

IMPLEMENTASI VIDEO CONFERENCE PADA JARINGAN STT TELKOM DENGAN PROTOKOL H.323 BERBASIS WEB

Irma Noviandari¹, Rendy Munadi², Hafidudin³

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom

e-mail: novi@stttelkom.ac.id¹, rnd@stttelkom.ac.id², hfd@stttelkom.ac.id³

ABSTRAKSI

Dewasa ini, pemanfaatan jaringan komunikasi data terus mengalami perkembangan yang pesat. Tidak hanya dari sisi perangkat, tetapi juga dari sisi aplikasi dan sistem transmisi yang digunakan. STT Telkom sebagai salah satu kampus berbasis teknologi telekomunikasi berusaha memanfaatkan perangkat dan jaringan yang tersedia untuk meningkatkan kualitas pendidikannya dan memberikan kemudahan mahasiswa dalam mengakses informasi dan materi kuliah yang diajarkan.

Salah satu bentuk realisasi dari program tersebut adalah dibangunnya LAN (Local Area Network) dan WLAN (Wireless Local Area Network) yang telah mencakup semua bangunan di STT Telkom termasuk kawasan kost mahasiswa disekitar kampus. Tidak hanya itu, bandwidth yang disediakan juga sudah termasuk dalam kategori broadband. Tetapi pada kenyataannya, jaringan tersebut belum dimanfaatkan secara optimal. Untuk itu, dalam Penelitian ini akan dicoba diimplementasikan sebuah aplikasi video conference menggunakan protokol H.323 berbasis web. Dengan adanya aplikasi ini diharapkan dapat membantu proses belajar mengajar on-line, rapat on-line, dan kegiatan lain yang membutuhkan tatap muka secara on-line. Sebelum aplikasi ini diimplementasikan, perlu dilakukan pengkajian dan analisa terhadap performansi jaringan (delay, jitter, throughput, dan packet loss) sebagai bahan pertimbangan kelayakan implementasi.

Setelah dilakukan sejumlah percobaan dengan beberapa skenario didapatkan hasil bahwa delay arah downlink lebih baik dan teratur daripada uplink dengan delay rata-rata <250ms, jitter uplink rata-rata <30 ms sedangkan downlink rata-rata >30 ms, packet loss arah uplink rata-rata 0% dan arah downlink bervariasi dengan rata-rata <10%, throughput cukup baik, kualitas video cukup baik berdasarkan MPQM yaitu rata-rata bernilai 3, dan secara keseluruhan lokasi dengan kualitas terburuk didapat di gedung H (GSG).

Kata kunci: LAN, WLAN, video conference, protokol H.323, web, delay, jitter, packet loss, throughput

1. PENDAHULUAN

Conferencing adalah cara berkomunikasi yang dilakukan oleh minimal tiga orang secara bersama dan dalam waktu yang sama. Dengan adanya teknologi maka komunikasi tersebut memungkinkan untuk dilakukan oleh pelaku yang berada di tempat berbeda. Dan dalam hal ini akan melibatkan suatu jaringan (*network*).

Tersedianya fasilitas jaringan LAN dan WLAN di STT Telkom yang selama ini digunakan untuk keperluan internet/intranet saja dirasa belum dimanfaatkan secara optimal untuk keperluan komunikasi yang mengedepankan hubungan kapanpun dan dimanapun, terlebih lagi dengan banyaknya mahasiswa dan dosen yang telah memiliki laptop/notebook sehingga memungkinkan akses informasi yang ada didapat dengan mudah, baik itu informasi satu arah maupun dua arah. Dan *video conference* merupakan metode alternatif yang bisa digunakan untuk mendukung kegiatan di lingkungan STT Telkom baik yang bersifat akademik seperti belajar mengajar on line (*E-learning*) maupun yang bersifat non akademik seperti rapat on line.

Dalam Penelitian ini akan membahas dan menganalisis implementasi video conference dalam jaringan STT Telkom dimana aplikasi video conference ini ditampilkan di dalam web, sehingga memudahkan pengguna untuk memanfaatkannya.

2. DASAR TEORI

2.1 Local Area Network

Local Area Network (LAN) adalah sejumlah komputer yang saling dihubungkan bersama di dalam satu areal tertentu yang tidak begitu luas. Secara garis besar terdapat dua tipe jaringan atau LAN, yaitu jaringan Peer to Peer dan jaringan Client-Server.

2.2 Wireless Local Area Network (WLAN)

Wireless Local Area Network (WLAN) adalah sistem komunikasi data yang fleksibel yang dapat diimplementasikan sebagai perpanjangan atau pun sebagai alternatif pengganti untuk jaringan kabel LAN. Dengan menggunakan teknologi frekuensi radio, *wireless LAN* mengirim dan menerima data melalui media udara, dengan meminimalisasi kebutuhan akan sambungan kabel. Kelebihan *wireless LAN* daripada *wired LAN* antara lain adalah:

- Mobilitas *user*
- Fleksibel
- Mudah dalam instalasi dan pemeliharaan
- Hemat

Pada WLAN terdapat perangkat *wireless* sebagai berikut:

1. Access Point
2. LAN Adapter

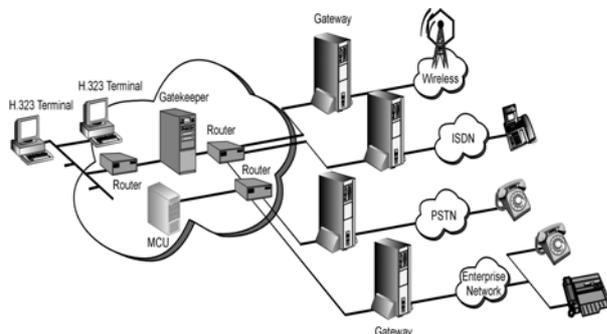
2.3 Protokol H.323 Overview

H.323 merupakan protokol standar yang direkomendasikan oleh ITU-T yang mendefinisikan komunikasi multimedia *real-time* dan konferensi

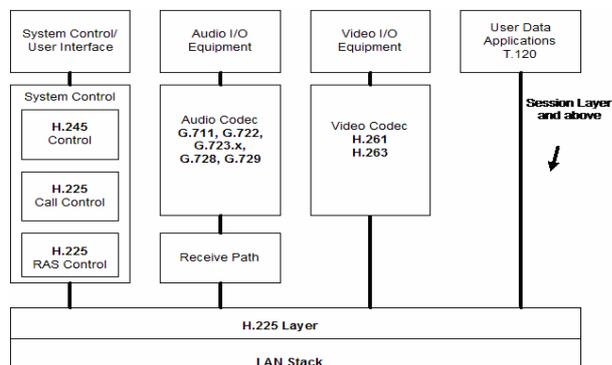
melalui jaringan *packet-based* yang tidak menyediakan *guaranteed* QoS seperti LAN dan Internet. Standar ini bukan standar yang berdiri sendiri tetapi merupakan kumpulan dari beberapa komponen, protokol dan prosedur dalam membangun layanan komunikasi multimedia yang menerangkan set voice, video dan standar konferensi data.

Komponen protokol H.323, yaitu:

- **Terminal:** dikatakan sebagai klien endpoint yang menyediakan komunikasi dua arah secara real-time.
- **Gateway:** Fungsinya menyambungkan terminal H.323 dengan terminal non H.323.
- **Gatekeeper:** Gatekeeper menyediakan layanan call control, bekerja sama dengan terminal, MCU, Gateway atau MC. Sebagai kunci mekanisme standar industri yang terintegrasi dalam jaringan H.323, gatekeeper menyediakan fungsi authentication, authorization, accounting, address translation, call control dan call routing.
- **Multipoint Control Unit (MCU):** Semua terminal yang akan melakukan komunikasi secara conferencing harus melakukan koneksi ke MCU. MCU mengatur conference resource, negosiasi antar terminal dalam menentukan audio dan video codec yang digunakan, serta menangani media stream.



Gambar 1. Topologi H.323



Gambar 2. Arsitektur Protokol H.323

2.4 Voice over Internet Protocol (VoIP)

Secara umum, VoIP didefinisikan sebagai suatu sistem yang menggunakan jaringan internet untuk mengirimkan data paket suara dari suatu tempat ke tempat lainnya menggunakan perantara protokol IP. VoIP mentransmisikan sinyal suara

dengan mengubahnya ke dalam bentuk digital, dan dikelompokkan menjadi paket-paket data yang dikirim dengan menggunakan platform IP (*Internet Protocol*).

2.5 Konsep dan Parameter QoS

Quality of Service (QoS) didefinisikan sebagai suatu pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu layanan.

Parameter-parameter performansi dari jaringan IP adalah:

Delay, didefinisikan untuk semua kedatangan paket sukses dan error setelah melewati kumpulan-kumpulan jaringan yang tersedia antara *source* dan *destination*.

Jitter, didefinisikan sebagai variasi dari *delay* atau variasi waktu kedatangan paket.

Packet loss ratio, adalah perbandingan seluruh paket IP yang hilang dengan seluruh paket IP yang dikirimkan antara MP pada *source* dan *destination*.

Throughput, adalah jumlah total kedatangan paket IP sukses yang diamati di MP pada *destination* selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut.

2.6 Mean Opinion Score (MOS)

Untuk menentukan nilai kualitas menggunakan MPQM (*Moving Picture Quality Metric*) ini berdasarkan riset yang dilakukan di Universitas California Los Angeles (UCLA). Dimana dengan perhitungan antara 5(sangat bagus) sampai 1 (jelek) untuk mengekspresikan kualitas dari gambar video yang dibroadcast.

Rumusan dari MPQM sebagai berikut:

$$Q_r = Q_e(1 - PLR)^{(PLR \cdot 100)/R}$$

Dimana:

Q_r = Nilai kualitas image video ,range 0(unusable) s/d 5(best)

Q_e = Kualitas dari *codec* yang digunakan, harga berkisar antara 3-5

R = Parameter kalibrasi yang digunakan sebagai expresi kompleksitas dari *codec* untuk video&bitrate,berkisar $R(\text{high})=3$ $R(\text{low})=2$

3. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Lokasi Implementasi Video Conference

Lokasi tempat implementasi video conference adalah beberapa gedung di STT Telkom yang memiliki *Access Point indoor* dan atau terkoneksi ke LAN STT Telkom. Adapun lokasi gedung tersebut antara lain gedung A, gedung C, gedung D, gedung E, gedung G (perpustakaan), gedung H, gedung I, gedung J, kantin dan Masjid Syamsul Ulum.

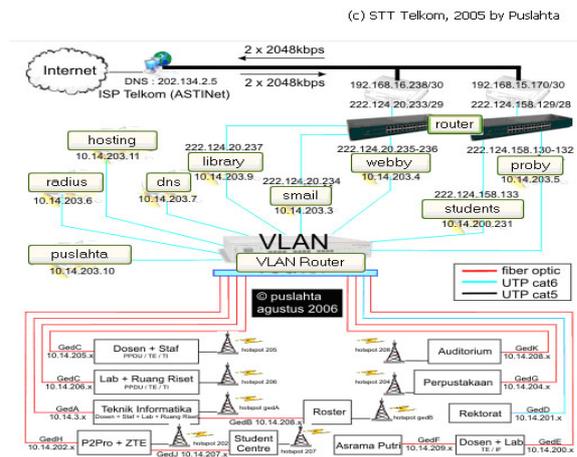
3.2 Spesifikasi Perangkat yang Dibutuhkan

1. Perangkat Keras (Hardware)

- Personal Computer (PC) sebagai server aplikasi web dan gatekeeper
- Jaringan Hotspot LAN STT Telkom
- Jaringan Fixed LAN STT Telkom
- Laptop built-in PCMCIA
- Webcam, Ear Phone

2. Perangkat Lunak (Software)

- Operating Sistem Windows 2000
- Macromedia Dreamweaver MX 2004
- Apache
- Adobe Photoshop CS.2
- Netmeeting
- Swish
- Open H.323 Gatekeeper
- Open MCU
- Ethereal Network Protocol Analyzer



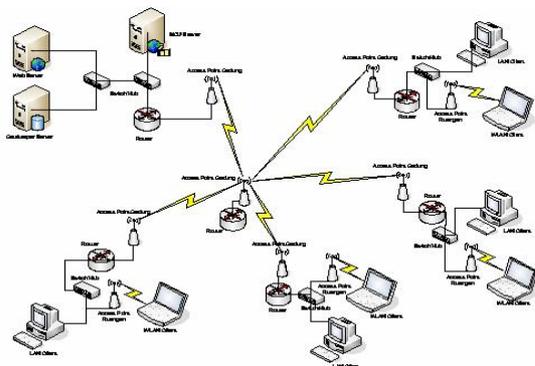
Gambar 3. Denah Lokasi Implementasi Multimedia di STT Telkom

3.3 Arsitektur Sistem

Secara umum ada empat bagian penting dalam perancangan aplikasi *video conference* ini, yaitu: *web server*, *gatekeeper server*, *MCU server*, dan *terminal*.

Selain itu, dalam perancangan aplikasi ini juga melibatkan beberapa peralatan interkoneksi seperti *router* sebagai *gateway* antar LAN dan *switch/hub*.

Berikut adalah gambaran arsitektur aplikasi secara lengkap:



Gambar 4. Arsitektur Aplikasi Video Conference pada LAN/WLAN STT Telkom

4. IMPLEMENTASI DAN ANALISA

4.1 Gambaran Analisa

Dari hasil implementasi diperoleh data-data atau parameter-parameter yang mempengaruhi performansi aplikasi *video conference* berbasis web pada jaringan STT Telkom baik LAN maupun

WLAN, yaitu delay, jitter, packet loss dan throughput. *Capturing* terhadap paket data dilakukan menggunakan *software Ethereal* yang berfungsi sebagai *protocol analyzer*, sedangkan software sebagai alat bantu analisa adalah *Microsoft Excel*.

Analisa meliputi *call setup*, parameter QoS selama proses video conference berlangsung yaitu: *latency/delay*, *jitter*, paket *loss*, *throughput*, dan analisa penilaian tingkat kepuasan *user* terhadap hasil implementasi melalui MOS (*mean opinion score*) baik untuk voice maupun untuk video.

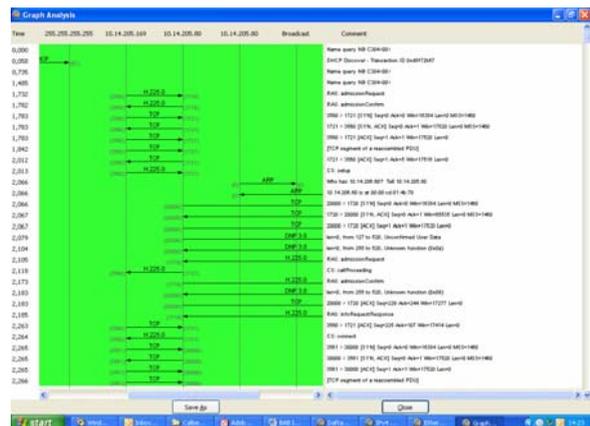
4.2 Analisa Call Setup

➤ Tujuan Pengukuran

Analisa ini digunakan untuk mengetahui bagaimana proses komunikasi video conference menggunakan protokol H.323 mulai dibangun sampai berakhir. Ada beberapa komponen yang terlibat dalam proses ini, yaitu : *gatekeeper*, MCU, dan *client*.

➤ Sistematika Pengukuran

Secara garis besar proses *call setup* yang dilakukan dalam aplikasi adalah sebagai berikut: pertama kali MCU dan *client* melakukan registrasi ke *gatekeeper*, setelah keduanya terdaftar di Gatekeeper, *client* melakukan panggilan ke MCU dan komunikasi secara *conference* dapat dilakukan. Sebelum *client* registrasi ke *gatekeeper*, terlebih dahulu *client* harus mengakses web server yang dibutuhkan menjadi satu dengan *gatekeeper server*. Untuk lebih jelasnya akan digambarkan melalui *flow graph* hasil *capturing* paket dari aplikasi *video audio conference* melalui *software Ethereal 0.10.12*. Sebagai keterangan, alamat IP beberapa komponen saat pengukuran adalah sebagai berikut : *gatekeeper*: 10.14.205.80, MCU: 10.14.206.60, dan salah satu *client*: 10.14.205.169.



Gambar 5. Flow graph Call Set up dari client ke Gatekeeper atau sebaliknya

➤ Analisa Hasil Pengukuran

Pada gambar 5 di atas, terlihat bahwa selama proses call setup melibatkan protokol H.255.0 dan protokol H.245 yang merupakan elemen-elemen dari protokol H.323. Protokol H.255.0 berfungsi mengatur proses registrasi terminal ke *gatekeeper* tersebut dan mengatur pula proses admisi di jaringan tersebut, selain itu juga digunakan untuk

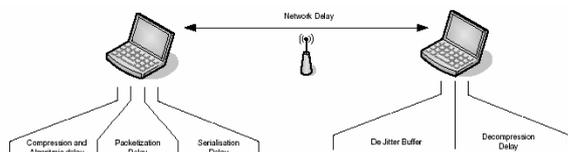
proses *setup* dan *cleardown* panggilan. Sedangkan protocol H.245 berfungsi untuk membangun kanal logikal (*logical channel*) yang akan menjadi kanal transmisi media.

Munculnya protokol TCP pada flow graph di atas dikarenakan gatekeeper dan web server berada dalam satu komputer yang sama, sehingga pada saat client mendaftar ke gatekeeper secara langsung juga memanggil web site, karena *software NetMeeting* yang digunakan dimasukkan ke dalam web site.

4.3 Pengukuran Delay

Tujuan Pengukuran

Delay atau *latency* adalah waktu yang diperlukan oleh suatu paket data dari *source node* hingga mencapai *destination*. Pengukuran ini bertujuan untuk mengevaluasi *delay* satu arah pada sistem video conference dari satu entitas ke entitas lainnya.



Gambar 6. Topologi perhitungan *one way delay budget*

Sistematika Pengukuran

Delay yang terukur oleh *software Ethereal* adalah *delay network*, sedangkan untuk *delay* yang lain didapat dari standarisasi. Pengukuran *delay* dilakukan pada masing-masing client saat conference terjadi selama 1 menit. Hasil capturing difilter hanya untuk hubungan client dan MCU server atau sebaliknya.

- *Coder (Processing) Delay* = (Waktu kompresi) + (Waktu dekompresi) + *algorithmic delay*.

Untuk H.26, karena menggunakan *codec* yang bersifat *proprietary* hanya didapatkan data *delay* kompresi dekompresi berkisar antara 8–11 ms.

- *Packetization Delay*

Untuk mencari *delay* paketisasi ini terlebih dahulu harus diketahui *voice payload* yang dikirimkan. Panjang paket IP diperoleh dari hasil *chapturing* menggunakan *software Ethereal* sebagai *network analyzer*.

Untuk *codec* H. 261:

Ukuran data *payload* = Panjang paket IP – (RTP *payload*)

RTP *payload* =

IP header (20)	UDP header (8)	RTP header (12)	RTP payload header (2)	RTP payload
----------------	----------------	-----------------	------------------------	-------------

Dengan RTP *payload* = 134 bit = 16,75 byte

3	6	7	8	12	17	22	27	32bits
SBIT	EBIT	I	V	GOBN	MBAP	QUANT	HMVD	VMVD

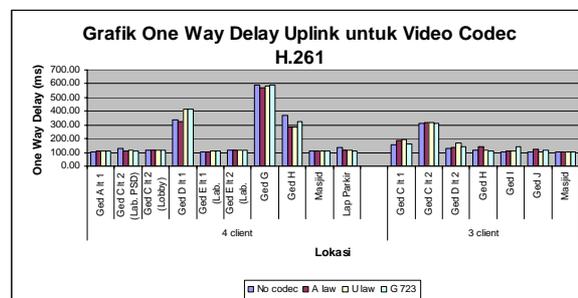
Data untuk *delay* standard paketisasi dan *depaketisasi* *codec* berkisar antara 4–6 ms.

- *Serialization Delay*

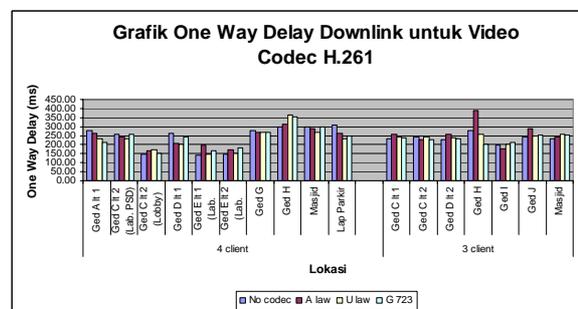
Packet size (Bytes) x 8 **Link Speed (kbps)**

- *Jitter Buffer Delay*
Untuk nilai *delay jitter buffer* dianggap sebesar 20 ms, karena pada *NetMeeting* nilai *delay jitter buffer* tidak dapat diseting.
- *Buffer Delay*
Buffer delay bernilai variable. *Buffer delay* berubah-ubah sesuai dengan jumlah router di tandem. Packet buffer size adalah 16 atau 26 ms, dan pada percobaan ini *buffer delay* dianggap maksimal yaitu 26 ms.

Dari hasil perhitungan komponen *delay* di atas dan *delay network* hasil pengukuran, maka dapat diperoleh *one way delay* atau *delay total* yang dihitung dengan menjumlahkan *coder processing delay*, *packetization delay*, *serialization delay*, *jitter buffer delay*, *buffer delay*, dan *network delay*.



Grafik 7. *One way delay* uplink video codec H.261



Grafik 8. *One way delay* down link dengan video codec H.261

Analisa Hasil Pengukuran Delay

Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa *one way delay* dengan *codec* H.261 berada pada range yang masih bisa diterima sesuai dengan standar *delay* yang dikeluarkan oleh ITU-T yaitu antara 150 - 400 ms (*acceptable provided that administrators are aware of the transmission time and it's impact on transmission quality of user application*).

Untuk masing-masing audio *codec* yang diubah-ubah pada client, yaitu pada *NetMeeting*, diperoleh *one way delay* maksimal untuk uplink terjadi pada pengukuran 4 client di gedung G sebesar 589,09ms untuk tanpa *codec* dan pengukuran 3 client di gedung C sebesar 320,76ms untuk *codec* U law. Sedangkan untuk down link, *one way delay*

maksimal terjadi di gedung H (GSG) baik untuk 4 client maupun 3 client yaitu pada angka 363,69 ms dan 390,94 ms. Penggunaan audio codec G.723 adalah yang terbaik pada proses pengukuran *one way delay* ini.

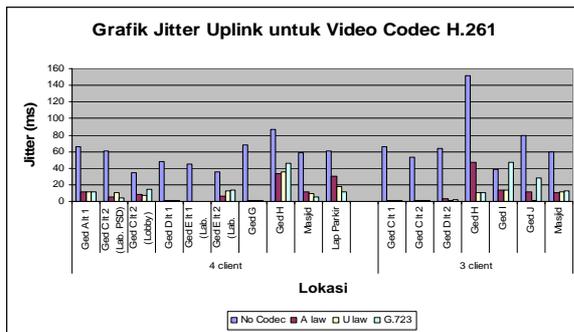
4.4 Pengukuran Jitter

➤ Tujuan Pengukuran

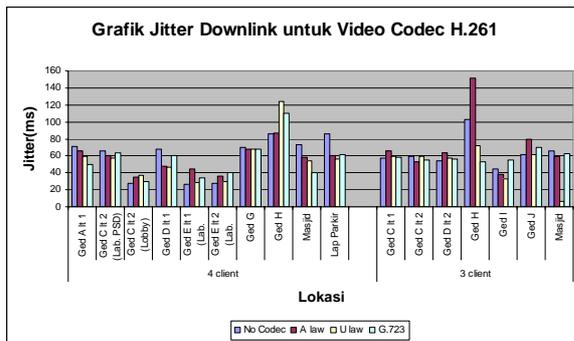
Jitter merupakan variasi kedatangan paket akibat lintasan tempuh data yang berbeda-beda dilihat dari sisi penerima. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui besarnya interval waktu antar paket yang dikirimkan oleh *entitas originating* ke *destination terminal*.

➤ Sistematika Pengukuran

Pada software Ethereal, nilai jitter ter-capture bersama delay saat proses pengukuran., sehingga konfigurasi pengukurannya sama dengan konfigurasi pengukuran pada *one way delay*. Filterisasi dilakukan untuk jitter yang terjadi pada hubungan client ke MCU atau sebaliknya, sehingga diperoleh jitter uplink dan downlink. Berikut adalah hasil pengukuran *jitter*:



Grafik 9. Jitter Uplink dengan Video Codec H.261



Grafik 10. Jitter Downlink dengan Video Codec H.261

➤ Analisa Hasil Pengukuran Jitter

Jitter sangat erat kaitannya dengan delay. *Jitter* dapat disebabkan lintasan tempuh paket yang berbeda-beda, bandwidth yang tiba-tiba menyempit karena adanya flooding, peningkatan trafik secara tidak teratur atau kongesti yang menyebabkan antrian. *Jitter* akan terpengaruh oleh *buffer*. Semakin besar nilai *buffer*, maka akan semakin besar kemungkinan untuk dapat mengakomodasi *jitter* untuk dapat disinkronisasi.

Merujuk pada rekomendasi yang dikeluarkan oleh CISCO, bahwa *jitter* yang masih dapat

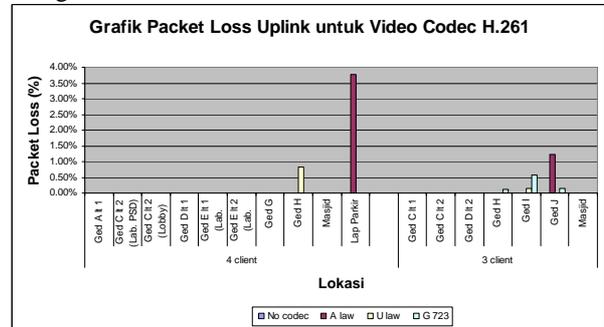
ditoleransi adalah kurang dari 30 ms. Dari hasil percobaan terlihat rata-rata *jitter* untuk video rata-rata lebih dari 30 ms. Pada kenyataannya, saat pengukuran memang didapatkan kualitas suara masih dapat diterima, tetapi untuk gambar sering terjadi patah-patah dan kabur. Video terburuk didapat di gedung H, hal ini dapat terlihat dari grafik jitter di atas.

4.5 Packet Loss

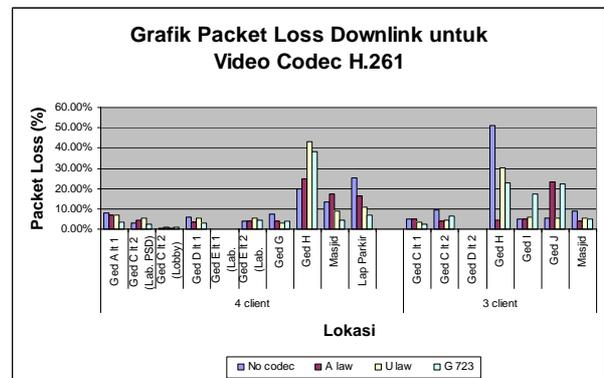
➤ Tujuan Pengukuran

Banyak hal yang dapat menyebabkan adanya packet loss, diantaranya jitter dan kongesti. Kongesti (kepadatan) paket yang melebihi kadar akan menyebabkan banyak paket yang hilang. Oleh sebab itu, buffer yang besar pada setiap node akan dapat mengurangi packet loss.

Data-data dari hasil pengukuran dapat dilihat dari grafik dibawah ini.



Grafik 11. Packet Loss Uplink dengan Video Codec H.261



Grafik 12. Packet Loss Downlink dengan Video Codec H.261

➤ Analisa Hasil Pengukuran Packet Loss

Pada pengukuran packet loss ini dapat dianalisa, bahwa pada hubungan uplink paket yang hilang rata-rata kecil bahkan 0%, karena pada uplink paket voice/video yang dikirimkan tidak terlalu besar, sehingga pada saat melewati buffer sangat sedikit paket yang hilang. Sedangkan pada hubungan downlink, paket voice/video yang dikirimkan oleh MCU cenderung lebih besar, karena MCU harus mengirimkan paket-paket yang telah diolah ke beberapa client sehingga pada saat melewati sebuah buffer akan banyak pula paket yang hilang. Hal ini terjadi karena buffer memiliki batasan untuk paket-paket yang melewati dia, sehingga apabila paket

yang melewati buffer terlampaui besar, berakibat besar pula paket yang tidak bisa dilalukan.

Dari grafik terlihat untuk hubungan uplink dibebberapa lokasi sangat kecil paket yang hilang, sedangkan pada downlink terutama di gedung H terdapat lonjakan paket yang hilang dan mencapai 50%.

4.6 Throughput

➤ Tujuan Pengukuran

Throughput adalah banyaknya *packet* data yang diterima oleh sebuah node dalam selang waktu pengamatan tertentu. Nilai *throughput* dipengaruhi oleh *delay*, *jitter*, dan *packet loss* yang terjadi. Tujuan dari analisa ini adalah untuk mengetahui seberapa besar *throughput* yang terjadi untuk masing-masing aplikasi dari *NetMeeting*.

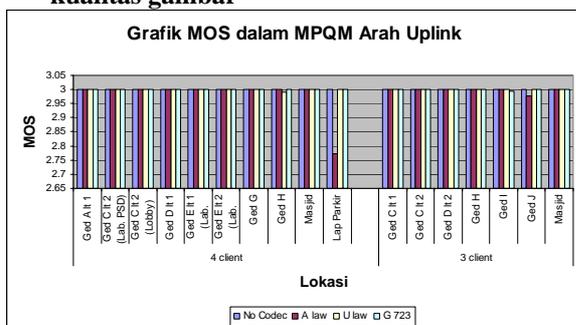
➤ Sistematika Pengukuran

Data *throughput* ini didapatkan dari hasil perhitungan dengan formula sebagai berikut:

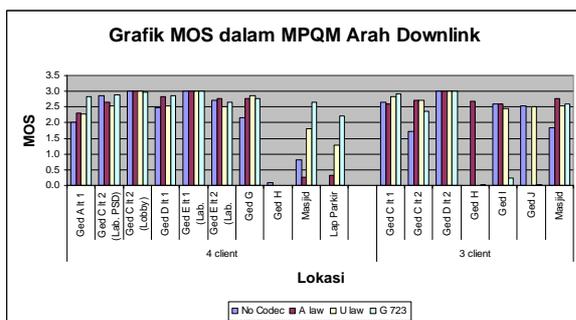
$$\text{Throughput} = \frac{\text{Packet receive}}{\text{Packet transmite}} \times 100\%$$

Throughput dari paket-paket yang berasal dari *client* mempunyai nilai yang cukup bervariasi. *Throughput* berhubungan erat dengan *packet loss*, semakin kecil *packet loss* maka *throughput* besar dan sebaliknya. Dari hasil percobaan ini rata-rata *throughput* untuk arah uplink dan downlink cukup baik, yaitu berkisar antara 80% sampai 100%. *Throughput* terkecil terjadi di gedung H, hal ini karena paket yang hilang terlalu banyak pada saat pengukuran di lokasi ini.

4.7 Estimasi Pengaruh Packet loss terhadap kualitas gambar



Grafik 13. MOS dalam MPQM Arah Uplink



Grafik 14. MOS dalam MPQM arah Downlink

➤ Analisa Hasil Pengukuran

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa perhitungan nilai MOS untuk kualitas video menggunakan MPQM, dipengaruhi oleh *packet loss* yang terjadi. Semakin besar *packet loss* maka kualitas video yang dihasilkan semakin turun. Selain itu, *jitter* dan *delay* juga berpengaruh terhadap kualitas gambar. Semakin besar *delay* dan *jitter*, maka gambar yang dihasilkan akan patah-patah. Pada arah uplink, rata-rata *packet loss* kecil, sehingga nilai MOS yang dihasilkan relative cukup baik, yaitu berkisar pada nilai 3. Tetapi pada arah downlink, kualitas video yang didapat bervariasi dari cukup baik sampai buruk. Hal ini disebabkan *packet loss*, *delay*, dan *jitter* yang mempengaruhi perhitungan cukup besar, bahkan pada lokasi percobaan gedung H untuk *packet loss* sebesar 50% sehingga tidak dapat ditentukan nilai MOS-nya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari percobaan yang dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dalam perbaikan kualitas audio, digunakan beberapa codec di sisi client. Dari percobaan yang dilakukan menunjukkan bahwa *audio codec* yang memberikan hasil terbaik pada implementasi *video conference* ini adalah G.723, hal ini terlihat pada *one way delay* yang dihasilkan lebih kecil dari pada *audio codec* yang lain, *delay* arah downlink lebih baik dan teratur daripada uplink, *jitter* uplink rata-rata <30 ms sedangkan downlink rata-rata >30 ms, *packet loss* arah uplink rata-rata 0% dan arah downlink bervariasi dengan rata-rata <10%, *throughput* cukup baik.
2. Dari pengukuran parameter QoS yaitu *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* menunjukkan bahwa jumlah client berpengaruh terhadap QoS. Semakin banyak user maka QoS pada masing-masing user akan menurun.

Kualitas video yang dihasilkan pada implementasi ini cukup baik terutama pada arah uplink. Sedangkan pada arah downlink, kualitas yang didapat sangat bervariasi, bahkan pada tempat-tempat tertentu seperti gedung H diperoleh nilai MPQM yang sangat kecil. Nilai MOS dengan MPQM rata-rata bernilai 3 (cukup).

PUSTAKA

- [1] Cisco System. Inc, "Understanding Delay in Packet Voice Networks", USA, 2004.
- [2] Freeman, Roger L, "Fundamentals of Telecommunications", New Jersey: John Willey & Sons. Inc, 2005.
- [3] NetPredict. Inc, "Performance Analysis for Video Streams across Networks", 2003.
- [4] Tharom, Thabratas dan W.Purbo, Onno. "Teknologi VoIP", Jakarta, PT. Elex Media Komputindo, 2001.
- [5] Syafrizal, Melwin, "Pengantar Jaringan Komputer", Yogyakarta, Penerbit ANDI, 2005.
- [6] Suryo Nugroho, Awan, "Kajian Implementasi Digital Video Broadcast (DVB) over IPDSLAM pada Jaringan Laboratorium Wireline Akses di Telkom Risti Bandung", Bandung, 2006.