

STUDI IMPLEMENTASI VOIP BERBASIS SIP JARINGAN KAMPUS UNIVERSITAS SAM RATULANGI

Oleh : *Meicsy E. I. Najoan, ST. MT. **

Abstrak.

Voice Over Internet Protocol (VoIP) adalah salah satu contoh perkembangan teknologi komunikasi dan informasi saat ini. Teknologi VoIP sangat menguntungkan karena menggunakan jaringan berbasis IP yang sudah memiliki jaringan kuat di dunia sehingga biaya untuk melakukan panggilan jauh lebih efisien daripada menggunakan telepon analog. Dengan memanfaatkan jaringan komputer yang sudah ada memungkinkan teknologi VoIP dapat diimplementasikan di Universitas Sam Ratulangi Namun yang menjadi masalah dalam penggunaan teknologi ini adalah banyaknya persepsi yang menyatakan bahwa kualitas suara pada percakapan VoIP masih tergolong buruk. Hal ini banyak disebabkan oleh penggunaan *codec* yang tidak sesuai dengan kapasitas jaringan dan masalah pada jaringan IP yang digunakan yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis sebelum teknologi ini dijalankan.

Dengan alasan di atas penulis melakukan analisis dari segi teknis mulai dari monitoring keadaan jaringan, kualitas sambungan/suara yang dipengaruhi oleh beberapa parameter penting yang mempengaruhi QoS (Quality of Service), serta performansi *codec* yang digunakan. Adapun *codec* yang diuji adalah *codec* GSM, iLBC, G.729, dan G.711. Dari hasil penelitian secara umum, parameter-parameter yang mempengaruhi kualitas sambungan/suara seperti *delay*, *jitter* dan *packet loss* tergolong baik untuk dijalankan di jaringan kampus Unsrat. Adapun alternatif jenis *codec* yang baik digunakan yaitu G.711 karena memiliki performansi yang lebih dibanding jenis *codec* yang lain. Dari hasil penelitian ini mengindikasikan Universitas Sam Ratulangi layak untuk mengimplementasikan teknologi ini.

Kata kunci : VoIP, Codec, QoS

I. Pendahuluan.

Internet merupakan suatu sistem interkoneksi yang menghubungkan jaringan komputer di seluruh dunia yang dapat mentransmisikan paket-paket data menggunakan protokol standar, yaitu TCP/IP. Paket-paket data ini dapat merupakan paket-paket yang bersifat *non real-time*, seperti *email*, *file sharing*, dan dapat juga bersifat *real-time*, seperti VoIP atau *video streaming*. Perkembangan teknologi *Internet* yang sedemikian pesat ini telah memicu munculnya berbagai teknologi baru yang diharapkan mampu memenuhi kebutuhan manusia akan komunikasi yang lebih sempurna dari hari ke hari. Salah satu teknologi yang diharapkan mampu memenuhi kebutuhan tersebut adalah teknologi Multimedia. Multimedia didefinisikan sebagai komunikasi yang menggunakan kombinasi antara berbagai media dan mungkin melibatkan Personal Computer (PC) didalamnya. Multimedia sendiri merepresentasikan data dalam bentuk teks, *voice*, *audio*, *video*, musik, gambar, animasi dll.

Voice yang merupakan bagian dari teknologi multimedia dalam perjalanannya mengalami banyak perkembangan diantaranya kita kenal dengan teknologi *Voice Over Internet Protocol (VoIP)*. Secara umum VoIP didefinisikan sebagai suatu sistem yang menggunakan jaringan Internet untuk mengirimkan data paket suara dari satu tempat ke tempat lain menggunakan perantara protokol IP (tharom, purbo: 2001). VoIP sendiri ialah teknologi yang memungkinkan komunikasi suara menggunakan jaringan berbasis IP (Internet Protocol) untuk dijalankan diatas infrastruktur jaringan paket *network*. Teknologi ini bekerja dengan jalan merubah suara menjadi format data digital tertentu yang dapat dikirimkan melalui jaringan IP. Layanan telepon internet (VoIP) merupakan

layanan yang bersifat *real-time*, oleh karena itu beberapa parameter yang mempengaruhi kualitas layanan seperti waktu tunda (*delay*), variasi waktu tunda (*jitter*), tingkat paket hilang (*packet loss*), merupakan faktor utama yang mempengaruhi kualitas layanan telepon internet ini.

Hampir di setiap perusahaan maupun institusi terdapat jaringan komputer untuk memperlancar arus informasi, begitu juga pada kampus Universitas Sam Ratulangi. Teknologi informasi telah cukup lama di dimanfaatkan di kampus ini untuk menunjang kegiatan belajar mengajar. Dalam pelaksanaannya, kampus Universitas Sam Ratulangi telah memiliki infrastruktur jaringan komputer dan *internet* yang terhubung keseluruh gedung. Dengan adanya jaringan komputer yang telah terintegrasi saat ini di lingkungan kampus Universitas Sam Ratulangi, dan untuk menunjang program kampus itu sendiri yaitu membangun komunikasi telepon internet (VoIP Unsrat) 2010, maka di pandang perlu melakukan studi atau kajian sebelum program penerapan voip ini di jalankan.

II. Ruang Lingkup Permasalahan.

Oleh karena aplikasi telepon internet berjalan di atas jaringan paket IP yang merupakan *best-effort network* maka semua paket diperlakukan sama, baik paket suara maupun paket data. Layanan telepon internet merupakan layanan komunikasi *real-time* yang sangat dipengaruhi oleh parameter jaringan seperti waktu tunda dan tingkat paket hilang. Dari penjabaran latar belakang tersebut, akan dianalisis hubungan parameter-parameter tersebut dengan kualitas suara yang dihasilkan menggunakan beberapa *codec* sehingga didapatkan *codec* yang menghasilkan kualitas paling baik untuk digunakan pada jaringan yang menggunakan teknologi VoIP berdasarkan keadaan jaringan yang ada di kampus Universitas Sam Ratulangi saat ini.

III. Tujuan dan Manfaat Penelitian.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk meneliti hubungan antara parameter jaringan seperti waktu tunda, variasi waktu tunda, dan tingkat paket hilang, terhadap kualitas panggilan VoIP dari beberapa kompresi suara yang umumnya digunakan, dengan berdasarkan kondisi jaringan yang ada, sehingga diharapkan bermanfaat dalam memberikan gambaran dan pertimbangan layak tidaknya teknologi komunikasi telepon digital untuk di implementasikan di jaringan kampus Universitas Sam Ratulangi kedepan.

IV. Tinjauan Pustaka.

4. 1. Teknologi Telepon Internet (VoIP)

Telepon internet atau biasa dikenal dengan VoIP merupakan suatu bentuk komunikasi yang melewati sinyal suara melalui jaringan berbasis IP untuk dijalankan di atas infrastruktur jaringan paket. Secara umum VoIP didefinisikan sebagai suatu sistem yang menggunakan perantara protokol IP. Sehingga perbedaan VoIP dengan telepon tradisional adalah masalah infrastrukturnya, jika VoIP menggunakan *internet* sedangkan telepon tradisional menggunakan infrastruktur telepon yang sudah dibangun sejak awal. Komunikasi VoIP ini bekerja dengan cara mengubah sinyal suara menjadi suatu bentuk kode digital tertentu yang kemudian ditransmisikan dalam jaringan paket data menuju penerima. Berbeda dengan PSTN yang melewati sinyal suara melalui jaringan sirkuit *switching*. Hadirnya VoIP memberikan banyak keuntungan baik bagi pengguna atau operator jaringan. Pertama, komunikasi suara dengan menggunakan VoIP tidak memperlakukan dimensi jarak antara pemanggil dan penerima panggilan. Karena VoIP berjalan di atas jaringan IP seperti internet yang global di seluruh dunia maka tidak ada perbedaan jarak antara dua *node* yang saling terhubung dalam jaringan tersebut. Berbeda dengan PSTN dimana semakin jauh jarak antara pemanggil dan penerima maka biaya yang dibebankan ke pelanggan pun akan semakin mahal. Dalam hal ini pengguna VoIP dapat menekan biaya penggunaan menjadi semakin murah.

Dengan menggunakan media *internet* maka pengguna dapat menghubungi siapa pun di dunia yang terhubung dengan *internet*. Karena layanan VoIP ini berjalan di atas jaringan paket IP yang sudah banyak digunakan maka tidak diperlukan penggelaran infrastruktur jaringan baru untuk mendukung layanan ini. VoIP dapat ditambahkan pada jaringan yang sudah ada. VoIP juga memungkinkan diintegrasikan dengan jaringan telepon lokal yang sudah ada. Dengan adanya *gateway* VoIP maka jaringan VoIP bisa disambungkan dengan

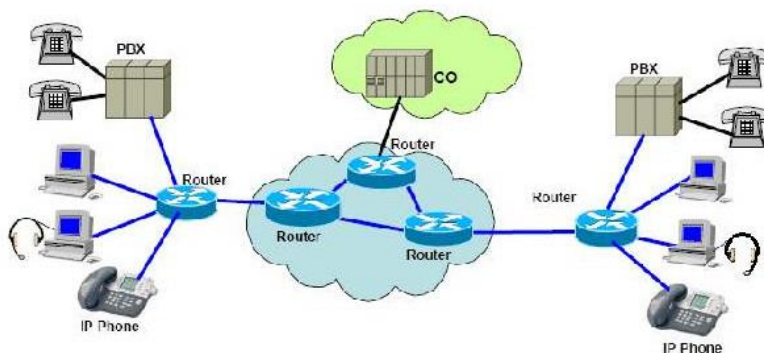
Private Branch Exchange (PBX) yang ada di kantor. Saat ini permasalahan yang dihadapi oleh layanan VoIP ini yaitu mengenai kualitas dari sambungan VoIP. Karena pada dasarnya *internet* merupakan *best-effort network* maka tidak ada jaminan kualitas panggilan saat VoIP digunakan. Dibutuhkan kapasitas jaringan yang cukup untuk menjamin kualitas panggilan VoIP yang baik. Pada dasarnya pengguna menginginkan kualitas suara yang minimal sama seperti kualitas layanan PSTN.

Pada layanan VoIP sinyal suara akan diubah menjadi paket data kemudian dikompresi dengan menggunakan teknik kompresi tertentu sehingga ukurannya menjadi lebih kecil sehingga siap ditransmisikan pada jaringan paket. Proses kompresi tersebut tentunya akan memberikan tambahan waktu tunda pada percakapan VoIP. Proses perubahan data menjadi suara, jeda jaringan, membuat adanya jeda dalam komunikasi dengan menggunakan VoIP. Perkembangan akan teknologi pemroses sinyal (DSP) akan mempercepat proses kompresi dapat meminimalisasi waktu tunda sehingga dapat meningkatkan kualitas layanan VoIP secara keseluruhan.

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 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 dari pada analog.

4.2. Arsitektur VoIP

Arsitektur VoIP punya beberapa kemiripan dengan jaringan konvensional Public Switch Telephone Network (PSTN). Jika dibandingkan sistem kerjanya, PSTN melewati data melalui media jaringan kabel. Jaringan komunikasi data ini mengirimkan data suara berbasis circuit *switch*. Telepon langsung terhubung dengan PABX (*Private Automated Branch Exchange*). Dalam PABX 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 secara otomatis menghubungkan kedua titik tersebut. Dari PABX terhubung ke Central Office (CO), yang menghubungkan beberapa PBX. Antara CO pun saling terhubung sehingga setiap nomor telepon bisa saling berkomunikasi. Secara umum, arsitektur jaringan VoIP memiliki kemiripan dengan jaringan PSTN. Jaringan VoIP dilewatkan pada jaringan berbasis packet *switched*. Yang berperan sebagai PABX dan CO disini adalah *router*. Perkembangan teknologi VoIP saat ini mendorong ke arah konvergensi dengan teknologi komunikasi lainnya. Standarisasi protokol komunikasi pada teknologi VoIP telah memungkinkan komunikasi terintegrasi dengan jaringan komunikasi lainnya seperti PSTN.



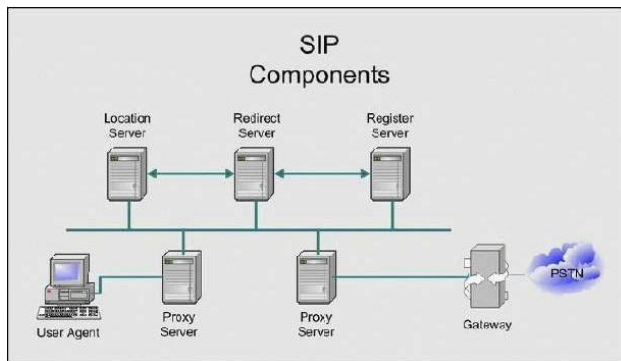
Gambar 2. Penggabungan Jaringan PSTN dan Jaringan VoIP

4.3. Protokol Jaringan VoIP

Berdasarkan fungsinya, protokol pada VoIP dapat dibedakan menjadi 2 yaitu protokol persinyalan dan media transfer. Protokol persinyalan digunakan untuk membangun, menjaga suatu sesi komunikasi yang sedang berlangsung, dan memutus suatu koneksi. Sedangkan protokol media transfer berfungsi untuk mengatur komunikasi pada saat transfer data (baik *voice*, *video*, maupun data) secara *real-time* berlangsung dengan baik. Saat ini terdapat banyak sekali protokol *signalling* seperti H.323, SIP, SCCP, MGCP, MEGACO, dan SIGTRAN. Tetapi yang paling populer dan banyak digunakan adalah H.323, dan SIP. Dimana Protokol H.323 dikembangkan oleh ITU-T sedangkan SIP dikembangkan oleh *Internet Engineering Task Force* (IETF). Dalam tugas akhir ini hanya protokol SIP saja yang akan dijelaskan.

- *Signalling Protocol - Session Initiation Protocol (SIP)*

SIP merupakan sebuah protokol yang bekerja pada layer aplikasi, yang berfungsi untuk membentuk, memodifikasi, dan mengakhiri sesi komunikasi antara satu atau lebih endpoint. Yang terkandung dalam sesi antara lain data-data konfrensi multimedia. Sesi multimedia adalah pertukaran data antar pengguna yang bisa meliputi suara, video, dan text. SIP merupakan protokol berbasis teks, yang menyerupai HTTP dan SMTP, karena SIP merupakan protokol signaling dan bukan media transfer protokol. Maksud dari protokol signaling adalah SIP hanya menangani bagaimana satu *client* bisa terhubung dengan *client* lainnya, memberikan tanda seperti apakah koneksi berhasil atau tidak, apakah *client* mau menerima request dari *client* lain, apakah ada masalah koneksi yang terjadi, dan informasi lainnya. SIP tidak membawa paket data suara dan video. Jadi saat koneksi telah terjadi, masalah transfer data suara dan video bukan lagi dikerjakan oleh protokol SIP. SIP memanfaatkan RTP (Real Time Protocol) sebagai media transfer. Dua komponen utama SIP yaitu *user agent* dan *network server*.



Gambar 3. Arsitektur SIP

- *Protokol Media Transfer*

Protokol-protokol lain yang ikut berperan dalam proses transfer data suara pada jaringan VoIP diantaranya adalah protokol TCP/IP (*Transfer Control Protocol/Internet Protocol*), karena protokol ini merupakan protokol yang digunakan pada jaringan Internet. Protokol ini terdiri dari dua bagian besar, yaitu TCP dan IP. Selain itu terdapat juga protokol UDP (*User Datagram Protocol*).

4.4. Kompresi Suara

Pada prinsipnya pengodean suara merupakan pengalihan kode analog menjadi kode digital agar suara dapat dikirim dalam jaringan komputer. Pengodean ini dikenal dengan istilah *codec* (compressor-decompressor). Berbagai jenis dikembangkan untuk mengompresikan suara agar dapat menggunakan *bandwidth* secara hemat tanpa mengorbankan kualitas suara (didengar relatif baik).. Konversi *codec* bekerja dengan cara memotong bagian sinyal (sampling) audio dalam jumlah tertentu perdetiknya. Sebagai contoh, *codec* G.711 melakukan sampling audio sebanyak 64.000 kali per detiknya. Jika data hasil kompresi berhasil diterima di titik lain, proses selanjutnya adalah melakukan perakitan ulang. Data yang dirakit tidak selengkap data saat pertama kali dikirim, ada beberapa bagian yang hilang. Akan tetapi bagian yang hilang sangat kecil sehingga tidak terdeteksi oleh telinga manusia. *Codec* juga bekerja menggunakan algoritma tertentu untuk membantunya memecah,

mengurutkan, mngkompresi, dan merakit ulang audio data yang ditransmisikan. Salah satu alogaritma yang populer digunakan dalam teknologi VoIP adalah CS-ACELP (Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear Prediction).

Pemilihan *codec* sangat berpengaruh pada penggunaan *bandwidth* jaringan nantinya. Makin baik *codec* melakukan sampling, makin efisien juga jalur yang digunakan. Kualitas akhir suara juga harus diperhatikan agar tidak sekadar cepat, *codec* juga harus menghasilkan sinyal audio yang baik. ITU-T (International Telecommunication Union – Telecommunication Sector) membuat beberapa standar untuk *voice coding* yang direkomendasikan untuk implementasi VoIP. Beberapa standar yang sering dikenal antara lain: G.711, G.723.1, G.726, G.728, G.729, GSM, iLBC

Tabel 1. Perbandingan jenis codec

Kompresi Suara	Laju Bit Rata-Rata (kbps)	Lisensi
G.711 (PCM)	64	Tidak Ada
G.726	32	Tidak Ada
G.723.1	5.3 dan 6.3	Ada
G.729A	8	Ada
GSM	13	Tidak Ada
iLBC	15.2	Tidak Ada

4.5. Parameter yang Mempengaruhi Quality of Service (QoS) VoIP

Quality of Service (QoS) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik data tertentu pada berbagai jenis platform teknologi. QoS tidak diperoleh langsung dari infrastruktur yang ada, melainkan diperoleh langsung dengan mengimplementasikannya pada jaringan bersangkutan. Penanganan QoS dilakukan dengan memanfaatkan sumber daya jaringan secara optimal, dibandingkan dengan menambah kapasitas fisik jaringan tersebut. Meningkatnya berbagai layanan akan meningkatkan lalu lintas aliran paket dengan berbagai laju kecepatan, yang akan membutuhkan kemampuan jaringan melakukan aliran paket pada laju kecepatan tertentu. 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. Beberapa parameter tersebut yaitu :

- Delay

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 ITUT G.114 untuk aplikasi suara adalah 150 ms, sedangkan waktu tunda maksimum dengan kualitas suara yang masih dapat diterima pengguna adalah 250 ms.

- Jitter

Jitter merupakan perbedaan selang waktu kedatangan antar paket di terminal tujuan. *Jitter* dapat disebabkan oleh terjadinya kongesti, kurangnya kapasitas jaringan, variasi ukuran paket, serta ketidakurutan paket. Faktor ini perlu diperhitungkan karena karakteristik komunikasi *voice* adalah sensitif terhadap waktu tunda dan *jitter*. Untuk meminimalisasi *jitter* dalam jaringan maka perlu diimplementasikan suatu *buffer* yang akan menahan beberapa urutan paket sepanjang waktu tertentu hingga paket terakhir datang. *Buffer* tersebut biasanya dikenal dengan istilah *dejitter buffer*. Namun hadirnya *buffer* tersebut akan mempengaruhi waktu tunda total sistem akibat adanya tambahan proses untuk mengompensasi *jitter*. *Jitter* berkategori baik jika 0 – 20 ms dan masih dalam batas toleransi apabila bernilai 20 – 50 ms

- Packet loss

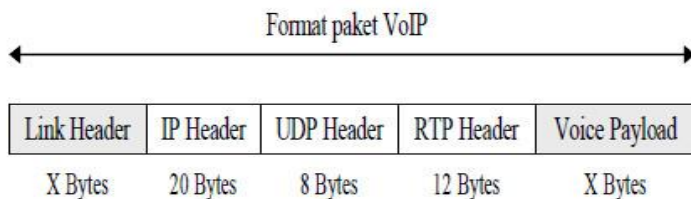
Sinyal suara pada telepon internet akan ditransmisikan dalam jaringan IP dalam bentuk paket-paket IP. Karena jaringan IP merupakan *best-effort network* maka tidak ada jaminan pada pengiriman paket tersebut. Setiap paket dapat dirutekan melalui jalur yang berbeda menuju penerima. Pada *best-effort network* tidak ada perbedaan antara paket *voice* dengan paket-paket data lainnya yang mengalir di jaringan. Maka dari itu tentunya ada kemungkinan terjadinya hilang paket pada saat transmisi. Tingkat paket hilang ini tentunya akan

mempengaruhi kualitas layanan. Pada packet loss berkualitas baik apabila 0 – 1 %, dan tidak dapat di terima apabila > 10% dalam aplikasi suara.

- Bandwidth

Bandwidth adalah kapasitas atau daya tampung kabel ethernet agar dapat dilewati trafik paket data dalam jumlah tertentu. *Bandwidth* juga bisa berarti jumlah konsumsi paket data per satuan waktu dinyatakan dengan satuan bit per second (bps). 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.

Satuan ini menggambarkan seberapa banyak bit yang dapat melalui rute jaringan dari suatu tempat ke tempat lain setiap detik. Paket hilang 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 (kemacetan paket data) pada jaringan. Besar *bandwidth* yang diperlukan untuk mentransmisikan suara melalui jaringan IP tergantung pada beberapa faktor, diantaranya adalah jenis kompresi suara yang digunakan, *overhead* dari paket VoIP, media transmisi, dan durasi paket VoIP yang ditransmisikan. *Overhead* mengacu pada kombinasi informasi IP, *User Datagram Protocol* (UDP), dan *Real-Time Transport Protocol* (RTP) di dalam format paket VoIP. Dalam konfigurasi yang paling umum, berikut adalah gambar yang menunjukkan format paket pada VoIP.



Gambar 4. Format Paket VoIP

4.6. Metode Pengukuran Kualitas VoIP

Ada dua pengujian yang biasa dilakukan, yaitu uji kualitatif dan uji kuantitatif. Uji kualitatif dilakukan dengan cara melakukan survei terhadap sekelompok orang tentang bagaimana kualitas percakapan suara tersebut. Namun tetap saja hasil uji kuantitatif tersebut harus dibandingkan dengan hasil uji kualitatif. Uji kualitatif dilakukan untuk mencari persepsi kualitas suara rata-rata dari suatu sistem. Uji ini dapat dilakukan dengan melakukan survei kepada sekelompok orang dan meminta pendapat mereka. Mereka diminta untuk menilai kualitas suara dengan memberikan suatu nilai misalnya antara 1 sampai 5. Kemudian dari hasil tersebut dapat dicari *mean opinion score* (MOS) (ITU-T P.800, 1996). Hal yang membuat sulit dari pengujian ini adalah subjektivitas masing-masing orang berbeda menyebabkan sulit untuk menentukan kualitas suatu sistem suara. Selain itu, pengujian ini membutuhkan jumlah orang yang banyak dan dengan demikian membuat pengujian ini menjadi mahal dan sangat memakan waktu.

Sedangkan metode uji kuantitatif dilakukan dengan melakukan pengujian pada faktor-faktor kualitas yang telah disebutkan sebelumnya kemudian dilakukan perhitungan matematis menggunakan rumus E-Model. E-model distandardisasi oleh ITU pada rekomendasi G.107. E-model digunakan untuk mengetahui kualitas layanan suara. Konsep ini digunakan untuk mendeskripsikan faktor-faktor gangguan yang terjadi pada jaringan yang mempengaruhi kualitas layanan suara. Hasil pengukuran menggunakan teknik E-model direpresentasikan sebagai *transmission rating scale R*, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A$$

Nilai *R* mendeskripsikan kualitas dari layanan suara. Nilai *R* memiliki rentang nilai 0–100. *R₀* merupakan nilai yang merepresentasikan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) yang diperoleh dari pengaruh nilai kerasnya suara pembicara dan penerima, gangguan sirkit, dan gangguan ruangan. *I_s* merupakan gangguan yang berhubungan dengan sinyal suara seperti level keras sinyal yang tidak sesuai, gangguan kuantisasi, dan level bunyi sampling yang tidak sesuai. *I_d* adalah gangguan yang terjadi akibat pengaruh waktu tunda antara pengirim dan penerima.

le merupakan gangguan yang diakibatkan oleh teknik kompresi dan level paket hilang. A adalah faktor keuntungan. Untuk menyederhanakan perhitungan, ITU-T G.107 merekomendasikan nilai-nilai anggapan yang tidak berubah-ubah karena kondisi jaringan, sehingga persamaan di atas dapat disederhanakan menjadi :

$$R = 93,2 - ld - le$$

dengan : ld = Faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh pengaruh *delay* satu arah

le = Faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh teknik kompresi dan *packet loss* yang terjadi dimana nilai le distandarisasi oleh ITU G.133 untuk setiap *codec*.

Nilai ld ditentukan dari persamaan 2.2 berikut ini :

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

Maka secara umum persamaan nilai estimasi R Faktor menjadi :

$$R = 93,2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] le$$

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

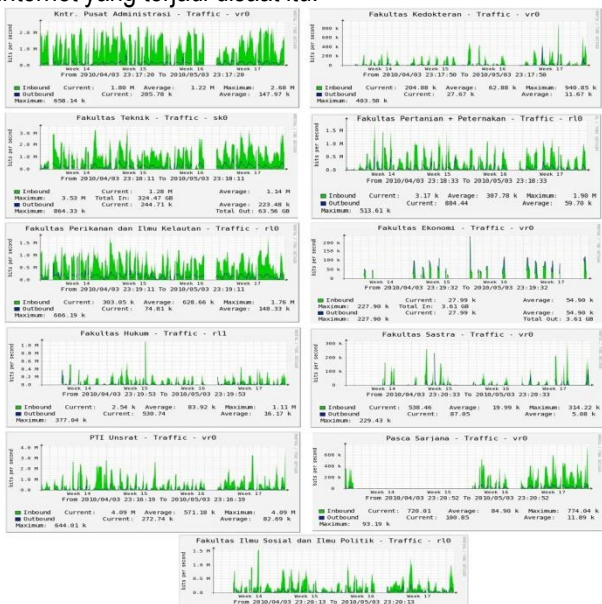
1. Untuk $R < 0$: MOS = 1
2. Untuk $R > 100$: MOS = 4.5
3. Untuk $0 < R < 100$: MOS = $1 + 0.035 R + 7 \times 10^{-6} R(R-60)(100-R)$

V. Hasil dan Pembahasan

5.1. Monitoring Jaringan Kampus Universitas Sam Ratulangi

Pada dasarnya penelitian ini dilakukan untuk mengetahui layak tidaknya implementasi VoIP di jaringan kampus Unsrat, oleh karena itu, sebelum menguji secara teknis terlebih dahulu dilakukan pemantauan jaringan di semua gedung yang telah terintegrasi jaringan internet untuk mengetahui pemakaian bandwidth (kondisi jaringan) yang ada di kampus Unsrat. Monitoring jaringan ini dilakukan dari awal hingga akhir semester genap.

Pada umumnya di awal perkuliahan semester genap aktifitas mahasiswa maupun dosen dalam hal belajar mengajar sudah mulai berjalan, sehingga tidak bisa dipungkiri untuk kebutuhan perkuliahan, akses internet begitu diperlukan. Pada pertengahan semester terjadi peningkatan pemakaian internet hal ini dikarenakan masa perkuliahan telah berjalan aktif disemua fakultas. Besarnya pemakaian bandwidth terletak di Pusat Teknologi Informasi (PTI) Unsrat dimana beban maksimum mencapai 4.09 Mbps, yang diikuti Fakultas Teknik 3.53 Mbps, dan gedung kantor pusat dengan 2.68 Mbps. Ketiga lokasi ini yang memiliki penggunaan bandwidth terbanyak diantara lokasi lainnya. Sedangkan diakhir semester UAS mulai berjalan sehingga kegiatan mahasiswa maupun dosen dalam hal belajar mengajar tidak seperti saat masa aktif kuliah, hal ini berimbas pada penggunaan akses internet yang terjadi disaat itu.



Gambar 5. Peningkatan penggunaan internet pada pertengahan semester

5.2. Pengujian Kualitas Suara

Pada sub bab ini berisi data-data yang di dapat selama pengujian dilakukan. Pengujian kualitas suara ini dilakukan pada beberapa keadaan jaringan. Analisis kualitas suara menggunakan berbagai codec, codec yang digunakan yaitu G.711, iLBC, dan GSM, mengingat ketiga codec ini tidak memiliki lisensi dan telah terintegrasi di berbagai softphone. Untuk menganalisa kualitas layanan VoIP digunakan software *VQManager* dimana dapat menampilkan beberapa parameter QoS (Quality of Service) seperti nilai waktu tunda, jitter, dan paket hilang pada suatu jaringan. Sedangkan untuk nilai MOS dan R-Faktor menggunakan metode E-Model. Diharapkan dari hasil pengukuran dan analisis dengan menggunakan metode ini dapat ditentukan jenis *codec* yang baik untuk di implementasikan pada jaringan yang ada saat ini.

- Pengujian Panggilan VoIP di Jaringan Kampus

Pengujian panggilan yang dilakukan bertempat di PTI dan Fakultas Teknik yang diujikan disetiap media koneksi baik LAN maupun WLAN. Kedua lokasi ini dipilih berdasarkan data hasil monitoring jaringan yang dilakukan, dimana kedua lokasi ini memiliki konsumsi bandwidth yang lebih besar dibanding lokasi lain di lingkungan kampus Unsrat. Prosedur pengujiannya yaitu, akan diuji kualitas suara di kedua lokasi ini, selanjutnya dilakukan panggilan dari PTI ke fakultas Teknik dengan menggunakan media koneksi yang telah ditentukan.

▪ PTI

Tabel 2. Hasil Monitoring Pada Jaringan PTI untuk *Codec* G.711, iLBC dan GSM

PTI				
Media Koneksi	Codec	Delay	Jitter	Packet loss
LAN	G.711	1	2	0
	iLBC	1	2	0
	GSM	2	2	0
Wireless	G.711	2	3	0
	iLBC	2	4	0
	GSM	6	12	0

▪ Teknik

Tabel 3. Hasil Monitoring Pada Jaringan Teknik untuk *Codec* G.711, iLBC dan GSM

PTI				
Media Koneksi	Codec	Delay	Jitter	Packet loss
LAN	G.711	0	4	0
	iLBC	1	2	0
	GSM	2	1	0
Wireless	G.711	2	10	1
	iLBC	2	12	0
	GSM	5	14	0

Dalam teknologi VoIP, parameter *delay* disebabkan oleh beberapa komponen *delay* yang secara garis besar yaitu *delay* serialisasi, *delay jitter buffer* dan *delay paketisasi*. Pada pengujian di jaringan PTI dan Teknik, dengan media koneksi LAN maupun Wireless diperoleh nilai *delay* yang dihasilkan masih dalam rentang *delay* yang baik dalam transmisi untuk aplikasi suara yaitu berada pada nilai 0 – 150 ms. Nilai *delay* berdasarkan data diatas disebabkan oleh *delay* serialisasi dimana nilainya akan semakin besar apabila menurunnya kapasitas jaringan karena *delay* serialisasi berbanding terbalik dengan kapasitas jaringan. Semakin kecil kapasitas jaringan

maka semakin besar *delay* dan begitu juga sebaliknya semakin besar kapasitas maka *delay* serialisasi yang terjadi akan semakin kecil. Disamping itu, *delay* untuk skema kompresi (*delay* paketisasi) pada setiap *codec* ikut mempengaruhi kualitas suara dan jumlah bandwidth yang ditransmisikan. *Codec* dengan skema kompresi dan bit rate yang kecil akan membutuhkan sumber daya pemrosesan yang lebih besar karena besar bit rate berbanding terbalik dengan *delay* yang dihasilkan. Sebagai contoh, *codec* GSM dengan laju bit rate 13 kbps/20ms akan menghabiskan daya pemrosesan yang lebih besar dari *codec* G.711 64kbps/20ms. Hal ini tentu saja akan menambah *delay* paketisasi tetapi disisi lain akan menghemat kapasitas jaringan namun akan berdampak pula pada kualitas suara yang dihasilkan.

Untuk nilai *jitter* dari hasil monitoring yang dilakukan memiliki nilai yang bervariasi disetiap media koneksi namun masih tergolong baik untuk semua jenis *codec* karena tidak melebihi 20ms sesuai rekomendasi ITU. Nilai *jitter* ini terjadi akibat variasi beban trafik dan besarnya kemacetan antara paket (*collision*) yang terjadi pada jaringan IP. Semakin besar beban trafik di dalam jaringan maka akan semakin besar pula peluang terjadinya kongesti, selain itu pengaruh dari *bitrate* yang rendah membuat daya pemrosesan serta paketisasi yang meningkat pada jaringan yang memungkinkan nilai dari *jitter* akan lebih besar. Hal ini sesuai hasil eksperimen yang diperoleh yaitu nilai *jitter* semakin meningkat pada jenis *codec* yang mempunyai *bitrate* yang kecil.

Secara teori, paket yang menggunakan RTP sebagai protokol transportnya memiliki kemungkinan paket karena karakteristik dari protokol RTP yang tidak menjamin pengiriman paket-paket data untuk sampai pada tujuan. Hal ini disebut dengan *best effort delivery service*. Pada saat transmisi, tidak ada perbedaan antara paket *voice* dengan paket-paket data lainnya yang mengalir di jaringan. Maka dari itu tentunya ada kemungkinan terjadinya hilang paket pada saat transmisi, dan paket hilang ini tentunya akan mempengaruhi kualitas layanan. Berdasarkan rekomendasi ITU bahwa nilai *packet loss* yang baik bernilai 0 – 1%. Dari hasil pengukuran terlihat nilai *packet loss* dalam kategori baik yaitu bernilai nol. Pengaruh *delay*, *Jitter* dan *packet loss* yang diperoleh pada pengujian ini di sebabkan oleh beberapa faktor seperti halnya yang telah dijelaskan pada pengujian sebelumnya karena topologi pengujian yang dilakukan cenderung sama.

- PTI – Teknik

Tabel 4.7 Hasil Monitoring Pada Jaringan PTI - Teknik untuk *Codec* G.711, iLBC dan GSM

PTI - Teknik				
Media Koneksi	Codec	Delay	Jitter	Packet loss
LAN	G.711	1	2	0
	iLBC	2	2	0
	GSM	2	2	0
Wireless	G.711	28	15	1
	iLBC	34	20	1
	GSM	47	21	1

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan dapat dilihat kenaikan nilai QoS yang cukup signifikan terjadi pada saat pengujian dilakukan pada media koneksi wireless. Hal ini terjadi karena sifat jaringan itu sendiri, kita ketahui bersama bahwa jaringan Wireless mempunyai sifat yang lebih rentan terhadap gangguan. Faktor multipath fading, pantulan, dan fasa yang berubah setiap saat juga sangat berpengaruh pada keutuhan paket yang diterima. Selain itu keadaan jaringan baik PTI maupun Fakultas Teknik berbeda setiap saat.

Adanya kenaikan nilai QoS ini tidak begitu berpengaruh untuk komunikasi yang dilakukan karena suara yang dihasilkan masih dapat diterima. Pernyataan ini dapat dibuktikan dengan data yang diperoleh dimana nilai *delay* dari kedua media koneksi yang diujikan tergolong baik. Sedangkan untuk *jitter* yang terjadi dapat dilihat nilai tertinggi diperoleh *codec* GSM untuk media wireless namun angka ini masih dapat diterima karena < 50ms.

Packet loss terjadi disaat pengujian pada media wireless diujikan namun nilainya masih dapat diterima untuk standar komunikasi VoIP yaitu < 5%.

Berdasarkan analisa yang dilakukan disetiap jaringan, kenaikan *delay*, *jitter*, dan *packet loss*, terjadi pada media koneksi *wireless*. Namun kita ketahui bersama *wireless* merupakan backbone pada jaringan Unsrat, dan yang menjadi jalur utama yaitu jaringan LAN yang telah terintegrasi dengan baik keseluruhan segmen jaringan yang ada di Unsrat, sehingga hasil dari pengujian menunjukkan tingkat kemerosotan jaringan yang diakibatkan gangguan lebih kecil dibanding media wireless.

5.3. Perhitungan Kualitas VoIP dengan E-Model

Pada penelitian ini, akan dihitung nilai faktor R untuk *codec* G.711, iLBC, dan GSM. Parameter-parameter yang digunakan sesuai data hasil monitoring panggilan VoIP di jaringan kampus. Berdasarkan rumus yang telah diketahui sebelumnya yaitu : $R = 93,2 - I_d - I_e$, dimana nilai R kemudian dikorelasikan ke MOS dimana persamaan yang dipakai disesuaikan dengan hasil R yang didapat. Pada penelitian ini umumnya rumus korelasi yang digunakan yaitu: Untuk $0 < R < 100$: $MOS = 1 + 0.035 R + 7 \times 10^{-6} R(R-60)(100-R)$. Tabel berikut merupakan hasil perhitungan yang dilakukan.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Nilai MOS dari Korelasi Faktor R

Lokasi	Media Koneksi	codec	Faktor R	MOS	Tingkat Kepuasan
PTI	LAN	G.711	93.176	4.4088	Sangat Baik
		iLBC	82.176	4.1035	Baik
		GSM	73.152	3.74	Cukup Baik
	WLAN	G.711	93.152	4.4083	Sangat Baik
		iLBC	82.152	4.1023	Baik
		GSM	73.036	3.736	Cukup Baik
Teknik	LAN	G.711	93.2	4.41	Sangat Baik
		iLBC	82.176	4.1035	Baik
		GSM	73.152	3.74	Cukup Baik
	WLAN	G.711	93.152	4.4083	Sangat Baik
		iLBC	82.152	4.1023	Baik
		GSM	73.08	3.378	Cukup Baik
PTI – Teknik	LAN	G.711	93.176	4.4088	Sangat Baik
		iLBC	82.152	4.1023	Baik
		GSM	73.152	3.74	Cukup Baik
	WLAN	G.711	92.528	4.396	Sangat Baik
		iLBC	81.384	4.075	Baik
		GSM	72.072	3.692	Cukup Baik

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil MOS yang diperoleh dari pengujian secara keseluruhan berada pada kisaran 3,692 – 4,41 dimana *codec* G.711 memiliki tingkat kepuasan yang sangat baik walaupun bandwidth yang dibutuhkan cukup besar namun hal itu sebanding dengan kualitas suara yang dihasilkan. Sedangkan untuk *codec* iLBC memiliki tingkat kepuasan yang baik satu tingkat dibawah *codec* G.711, dan *codec* GSM dengan tingkat kepuasan yang cukup baik namun dalam melakukan komunikasi GSM hanya memerlukan bandwidth yang lebih kecil di banding dua jenis *codec* sebelumnya. Dari hasil perhitungan ini kiranya dapat dilihat jenis *codec* yang nantinya layak digunakan apabila teknologi ini diimplementasikan.

VI. Penutup / Kesimpulan.

- Kualitas suara yang dihasilkan teknologi VoIP bergantung kepada *jenis codec* yang digunakan, *bandwidth, delay, jitter, packet loss* serta kualitas jaringan.
- Aplikasi VoIP layak diimplementasikan di jaringan kampus Unsrat hal ini dapat dilihat dari nilai *delay, jitter, packet loss* yang termasuk dalam kategori baik untuk aplikasi suara selain itu nilai MOS yang didapat dari pengujian secara keseluruhan yaitu berada pada kisaran 3,69 – 4,41 yang mengindikasikan kualitas suara yang diujikan pada jaringan tergolong baik.
- Dari pengujian codec yang digunakan diperoleh codec G711 memiliki tingkat kepuasan yang sangat baik dilihat dari Nilai MOS nya, sehingga jenis *codec* ini bisa menjadi alternatif untuk komunikasi VoIP di jaringan kampus Unsrat.
- Universitas Sam Ratulangi telah memiliki infrastruktur jaringan yang memungkinkan penerapan teknologi VoIP.

Daftar Pustaka:

- [1] Sugeng, Winarno. 2008. "Membangun Telepon berbasis VoIP". Penerbit Informatika. Bandung
- [2] Purbo, Onno.W, 2007. "VoIP Cikal Bakal Telkom Rakyat", PT Prima Infosarana Media, Jakarta.
- [3] Raharja, A. 2006. *Jaringan VoIP Berbasis Protokol SIP*. VoIP Rakyat: Jakarta.
- [4] Utomo, Eko. 2007 "Pengantar jaringan komputer". Yrama Windya
- [5] Meggelen, J.V. Madsen, L., and Smith, J. 2007. *The Future of Telephony, Second Edition*. O'Reilly Media: CA, USA
- [6] Tharom, T. 2002. "Teknis dan Bisnis VoIP". Jakarta: PT. Media Elex Komputindo.
- [7] Juanda, Enjang, dkk. 2008. "Analisis Traffic Bandwidth Layanan Internet di Direktorat TIK UPI. Bandung, Indonesia: Universitas Pendidikan Indonesia
- [8] Grandistyana, A. dan Sudarmawan. "Kajian Kerja Protokol Pada Jaringan VoIP pada Jaringan Internet UGM". Yogyakarta: STMIK AMIKOM.
- [9] ITU-T G.107 .2005. "The E-model, a Computational Model For Use in Transmission Planning". ITU-T Recommendation G.107.
- [10] Recommendation G.113 Amendment 1 (03/09). 2009. "Provisional planning values for the wideband equipment impairment factor and the wideband packet loss robustness factor".