ANALISIS KINERJA VOIP *OPEN SOURCE FREEPBX ASTERISK* MENGGUNAKAN METODE MOS E-MODEL (ITU-T G.107)

Abdoe Rahman Sadiq

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember Email : abdhu.bafadhal@gmail.com

Abstrak

Tekonologi voip dapat melakukan komunikasi voice secara realtime dengan server FreePBX asterisk sebagai servernya. Voip FreePBX ini menggunakan protocol SIP dan dengan codec G.711 sebagai jenis kompresinya. pada skripsi ini akan dibahas analisis performansi dari VoIP FreePBX asterisk dengan menggunakan codec G.711 dengan paramater-parameter yang ada dalam QoS seperti Delay, packet loss, dan jitter sebagai data yang akan dianalisis menggunakan Metode MOS E-model ITU-T G.107 sebagai standarisasi pengukuran kualitas suara dengan rekomendasi ITU-T G.107. implementasi jaringan yang dibangun berupa beberapa perangkat fisik seperti sebuah router, server, dan beberapa client yang nantinya akan dilakukan ujicoba komunikasi VoIP untuk mendapatkan nilai-nilai QoS menggunakan software network analyzer yaitu wireshark.

Hasil dari skripsi ini dapat dilihat dengan nilai rata-rata MOS yang didapatkan pada angka 4.3, berdasarkan referensi tabel rekomendasi P.800 semakin besar angka MOS maka semakin bagus kualitas yang didapatkan, dapat ditarik kesimpulan bahwasannya *voip FreePBX* menggunakan codec G.711 mendapatkan hasil yang baik ketika tanpa menggunakan limitasi dan limitasi minimum pada 384kbps.

Kata kunci : Protocol SIP, FreePBX asterisk, codec G.711, delay, packet loss, jitter, MOS, ITU-T G.107, software network analyzer, wireshark, router, server, client, P.800

Abstract

VoIP technology can perform realtime voice communications with Asterisk FreePBX server as a server. FreePBX VOIP uses SIP protocol and the G.711 codec as the compression types. in this paper will discuss the analysis of the performance of VoIP FreePBX asterisk using the G.711 codec parameters-in QoS parameters such as delay, packet loss, and jitter as the data to be analyzed using MOS Method E-model of ITU-T G.107 as a standard measurement of voice quality with ITU-T G.107. network implementation is constructed some physical device such as a router, server, and some clients will be carried out trials of VoIP communications to get the values of QoS that using software network analyzer as Wireshark. The results of this thesis can be seen with the average value of MOS obtained on 4.3, based on the reference table P.800 the greater number of MOS the better the quality obtained, it can be deduced that the voip FreePBX using G.711 codec get the results Well when without using minimum limitation and limitation at 384kbps.

Keywords: Protocol SIP, FreePBX asterisk, codec G.711, delay, packet loss, jitter, MOS, ITU-T G.107, software network analyzer, wireshark, router, server, client, P.800

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan komunikasi pada saat ini sudah menjadi kebutuhan yang tidak dapat dihindari, teknologi informasi di bidang komunikasi telepon sudah berkembang sangat pesat menjadikan sebagian orang mencari alternatif lain untuk melakukan komunikasi telepon dengan biaya murah. Pada era ini teknologi komunikasi data sudah sangat berkembang pesat yang dipicu oleh internet. Keberadaan infrastruktur ini membuat sebagian orang berpikir untuk melakukan panggilan suara dalam jaringan internet, dari pemikiran seperti inilah yang mendorong perkembangan dari teknologi *Voice Over Internet Protocol*(VoIP).

Voip adalah teknologi yang memanfaatkan Internet Protocol untuk menyediakan komunikasi voice secara elektronis dan real-time. VoIP sebagai layanan Internet biasa disebut IP Telephony. Infrastruktur internet dibutuhkan agar dapat menggunakan atau menyediakan layanan VoIP. Menggabungkan berbagai fitur atau kemampuan dalam satu piranti sudah menjadi tren berbagai alat elektronik saat ini. karena dengan voip, biayanya sangat murah dan bahkan gratis untuk tujuan negaranegara tertentu.

MOS (Mean Opinion Score) dengan estimasti E-model (ITU-T G.107) merupakan metode pengukuran kualitas transmisi suara berdasarkan penyebab menurunnya kualitas suara diantaranya delay dan packet loss. Nilai akhir estimasi E-Model ini disebut dengan R faktor. MOS merupakan ukuran kualitas yang telah digunakan di telepon selama beberapa dekade sebagai cara menilai opini dari untuk kualitas panggilan. Tes ini pengguna digunakan secara luas di jaringan VoIP untuk memastikan transmisi suara berkualitas, Dengan meningkatnya popularitas layanan telepon VoIP, Penilaian berdasarkan MOS sangat penting untuk memastikan kepuasan klien untuk pertumbuhan jaringan VoIP dikemudian hari.

FreePBX merupakan distro open source berbasis web GUI (graphical user interface) yang mampu mengontrol dan mengelola Asterisk (PBX), yang merupakan server komunikasi open source. FreePBX dilisensikan di bawah GNU General Public License (GPL), berlisensi open source. FreePBX dapat diinstall secara manual. Distro FreePBX mencakup sistem OS, Asterisk, FreePBX GUI dan berbagai macam dependensi.

Penggunaan FreePBX sangat menguntungkan untuk membangun jaringan VoIP namun tidak adanya informasi kebutuhan spesifikasi maupun informasi kinerja secara resmi yang dikeluarkan oleh pihak FreePBX membuat tidak mengetahui seberapa layak kinerja dari FreePBX, oleh karena itu penulis ingin menguji kinerja dari komunikasi berbasis VoIP dengan *FreePBX* untuk mengetahui seberapa layak kinerja yang dihasilkan dari VoIP *FreePBX*.

1.2 Rumusan Masalah

- Bagaimana membangun jaringan VoIP dengan FreePBX asterisk.
- Bagaimana mengukur kinerja dari FreePBX asterisk menggunakan MOS dengan parameter Delay, jitter, dan Packet loss.
- Bagaimana penentuan nilai MOS (*Mean Opinion Score*) dengan cara perhitungan E-Model yang sesuai dengan standart ITU-T G.107.
- Seberapa Bagus kinerja VoIP FreePBX
 berdasarkan penentuan kualitas MOS (Mean
 Opinion Score) dengan cara perhitungan E Model yang sesuai dengan standart ITU-T
 G.107.

1.3 Batasan Masalah

- Performansi yang dianalisis terdiri dari parameter *Delay*, *Jitter*, dan *Packet loss*.
- Dianalisis menggunakan metode MOS E-Model (ITU-T G.107).
- 3. Menggunakan codec G.711.
- 4. Menggunakan protokol SIP.

1.4 Tujuan

- 1. Membangun jaringan VoIP dengan menggunakan *FreePBX asterisk*.
- 2. Menganalisis kinerja dari *FreePBX asterisk* menggunakan metode MOS E-Model (ITU-T G.107).

1.5 Manfaat

- Mengetahui tingkat kinerja dari VoIP FreePBX asterisk.
- 2. Mengetahui seberapa layak jaringan komunikasi VoIP menggunakan *FreePBX* asterisk.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 VoIP

Pengertian Voice over Internet Protocol (VoIP) adalah teknologi yang mampu mengirimkan data suara, video dan data yang berbentuk paket secara realtime dengan jaringan yang menggunakan Internet Protocol (IP). (Wahyuddin, M. I. 2009).

Voice over Internet Protocol (VoIP), adalah teknologi yang memungkinkan Anda untuk membuat panggilan suara menggunakan koneksi internet broadband ataupun saluran telepon. Beberapa layanan VoIP hanya dapat memungkinkan Anda untuk memanggil orang lain menggunakan layanan yang sama, tetapi layanan yang lain memungkinkan Anda untuk memanggil orang yang memiliki nomor telepon, termasuk lokal, jarak jauh, mobile, dan nomor internasional. Sementara beberapa jasa VoIP hanya bekerja di komputer Anda atau telepon VoIP khusus, layanan lainnya memungkinkan Anda untuk menggunakan telepon tradisional terhubung ke adapter VoIP.

Voice over Internet Protocol (juga disebut VoIP, IP Telephony, Internet telephony atau Digital Phone) adalah teknologi yang memungkinkan percakapan suara jarak jauh melalui media internet. Data suara diubah menjadi kode digital dan dialirkan melalui jaringan yang mengirimkan paket-paket data, dan bukan lewat sirkuit analog telepon biasa. Definisi VoIP adalah suara yang dikirim melalui protokol internet (IP). Pada jaringan suara konvesional pesawat telepon langsung terhubung dengan PABX (Privat Automated Branch exchange) atau jika milik TELKOM terhubung langsung dengan STO (Sentral telepon Otomat) terdekat. Dalam STO ini ada daftar nomor-nomor telepon yang disusun secara bertingkat sesuai dengan daerah cakupannya. Jika dari pesawat telepon tersebut mau menghubungi rekan yang lain maka tuts pesawat telepon yang ditekan akan menginformasikan lokasi yang dituju melalui nada-nada DTMF, kemudian jaringan akan cara otomatis menghubungkan kedua titik tersebut.

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 kartu suara yang dihubungkan dengan speaker dan mikropon. Dengan dukungan perangkat lunak 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 untuk dalam VoIP adalah hubungan keduanya dalam bentuk suara. Jika kedua lokasi terhubung dengan jarak yang cukup jauh (antar kota, antar negara) maka bisa dilihat keuntungan dari segi biaya. Kedua pihak hanya cukup membayar biaya pulsa internet saja, yang biasanya akan lebih murah daripada biaya pulsa telepon sambungan langsung jarak jauh (SLJJ) atau internasional (SLI).

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 komunkasi suara (VoIP). Keluwesan dari VoIP dalam bentuk jaringan, peralatan dan media komunikasinya membuat VoIP menjadi cepat popular di masyarakat umum.

Khusus untuk VoIP bentuk primitif dari jaringan adalah PC ke PC. Dengan memakai PC yang ada soundcardnya dan terhubung dengan jaringan maka sudah bisa dilakukan kegiatan VoIP. Perkembangan berikutnya adalah pengabungan jaringan PABX dengan jaringan VoIP.

Disini dibutuhkan VoIP gateway. Gambarannya adalah lawan bicara menggunakan komputer untuk menghubungi sebuah office yang mempunyai VoIP gateway. Pengembangan lebih jauh dari konfigurasi ini berbentuk penggabungan PABX antara dua lokasi dengan menggunakan jaringan VoIP. Tidak terlalu dipedulikan bentuk jaringan selama memakai protocol TCP/IP maka kedua lokasi bisa saling berhubungan. Yang paling komplek adalah bentuk jaringan yang menggunakan semua kemungkinan yang ada dengan berbagai macam bentuk yang tersedia. Dibutuhkan sedikit tambahan keahlian untuk bentuk jaringan yang komplek seperti itu.

Pada awalnya bentuk jaringan adalah tertutup antar lokasi untuk penggunaan sendiri (Interm, Privat). jaringan VoIP kemudian berkembang lebih Bentuk komplek. Untuk penggunaan antar cabang pada VoIP komunikasi internal, digunakan sebagai penyambung antar PABX. Perkembangan selanjutnya adalah gabungan PABX tersebut tidak lagi menggunakan jaringan tertutup tetapi telah memakai internet sebagai bentuk komunikasi antara kantor tersebut. Tingkat lebih lanjut adalah penggabungan antar jaringan. Dengan segala perkembangannya maka saat ini telah dibuat tingkatan (hirarki) dari jaringan Voip.

Kualitas suara VoIP dipengaruhi oleh beberapa parameter yaitu kapasitas bandwidth, tingkat hilang paket dan waktu tunda yang terjadi di dalam jaringan. Kapasitas bandwidth adalah ketersediaan sumber daya jaringan dalam bentuk lebar pita yang digunakan untuk mentransmisikan data paket. Tingkat hilang paket adalah parameter yang menyatakan besarnya laju kesalahan yang terjadi sepanjang jalur pengiriman data paket dari pengirim ke penerima. Waktu tunda adalah parameter yang menyatakan rentang waktu yang diperlukan untuk mengirimkan paket dari pengirim ke penerima.

2.2 Cara kerja VoIP

VoIP mengkonversi suara Anda menjadi sinyal digital yang dikirimkan melalui Internet. Jika Anda menelepon nomor telepon biasa, sinyal dikonversikan ke sinyal telepon biasa sebelum mencapai tujuan. VoIP dapat memungkinkan Anda untuk membuat panggilan langsung dari komputer, telepon khusus VoIP, atau telepon tradisional yang terhubung ke adapter khusus. Selain itu, jaringan nirkabel atau *hotspot* di lokasi seperti bandara, taman, dan kafe memungkinkan Anda untuk terhubung ke Internet dan dapat memungkinkan Anda untuk menggunakan layanan VoIP nirkabel.



Gambar 2.1 Cara kerja VoiP

Koneksi internet *broadband* diperlukan. Hal ini bisa melalui *modem* kabel, atau layanan kecepatan tinggi seperti DSL, atau jaringan area lokal. Sebuah komputer, adaptor, atau telepon khusus diperlukan. Beberapa layanan VoIP hanya bekerja di komputer atau telepon khusus VoIP, sedangkan layanan lainnya memungkinkan Anda untuk menggunakan telepon tradisional terhubung ke adaptor VoIP. Jika Anda menggunakan komputer Anda, Anda akan memerlukan beberapa perangkat lunak dan mikrofon. Khusus telepon VoIP langsung dengan koneksi broadband dan beroperasi secara luas seperti telepon tradisional.

2.3 Protokol VoIP

Endpoints VoIP biasanya menggunakan International Telecommunication Union (ITU) codec standar, seperti G.711, yang standar untuk transmisi paket yang terkompresi, atau G.729 yang standar untuk paket dikompresi. Banyak vendor perangkat juga menggunakan codec milik mereka sendiri. Kualitas suara menjadi rendah ketika kompresi digunakan, tapi kompresi mengurangi kebutuhan bandwidth. VoIP biasanya mendukung komunikasi non-suara melalui T.38 ITU protokol untuk mengirim faks melalui VoIP atau jaringan IP secara real time.

H.323 or SIP
RTP, RTCP, RSVP, RTSP
Transport layer (UDP, TCP)
Network layer (IP, IP Multicast)
Data link layer
Physical layer

Tabel 2.1 VoIP Protokol Layer

Berikut ada beberapa protokol – protokol yang menjadi penunjang jaringan VoIP, antara lain adalah :

1. H323

H323 adalah salah satu protokol yang direkomendasi ITU-T (*International Telecommunications*) *Union – Telecommunications*). H323 merupakan standar yang menentukan komponen, protokol, dan prosedur yang menyediakan layanan komunikasi *multimedia*. Layanan tersebut adalah komunikasi *audio*, *video*, dan data *realtime*, melalui jaringan berbasis paket (*packet-based network*). (Tharom, 2001;64)

H323 berjalan pada jaringan intranet dan jaringan packet-switched tanpa mengatur media jaringan yang digunakan sebagai sarana transportasi maupun protokol networ layer. H323 merupakan suite yang

mengkoordinasikan berbagai protokol baik yang didefinisikan ITU-T maupun oleh IETF

Sinyal *audio* dikodekan dalam salah satu dari paket G.7XX (misalnya G.711), dan sinyal video dikodekan dalam H.26X (misalnya H.261). Sebagai data paket *real-time*, keduanya dibawa dalam paket RTP di atas UDP di atas IP. RTCP mengendalikan alur paket RTP. Pengendalian panggilan, dalam bentuk pembukaan sebuah percakapan baru, penutupan percakapan, dan sebagainya, didefinisikan dalam Q.931 dan H.245 yang dalam jaringan IP disalurkan terpisah dengan transport TCP dan GK masih berperan untuk panggilan yang masuk atau keluar sebuah LAN.

Standar H323 mengatur hal-hal sebagai berikut :

- Video Codec (H.261 dan H.263). Video Codec bertugas mengkodekan data dari sumber video untuk dikirimkan dan mendekodekan sinyal kode yang diterima untukdi tampilkan di layar penerima.
- 2. Audio Codec (G.711, G.722, G723, G728 dan G.729). Audio Codec betugas mengkodekan data dari sumber suara untuk dikirimkan dan mendekodekan sinyal kode yang diterima untuk didengarkan oleh penerima.
- 3. *Data channel* mendukung aplikasi-aplikasi seperti *electronic whiteboard*, dan kolaborasi aplikasi. Sttandar untuk aplikasi-aplikasi seperti ini adalah standar T.120. Aplikasi dan protokol yang berbeda tetap dapat dijalankan dengan negosiasi menggunakan standar H.245.
- 4. Sistem control unit (H.245 dan H.225.0) menyediakan signalling yang berkaitan dengan komunikasi antar terminal H323.
- 5. H.225.0 layer memformat data video, suara, data , dan informasi kontrol lain sehingga dapat dikirimkan melalui LAN Interface sekaligus menerima data yang telah diformat melalui LAN

Interface. Sebagai tambahan, layer ini juga bertugas melakukan error detection, error correction, dan frame sequencing agar data dapat mencapai tujuan sesuai dengan kondisi saat data dikirimkan. LAN interface harus menyediakan koneksi yang handal. Untuk flow control dan unreliable data channel connection (misal: UDP) dapat digunakan untuk pengiriman audio dan video channel.

2. SIP (Session Initiation Protocol)

Session Initiation Protocol (SIP) merupakan standar protokol multimedia yang dikeluarkan oleh group yang tergabung dalam Multiparty Multimedia Session Control (MMUSIC) yang berada dalam organisasi Internet Engeneering Tsk Force (IETF) yang didokumentasikan ke dalam dokumen Request For Command (RFC) 2543 pada bulan maret 1999.

SIP tidak menyediakan layanan secara langsung, tetapi menyediakan pondasi yang dapat digunakan oleh protokol aplikasi lainnya untuk memberikan layanan yang lebih lengkap bagi pengguna, misalnya dengan RTP dan RTCP (Real Time Transport Protocol) untuk transfer data secara real-time, mentransmisikan media dan mengetahui kualitas layanan, dengan SDP (Session Description Protocol) untuk mendiskripsikan sesi multimedia, dengan MEGACO (Media Gateway Control Protocol) untuk komunikasi dengan PSTN (Public Switch Telephone Network), dan dengan RSVP untuk melakukan pemesanan pada jaringan. Secara default, SIP menggunakan protokol UDP tetapi pada beberapa kasus dapat juga menggunakan TCP sebagai protokol transport.

3. User Datagram Protocol (UDP)

UDP merupakan salah satu protokol utama diatas IP, yang lebih sederhana dibandingkan dengan TCP. UDP digunakan untuk situasi yang tidak mementingkan mekanisme reliabilitas. UDP digunakan pada VoIP pada pengiriman *audio streaming* yang berlangsung terus menerus dan lebih mementingkan kecepatan pengiriman

data agar tiba ditujuan tanpa memperhatikan adanya paket yang hilang walaupun mencapai 50% dari jumlah paket yang dikirimkan. Karena UDP mampu mengirimkan *data streaming* dengan cepat. Untuk mengurangi jumlah paket yang hilang saat pengiriman data (karena tidak terdapat mekanisme pengiriman ulang) maka pada teknologi VoIP pengiriman data banyak dilakukan pada *private network*.

4. Real Time Protocol (RTP)

Protokol RTP menyediakan transfer media secara *real-time* pada jaringan paket. Protokol RTP menggunakan protokol UDP dan Header RTP mengandung informasi kode bit yang spesifik pada tiap paket yang dikirimkan, hal ini membantu peneriman untuk melakukan antisipasi jika terjadi paket hilang.

RTP dirancang untuk menyediakan fungsi transport jaringan ujung ke ujung untuk aplikasi yang mengirimkan data real time, misalnya audio atau video, melalui layanan jaringan multicast atau unicast.

Real-Time Media Framewo	A No. BILL PIPPEGEOUS			
Real-Time Control Pr	rotocol (RTCP)			
Real-Time Transport Protocol (RTP)				
Other Network and	UDP			
Transport Protocols (TCP ATM ST-II etc.)	ID.			

Gambar 2.2 Arsitektur RTP

5. Real Time Control Protocol (RTCP)

Protokol RTCP merupakan protokol yang mengendalikan transfer media. Protokol ini bekerja sama dengan protokol RTP. Dalam satu sesi komunikasi, protokol RTP mengirimkan paket RTCP secara periodik untuk memperoleh informasi transfer media dalam memperbaiki kualitas layanan.

6. Real-time streaming protocol (RTSP)

IETF telah mendefinisikan RTSP sebagai protokol server/client yang menyediakan kendali atas pengiriman aliran datareal-time. Fungsi dari RTSP diantara media server dan clientnya adalah membangun dan mengendalikan hubungan aliran data antara audio dan video.

7. Session Description Protocol (SDP)

Protokol SDP merupakan protokol yang mendeskripsikan media dalam suatu komunikasi. Tujuan protokol SDP adalah untuk memberikan informasi aliran media dalam satu sesi komunikasi agar penerima yang menerima informasi tersebut dapat berkomunikasi.

FreePBX

FreePBX merupakan distro open source berbasis web GUI (graphical user interface) yang mampu mengontrol dan mengelola Asterisk (PBX), yang merupakan server komunikasi open source. FreePBX dilisensikan di bawah GNU General Public License (GPL), berlisensi open source. FreePBX dapat diinstall secara manual. Distro FreePBX mencakup sistem OS, Asterisk, FreePBX GUI dan berbagai macam dependensi. FreePbx termasuk dalam distribusi open source seperti the Official FreePBX Distro, AsteriskNOW, Elastix dan RasPBX.

FreePBX diakuisisi oleh schmooze.com di awal 2013, perusahaan yang pada gilirannya diambil alih oleh Sangoma Technologies Corporation pada 2 – Januari – 2015. Versi Pertama dari FreePBX adalah versi 0.2 (28 November, 2004) bernama Asterisk Management Portal (AMP). Proyek ini berganti nama menjadi FreePBX untuk alasan merk dagang, seperti Asterisk adalah merek dagang terdaftar dari perusahaan Digium.

FreePBX memulai debutnya pada tahun 2004 sebagai proyek AMP (Asterisk Manajemen Portal). The FreePBX Distro dirilis pada tahun 2011 sebagai solusi All-In-One untuk membangun PBX menggunakan Asterisk, CentOS dan FreePBX. FreePBX memiliki lebih dari 1 juta

PBX produksi aktif dan lebih dari 20.000 sistem baru yang ditambahkan setiap bulan.

Rilis baru dari asterisk telah ditampung oleh berbagai update untuk FreePBX. Update telah menyertakan menu baru dan dukungan untuk kemampuan tambahan seperti voice mail, menelpon antrian, fax, beberapa bahasa baru, DAHDI dan direktori penggunal local. Dan beberapa versi yang ada saat ini adalah:

- FreePBX 2.11 Versi lengkap 14-05-2013 – Menambahkan dukungan untuk Asterisk 11, popOvers Destination, Module Admin Security Auditing, Chan Motif Module, WebRTC User Control Panel.
- FreePBX 12 Versi Stabil 23 06
 2014 Tambahan dukungan untuk Asterisk 12&13, User control Panel yang baru, Module Admin Version control, dukungan untuk PJSIP
- 3. FreePBX 13 Versi Stabil Penambahan GUI yang lebih responsive, dukungan untuk asterisk 13, Fitur Call Event Logging CEL dan Reporting, fwconsole CLI system management, Enhanced Bulk User Management, dukungan expanded localization untuk audio dan file suara, dan pencarian yang lebih global.
- FreePBX 14 Versi Beta, masih dalam pengembangan.

FreePBX mendukung banyak produsen hardware, termasuk Aastra Technologies, Algo, AND, AudioCodes, Cisco System, Cyberdata, Digium, Grandstream, Mitel, Panasonic, Polycom, Sangoma, Snom, Xorcom, dan Yealink. Pengembang FreePBX memperkirakan distronya telah dikerahkan ke dalam jutaan sistem PBX aktif di lebih 220 negara dan wilayah.

Estimasi MOS dengan Metode E-Model (ITU-T G.107)

E-Model adalah pendekatan matematis yang digunakan untuk menentukan kualitas suara berdasarkan penyebab menurunnya kualitas suara diantaranya delay dan packet loss, dalam jaringan VoIP. Nilai akhir estimasi E-Model ini disebut dengan R faktor. R faktor didefinisikan sebagai faktor kualitas transmisi yang dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti signal to noise ratio, codec dan decodec, packet loss, dan delay. R faktor didefinisikan sebagai berikut:

$$R = 94.2 - Id - If$$

Keterangan:

Id : Faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh

pengaruh delay.

Ief: Faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh

teknik kompresi dan *packet loss* yang terjadi. Nilai I_d ditentukan dari persamaan berikut ini :

$$I_{d} = 0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)$$

 $\label{eq:normalized_Nilai} \mbox{Nilai I}_{\mbox{ef}} \mbox{ tergantung pada metoda kompresi} \\ \mbox{yang digunakan. Untuk teknik kompresi sesuai dengan rekomendasi <math>G.107.$

Maka secara umum persamaan nilai estimasi R Faktor menjadi:

$$R = 94,2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] - [7 + 30 ln (1 + 15 e)]$$

Dengan:

R = Faktor kualitas transmisi

d = one way delay (mili second)

H = Fungsi tangga; dengan ketentuan

H(x) = 0 jika x < 0, lainnya

H(x) = 1 untuk $x \ge 0$

e = Persentase besarnya paket loss yang terjadi (dalam bentuk decimal)

Nilai R faktor mengacu kepada standar MOS, hubungannya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.4 Korelasi E-Model (ITU-T G.107) dengan MOS (ITU P.800)

Untuk mengubah estimasi dari nilai R kedalam MOS (ITU-P.800) terdapat ketentuan sebagai berikut :

1. Untuk R < 0 : MOS = 1

2. Untuk R > 100 : MOS = 4.5

3. Untuk 0 < R < 100 : MOS = 1 + 0.035

 $R + 7x10^{-6} R(R-60)(100-R)$

2.8 ITU-T G.107

ITU-T G.107 merupakan sebuah jurnal yang dikeluarkan oleh sebuah organisasi international ITU (International Telecommunication Union) dari sector divisi "Telecommunication" dengan seri jurnal "G -Transmission systems and media, digital systems and networks". Jurnal ITU-T G.107 bertemakan "a computational model for use in transmission planning" yang diterbitkan secara resmi pada Desember 2011.

Jurnal ITU-T G.107 menjelaskan menjelaskan tentang algoritma E-model sebagai transmisi umum, model komputasi ini berguna untuk kinerja transmisi *end-to-end*. output utama dari model ini adalah skala untuk peringkat kualitas transmisi. Fitur utama dari model ini adalah penggunaan faktor penurunan transmisi yang mencerminkan pengaruh dari perangkat pemrosesan sinyal modern. Di tahun 2000 versi dari Rekomendasi ini adalah versi yang disempurnakan dari E-Model diberikan dalam rangka untuk memperhitungkan efek ruang suara di sisi pengiriman, dan untuk mengkuantisasi distorsi. (ITU-T G.107, 2011)

III. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan suatu proses ilmiah untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk keperluan penelitian, metodologi juga merupakan analisis teoritis mengenai suatu cara atau metode, dalam pengerjaan tugas akhir ini diperlukan beberapa langkah-langkah dari kegiatan penelitian untuk mencapai tujuan yang diharapkan. berikut diagramnya:



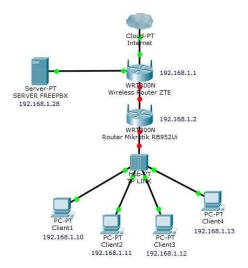
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Desain Arsitektur Jaringan

Pada perancangan arsitektur jaringan ini dibutuhkan beberapa komponen penyusun, yaitu :

- a. Router AP (ZTE F609)
- b. HUB
- c. Server
- d. PC

Berikut topologi jaringan yang akan dibuat :



Gambar 3.2 Topologi jaringan yang digunakan

Perancangan arsitektur jaringan akan membahas topologi jaringan yang dibuat dan konfigurasi yang meliputi device-device yang akan digunakan terkait konektivitas antar server voip dengan device lainnya.

IV. Implementasi Dan Pengujian

4.1 Konversi nilai R *factor* ke dalam MOS (ITU-T P.800)

Untuk mendapatkan nilai MOS perlu digunakan rumus persamaan untuk mengkonversikan Nilai R *factor* menjadi nilai MOS, berikut ketentuan rumus persamaan yang digunakan:

1. Untuk R < 0 : MOS = 1

2. Untuk R > 100 : MOS = 4.5

3. Untuk 0 < R < 100 : $MOS = 1 + 0.035 R + 7x10^{-1}$

⁶ R(R-60)(100-R).

Karena Nilai R Factor berada pada interval $0 \le R$ ≤ 100 maka persamaan yang digunakan adalah :

$$MOS = 1 + 0.035 R + 7x10^{-6} R(R-60)(100-R)$$

Dengan memasukan semua nilai R *factor* hasil perhitungan sebelumnya maka didapatkan data sebagai berikut:

No.	Status	Codec	R Factor	MOS
1	Tanpa Queue	G711- Alaw	86.7202112	4.3
2		G711- Ulaw	86.7201488	4.3
3	Queue 512kbps	G711- Alaw	86.7201488	4.3
4		G711- Ulaw	86.7201488	4.3
5	Queue 384kbps	G711- Alaw	86.720168	4.3
6		G711- Ulaw	86.720168	4.3
7	Queue 256kbps	G711- Alaw	81.75611873	4.1
8		G711- Ulaw	84.17468749	4.2
9	Queue 128kbps	G711- Alaw	74.83311951	3.8
10		G711- Ulaw	76.877725	3.9

Tabel 4.10 Nilai R factor ke nilai MOS

Hubungan Antara nilai R *factor* dengan nilai MOS ditunjukkan pada **Gambar 4.1** dibawah ini :



Gambar 4.18 Korelasi Nilai R *factor* dengan MOS

Maka dapat dilihat rata-rata dari nilai MOS yang didapat berada di sekitar nilai **3.9 – 4.3** maka berdasarkan dengan referensi pada tabel Rekomendasi ITU-T P.800 untuk nilai kualitas berdasarkan MOS, didapat kesimpulan bahwa kinerja voip FreePBX asterisk menggunakan codec G.711 Ulaw dan Alaw didapatkan hasil kinerja yang sangat baik pada codec G.711-Alaw maupun G.711-Ulaw dengan ataupun tanpa limitasi.

V. Kesimpulan

Berdasarkan implementasi dan analisa yang dilakukan di skripsi ini serta pengumpulan data yang telah dikumpulkan pada jaringan VoIP FreePBX dengan menggunakan codec G.711-Alaw dan G.711-Ulaw, maka dapat diambil kesimpulan bahwasanya:

- Nilai delay terbaik saat menggunakan codec G.711-Alaw tanpa limitasi maupun dengan limitasi 512kbps dengan nilai paling kecil 19.9900ms.
- Nilai pengukuran jitter terbaik adalah pada codec G.711-Alaw tanpa limitiasi dengan nilai jitter terkecil 1.25ms.
- Packet loss dari VoIP FreePBX dalam implementasi jaringan ini menunjukkan hasil yang sangat baik ketika menggunakan codec G.711-Alaw maupun G.711-Ulaw tanpa limitasi ataupun dengan limitasi 512kbps dan 384kbps dengan nilai packet loss 0%.
- 4. Spesifikasi minimum *datarate* untuk FreePBX dengan 4 client adalah pada angka 384kbps.
- Nilai MOS yang didapatkan dari semua percobaan beban limitasi, bahwasanya didapatkan nilai MOS terbaik pada angka 4,3 yang dikategorikan BAIK berdasarkan tabel ITU-T G.107 sedangkan nilai MOS terendah terdapat pada angka 3,8 yang dikategorikan CUKUP BAIK berdasarkan tabel ITU-T G.107.
- Codec G.711-Ulaw lebih baik daripada codec G.711-Alaw berdasarkan nilai MOS yang didapatkan dari 2 percobaan terakhir menunjukkan bahwasannya codec G.711-Ulaw selalu mendapatkan nilai lebih tinggi dibandingkan G.711-Alaw.

5.2 Saran

Berdasarkan analisis dan implementasi yang telah dilakukan diatas, terdapat beberapa saran yang diusulkan oleh penulis terkait analisis VoIP *FreePBX* lebih lanjut, saran-saran tersebut antara lain:

- 1. Diuji dengan skala jaringan yang lebih luas tidak hanya sebatas 4 *client*.
- Diuji dilebih banyak jenis codec tidak hanya codec G.711.

Daftar Pustaka

- Aminuddin, Afrig., Widyawan., Ridi, F., (2016).
 Analisis Performa Audio Codec Pada Implementasi Voice over IP (VoIP).
- 2. Counterpath xlite. (2014). *xlite for windows user guide*.
- 3. Didit, Muhammad. (2014). Analisis dan Implementasi quality of service (QoS) menggunakan IPCOP di SMK Muhammadiyah Imogiri.
- 4. Forda, Gigih dan hery dian, (2014). Analisis performansi voice over internet protocol (VoIP) berbasis session initiation protocol (SIP) pada jaringan wireless LAN IEE 802.11 Universitas lampung
- 5. Hoffman, Paul. (2015). Introduction to the Internet Engineering Task Force (IETF).
- Kurniawan, Agus. (2012). Networking Forensics Panduan Analisis dan Investigasi Paket Data Jaringan Menggunakan Wireshark. Andi Offset. Yogyakarta.
- Lakhtaria, kamaljit. (2010). Analyzing Zone Routing Protocol in MANET Applying Authentic Parameter.
- 8. Recommendation ITU-T G.107. (2015). The E-Model: a computational model for use in transmission planning.
- Recommendation ITU-T G.113. (2007).
 Transmission Impairments due to speech processing.
- 10. Recommendation ITU-T G.114. (2003). *One-way transmission time*.
- 11. Recommendation ITU-T G.711. (1988). *Pulse Code Modulation (PCM) of Voice Frequencies*.

- 12. Recommendation ITU-T G.729. (2012). Coding of speech at 8 kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction (CS-ACELP).
- 13. Recommendation ITU-T H.323. (2009). *Packet-based multimedia communications systems*.
- 14. Recommendation ITU-T P.800. (1996). *Methods* for subjective determination of transmission auality.
- 15. Reza, M. (2013). VoIP R-Factor and MOS.
- 16. Robar, Alex. (2009). FreePBX 2.5 Powerful Telephony Solution.
- 17. Rochman, Saiful. (2012). Analisis Performansi VoIP Quality Adaptation menggunakan SIP berdsarkan voice quality prediction model.
- 18. Thabratas, Tharom. (2001). Teknologi VoIP (Voice over Internet Protocol), PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- 19. Voipfuture, (2015). *Mean Opinion Score (MOS)* calculation & agregation.
- 20. Wahyuddin, M.I. (2009). *Implementasi VoIP*Computer to Computer berbasis freeware

 menggunakan Session Initiation Protocol.
- 21. Wijnants, M., Agtes, S., Quax, P., & Lamotte, W. (2009, December). Investigating the relationship between QoS and QoE in a mixed desktop/handheld gaming setting. Proceedings of the 5th International Student Workshop on Emerging network Experiments and technologies. ACM, (pp. 29-30). Rome, Italy. doi:10.1145/1658997.1659013.
- Agung, Rizky. (2015). Pengertian Mikrotik. https://mikrotikindo.blogspot.co.id/2013/02/apa-itu-mikrotik-pengertian-mikrotik.html, 10 April 2017.