

Unjuk Kerja QoS (*Quality of Services*) Jaringan *Voice over Internet Protocol* Berbasis SIP yang Diimplementasikan pada Jaringan *Ethernet* Gedung FEB-UKSW

Suryo Aji Tanoyo¹, Eva Yovita Dwi Utami²

Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer,
Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga
¹oyo_rockez@yahoo.co.id, ²eva.utami@staff.uksw.edu

Ringkasan

Jaringan komputer yang diimplementasikan di dalam suatu perkantoran yang lebih banyak dimanfaatkan untuk layanan data dapat dioptimalkan dengan penambahan layanan *voice* berbasis IP. *Voice over Internet Protocol* (VoIP) menghemat *resource* jaringan dibandingkan dengan PSTN (*Public Switched telephone Network*). Namun demikian implementasi VoIP harus memperhatikan kualitas layanan atau *Quality of Service* (QoS). Parameter kualitas layanan VoIP antara lain *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Teknologi VoIP telah dikembangkan dengan menciptakan berbagai macam *protocol* seperti SIP, H.323, MGCP dan *codec* seperti G.711, G.723.1, G.726, G.728, G.729 dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas layanan VoIP. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja QoS dengan membandingkan variasi *codec* G.711, G.723.1 dan G.726 pada sebuah rancangan jaringan VoIP berbasis SIP di gedung FEB-UKSW, dengan parameter QoS adalah *Throughput*, *delay*, *packet loss*, *jitter*. Komunikasi VoIP yang dilakukan terdiri atas komunikasi internal dan komunikasi eksternal. Komunikasi internal mencakup simulasi komunikasi *hardphone* ke PC. Komunikasi eksternal mencakup simulasi *hardphone* ke PC eksternal. Dari hasil penelitian, secara umum didapatkan bahwa *codec* G.711 memiliki kualitas paling baik untuk simulasi komunikasi internal ataupun eksternal dengan menghasilkan rata-rata *delay*, *jitter*, *packet loss* paling rendah.

Kata Kunci: IVoIP, QoS, SIP, *Codec*

1. Pendahuluan

Pada umumnya dalam sebuah gedung perkantoran, dibutuhkan jaringan komunikasi yang dapat menghubungkan pengguna maupun perangkat pengguna antar bagian maupun ruangan. Selama ini digunakan jaringan telepon PABX untuk komunikasi suara dan jaringan komputer untuk komunikasi data. Dengan perkembangan jaringan komputer saat ini, maka dimungkinkan kedua jenis komunikasi itu dilakukan dalam satu jaringan yang sama. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana (FEB-UKSW) ingin mengoptimalkan jaringan internet dengan membangun sebuah sistem komunikasi yang dapat menghubungkan jaringan lokal/intranet dengan jaringan luar negeri dan jaringan PSTN. Solusi yang dapat diberikan untuk tujuan tersebut adalah dengan mengimplementasikan teknologi VoIP pada jaringan *Ethernet* gedung FEB-

UKSW. *Voice over Internet Protocol (VoIP)* adalah teknologi yang memungkinkan melewati trafik suara dalam bentuk paket melalui jaringan berbasis IP. Teknologi ini merubah data suara (analog) menjadi format digital tertentu sehingga dapat dilewatkan pada jaringan berbasis *packet switch* seperti jaringan IP. [1]

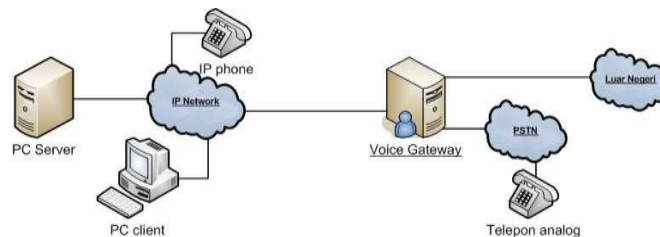
Dalam jaringan berbasis *packet switch* seperti IP, *resource* jaringan digunakan bersama oleh banyak pengguna, sehingga untuk layanan yang bersifat *real time* seperti *voice* harus memenuhi persyaratan kualitas layanan agar tidak jauh di bawah standar kualitas suara telepon berbasis *circuit switch*. Kualitas layanan diukur dengan parameter *delay*, *jitter* dan *packet loss*. Di sisi lain untuk penghematan *bandwidth* karena penggunaan secara bersama, dibutuhkan kompresi format data suara yang dilewatkan melalui jaringan IP. Untuk tujuan tersebut telah dikembangkan berbagai macam *protocol* seperti SIP, H.323, MGCP dan standar kompresi data dengan *codec* seperti G.711, G.723.1, G.726, G.728, G.729.

Dalam makalah ini akan dilaporkan penelitian kinerja jaringan komunikasi VoIP berbasis SIP yang dirancang dan dibangun pada jaringan *Ethernet* gedung FEB-UKSW. Penelitian dilakukan dengan mengukur parameter QoS, yaitu *Throughput*, *delay*, *packet loss*, dan *jitter* dengan variasi *codec* yang digunakan yaitu G.711, G.723.1 dan G.726.

2. Implementasi dan Penelitian Kinerja Jaringan

2.1. VoIP (Voice over Internet Protocol)

Dalam komunikasi VoIP, pemakai melakukan hubungan telepon melalui terminal berupa PC atau telepon. Terminal akan berkomunikasi dengan *gateway* melalui jaringan lokal. Hubungan antar *gateway* dilakukan melalui *network IP*[1]. Gambar 1 merupakan suatu contoh sistem jaringan VoIP yang memungkinkan untuk berkomunikasi dari *IP Phone* atau komputer ke telepon publik, begitu juga sebaliknya.



Gambar 1. Diagram Jaringan VoIP

2.2. Protokol SIP (Session Initiation Protocol)

SIP merupakan protokol yang berada pada layer aplikasi yang bertugas mendefinisikan proses awal, perubahan, dan pengakhiran (pemutusan) suatu sesi komunikasi multimedia. SIP ini memiliki karakteristik *client-server*, yang berarti *request* diberikan oleh *client* kemudian *server* mengolah *request* dan memberikan tanggapan terhadap *request* yang diberikan *client*. *Request* dan tanggapan terhadap *request* tersebut disebut transaksi SIP. [2] Secara garis besar arsitektur dari SIP terbagi menjadi dua komponen yaitu *user agent* dan *servers*. *User agent* merupakan *end point* dari sistem dan memuat dua sub sistem yaitu *user agent client (UAC)* yang membangkitkan *requests*, dan *user agent server (UAS)* yang merespon *requests*.

2.3. Standar Kompresi Data Suara

Kompresi data merupakan teknik memperkecil ukuran memori data yang digunakan. Untuk melakukan pengiriman suara pada IP, suara diubah dalam format digital, dan agar dapat menghemat *bandwidth*, data digital dikompresi sebelum dilewatkan melalui jaringan IP. ITU-T (*International Telecommunication Union – Telecommunication Sector*) membuat beberapa standar untuk *voice coding* yang direkomendasikan untuk implementasi VoIP. Beberapa standar yang sering digunakan pada jaringan berbasis paket antara lain Codec G.711, G.723.1, G.726, G.728, G.729. Karakteristik codec tersebut dapat dilihat pada [3]. Dalam penelitian ini digunakan codec G. 711, G.726 dan G.723.1.

G.711 merupakan standar yang dikeluarkan oleh ITU-T yang digunakan untuk kompresi audio, biasanya digunakan pada telepon. Standar ini menggunakan teknik *Pulse Code Modulation* (PCM) untuk proses pengiriman suara. Dalam pengkodean PCM menggunakan 8 bit, sehingga laju transmisi PCM tersebut dapat dicari dengan mengalikan 8000 cuplikan/detik dengan 8 bit/cuplikan sehingga didapatkan 64000 bit/detik. *Bit rate* 64 kbps ini merupakan standar transmisi untuk satu kanal telepon digital. Percakapan berupa sinyal analog yang melalui jaringan PSTN mengalami pengkodean menjadi sinyal digital oleh PCM G.711 sebelum memasuki VoIP *gateway*.

G.726 merupakan teknik pengkodean suara ADPCM (*Adaptive Differential Pulse Code Modulation*) dengan hasil pengkodean pada laju 40, 32, 24, dan 16 kbps. Keuntungan yang diperoleh adalah bahwa jumlah bit yang diperlukan untuk proses penyandian menjadi lebih sedikit. Proses *coding-decoding* untuk standar ini berdasarkan [4]

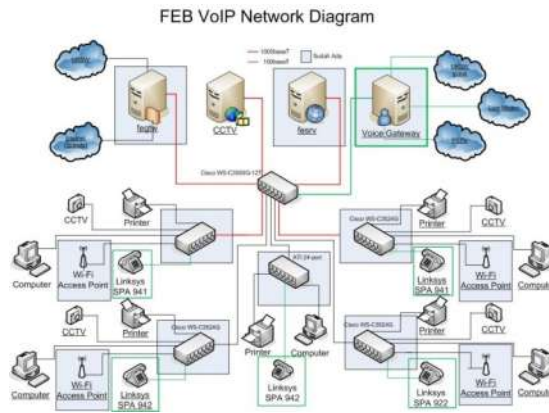
Codec G.723.1 adalah jenis pengkodean suara yang direkomendasikan untuk terminal multimedia dengan *bit rate* rendah. G.723.1 memiliki *dual rate speech coder* yang dapat di-*switch* pada batas 5.3 kbit/s dan 6.3 kbit/s. Tiap frame memiliki 240 sampel untuk durasi 30 ms. Dengan memiliki *dual rate speech coder* ini maka G.723.1 memiliki fleksibilitas dalam beradaptasi terhadap informasi yang dikandung oleh sinyal suara. Proses *coding-decoding* untuk standar ini berdasarkan [5]

2.4. Implementasi Jaringan VoIP

Pembangunan jaringan dilakukan secara bertahap, diawali dengan perancangan IP PBX sebagai pusat pemrosesan data yang dibangun menggunakan *Linksys SPA9000*. Jaringan komunikasi ini dirancang untuk menghubungkan jaringan lokal dengan jaringan luar negeri dan jaringan PSTN. VoIP *gateway Linksys SPA400* digunakan untuk komunikasi dengan jaringan PSTN. Langkah berikutnya adalah melakukan konfigurasi pada *Linksys SPA400* agar dapat terhubung dengan PBX server dan perangkat komunikasi yang digunakan (*Linksys SPA 941, 942, 922, dan PC Client*). Gambar 2 menunjukkan Diagram Jaringan VoIP pada Gedung FEB UKSW.

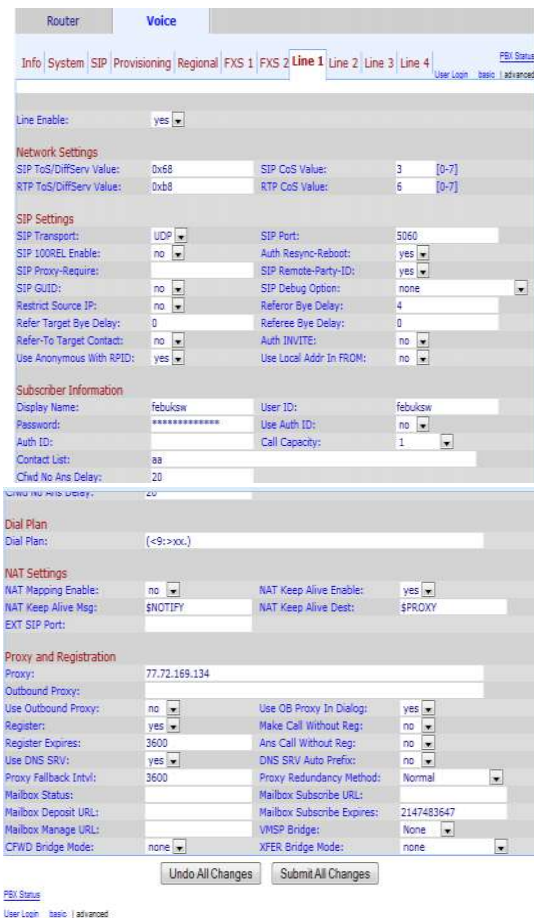
Konfigurasi jaringan *Linksys SPA9000*, bertujuan agar *Linksys SPA9000* dapat disambungkan ke jaringan *Ethernet* yang sudah ada. Agar memudahkan bagi SIP *client non-Linksys* untuk mendaftarkan diri ke sentral dan tidak mengganggu tiap alamat dari jaringan *Ethernet* yang sudah ada, maka perlu menggunakan *static IP*. Konfigurasi VoIP pada *Linksys SPA9000* adalah sebagai berikut:

1. *Line 1* disambungkan ke SIP Server yang mempunyai alamat 77.72.169.134
2. *Line 2* disambungkan ke SIP Server yang mempunyai alamat 202.153.128.34
3. *Line 3* disambungkan ke VoIP Gateway yang mempunyai alamat 169.254.104.2



Gambar 2. Diagram Jaringan VoIP pada Gedung FEB-UKSW

Langkah berikutnya adalah menginstalasi VoIP *Gateway* yang juga berfungsi sebagai penghubung jaringan telepon analog (PSTN atau PBX) ke jaringan VoIP. Standar *codec* dapat digunakan untuk melakukan konversi tersebut seperti G.711, G.726, G.729, G.723.1, GSM, dan lainnya.



Gambar 3. Line setup pada Linksys SPA9000

Langkah-langkah dalam perancangan VoIP *Gateway* menggunakan *Linksys SPA400* dijelaskan sebagai berikut.

1. *Network setup* yaitu melakukan konfigurasi IP address *Linksys SPA400* agar dapat terhubung dengan *Ethernet* yang sudah ada dan terhubung dengan *server* dengan menggunakan *static IP*, alamat IP adalah 169.254.104.2 dengan *gateway IP* beralamat 169.254.104.1
2. Konfigurasi *line setting* bertujuan untuk mendaftarkan tiap *line* pada *Linksys SPA400* agar dapat dipasangkan atau disambungkan ke jaringan PSTN atau *IP Phone*. Dalam hal ini berfungsi sebagai *extension*.
 - a. *Line 1* berfungsi sebagai *extension* untuk berhubungan ke PSTN, diregistrasikan dengan *user name* 1234, dan nomor 1234.
 - b. *Line 2* berfungsi sebagai *extension* untuk berhubungan ke PBX kampus UKSW diregistrasikan dengan *user name* 5678, dan nomor 5678.

2.5. Metode Pengumpulan data

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kualitas QoS pada jaringan internal dan jaringan eksternal. Komunikasi jaringan internal meliputi komunikasi *hardphone* ke PC. Sedangkan komunikasi jaringan eksternal meliputi komunikasi *hardphone* ke PC yang terletak diluar jaringan *Ethernet* FEB-UKSW. Proses pengukuran kualitas QoS dilakukan sebagai berikut.

1. Memasang perangkat lunak pendukung seperti *3cx Softphone* (sebagai *user agent softphone client*) dan *wireshark* digunakan untuk mengukur parameter QoS.
2. Mendaftarkan *client* yang akan digunakan ke *server*.
3. Memasang aplikasi *wireshark* pada salah satu PC *client* yang digunakan untuk melakukan penelitian.
4. Pengukuran ini dilakukan dengan beberapa *codec* yang telah ditentukan, tiap panggilan selama 2 menit.
5. Hasil pengukuran parameter QoS kemudian dicari nilai maksimum dan rata-rata.

Data yang diukur merupakan data PC *client* yang sedang melakukan komunikasi menggunakan tiap *codec*.

2.6. Parameter Quality of Service (QoS)

Parameter QoS yang diukur adalah *throughput*, *delay*, *packet loss*, dan *jitter*. Dalam jaringan VoIP, *delay* merupakan suatu permasalahan yang harus diperhitungkan karena bagus tidaknya suara tergantung dari waktu *delay*. Waktu tunda maksimum yang dianjurkan oleh ITU-T untuk VoIP adalah 150 ms untuk aplikasi suara, sedangkan *delay* maksimum dengan kualitas suara yang bisa didengar adalah 250 ms.

Jitter adalah variasi dari waktu kedatangan antar-paket dalam jaringan. Hal ini disebabkan oleh variasi *delay* transmisi dalam jaringan. *Jitter* biasanya disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya beban trafik, variasi ukuran paket, kemacetan paket (*congestion*), dan waktu tunda pemrosesan. ITU-T merekomendasikan nilai *jitter* kurang dari 20 ms. *Jitter* dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut.

$$J(i) = J(i - 1) + \frac{|D(i-1,i)| - J(i-1)}{16} \quad (1)$$

Dengan $D(i-1, i)$ adalah perbedaan waktu transit relatif untuk dua paket. Perbedaanannya dihitung sebagai.

$$D(i,j) = (R_j - R_i) - (S_j - S_i) = (R_j - S_j) - (R_i - S_i) \quad (2)$$

dengan

R_j = Waktu kedatangan paket ke j

R_i = Waktu kedatangan paket ke i

S_j = Timestamp paket ke j

S_i = Timestamp paket ke i

Packet loss adalah kehilangan paket data pada saat proses transmisi. *Packet loss* terjadi ketika terdapat penumpukan data pada jalur yang dilewati dan menyebabkan terjadinya *overflow buffer* pada *router*. *Packet loss* di atas 10% sudah tidak bisa ditoleransi dalam jaringan VoIP.

3. Hasil Penelitian dan Analisis

3.1. Pengukuran Delay

Pengukuran *delay* dilakukan dalam tiga variasi komunikasi yaitu dengan beban 3 pasang, 5 pasang, dan 10 pasang komputer yang saling berkomunikasi. Hasil pengukuran *delay* pada tiap *codec* dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 untuk komunikasi *hardphone* ke PC dan Tabel 3 dan Tabel 4 untuk *hardphone* ke PC eksternal dengan arah *forward* dan *reverse* pada tiap komunikasi.

Tabel 1 sampai Tabel 4 merupakan hasil pengukuran berupa nilai maksimum dan nilai rata-rata *delay* dari komunikasi internal dan eksternal. Pada komunikasi eksternal nilai maksimum *delay* dari tiap *codec* lebih tinggi daripada komunikasi *hardphone* ke PC internal, terutama pada arah *reverse*. Hal ini bisa disebabkan pada komunikasi eksternal komunikasi harus melalui dua *server*, data yang akan ditransmisikan pertama-tama diolah oleh *server* PBX lokal FEB UKSW, dari *server* PBX lokal kemudian ditransmisikan ke *server* VoIP eksternal/ *proxy server* VoIP yang disediakan oleh beberapa *provider* seperti *voip rakyat* atau *voip discount*. *Codec* G.723.1 memiliki nilai *delay* maksimum tertinggi yaitu 976,13 ms. Hal ini dapat terjadi karena karakteristik *codec* G.723.1 yang memiliki *voice bit rate* rendah dan memiliki *delay* pada teknik kompresinya. Ditambah *delay* saat paketisasi dari *proxy server* VoIP eksternal.

Pada saat disimulasikan trafik jaringan dinaikkan menjadi 10 pasang komunikasi, *codec* G.711 dan *codec* G.726 mengalami kenaikan nilai *delay*, namun pada *codec* G.726 saat komunikasi arah *reverse* saat peralihan dari 5 pasang ke 10 pasang nilainya naik kemudian turun. Pada saat 5 pasang komunikasi *codec* G.726 mengalami anomali data sebanyak 3%, kemungkinan hal tersebut yang menyebabkan terjadinya kenaikan yang drastis pada saat 5 pasang komunikasi. Jika nilai di luar batas anomali tidak diikutsertakan dalam perhitungan secara berturut-turut nilai rata-rata *delay* menjadi 25,84 ms, 25,89 ms, dan 28,17 ms untuk 3, 5, 10 pasang komunikasi. Pada komunikasi eksternal nilai rata-rata *delay* masih memenuhi standar ITU-T kurang dari 150 ms meskipun nilai maksimumnya besar.

Tabel 1. Delay Komunikasi Forward Hardphone ke PC

Jumlah	Hardphone ke PC Komunikasi Forward					
	G.711		G.723.1		G.726	
	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)
3 pasang berkomunikasi	234,6	29,99	191,45	30	121,77	28,86
5 pasang berkomunikasi	160,69	29,99	164,31	30	139,77	29,99
10 pasang berkomunikasi	192,24	30	165,76	30	122,95	29,99

Tabel 2. Delay Komunikasi Reverse Hardphone ke PC

Jumlah	Hardphone ke PC Komunikasi Reverse					
	G.711		G.723.1		G.726	
	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)
3 pasang berkomunikasi	43,62	19,99	109,16	30,03	73,22	20
5 pasang berkomunikasi	91,48	20,02	107,37	30	74,35	20,01
10 pasang berkomunikasi	331,43	20,06	157,45	29,94	83,75	20,01

Tabel 3. Delay Komunikasi Forward Hardphone ke PC Eksternal

Jumlah	Hardphone ke PC Eksternal Komunikasi Forward					
	G.711		G.723.1		G.726	
	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)
3 pasang berkomunikasi	35,94	20	79,18	30	60,85	20
5 pasang berkomunikasi	50,9	19,98	101,83	30	94,89	20,02
10 pasang berkomunikasi	49,35	19,99	65,32	29,99	104,7	20,05

Tabel 4. Delay Komunikasi Reverse Hardphone ke PC Eksternal

Jumlah	Hardphone ke PC Eksternal Komunikasi Reverse					
	G.711		G.723.1		G.726	
	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)
3 pasang berkomunikasi	588,16	30	323,26	30,23	319,48	29,99
5 pasang berkomunikasi	593,22	30	976,13	30,1	462,98	30,13
10 pasang berkomunikasi	371,61	30,05	881,11	30	246,15	29,94

3.2. Pengukuran Jitter

Hasil pengukuran *jitter* pada tiap *codec* dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 untuk komunikasi *hardphone* ke PC dan Tabel 7 dan Tabel 8 untuk *hardphone* ke PC eksternal dengan komunikasi yang dilakukan pada arah *forward* dan *reverse*.

Jitter disebabkan oleh variasi *delay* yang terjadi saat komunikasi VoIP sedang terjadi. Pada tabel di atas terutama pada arah *forward* dapat dilihat bahwa pada komunikasi 3 pasang komputer *codec* G.723.1 memiliki *jitter* yang lebih besar dari *codec* lainnya. Hal ini terjadi karena waktu kedatangan antar paket yang besar yaitu 30 ms. Pada Tabel 8 nilai rata-rata *codec* G.723.1 pada 5 pasang komunikasi arah *reverse* sudah memenuhi standar ITU-T yaitu 41,2 ms. Hal ini menunjukkan bahwa *codec* G.723.1 kurang baik bila digunakan pada komunikasi eksternal. Saat trafik meningkat, *codec* G.711 dan G.726 yang memiliki *packet per second* dan *payload size* yang tinggi mengalami kongesti pada jaringan yang padat, sehingga nilai *jitter* meningkat.

Secara umum *Codec* G.711 memiliki nilai rata-rata *jitter* yang rendah dibandingkan dengan kedua *codec* lainnya terutama pada komunikasi *forward*, Hal ini dikarenakan

karakteristik *codec* G.711 yang memiliki *voice bit rate* yang tinggi dan waktu kedatangan antar paket yang rendah yaitu 10 ms sehingga dapat menghasilkan nilai *jitter* yang rendah.

Tabel 5. *Jitter* Komunikasi *Forward Hardphone* ke PC

Jumlah	Hardphone ke PC Komunikasi <i>Forward</i>					
	G.711		G.723.1		G.726	
	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)
3 pasang berkomunikasi	31,9	4,73	36,2	10,7	15,31	3,3
5 pasang berkomunikasi	23,53	5,64	26,71	8,94	15,3	3,46
10 pasang berkomunikasi	36,61	12,58	29,56	6,62	18,14	4,1

Tabel 6. *Jitter* Komunikasi *Reverse Hardphone* ke PC

Jumlah	Hardphone ke PC Komunikasi <i>Reverse</i>					
	G.711		G.723.1		G.726	
	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)
3 pasang berkomunikasi	16,1	13,99	11,42	3,09	8,4	3,23
5 pasang berkomunikasi	18,62	14,06	10,26	2,78	9,09	3,35
10 pasang berkomunikasi	45,99	14,32	14,85	2,87	9,38	4,11

Tabel 7. *Jitter* Komunikasi *Forward Hardphone* ke PC Eksternal

Jumlah	Hardphone ke PC Eksternal Komunikasi <i>Forward</i>					
	G.711		G.723.1		G.726	
	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)
3 pasang berkomunikasi	3,43	1	14,25	10,36	7,92	3,66
5 pasang berkomunikasi	8,59	2,69	15,68	10,77	11,89	4,08
10 pasang berkomunikasi	8,22	3,25	13,67	10,22	12,84	4,77

Tabel 8. *Jitter* Komunikasi *Reverse Hardphone* ke PC Eksternal

Jumlah	Hardphone ke PC Eksternal Komunikasi <i>Reverse</i>					
	G.711		G.723.1		G.726	
	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)	Maks (ms)	Rata-rata (ms)
3 pasang berkomunikasi	51,88	10,46	60,51	19,44	28,07	12,74
5 pasang berkomunikasi	59,37	28,13	92,67	41,2	42,36	25,63
10 pasang berkomunikasi	52,67	35,71	96,11	19,19	44,12	31,38

3.2. Pengukuran *Throughput* dan *Packet Loss*

Hasil pengukuran *throughput* dan *packet loss* pada tiap *codec* dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10 untuk komunikasi *hardphone* ke PC dan Tabel 11 dan Tabel 12 untuk *hardphone* ke PC eksternal dengan komunikasi yang dilakukan pada arah *forward* dan *reverse*.

Rata-rata *throughput* dari *codec* G.723.1 lebih rendah dibandingkan dengan *codec* G.711 dan G.726, hal ini disebabkan oleh *codec* G.723.1 memiliki algoritma yang dapat menghasilkan *voice bit rate* yang kecil yaitu 6,3 kbps sehingga *codec* G.723.1 membutuhkan *bandwidth* sekitar 20 kbps, sedangkan untuk G.711 yang mempunyai *voice bit rate* 64 kbps sekitar 80 kbps dan G.726 yang mempunyai *voice bit rate* 32 kbps sekitar 50 kbps. Nilai dari *throughput* akan sesuai dengan besarnya kapasitas *bandwidth* pada tiap *codec*.

Unjuk Kerja QoS (Quality of Services) Jaringan Voice over Internet Protocol Berbasis SIP yang Diimplementasikan pada Jaringan Ethernet Gedung FEB-UKSW
Suryo Aji Tanoyo, Eva Yovita Dwi Utami

Tabel 9. Throughput dan Packet Loss Komunikasi Forward Hardphone ke PC

Jumlah	Hardphone ke PC Komunikasi Forward								
	G.711			G.723.1			G.726		
	Throughput (kbps)		Packet loss (%)	Throughput (kbps)		Packet loss (%)	Throughput (kbps)		Packet loss (%)
	Maks	Rata-rata		Maks	Rata-rata		Maks	Rata-rata	
3 pasang	89,67	75,75	0	19,97	17,29	0	46,76	43,29	0
5 pasang	85,12	75,7	0	19,46	17,29	0	47,36	43,3	0
10 pasang	89,6	75,6	0	19,97	17,31	0	48,64	43,3	0

Tabel 10. Throughput dan Packet Loss Komunikasi Reverse Hardphone ke PC

Jumlah	Hardphone ke PC Komunikasi Reverse								
	G.711			G.723.1			G.726		
	Throughput (kbps)		Packet loss (%)	Throughput (kbps)		Packet loss (%)	Throughput (kbps)		Packet loss (%)
	Maks	Rata-rata		Maks	Rata-rata		Maks	Rata-rata	
3 pasang	83,2	67,7	0	18,43	15,3	0	48,37	48,22	0
5 pasang	83,2	61,9	0	18,94	14,19	0	49,92	48,27	0
10 pasang	84,8	68,23	0	17,92	15,47	0	49,92	48,18	0

Tabel 11. Throughput dan Packet Loss Komunikasi Forward Hardphone ke PC Eksternal

Jumlah	Hardphone ke PC Eksternal Komunikasi Forward								
	G.711			G.723.1			G.726		
	Throughput (kbps)		Packet loss (%)	Throughput (kbps)		Packet loss (%)	Throughput (kbps)		Packet loss (%)
	Maks	Rata-rata		Maks	Rata-rata		Maks	Rata-rata	
3 pasang	81,6	76,76	0	17,92	12,75	0	49,92	48,15	0
5 pasang	83,2	75,94	0	17,92	11,49	0	49,92	48,19	0
10 pasang	83,2	78	0	17,92	12,03	0	49,92	48,09	0

Tabel 12. Throughput dan Packet Loss Komunikasi Reverse Hardphone ke PC Eksternal

Jumlah	Hardphone ke PC Eksternal Komunikasi Reverse								
	G.711			G.723.1			G.726		
	Throughput (kbps)		Packet loss (%)	Throughput (kbps)		Packet loss (%)	Throughput (kbps)		Packet loss (%)
	Maks	Rata-rata		Maks	Rata-rata		Maks	Rata-rata	
3 pasang	118,72	75,68	0,03	23,04	17,11	0,06	58,88	42,99	0,04
5 pasang	120,96	75,44	0	31,74	17,67	0	57,6	43,48	0,5
10 pasang	107,52	75,71	0	36,35	17,49	0	55,04	43,16	0

Pada komunikasi *hardphone* ke PC eksternal ada beberapa simulasi komunikasi yang mengalami *packet loss* seperti yang terlihat pada Tabel 12. *Codec* G.711 mengalami *packet loss* sebesar 0,03% saat simulasi 3 pasang komunikasi, pada saat yang bersamaan *codec* G.711 mengalami *delay* sebesar 588,16 ms dan nilai *jitter*-nya menjadi 51,88 ms. Hal yang sama terjadi pada *codec* G.723.1 yang mengalami *packet loss* sebesar 0,06% saat simulasi 3 pasang komunikasi, pada saat yang bersamaan *codec* G.723.1 mengalami *delay* sebesar 323,26 ms dan nilai *jitter*-nya menjadi 60,51 ms.

Sedangkan untuk *codec* G.726 mengalami dua kali *packet loss* sebesar 0,04% pada simulasi 3 pasang komunikasi dan 0,5% pada simulasi 5 pasang komunikasi. Pada saat 5

pasang komunikasi *codec* G.726 menghasilkan *delay* yang besar yaitu 462,98 ms dengan nilai maksimum *jitter* 42,36 ms dan nilai rata-rata *jitter* yang sangat besar yaitu 25.75 ms. Nilai *jitter* tersebut sudah tidak direkomendasikan oleh ITU-T dimana standar yang direkomendasikan kurang dari 20 ms. Hal ini menyebabkan adanya antrian data yang berlebih pada jaringan yang menyebabkan terjadinya *packet loss*. Data yang dikirimkan secara *real time* harus dibuang karena adanya peningkatan kongesti akibat rata-rata *jitter* yang besar.

4. Kesimpulan

Hasil pengukuran pada jaringan VoIP yang diimplementasikan pada Gedung FEB-UKSW dengan komunikasi *hardphone* ke PC arah *forward* maupun *reverse* menunjukkan nilai rata-rata *delay*, *jitter*, dan *packet loss* memenuhi dari standar ITU-T. Sedangkan untuk komunikasi *hardphone* ke PC eksternal nilai rata-rata *delay* dan *packet loss* masih memenuhi standar ITU-T, tetapi nilai rata-rata *jitter* pada ketiga *codec* terutama untuk komunikasi arah *reverse* tidak memenuhi standar ITU-T.

Packet loss hanya terjadi pada simulasi komunikasi *hardphone* ke PC eksternal dimana *codec* G.711 mengalami *packet loss* sebesar 0,03 % pada 3 pasang komunikasi, *codec* G.723.1 mengalami *packet loss* sebesar 0,06 % pada 3 pasang komunikasi, dan *codec* G.726 mengalami *packet loss* sebesar 0,04 % pada 3 pasang komunikasi serta 0,5 % pada 5 pasang komunikasi

Secara keseluruhan *codec* G.711 dapat digunakan di segala bentuk hubungan komunikasi, sedangkan G.723.1 dan G.726 tidak memberikan hasil yang baik jika digunakan pada komunikasi *hardphone* ke PC eksternal karena memiliki *jitter* di luar standar ITU-T dan menghasilkan *packet loss*.

Daftar Pustaka

- [1] H, Iskandarsyah, "Dasar – dasar VoIP", ilmucomputer.com, 2003-2007.
- [2] Raharja, Anton., "VoIP Fundamental", ilmukomputer.com, 2003-2007.
- [3] ITU-TG.114. International telecommunications Union Telecommunication, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.114-200305-I>, diunduh 25 September 2013
- [4] ITU-TG.726. International telecommunications Union Telecommunication, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.723.6>, diunduh 25 Januari 2014.
- [5] ITU-TG.723.1. International telecommunications Union Telecommunication, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.723.1>, diunduh 25 Januari 2014.