

# Dasar-Dasar Jaringan VOIP

**M.Iskandarsyah H**  
iis\_harahap@telkom.net

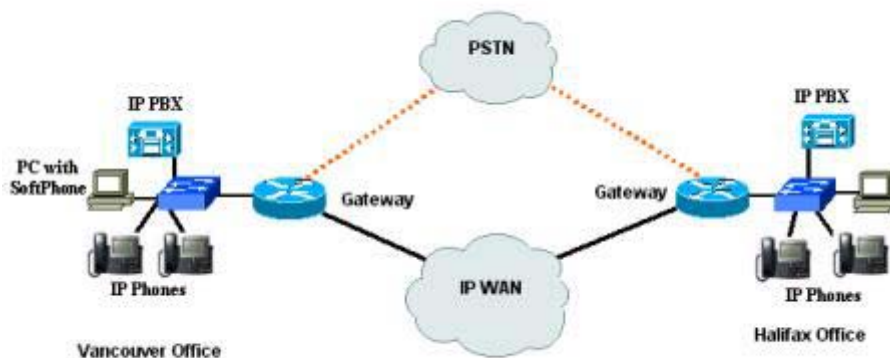
## ***Lisensi Dokumen:***

*Copyright © 2003 IlmuKomputer.Com*

*Seluruh dokumen di IlmuKomputer.Com dapat digunakan, dimodifikasi dan disebarkan secara bebas untuk tujuan bukan komersial (nonprofit), dengan syarat tidak menghapus atau merubah atribut penulis dan pernyataan copyright yang disertakan dalam setiap dokumen. Tidak diperbolehkan melakukan penulisan ulang, kecuali mendapatkan ijin terlebih dahulu dari IlmuKomputer.Com.*

## **1. Pendahuluan**

*Voice over Internet Protocol (VoIP)* adalah teknologi yang mampu melewatkan trafik suara, video dan data yang berbentuk paket melalui jaringan IP. Jaringan IP sendiri adalah merupakan jaringan komunikasi data yang berbasis *packet-switch*, jadi dalam bertelepon menggunakan jaringan IP atau Internet. Dengan bertelepon menggunakan VoIP, banyak keuntungan yang dapat diambil diantaranya adalah dari segi biaya jelas lebih murah dari tarif telepon tradisional, karena jaringan IP bersifat *global*. Sehingga untuk hubungan *Internasional* dapat ditekan hingga 70%. Selain itu, biaya *maintenance* dapat ditekan karena *voice* dan *data network* terpisah, sehingga IP Phone dapat ditambah, dipindah dan di ubah. Hal ini karena VoIP dapat dipasang di sembarang *ethernet* dan *IP address*, tidak seperti telepon tradisional yang harus mempunyai port tersendiri di Sentral atau PBX.



**Gambar 1** Diagram VOIP

Perkembangan teknologi internet yang sangat pesat mendorong ke arah *konvergensi* dengan teknologi komunikasi lainnya. Standarisasi protokol komunikasi pada teknologi VoIP seperti H.323 telah memungkinkan komunikasi terintegrasi dengan jaringan komunikasi lainnya seperti PSTN.

Jaringan komunikasi yang telah luas tergelar di Indonesia adalah jaringan PSTN yang dikelola oleh PT Telkom. Untuk perancangan jaringan tersebut perlu ditentukan posisi *Network Operation Center* (NOC), *Point Of Presence* (POP), *Router*, *Gateway* maupun pembangunan *link* antar kota – kota yang strategis dan efisien.

Dalam perancangan jaringan VoIP, yang di tekankan kali ini adalah 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.

### 1.1 Delay

Dalam perancangan jaringan VoIP, *delay* merupakan suatu permasalahan yang harus diperhitungkan karena kualitas suara bagus tidaknya tergantung dari waktu *delay*. Besarnya *delay* maksimum yang direkomendasikan oleh ITU untuk aplikasi suara adalah 150 ms, sedangkan *delay* maksimum dengan kualitas suara yang masih dapat diterima pengguna adalah 250 ms. *Delay end to end* adalah jumlah *delay* konversi suara analog – digital, *delay* waktu paketisasi atau bisa disebut juga *delay* panjang paket dan *delay* jaringan pada saat t (waktu)

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

- *Propagation delay* (*delay* yang terjadi akibat transmisi melalui jarak antar pengirim dan penerima)
- *Serialization delay* (*delay* pada saat proses peletakan bit ke dalam *circuit*)
- *Processing delay* (*delay* yang terjadi saat proses *coding*, *compression*, *decompression* dan *decoding*)
- *Packetization delay* (*delay* yang terjadi saat proses paketisasi *digital voice sample*)
- *Queuing delay* (*delay* akibat waktu tunggu paket sampai dilayani)
- *Jitter buffer* (*delay* akibat adanya *buffer* untuk mengatasi *jitter*)

Selain itu parameter – parameter lain yang mempengaruhi adalah *Quality of Service* (QoS), agar didapatkan hasil suara sama dengan menggunakan telepon tradisional (PSTN). Beberapa parameter yang mempengaruhi QoS antara lain :

- Pemenuhan kebutuhan bandwidth
- Keterlambatan data(latency)
- *Packet loss* dan *desequencing*
- Jenis kompresi data
- Interopabilitas peralatan(vendor yang berbeda)
- Jenis standar multimedia yang digunakan(H.323/SIP/MGCP)

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

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

VoIP dengan spesifikasi dan dimensi dengan QoS yang baik dan dapat mengantisipasi perubahan lonjakan trafik hingga pada suatu batas tertentu.

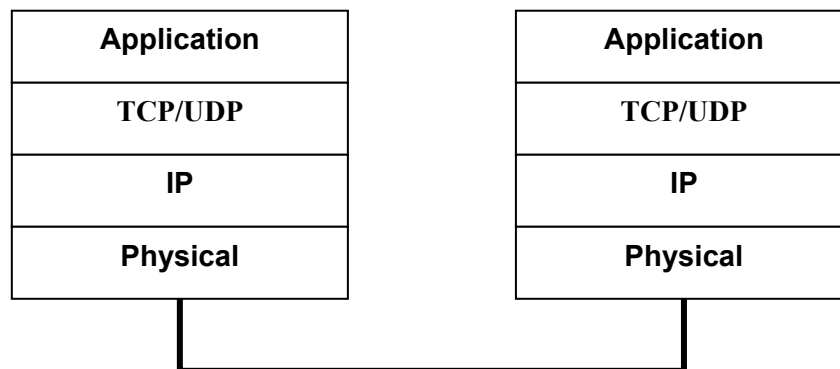
### 1.2 Bandwidth

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

## 2. Protokol-Protokol Penunjang Jaringan VOIP

### 2.1 Protokol TCP/IP

TCP/IP (*Transfer Control Protocol/Internet Protocol*) merupakan sebuah protokol yang digunakan pada jaringan Internet. Protokol ini terdiri dari dua bagian besar, yaitu TCP dan IP. Ilustrasi pemrosesan data untuk dikirimkan dengan menggunakan protokol TCP/IP diberikan pada gambar dibawah ini.



Gambar Mekanisme protokol TCP/IP

#### 2.1.1 Application layer

Fungsi utama lapisan ini adalah pemindahan file. Perpindahan file dari sebuah sistem ke sistem lainnya yang berbeda memerlukan suatu sistem pengendalian untuk menanggapi adanya ketidak kompatibelan sistem file yang berbeda – beda. Protokol ini berhubungan dengan aplikasi. Salah satu contoh aplikasi yang telah dikenal misalnya HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) untuk web, FTP (*File Transfer Protocol*) untuk perpindahan file, dan TELNET untuk terminal maya jarak jauh.

#### 2.1.2 TCP (Transmission Control Protocol)

Dalam mentransmisikan data pada layer Transpor ada dua protokol yang berperan yaitu TCP dan UDP. TCP merupakan protokol yang connection-oriented yang artinya menjaga reliabilitas hubungan komunikasi end-to-end. Konsep dasar cara kerja TCP adalah mengirim dan menerima segment – segment informasi dengan panjang data bervariasi pada suatu datagram internet. TCP menjamin realibilitas hubungan komunikasi karena melakukan perbaikan terhadap data yang rusak, hilang atau kesalahan kirim. Hal ini dilakukan dengan memberikan nomor urut pada setiap oktet

yang dikirimkan dan membutuhkan sinyal jawaban positif dari penerima berupa sinyal ACK (acknowledgment). Jika sinyal ACK ini tidak diterima pada interval pada waktu tertentu, maka data akan dikirimkan kembali. Pada sisi penerima, nomor urut tadi berguna untuk mencegah kesalahan urutan data dan duplikasi data. TCP juga memiliki mekanisme *flow control* dengan cara mencantumkan informasi dalam sinyal ACK mengenai batas jumlah oktet data yang masih boleh ditransmisikan pada setiap segment yang diterima dengan sukses.

Dalam hubungan VoIP, TCP digunakan pada saat *signaling*, TCP digunakan untuk menjamin setup suatu call pada sesi *signaling*. TCP tidak digunakan dalam pengiriman data suara pada VoIP karena pada suatu komunikasi data VoIP penanganan data yang mengalami keterlambatan lebih penting daripada penanganan paket yang hilang.

### 2.1.3 User Datagram Protocol (UDP)

UDP yang merupakan salah satu protocol utama diatas IP merupakan transport protocol yang lebih sederhana dibandingkan dengan TCP. UDP digunakan untuk situasi yang tidak mementingkan mekanisme reliabilitas. *Header* UDP hanya berisi empat *field* yaitu *source port*, *destination port*, *length* dan *UDP checksum* dimana fungsinya hampir sama dengan TCP, namun fasilitas *checksum* pada UDP bersifat opsional.

UDP pada VoIP digunakan untuk mengirimkan audio stream yang dikirimkan secara terus menerus. UDP digunakan pada VoIP karena pada pengiriman audio streaming yang berlangsung terus menerus lebih mementingkan kecepatan pengiriman data agar tiba di tujuan tanpa memperhatikan adanya paket yang hilang walaupun mencapai 50% dari jumlah paket yang dikirimkan. (VoIP fundamental, Davidson Peters, Cisco System, 163)

Karena UDP mampu mengirimkan data streaming dengan cepat, maka dalam teknologi VoIP UDP merupakan salah satu protokol penting yang digunakan sebagai header pada pengiriman data selain RTP dan IP. Untuk mengurangi jumlah paket yang hilang saat pengiriman data (karena tidak terdapat mekanisme pengiriman ulang) maka pada teknologi VoIP pengiriman data banyak dilakukan pada *private network*.

### 2.1.4 Internet Protocol (IP)

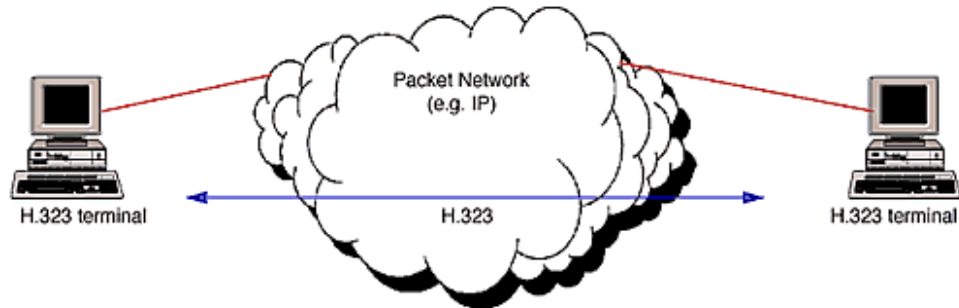
Internet Protocol didesain untuk interkoneksi sistem komunikasi komputer pada jaringan *packet-switched*. Pada jaringan TCP/IP, sebuah komputer diidentifikasi dengan alamat IP. Tiap-tiap komputer memiliki alamat IP yang unik, masing-masing berbeda satu sama lainnya. Hal ini dilakukan untuk mencegah kesalahan pada transfer data. Terakhir, protokol data akses berhubungan langsung dengan media fisik. Secara umum protokol ini bertugas untuk menangani pendeteksian kesalahan pada saat transfer data. Untuk komunikasi datanya, Internet Protokol mengimplementasikan dua fungsi dasar yaitu addressing dan fragmentasi.

Salah satu hal penting dalam IP dalam pengiriman informasi adalah metode pengalamatan pengirim dan penerima. Saat ini terdapat standar pengalamatan yang sudah digunakan yaitu IPv4 dengan alamat terdiri dari 32 bit. Jumlah alamat yang diciptakan dengan IPv4 diperkirakan tidak dapat mencukupi kebutuhan pengalamatan IP sehingga dalam beberapa tahun mendatang akan diimplementasikan sistem pengalamatan yang baru yaitu IPv6 yang menggunakan sistem pengalamatan 128 bit.

Untuk memahami konsep dasar TCP/IP lebih mendetail dapat membaca buku karangan Onno W Purbo atau dapat mencari di internet yang membahas tentang TCP/IP.

### 3. H.323

VoIP dapat berkomunikasi dengan sistem lain yang beroperasi pada jaringan *packet-switch*. Untuk dapat berkomunikasi dibutuhkan suatu standar sistem komunikasi yang kompatibel satu sama lain. Salah satu standar komunikasi pada VoIP menurut rekomendasi ITU-T adalah H.323 (1995-1996). Standar H.323 terdiri dari komponen, protokol, dan prosedur yang menyediakan komunikasi multimedia melalui jaringan *packet-based*. Bentuk jaringan *packet-based* yang dapat dilalui antara lain jaringan internet, *Internet Packet Exchange (IPX)-based*, *Local Area Network (LAN)*, dan *Wide Area Network (WAN)*. H.323 dapat digunakan untuk layanan – layanan multimedia seperti komunikasi suara (IP telephony), komunikasi video dengan suara (video telephony), dan gabungan suara, video dan data.



**Gambar 2** Terminal pada jaringan paket

Tujuan desain dan pengembangan H.323 adalah untuk memungkinkan interoperabilitas dengan tipe terminal multimedia lainnya. Terminal dengan standar H.323 dapat berkomunikasi dengan terminal H.320 pada N-ISDN, terminal H.321 pada ATM, dan terminal H.324 pada Public Switched Telephone Network (PSTN). Terminal H.323 memungkinkan komunikasi *real time* dua arah berupa suara , video dan data.

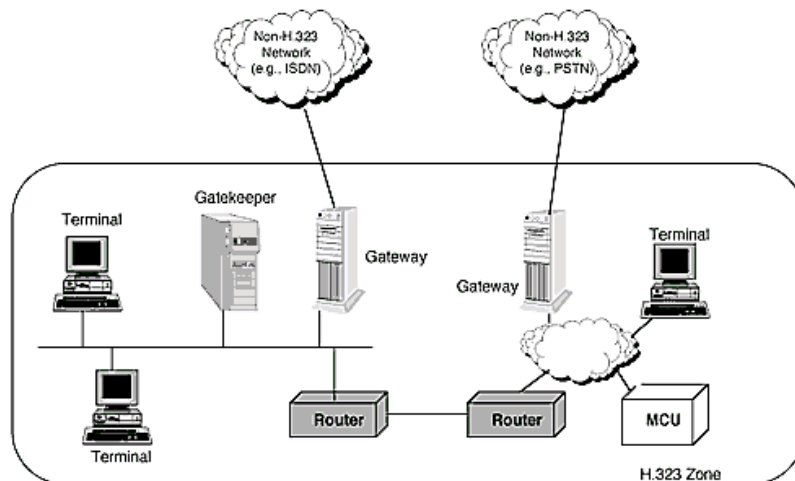
#### 3.1 Arsitektur H.323

Standar H.323 terdiri dari 4 komponen fisik yg digunakan saat menghubungkan komunikasi multimedia *point-to-point* dan *point-to-multipoint* pada beberapa macam jaringan :

- A. Terminal
- B. Gateway
- C. Gatekeeper
- D. Multipoint Control Unit (MCU)

- *Terminal*, Digunakan untuk komunikasi multimedia *real time* dua arah . Terminal H.323 dapat berupa *personal computer (PC)* atau alat lain yang berdiri sendiri yang dapat menjalankan aplikasi multimedia.
- *Gateway* digunakan untuk menghubungkan dua jaringan yang berbeda yaitu antara jaringan H.323 dan jaringan non H.323, sebagai contoh gateway dapat menghubungkan dan menyediakan komunikasi antara terminal H.233 dengan jaringan telepon , misalnya: PSTN. Dalam menghubungkan dua bentuk jaringan yang berbeda dilakukan dengan menterjemahkan protokol-protokol untuk *call setup* dan *release* serta mengirimkan informasi antara jaringan yang terhubung dengan *gateway*. Namun demikian *gateway* tidak dibutuhkan untuk komunikasi antara dua terminal H.323.
- *Gatekeeper* dapat dianggap sebagai otak pada jaringan H.323 karena merupakan titik yang penting pada jaringan H.323.

- MCU digunakan untuk layanan konferensi tiga terminal H.323 atau lebih. Semua terminal yang ingin berpartisipasi dalam konferensi dapat membangun hubungan dengan MCU yang mengatur bahan-bahan untuk konferensi, negosiasi antara terminal-terminal untuk memastikan audio atau video *coder/decoder (CODEC)*. Menurut standar H.323, sebuah MCU terdiri dari sebuah Multipoint Controller (MC) dan beberapa Multipoint Processor (MP). MC menangani negosiasi H.245 (menyangkut pensinyalan) antar terminal – terminal untuk menentukan kemampuan pemrosesan audio dan video. MC juga mengontrol dan menentukan serangkaian audio dan video yang akan *multicast*. MC tidak menghadapi secara langsung rangkaian media tersebut. Tugas ini diberikan pada MP yang melakukan mix, switch, dan memproses audio, video, ataupun bit – bit data. *Gatekeeper*, *gateway*, dan MCU secara logik merupakan komponen yang terpisah pada standar H.323 tetapi dapat diimplementasikan sebagai satu alat secara fisik.



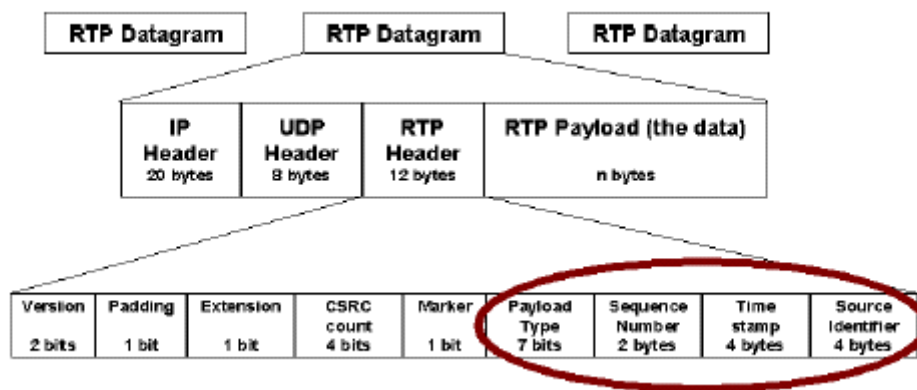
Gambar 3 Arsitektur H.323

### 3.2 Protocol pada H.323

Pada H.323 terdapat beberapa protocol dalam pengiriman data yang mendukung agar data terkirim *real-time*. Dibawah ini dijelaskan beberapa protocol pada layer network dan transport.

#### 3.2.1 RTP(Real-Time Protocol)

Adalah protocol yang dibuat untuk mengkompensasi jitter dan desequencing yang terjadi pada jaringan IP. RTP dapat digunakan untuk beberapa macam data stream yang *realtime* seperti data suara dan data video. RTP berisi informasi tipe data yang di kirim, *timestamps* yang digunakan untuk pengaturan waktu suara percakapan terdengar seperti sebagaimana diucapkan, dan *sequence numbers* yang digunakan untuk pengurutan paket data dan mendeteksi adanya paket yang hilang.



Gambar 3 Komponen RTP header

RTP didesain untuk digunakan pada *transport layer*, namun demikian RTP digunakan diatas UDP, bukan pada TCP karena TCP tidak dapat beradaptasi pada pengerimiman data yang *real-time* dengan keterlambatan yang relatif kecil seperti pada pengiriman data komunikasi suara. Dengan menggunakan UDP yang dapat mengirimkan paket IP secara *multicast*, RTP *stream* yang di bentuk oleh satu terminal dapat dikirimkan ke beberapa terminal tujuan.

### 3.2.2 RTCP(Real-Time Control Protocol)

Merupakan suatu protocol yang biasanya digunakan bersama-sama dengan RTP. RTCP digunakan untuk mengirimkan paket *control* setiap terminal yang berpartisipasi pada percakapan yang digunakan sebagai informasi untuk kualitas transmisi pada jaringan.

Terdapa dua komponen penting pada paket RTCP, yang pertama adalah *sender report* yang berisikan informasi banyaknya data yang dikirimkan, pengecekan timestamp pada *header* RTP dan memastikan bahwa datanya tepat dengan *timestamp*-nya. Elemen yang kedua adalah *receiver report* yang dikirimkan oleh penerima panggilan. *Receiver report* berisi informasi mengenai jumlah paket yang hilang selama sesi percakapan, menampilkan *timestamp* terakhir dan delay sejak pengiriman sender report yang terakhir.

### 3.2.3 RSVP(Resource Reservation Protocol)

RSVP bekerja pada *layer transport*. Digunakan untuk menyediakan bandwidth agar data suara yang dikirimkan tidak mengalami *delay* ataupun kerusakan saat mencapai alamat tujuan *unicast* maupun *multicast*.

RSVP merupakan *signaling protocol* tambahan pada VoIP yang mempengaruhi QoS. RSVP bekerja dengan mengirimkan request pada setiap *node* dalam jaringan yang digunakan untuk pengiriman data *stream* dan pada setiap node RSVP membuat *resource reservation* untuk pengiriman data. *Resource reservation* pada suatu node dilakukan dengan menjalankan dua modul yaitu *admission control* dan *policy control*.

*Admission control* digunakan untuk menentukan apakah suatu *node* tersebut memiliki *resource* yang cukup untuk memenuhi QoS yang dibutuhkan. *Policy control* digunakan untuk menentukan apakah user yang memiliki ijin administratif (*administrative permission*) untuk melakukan reservasi. Bila terjadi kesalahan dalam aplikasi salah satu modul ini, akan terjadi RSVP error dimana request tidak akan dipenuhi. Bila kedua modul ini berjalan dengan baik, maka RSVP akan membentuk parameter packet classifier dan packet scheduler. Packer Classifier menentukan kelas QoS untuk setiap paket data yang digunakan untuk menentukan jalur yang digunakan untuk pengiriman paket data berdasarkan kelasnya dan *packet scheduler* berfungsi untuk menset antarmuka (*interface*) tiap node agar pengiriman paket sesuai dengan QoS yang diinginkan.

## 4. Standar Kompresi Data Suara

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:

### 4.1 G.711

Sebelum mengetahui lebih jauh apa itu G.711 sebelumnya diberikan sedikit gambaran singkat fungsi dari kompresi. Sebuah kanal video yang baik tanpa di kompresi akan mengambil *bandwidth* sekitar 9Mbps. Sebuah kanal suara (audio) yang baik tanpa di kompresi akan mengambil bandwidth sekitar 64Kbps. Dengan adanya teknik kompresi, kita dapat menghemat sebuah kanal video menjadi sekitar 30Kbps dan kanal suara menjadi 6Kbps (half-duplex), artinya sebuah saluran Internet yang tidak terlalu cepat sebetulnya dapat digunakan untuk menyalurkan video dan audio sekaligus. Tentunya untuk kebutuhannya konferensi dua arah dibutuhkan *double bandwidth*, artinya minimal sekali kita harus menggunakan kanal 64Kbps ke Internet. Dengan begitu suara / audio akan memakan *bandwidth* jauh lebih sedikit di banding pengiriman gambar / video.

G.711 adalah suatu standar Internasional untuk kompresi audio dengan menggunakan teknik Pulse Code Modulation (PCM) dalam pengiriman suara. Standar ini banyak digunakan oleh operator Telekomunikasi termasuk PT. Telkom sebagai penyedia jaringan telepon terbesar di Indonesia.

PCM mengkonversikan sinyal analog ke bentuk digital dengan melakukan sampling sinyal analog tersebut 8000 kali/detik dan dikodekan dalam kode angka. Jarak antar sampel adalah 125  $\mu$  detik. Sinyal analog pada suatu percakapan diasumsikan berfrekuensi 300 Hz – 3400 Hz. Sinyal tersampel lalu dikonversikan ke bentuk diskrit. Sinyal diskrit ini direpresentasikan dengan kode yang disesuaikan dengan amplitudo dari sinyal sampel. Format PCM menggunakan 8 bit untuk pengkodeannya. Laju transmisi diperoleh dengan mengkalikan 8000 sampel /detik dengan 8 bit/sampel, menghasilkan 64.000 bit/detik. *Bit rate* 64 kbps ini merupakan standar transmisi untuk satu kanal telepon digital.

Percakapan berupa sinyal analog yang melalui jaringan PSTN mengalami kompresi dan pengkodean menjadi sinyal digital oleh PCM G.711 sebelum memasuki VoIP gateway. Pada VoIP gateway, di bagian *terminal*, terdapat *audio codec* melakukan proses *framing* (pembentukan *frame datagram* IP yang dikompresi) dari sinyal suara terdigitasi (hasil PCM G.711) dan juga melakukan rekonstruksi pada sisi *receiver*. *Frame - frame* yang merupakan paket – paket informasi ini lalu di transmisikan melalui jaringan IP dengan suatu standar komunikasi jaringan *packet - based*. Standar G.711 merupakan teknik kompresi yang tidak efisien, karena akan memakan bandwidth 64Kbps untuk kanal pembicaraan. Agar bandwidth yang digunakan tidak besar dan tidak mengesampingkan kualitas suara, maka solusi yang digunakan untuk pengkompresi digunakan standar G.723.1.

### 4.2 G.723.1

Pengkode sinyal suara G.723.1 adalah jenis pengkode suara yang direkomendasikan untuk terminal multimedia dengan bit rate rendah. G.723.1 memiliki dual *rate speech coder* yang dapat di-switch pada batas 5.3 kbit/s dan 6.3 kbit/s. Dengan memiliki dual *rate speech coder* ini maka G.723.1 memiliki fleksibilitas dalam beradaptasi terhadap informasi yang dikandung oleh sinyal suara. G.723.1 dilengkapi dengan fasilitas untuk memperbagus sinyal suara hasil sintesis. Pada bagian encoder G.723.1 dilengkapi dengan *formant perceptual weighting filter* dan *harmonic noise shaping filter* sementara di bagian decoder-nya G.723.1 memiliki *pitch postfilter* dan *formant postfilter* sehingga sinyal suara hasil rekonstruksi menjadi sangat mirip dengan aslinya. Sinyal eksitasi untuk bit rate rendah dikodekan dengan Algebraic Code Excited Linier Prediction (ACELP) sedangkan untuk rate tinggi dikodekan dengan menggunakan Multipulse Maximum Likelihood Quantization (MP-MLQ). Rate yang lebih tinggi menghasilkan kualitas yang lebih baik. Masukan bagi G.723.1 adalah sinyal suara digital yang di-sampling dengan frekuensi sampling 8.000 Hz dan dikuantisasi dengan PCM 16 bit. Delay algoritmik dari G.723.1 adalah 37.5 msec (panjang frame ditambah



lookahead), delay pemrosesannya sangat ditentukan oleh prosesor yang mengerjakan perhitungan-perhitungan pada algoritma G.723.1. Dengan menggunakan DSP prosesor maka delay pemrosesan dapat diperkecil. Selain itu kompresi data suara yang direkomendasikan ITU adalah **G.726**, merupakan teknik pengkodean suara ADPCM dengan hasil pengkodean pada 40, 32, 24, dan 16 kbps. Biasanya juga digunakan pada pengiriman paket data pada telepon publik maupun peralatan PBX yang mendukung ADPCM. **G.728**, merupakan teknik pengkodean suara CELP dengan hasil pengkodean 16 kbps. **G.729** merupakan pengkodean suara jenis CELP dengan hasil kompresi pada 8kbps.

Berikut ini adalah tabel perbandingan beberapa teknik kompresi standar ITU-T.

Teknik Kompresi	Bit Rate (Kbps)	Sample size (ms)	MOS
G.711 PCM	64	0,125	4,1
G.726 ADPCM	32	0,125	3,85
G.728 LD-CELP	16	0,625	3,61
G.729 CS-ACELP	8	10	3,92
G.723.1 MP-MLQ	6,3	30	3,9
G.723.1 ACELP	5,3	30	3,65

Sumber : Cisco Labs

**Tabel 2 . 1 Perbandingan Teknik – teknik Kompresi Standar ITU – T**

## 5. Perhitungan Besar Datagram IP

Sekarang kita coba menghitung kebutuhan *bandwith* minimum untuk transmisi paket - paket data VoIP pada jaringan *packet – switch* seperti jaringan IP. Pembahasan perhitungan kebutuhan *bandwith* pada perancangan kali ini menggunakan teknik kompresi G .723.1 . Dua mode *bit rate* G.723.1 adalah 6,3 Kbps dan 5,3 Kbps. *Bit rate* tersebut adalah angka keluaran dari *coder* dan belum termasuk *overhead* transpor seperti *header* RTP/UDP/IP sebesar 40 *byte*. Durasi *sampling* G.723.1 adalah 30 ms . Berdasarkan referensi, *bit rate* keluaran G.723.1 dapat dihitung sebagai berikut :

Compression Method	Bit Rate(kbps)	Sample Size (ms)	MOS Score
G.711 PCM	64	0.125	4.1
G.726 ADPCM	32	0.125	3.85
G.728 LD-CELP	15	0.625	3.61
G.729 CS-ACELP	8	10	3.92
G.729a CS-ACELP	8	10	3.7
G.723.1 MP-MLQ	6.3	30	3.9
G.723.1 ACELP	5.3	30	3.65

Sumber : Olivier Hersent, "IP Telephony ", halaman 343

**Tabel 3.1 Perhitungan G.723.1**

- Sedang pada *bit rate* 5,3 Kbps, besar *payload* data adalah (5300 bit x 0,03 detik) = 159 bit = 19,875 *byte*. Untuk mempermudah perhitungan dibulatkan menjadi 20 *byte*. Dalam setiap paket IP dapat membawa 4 *frame* data *payload*. Jadi besar total data *payload* dalam satu paket IP adalah 80 *byte*.

- Perhitungan besar *payload data* dengan *bit rate* 6,3 Kbps dengan durasi sampling 30 ms adalah  $(6300 \text{ bit} \times 0,03 \text{ detik}) = 189 \text{ bit} = 23,625 \text{ byte}$ . Untuk mempermudah perhitungan dibulatkan menjadi 24 *byte*. Dalam setiap paket IP terdapat 4 *frame data payload*. Jadi besar total data *payload* dalam satu paket IP adalah 96 *byte*.
- Pada sebuah datagram IP terdapat *header overhead* (IPv4+UDP+IP) sebesar 40 *byte*.
- Sebelum datagram IP ditransmisikan melalui *physical layer* akan di-enkapsulasi pada ethernet dan ditambahkan *header* sejumlah 26 *byte* (berdasarkan model *frame* IEEE 802.3) .
- Total *overhead header* dalam setiap datagram yang telah dikodekan dan dienkapsulasi adalah 66 *byte*.
- Dapat dihitung besar sebuah paket IP berisi data suara yang telah dikodekan G.723.1 dengan *bit rate* 5,3 Kbps adalah 146 *byte* atau 162 *byte* dengan *bit rate* 6,3 Kbps.

Untuk pembahasan lebih lanjut akan dikemukakan lebih mendetail faktor-faktor yang diakibatkan oleh delay, dan juga penghitungan delay dengan menggunakan protokol H.323 dan kompresi suara menggunakan G.723.1.

## Daftar Pustaka

1. Davidson, Jonathan “ *Voice Over IP Fundamentals,*” Cisco Press, 2000
2. Sungkono, Edy “Perangkat Lunak Kebutuhan Bandwidth untuk Link antar Kota,” STTTelkom Bandung, 2002
3. [www.cisco.com](http://www.cisco.com)
4. [www.aarnet.edu.au](http://www.aarnet.edu.au)