2.13.1 Delay

Delay (latency), adalah waktu tunda yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Dalam perancangan jaringan VoIP, waktu tunda merupakan suatu permasalahan yang harus diperhitungkan karena kualitas suara bagus tidaknya tergantung dari waktu tunda. Besarnya waktu tunda maksimum yang direkomendasikan oleh ITU-T G.711 untuk aplikasi suara adalah 160 ms, sedangkan waktu tunda maksimum dengan kualitas suara yang masih dapat diterima pengguna adalah 250 ms. Waktu tunda *end-to-end* adalah jumlah waktu tunda konversi suara *analog* ke *digital*, waktu tunda waktu paketisasi atau bisa disebut juga waktu tunda panjang paket dan waktu tunda jaringan pada saat t (waktu) tertentu.

Untuk menghitung *delay* yang terjadi digunakan Persamaan 2.1 (Setiawan, 2012)(Suryawan, Husni,& Anggraini, 2012).

Dimana:

Twf = Time Between first and last packet (Waktu)

P = Jumlah Paket

Kategori Delay	Besar Delay
Sangat Bagus	< 150 ms
Bagus	150 - 300 ms
Sedang	300 - 450 ms
Jelek	> 450 ms

Standar ITU-T G.1010 untuk QoS (End-User Multimedia QoS Categories)

2.13.2 Throughput

Throughput yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam *bps*. *Header* dalam paket data mengurangi nilai ini. *Throughput* dapat dihitung dengan melihat jumlah paket yang datang terhadap yang dikirim. *Throughput* juga merupakan kemampuan sebenarnya suatu jaringan dalam melakukan pengiriman data. Biasanya *throughput* selalu dikaitkan dengan *bandwidth*. Karena *throughput* memang dapat disebut juga dengan *bandwidth* dalam kondisi yang sebenarnya. *Bandwidth* lebih bersifat pasti sementara *throughput* sifatnya adalah dinamis tergantung trafik yang sedang terjadi. *Throughput* juga diartikan sebagai jumlah *bit* yang diterima dengan sukses per detik melalui sebuah sistem atau media komunikasi dalam selang waktu pengamatan tertentu. Umumnya *throughput* direpresentasikan dalam satuan *bit per second (bps)*. Untuk meng-*capture* nilai *throughput* dapat dilakukan dengan melihat nilai *bit per second (bps)*.

Untuk menghitung *throughput* yang terjadi digunakan Persamaan 2.2 (Setiawan, 2012)(Suryawan et al., 2012).

Dimana :

Average Bit/sec = jumlah data

Time between first & last packet (sec) = waktu

2.13.3 Packet Loss

Packet loss adalah banyaknya paket yang hilang pada suatu jaringan paket yang disebabkan oleh *Collision*, penuhnya kapasitas jaringan, dan *packet drop* yang disebabkan oleh habisnya *time to live* paket. Persamaan untuk menghitung *packet loss* dapat diperlihatkan pada Persamaan 2.3.

$$\text{Packet Loss} = \left(\frac{\text{Data yang dikirim} - \text{Data yang diterima}}{\text{Data yang dikirim}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Kategori <i>Packet Loss</i>	Besar <i>Packet Loss</i>
Sangat Bagus	0 %
Bagus	1 – 3 %
Sedang	4 – 15 %
Jelek	16 – 25 %

Standar ITU-T G.1010 untuk *QoS(End-User Multimedia QoS Categories)*

2.13.4 Jitter

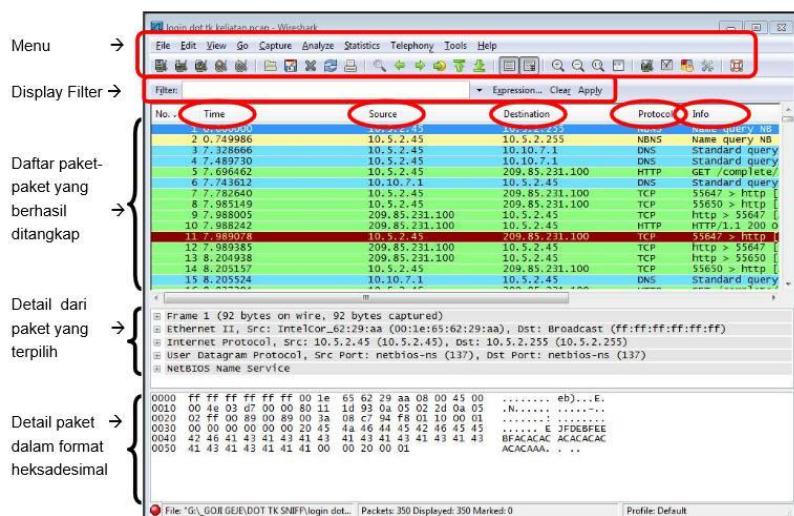
Jitter adalah variasi dari *delay*. *Jitter* disebabkan oleh adanya variasi waktu dalam kedatangan paket. Variasi kedatangan paket ini dapat disebabkan oleh panjang antrian data, lamanya waktu pengolahan data dan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menghimpun paket-paket data yang akhir proses transmisi untuk menjadi satu kesatuan *frame* yang utuh.

Kategori <i>Jitter</i>	Besar <i>Jitter</i>
Sangat Bagus	0 ms
Bagus	0 – 75 ms
Sedang	76 – 125 ms
Jelek	126 – 225 ms

Standar ITU-T G.1010 untuk *QoS(End-User Multimedia QoS Categories)*

2.13.5 Wireshark

Wireshark merupakan salah satu dari *software monitoring* jaringan yang biasanya banyak digunakan oleh para *administrator* jaringan untuk mengcapture dan menganalisa kinerja jaringan. Salah satu alasankena *Wireshark*banyak dipilih oleh seorang *administrator* adalah karena *interface* nya menggunakan *Graphical User Unit (GUI)* atau tampilan grafis.



Gambar 2.1 Wireshark

Keterangan :

1. *Menu* : Navigasi antar menu-mnu yang tersedia di *wireshark*
2. *Displayfilter*: Kolom untuk menuliskan sintaks-sintaks untuk memfilter (membatasi) paket-paket apa saja yang bakalan ditampilkan pada list paket.
3. Daftar paket : Tampilan paket-paket yang berhasil ditangkap oleh *wirehsark*, berurutan mulai dari paket pertama yang ditangkap dan seterusnya.
4. Detail paket : sebuah paket yang tentunya membawa informasi tertentu yang berbeda-beda antar paketnya.
5. Detail heksa : detail paket yang terpilih ditampilkan dalam bentuk heksa terkadang akan lebih mudah untuk mendapatkan informasi.

2.14 *Smartphone*

Ponsel cerdas (bahasa Inggris: *Smartphone*) adalah telepon genggam yang mempunyai kemampuan dengan penggunaan dan fungsi yang menyerupai komputer. Belum ada standar pabrik yang menentukan arti ponsel cerdas. Bagi beberapa orang, ponsel cerdas merupakan telepon yang bekerja menggunakan seluruh perangkat lunak sistem operasi yang menyediakan hubungan standar dan mendasar bagi pengembang aplikasi. Bagi yang lainnya, ponsel cerdas hanyalah merupakan sebuah telepon yang menyajikan fitur canggih seperti surel (surat elektronik), internet dan kemampuan membaca buku elektronik (*e-book*) atau terdapat papan ketik (baik sebagaimana jadi maupun dihubung keluar) dan penyambung *VGA*. Dengan kata lain, ponsel cerdas merupakan komputer kecil yang mempunyai kemampuan sebuah telepon.

Pertumbuhan permintaan akan alat canggih yang mudah dibawa ke mana-mana membuat kemajuan besar dalam pemroses, ngingatan, layar dan sistem operasi yang di luar dari jalur telepon genggam sejak beberapa tahun ini. Kebanyakan alat yang dikategorikan sebagai ponsel cerdas menggunakan sistem operasi yang berbeda. Dalam hal fitur, kebanyakan ponsel cerdas mendukung sepenuhnya fasilitas surel dengan fungsi pengatur personal yang lengkap.

Contoh Aplikasi pada *Smartphone* yang menggunakan Voip adalah:

1. *Skype*
2. *CSipSimple*
3. *Viber*
4. *Max Voip*
5. *Voip Stunt*
6. *Whatsapp*

2.15 *WirelessLAN (WLAN)*

WirelessLAN adalah suatu jaringan komputer yang saling terhubung melalui tanpa kabel. *Local Area Network* dari komputer maupun dari peralatan lainnya dapat dikembangkan lewat sinyal radio atau gelombang cahaya. Teknologi *Wireless LAN* ada yang menggunakan frekuensi radio untuk mengirim dan

menerima data tanpa membutuhkan kabel untuk saling menghubungkan. Akibatnya pengguna mempunyai fleksibilitas yang tinggi dan tidak tergantung pada suatu tempat atau lokasi.

Dizaman globalisasi ini sudah banyak tempat - tempat yang menyediakan koneksi *LAN* dengan teknologi *Wi-Fi* yang biasa disebut dengan *Hotspot*. Dengan hal ini memungkinkan seseorang dengan komputer dengan kartu nirkabel (*Wireless Card*) atau *Personal Digital Assistant (PDA)* untuk terhubung dengan internet dengan menggunakan titik akses (*Hotspot*) terdekat.



Gambar 2.2 Contoh jaringan WLAN

2.15.1 Cara Kerja *Wireless LAN (WLAN)*

Cara kerja *Wireless LAN* adalah dengan mengirimkan paket data ke alamat tujuan melalui gelombang radio. Ada tiga komponen penting dalam sebuah jaringan *Wireless LAN* yaitu format data, sinyal radio dan struktur jaringan. Masing-masing komponen itu berdiri sendiri-sendiri dalam fungsinya, sehingga untuk menggabungkan ketiganya agar dapat ditransmisikan kita membutuhkan alat bantu yang mampu menghubungkan ketiganya. *Wireless router* memungkinkan untuk mengatur hubungan *Wireless* melalui sebuah *Access Point*, dan secara otomatis akan membuat alamat yang berbeda antar pengguna sehingga user dapat saling melakukan komunikasi satu dengan yang lainnya.

2.15.2 Frekuensi

Saat ini, frekuensi yang digunakan untuk aplikasi *wireless LAN* adalah, secara umum adalah 2.4 GHz dan 5.8 GHz dan secara internasional termasuk dalam wilayah bebas lisensi sehingga dapat dipergunakan bersama oleh publik sebagai *Frequency Sharing*. Oleh karenanya, belakangan banyak negara berkembang yang menggunakan frekuensi itu untuk kebutuhan telekomunikasinya terutama untuk tempat-tempat yang sangat sulit dijangkau oleh jaringan kabel.

2.15.3 Faktor Yang Berpengaruh

Faktor yang berpengaruh pada kelancaran *Wireless LAN* adalah *interoperability*, yaitu kemampuan bekerjasama antara peralatan yang satu dengan yang lain. Jarak, yaitu jarak pancaran sinyal radio seberapa kuat dan seberapa jauh. Kepekaan radio, yaitu seberapa kepekaan radio terhadap pengiriman data. *Throughput* yaitu laju kecepatan radio. Aksesoris lain yaitu seperti *pigtail*, *pdapter*, kabel, antena, dan *card radio*, dan sumber daya. Beberapa faktor lain yang dapat memberikan pengaruh terhadap jaringan *Wireless LAN* adalah fitur-fitur yang tersedia yang dihasilkan dari susunan komponen-komponen pendukung aplikasi *Wireless LAN*. Dalam hal ini misalnya dukungan terhadap *POE*, *NAT*, *software monitor bandwidth*, menyediakan enkripsi, dan fitur lainnya yang diperlukan untuk mendukung desain jaringan yang diinginkan.

Saat ini, diantara kelebihan *Wireless LAN* adalah sudah semakin maju dan semua perangkat yang digunakan untuk mendukung kebutuhan jaringan sudah tersedia di pasaran. Interfacenya pun juga lebih *user friendly* dan untuk kompatibilitas antara perangkat yang satu dengan yang lainnya sudah lebih baik. Hal ini akan semakin memudahkan perencanaan dan implementasi jaringan. Kemajuan teknologi *Wireless LAN* yang ada saat ini memungkinkan siapa saja untuk mendapatkan solusi.

BAB 3

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kualitas suara dengan menggunakan metode *QoS*. Jaringan yang digunakan untuk menghubungkan antara satu *Smartphone (device)* dengan *Smartphone* yang lain digunakan jaringan *wireless LAN* di Fakultas Teknik Unuversitas Borneo Tarakan. Saat terjadi komunikasi antar satu *Smartphone* dengan *Smartphone* yang lain, data komunikasi yang terjadi di jaringan diambil menggunakan perangkat lunak *wireshark*. Kemudian hasil *capture* data jaringan oleh perangkat lunak *wireshark* tersebut dianalisis melalui pendekatan parameter *delay*, *throughput* dan *packetloss*. Pendekatan tersebut dilakukan untuk mengetahui kualitas layanan suara yang dihasilkan oleh jaringan *VoIP* di Fakultas Teknik Universitas Boneo Tarakan

3.1 Analisis Sistem

Analisis system adalah penguraian dari suatu sistem yang utuh kedalam bagian-bagian komponennya, dengan maksud untuk mendapatkan perangkat lunak dan perangkat keras yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Analisis tersebut dilakukan agar dalam proses penelitian ini dapat berjalan seperti yang direncanakan. Dalam penelitian ini dibutuhkan perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut :

3.1.1 Analisis Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras (*hardware*) adalah sistem utama dari sebuah sistem secara fisik, yang terdiri dari komponen - komponen yang saling terkait. Perangkat keras juga dapat dikatakan sebagai *device*. *Device* tersebut adalah :

1. Satu unit laptop dengan spesifikasi:
 - a. Network : WiFi 802.11b/g/n, Ethernet Port
 - b. Support WiFi adaptor / WiFi ad hoc
 - c. Baterai 5 hours (4-cell battery).

2. Dua buah *Smartphone* dengan spesifikasi minimum :
 - a. Sistem operasi : Android 4.2 (Jelly Bean)
 - b. Konektivitas : WiFi 802.11/b/g/n
 - c. Support WiFi direct, WiFi hotspot/ WiFi ad hoc
3. Satu buah *Acces Point* dengan spesifikasi :
 - a. Model : TD-W8961N
 - b. Interface : 4 10/100 Mbps RJ45 Ports
 - c. External Power Supply : 9VDC/0.85A
 - d. Antenna Type : Omni directional, Fixed
 - e. Antenna Gain : 2x5 dBi
 - f. Frequency : 2.400 - 2.4835 GHz
 - g. Transmit Power : < 20 dBm (EIRP)

3.1.2 Analisis Perangkat Lunak (*Software*)

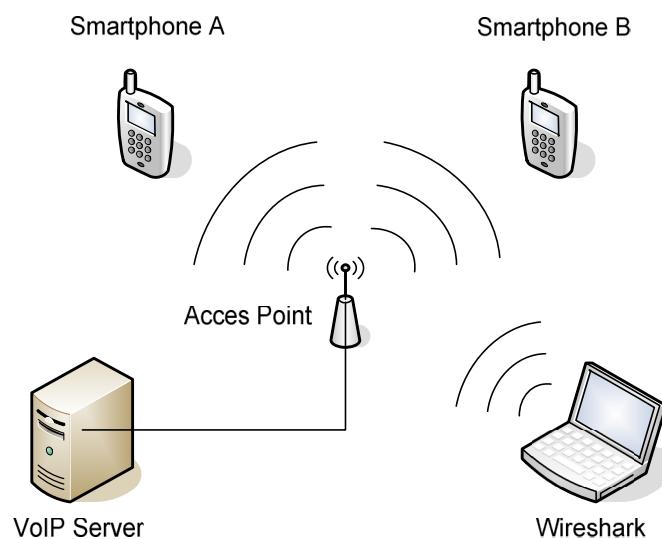
Perangkat lunak yang dibutuhkan dalam penelitian ini untuk melakukan uji coba aplikasi VoIP pada jaringan VoIP Server adalah sebagai berikut :

1. *CsipSimple*, merupakan aplikasi mobile *softphone* atau aplikasi telepon internet (VoIP) yang menggunakan *session initiation protocol* (SIP) untuk *device android*. *CsipSimple* dapat diperoleh dengan mudah di *google play android*. Dasar Pemilihan Aplikasi *CsipSimple* Karena *CsipSimple* adalah *mobile softphone* untuk Android yang berlisensi *Open Source*. Artinya *source code* nya tersedia bebas dan dikembangkan oleh banyak orang sehingga suatu hari ini nanti sangat mungkin akan menjadi sebuah aplikasi yang handal untuk digunakan sebagai bagian dari *Next Generation Network*.
2. *Wireshark*, *software* untuk mengambil atau meng-*capture* paket data jaringan internet. Dasar pemilihan aplikasi *Wireshark* Karena *Wireshark* mampu menangkap paket - paket data atau informasi yang berjalan dalam jaringan. Semua jenis paket informasi dalam berbagai format protokol pun akan dengan mudah ditangkap dan dianalisa. Karenanya tak jarang *tool* ini juga dapat dipakai untuk *sniffing* (memperoleh informasi penting seperti *password e-mail* atau *account* lain) dengan menangkap paket - paket yang berjalan di dalam

jaringan dan menganalisisnya. *Wireshark* juga merupakan salah satu dari sekian banyak *tool Network Analyzer* yang banyak digunakan oleh *Network administrator* untuk menganalisa kinerja jaringannya termasuk protocol didalamnya. *Wireshark* banyak disukai karena interfacenya yang menggunakan *Graphical User Interface (GUI)* atau tampilan grafis.

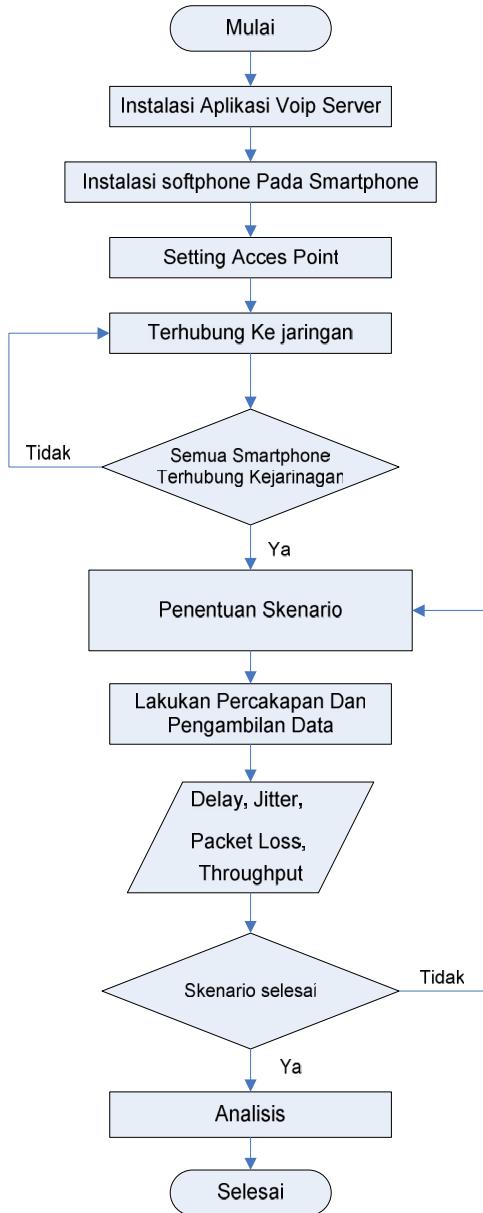
3. *VoIP server*, untuk mendapatkan akun *SIP* seperti *username* dan *password SIP*.

3.1.3 PemodelanSistem



Gambar 3.1 PemodelanSistem

Gambar 3.1 memperlihatkan bahwa pemodelan system pada penelitian ini yaitu menggunakan 2 buah *Smartphone* yang dihubungkan pada *server VoIP* dengan menggunakan *Acces Point*. Kemudian setelah semua *Device* terhubung ke *Server VoIP* dan saling melakukan percakapan dari satu *Smartphone* ke *Smartphone* lainnya maka aplikasi *Wireshark* akan menangkap setiap paket data yang terkirim pada jaringan *VoIP Server*. Kemudian kinerja pada jaringan *VoIP server* dianalisis sesuai dengan parameter *delay*, *throughput*, *jitter* dan *packet loss*.



Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem

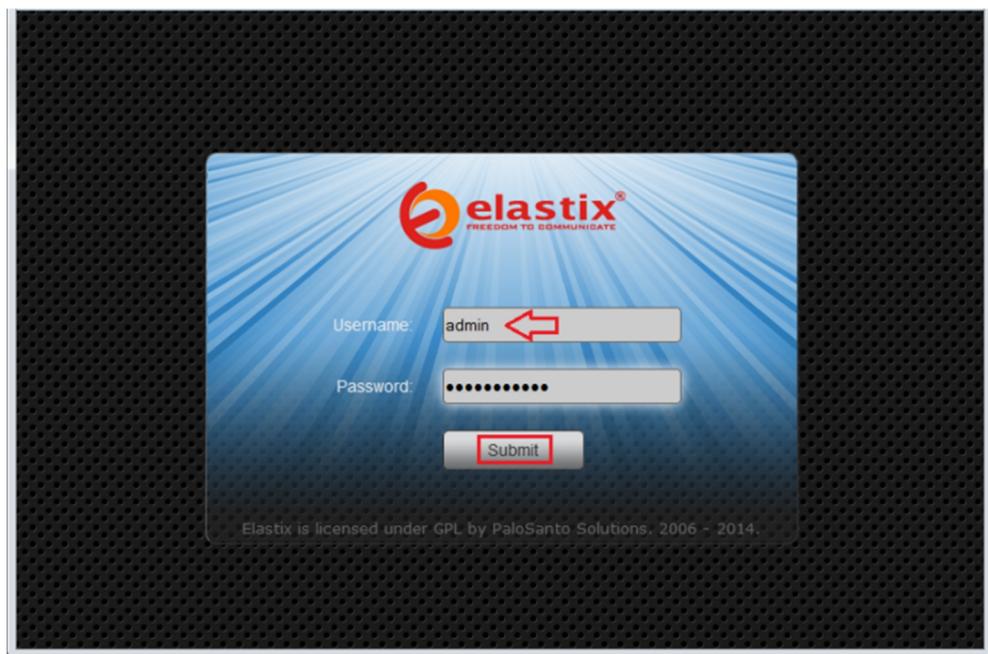
3.1.4 Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan gambaran secara keseluruhan proses kinerja sistem atau alur jalannya sistem. Pemodelan sistem dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2. memperlihatkan bahwa hal yang pertama kali dilakukan adalah melakukan instalasi *software VoIP server* yaitu aplikasi *Elastix* pada komputer. Kemudian melakukan instalasi aplikasi *VoIP call* di *Smartphone android* yakni aplikasi *CsipSimple*. Kemudian Menyeting *Acces Point* untuk

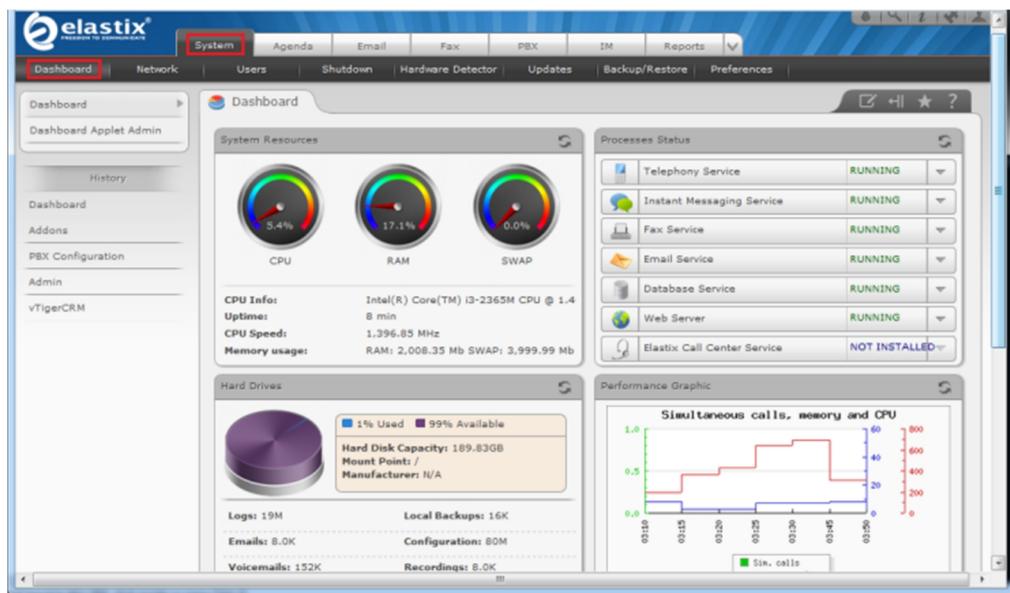
Menyesuaikan *IP* yang akan digunakan pada *VoIP server* dan *Smartphone*. Setelah semua *Smartphone* terhubung pada *VoIP server*, kemudian melakukan penentuan skenario pengujian dan perancangan jaringan *Voip Server* dengan melakukan pengujian pada 1 pasang (2 buah) *smartphone* Jarak yang berbeda-beda. Pengujian *VoIP server* dilakukan didalam ruangan (*indoor*) dan diuar ruangan (*outdoor*). Percobaan *indoor* dilakukan dengan semua perangkat baik itu *smartphone*, *server* dan *acces point* berada didalam gedung Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan. Sedangkan percobaan *outdoor* dilakukan dengan semua perangkat *smartphone*, *sever* dan *acces point* berada diluar luar gedung yaitu dihalaman parkir Fakultas Teknik Univesitas Borneo Tarakan. Kemudian melakukan panggilan *VoIP Call* dengan waktu yang sama yaitu selama 1 menit dan jumlah paket suara yang sama pada saya menggunakan file mp3 opick dengan judul alhamduillah. Setelah itu data *dicapture* menggunakan *software wireshark*. Kemudian dianalisis sesuai dengan parameter *delay*, *throughput* dan *packet loss*.

3.2 Konfigurasi *IP Client* Pada Server *VoIP Elastix*

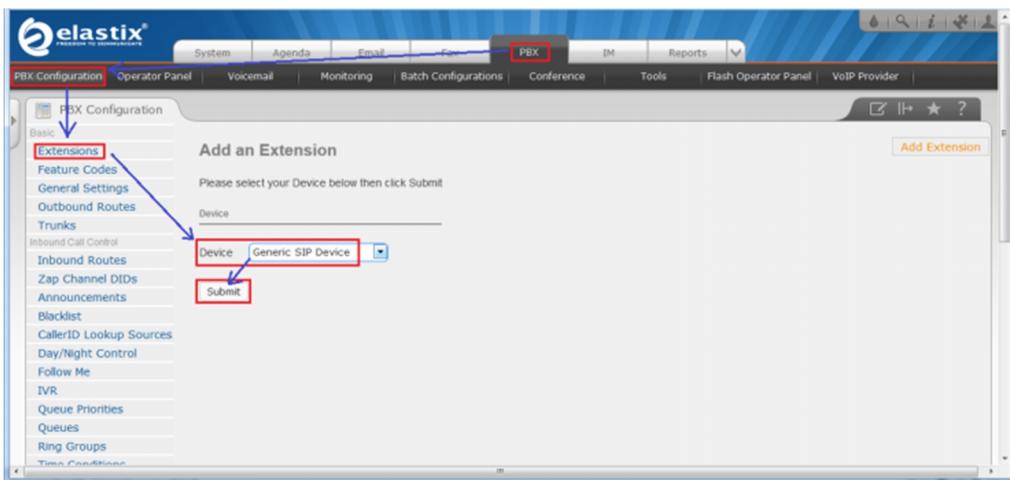
1. Langkah pertama melakukan login admin



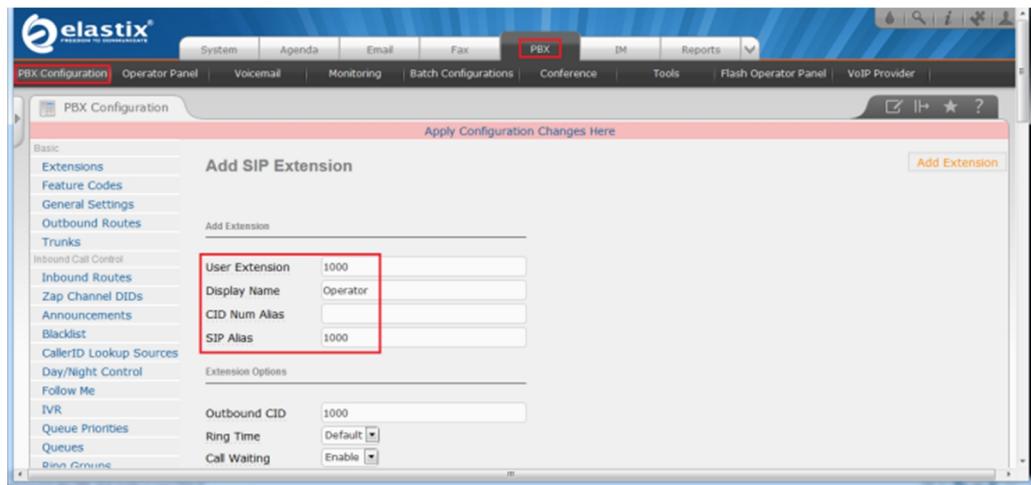
2. Setelah Login, akan ditampilkan *Dashboard Elastix*



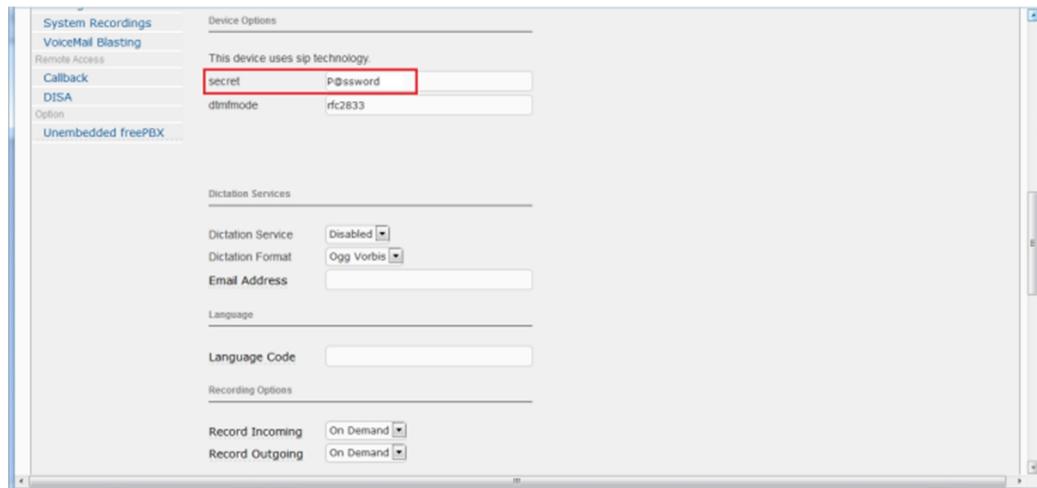
3. Selanjutnya kita dapat mulai membuat *Extention* seperti contoh dibawah ini. Pilih *Generic SIP Device* dan masukkan data-data yang diperlukan



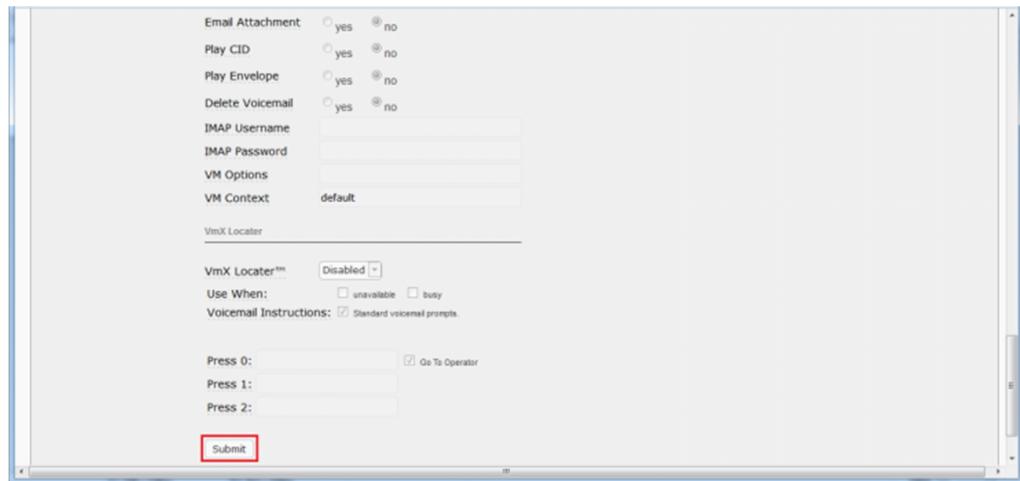
4. Tentukan nomor *extention*, *nama*, *SIP Alias* dan sejumlah data lainnya yang di perlukan. Misalnya sekarang kita buat Extention 1000



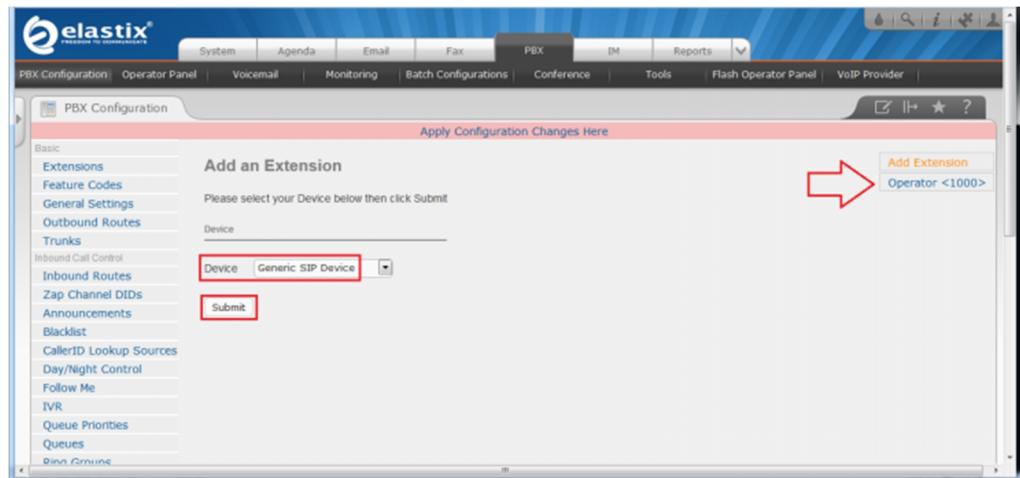
5. Tentukan juga *Password* untuk *extention* ini



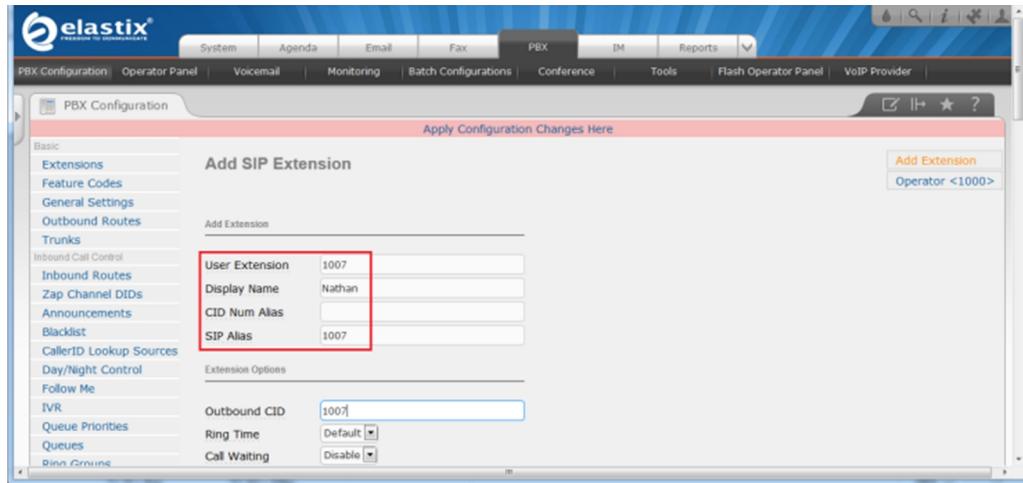
6. Selanjutnya pilih menu *submit* jika data sudah lengkap



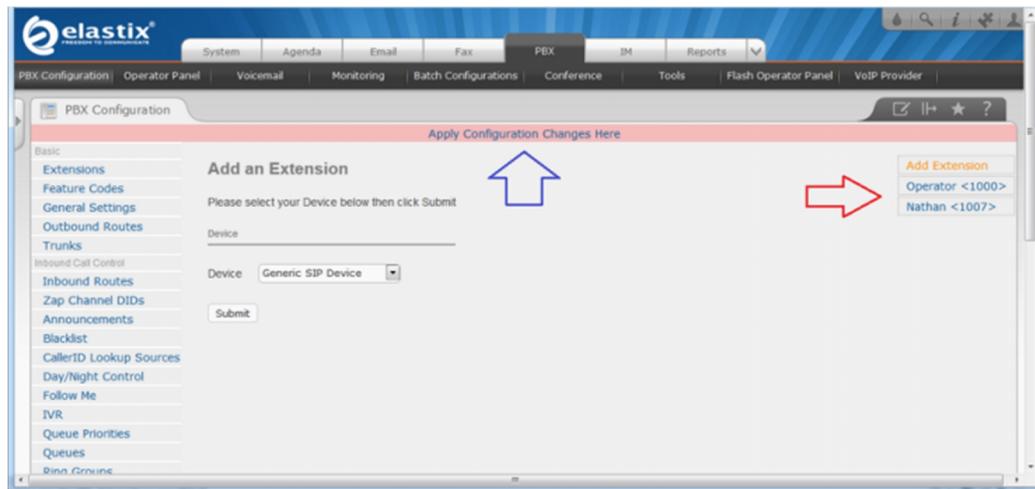
7. *Extention* telah kita buat. Lakukan pembuatan *extention* lainnya sesuai kebutuhan kita



8. Buat lagi *extention* yang lain misalnya kita buat *extention* 1007

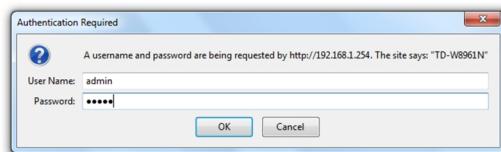
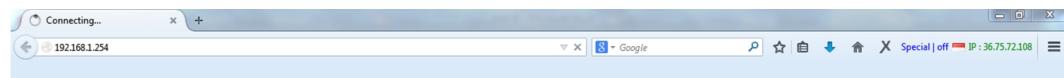


9. Setelah pembuatan *extention* selesai, jangan lupa kita klik menu “*Apply Configuration Changes Here*”



3.3 Cara membatasi IP Client Pada Access Point

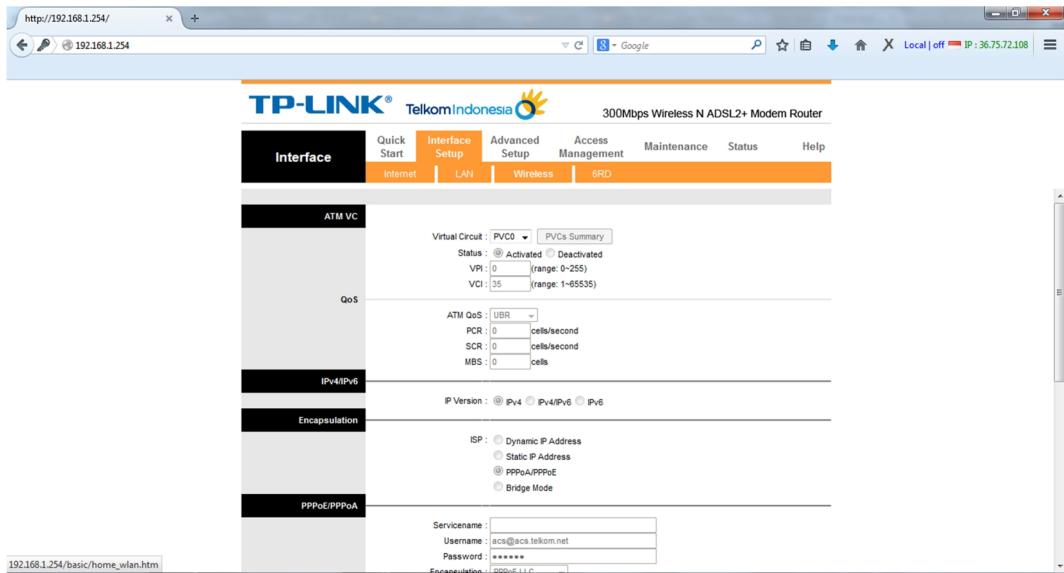
1. Langkah pertama yaitu melakukan login admin



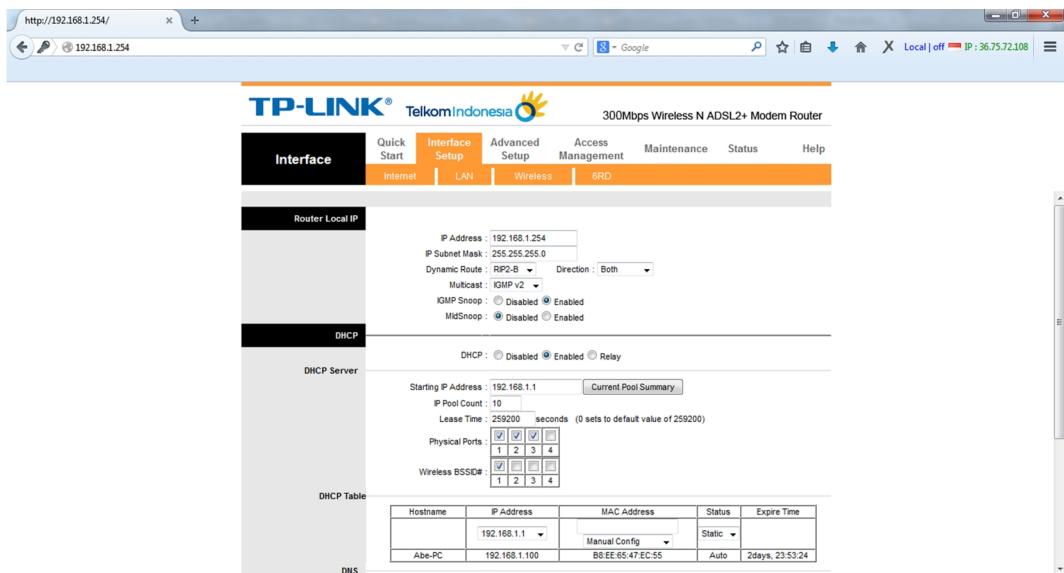
2. Setelah login, akan muncul menu utama pangaturan access point, lalu pilih menu yang kedua yaitu *Interface setup*

A screenshot of a web-based configuration interface for a TP-LINK TelkomIndonesia 300Mbps Wireless N ADSL2+ Modem Router. The URL in the address bar is 'http://192.168.1.254/'. The page title is 'TP-LINK® TelkomIndonesia 300Mbps Wireless N ADSL2+ Modem Router'. The main menu bar includes 'Quick Start', 'Interface Setup', 'Advanced Setup', 'Access Management', 'Maintenance', 'Status' (which is highlighted in orange), and 'Help'. The 'Status' menu has three sub-options: 'Device Info', 'System Log', and 'Statistics'. On the left, there's a sidebar with sections for 'Device Information', 'LAN', 'Wireless', and 'WAN'. The 'Device Information' section shows 'Firmware Version : 1.0.0 Build 140422 Rel.24762', 'MAC Address : c4:e9:84:92:ce:64', 'CPU Usage : 4%', and 'Memory Usage : 22%'. The 'LAN' section shows 'IP Address : 192.168.1.254', 'Subnet Mask : 255.255.255.0', and 'DHCP Server : Enabled'. The 'Wireless' section shows 'Current Connected Wireless Clients number is 1'. A table lists one client with ID 1 and MAC B8:EE:65:47:EC:55. The 'WAN' section shows a table for PVCs. The first row (PVC0) has columns: PVC, VP/VCI, IP Address, Subnet, GateWay, DNS Server, Encapsulation, and Status. It shows '0/55', '0.0.0.0', '0.0.0.0', '0.0.0.0', '0.0.0.0', 'PPPoE', and 'Down'. There is a 'Connect' button next to it. The second row (PVC1) shows '8/81', '0.0.0.0', '0.0.0.0', '0.0.0.0', '0.0.0.0', 'PPPoE', and 'Down'. There is a 'Connect' button next to it. The third row (PVC2) shows '8/88', 'N/A', 'N/A', 'N/A', 'N/A', 'Bridge', and 'Down'. The fourth row (PVC3) shows '7/77', 'N/A', 'N/A', 'N/A', 'N/A', 'Bridge', and 'Down'.

3. Setelah masuk ke *interface setup*, kemudian pilih menu *LAN*



4. Kemudian langkah selanjutnya yaitu mengisi kolom *IP Pool Count* dengan jumlah yang diinginkan. Contohnya apabila kita hanya menginginkan sepuluh client yang terhubung ke access point, maka kita ketik 10 di kolom IP Pool Count. Langkah terakhir yaitu klik save maka semua pengaturan akan tersimpan.



3.4 Total Data Awal

Tabel 3.1 Pengujian *VoIP Server Indoor* pada jarak 0-5 meter

Jarak	Jumlah paket	Total waktu
0-5	6.677	62,388
0-5	6.541	62,967
0-5	6.513	61,943
Rata-rata	6.577	62,432

Tabel 3.2 Pengujian *VoIP Server Indoor* pada jarak 6-10 meter

Jarak	Jumlah paket	Total waktu
6-10	6.931	65,228
6-10	6.840	65,333
6-10	6.768	64,777
Rata-rata	6.846	65,112

Tabel 3.3 Pengujian *VoIP Server Indoor* pada jarak 11-15 meter

Jarak	Jumlah paket	Total waktu
11-15	6.622	63,501
11-15	6.478	61,969
11-15	6.437	60,841
Rata-rata	6.737	64,437

Tabel 3.4 Pengujian *VoIP Server Outdoor* pada jarak 0-5 meter

Jarak	Jumlah paket	Total waktu
0-5	6.826	62,577
0-5	6.751	63,766
0-5	6.746	60,268
Rata-rata	6.774	62,203

Tabel 3.5 Pengujian *VoIP Server Outdoor* pada jarak 6-10 meter

Jarak	Jumlah paket	Total waktu
6-10	6.796	63,31
6-10	6.608	62,131
6-10	6.832	62,79
Rata-rata	6.745	62,743

Tabel 3.6 Pengujian *VoIP Server Outdoor* pada jarak 11-15 meter

Jarak	Jumlah paket	Total waktu
10-15	6.810	67,766
10-15	6.668	63,481
10-15	6.733	62,064
Rata-rata	6.512	62,103

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran dan Analisa Kinerja VoIP Server

Setelah semua *Smartphone* telah terhubung ke *VoIP Server*, proses selanjutnya adalah melakukan pengujian. Proses pengujian dalam penelitian ini dengan melakukan pengujian didalam ruangan (*indoor*) dan luar ruangan (*outdoor*). Pengujian tersebut dilakukan untuk menguji Kinerja dari *VoIP Server* yang memiliki daya pancar jaringan yang terbatas. Namun sebelum melakukan pengujian terdapat beberapa skenario pengujian yang harus dilakukan. Tujuannya agar pengujian mendapatkan data yang *fair*. Skenario pengujian tersebut yakni :

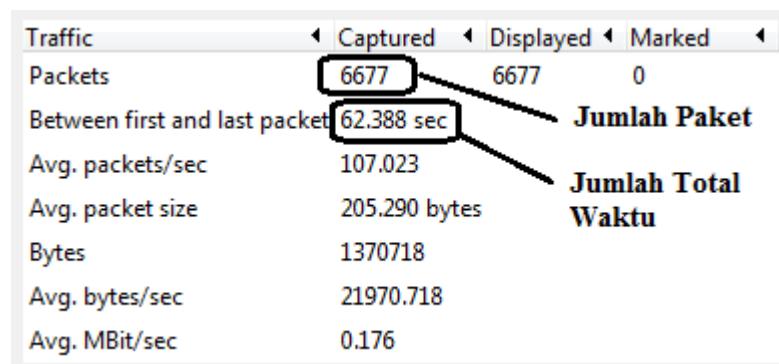
- a. Memastikan bahwa semua *Smartphone* telah terhubung ke dalam jaringan *VoIP Server*.
- b. Memasukan *username* dan *password* sesuai dengan akun *SIP* yang didapatkan dari *server SIP*
- c. Setelah itu menunggu akun *SIP* masing-masing *smartphone* telah terotentikasi oleh *server SIP* sampai siap digunakan.
- d. Salah satu dari *smartphone* tersebut masukan *Caller ID* atau no telepon yang dituju.
- e. Kirimkan data suara dengan durasi kurang lebih selama satu menit dengan jarak antar *Smartphone* yang berbeda.
- f. *Capture* data dengan *software wireshark* untuk menghitung hasil pengujian.

Selain skenario pengujian, telah diuraikan bahwa parameter untuk mengukur kualitas jaringan yang dihasilkan yakni menggunakan parameter *delay*, *jitter*, *packet loss* dan *throughput*. Proses pengujian juga dilakukan diruangan tertutup (*indoor*) dan ruangan terbuka (*outdoor*) dengan jarak antar *Smartphone* 0-5 meter, 6-10 meter serta 11-15 meter.

4.1.1 Pengukuran Delay

Delay adalah waktu yang dibutuhkan oleh data untuk sampai pada tujuan. Besarnya *delay* dapat diukur pada saat bit pertama dikirimkan sampai bit terakhir diterima di sisi penerima. Persamaan *delay* dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.1.

Pada proses pengujian di ruangan tertutup (*indoor*) diperoleh hasil dengan mengambil data melalui *software wireshark* dan dihitung menggunakan persamaan 2.1. Untuk menghitung *delay* komunikasi VoIP melalui *statistics -> summary* di *wireshark* seperti pada Gambar 4.1 ambil data *between first and last packet* sebagai jumlah waktu paket dan *packet* sebagai total paket yang terkirim



Gambar 4.1 Wireshark Summary

Untuk menghitung delay yang terjadi digunakan Persamaan 2.1 (Setiawan, 2012), (Suryawan, Husni,& Anggraini, 2012).

$$\begin{aligned} \text{Delay} &= \frac{T_{wf}}{P} \\ &= \frac{62,388}{6.677} \\ &= 0.009167448 \text{ Detik} \end{aligned}$$

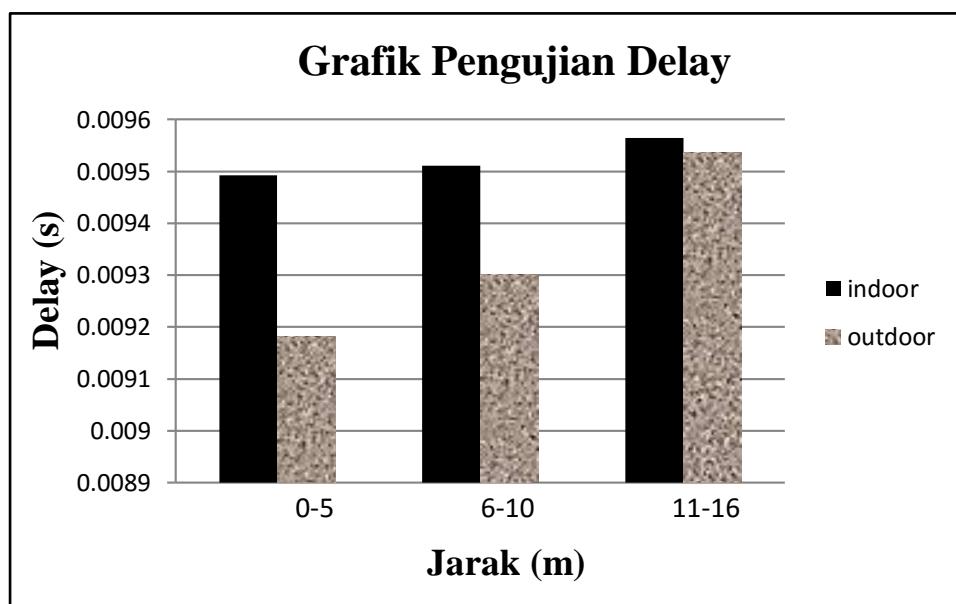
Pada proses pengujian *Delay* di dalam ruangan (*indoor*) diperoleh hasil pada Tabel 4.1 Sedangkan hasil pengujian di ruangan terbuka (*outdoor*) disajikan pada Tabel 4.2

Tabel 4.1 Hasil Rata-rata Pengukuran Delay (*Indoor*)

Jarak (m)	Jumlah Total Waktu	Total Paket	Delay(s)
0-5	62,432	6.577	0,00949258
6-10	65,112	6.846	0,00951059
11-15	64,437	6.737	0.00956464

Tabel 4.2 Hasil Rata-rata Pengukuran Delay (*Outdoor*)

Jarak (m)	Jumlah Total Waktu	Total Paket	Delay(s)
0-5	62,203	6.774	0.00918226
6-10	62,743	6.745	0.00930179
11-15	62,103	6.512	0.00953632



Grafik 4.1 Pengujian Delay

Hasil pengujian *delay* pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dapat dibandingkan bahwa komunikasi aplikasi telepon *VoIP* di dalam jaringan *Wireless LAN* dapat

berjalan dengan baik meskipun antara satu Perangkat dengan Perangkat yang lain dapat bergerak bebas. Perbandingan hasil pengujian menunjukan bahwa perbandingan antara *delay indoor* dan *outdoor* paling besar terjadi pada saat komunikasi terjadi di dalam ruangan (*Indoor*) yaitu pada jarak 11-15 meter. Hal tersebut terjadi karena pada proses pengujian tempat yang digunakan memiliki penghalang dinding ruangan. Sedangkan untuk pengujian *delay* pada luar ruangan (*Outdoor*) yang tidak memiliki penghalang dinding ruangan mendapatkan nilai *delay* yang lebih rendah dibandingkan dengan pengujian pada ruang tertutup (*Indoor*).

4.1.2 Pengukuran *Throughput*

Throughput adalah kemampuan sebenarnya suatu jaringan dalam melakukan pengiriman data. Biasanya throughput selalu dikaitkan dengan bandwidth. Karena throughput memang bisa disebut juga dengan bandwidth dalam kondisi yang sebenarnya. Bandwidth lebih bersifat fix sementara throughput sifatnya adalah dinamis tergantung trafik yang sedang terjadi.

Untuk menghitung *throughput* yang terjadi digunakan Persamaan 2.2 (Setiawan, 2012), (Suryawan et al., 2012).

$$\begin{aligned} \text{Throughput} &= \frac{\text{Jumlah Data}}{\text{Waktu pengiriman}} \\ &= \frac{6370}{67.700} \\ &= 94.091 \end{aligned}$$

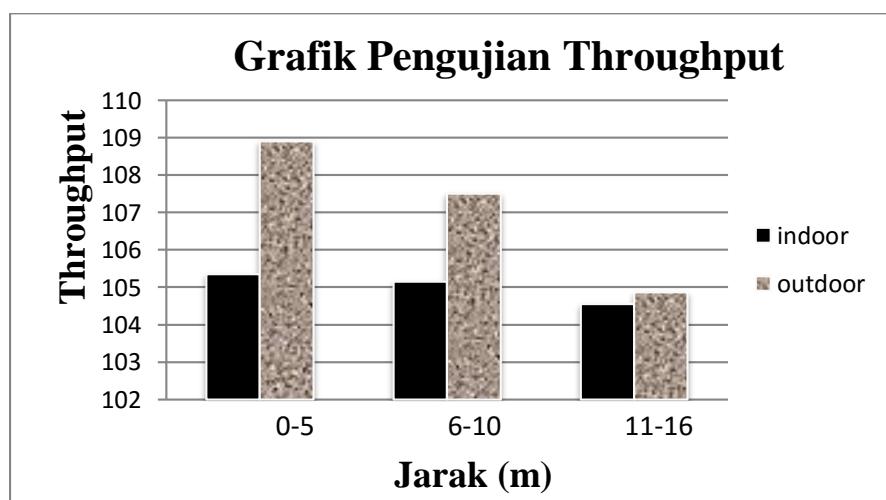
Pada proses pengujian Throughput di dalam ruangan (*indoor*) diperoleh hasil pada Tabel 4.3 Sedangkan hasil pengujian Throughput di ruangan terbuka (*outdoor*) disajikan pada Tabel 4.4

Tabel 4.3 Hasil Rata-rata Pengukuran Throughput (*Indoor*)

Jarak (m)	Total Paket	Jumlah Total Waktu	Throughput
0-5	6.577	62,432	105,345
6-10	6.846	65,112	105,145
11-15	6.737	64,437	104,551

Tabel 4.4 Hasil Rata-rata Pengukuran Throughput (*Outdoor*)

Jarak (m)	Total Paket	Jumlah Total Waktu	Throughput
0-5	6.774	62,203	108,905
6-10	6.745	62,743	107,506
11-15	6.512	62,103	104,862



Grafik 4.2 Pengujian Throughput

Hasil pengujian *Throughput* pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 menunjukkan *throughput* yang paling kecil dihasilkan pengujian *indoor* dengan jarak 11-15 meter. Pengaruh dinding ruangan menjadi faktor penyebab pengujian *indoor* tersebut menghasilkan throughput yang kecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa *throughput* yang dihasilkan baik *outdoor* maupun *indoor* aplikasi VoIP Server

masih layak di jaringan *VoIP Sever*, karena *throughput* merupakan parameter untuk mengukur kemampuan sebenarnya suatu jaringan dalam melakukan pengiriman data.

4.1.3 Pengukuran Packet Loss

Packet loss adalah banyaknya paket yang hilang pada suatu jaringan paket yang disebabkan oleh *Collision*, penuhnya kapasitas jaringan, dan *packet drop* yang disebabkan oleh habisnya *time to live* paket. Persamaan untuk menghitung *packet loss* dapat diperlihatkan pada Persamaan 3.

$$\begin{aligned} \text{Packet Loss} &= \left(\frac{\text{Data yang dikirim} - \text{Data yang diterima}}{\text{Data yang dikirim}} \right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{6577 - 6577}{6577} \right) \times 100\% \\ &= 0.00\% \end{aligned}$$

Sehingga proses pengujian baik *indoor* maupun *outdoor* aplikasi *VoIP* di jaringan *VoIP Sever* mendapatkan *packet loss* dengan menghitung menggunakan Persamaan 3 diperlihatkan pada Tabel 4.5 untuk pengujian *indoor* dan Tabel 4.6 untuk pengujian *outdoor*.

Tabel 4.5 Hasil Rata-rata Pengukuran *Packet Loss (Indoor)*

Jarak (m)	Total Paket	Paket Terkirim	Packet Loss
0-5	6.577	6.577	0.00%
6-10	6.846	6.846	0.00%
11-15	6.737	6.737	0.00%

Tabel 4.6 Hasil Rata-rata Pengukuran *Packet Loss* (*Outdoor*)

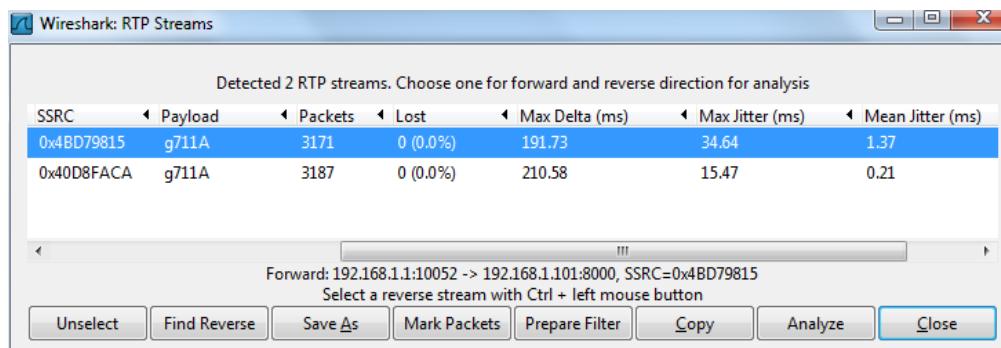
Jarak (m)	Total Paket	Paket Tekirim	Packet Loss
0-5	6.774	6.774	0.00%
6-10	6.745	6.745	0.00%
11-15	6.512	6.512	0.00%

Hasil pengujian *Packet Loss* pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 menunjukan bahwa *Packet Loss* yang dihasilkan antara *indoor* dan *outdoor* sama yaitu sebesar 0.00%. Standar nilai *packet loss* jaringan yang ditentukan *ITU-T* adalah 1 - 3%, sedangkan nilai rata-rata *packet loss* yang dihasilkan aplikasi *VoIP* di dalam jaringan *VoIP Sever* masih diberada di bawah 1%. Hal tersebut menunjukan bahwa jaringan *VoIP Server* dapat digunakan untuk aplikasi *VoIP*.

4.1.4 Pengukuran *Jitter*

Jitter adalah variasi dari *delay*. *Jitter* disebabkan oleh adanya variasi waktu dalam kedatangan paket. Variasi kedatangan paket ini dapat disebabkan oleh panjang antrian data, lamanya waktu pengolahandata dan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menghimpun paket-paket data yang akhir proses transmisi untuk menjadi satu kesatuan frame yang utuh. *Software wireshark* telah dilengkapi fitur untuk mengetahui *jitter* komunikasi yang terjadi pada aplikasi *VoIP* di jaringan *VoIP Sever* yakni dengan cara membuka menu tab *Telephony* -> *RTP* -> *Show All Streams*.

RTP steams diperlihatkan seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 *Capture Jitter Wireshark*

Data *jitter* yang dihasil oleh *software wireshark* menggunakan satuan *milliseconds* (ms) namun dalam penelitian ini data tersebut dikonversikan dengan satuan *seconds*.

Tabel 4.7 Hasil Rata-rata Pengukuran Jitter

Jarak (m)	Indoor (s)	Outdoor (s)
0-5	0,05398	0,04608
6-10	0,05461	0,05961
11-15	0,0571	0,09485

Pada Tabel 4.7 menunjukan bahwa pengujian *jitter* yang paling besar pada percobaan *outdoor* dengan jarak 11-15 meter yaitu sebesar 0,09485 detik sedangkan nilai pengujian *jitter* yang paling kecil pada percobaan diluar ruangan (*outdoor*) dengan jarak 0-5 meter yaitu sebesar 0,04608 detik. Pengukuran jitter paling besar dan paling kecil pada outdoor dikarenakan jatuhnya kuat sinyal karena pertambahan jarak pada media transmisi. Setiap media transmisi memiliki redaman yang berbeda-beda, tergantung dari bahan yang digunakan. Untuk mengatasi hal ini, perlu digunakan repeater sebagai penguat sinyal. Pada daerah frekuensi tinggi biasanya mengalami redaman lebih tinggi dibandingkan pada daerah frekuensi rendah.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dijabarkan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Delay* paling besar yang dihasilkan adalah 0.00956464 *seconds* (9.56464ms) pada pengujian di dalam ruangan (*indoor*) dengan jarak 11-15 meter. Berdasarkan standar *ITU-T*, kualitas *VoIP* dapat dikatakan baik jika berada *range delay* 0-150 ms. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kualitas komunikasi yang dihasilkan aplikasi *VoIP Server* di dalam jaringan *Wireless LAN* di Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan memiliki kualitas yang baik.
2. *Throughput* yang paling rendah dihasilkan pada proses pengujian didalam ruangan (*Indoor*) yaitu sebesar = 104,551 kbps. Sedangkan throughput yang paling besar dihasilkan pada pengujian diluar ruangan yaitu sebesar = 108,905 kbps.
3. *Packet loss* yang dihasilkan pada pengujian baik *indoor* maupun *outdoor* yaitu sebesar 0,00%. Berdasarkan standar *ITU-T*, kualitas *VoIP* dapat dikatakan baik jika berada *range Packet Loss* 1 – 3 %. Hal tersebut menunjukan bahwa *packet loss* yang dihasilkan masih berada pada batas yang ditentukan.
4. *Jitter* yang dihasilkan berada pada rentang antara 0,04608 – 0.09485 *seconds*. Padahal, Berdasarkan standar *ITU-T*, kualitas *VoIP* dapat dikatakan baik jika berada *range Jitter* 0 – 75 ms. Namun pada pengujian di *outdoor* dengan jarak 11-15 meter memiliki *jitter* yang nilainya melampaui standard yakni sebesar 0.09485 *seconds* (94,85 ms)

5.2. Saran

Berikut ini beberapa saran demi kesempurnaan penelitian:

1. Untuk kedepannya diperlukan penelitian lebih lanjut untuk pengembangan layanan *video call* antara *voip* ke *voip*.
2. Kedepannya layanan *voip* ke *voip* dapat di akses oleh publik untuk mempermudah berkomunikasi secara umum.

DAFTAR PUSTAKA

- Alifan Alfun Salim, Taufiq Timur W., Lutfi Ali Muharom. (2011) *Integrasi Voice Over Internet Protocol (Voip) Dan Pabx Menggunakan Elastix Operating System*. Jember : Universitas Muhammadiyah Jember
- Budi Prasetyo. (2006). *Analisis Implementasi Voice Over Internet Protocol (Voip) Pada Jaringan Wireless Lan Berbasis Session Initiation Protocol (Sip)*. Universitas Telkom.
- Fahdi, D., Patih, J., Fitriawan, H., & Yuniati, Y. (2012). *Analisa Perancangan Server Voip (Voice Internet Protocol) dengan Opensource Asterisk Dan Vpn (Virtual Private Network) Sebagai Pengaman Jaringan Antar Client*
- Indra Warman, Iqbal Marzuki. (2015). *Implementasi Voice Over Internet Protocol (Voip) Pada Elastix Server Menggunakan Protocol Inter Asterisk Exchange (Iax)*. Padang : Institut Teknologi Padang.
- Muhammad Saefulloh. (2014). *Rancang bangun voip menggunakan Software open Source asterisknow*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah
- Mulyadi. (2014). *Merancang Bangun dan Menkonfigurasi Jaringan WAN dengan Paket Tracer*. Yogyakarta: Andi
- Nurkholis, A., & Hendrawan, A. (2011). *Implementasi Server VoIP untuk Komunikasi di PT. Lintas Data Prima*. Yogyakarta: Stmik Amikom.
- Ryan Ari Setyawan. (2015). *Analisis Unjuk Kerja Aplikasi VoIP Call Android di Jaringan MANET (Mobile Ad Hoc Network)*. Yogyakarta : Universitas Janabadra.
- Setiawan, E. B. (2012). *Analisa Quality Of Services (Qos) Voice Over Internet Protocol (Voip) Dengan Protokol H .323 Dan Session Initial Protocol (SIP)*. Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika (KOMPUTA)
- Yetti Yuniati, Helmy Fitriawan, Domiko Fahdi Jaya Patih. (2014). *Analisa Perancangan Server Voip (Voice Internet Protocol) Dengan Opensource Asterisk Dan Vpn (Virtual Private Network) Sebagai Pengaman Jaringan Antar Client*. Lampung : Universitas Lampung.