

# ***Quality Of Service (QoS) Layanan Video Conference Pada Jaringan High Speed Packet Access (HSPA) Menggunakan Emulator Graphical Network Simulator (GNS) 3.***

Reno Muktiaji Herdiansyah.<sup>1</sup>, Ir. Wahyu Adi P., M.Sc.<sup>2</sup>, Dwi Fadilla K., ST., MT.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, <sup>2</sup>Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono167, Malang 65145, Indonesia

Email: [renoherd@gmail.com](mailto:renoherd@gmail.com)

**Abstrak –** *Video conference* adalah layanan yang meliputi Pelayanan data, voice, multimedia dan internet. Video conference membutuhkan kecepatan data yang relative tinggi dan bandwidth relative lebar. *High speed packet access (HSPA)* adalah jaringan generasi 3.75G yang mampu memberikan layanan kecepatan hingga 14,4 Mbps pada downlink dan 7,2 Mbps pada uplink sehingga jaringan ini mampu memenuhi kebutuhan untuk layanan *video conference*. Pada penelitian ini dibahas konfigurasi *video conference* pada jaringan *High speed packet access (HSPA)* dan pengamatan melalui *software emulator GNS3*. Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah throughput, packet loss, delay end-to-end dan jitter. Kualitas layanan yang didapatkan dengan membandingkan hasil pengamatan dengan hasil simulasi.

Dari hasil pengamatan didapat nilai untuk resolusi 640x480p memiliki nilai delay end-to-end 148.150,75 ms. Kualitas performansi layanan *video conference* di daerah pengambilan data menggunakan *High Speed Packet Access (HSPA)* adalah sesuai dengan standar ITU-T G.1010 untuk delay (delay end to end < 10 s) dan packet loss (packet loss < 1%) pada resolusi 320x240p dan 640x480p. Nilai tersebut dikategorikan buruk menurut standar ITU-T G.114, sehingga butuh pengembangan yang mendalam dalam penerapan teknologi ini kedepannya.

**Kata Kunci—** *Video conference*, Quality of Service (QoS), GNS3.

## **I. PENDAHULUAN**

Pelayanan pada konsep NGN adalah layanan yang meliputi data, voice, multimedia dan internet. Poin utama dalam sebuah konsep NGN adalah konvergensi dan layanan berbasis *Internet Protocol (IP)*. Salah satu layanan atau aplikasi yang sangat menjanjikan untuk diterapkan adalah *video conference*. Contohnya digunakan untuk rapat online sebuah perusahaan yang berada pada lokasi yang berjauhan. Layanan ini sangat menjanjikan penghematan biaya dibandingkan harus mengeluarkan biaya transport hanya untuk rapat. Dan fakta ini membuat para operator dan penyedia layanan bersaing untuk menyediakan suatu jaringan yang dapat menyediakan layanan *video conference* dengan kualitas yang terbaik.

Penerapan *video conference* melalui jaringan komputer merupakan salah satu bentuk implementasi multimedia streaming yang saat ini dikembangkan pada dunia jaringan komputer. Layanan *video conference* memberikan kemudahan dalam mengakses layanan telekomunikasi, informasi, multimedia dan pendidikan. Dalam hal ini, kenyataan empiris juga menunjukkan

bahwa layanan *video conference* mempunyai beberapa kelemahan, diantaranya aplikasi *video conference* membutuhkan alokasi bandwidth yang lebih besar daripada aplikasi streaming suara, biaya pemeliharaan peralatan yang tinggi, dan kurangnya sistem authentifikasi pada client [7]. Salah satu teknologi yang digunakan dalam *video conference* adalah *HSPA* yang merupakan hasil pengembangan teknologi 3G gelombang pertama. Untuk melakukan sebuah analisis jaringan, kita juga perlu melakukan perbandingan Antara kondisi realtime dengan kondisi yang telah kita simulasikan agar dapat mendapatkan hasil yang terbaik.[7]

Dalam hal ini ada beberapa software yang bisa digunakan untuk melakukan simulasi jaringan. Salah satu software terbaik yang saat ini digunakan adalah *graphical network simulator (GNS)3*. Karena dapat melakukan desain jaringan kualitas tinggi dan topologi jaringan yang kompleks dengan menggunakan perangkat cisco dengan performa yang sesungguhnya. Selain itu juga dapat dihubungkan dengan perangkat jaringan fisik (yang sesungguhnya di dunia nyata). Dalam skripsi ini akan menganalisa performansi dari jaringan *HSPA* dan dibandingkan dengan simulasi menggunakan emulator *GNS3* untuk aplikasi *video conference*.

### **A. Video**

*Video* adalah informasi yang berisi gambar dan suara serta memiliki ciri khas gambar bergerak dengan kecepatan tertentu atau *frame per second* [3].

Parameter video menentukan kualitas video, berdasarkan Adobe pada tahun 2014 terdapat 3 parameter video, yakni :

a) *Frame per Second (FPS)*, adalah banyaknya *frame* yang dimainkan tiap detik. Nilai FPS adalah 20 hingga 30 fps.

b) *Bitrate*, adalah nilai pengukuran dari bit yang dikirimkan per waktu tertentu.

c) *Resolution*, adalah ukuran gambar yang ditampilkan pada layar.

### **B. Video Conference**

*Video conference* merupakan salah satu aplikasi multimedia yang memungkinkan komunikasi data, suara, dan gambar yang bersifat duplex serta real time. Sesuai dengan namanya, bentuk dari aplikasi ini adalah percakapan via video dan audio antar pengguna secara langsung dan diharapkan dapat mengantikan fungsi

tatap muka secara langsung. [1]

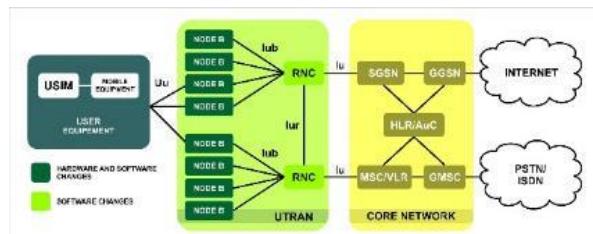
Standar H.323 dan H.324 merupakan standar baru yang mampu memenuhi kebutuhan conferencing menggunakan LAN. Standar H.323 mengatur pelaksanaan kebutuhan video conferencing menggunakan LAN dan untuk pertama kalinya memungkinkan adanya interopabilitas antar hardware dan software yang dibuat oleh vendor berbeda. Standar H.323 dirancang untuk mengatur pelaksanaan video conferencing menggunakan jaringan telepon (PSTN). Saat ini berbagai macam aplikasi H.323 telah tersedia, mulai dari aplikasi video conferencing, kolaborasi jarak jauh, *electronic whiteboard*, hingga VoIP. Beberapa diantara aplikasi tersebut merupakan aplikasi yang didistribusikan secara gratis di internet.

Seperti halnya pada standar lain yang juga dikeluarkan oleh ITU, H.323 memungkinkan adanya hubungan point-to-point maupun point-to-multipoint. Rekomendasi H.323 memungkinkan adanya konferensi point-to-multipoint melalui berbagai jenis metode dan konfigurasi.

### C. High Speed Downlink Packet Access (HSPA)

HSPA merupakan hasil pengembangan teknologi 3G gelombang pertama, Release 99 (R99). Sehingga HSPA mampu bekerja jauh lebih cepat bila dibandingkan dengan koneksi R99. Terkait jaringan CDMA, HSPA dapat disejajarkan dengan Evolution Data Optimized (EV-DO) yang merupakan perkembangan dari CDMA2000.[1]

Secara umum arsitektur UMTS terdiri dari tiga bagian, yaitu *user equipment*, *access network* dan *core network* seperti yang ditunjukkan gambar 2.1.



Gambar 2.1. Arsitektur HSPA-WCDMA (UMTS)

Sumber: Syed Ismail, 84

### D. Parameter Kinerja Jaringan

Menurut ITU-T E.800, *Quality of Service* (QoS) adalah performansi yang menentukan derajat kepuasan pengguna terhadap *service* yang diberikan oleh jaringan berdasarkan parameter-parameter. Pada penelitian digunakan parameter *packet loss*, *delay end to end*, dan *throughput* dari sisi pengguna untuk menentukan QoS. [2]

#### 1. Probabilitas *Packet Loss* pada HSPA

Probabilitas *packet loss* merupakan besarnya kemungkinan jumlah paket data yang hilang pada saat transmisi.[5]

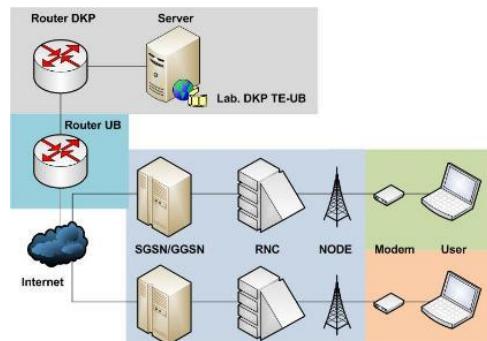
**Tabel 1** Standar *Packet Loss* pada *Video Conference*

Nilai <i>Packet Loss</i> (%)	Keterangan
0 - 0.5	Merupakan rentang <i>packet loss</i> yang dapat diterima oleh pengguna secara umum
0.5 - 1.5	Merupakan rentang <i>packet loss</i> pada jaringan yang bersifat global tetapi masih dapat ditolerir oleh pengguna
2 > 1.5	Merupakan rentang <i>packet loss</i> yang tidak dapat ditolerir pada jaringan dimana pengguna mengalami gangguan berkomunikasi

Sumber: ITU-T REC. Y.1541 Document

#### 2. *Delay End to End* pada HSPA

*Delay* pada jaringan HSPA merupakan penjumlahan *delay-delay* dari ujung hingga ujung (server hingga *user equipment*), seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. *Delay End-to-End* pada HSPA

Sumber: Holma, et al, 2006

*Delay end-to-end* ditentukan berdasarkan arsitektur sistem dan merupakan penjumlahan semua *delay* yang ada dalam perjalanan paket dari sumber ke tujuan, yang disebut *delay* jaringan ( $t_{network}$ )

#### 3. *Throughput*

*Throughput* adalah banyaknya jumlah data yang diterima benar oleh penerima dari pengirim per satuan waktu. [6]

### E. Rekomendasi dan Standar Perangkat

Rekomendasi dan standar perangkat berisi rekomendasi nilai dan besar parameter dari ITU dan standar perangkat sesuai buku, forum-forum internasional yang membahas perangkat untuk jaringan.

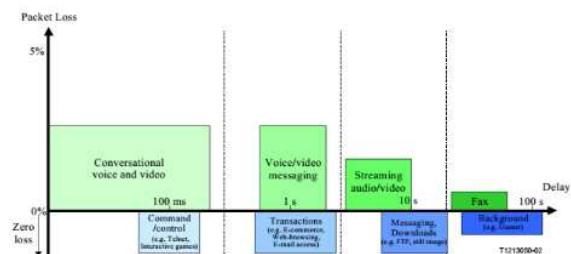
#### 1. Rekomendasi ITU-T G.1010

Aplikasi *streaming* memiliki standar *packet loss* yang diijinkan. Tabel 2.3 menunjukkan syarat *packet loss* dan *delay* pada gambar 2.4 berdasarkan ITU-T G.1010. [2]

Tabel 2.1 Standar *Packet Loss* ITU-T G.1010 untuk Beberapa Aplikasi

Medium	Application	Degree of Symmetry	PLR
Audio	<i>Conversational Voice</i>	<i>Two-way</i>	< 3% <i>Packet Loss Ratio (PLR)</i>
Audio	<i>Voice Messaging</i>	<i>One-way</i>	< 3% PLR
Audio	<i>High Quality Audio Streaming</i>	<i>One-way</i>	< 1% PLR
Video	<i>Videophone</i>	<i>Two-way</i>	< 1% PLR
Video	<i>Streaming</i>	<i>One-way</i>	< 1% PLR

Sumber: ITU-T G.1010, 2002



Gambar 2.4 Mapping of User-Centric QoS Requirements

Sumber: ITU-T, 2001

## 2. Perangkat Keras

Perangkat keras yang dibahas adalah perangkat keras yang dibutuhkan pada penelitian. Pada penelitian diperlukan PC Server, *Network Interface Card*, Laptop, modem HSPA, Kabel UTP dan konektornya, UPS serta monitor.

## 3. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian, yakni:

- Video Chat Pro Active X Server. Perangkat lunak bersifat *freeware*, digunakan untuk media server *video conference*.
- Video Chat Pro Active X client. Perangkat lunak bersifat *freeware*, digunakan untuk media pemutar *video conference*.
- Wireshark. Perangkat bersifat *freeware*, digunakan untuk *packet sniffing* pada jaringan.
- CentOS. Sistem operasi berbasis *opensource* yang dikembangkan oleh komunitas RHEL.
- Graphical Network Simulator (GNS)3 merupakan sebuah network emulator untuk perangkat cisco yang dapat mensimulasikan jaringan yang rumit sekalipun. Teknologi terbaru GNS3 menyediakan sebuah lingkungan untuk mendesain protocol dan teknologi juga menguji dan mendemonstrasikan dengan skenario yang realistik sebelum diproduksi. GNS3 juga digunakan untuk meningkatkan desain dari network devices, teknologi seperti VoIP, TCP, OSPFv3, MPLS, IPv6 dan lainnya.[8]



Gambar 2.3 Logo dan Tampilan awal GNS3

(Sumber : <http://gns3.net>)

## 4. Standar Perangkat

Perangkat keras baik pada sisi server, jaringan operator maupun pengguna memiliki standar terkait pemrosesan data maupun *interface* untuk penelitian dan ditunjukkan tabel 2.2

Tabel 2.2 Standar Perangkat

Standar	Kuantitas	Sumber
<i>Server Interface</i>	10Gbps over ethernet	HP Proliant Server
<i>SGSN bitrate</i>	With GGSN 2.4 Gbps (3G) 380 Mbps (2G) With RNC STM-1, 155,52 Mbps	Alcatel Lucent 7500
<i>GGSN bitrate interface</i>	25 Gbps	Alcatel Lucent 7750
<i>RNC bitrate interface</i>	STM-1, 155,52 Mbps	Ericsson 3810 review vol.2
<i>Node B bitrate interface</i>	STM-1, 155,52 Mbps	Ericsson 3810 review vol.2

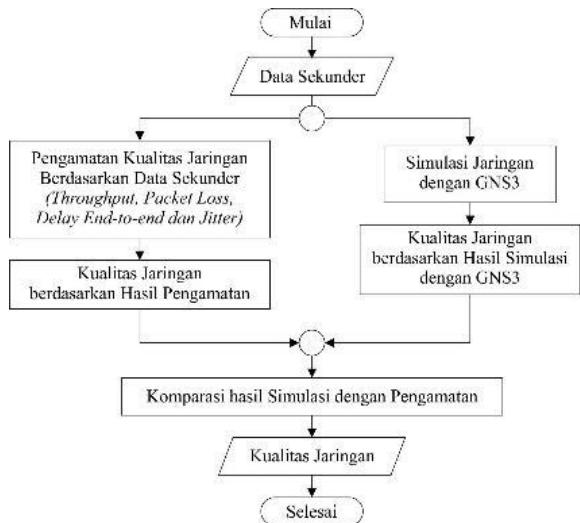
## II. METODE PENELITIAN

Tahapan dalam penelitian meliputi pengambilan data (data sekunder dan data primer), analisis data, pengolahan data, pembahasan dan hasil dan penarikan kesimpulan. Penelitian mengkaji layanan *video conference* pada jaringan HSPA yang bersifat aplikatif dengan lokasi uji di wilayah Perpustakaan umum Kota Malang.

Data-data yang diperlukan dalam kajian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data sekunder bersumber dari jurnal ilmiah, skripsi, buku, internet dan forum-forum resmi yang membahas HSPA. Data sekunder juga menghasilkan data perhitungan nilai-nilai parameter (*delay end to end*, *packet loss* dan *throughput*) melalui pendekatan teoretis.

Data primer didapatkan dari hasil pengamatan nilai-nilai parameter kinerja jaringan (*delay end to end*, *packet loss* dan *throughput*) menggunakan wireshark pada sisi pengguna.

Data hasil pengamatan digunakan sebagai bahan pembahasan. Pembahasan dilakukan dengan membandingkan nilai *delay end to end*, *packet loss*, dan *throughput*. Langkah-langkah dalam menentukan kualitas jaringan ditunjukkan gambar 3.2.

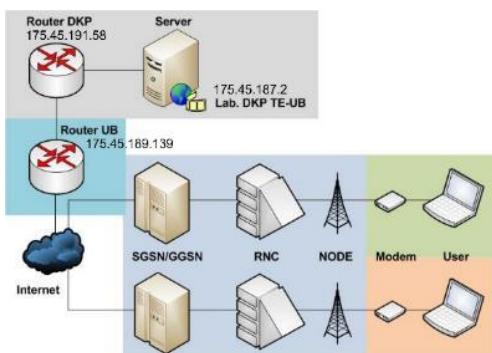


Gambar 3.2 Diagram Alir Kualitas Layanan *video conference* pada HSPA pada Wilayah Urban di Kota Malang

### III. PEMBAHASAN DAN HASIL

Pembahasan yang dilakukan meliputi perancangan, instalasi, pengujian hingga analisis kualitas layanan *Video Conference*.

#### 1. Perancangan



Gambar 3.1 Konfigurasi Jaringan Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan konfigurasi jaringan layanan *video conference* yang dilewatkan pada jaringan HSPA milik operator PT. Telekomunikasi Seluler. Server *video conference* diletakkan di laboratorium DAP FT-UB, sedangkan pengguna berada di wilayah perpustakaan umum kota Malang.

#### 2. Pengujian

Pengujian dilakukan 2 tahap, yakni pengujian koneksi dan pengujian *streaming*. Pengujian koneksi dilakukan untuk mengetahui koneksi antara server hingga pengguna. Hasil pengujian koneksi ditampilkan gambar 3.2.

```

Pinging 175.45.187.2 with 32 bytes of data:
Reply from 175.45.187.2: bytes=32 time=47ms TTL=116
Reply from 175.45.187.2: bytes=32 time=50ms TTL=116
Reply from 175.45.187.2: bytes=32 time=61ms TTL=116
Reply from 175.45.187.2: bytes=32 time=47ms TTL=116

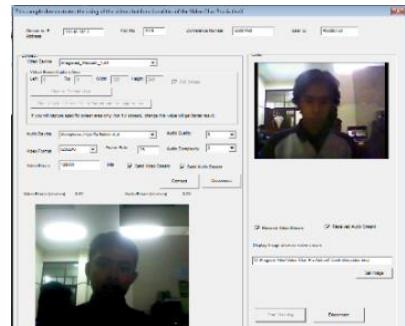
Ping statistics for 175.45.187.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 47ms, Maximum = 61ms, Average = 51ms

```

Gambar 3.2 Hasil Uji Koneksi

Koneksi antara server dan pengguna telah terhubung. Hal ini dibuktikan pengguna mampu mengirimkan paket data 4 kali kepada server dan di-*reply* kembali oleh server sebanyak 4 kali dengan *lost* 0%.

Pengujian *video conference* melalui HSPA bertujuan untuk mengetahui layanan *video conference* dari server dapat atau tidak dimainkan oleh *media player* pada sisi *user*. Hasil pengujian *conference* ditampilkan gambar 3.5.



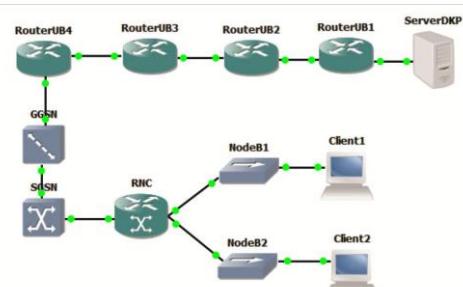
Gambar 3.3 Hasil Uji *conference*

Gambar 3.3 menunjukkan *conference* telah berhasil dibangun. Berdasarkan hasil pengujian, proses buffering yang terjadi sebesar 21 detik.

Tabel 3.1 Tabel Routing Simulasi Jaringan

Perangkat	IP	Network	Netmask
Server	175.45.187.2	175.45.187.0	255.255.255.0
Router 1 UB	175.45.191.58	175.45.191.0	255.255.255.0
Router 2 UB	175.45.188.4	175.45.188.0	255.255.255.0
Router 3 UB	175.45.189.130	175.45.189.128	255.255.255.248
Router 4 UB	175.45.189.139	175.45.189.136	255.255.255.248
GGSN/SGSN	124.195.38.122	124.0.0.0	255.0.0.0
RNC	218.100.27.238	218.100.27.0	255.255.255.0
Node 1	144.127.254.18	144.127.254.0	255.255.255.0
User 1	144.127.254.17	144.127.254.0	255.255.255.0
Node 2	144.127.254.22	144.127.254.0	255.255.255.0
User 2	144.127.254.23	144.127.254.1	255.255.255.0

Gambar 3.4 menunjukkan simulasi jaringan menggunakan freeware emulator GNS3.



Gambar 3.4 Simulasi menggunakan GNS3

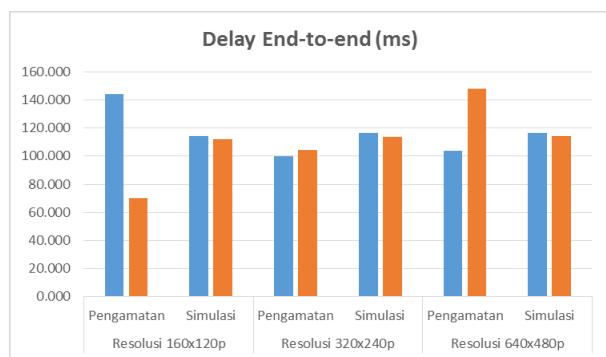
### 3. Hasil

Data hasil pengamatan dan pengukuran menunjukkan nilai-nilai parameter delay *end-to-end*, *packet loss* dan *throughput* berdasarkan hasil pengamatan langsung menggunakan Wireshark dan hasil simulasi dengan freeware emulator GNS3.

Pengambilan data dilakukan pada jam sibuk pukul 19.00 WIB dan jam renggang 04.00 WIB selama 300 detik dengan 3 kali pengambilan data. Dari pengambilan data didapatkan hasil yang ditunjukkan pada tabel 3.2, 3.3, 3.4 dan 3.5.

Tabel 3.2. Perbandingan *Delay end-to-end* hasil pengamatan dan hasil simulasi

Waktu	Delay End-to-end (ms)					
	Resolusi 160x120p		Resolusi 320x240p		Resolusi 640x480p	
	Pengamatan	Simulasi	Pengamatan	Simulasi	Pengamatan	Simulasi
Sibuk	144.393	114.507	100.163	116.237	103.753	116.484
Senggan	69.843	112.090	104.260	113.529	148.150	114.041



Gambar 3.3 Grafik Perbandingan *Delay end-to-end* hasil pengamatan dan hasil simulasi

Tabel 3.2. menunjukkan perbandingan nilai *delay end to end* secara hasil pengamatan dan hasil simulasi.

Tabel 3.3 Perbandingan *Packet Loss*

Waktu	Packet Loss (%)					
	Resolusi 160x120p		Resolusi 320x240p		Resolusi 640x480p	
	Pengamatan	Simulasi	Pengamatan	Simulasi	Pengamatan	Simulasi
Sibuk	7.00%	1.7%	6.33%	0.30%	3%	1%
Senggan	1.33%	0.30%	0%	0.00%	0%	0%

Tabel 3.3 menunjukkan perbandingan *packet loss* yang terjadi untuk masing-masing resolusi video berdasarkan hasil pengamatan dan hasil simulasi dengan menggunakan GNS3.

Tabel 3.4 Perbandingan *Throughput*

Waktu	Throughput (Mbps)					
	Resolusi 160x120p		Resolusi 320x240p		Resolusi 640x480p	
	Pengamatan	Simulasi	Pengamatan	Simulasi	Pengamatan	Simulasi
Sibuk	0.240	0.464	0.252	0.702	0.245	0.561
Senggan	0.247	0.323	0.260	0.579	0.262	0.956

Tabel 3.4 menunjukkan nilai *throughput* yang terjadi untuk masing-masing resolusi video berdasarkan hasil pengamatan dan hasil simulasi dengan menggunakan GNS3.

Tabel 3.5. Perbandingan *Delay end-to-end* hasil pengamatan dan hasil simulasi

No.	Waktu	Jitter (ms)					
		Resolusi 160x120p		Resolusi 320x240p		Resolusi 640x480p	
		Sibuk	Senggang	Sibuk	Senggang	Sibuk	Senggang
1	Pengamatan	1908.45	24335.71	35488.30	34302.47	12153.86	7498.08
2	Simulasi	6061.67	1024.99	2635.95	1505.84	772576.88	137332.73

Tabel 3.5. menunjukkan perbandingan nilai *delay end to end* secara hasil pengamatan dan hasil simulasi.

Dari hasil yang ditunjukkan tabel 3.1, 3.2 dan 3.3 dapat diketahui bahwa:

- Untuk 3 kali pengujian dengan resolusi video yang berbeda (160x120p, 320x240p dan 640x480p), Besarnya nilai delay end to end dari hasil perhitungan saat kondisi normal hingga pembebahan trafik maksimal menggunakan TFGen sesuai dengan standar ITU-T G.1010, yakni delay end to end < 10 s. Sedangkan berdasarkan hasil pengamatan, nilai delay end to end layanan video conference untuk ketiga resolusi video pada HSPA memenuhi standar ITU-T G.1010 (delay end to end < 10 s).
- Nilai packet loss untuk file resolusi video 160x120p, 320x240p dan 640x480p berdasarkan hasil pengamatan tidak memenuhi standar ITU.T G.1010 karena memiliki Packet Loss Ratio (PLR) > 1 %. Berdasarkan pengamatan, nilai packet loss untuk video dengan resolusi 160x120p. sesuai dengan standar ITU.T G.1010 karena memiliki PLR ≤ 1%.
- Pada simulasi video conference dengan resolusi 160x120p memiliki nilai pada packet loss sebesar 7%, namun pada pengamatan didapatkan nilai packet loss rata-rata sebesar 1,33%. Pada simulasi video conference dengan resolusi 320x240p memiliki nilai pada packet loss sebesar 6,33%, namun pada pengamatan didapatkan nilai packet loss rata-rata sebesar 0%. Pada simulasi video conference dengan resolusi 640x480p memiliki nilai pada packet loss sebesar 3%, namun pada pengamatan didapatkan nilai packet loss rata-rata sebesar 0 %.

### IV. KESIMPULAN

- Konfigurasi sistem Video conference pada jaringan High Speed Packet Access (HSPA) telah berhasil dibangun. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil pengujian untuk koneksi maupun komunikasi video call.
- Kualitas layanan video conference berdasarkan parameter packet loss, delay end to end, dan throughput memiliki perbedaan nilai untuk hasil pengamatan dan hasil simulasi menggunakan

- GNS3. Perbedaan nilai parameter terjadi karena perbedaan karakteristik *switching*, jumlah node dan rute data.
3. Kualitas performansi layanan *video conference* di daerah Perpustakaan umum Kota Malang menggunakan HSPA tidak sesuai dengan standar ITU-T G.1010 untuk *delay (delay end to end > 10 s)* dan *packet loss (packet loss < 1%)*. Pada umumnya akan mengalami beberapa gangguan, dan layanan *video conference* tidak akan berjalan secara normal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Holma, Harri & Toskala, Antii. 2006. *HSDPA/HSUPA for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communications*. England: John Wiley and Sons, Ltd.
- [2] ITU-T Study Group 12. 2001. *Recommendation G.1010 - End User Multimedia QoS Categories*. (Online). (<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.1010-200111-I/en>, diakses tanggal 19 November 2013).
- [3] Anonymous. 2014. Video and its component. (Online). (<http://jiscdigitalmedia.ac.uk>, diakses tanggal 1 Maret 2014).
- [4] ITU-T. 2003. *Recommendation ITU-T G.114: One-Way Transmission Time*. (Online). (<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.114-200305-I/en>, diakses tanggal 19 November 2013).
- [5] Anurag, Kumar et.al. 2008. Wireless Networking. USA: Morgan Kaufmann.
- [6] Schwartz, dan Mischa. 1987. Telecommunication Network: Protocols, Modelling and Analysis. USA: Addison-Wesley.
- [7] Budi, Bagus. 2013. *Jaringan Komputer* (Online). (<http://jaringankomputer.org>, diakses tanggal 22 november 2013).
- [8] Graphical network simulator (GNS3).2007. (Online). (<http://www.gns3.net>, diakses tanggal 10 Januari 2014)