

**RANCANGAN SISTEM VOIP
SEBAGAI ALTERNATIVE KOMUNIKASI KAMPUS
MENGUNAKAN OPENH323 GATEKEEPER**

Oleh :

Novita Nilasari NIM L2F097663
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro Semarang

Abstarksi

Sarana dan prasarana teknologi komunikasi yang sering digunakan dalam kampus biasanya disediakan oleh pihak luar atau pihak ketiga, tidak dikelola oleh pihak kampus sendiri. Contohnya sarana telepon yang disediakan oleh pihak PSTN. Tentunya hal ini secara teknik akan sangat mengganggu jika terjadi masalah pada sarana dan prasarana tersebut. Karena jika terjadi kerusakan, pihak kampus harus menunggu pembenahan yang dilakukan oleh pihak ketiga, tidak dapat secara langsung ditangani sendiri. Pengelolaan komunikasi intra kampus sebenarnya sangat menguntungkan jika dapat dilakukan oleh pihak kampus.

Pada tugas akhir “RANCANGAN DAN SIMULASI SISTEM VOIP SEBAGAI ALTERNATIF KOMUNIKASI KAMPUS MENGGUNAKAN OPENH323 GATEKEEPER” membahas mengenai rancangan jaringan intranet dalam kampus, penggunaan jaringan intranet tersebut untuk membangun komunikasi berbasis VoIP (*Voice over Internet Protocol*) menggunakan perangkat lunak Openh323 Gatekeeper. Dengan adanya komunikasi berbasis IP ini pihak kampus diharapkan dapat mengelola sendiri sarana dan prasarana komunikasinya.

Sistem VoIP yang diterapkan untuk kampus UNDIP ini diberi nama VoIP Merdeka UNDIP!!!, dimana sistem yang berupa jaringan gatekeeper yang menggunakan software openh323 gatekeeper. Gatekeeper-gatekeeper ini berfungsi sebagai sentral telepon dan saling terhubung satu sama lain. Untuk media komunikasi usernya menggunakan software NetMeetingTM.

I. Latar belakang

Dalam suatu kampus, untuk melancarkan kegiatan akademik intra kampus, komunikasi yang dilakukan masih menggunakan dua cara yaitu komunikasi secara langsung (*face to face*) dan komunikasi dengan menggunakan teknologi seperti telepon, *fax* dan *email*. Misalnya saja komunikasi antar fakultas, komunikasi antar pihak Rektorat, Dekanat, Perpustakaan telah memanfaatkan teknologi tersebut. Yang tentu saja sangat membantu dan mempercepat proses penyampaian informasinya. Untuk komunikasi dengan memanfaatkan teknologi transfer suara (contohnya telepon) biasanya disediakan oleh pihak luar dengan menggunakan jaringan *Public Switched Telephone Network* (PSTN) yang tentu saja pengelolanya juga melibatkan pihak luar tersebut. Hal ini tentu saja sedikit mengganggu jika terjadi suatu masalah pada sarana dan prasarana tersebut karena pembenahannya juga Harus melibatkan pihak luar, tidak dapat ditangani oleh pihak kampus.

Disamping itu, hampir semua perguruan tinggi baik negeri maupun swasta sudah memanfaatkan jaringan komputer lokal dalam mendukung kegiatannya. Selain untuk keperluan pengolahan data dan praktikum, pada jaringan komputer lokal ini juga diterapkan teknologi *internet* sedemikian rupa sehingga komputer-komputer yang terhubung dapat mengakses *internet* secara bersama-sama. Pemanfaatan teknologi internet sudah tidak asing lagi bagi perguruan tinggi. *Mail* dan *web* sudah menjadi hal yang biasa dan rutin bagi mahasiswa, dosen serta

civitas academica. Komunikasi dapat terjalin tidak hanya secara lokal saja tetapi juga secara regional bahkan secara internasional.

Teknologi *internet* terus berkembang. Saat ini sudah dapat diimplementasikan suatu teknologi yang memanfaatkan teknologi *internet*. Teknologi ini disebut Teknologi VoIP (*Voice over Internet Protocol*). Dengan teknologi ini, jaringan *internet/Intranet/LAN* yang ada dapat dimanfaatkan tidak hanya untuk komunikasi data saja, tetapi juga digunakan untuk komunikasi suara. Dengan dukungan infrastruktur jaringan yang terpadu, maka komunikasi antar bagian di perguruan tinggi tidak hanya dapat dilakukan melalui telepon saja, yang kadang-kadang setiap bagian memiliki nomor telepon sendiri-sendiri, tetapi juga dapat memanfaatkan fasilitas jaringan komputer yang ada, asalkan bagian-bagian tersebut memiliki komputer yang terhubung ke jaringan lokal perguruan tinggi yang bersangkutan. Setiap komputer diatur sedemikian rupa dengan penomoran tertentu (alamat IP) sehingga tidak hanya dapat berkomunikasi secara internal tetapi dapat juga mengakses internet.

Telephony adalah teknologi yang berhubungan dengan transmisi elektronik suara, *fax*, ataupun informasi lain yang disampaikan pada jarak yang cukup jauh melalui telepon, sebuah *handle device* yang terdiri dari *speaker*, *transmitter* dan *receiver*. Dengan hadirnya komputer dan perangkat transmisi digital yang berbasis sistem telepon serta penggunaan radio untuk mengirim dan menerima sinyal telepon, maka perbedaan *telephony* dan telekomunikasi menjadi sulit ditemukan. Sedangkan

kemampuan untuk melakukan komunikasi suara di atas *Internet Protocol* disebut *IP Telephony*. *Voice Over Internet Protocol* (VoIP) dikenal juga dengan sebutan *IP Telephony*. Secara umum VoIP didefinisikan sebagai suatu sistem yang menggunakan jaringan *internet* untuk mengirimkan data paket suara dari suatu tempat ke tempat lain dengan menggunakan perantara protocol IP.

Pada tugas akhir “RANCANGAN DAN SIMULASI SISTEM VOIP SEBAGAI ALTERNATIVE KOMUNIKASI KAMPUS MENGGUNAKAN OPENH323 GATEKEEPER” membahas mengenai rancangan jaringan *intranet* dalam kampus dan penggunaan jaringan *intranet* tersebut untuk membangun komunikasi berbasis VoIP (*Voice Over Internet Protocol*) menggunakan *openh323 Gatekeeper*. Perangkat lunak yang digunakan adalah *Netmeeting* yang berjalan pada platform *Microsoft Windows*.

Dengan adanya fasilitas ini maka perguruan tinggi akan dapat lebih memanfaatkan jaringan komputer yang ada secara lebih optimal lagi. Pemanfaatan jaringan komputer untuk keperluan komunikasi dengan menggunakan VoIP akan lebih efektif dan efisien. Dan diharapkan pihak kampus dapat mengelola sendiri sarana dan prasarana komunikasinya.

Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah merancang jaringan komputer untuk sistem VoIP intra kampus Universitas Diponegoro Tembalang serta mensimulasikan VoIP menggunakan *Open H.323 Gatekeeper*.

Pembatasan Masalah

Tugas Akhir ini akan dibatasi permasalahan apa saja yang akan dibahas dan dijabarkan agar topik lebih fokus dan tidak melebar. Hal-hal yang dibatasi dan dijabarkan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perancangan jaringan komputer dipersiapkan untuk sistem VoIP intra kampus.
2. Pemasangan dan konfigurasi pintu gerbang (*gatekeeper*) VoIP menggunakan *OpenH.323 Gatekeeper*.
3. Untuk simulasi komunikasi suara menggunakan konfigurasi dua komputer *peer to peer* dan jaringan LAN kampus Teknik Elektro UNDIP.
4. Melihat kinerja dari *gatekeeper* dengan melakukan pemantauan dari trace kinerja *gatekeeper*.
5. Sistem VoIP Merdeka yang dibahas merupakan suatu jaringan *gatekeeper*, yang tidak terhubung ke jaringan telkom/PSTN.

II. Dasar Teori

VoIP (Voice Over IP Protocol)

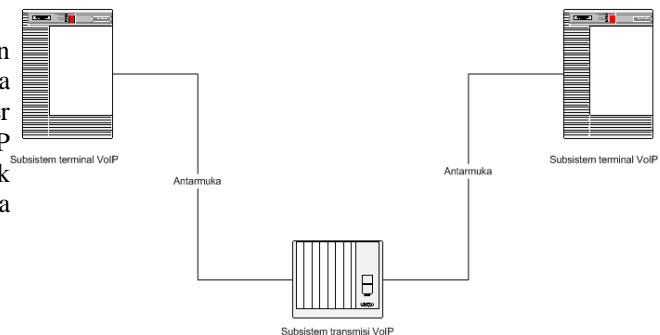
Voice over Internet Protocol (VoIP) merupakan teknologi menyalurkan suara yang sudah diubah dan dikemas secara padat berupa paket data ke dalam jaringan *Internet/intranet* melalui sebuah protokol (yaitu

Protokol H.323 atau TCP/IP = Transfer Communication Protocol/ Internet Protocol).

VoIP berarti menggunakan jaringan internet untuk melakukan pembicaraan. Satu kanal suara analog (pada jaringan telepon di rumah) bisa dikompres dan dikemas dalam satuan digital sebesar 8-16 Kbps. Sehingga, harganya murah jika dibandingkan komunikasi biasa yang membutuhkan sekitar 64 Kbps untuk satu kanal telepon digital.

Struktur VoIP

Secara sederhana struktur VoIP dapat dibagi menjadi dua subsistem yang lebih kecil, yaitu subsistem terminal dan subsistem transmisi seperti pada gambar 1



Gambar 1 Struktur voIP sec sederhana

Antara kedua subsistem tersebut terdapat suatu perangkat yang menjadi antarmuka. Kedua subsistem ini dan antarmukanya mempunyai beberapa macam komposisi dan komponen, antara lain sebagai berikut :

1. Terminal VoIP
 - a. Pesawat telepon berbasis IP
 - b. Pesawat telepon analog dan PSTN/PABXc, PC multimedia + *card* VoIP (contohnya adalah produk dari *Internet Phone Jack Inc.*)
2. Transmisi VoIP
 - a. Jaringan *Internet*
 - b. Jaringan *Intranet*
 - c. Jaringan VPN (*Virtual Private Network*)
3. Antarmuka

Antarmuka kedua subsistem diatas umumnya berupa perangkat keras *router*, *switch* atau *gateway* dari sistem berbasis teknologi telepon ke sistem berbasis teknologi IP^[3].

2.2 Format Paket VoIP

Secara umum, tiap paket VoIP terdiri dari dua bagian, yakni *header* dan *payload* (beban/informasi). *Header* terdiri dari : *IP header*, *Real-Time Transport Protocol (RTP) header*, *User Datagram Protocol (UDP) header* dan *data link header*.

- *IP Header* (20 bytes): bertugas menyimpan informasi ruting untuk mengirimkan paket-paket ke tujuan. Pada tiap *header* IP disertakan tipe layanan atau ToS (*Type of Service*) yang memungkinkan

paket tertentu seperti paket suara diperlakukan berbeda dengan paket yang non *real time*.

- **UDP Header** (8 bytes) : memiliki ciri tertentu yang tidak menjamin paket akan mencapai tujuan sehingga UDP cocok digunakan pada aplikasi *voice real time* yang sangat peka terhadap *delay / latency*
- **RTP Header** (12 bytes) : *header* yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan framing dan segmentasi data *real time*, RTP juga tidak mendukung reabilitas paket untuk sampai di tujuan. RTP menggunakan protokol kendali RTCP (*Real Time Control Protocol*) yang mengendalikan QoS dan sinkronisasi media *stream* yang berbeda.
- **Link header**, biasanya tergantung pada media yang digunakan. (PPP = 6 byte)
- **Voice Payload** menurut Cisco dan berdasarkan Codec yang digunakan (G.723,1 dengan 5,3 Kbps) nilainya 20 Bytes^[7].

Setelah terjadi kompresi pada RTP maka total format paket VoIP sebesar 30 bytes

2.3 Quality of Service (QoS)

2.3.1 Delay

Delay adalah waktu yang diperlukan agar suatu paket dapat melewati suatu jaringan dari sumber ke tujuan. *Delay* yang terjadi berupa *fixed delay* dan *variable delay*.

a. Fixed Delay

- **Propagation Delay**

Adalah *delay* ditentukan oleh karakteristik jarak antara sumber dan tujuan, serta media transmisi yang digunakan untuk pengiriman sinyal suara^[8]. Persamaan = 0.0063 ms/km.

- **Serialization Delay**

Serialization delay adalah waktu yang diperlukan untuk menghubungkan (menserialkan) data digital ke dalam hubungan fisik dari *interconnecting equipment*.

$$\text{Serialization Delay} = \frac{\text{PacketSize(bits)}}{\text{LineRate(bps)}} = \frac{\text{PacketSize(bytes)} \times 8(\text{bit / bytes})}{\text{LineRate(bps)}}$$

- **Processing delay**

Processing delay merupakan waktu yang digunakan dalam proses *coding* dan *decoding* algoritma dalam CPU^[3]. Untuk G.723,1 *processing delay*nya sebesar 30 ms^[3].

- **Packetization Delay**

Delay ini terjadi pada saat proses paketisasi *digital voice sample*^[8]. *Delay* merupakan waktu yang digunakan *codec* untuk mengubah sinyal analog menjadi paket digital. Untuk *codec* G.723.1 besarnya 30 ms.

b. Variable Delay

- **Queuing Delay**

Queuing delay merupakan *delay* yang terjadi pada jaringan. Merupakan lama waktu untuk *buffer* paket

dalam elemen jaringan yang menunggu untuk dikirimkan (*transmission*). Sebaiknya besar dari *queuing delay* ini dibawah 10 ms pada kondisi jaringan yang baik, dengan menggunakan metode antrian apapun yang optimal untuk jaringan

- **Delay Jitter buffer**

Digunakan di sisi penerima (*receiver delay*) untuk melicinkan (*smooth out*) *variable delay* dan untuk memungkinkan *decoding* dan kompresi. *Delay* ini terjadi akibat adanya *buffer* untuk mengatasi *jitter*^[8]. *Jitter Buffer* ini besarnya bervariasi antara 2 – 200 ms^[2]. Sedangkan jika menggunakan *Codec* G.723,1 5,3 Kbps, nilai *jitter buffer* akan sebesar 40 ms^[3].

2.3.2 Latency (End to End Delay)

Latency atau biasa disebut juga dengan *1 way Latency / End to end Delay* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu perangkat dari meminta hak akses ke jaringan sampai mendapatkan hak akses itu.

Latency (End to End Delay)

= Fixed Delay + Variable Delay

= Processing delay + Packetization delay + Serialization delay + Propagation delay + Queuing delay + Jitter buffer delay(2.3)

2.3.3 Jitter

Jitter merupakan variasi *delay* yang terjadi akibat adanya selisih waktu atau interval antar kedatangan paket di penerima.

$$\text{Jitter} = \frac{(1-i)^n |D_i|}{n}$$

$$D_i = (Tr_i - Tr_{i-1}) - (Ts_i - Ts_{i-1}) = (Tr_i - Ts_i) - (Tr_{i-1} - Ts_{i-1})$$

dimana : Tr_i = time the i^{th} packet was received

Ts_i = time the i^{th} packet was sent

VoIP Merdeka!!!

VoIP Merdeka merupakan suatu teknik VoIP yang dipelopori oleh Onno W. Purbo yang berupa jaringan Gatekeeper yang memanfaatkan aplikasi-aplikasi Open Source seperti OpenGatekeeper yang berfungsi sebagai Sentral telepon dan saling terhubung satu sama lain.

Hierarki Gatekeeper

Secara umum hierarki *Gatekeeper* dapat diklasifikasikan dalam 3 tingkatan:

1. Gatekeeper Regional (RGK)/Operator Gatekeeper (OGK)

Gatekeeper ini berfungsi untuk menyediakan layanan koneksi baik untuk *End Point* maupun untuk *Gatekeeper* level di bawahnya. *Regional Gatekeeper* dapat menetapkan kebijakan mengenai *End Point* dan *Gatekeeper* mana saja yang boleh terhubung kepadanya.

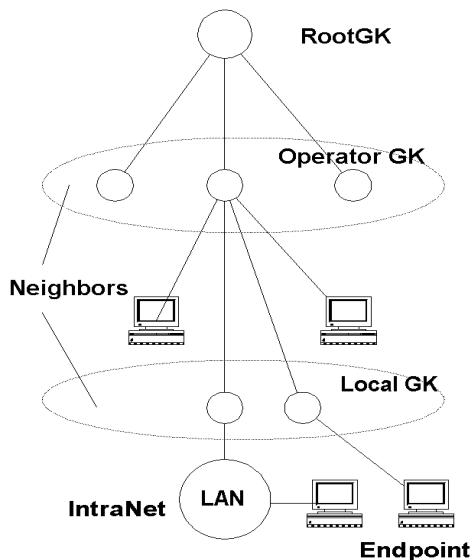
Konsekwensi mengoperasikan sebuah RGK adalah harus terus menerus mengupdate daftar *Neighbor Gatekeepers* di dalam file konfigurasi *gnugk.ini* yang dipakai. Setiap kali ada RGK baru, saat itu pulalah daftar *Neighbor* harus *diupdate*.

2. Gatekeeper Lokal (LGK)

Gatekeeper ini berada di level paling bawah. LGK harus beroperasi pada Routed Mode agar user dengan Private IP di dalam LAN bisa berkomunikasi dengan dunia luar. *Gatekeeper* Lokal sepenuhnya berada dalam tanggungjawab administrator jaringan kantor, kampus atau rumah dan hanya diperkenankan logon ke salah satu *Gatekeeper* Regional yang sudah dipilihnya. LGK juga diperbolehkan menambahkan daftar *neighbor* sebagaimana RGK jika memang diperlukan. Ini kurang sesuai dengan aturan hierarki namun dipersilakan jika memang dapat membantu memperlancar komunikasi.

3. End Point / Terminal

Terminal atau *End Point* berupa komputer atau perangkat telepon yang memiliki kemampuan sebagai terminal H323. Biasanya berupa *software NetMeeting*, *GnomeMeeting* atau *OpenPhone*. *End Point* boleh mendaftarkan dirinya ke LGK (untuk mereka yang berada di belakang *proxy* atau *firewall*) atau langsung ke RGK yang menyediakan fasilitas logon bagi *End Point*.



Gambar 2 Jaringan Gatekeeper VoIP Merdeka

• Cara kerja Gatekeeper

Masing-masing GK telah diatur *prefix/kode* area yang akan dilayani

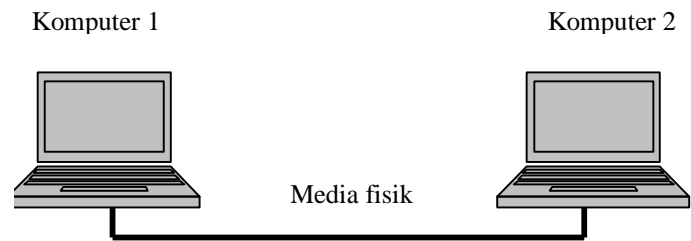
1. Setiap *Endpoint/Client* mendaftarkan diri (registrasi) ke *Gatekeeper*, kode area dari nomor telepon EP tersebut harus benar dan sesuai dengan *Gatekeeper* yang dituju. Jika *Endpoint* mendaftarkan diri dengan kode area yang salah maka *Endpoint* tersebut hanya

dapat menelepon keluar tetapi tidak dapat dihubungi/ditelepon dari *endpoint* lain.

2. *Endpoint* yang akan berhubungan dengan *endpoint* lainnya harus melapor (admission) ke *gatekeeper* untuk berhubungan dengan *endpoint* yang dituju.
3. *Gatekeeper* akan melihat pada table yang ada, berapa Ip Address *endpoint* yang dituju. Jika tidak ada pada table maka *gatekeeper* akan mengirimkan permohonan informasi lokasi ke *gatekeeper* lain yang menjadi tetangga *gatekeeper*.
4. Setelah memperoleh informasi lokasi *endpoint* tujuan, *gatekeeper* akan mengirimkan informasi tersebut ke *endpoint* yang ingin berkomunikasi
5. *Endpoint* akan mencoba menghubungi *endpoint* yang dituju untuk berkomunikasi.
6. Jika *endpoint* yang dituju menjawab, maka komunikasi dapat dilangsungkan. Namun tidak semua pengguna *endpoint online* 24 jam.

Jaringan Komputer

Jaringan komputer merupakan sekumpulan komputer yang dihubungkan melalui media fisik dan *software* yang memfasilitasi komunikasi antara komputer-komputer tersebut. Sebuah jaringan komputer yang sangat sederhana bisa digambarkan seperti gambar 3.



Gambar 3 Jaringan komputer sederhana

Bila jaringan komputer ini terdiri dari cukup banyak komputer yang menempati suatu area lokal, maka jaringan ini dinamakan jaringan komputer lokal (*Local Area Network*). Definisi dari LAN sendiri adalah^[1]; *LAN* adalah jaringan milik pribadi yang ditempatkan di dalam suatu area lokal (gedung atau kampus) yang menghubungkan komputer-komputer pribadi dan workstation untuk memakai bersama resource dan saling bertukar informasi.

• Model Desain Hierarkhi

Hierarchical Design Model merupakan tipe model yang dapat digunakan untuk desain perancangan jaringan komputer, dimana jaringan dibagi dalam tiga lapisan yang berdiri sendiri-sendiri dan mempunyai fungsi sendiri-sendiri.

1. Lapisan Inti (*Core*)

Lapisan ini merupakan tulang punggung (*backbone*) jaringan. Dalam lapisan ini, data-data diteruskan secepatnya dengan menggunakan metode dan protokol jaringan yang tercepat seperti *Fast ethernet* 100 Mbps, FDDI. Dalam lapisan ini tidak dilakukan penyaringan paket data karena dapat memperlambat transmisi data tersebut.

2. Lapisan Distribusi (*Distribution*)

Dalam lapisan ini diadakan pembagian atau pembuatan segmen-segmen berdasarkan peraturan yang akan dipakai oleh suatu perusahaan, dimana misalnya jaringan dibagi atas departemen atau *workgroup*. Dalam lapisan ini penyaringan/filter data akan dilakukan untuk pembatasan berdasarkan *domain collision*, pembatasan dari *broadcast* dan untuk keamanan jaringan.

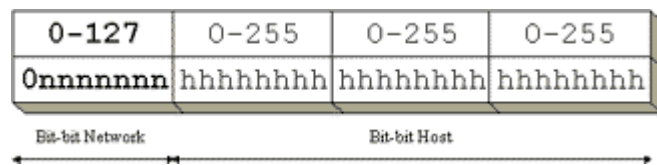
3. Lapisan Akses (*Access*)

Dalam lapisan akses ini komputer pemakai dihubungkan untuk melakukan akses jaringan. Dalam lapisan ini penyaringan/filter data yang lebih spesifik dapat dilakukan untuk pencegahan akses ke suatu komputer tertentu.

Ⓜ Konsep IP Address

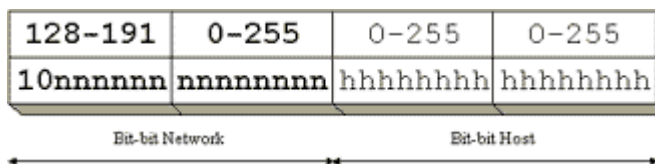
IP address adalah alamat setiap komputer Yang menggunakan sekumpulan angka sebanyak 32 bit

- Jika bit pertama dari *IP Address* adalah 0, *address* merupakan *network* kelas A. Bit ini dan 7 bit berikutnya (8 bit pertama) merupakan *bit network* sedangkan 24 bit terakhir merupakan *bit host*. Dengan demikian hanya ada 128 *network* kelas A, yakni dari nomor 0.xxx.xxx.xxx sampai 127.xxx.xxx.xxx, tetapi setiap *network* dapat menampung lebih dari 16 juta (256³) *host* (xxx adalah variabel, nilainya dari 0 s/d 255). Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 4 :



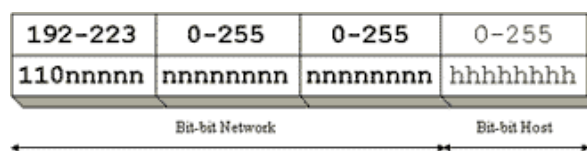
Gambar 4 Struktur IP Address Kelas A

- Jika 2 bit pertama dari *IP Address* adalah 10, *address* merupakan *network* kelas B. Dua bit ini dan 14 bit berikutnya (16 bit pertama) merupakan *bit network* sedangkan 16 bit terakhir merupakan *bit host*. Dengan demikian terdapat lebih dari 16 ribu *network* kelas B (64 x 256), yakni dari *network* 128.0.xxx.xxx - 191.255.xxx.xxx. Setiap *network* kelas B mampu menampung lebih dari 65 ribu *host* (256²). Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 5 :



Gambar 5 Struktur IP Address Kelas B

- Jika 3 bit pertama dari *IP Address* adalah 110, *address* merupakan *network* kelas C. Tiga bit ini dan 21 bit berikutnya (24 bit pertama) merupakan *bit network* sedangkan 8 bit terakhir merupakan *bit host*. Dengan demikian terdapat lebih dari 2 juta *network* kelas C (32 x 256 x 256), yakni dari nomor 192.0.0.xxx sampai 223.255.255.xxx. Setiap *network* kelas C hanya mampu menampung sekitar 256 *host*. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.10 :



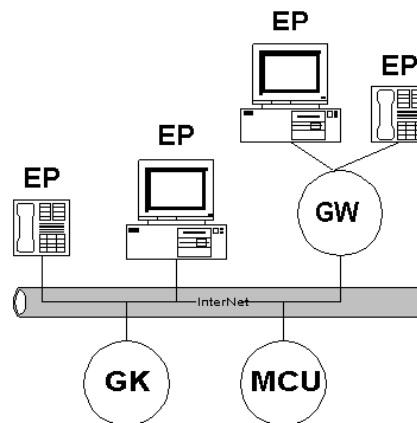
Gambar 6 Struktur IP Address Kelas C

Protokol H323

H.323 merupakan suatu standar ITU-T (International Telecommunications Union-Telecommunications) yang menentukan komponen, protokol dan prosedur yang menyediakan layanan komunikasi multimedia, yaitu komunikasi audio, video dan data real-time, melalui jaringan berbasis paket (*packet-based network*)^[3].

Ⓜ Arsitektur H323

Gambaran arsitektur dari H323 meliputi Terminal/Endpoint, Gateway, Gatekeeper dan Multipoint Control Unit (MCU)



Gambar 7. Arsitektur H323

Video	audio	Control and Management			Data
H.261 H.263	G.711 G.722 G.723 G.728-9	R T C P	H.225.0 RAS signalling X.2 2 4 class 0	H.225.0 Call Signalling	H.245.0 Control Signalling
RTP					T.125
UDP			TCP		
Network (IP)					T.123
Datalink (IEE 802.3)					

Gambar 8 Stack Protokol H323 :

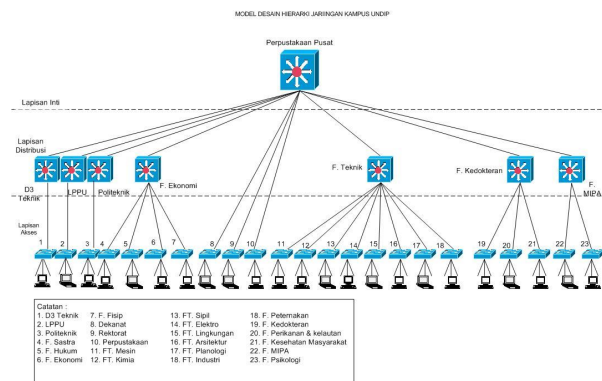
III. Perancangan Jaringan dan Perancangan Sistem VoIP

1. Perancangan Jaringan

Pada Tugas Akhir ini Jaringan Komputer yang dirancang untuk diterapkan pada lokasi gedung Kampus Universitas Diponegoro Tembalang, yang meliputi, Dekanat, Rektorat, Perpustakaan Pusat Widya Puraya, Fakultas Teknik, Fakultas MIPA, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Fakultas Peternakan, LPPU, D3 Teknik, Politeknik, Fakultas Hukum, Fakultas Fisip, Fakultas Ekonomi, Fakultas Sastra, Fakultas Kedokteran.

Pada Kampus Universitas Diponegoro Tembalang akan didesain sebuah jaringan komputer yang dapat digunakan untuk melewatkan informasi baik dalam bentuk data dan voice (dengan menggunakan sistem voip). Jaringan komputer tersebut menggunakan *Hierarchical Design Model* (Model Desain Hierarki) dimana jaringan terbagi menjadi tiga lapis yaitu Lapisan Inti, Lapisan Distribusi dan Lapisan Akses. Pada jaringan komputer dari kampus Undip dirancang dengan menggunakan 1 *Switch catalyst 6509* untuk lapisan inti, 7 *Switch Catalyst 4003* untuk lapisan Distribusi dan *Switch catalyst 3524* untuk lapisan aksesnya. Keseluruhan switch yang digunakan pada perancangan ini merupakan produk dari Cisco Inc.

Gb.9 Peta Kampus Undip dan jaringannya (hal 7)

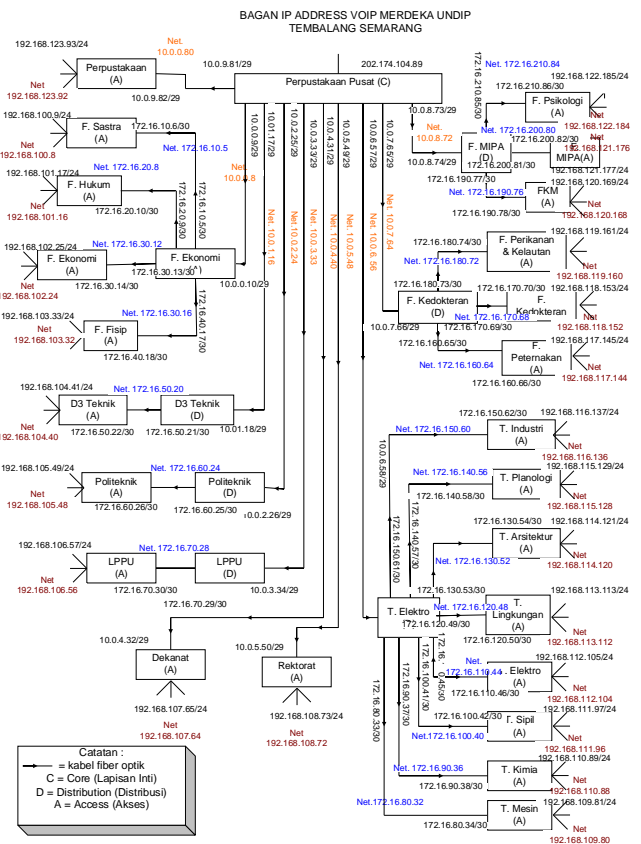


Gambar 10 Hierarchical Design Model Jaringan Kampus Undip

Untuk lebih dapat memudahkan dalam membedakan tiap lapisan pada model desain hierarkhi dari jaringan, dibuat bagan tiap lapisannya (gb 10)

Dari gambar 10 diatas ini, jaringan terbagi menjadi 3 lapisan, untuk Perpustakaan Pusat berada pada lapisan inti dengan menggunakan *switch* dengan *catalyst 6509*, pada lapisan ini untuk semua data komunikasi sentralnya berada di perpustakaan. Data-data tersebut nantinya akan diteruskan ke lapisan yang dibawahnya (lapisan Distribusi), lalu ke lapisan akses. Untuk F. Teknik Elektro, F. Ekonomi, F. Kedokteran, F. MIPA, FKM, LPPU, D3 Teknik dan Politeknik berada pada lapisan distribusi dengan menggunakan *switch* dengan *catalyst 4003*. Sedangkan yang berada pada lapisan akses antara lain Rektorat, Dekanat, T. Industri, T. Planologi, T. Arsitektur, T. Lingkungan, T. Sipil, T. Kimia, T. Mesin, F. Peternakan, F. Perikanan & kelautan, FKM, F. Psikologi. Pada lapisan akses ini menggunakan *Switch* dengan *catalyst 3524*. Untuk Rektorat dan Dekanat diletakkan pada lapisan akses tanpa melalui lapisan distribusi, hal ini dikarenakan adanya pertimbangan faktor keamanan. Mengingat kedua bagian itu merupakan bagian yang penting dari suatu Universitas dengan demikian keamanan datanya akan lebih terjamin karena tidak memungkinkan adanya pengaksesan dari fakultas lain.

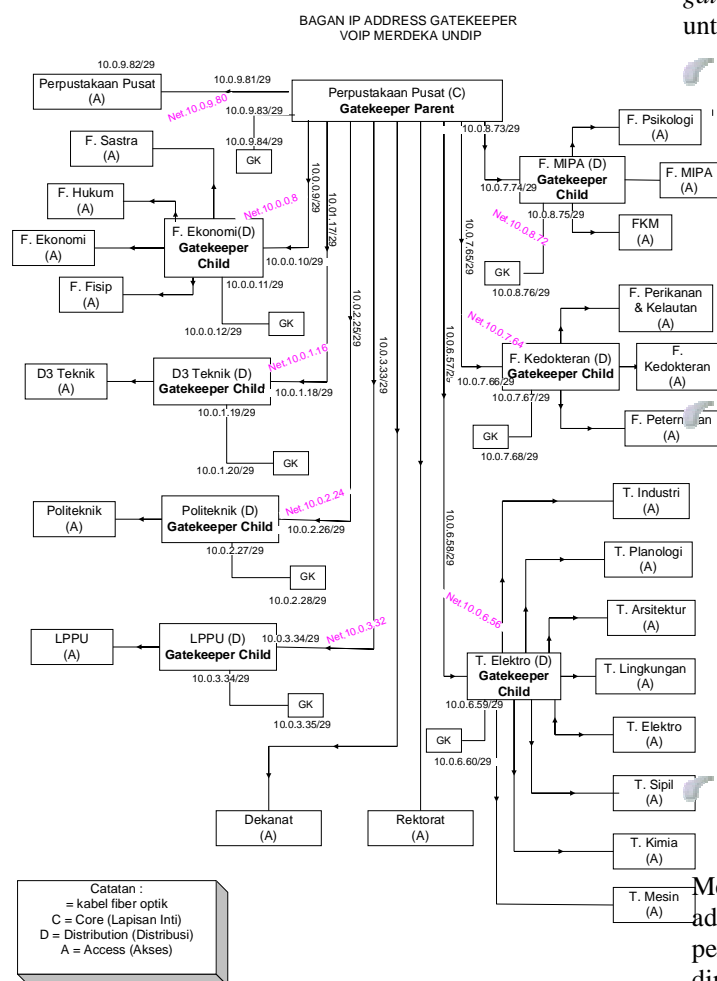
Penerapan alamat ip secara lengkap pada Jaringan kampus Undip Tembalang



Gambar 11 Penerapan Ip address

Ip address Kelas A digunakan pada lapisan Inti, kelas B digunakan pada lapisan distribusi dan kelas C digunakan pada lapisan akses. Ip Publik yang terdapat pada Perpustakaan Pusat Widya Puraya dimaksudkan untuk pengembangan lebih lanjut jika semua LAN pada Kampus UNDIP sudah mengakses internet, sehingga VoIP Merdeka UNDIP!!! nantinya dapat bergabung dengan VoIP Merdeka!! yang dipelopori oleh Onno W. Purbo.

Untuk ip address gatekeeper penomorannya diambil dari ip address kelas A pada lapisan inti, setiap ada penambahan end point maka harus registrasi dahulu ke gatekeeper yang berada di atasnya. Untuk penomoran alamat ip dari gatekeeper yang terletak di setiap distribusi dapat dilihat pada gambar 3.10 :



Gambar 12 Penerapan Ip address gatekeeper

Pada jaringan ini ditempatkan 1 buah gatekeeper parent/Operator Gatekeeper yang ditempatkan pada lapisan inti dan 7 buah gatekeeper child/Lokal Gatekeeper yang ditempatkan pada setiap lapisan distribusi, hal ini dimaksudkan untuk lebih memudahkan administrasi pengaturan nomor telepon disetiap fakultas. Gatekeeper berfungsi sebagai sentral telepon, tugasnya mentranslasi nomor IP ke nomor telepon VoIP atau sebaliknya.

Gatekeeper juga meneruskan setiap ada panggilan incoming atau outgoing untuk setiap akses yang berada di bawahnya.

2. VoIP Merdeka UNDIP !!!

Teknologi VoIP yang diterapkan untuk kampus UNDIP Tembalang ini diberi nama VoIP Merdeka UNDIP!!!. Memakai kata 'merdeka' dengan alasan teknologi ini merupakan teknologi yang berdiri sendiri (bebas) tanpa terhubung ke Telkom ataupun Indosat. VoIP Merdeka UNDIP!!! merupakan jaringan gatekeeper yang berfungsi sebagai sentral telepon dan saling terhubung satu sama lain.

Setelah dibuat pembagian alamat IP untuk jaringan secara keseluruhan dan juga alamat ip untuk gatekeeper, maka diperlukan pembuatan nomor telepon untuk VoIP Merdeka Undip.

Daftar Alamat IP Gatekeeper

Perpustakaan GK	:	10.0.9.84
Ekonomi GK	:	10.0.0.12
D3 Teknik GK	:	10.0.1.20
Politeknik GK	:	10.0.2.28
LPPU GK	:	10.0.3.35
Elektro GK	:	10.0.6.60
Kedokteran GK	:	10.0.7.68
MIPA GK	:	10.0.8.76

Daftar Prefix Gatekeeper

Prefix PerpustakaanGK	:	6288 240
Prefix EkonomiGK	:	6288 2401
Prefix D3TeknikGK	:	6288 2402
Prefix PoliteknikGK	:	6288 2403
Prefix LPPUGK	:	6288 2404
Prefix ElektroGK	:	6288 2405
Prefix KedokteranGK	:	6288 2406
Prefix MIPAGK	:	6288 2407

Daftar Nomor VoIP Merdeka UNDIP

Di bawah ini akan disertakan nomor VoIP Merdeka UNDIP yang digunakan oleh satu Host yang ada dalam jaringan kampus VoIP Merdeka. Jika terdapat penambahan Host maka nomor telepon yang dapat dipakai disesuaikan dengan kriteria 6288 240 xx xxxx atau 6288 240x xx xxxx , tergantung dimana letak Host itu berada. Untuk 5 digit terakhir yang merupakan nomor Host/endpoint nilainya bebas asal belum digunakan oleh Host yang lain.

Nomor VoIP Merdeka UNDIP :_6288 240x xx xxxx (prefik 6288240)

6288 240 11 xxxx	Perpustakaan
6288 240 12 xxxx	Rektorat
6288 240 13 xxxx	Dekanat
6288 2401 33 xxxx	Sastra
6288 2401 34 xxxx	Hukum
6288 2401 35 xxxx	Ekonomi
6288 2401 36 xxxx	Fisip
6288 2402 44 xxxx	D3 Teknik
6288 2403 55 xxxx	Politeknik
6288 2404 66 xxxx	LPPU
6288 2405 77 xxxx	Mesin
6288 2405 78 xxxx	Kimia
6288 2405 79 xxxx	Sipil
6288 2405 76 xxxx	Elektro
6288 2405 75 xxxx	Lingkungan
6288 2405 74 xxxx	Arsitektur
6288 2405 73 xxxx	Planologi
6288 2405 72 xxxx	Industri
6288 2406 88 xxxx	Peternakan
6288 2406 89 xxxx	Kedokteran
6288 2406 87 xxxx	Perikanan Kelautan
6288 2407 99 xxxx	FKM
6288 2407 98 xxxx	MIPA
6288 2407 97 xxxx	Psikologi

Gambar 13 Jaringan Gatekeeper VoIP Merdeka UNDIP!!!

Jaringan LAN setiap Fakultas harus melakukan registrasi ke lokal gatekeeper di atasnya. Sedangkan untuk LAN Rektorat, Dekanat dan Perpustakaan Widya Puraya melakukan registrasi ke Operator Gatekeeper Perpustakaan. Operator Gatekeeper dan Lokal Gatekeeper merupakan suatu neighbors gatekeeper, dimana pada setiap konfigurasi file gatekeeper sudah dicantumkan masing-masing neighbors. Sehingga keseluruhan Endpoint dapat saling berkomunikasi .

Konfigurasi File pada Gatekeeper

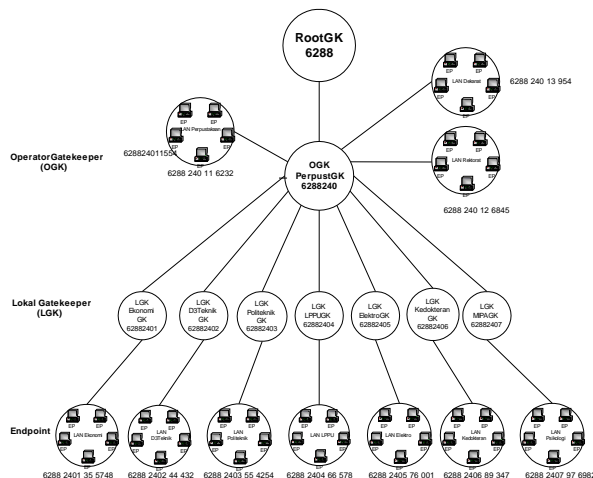
Suatu *gatekeeper* harus di *share* dengan *gatekeeper* lainnya yang beroperasi di jaringan agar saling mengenal satu dengan lainnya dan dapat beroperasi sebagai jaringan *gatekeeper* dan dapat melakukan registrasi nomor satu sama lain. Prefix yang digunakan harus benar supaya jaringan dapat beroperasi dengan baik. Untuk membuat suatu gatekeeper dapat melakukan fungsinya maka harus mensetting konfigurasi file gatekeeper terlebih dulu.

Untuk pembuatan nomor telepon VoIP Merdeka Undip memakai aturan penomoran :

6288 240x xx xxxx

6288 : Kode VoIP Merdeka Indonesia
 240 dan 240x : Kode Area dari Kampus UNDIP
 xx : Kode Fakultas
 xxxx : Nomor Telepon (angkanya bebas)

Gambar berikut adalah bagan jaringan gatekeeper VoIP Merdeka UNDIP dengan penomoran nomor telepon VoIP nya :



File Konfigurasi Gatekeeper Elektro

```
# Entry supaya bisa menjadi bagian jaringan Gatekeeper
VoIP Merdeka!!!
# Anda harus mengganti GatekeeperID dengan ID yang
anda inginkan
# misalnya PerpustakaanGK, D3TeknikGK, LPPUGK
PoliteknikGK ElektroGK, KedokteranGK, MIPAGK,
# dua entry di bawah harus di share dengan rekan lain di
# jaringan gatekeeper
#
# [RasSrv::Neighbors]
GatekeeperID=10.0.6.60;1719;62882405
# [Endpoint]
# Prefix=62882405

[Gatekeeper::Main]
Fourtytwo=42
Name=ElektroGK
# Prefix=62882405
TimeToLive=600

[RoutedMode]
GKRouted=1
H245Routed=0
CallSignalPort=1721
CallSignalHandlerNumber=2
RemoveH245AddressOnTunneling=1
DropCallsByReleaseComplete=1
SupportNATedEndpoints=1
AcceptUnregisteredCalls=1
AcceptNeighborsCalls=1
Q931PortRange=30000-39999
H245PortRange=40000-49999
```


[GkStatus::Auth]
rule=allow

[Endpoint]
Prefix=62882405

[RasSrv::Neighbors]
PerpustakaanGK=10.0.9.82;6288240
EkonomiGK=10.0.0.12;62882401
D3 TeknikGK=10.0.1.20;62882402
PoliteknikGK=10.0.2.28;62882403
LPPUCGK=10.0.3.35;62882404
KedokteranGK=10.0.7.68;62882406
MIPAGK=10.0.8.76;62882407
[RasSrv::RRQAuth]
PerpustakaanGK=sigip:10.0.9.84:1720
EkonomiGK=sigip:10.0.0.12:1720
D3 TeknikGK=sigip:10.0.1.20:1720
PoliteknikGK=sigip:10.0.2.28:1720
LPPUCGK=sigip:10.0.3.35:1720
ElektroGK=sigip:10.0.6.60:1720
KedokteranGK=sigip:10.0.7.68:1720
MIPAGK=sigip:10.0.8.76:1720

Proses Setting Gatekeeper di NetMeeting

Software NetMeeting 3.01 digunakan oleh suatu *endpoint/client* sebagai media untuk mengirim dan menerima suatu panggilan ke dan dari *endpoint* yang lain, baik yang berada pada satu lokasi *gatekeeper* ataupun pada lokasi *gatekeeper* yang berbeda.

Untuk memulai setting *gatekeeper* di *NetMeeting*, harus menekan tombol :

1. *Tool* → *Options*, lalu pada bagian general, kolom ‘*My directory Information*’ diisi pribadi.
2. *Options* → *Advanced calling*
Diisi ip address *gatekeeper* dan nomor telepon VoIP.

Setelah *NetMeeting* berhasil teregistrasi ke *gatekeeper*, gambar dua komputer dikanan pojok akan berwarna biru.

3.8 Perhitungan Delay

Untuk perhitungan *delay* ini dicari pada jarak terjauh antar *endpoint* dari perancangan, yaitu antara *endpoint* LPPU dengan *endpoint* Fakultas Peternakan dengan jarak 2.8 km.

3.8.1 Fixed Delay

Perhitungan *fixed delay* ini meliputi *propagation delay*, *serialization delay*, *processing delay*, dan *packetization delay*. *Fixed delay* akan selalu terjadi walaupun tanpa mengalami konghesti di sepanjang jaringan.

3.8.1.1 Propagation Delay

$$Propagation\ Delay = 0.0063 \times 2.8 = 0.0176\ ms$$

3.8.1.2 Serialization Delay (σ_n)

$$Packet\ size = 30\ byte\ packet \times 8\ bit/byte \\ = 240\ bits$$

$$Line\ Rate = 1\ Gbps = 1000\ Mbps \\ = 1.000.000.000\ bps$$

$$Serialization\ Delay =$$

$$= \frac{240\ bits}{1.000.000.000\ bps} + \frac{240\ bits}{2.000.000.000} + \frac{240\ bits}{4.000.000.000} + \\ \frac{240\ bits}{1.000.000.000} + \frac{240\ bits}{2.000.000.000} + \frac{240\ bits}{4.000.000.000}$$

$$= 0.00000024 + 0.00000012 + 0.00000006 + 0.00000024 + \\ 0.00000012 + 0.00000006 \\ = 0.00000084\ sec\ ond = 0.00084\ milli\ sec\ onds$$

3.8.1.3 Processing Delay (χ_n)

Processing delay merupakan waktu yang digunakan dalam proses *coding*, *decoding*, kompresi dan dekompresi *sample* suara menjadi paket suara. Nilai *processing delay* dengan menggunakan *Codec G.723,1* 5,3 kbps sebesar 30 ms. Nilai ini didapatkan dari referensi yang ada [3].

3.8.1.4 Packetization Delay (π_n)

Sistem VoIP ini menggunakan *codec G.723,1* 5,3 kbps, dengan *payload size* dari format paket VoIP sebesar 20 *byte*. Nilai *packetization delay* didapatkan dengan melihat Tabel 2.2, yaitu sebesar 30 ms^[16].

3.8.2 Variable Delay

Perhitungan *variable delay* yang dicari meliputi *queuing delay* dan *jitter buffer delay*. *Variable delay* terjadi diakibatkan karena adanya konghesti di sepanjang jaringan.

3.8.2.1 Queuing Delay (β_n)

Pada perancangan sistem VoIP ini, *Queuing delay* ini tidak dapat dicari nilainya karena merupakan *delay* yang variabel. Besarnya dikarenakan beberapa hal tergantung kondisi konghesti jaringan pada saat itu, yang tentunya kondisi jaringan ini akan berubah-ubah setiap saat. Dalam kondisi jaringan baik, idelanya nilainya < 10 ms^[2], dan pada saat kondisi jaringan buruk nilainya lebih dari 10 ms. Pada Tugas Akhir ini nilai *queuing delay* diasumsikan pada saat kondisi jaringan buruk (trafik jaringan padat) sebesar 30 ms.

3.8.2.2 Jitter Buffer Delay (Δ_n)

Jitter Buffer digunakan pada akhir penerima untuk memperhalus *delay* yang berubah-ubah dari proses *decoding* dan *decompression*. Mengatur *buffers* terlalu

rendah akan menyebabkan *overflows* dan kehilangan data. Mengatur terlalu tinggi akan menyebabkan terlalu banyak *delay*. Pengaruhnya, *jitter buffer* mengurangi variasi *delay* (*jitter*) dengan mengubahnya kedalam *delay* konstan. Nilai untuk *Jitter Buffer* mempunyai range 2 - 200 ms dan jika menggunakan Codec G. 723,1 besarnya 40 ms^[3].

3.9 Perhitungan Latency

Latency merupakan *delay* secara keseluruhan dari ketika paket VoIP akan dikirimkan melalui jaringan, diawali ketika paket berada pada sumber/pengirim, sampai paket tersebut tiba di tujuan. Jadi dapat dikatakan *latency* merupakan kumpulan *fixed delay* dan *variable delay*.

Untuk perhitungan *latency* ini akan dicari nilainya dengan menggunakan jarak terjauh antar 2 endpoint yang saling berkomunikasi, yaitu *endpoint* pada LPPU dengan *endpoint* pada Fakultas Peternakan. Jarak kedua *endpoint* = (1800 + 1000) m = 2.8 km

- Propagation Delay* = 0.0063 ms/km = 0.0063 x 2.8 = 0.0176 ms
- Serialization Delay* (σ_n) = 0.00084 ms
- Processing Delay* (χ_n) = 30 ms
- Packetization Delay* (π_n) = 30 ms
- Queuing Delay* (β_n) = 30 ms
- Jitter Buffer Delay* (Δ_n) = 40 ms

Maka besar *latency* yang terjadi dicari dengan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned} \text{Latency} &= \{30 + 30\} + \{0.0176 + 0.00084 + 30\} \\ &+ \{40\} \\ &= 130,01802 \text{ ms} \end{aligned}$$

3.10 Perhitungan Jitter

Berikut ini akan dihitung terlebih dahulu nilai *Latency* dari setiap paket yang dikirim dari *endpoint* sumber (*endpoint* LPPU) ke *endpoint* tujuan (*endpoint* Fakultas Peternakan) :

- Pengiriman 2 buah paket dengan waktu kirim setiap 20 ms.
Pada perhitungan ini diasumsikan paket 1 terjadi *queuing delay* 0 ms dan paket 2 *queuing delay* 15 ms. Rute aliran paket dapat dilihat pada Gambar 3.12.
- Paket 1 ditransmisikan pada saat $T_{s1} = 0$ ms
Total panjang 1 *frame packet size* dalam *byte* sebesar 30 *bytes*.
 - Propagation Delay*
Jarak gedung LPPU dengan Fakultas Peternakan = (1800+1000)m = 2.8 km. Berdasarkan persamaan (2.1) :
Propagation delay = 0.0063 x 2.8 = 0.0176ms
 - Serialization Delay* (σ_n)
Perhitungan *Serialization Delay* berdasarkan persamaan 2.2 :

$$\begin{aligned} \text{Packet size} &= 30 \text{ byte packet} \times 8 \text{ bit/byte} \\ &= 240 \text{ bits} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Line Rate} &= 1 \text{ Gbps} = 1000 \text{ Mbps} \\ &= 1.000.000.000 \text{ bps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Serialization Delay} &= \\ &= \frac{240\text{bits}}{1.000.000.000\text{bps}} + \frac{240\text{bits}}{2.000.000.000} + \frac{240\text{bits}}{4.000.000.000} + \\ &+ \frac{240\text{bits}}{2.000.000.000} + \frac{240\text{bits}}{4.000.000.000} \\ &= 0.00000024 + 0.00000012 + 0.00000006 + 0.00000024 \\ &= 0.00000084 \text{ sec ond} = 0.00084 \text{ milli sec onds} \end{aligned}$$

- Processing Delay* (χ_n) = 30 ms
- Packetization Delay* (π_n) = 30 ms
- Queuing Delay* (β_n) = 0 ms (Paket 1 ditransmisikan pada saat tidak ada antrian sehingga *queuing delay* 0 ms)
- Jitter Buffer Delay* (Δ_n) = 40 ms.

Sehingga berdasarkan persamaan (2.3), *Latency* Paket 1:

$$\begin{aligned} \text{Latency} &= \{30+30\} + \{0.0176+0.00084+0\} + \\ &\{40\} \text{ ms} \\ &= 100.0184 \text{ ms} \end{aligned}$$

- Paket 2 ditransmisikan pada saat $T_{s2} = 20$ ms

- Propagation Delay* = 0.0176 ms
- Serialization Delay* (σ_n) = 0.00084 ms
- Processing Delay* (χ_n) = 30 ms
- Packetization Delay* (π_n) = 30 ms
- Queuing Delay* (β_n) = 15 ms (Paket 2 ditransmisikan setelah paket 1 dengan asumsi *queuing delay* pada saat kondisi jaringan buruk/trafik padat)
- Jitter Buffer Delay* (Δ_n) = 40 ms.

Sehingga berdasarkan persamaan (2.3), *Latency* Paket 2:

$$\begin{aligned} \text{Latency} &= \{30+30\} + \{0.0176+0.00084+15\} + \\ &\{40\} \\ &= 115.0184 \text{ ms} \end{aligned}$$

Dengan mengetahui *latency* yang terjadi untuk kedua paket yang ditransmisikan, maka besar *Jitter* yang terjadi dicari dengan menggunakan persamaan 2.3 :

Send Packet 1 (T_{s1}) = 0 ms

$$\begin{aligned}
\text{Receive Packet 1 (Tr}_1) &= (\text{Ts}_1 + \text{Latency Packet 1}) \\
&= 100.0184 \text{ ms} \\
\text{Send Packet 2 (Ts}_2) &= 20 \text{ ms} \\
\text{Receive Packet 2 (Tr}_2) &= (\text{Ts}_2 + \text{Latency Packet 2}) \\
&= (20 + 115.0184) = \\
&135.0184 \text{ ms}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
|D_2| &= (\text{Tr}_2 - \text{Ts}_2) - (\text{Tr}_1 - \text{Ts}_1) \\
&= (135.0184 - 20) - (100.0184 - 0) \\
&= 115.0184 - 100.0184 \\
&= 15 \text{ ms}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jitter} &= \frac{(1-i)^n |D_2|}{n} \\
&= \frac{(1-2)^2 \times 15}{2} \\
&= 7.5 \text{ ms}
\end{aligned}$$

Jitter diatas merupakan variasi delay antara 2 paket yang dikirim dari end point LPPU ke endpoint Fakultas Peternakan. Nilai Jitter yang terjadi dengan pengiriman paket setiap 20 ms, berkisar 7.5 ms.

- b. Pengiriman 3 buah paket dengan waktu kirim setiap 20 ms

Pada perhitungan ini diasumsikan paket 1 terjadi queuing delay 0 ms dan paket 2 queuing delay 9 ms dan paket 3 queuing delay 20 ms.

1. Paket 1 ditransmisikan pada saat $\text{Ts}_1 = 0$ ms

Total panjang 1 frame packet size dalam byte sebesar 30 bytes.

- Propagation Delay
 $\text{Propagation delay} = 0.0063 \times 2.8 = 0.0176\text{ms}$

- Serialization Delay (σ_n)
 Berdasarkan persamaan (2.2) perhitungan Serialization Delay sebagai berikut :
 $\text{Packet size} = 30 \text{ byte packet} \times 8 \text{ bit/byte}$
 $= 240 \text{ bits}$

$$\begin{aligned}
\text{Line Rate} &= 1 \text{ Gbps} = 1000 \text{ Mbps} \\
&= 1.000.000.000 \text{ bps}
\end{aligned}$$

$$\text{Serialization Delay} =$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{240\text{bits}}{1.000.000.000\text{bps}} + \frac{240\text{bits}}{2.000.000.000} + \frac{240\text{bits}}{4.000.000.000} + \frac{240\text{bits}}{1.000.000.000} \\
&+ \frac{240\text{bits}}{2.000.000.000} + \frac{240\text{bits}}{4.000.000.000}
\end{aligned}$$

$$= 0.00000024 + 0.00000012 + 0.00000006 + 0.00000024 + 0.00000012 + 0.00000006$$

$$= 0.00000084 \text{ second} = 0.00084 \text{ millisecond}$$

- Processing Delay (χ_n) = 30 ms
- Packetization Delay (π_n) = 30 ms
- Queuing Delay (β_n) = 0 ms (Paket 1 ditransmisikan pada saat tidak ada antrian sehingga queuing delay 0 ms)
- Jitter Buffer Delay (Δ_n) = 40 ms.

Sehingga berdasarkan persamaan (2.3), Latency Paket 1:
 $\text{Latency} = \{30+30\} + \{0.0176+0.00084+0\} + \{40\} \text{ ms}$
 $= 100.0184 \text{ ms}$

2. Paket 2 ditransmisikan pada saat $\text{Ts}_2 = 20$ ms
 Total panjang 1 frame packet size dalam byte sebesar 30 bytes.

- Propagation Delay = 0.0176 ms
- Serialization Delay (σ_n) = 0.00084 ms
- Processing Delay (χ_n) = 30 ms
- Packetization Delay (π_n) = 30 ms
- Queuing Delay (β_n) = 9 ms (Paket 2 ditransmisikan setelah paket 1 dengan asumsi queuing delay 9 ms)
- Jitter Buffer Delay (Δ_n) = 40 ms.

Sehingga berdasarkan persamaan (2.3), Latency Paket 2:
 $\text{Latency} = \{30+30\} + \{0.0176+0.00084+9\} + \{40\} \text{ ms}$
 $= 109.0184 \text{ ms}$

3. Paket 3 ditransmisikan pada saat $\text{Ts}_3 = 40$ ms
 Total panjang 1 frame packet size dalam byte sebesar 30 bytes

- Propagation Delay = 0.0176 ms
- Serialization Delay (σ_n) = 0.00084 ms
- Processing Delay (χ_n) = 30 ms
- Packetization Delay (π_n) = 30 ms
- Queuing Delay (β_n) = 20 ms (Paket 3 ditransmisikan setelah paket 2 dengan asumsi queuing delay 20 ms)
- Jitter Buffer Delay (Δ_n) = 40 ms.

Sehingga berdasarkan persamaan (2.3), Latency Paket 3:
 $\text{Latency} = \{30+30\} + \{0.0176+0.00084+20\} + \{40\} \text{ ms}$
 $= 120.0184 \text{ ms}$

Dengan mengetahui delay yang terjadi untuk kedua paket yang ditransmisikan, maka besar Jitter yang terjadi dicari dengan menggunakan persamaan 2.3 :

$$\begin{aligned}
\text{Receive Packet 1 (Tr}_1) &= (\text{Ts}_1 + \text{Latency Packet 1}) \\
&= 100.0184 \text{ ms} \\
\text{Send Packet 2 (Ts}_2) &= 20 \text{ ms}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Receive Packet 2 (Tr}_2\text{)} &= (\text{Ts}_2 + \text{Latency Packet 2}) \\
&= (20 + 109.0184) = 129.0184 \text{ ms} \\
\text{Send Packet 3 (Ts}_3\text{)} &= 40 \text{ ms} \\
\text{Receive Packet 3 (Tr}_3\text{)} &= (\text{Ts}_3 + \text{Latency Packet 3}) \\
&= (40 + 120.0184) = 160.0184 \\
D_i &= (\text{Tr}_i - \text{Tr}_{i-1}) - (\text{Ts}_i - \text{Ts}_{i-1}) = (\text{Tr}_i - \text{Ts}_i) - (\text{Tr}_{i-1} - \text{Ts}_{i-1})
\end{aligned}$$

Jenis Delay	Fixed Delay	Variable Delay
Propagation Delay	0.0176 ms	
Serialization Delay	0.00084 ms	
Processing Delay	30 ms	
Packetization Delay	30 ms	
Queuing Delay		30 ms
Jitter Buffer Delay		40 ms
Total	130.0184 ms	

$$\begin{aligned}
|D_3| &= (\text{Tr}_3 - \text{Ts}_3) - (\text{Tr}_2 - \text{Ts}_2) \\
&= (160.0184 - 40) - (129.0184 - 20) \\
&= 120.0184 - 109.0184 \\
&= 11 \text{ ms}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jitter} &= \frac{(1-i)^n |D_i|}{n} \\
&= \frac{(1-3)^3 \times 11}{2} \\
&= 29.3 \text{ ms}
\end{aligned}$$

IV. ANALISIS PERANCANGAN

4.1 Delay

Dalam perancangan jaringan VoIP, *delay* merupakan suatu permasalahan yang harus diperhitungkan karena kualitas suara bagus tidaknya tergantung dari nilai *delay*. Nilai *delay* yang dihitung meliputi *fixed delay* dan *variable delay* dari pengiriman 1 buah paket *size 30 bytes* dari sumber ke tujuan, dengan metode kompresi (Codec) yang digunakan G. 723.1 5,3 kbps.

Dari perhitungan pada bab 3, besar *delay* dari perancangan sistem VoIP ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perhitungan *Delay* antara Endpoint LPPU dengan endpoint Fakultas Peternakan– *worst case*

4.1 Latency (End to End Delay)

Dari tabel diatas, rata-rata besar *latency* yang terjadi dengan jarak tempuh 2,8 km sebesar 130 ms, dengan asumsi kondisi jaringan dalam keadaan buruk (trafik cukup padat dengan *queuing delay* sebesar 30 ms). Dengan

demikian semakin jauh jarak yang ditempuh oleh suatu paket *voice* sampai ke tujuan maka semakin besar *delay* yang terjadi walaupun terpaunya sangat kecil.

Berdasarkan Tabel 2.4 *Multimedia QoS Requirements*, diketahui bahwa besar nilai *latency* maksimal untuk VoIP (*Voice Over Internet Protocol*) yaitu 200 ms, sedangkan besar *latency* maksimum yang direkomendasikan oleh ITU-T (*International Telecommunication Union – Telecommunication*) untuk aplikasi suara adalah 150 ms. Dengan demikian *latency* yang kemungkinan terjadi pada perancangan ini dengan rata-rata 130 ms, masih memenuhi standar *latency* yang dapat diterima oleh pengguna. Dengan demikian dapat dikatakan perancangan sistem VoIP ini ditinjau dari segi *Quality of Service (QoS)* khususnya parameter *latency* dapat dikatakan layak untuk diimplementasikan pada kampus Undip Tembalang.

Batas maksimal *jitter* yang boleh terjadi untuk tipe trafik yang berbeda-beda, ditunjukkan pada table 2.4. dimana batas maksimal *jitter* yang boleh terjadi untuk sistem VoIP (*Voice over Internet Protocol*) sebesar 30 ms. Sedangkan dari perhitungan yang didapat baik pada perhitungan a dengan *jitter* = 7,5 ms dan pada perhitungan b dengan *jitter* 29,3 ms masing-masing untuk 3 jarak yang berbeda nilainya masih dibawah batas maksimal *jitter* yang diperbolehkan untuk VoIP. Dengan demikian pada perancangan sistem VoIP pada Tugas Akhir ini dilihat dari segi *Quality of Service (QoS)* khususnya untuk parameter *jitter* masih memenuhi persyaratan yang ada (tidak melebihi batas maksimal *jitter* yang diperbolehkan untuk VoIP). Sehingga perancangan sistem VoIP ini layak untuk diimplementasikan secara nyata pada jaringan kampus Undip Tembalang.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari Tugas Akhir dengan judul Rancangan dan simulasi Sistem VoIP sebagai alternatif komunikasi kampus menggunakan *Openh323 Gatekeeper* adalah sebagai berikut :

1. Nilai *delay* pada perancangan sistem VoIP untuk Kampus Undip Tembalang, dengan pengiriman 1 buah paket 30 *bytes* dengan jarak 2.8 km menghasilkan :
 - i. *Fixed Delay*
 - b. *Propagation Delay* = 0.0176 ms
 - c. *Serialization Delay* = 0.00084 ms
 - d. *Processing Delay* = 30 ms

- e. *Packetization Delay* = 30 ms
- b. *Variable Delay*
- *Queuing Delay* = 30 ms
 - *Jitter Buffer Delay* = 40 ms
2. Nilai *latency* pada perancangan Sistem VoIP untuk Kampus Undip Tembalang dengan asumsi *queuing delay* sebesar 30 ms (terjadi konghesti pada jaringan) dan jarak yang berbeda :
- a. *Endpoint* LPPU dengan *endpoint* Fakultas Peternakan 2,8 Km, besar *latency* 130.0184 ms. *Latency* yang didapat berdasarkan standar batas *latency* menurut ITU-T dapat diterima oleh kebanyakan aplikasi yang ada, dengan besar 130 ms tidak mengganggu kualitas percakapan pada VoIP, karena batas maksimal *latency* untuk sistem VoIP sebesar 200 ms.
3. Nilai *jitter* hasil perhitungan untuk 2 kondisi, yaitu :
- a. Pengiriman 2 buah paket dengan waktu kirim setiap 20 ms, dengan asumsi *queuing delay* paket 1 = 0 ms dan paket 2 = 15 ms.
- *Endpoint* LPPU dengan *endpoint* Fakultas Peternakan 2,8 Km besar *Jitter* 7.5 ms.
- b. Pengiriman 3 buah paket dengan waktu kirim setiap 20 ms dengan asumsi *queuing delay* untuk paket 1 = 0 ms, paket 2 = 9 ms dan paket 3 = 20 ms.
- *Endpoint* LPPU dengan *endpoint* Fakultas Peternakan 2,8 Km besar *Jitter* 29.3 ms.
- Batas maksimal *jitter* yang diperbolehkan untuk VoIP sebesar 30 ms, nilai *Jitter* yang terjadi pada perhitungan a dan b hasilnya tidak melebihi batas tersebut.
4. Dengan mempertimbangkan 3 parameter *Quality of Service (QoS) Delay, Latency* serta *Jitter*, perancangan sistem VoIP ini layak untuk diimplementasikan pada kampus Undip Tembalang.

5.2 Saran

Sebagai saran untuk bahan penulisan Tugas Akhir selanjutnya adalah sebagai berikut :

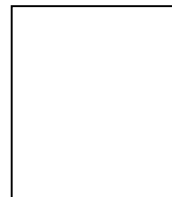
1. Pada Tugas Akhir ini perancangan jaringan untuk sistem VoIP dengan menggunakan *softwareopenh323 gatekeeper* ini belum dapat diuji-coba dalam jaringan yang besar dengan komputer dan *switch* dalam jumlah yang amat banyak dan jarak yang jauh sehingga kendalanya belum dapat diketahui.
2. Agar besarnya nilai *Jitter* dan *Packet Loss* dapat diketahui secara akurat maka pada perancangan jaringan dapat menggunakan produk dari Cisco seperti SAA and RTTMON MIB berupa Cisco IOS *software versions* 12.0 (5)T, dan *software sicsophone*.
3. Perancangan sistem VoIP selain dengan cara *Software* dapat juga dilakukan dengan cara *hardware*, dengan cara penambahan perangkat khusus berupa chip DSP atau *card voice* pada komputer yang

digunakan agar delay semakin kecil dan kualitas semakin meningkat. Ini dapat dijadikan pembahasan lebih lanjut.

4. Untuk kelancaran VoIP Merdeka Undip!! dan untuk menghindari pemakaian nomor yang sama dapat dibuat situs tempat pengguna VoIP Merdeka Undip!! dapat mendaftarkan nama, fakultas, jurusan, dan nomor telepon VoIP Merdeka Undip!!

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Tanenbaum S. Andrew, **Jaringan Komputer Edisi III**, Prenhallindo, Jakarta, 1996.
2. Wijaya, Hendra Ir, **Cisco Router**, Elex Media Komputindo, Gramedia, Jakarta, 2001.
3. Tharom Thabratas, Purbo w. Onno, **Teknologi VoIP**, Elex Media Komputindo, Gramedia, Jakarta, 2001.
4.<http://www.voipmerdeka.com>
5.[http://www. Google.com/ip address intenet/](http://www.Google.com/ip address intenet/)
6. Collins daniel, **Carrier grade Voice Over IP**, Mc Graw Hill, 2001.
7. Purbo.W. Onno, **VoIP Merdeka**, Neotek, 2003.
8., **Cisco Product Quick reference Guide**, Cysco System Inc, USA, 2003.
9. ...<http://www.microsoft.com/netmeeting>
10. ...<http://www.gnugk.org/h323manual.html>.
11. ...<http://voipmerdeka.net>.
12. ...<http://www.cisco.com/go/3524>



Novita Nilasari L2F097663
Mahasiswa Teknik Elektro
Universitas Diponegoro dengan
Konsentrasi Telekomunikasi

Mengetahui,
Pembimbing II

Sumardi, ST. MT
NIP. 132 125 670