

## PEMANFAATAN JARINGAN KOMPUTER LOKAL UNTUK KOMUNIKASI SUARA

Totok Sukardiyono

*Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta,  
[totoks@uny.ac.id](mailto:totoks@uny.ac.id), 085771356040*

### Abstrak

Komunikasi suara menggunakan mobile phone dan telephone lokal antar pegawai dalam satu atau lebih institusi atau perusahaan adalah komunikasi yang paling sering dilakukan. Dalam komunikasi suara lokal memakai mobile phone memerlukan biaya berupa pulsa, sedangkan komunikasi dengan telephone lokal memerlukan waktu tunggu karena jumlah dan letak pesawat telephone yang ada di institusi atau perusahaan sangat terbatas. Untuk menghemat pulsa dan waktu tunggu serta mengefektifkan pemanfaatan LAN dan internet, maka perlu adanya pemanfaatan LAN untuk komunikasi suara. Tujuan penelitian ini adalah untuk membangun VoIP server dan mengetahui kualitas suara yang dihasilkan dalam komunikasi suara melalui jaringan komputer lokal. Selain itu juga untuk mencari solusi jenis protokol dan peralatan yang mana saja yang dapat mendukung komunikasi suara melalui jaringan komputer sehingga dapat mengoptimalkan peralatan jaringan komputer yang ada dan memperlancar komunikasi.

Penelitian ini dilaksanakan di Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dan di UPT Puskom UNY. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Komputer Server dengan spesifikasi prosesor Xeon 64 bit, kecepatan 3GHz, dan RAM 2GB. Software server VoIP berbasis SIP yang dipakai adalah asterisk, Komputer klien dengan spesifikasi prosesor pentium III RAM 128MB dan pentium IV RAM 256MB dengan Sound card, Headset, dan microphone. Software klien VoIP berbasis SIP eyebeam versi 1.5.7. Media gateway antara jaringan telepon internet/jaringan komputer lokal dengan jaringan telepon biasa/internal (ITG : Internet Telephony Gateway) LinkSys SPA-3000, dan jaringan komputer lokal berbasis TCP/IP. Untuk menilai kualitas suara yang melalui sistem VoIP dilakukan dengan pengukuran di titik ukur di ujung sistem, yaitu di dekat pesawat telepon atau PC. Pengukuran dilakukan secara subyektif yaitu dengan melakukan pembicaraan, kemudian menilai baik buruknya kualitas suara yang didengar dengan kriteria sangat bagus skor 5, bagus skor 4, cukup skor 3, kurang skor 2, dan jelek skor 1. Desain penelitian yang digunakan adalah eksperimen untuk menghasilkan suatu rancangan model VoIP dengan berbagai tingkat jaringan dan jenis sambungan.

Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa jaringan komputer lokal dapat dimanfaatkan untuk komunikasi suara dengan cara menambahkan server VoIP dan peralatan pendukungnya, jika diinginkan untuk koneksi antara telepon luar/internal dengan VoIP maka dapat ditambahkan ITG (Internet Telephony Gateway). Protokol SIP (Session Initiation Protocol) dalam aplikasi VoIP dengan codec G711 memerlukan bandwidth yang cukup lebar untuk memperoleh kualitas suara yang memuaskan. Pada bandwidth yang kurang lebar kualitas suara yang dihasilkan akan kurang baik. Sehingga untuk memperoleh kualitas yang baik pada bandwidth yang kurang lebar perlu dipakai codec lain yang bandwidthnya kecil. Kualitas suara yang dihasilkan pada komunikasi suara dengan memanfaatkan jaringan komputer lokal berkisar dari baik sampai memuaskan dengan rerata memuaskan dengan R Faktor terendah 70 dan tertinggi 90 rerata 81,6 atau MOS terendah 3,55 dan tertinggi 4,42 rerata 4,05.

**Kata Kunci : LAN, VoIP**

## Using LAN for Voice Communication

Totok Sukardiyono

*Departement Of Electronic Engineering Education, Faculty Of Engineering,*

*Yogyakarta State University*

*[totoks@uny.ac.id](mailto:totoks@uny.ac.id), 085771356040*

### **Abstract**

Voice communication with mobile phones and local telephones among workers in one or more institutions/companies is frequent. Mobile phone communication requires fee whereas local phone communication sometimes needs to wait due to limited amount of phone sets. To save fee, to reduce waiting time, to use LAN and Internet effectively, voice communication via LAN is recommended. The study aims to develop a VOIP server and to measure resulting voice quality for voice communication via LAN. It also aims to find choose suitable protocol and device to support voice communication via LAN resulting in optimizing the use of available LAN devices and to facilitate communication.

The study was conducted at Electronic Engineering Department and at UPT Puskom UNY. Material used include Server computer with Xeon 64 bit, 3GHZ, and 2GB RAM. Software used is a SIP based VOIP server, Asterisk. Client computers are Pentium III + 128MB RAM and Pentium IV + 256MB RAM with soundcards, headset, and microphone using sip based VOIP client software Eyebeam. LinkSys SPA-300 is used for media gateway between phone networks and TCP/IP based LAN. Voice quality was measured at end points of the system near phone sets or PCs. The measurement was subjective by making call with score from 5 (very good) to 1 (bad). The design was experimental to get the VOIP design model using variation in networks and type of connection.

Experiment results show that LAN can be used for communication by adding a VOIP server and its supporting devices. ITG protocol can be used if connection between outside and internal telephone networks is needed. SIP Protocol in VOIP application with codec G711 requires quite wide bandwidth to obtain satisfactory voice quality. For not so wide bandwidth, the resulting voice quality is not so good, and other codec is suggested to obtain better voice quality. The resulting voice quality ranges from good to satisfactory with satisfactory average (lowest R Factor=70, highest R Factor=90, average R Factor=81.6; lowest MOS=3.55, highest MOS=4.42, average MOS=4.05).

**Keywords: LAN, VOIP.**

## PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini semakin pesat. Perkembangan Teknologi Komputer dan Teknologi Telekomunikasi yang cepat menumbuhkan aplikasi baru. Salah satu diantaranya adalah intranet. Intranet menjadi sebuah komponen penting dalam sistem informasi pendidikan atau perusahaan saat ini. Sebuah intranet adalah sebuah jaringan internal pada suatu lembaga atau perusahaan yang menggunakan teknologi internet untuk komunikasi dan pembagian informasi.

Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta merupakan sebuah lembaga pendidikan yang telah memiliki jaringan komputer lokal sejak tahun 2002 dan pada tahun 2003 dikembangkan menjadi intranet dan internet.

Di awal tahun 2005 Unit Pelaksana Teknis Pusat Komputer Universitas Negeri Yogyakarta (UPT Puskom UNY) mengembangkan intranet dan internet terpusat yang menghubungkan semua kampus, fakultas dan lembaga yang ada di UNY. Kampus UNY memiliki empat lokasi, yaitu Kampus Karangmalang, Kampus UPP 1 jalan Kenari, Kampus UPP 2 jalan Bantul dan Kampus Wates. Topologi jaringan yang digunakan adalah extended star. Jalur utama (*backbone*) yang menghubungkan setiap lembaga atau fakultas ke UPT Puskom menggunakan kabel fiber optik. Sedangkan dari UPT Puskom ke kampus UPP 1, UPT Puskom ke kampus UPP 2, dan UPT Puskom ke Kampus Wates di hubungkan lewat jaringan Telkom dengan sistem sewa. Di setiap kampus dan fakultas juga telah dikembangkan jaringan komputer lokal yang menghubungkan semua jurusan yang ada di dalamnya dengan menggunakan kabel UTP (*unshielded twisted pair*). Sehingga pada saat ini semua jurusan di UNY telah terhubung jaringan komputer dan dapat mengakses internet.

Pemanfaatan jaringan komputer lokal dan internet tersebut pada umumnya masih belum optimal, karena baru dimanfaatkan untuk akses data akademik dan mencari informasi di internet. Padahal dari sisi teknologi jaringan komputer yang telah ada tersebut dapat juga dimanfaatkan untuk komunikasi suara seperti telepon. Teknologi yang mampu melewatkan suara melalui *internet protocol* (IP) atau menjadikan media internet untuk melakukan komunikasi suara jarak jauh secara langsung disebut *digital phone* atau *voice over Internet Protocol* (VoIP). Dengan memakai VoIP kita dapat menelpon melalui koneksi intranet ataupun internet.

Selama ini, komunikasi telepon antar jurusan, fakultas, unit, ataupun lembaga masih menggunakan telepon lokal tiga nomor dan dengan memanfaatkan provider PT Telkom. Untuk komunikasi telepon antar lokasi kampus yang berbeda harus memakai PSTN (*public switched telephone network*). Hal ini kurang efektif karena dalam satu

jurusan, fakultas, unit, dan lembaga hanya ada satu titik atau satu pesawat telepon, sehingga ketika mau berkomunikasi harus berada di satu tempat dan waktu saja.

Intranet UNY baru dimanfaatkan untuk akses Internet, akses Sistem Informasi dan untuk *video conference* ataupun *video streaming* pada even-even tertentu. Dengan beban trafik yang ada, jaringan intranet masih memungkinkan untuk dibebani dengan trafik yang lebih tinggi. Dengan demikian, untuk mengoptimalkan pemanfaatan bandwidth, diupayakan dengan mengembangkan sistem teleponi berbasis *VoIP* yang memanfaatkan infrastruktur yang ada. Tujuan akhir yang ingin dicapai adalah menyediakan fasilitas telepon internal kampus yang efisien dan tidak berbayar. Melalui teknologi VoIP ini, komunikasi dapat dilakukan dengan beberapa cara baik menggunakan telepon analog, softphone yang dapat diinstall di setiap PC, laptop, maupun smartphone yang terhubung jaringan. Hal ini diharapkan nantinya akan memberikan kelancaran dalam berkomunikasi antar civitas yang dikarenakan mudah dihubungi dan secara langsung akan berdampak pada efisiensi biaya telekomunikasi di kampus, serta meningkatnya kinerja lembaga.

Berdasarkan pada latar belakang masalah di atas, rumusan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara memanfaatkan jaringan komputer lokal untuk komunikasi suara
2. Jenis protokol apa yang tepat digunakan dalam aplikasi *Voice over Internet Protocol* (VoIP).
3. Bagaimana kualitas suara yang dihasilkan pada komunikasi suara dengan memanfaatkan jaringan komputer lokal

Kualitas suara yang dihasilkan pada komunikasi suara dengan memanfaatkan jaringan komputer lokal (perancangan jaringan VoIP) pada penelitian ini dibatasi pada masalah *delay* dan *Bandwidth*. *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 komputer pada jaringan IP atau internet. Range frekuensi suara manusia dalam telephone yang diambil 300-3500 Hz dimana frekuensi ini merupakan frekuensi pembicaraan manusia yang telah sejak awal dirancang dalam jaringan telephone.

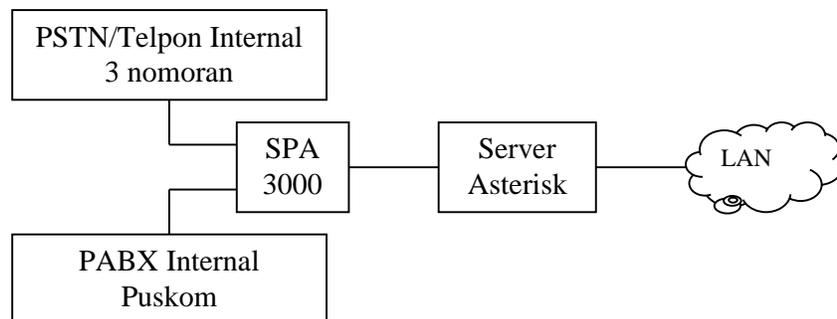
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas suara yang dihasilkan dalam komunikasi suara melalui jaringan komputer lokal. Selain itu juga untuk mencari solusi jenis protokol dan peralatan yang mana saja yang dapat mendukung komunikasi suara melalui jaringan komputer lokal dengan kualitas yang baik sehingga dapat mengoptimalkan peralatan jaringan komputer yang ada dan memperlancar komunikasi.

Dari segi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang komunikasi suara berbasis internet protocol (VoIP : Voice over Internet Protocol) untuk jaringan komputer lokal. Dengan demikian dapat diketahui kualitasnya sehingga untuk penentuan pengembangan ke depan dapat dipilih teknologi yang tepat.

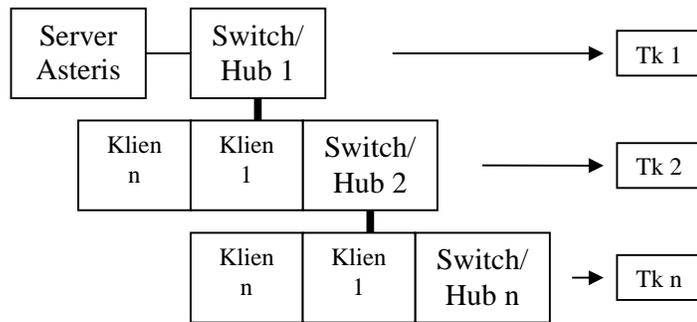
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Unit Pelaksana Teknis Pusat Komputer, dan Kampus Wates Universitas Negeri Yogyakarta.

Desain penelitian yang digunakan adalah eksperimen untuk menghasilkan suatu rancangan model VoIP dengan berbagai jenis tingkat/level jaringan pada jenis komponen codec ITU G.711. Penelitian ini dimulai dengan membangun perangkat VoIP pada komputer server dan klien. Teknologi VoIP yang digunakan adalah SIP (Session Initiation Protocol). Komputer Server dengan spesifikasi prosesor Xeon 64 bit, kecepatan 3GHz, dan RAM 2GB ditempatkan di UPT Puskom. Software server VoIP berbasis SIP yang dipakai adalah asterisk. Instalasi dan setting server *Asterisk* dengan jenis telepon analog dan SIP, jenis komponen *codec* ITU G.711. Komputer klien dengan spesifikasi prosesor pentium III RAM 128MB dan pentium IV RAM 256MB, dilengkapi dengan *sound card*, *headset*, dan *microphone*. Software klien VoIP berbasis SIP *eyebeam* versi 1.5.7 untuk *mendial up*, merekam suara, dan menampilkan gambar. Media *gateway* antara jaringan telepon internet/jaringan komputer lokal dengan jaringan telepon biasa/internal (ITG : *Internet Telephony Gateway*) LinkSys SPA-3000. Jaringan komputer lokal berbasis TCP/IP. Membangun arsitektur jaringan VoIP seperti Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Jaringan VoIP



Gambar 2. Tingkatan Jaringan

Fitur yang diberikan oleh sistem recording, conference, web cam, video call, dll.

Kualitas suara merupakan hal yang sangat penting dalam VoIP, karena ini sangat berpengaruh terhadap penerimaan suara pada lawan bicara. Satuan kualitas suara yang digunakan adalah MOS (*Mean Opinion Score*) dan R Factor. Dimana kualitas suara tersebut sangat tergantung pada 2 hal, yaitu :

- Teknik kompresi yang digunakan (codec)
- Banyaknya packet loss di jaringan.

Untuk penilaian subjektif kualitas layanan VoIP adalah MOS, nilai-nilai subjektifnya diambil berdasarkan kepuasan pendengar dan pembicara disaat mengadakan hubungan komunikasi VoIP. Persepsi pengguna yang direpresentasikan dalam nilai dari MOS dan R Faktor ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Penilaian MOS terhadap kualitas layanan VoIP

No	Opini Pengguna	R Faktor	MOS Score
	Maksimum yang di dapat G.711	93	<b>4,4</b>
1	Tidak konek/direkomendasikan	0 - 50	<b>1,0 – 2,6</b>
2	Buruk	50 - 60	<b>2,6 – 3,1</b>
3	Banyak yang tidak puas	60 – 70	<b>3,1 – 3,6</b>
4	Baik	70 – 80	<b>3,6 – 4,0</b>
5	Memuaskan	80 – 90	<b>4,0 – 4,3</b>
<b>6</b>	<b>Sangat Memuaskan</b>	<b>90 - 100</b>	<b>4,3 – 5,0</b>

Metode kompresi yang digunakan untuk menentukan MOS pada data kuantitatif, yaitu *bandwidth* dan *delay* kompresi yang dihasilkan. Tabel penilaian MOS yang didapat dari sisi metode kompresi terdapat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan metode kompresi dan penilaian MOS

Metode Kompresi	Bandwidth (kbps)	Delay kompresi (ms)	MOS Score
<b>G.711 PCM</b>	<b>64</b>	<b>0.75</b>	<b>4.1</b>
G.723.1 MPMLQ	6.3	30	3.9
G.723.1 ACELP	5.3	30	3.65
G.726 ADPCM	32	1	3.85
G.728 LD – CELP	16	3 – 5	3.61
G.729 CS – ACELP	8	10	3.92
G.729A CS – ACELP	8	10	3.7

Analisis yang digunakan adalah uji beda kualitas suara pada tingkat jaringan yang sama. Kualitas suara diukur dengan menggunakan uji subyektif yang diekspresikan dalam bentuk nilai MOS atau R Faktor.

Berdasarkan rancangan VoIP dengan berbagai tingkatan, maka dapat dilakukan komunikasi suara dan dihasilkan kualitas suara yang diindikasikan dengan MOS dan R Faktor yang dicapai.

Hasil kualitas suara dalam berkomunikasi antar klien dilakukan pengujian pada beberapa tingkatan jaringan yang sama maupun yang berbeda. Setiap perubahan klien dilakukan pengujian terhadap kualitas suara yang dihasilkan. Kualitas suara disini diukur dengan menggunakan uji subyektif yang diekspresikan dalam bentuk nilai MOS atau R Faktor seperti pada Tabel 1. Kualitas suara semakin baik apabila nilai R Faktor atau MOS semakin tinggi.

Rumus dasar untuk menghitung R Faktor yang diukur dengan memakai uji objektif adalah :  $R = R_o - I_s - I_d - I_e + A + W$

Dimana  $R_o$  adalah factor dasar yang tergantung dari level noise, kekerasan, dan sejenisnya.  $I_s$  menyatakan kejadian pasangan sambungan percakapan yang simultan,  $I_d$  menyatakan besarnya tunda yang terjadi pada percakapan berpasangan,  $I_e$  menyatakan factor pasangan peralatan (umumnya menyatakan efek VoIP, sebagai contoh nilai dasar R faktor ideal untuk G.729A dengan sambungan tanpa putus adalah  $R = R_o - I_e$ , yaitu  $83 = 94 - 11$ ),  $A$  menyatakan "advantage factor" dan  $W$  adalah faktor koreksi lebar pita. Pengukuran secara objektif berarti pengukuran dilakukan dengan memakai alat ukur/software yang telah di rekomendasikan. Dalam penelitian ini jenis pengukuran ini belum dapat dilakukan karena terbatasnya dana dan belum dimilikinya alat pengukurnya/softwarenya.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Jaringan komputer lokal dapat dimanfaatkan untuk komunikasi suara dengan cara memasang server VoIP (*Voice over Internet Protocol*) dan menambahkan software VoIP

pada komputer klien yang akan digunakan untuk berkomunikasi suara (telephone) di jaringan tersebut. Teknologi VoIP mampu melewati trafik suara yang berbentuk paket melalui jaringan IP. Jaringan IP merupakan jaringan komunikasi data yang berbasis *packet-switch*. Hal ini sesuai dengan pendapat Tharom (2002) yang menyatakan bahwa VoIP adalah suatu sistem yang menggunakan jaringan internet untuk mengirimkan data paket suara dari suatu tempat ke tempat yang lain menggunakan perantara protokol IP.

VoIP merupakan teknologi yang membawa sinyal suara digital dalam bentuk paket data dengan protokol IP. Suara yang masuk diubah dalam bentuk sinyal digital oleh *microphone* dan *soundcard* atau *DSP (Digital Signal Processing) board*. Data sinyal digital akan diproses oleh komputer klien pengirim untuk dikirimkan ke komputer server melalui jaringan internet dan kemudian dikirimkan ke komputer klien tujuan atau penerima untuk diproses dan diubah menjadi sinyal suara oleh *soundcard dan loud speaker*. Model ini diperuntukkan untuk komunikasi suara atau telephone antar komputer klien. Sedangkan agar dapat telephone antar pesawat telephone dengan komputer klien, maka pada server VoIP perlu ditambahkan *gateway* antara jaringan telephon internet/jaringan komputer lokal dengan jaringan telepon biasa/internal (ITG : *Internet Telephony Gateway*) yang dalam penelitian ini digunakan perangkat LinkSys SPA-3000 pada komputer server VoIP.

Trafik VoIP terdiri dari dua bagian transmisi jaringan yaitu transmisi signaling dan RTP (*Realtime Transfer Protocol*). Protokol untuk signaling selalu berbasis TCP (*Transfer Control Protocol*) sedang untuk RTP digunakan protocol berbasis UDP (*User Datagram Protocol*). Signaling dilakukan pada port TCP yang sudah umum diketahui, misalkan untuk H.323 menggunakan port 1720, SIP (session Initiation Protocol) menggunakan port 5060, IAX (Inter Asterisk Exchange) menggunakan port 4569.

VoIP yang diimplementasikan menggunakan standar protokol *open source Session Initiation Protocol* (SIP). Protokol VoIP diperlukan agar pemakai layanan VoIP dapat saling berkomunikasi dengan pesawat telephone.

Beberapa jenis protocol VoIP yang ada saat ini antara lain, yaitu :

- H.323
- *Media Gateway Control Protocol* (MGCP)
- *Real-time Transport Protocol* (RTP)
- *Session Description Protocol* (SDP)
- *Inter-Asterisk eXchange* (IAX)
- *Media Gateway Control Protocol* (MEGACO)

Protokol yang paling populer dan banyak dipakai adalah H.323 dan SIP. H.323 merupakan teknologi yang dikembangkan oleh ITU (*International Telecommunication*

Union). SIP (*Session Initiation Protocol*) merupakan teknologi yang dikembangkan oleh IETF (*Internet Engineering Task Force*).

H.323 adalah salah satu dari rekomendasi ITU-T (*International Telecommunications Union – Telecommunications*). H.323 merupakan standar yang menentukan komponen, protokol, dan prosedur yang menyediakan layanan komunikasi multimedia. Layanan tersebut adalah komunikasi audio, video, dan data *real-time*, melalui jaringan berbasis paket (Tabratas Tharom, 2001:64). H.323 berjalan pada jaringan intranet dan jaringan *packet-switched* tanpa mengatur media jaringan yang di gunakan sebagai sarana transportasi maupun protokol *networ layer*. H.323 berbasis biner, digunakan dalam proses signaling, dan hanya support TCP.

Standar H.323 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 untuk di tampilkan di layar penerima.
- *Audio Codec* (G.711, G.722, G723, G728 dan G.729). *Audio codec* bertugas mengkodekan data dari sumber suara untuk dikirimkan dan mendekodekan sinyal kode yang diterima untuk didengarkan oleh penerima.
- *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
- *Sistem control unit* (H.245 dan H.225.0) menyediakan *signalling* yang berkaitan dengan komunikasi antar terminal H.323.
- 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*.

Teknologi SIP merupakan teknologi pengganti H.323 yang sulit menembus proxy server. SIP adalah suatu *signalling protocol* pada layer aplikasi yang berfungsi untuk membangun, memodifikasi, dan mengakhiri suatu sesi multimedia yang melibatkan satu atau beberapa pengguna. Sesi multimedia adalah pertukaran data antar pengguna yang bisa meliputi suara, video, dan text. 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 untuk transfer data secara *real-time*, dengan SDP untuk mendeskripsikan sesi multimedia, dengan MEGACO untuk komunikasi dengan PSTN.

Meskipun demikian, fungsi dan operasi dasar SIP tidak tergantung pada protokol tersebut. SIP juga tidak tergantung pada protokol *layer transport* yang digunakan. Support pada TCP dan UDP. Pembangunan suatu komunikasi multimedia dengan SIP dilakukan melalui beberapa tahap :

- *User Location* adalah menentukan lokasi pengguna yang akan berkomunikasi.
- *User Availability* adalah menentukan tingkat keinginan pihak yang dipanggil untuk terlibat dalam komunikasi.
- *User Capability* adalah menentukan media maupun parameter yang berhubungan dengan media yang digunakan untuk komunikasi.
- *Session Setup* adalah pembentukan hubungan antara pihak pemanggil dengan pihak yang dipanggil.
- *Session management* yaitu meliputi transfer, modifikasi, dan pemutusan sesi.

Secara garis besar SIP merupakan protokol yang digunakan untuk membangun, memodifikasi, dan mengakhiri suatu sesi. Penggunaan protokol codec video, audio dan *Real-time Protocol* dengan H.323 tetap sama, hanya berbeda dalam sesi *signalling* sambungan VoIP.

Protokol lain yang dapat digunakan adalah MGCP (Media Gateway Control Protocol). MGCP memakai *text-base protocol* sebagaimana standart lain IETF *protocol*. MGCP mempunyai model yang berbeda dengan H.323. Pada MGCP hanya ada dua elemen yaitu *Media Gateway* dan *Media Gateway Controller*. *Media Gateway* adalah "*end point*" atau terminal pada H.323. *Media Gateway Controller* mutlak dipergunakan pada MGCP karena *Media Gateway* tidak dapat melakukan panggilan (*call setup*) secara langsung *Media Gateway* yang lain. Artinya *Media Gateway* harus selalu menggunakan *Media Gateway Controller*. Setelah setup selesai, baru antar *Media Gateway* bisa berkomunikasi dengan menggunakan RTP/RTCP protokol. Protokol ini lebih sering digunakan untuk mengontrol titik komunikasi di VoIP. MGCP memiliki feature tambahan *Call Waiting*.

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

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.

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 informasi dapat berkomunikasi.

Protokol MEGACO diperkirakan akan menjadi Protokol VoIP standart dimasa datang. MEGACO merupakan kesepakatan antara *group* IETF dan H.GCP di pihak ITU-T. Kelebihan yang diharapkan adalah interperabilitas antar VoIP *equipment* yang semakin baik.

Komponen VoIP lain yang penting adalah codec (*coder-decoder*). VoIP membutuhkan proses coder dan decoder untuk dapat melewati jalur *packet switch* dengan baik. Proses ini mengkonversi sinyal audio menjadi data digital yang dikompresi untuk kemudian dikirimkan ke jalur internet. Di *node* penerima, data di dekompresi dan diubah menjadi sinyal analog.

Konversi codec bekerja dengan cara menyampling sinyal audio dalam jumlah tertentu per detiknya. Dalam penelitian ini berbagai codek seperti pada Tabel 2 telah dicoba, hasil terbaik yang diperoleh adalah codec G.711. Sehingga untuk pengujian kualitas suara pada berbagai tingkat jaringan dipilih codec tersebut. G.711 codec untuk audio, yang dipakai pada *telephony*. Nama lainnya PCM *voice frequencies*. Codec ini *support* H.323, dapat digunakan untuk FAX over IP, dan melakukan sampling audio sebanyak 64.000 kali per detiknya. Jika data hasil kompresi berhasil diterima di *node* penerima, 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.

Pemilihan codec sangat berpengaruh pada penggunaan bandwidth jaringan. Makin baik codec melakukan sampling, makin efisien jalur yang digunakan dan makin baik kualitas suara yang diperoleh. Beberapa codec lain yaitu : G.723.1 dan G.729.

G.723.1 codec untuk voice dengan kompresi voice dalam 30 ms frame. Sering digunakan dalam VoIP. (Tidak dapat digunakan untuk DTMF dan FAX). Ada 2 bit rates yang bisa dioperasikan G.723.1, yaitu :

- 6.3 kbit/s (menggunakan 24 byte frames)
- 5.3 kbit/s (menggunakan 20 byte frames)

G.729 codec yang sering dipakai dalam VoIP, *bit rate* 8 kbit/s. Kompresi data audio dalam range 10 ms. Tidak support DTMF, Fax Transmission, high quality audio.

Jaringan internet memiliki karakteristik yang berbeda dengan jaringan telepon. Data-data yang mengalir di internet saling berebut bandwidth yang tersedia. Kecepatan sampainya data tergantung pada jumlah dan besarnya paket data. Setiap paket data akan diperlakukan dengan perlakuan yang sama. Kondisi jaringan yang seperti ini berbeda dengan jaringan telepon, dimana satu kanal hanya dikhususkan untuk satu pembicara telepon. Tidak ada perebutan bandwidth disana, sehingga kualitas suaranya dapat terjaga.

Permasalahan yang timbul akibat tidak adanya *Quality Of Service* pada data yang harus disampaikan secara real-time ke tujuannya, antara lain :

- Kekurangan bandwidth
- Delay yang terlalu lama
- Jitter

Oleh karena itu agar jaringan intranet atau internet dapat melewatkan paket data suara, jaringan ini harus dimodifikasi sedemikian rupa sehingga mampu memberikan *Quality Of Service* yang sesuai dengan permintaan aplikasi VoIP. Parameter tersebut ialah *Bandwidth*, *Delay* dan *Jitter*.

Supaya VoIP memiliki QoS, maka perlu diberi fasilitas pengalokasian *bandwidth* sejak awal. Dengan alokasi *bandwidth* ini, setiap aliran paket data yang berisi suara mendapatkan jatah *bandwidth* yang tetap dan tidak perlu berkompetisi dengan paket data yang lain. Teknik alokasi *bandwidth* ini dilakukan dengan teknik seperti RED (*random early detection*), WRED (*weighted random early detection*) dan WFQ (*weighted fair queuing*).

Router pada VoIP memiliki karakteristik khusus yang menyulitkan pengontrolan delay dan variasinya (*jitter*). Proses penanganan paket IP selama ini selalu dilakukan secara *best effort*. Paket IP yang datang diperlakukan sama dan dilayani sesuai dengan urutan kedatangan. Ukuran paket IP sendiri bervariasi, sehingga *delay* dan variasi *delay* di jaringan menjadi besar dan tidak menentu. *Delay* dan variasi *delay* ini dapat berakibat buruk bagi kualitas suara. Hal ini terjadi karena informasi suara memiliki karakteristik pewaktuan. Suku kata tertentu dari suatu kata harus diucapkan dalam selang waktu tertentu antara suku kata pertama dan suku kata berikutnya. Karakteristik waktu ini dapat dipertahankan agar pembicaraannya tetap memiliki arti.

Jaringan IP akan dapat menangani paket suara, bila delay maupun variasinya dapat dikontrol dan ditekan serendah mungkin. Jenis *Delay* ada tiga, yaitu :

- *Accumulation Delay*, delay yang terjadi karena frame suara harus dikumpulkan terlebih dahulu sebelum di proses oleh Voice coder. Lama delay ini tergantung jenis voice coder dan waktu sampling-nya.

- *Processing Delay*, *delay* yang terjadi karena proses pengumpulan dan pengkodean sample suara menjadi paket data yang siap untuk ditransmisikan dalam jaringan. Delay ini tergantung pada kecepatan processor dan algoritma yang digunakan.
- *Network Delay*, *delay* yang terjadi disebabkan oleh medium fisik dan protokol yang digunakan untuk transmisi data, serta besarnya buffer yang digunakan untuk menghilangkan jitter di penerima. Network delay ini tergantung pada kapasitas jaringan serta kecepatan processing di router-router yang dilalui.

Cara yang digunakan untuk mengeliminasi jitter ialah dengan mengumpulkan serta menahan sementara beberapa urutan paket data di buffer hingga paket data terakhir tiba, sehingga dapat dimainkan dalam selang waktu yang tepat. Buffer ini disebut dengan *dejitter buffer*. Namun hal ini menimbulkan delay tambahan. Kontradiktif tersebut menghasilkan berbagai skema untuk mengatur ukuran *dejitter buffer* agar sesuai dengan besarnya *jitter* yang akan dihilangkan, yang kualitasnya berubah-ubah sesuai dengan kondisi jaringan. Pendekatan yang digunakan untuk mengatur besar *dejitter buffer*, yaitu :

- Mengukur variasi paket dalam *dejitter buffer* dalam selang waktu tertentu. Sedikit demi sedikit, ukuran buffer disesuaikan dengan hasil perhitungan jitter yang dilakukan. Pendekatan ini cocok digunakan pada jaringan dengan performansi jitter yang konsisten terhadap waktu, seperti misalnya Asynchronous Transfer Mode (ATM).
- Menghitung jumlah paket data yang datang terlambat dan menghitung rasio antara paket ini dengan jumlah paket yang berhasil diproses. Rasio ini digunakan untuk mendapatkan ukuran *dejitter buffer*. Pendekatan ini cocok untuk jaringan dengan variasi kedatangan paket yang tinggi, seperti misalnya jaringan IP / Internet.

Selain tehnik yang dilakukan diatas, jaringan juga harus dikonfigurasi sedemikian rupa sehingga menghasilkan delay dan jitter yang minimal. Sehingga menghasilkan QoS yang konsisten.

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.

Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk menentukan kualitas suara dipakai metode MOS (Mean Opinion Score) yang berdasarkan standar ITU-T P.800 seperti Tabel 1. Metode ini bersifat subyektif, karena berdasarkan pendapat orang

perorang. Adapun hasil uji coba kualitas suara VoIP yang dilakukan oleh 15 orang secara berulang-ulang dirangkum dalam bentuk table berikut :

Tabel 3. Data Hasil Uji Coba Kualitas Suara Pada VoIP

Klien	Opini Pengguna	R Faktor	MOS	Tingkat Jaringan
1	Memuaskan	80	4,00	1
2	Sangat Memuaskan	95	4,65	1
3	Sangat Memuaskan	90	4,30	1
4	Memuaskan	85	4,15	1
5	Sangat Memuaskan	100	5,00	1
6	Baik	78	3,90	6
7	Memuaskan	80	4,00	4
8	Baik	75	3,80	8
9	Baik	78	3,90	8
10	Banyak yang tidak puas	65	3,30	5
11	Baik	75	3,80	5
12	Baik	78	3,90	6
13	Memuaskan	80	4,00	4
14	Memuaskan	80	4,00	2
15	Memuaskan	85	4,15	2

Dari Tabel 3 tersebut dapat diketahui bahwa dalam tingkat jaringan yang rendah (tingkat 1) kualitas suara adalah yang terbaik, yaitu memuaskan dengan R Faktor tertinggi 100 dan terendah 80 atau reratanya 90. Sedangkan kalau dilihat MOS nya tertinggi 5,00 dan terendah 4,13 reratanya 4,42. Hubungan komunikasi terbaik ini terletak di UPT Puskom.

Kualitas suara terburuk masih dalam kriteria baik diperoleh pada hubungan pembicaraan atau komunikasi suara antara UPT Puskom UNY di Kampus Karangmalang dengan Kampus Wates dengan R Faktor 65 dan 75 reratanya 70 dan MOS 3,30 dan 3,80 reratanya 3,55. Hal ini disebabkan karena bandwidth dari UPT Puskom ke Kampus Wates masih sempit atau kurang lebar. Kualitas suara secara keseluruhan masuk dalam kriteria memuaskan dengan R Faktor 81,6 dan MOS 4,05.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dengan berdasarkan pada data hasil pengujian yang diperoleh maka dapatlah disimpulkan bahwa :

1. Jaringan komputer lokal dapat dimanfaatkan untuk komunikasi suara dengan cara menambahkan komputer server VoIP, menginstalasi software VoIP untuk server maupun klien, dan menambahkan soundcard, headset, dan mikrophone pada

- komputer klien. Dan jika akan memanfaatkannya untuk koneksi antara telepon luar dengan VoIP maka dapat menambahkan ITG (Internet Telephony Gateway)
2. Pada kondisi jaringan dan perangkat jaringan dilakukan uji coba, jenis protokol yang tepat digunakan dalam aplikasi *Voice over Internet Protocol* (VoIP) adalah SIP (Session Initiation Protocol) dengan codec G. 711. (yang sesuai dengan bandwidth waktu itu).
  3. Kualitas suara yang dihasilkan pada komunikasi suara dengan memanfaatkan jaringan komputer lokal berkisar dari baik sampai memuaskan dengan rerata memuaskan dengan R Faktor terendah 70 dan tertinggi 90 rerata 81,6 atau MOS terendah 3,55 dan tertinggi 4,42 rerata 4,05. Dan kualitas suara secara keseluruhan masuk dalam kriteria memuaskan dengan R Faktor 81,6 dan MOS 4,05.

### **Saran**

Dari pengalaman yang dijumpai selama melakukan penelitian ini, maka saya mengajukan saran kepada para pembaca atau peneliti yang sejenis sebagai berikut :

1. Pengujian sebaiknya dilakukan dengan dua uji, yaitu uji subjektifitas dan uji objektifitas.
2. Untuk dapat melakukan uji objektifitas maka harus membeli software untuk melakukan pengukuran dan pengujian. Oleh karena itu diperlukan tambahan dana yang memadai.
3. Sebaiknya pengujian dilakukan lebih rinci, dari bandwidth yang sempit sampai yang lebar.
4. Fitur-fitur yang ada sebaiknya dioptimalkan.
5. Dikembangkan untuk hubungan VoIP dengan PSTN.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Inaroka Ardhian, 2001, Jaringan Privat Virtual Dinamis: Sebuah Jawaban Keamanan untuk Intranet Bisnis, Elektro Indonesia Informatika, Nomor 35, Tahun VI, Februari 2001
- Iskandarsyah, M., 2003, Dasar-Dasar Jaringan VOIP, IlmuKomputer.Com
- Madsen L., Meggelen J.V., and Smith J., 2005, Asterisk : The Future of Telephony, O'Reilly Media, Inc., United States.
- Onno Purbo, 2006, Perjuangan Membangun Infrastruktur Telekomunikasi Rakyat
- Rasyid Rafdian, 2003, Pengantar Manfaat VOIP, IlmuKomputer.Com
- Suherman, 2001, Voice over Internet Protocol (VoIP), Elektro Indonesia Informatika, Nomor 35, Tahun VI, Februari 2001

Tharom, Tabratas., W. Purbo, Onno 2001, Teknologi VoIP (Voice over Internet Protocol), PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.

Tharom, Tabratas. 2002, Teknis dan Bisnis VoIP, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.