

## DESAIN VIDEO ON DEMAND (VOD) MENGGUNAKAN HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS (HSDPA) DI WILAYAH URBAN KOTA MALANG

Kalvin Winata Marpaung<sup>(1)</sup>, Ir. Wahyu A.P., M.Sc.<sup>(2)</sup>, Rusmi Ambarwati, S.T., M.T.<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, <sup>(2), (3)</sup>Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

email: justkalvin@gmail.com

**Abstrak**— Layanan Video On Demand (VOD) adalah salah satu dari kegiatan *streaming*. Layanan VOD membutuhkan alokasi *bandwidth* yang lebih besar daripada aplikasi *streaming* suara. *High Speed Downlink Packet Access* (HSDPA) adalah jaringan generasi 3,5G dengan *bandwidth* 5 MHz dan *data rate* mencapai 13,6 Mbps. HSDPA secara teoretis mampu memenuhi kebutuhan untuk layanan VOD. Pada penelitian dilakukan desain konfigurasi layanan VOD pada HSDPA dan kajian penerapannya. Parameter yang digunakan untuk menentukan *Quality of Service* (QoS) layanan VOD pada HSDPA adalah *delay end to end*, *packet loss* dan *throughput* yang dihitung dengan pendekatan teoretis dan pengamatan langsung menggunakan perangkat analisis jaringan (Wireshark). Wireshark adalah perangkat lunak untuk analisis paket jaringan (*packet sniffer*). Pada penelitian digunakan 3 jenis resolusi video, yakni 144p, 240p, 360p. Kualitas performansi layanan VOD di daerah Rumah Sakit Syaiful Anwar Malang menggunakan *High Speed Downlink Packet Access* (HSDPA) adalah sesuai dengan standar ITU-T G.1010 untuk *delay* dan *packet loss ratio* (PLR), jika menggunakan video dengan resolusi 144p, 240p.

**Kata Kunci**—VOD, HSDPA, QoS, ITU.

### I. PENDAHULUAN

Video on demand (VOD) adalah salah satu jenis dari video *streaming*. VOD menampilkan video yang sudah terlebih dahulu direkam (*pre-encoded*) atau disimpan dalam server [1]. *Video on demand* mempunyai beberapa kelemahan, diantaranya aplikasi *video on demand* membutuhkan alokasi *bandwidth* yang lebih besar daripada aplikasi *streaming* suara [2]. Pada *on-demand*, ketika *bandwidth* multimedia lebih besar daripada kecepatan transmisi rata-rata yang diterima maka akan terjadi kongesti/tubrukan paket data sehingga menyebabkan beberapa paket hilang [2]. Menurut ITU-T G.1010, aplikasi *video streaming* membutuhkan nilai <1% PLR (*Packet Loss Ratio*) [3].

Oleh karena itu dibutuhkan suatu jaringan yang dapat memberikan *bandwidth* relatif lebar dengan *delay* relatif kecil agar layanan VOD dapat dinikmati dengan nyaman. Jaringan *High Speed Downlink Packet Access* (HSDPA) adalah jaringan dengan *bandwidth* 5 MHz dan *data rate* hingga 13,6 Mbps [4].

Teknologi ini memungkinkan operator untuk menawarkan layanan *mobile broadband* yang canggih seperti akses internet kecepatan tinggi, dapat disertai dengan fasilitas *gaming* atau *download* audio dan video

dengan lebih cepat daripada dengan menggunakan WCDMA [4].

Pada tahun 2013, Dista Narulina Riyasa dengan judul Analisis Kualitas Jaringan Internet berbasis High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) pada wilayah urban di Kota Malang dengan Metode Drive Test telah melakukan penelitian performansi jaringan HSDPA untuk layanan web browsing di wilayah urban kota Malang. *Drive Test* adalah metode pengukuran kualitas radio menggunakan perangkat GPS, Laptop dan Handphone yang telah diinstal perangkat lunak Drive Test (misal: NEMO, TEMS). Pada penelitian tersebut Dista menggunakan metode drive test dan perhitungan secara teoretis untuk mendapatkan parameter-parameter QoS (*Throughput*, *Delay* dan *Packet Loss*). Nilai parameter dari hasil pengukuran menggunakan Drive Test dibandingkan dengan hasil perhitungan untuk mengetahui validitas data. Data hasil pengukuran parameter kemudian dibandingkan dengan standar dari TIPHON untuk mendapatkan kualitas performansi jaringan HSDPA.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dalam penelitian ini akan dirancang suatu sistem layanan VOD menggunakan jaringan HSDPA. Tujuannya adalah melakukan desain dan mengkaji penerapan VOD pada jaringan HSDPA untuk dilakukan pengembangan kinerja jaringan oleh operator pada daerah fasilitas umum seperti Rumah Sakit.

### II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam dasar teori ini dibahas tentang Video, *Video On Demand*, HSDPA, QoS, dan Rekomendasi dan Perangkat yang digunakan.

#### A. Video

Video adalah informasi yang berisi gambar dan suara serta memiliki ciri khas gambar bergerak dengan kecepatan tertentu atau *frame per second* [5].

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 Streaming**

Video streaming menurut Austerberry dalam bukunya *The Technology of Video & Audio Streaming* pada tahun 2005, terbagi menjadi 2, yakni *Live Streaming* (siaran secara langsung) dan *On Demand (file streaming)* sudah pernah direkam dahulu, kemudian disiarkan) [1].

**Protokol Video Streaming**

Protokol adalah aturan yang mengatur komunikasi 2 perangkat. Pada video streaming dibutuhkan protokol yang mengatur komunikasi antar perangkat, mulai dari server, jaringan hingga user. Pada penelitian digunakan model layer TCP/IP. Streaming (on demand) membutuhkan protokol transmisi yang mengabaikan data eror (unreliable) dan teknis retransmisi data. Hal tersebut dihindari untuk mencegah delay yang relatif lama dan proses perulangan frame yang salah. Oleh karena itu pada on demand streaming digunakan protokol UDP. Sifat UDP dibandingkan TCP ditunjukkan tabel 2.1.

Tabel 2.1 TCP versus UDP

TCP	UDP
Connection Oriented	Connectionless
Reliable	Unreliable
Controls Data Flow	No flow control

Sumber: [1]

Selain menggunakan UDP, on demand streaming juga menggunakan protokol RTP dan IP. RTP menyediakan timestamp, nomor urut waktu kedatangan data. IP memberikan alamat tujuan dan source pada data [1].

**C. Propagasi Gelombang Radio**

Propagasi gelombang radio adalah proses perambatan gelombang radio dari antena pemancar sampai ke antena penerima. Pada saat proses propagasi gelombang radio, gelombang radio akan mengalami penurunan daya akibat pathloss [6]. Pathloss adalah rugi-rugi lintasan propagasi gelombang radio. Model propagasi outdoor merupakan model propagasi luar ruangan. Profil lingkungan seluler yang dipakai pada model propagasi outdoor ini adalah lingkungan urban. Lingkungan urban memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dan ketinggian gedung yang beragam.

Model propagasi COST231-Walfisch Ikegami adalah propagasi outdoor yang memperkirakan nilai pathloss pada daerah dengan profil lingkungan seluler urban dan untuk range frekuensi 800-2000 MHz. Perhitungan nilai pathloss dirumuskan dalam persamaan 2.1 [7].

$$L = L_{fs} + L_{rts} + L_{ms} \tag{2.1}$$

Keterangan:

$L$  = Pathloss (dB)

$L_{fs}$  = Free Space Loss (dB)

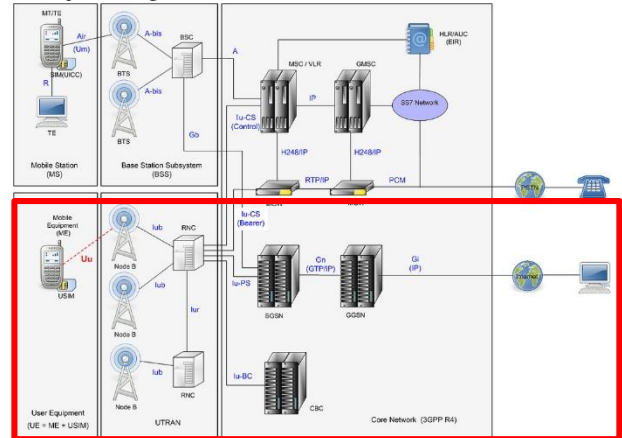
$L_{rts}$  = Rooftop to Street Diffraction dan Scatter Loss (dB)

$L_{ms}$  = Multiscreen Diffraction Loss (dB)

**D. High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)**

HSDPA adalah perkembangan dari jaringan radio UMTS. HSDPA memiliki peningkatan performansi kanal downlink paket data UMTS dan kemampuan untuk

meninggikan data rate puncak, pengurangan delay, dan peningkatan kapasitas [8]. 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 HSDPA pada Jaringan 3G  
Sumber: [9]

**E. 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 delay end to end, packet loss dan throughput dari sisi pengguna untuk menentukan QoS.

**1. Delay Codec Video On Demand**

Layanan VOD pada penelitian menggunakan codec audio dan video untuk file yang ditransmisikan, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi Audio dan Video Codec

Video CODEC	Bit Rate (kbps)	Maximum Payload (byte)	Delay CODEC (ms)
AVC/H.264	96-384	254	16-50
MPEG4			
Audio CODEC	Bit Rate (kbps)	Maximum Payload (byte)	Delay CODEC (ms)
AAC	128	63	24-60

Sumber: [10] dan [11]

Besarnya nilai delay codec pada layanan VOD penelitian ditunjukkan oleh persamaan 2.2 [12].

$$t_{codec} = t_{audio} + t_{video} \tag{2.2}$$

Keterangan:

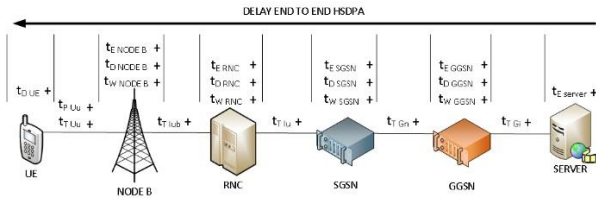
$t_{codec}$  = Delay codec keseluruhan (s)

$t_{audio}$  = Delay codec audio (s)

$t_{video}$  = Delay codec video (s)

**2. DelayEnd to End pada HSDPA**

Delay pada jaringan HSDPA 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 HSDPA  
Sumber: [4]

Delay End to End berdasarkan gambar 2.2 dihitung sesuai dengan persamaan 2.3 [4].

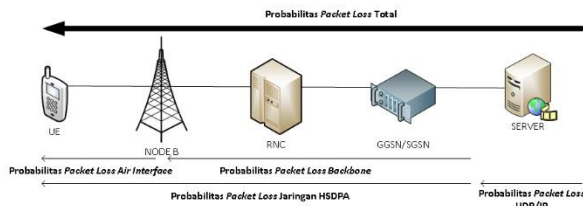
$$t_{\text{end to end}} = t_{\text{proses}} + t_t + t_p + t_w \quad (2.3)$$

Keterangan:

- $t_{\text{end to end}}$  = Delay end-to-end pada HSDPA (s)
- $t_{\text{proses}}$  = Delay proses, enkapsulasi dan dekapsulasi (s)
- $t_t$  = Delay transmisi (s)
- $t_p$  = Delay propagasi (s)
- $t_w$  = Delay antrian (s)

**3. Probabilitas Packet Loss pada HSDPA**

Probabilitas packet loss merupakan besarnya kemungkinan jumlah paket data yang hilang pada saat transmisi.



Gambar 2.3 Probabilitas Packet Loss HSDPA  
Sumber: [13]

Probabilitas packet loss pada HSDPA ditentukan berdasarkan probabilitas packet loss pada jaringan tersebut serta pada model layer (TCP/IP) sesuai dengan persamaan 2.4 [13].

$$\rho_{\text{tot}} = 1 - [(1 - \rho_{\text{net}})(1 - \rho_{\text{TCP/IP}})] \quad (2.4)$$

Keterangan:

- $\rho_{\text{tot}}$  = Probabilitas packet loss total
- $\rho_{\text{net}}$  = Probabilitas packet loss jaringan HSDPA
- $\rho_{\text{TCP/IP}}$  = Probabilitas packet loss model layer TCP/IP

Probabilitas packet loss dalam persen dirumuskan dalam persamaan 2.5.

$$\rho_{\text{tot}}(\%) = \rho_{\text{tot}} \times 100 \% \quad (2.5)$$

Keterangan:

- $\rho_{\text{tot}}(\%)$  = Probabilitas packet loss total (%)

**4. Throughput**

Throughput adalah banyaknya jumlah data yang diterima benar oleh penerima dari pengirim per satuan waktu. Throughput didapat dengan memperhatikan probabilitas packet loss ( $\rho$ ) dan dihitung sesuai persamaan 2.6 [14].

$$\gamma = \frac{1}{t_v} = \frac{(1 - \rho_{\text{tot}})}{t_1[1 + (\alpha - 1)\rho_{\text{tot}}]} \quad (2.6)$$

Keterangan:

- $\gamma$  = Throughput (paket/s)
- $t_v$  = Waktu rata-rata transmisi untuk mengirimkan paket yang benar (s)
- $t_1$  = Waktu transmisi sebuah paket data atau frame (s)
- $\rho_{\text{tot}}$  = Probabilitas packet loss total
- $\alpha$  = Konstanta perbandingan

**F. 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.

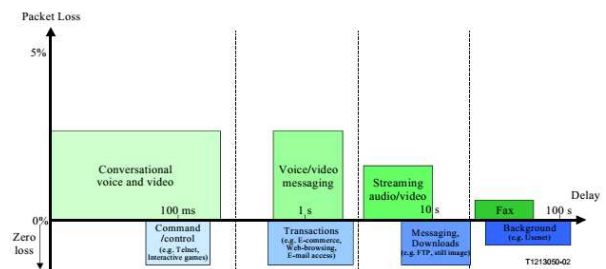
**1. Rekomendasi ITU-T G.1010**

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.

Tabel 2.3 Standar Packet Loss ITU-T G.1010 untuk Beberapa Aplikasi

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

Sumber: [15]



Gambar 2.4 Mapping of User-Centric QoS Requirements  
Sumber: [15]

**2. Perangkat Keras**

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

**3. Perangkat Lunak**

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian, yakni:

- Unreal Media Server. Perangkat lunak bersifat freeware, digunakan untuk media server video streaming.

- Unreal Media Player. Perangkat lunak bersifat *freeware*, digunakan untuk media pemutar video *streaming*.
- Wireshark. Perangkat bersifat *freeware*, digunakan untuk *packet sniffing* pada jaringan.
- CentOS. Sistem operasi untuk server berbasis *opensource* yang dikembangkan oleh komunitas RHEL.

#### 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 2.4

Tabel 2.4 Standar Perangkat

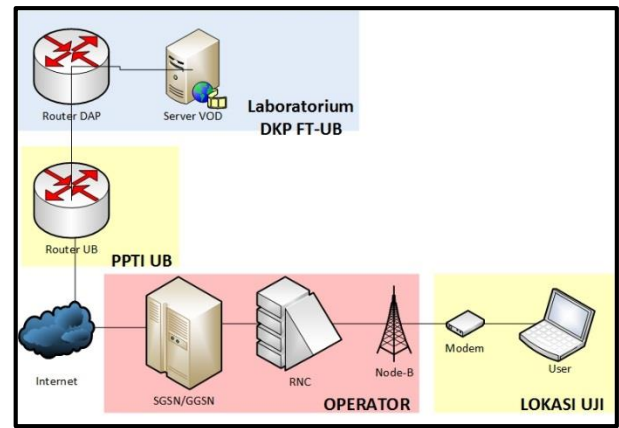
Standar	Kuantitas	Sumber
Server Interface	10Gbps over ethernet	HP Proliant Server
SGSN bitrate	With GGSN 2.4 Gbps (3G) 380 Mbps (2G) With RNC STM-1, 155,52 Mbps	Alcatel Lucent 7500
GGSN bitrate interface	25 Gbps	Alcatel Lucent 7750
RNC bitrate interface	STM-1, 155,52 Mbps	Ericsson 3810 review vol.2
Node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

### III. 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 VOD pada jaringan HSDPA yang bersifat aplikatif dengan lokasi uji di wilayah Rumah Sakit Syaiful Anwar.

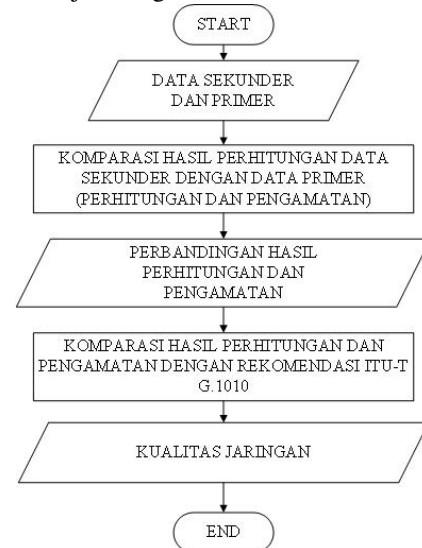
Data-data yang diperlukan dalam kajian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data sekunder bersumber dari jurnal ilmiah, skripsi, buku, internet dan forum-forum resmi yang membahas HSDPA. Data sekunder juga menghasilkan data perhitungan nilai-nilai parameter (*delay end to end*, *packet loss* 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. Rancangan konfigurasi perangkat ditunjukkan dalam blok diagram pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Rancangan Konfigurasi Jaringan

Data hasil pengamatan digunakan sebagai bahan pembahasan. Pembahasan dilakukan dengan membandingkan nilai *delay end to end*, *packet loss*, dan *throughput* untuk tiap resolusi vide (144p, 240p, dan 360p). Langkah-langkah dalam menentukan kualitas jaringan ditunjukkan gambar 3.2.

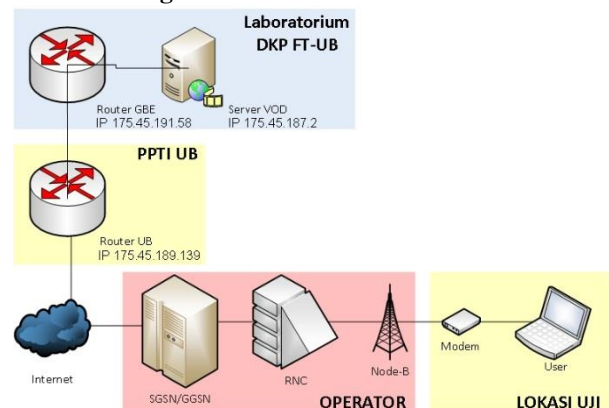


Gambar 3.2 Diagram Alir Kualitas Layanan VOD pada HSDPA pada Wilayah Urban di Kota Malang

### IV. PEMBAHASAN DAN HASIL

Pembahasan yang dilakukan meliputi perancangan, instalasi, pengujian hingga analisis kualitas layanan VOD.

#### 1. Perancangan



Gambar 4.1 Konfigurasi Jaringan Penelitian

Gambar x. menunjukkan konfigurasi jaringan layanan VOD yang dilewatkan pada jaringan HSDPA milik operator PT. Telekomunikasi Seluler. Server VOD diletakkan di laboratorium DAP FT-UB, sedangkan pengguna berada di wilayah RSSA 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 4.2.

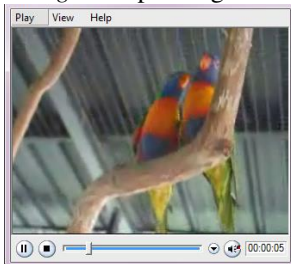
```
Pinging 175.45.187.2 with 32 bytes of data:
Reply from 175.45.187.2: bytes=32 time=47ms TTL=116
Reply from 175.45.187.2: bytes=32 time=56ms TTL=116
Reply from 175.45.187.2: bytes=32 time=61ms TTL=116
Reply from 175.45.187.2: bytes=32 time=47ms TTL=116

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 4.2 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 *streaming* VOD melalui HSDPA bertujuan untuk mengetahui layanan VOD dari server dapat atau tidak dimainkan oleh *media player* pada sisi *user*. Hasil pengujian *streaming* ditampilkan gambar 4.3.



Gambar 4.3 Hasil Uji *Streaming*

Gambar 4.3 menunjukkan *streaming* telah berhasil dibangun. Berdasarkan hasil pengujian, proses *buffering* yang terjadi sebesar 10 detik.

## 3. Hasil

### i. Pathloss

Model propagasi COST 231-Walfisch Ikegami digunakan untuk menyempurnakan model propagasi sebelumnya, yakni Okumura Hata. Model propagasi COST 231-Walfisch Ikegami valid untuk frekuensi 800 hingga 2000 MHz, tinggi antena Tx 30 m hingga 200 m, tinggi antena ms 1 m hingga 10 m dan jarak sel hingga 20 km [8]. Ketinggian gedung yang diamati pada penelitian adalah 40 m (RSSA Malang, 2014).

Parameter yang digunakan dalam perhitungan, antara lain:

- Frekuensi *carrier*,  $f_c = 1900$  MHz
- Lebar jalan,  $w = 24$  meter
- Jarak antar gedung,  $b = 44$  meter
- Sudut insiden,  $\Phi = 59^\circ$
- Tinggi antena *Node B*,  $h_b = 40$  meter
- Tinggi antena ms,  $h_m = 1,5$  meter

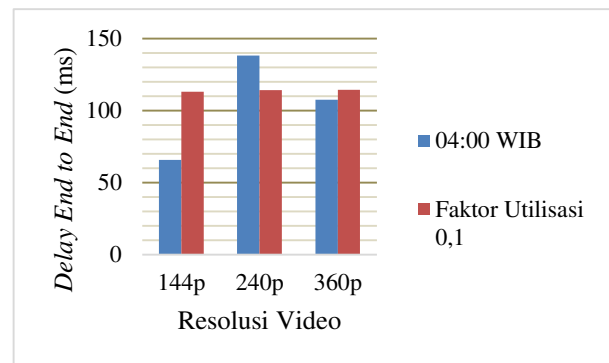
- Tinggi gedung uji,  $h_r = 21$  meter
- Jarak Tx – Rx,  $d = 0,24$  km
- Delta hm ( $h_r - h_m$ ),  $\Delta h_m = 21 - 1,5$   
 $\Delta h_m = 19,5$  meter
- Delta hb ( $h_b - h_r$ ),  $\Delta h_b = 40 - 21$   
 $\Delta h_b = 19$  meter
- *Pathloss* =  $85,58$  dB +  $31,43$  dB +  $28,82$  dB =  
 $145,83$  dB

### ii. QoS (*Delay End to End, Throughput, Packet Loss*)

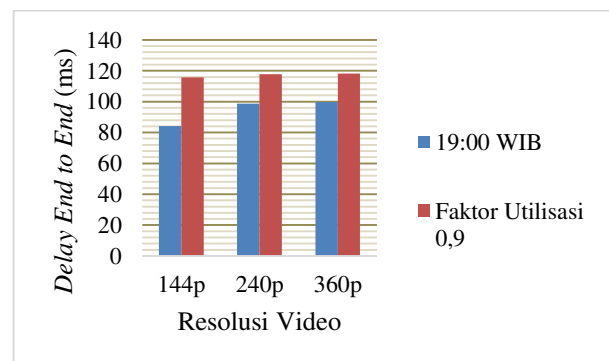
Data hasil pengamatan dan pengukuran menunjukkan nilai-nilai parameter *delay end to end*, *packet loss* dan *throughput* berdasarkan hasil pengamatan langsung menggunakan Wireshark dan hasil perhitungan dengan pendekatan teori. Hasil pengamatan dan perhitungan ditunjukkan tabel 4.1, 4.2, 4.3.

Tabel 4.1 Perbandingan *Delay End to End*

$\rho$	<i>Delay End to End</i> (ms)					
	Video 144p		Video 240p		Video 360p	
	Teori	Praktek	Teori	Praktek	Teori	Praktek
0,1	113,05	65,64	114,14	138,17	114,31	107,58
0,9	115,65	84,09	117,89	98,71	118,18	99,74



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Nilai *Delay End to End* berdasarkan Teori dan Pengamatan untuk Jam Renggang (04:00 WIB) dan Faktor Utilisasi 0,1



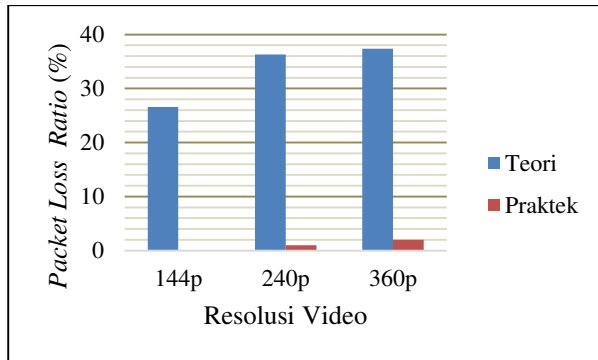
Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Nilai *Delay End to End* berdasarkan Teori dan Pengamatan untuk Jam Sibuk (19:00 WIB) dan Faktor Utilisasi 0,9

Tabel 4.1. menunjukkan perbandingan nilai *delay end to end* secara pendekatan teoretis dan hasil pengamatan. Faktor utilisasi diasumsikan penggunaan jaringan saat jam sibuk atau renggang. Faktor utilisasi 0,1 merupakan penggunaan jaringan saat jam tidak sibuk. Faktor

utilisasi 0,9 menunjukkan penggunaan jaringan saat jam sibuk.

Tabel 4.2 Perbandingan *Packet Loss*

No.	Resolusi Video	<i>Packet Loss (%)</i>	
		Teori	Praktek
1	144p	26,5612	1%
2	240p	36,2912	1%
3	360p	37,2945	0%

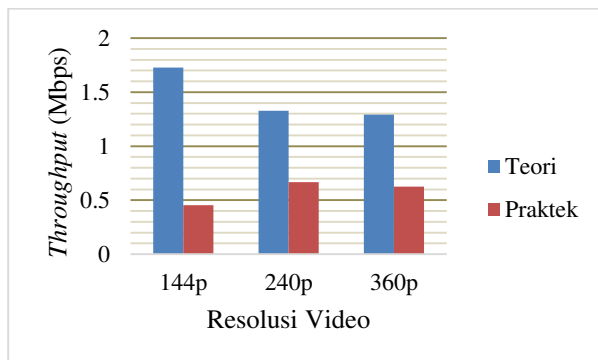


Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Nilai *Packet Loss* berdasarkan Teori dan Pengamatan.

Tabel 4.2 menunjukkan perbandingan *packet loss* yang terjadi untuk masing-masing resolusi video berdasarkan hasil perhitungan dengan pendekatan teoretis dan hasil pengamatan.

Tabel 4.3 Perbandingan *Throughput*

No.	Resolusi Video	<i>Throughput (Mbps)</i>	
		Teori	Praktek
1	144p	1,725541	0,7125
2	240p	1,327917	0,5393
3	360p	1,291993	0,3159



Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Nilai *Throughput* berdasarkan Teori dan Pengamatan.

Tabel 4.3 menunjukkan nilai *throughput* yang terjadi untuk masing-masing resolusi video berdasarkan hasil perhitungan dengan pendekatan teoretis dan hasil pengamatan.

Dari hasil yang ditunjukkan tabel 4.1 4.2, 4.3 dapat diketahui bahwa:

- Semakin besar resolusi video yang digunakan, maka semakin besar nilai *delay total* atau *delay end to end*. Hal tersebut ditunjukkan dari hasil perhitungan pada saat faktor utilisasi terbesar, yakni 0,9, video dengan resolusi 144p memiliki nilai *delay end to end* 115,64 ms, video dengan

resolusi 240p memiliki nilai *delay end to end* 117,88 ms sedangkan video dengan resolusi 360p memiliki nilai *delay end to end* 118,18 ms.

- Semakin besar faktor utilisasi, maka semakin besar nilai *delay end to end*. Hal tersebut ditunjukkan berdasarkan hasil perhitungan, untuk video 144p, saat faktor utilisasi 0,1 memiliki nilai *delay end to end* 113,04 ms dan pada saat faktor utilisasi 0,9 memiliki nilai *delay end to end* 115,64 ms. Untuk video 240p, saat faktor utilisasi 0,1 memiliki nilai *delay end to end* 114,13 ms dan pada saat faktor utilisasi 0,9 memiliki nilai *delay end to end* 117,18 ms. Untuk video 360p, saat faktor utilisasi 0,1 memiliki nilai *delay end to end* 114,31 ms dan pada saat faktor utilisasi 0,9 memiliki nilai *delay end to end* 118,18 ms.
- Semakin besar nilai resolusi video, maka semakin besar nilai probabilitas *packet loss* yang terjadi. Hal tersebut dapat ditunjukkan dari hasil perhitungan, bahwa video dengan resolusi 144p memiliki nilai probabilitas *packet loss* 26,56% dan video dengan resolusi 240p memiliki nilai probabilitas *packet loss* 36,29% dan video dengan resolusi 360p memiliki nilai probabilitas *packet loss* 37,29%.
- Semakin besar nilai resolusi video yang digunakan, maka semakin kecil nilai *throughput* yang didapatkan, karena semakin besar nilai resolusi video menyebabkan nilai probabilitas *packet loss* semakin besar sehingga menurunkan kecepatan pengguna untuk mendapatkan data dalam keadaan benar. Hal tersebut ditunjukkan dari hasil perhitungan pada saat menggunakan video dengan resolusi 144p maka probabilitas *packet loss* yang terjadi adalah 26,56% dengan *throughput* sebesar 1,72 Mbps. Sedangkan pada saat menggunakan video dengan resolusi 240p maka probabilitas *packet loss* yang terjadi sebesar 36,29% dan *throughput* yang didapatkan sebesar 1,32 Mbps. Untuk video dengan resolusi 360p, probabilitas *packet loss* yang terjadi sebesar 37,29% dengan nilai *throughput* sebesar 1,29 Mbps.

Kemudian, berdasarkan hasil perbandingan antara nilai parameter (*delay end to end*, *packet loss* dan *throughput*) dari hasil pendekatan secara teoretis dan pengamatan dapat diketahui bahwa:

- 1) Terjadi perbedaan nilai antara hasil pengamatan dengan hasil perhitungan secara teoretis. Hasil pengamatan nilai parameter secara langsung dengan wireshark memberikan hasil yang lebih buruk dibandingkan hasil perhitungan secara teoretis. Hal ini dapat terjadi karena berbagai hal, diantaranya:

- Karakteristik *switching*. Pada hasil pengamatan, konfigurasi jaringan bersifat *Packet Switch* (PS) karena setiap paket data tidak melewati rute yang sama. Sedangkan pada pendekatan teoretis, konfigurasi jaringan *fix* untuk seluruh paket data.
  - Rute data. Pada hasil pengamatan, rute yang berbeda untuk setiap paket data membuat nilai *delay* yang berbeda dan tidak dapat dihitung secara langsung. Pada pendekatan teoretis, rute yang dilewati selalu sama dan perhitungan dengan pendekatan teoretis hanya untuk jalur yang sama tanpa memperhatikan jalur lain yang sebenarnya dilewati paket data lain.
  - Jumlah *node*. Pada hasil pengamatan, jumlah *node* yang dilewati tiap paket data berbeda-beda. Perbedaan jumlah *node* yang dilewati paket data menyebabkan nilai parameter-parameter juga berubah. Pendekatan teoretis, jumlah *node* yang dilewati paket data hanya 6, yakni server, GGSN, SGSN, RNC, *Node B*, UE.
- 2) Untuk 3 file video dengan resolusi berbeda (144p, 240p, 360p), Besarnya nilai *delay end to end* dan *packet loss* dari hasil perhitungan saat faktor utilisasi bernilai 0,1 hingga faktor utilisasi bernilai 0,9 sesuai dengan standar ITU-T G.1010.
  - 3) Hasil pengamatan nilai *delay end to end* ketiga file video (144p, 240p, 360p) sesuai dengan standar ITU-T G.1010.
  - 4) Hasil pengamatan nilai *packet loss* file video (144p, 240p) sesuai dengan standar ITU-T G.1010

## V. KESIMPULAN

1. Konfigurasi sistem *Video on Demand* (VOD) pada *High Speed Downlink Packet Access* (HSDPA) telah berhasil dibangun. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil pengujian untuk koneksi maupun komunikasi *streaming*.
2. Kualitas layanan VOD berdasarkan parameter *delay end to end*, *packet loss* dan *throughput* memiliki perbedaan nilai untuk hasil perhitungan dengan pendekatan teoretis dan hasil pengamatan. Perbedaan nilai parameter terjadi karena perbedaan konsep *switching*, rute data dan jumlah *node* yang dilewati.
3. Untuk 3 file video dengan resolusi berbeda (144p, 240p, 360p), Besarnya nilai *delay end to end* dari hasil perhitungan saat faktor utilisasi bernilai 0,1 hingga faktor utilisasi bernilai 0,9 sesuai dengan standar ITU-T G.1010, yakni *delay end to end* < 10 s. Sedangkan berdasarkan hasil pengamatan, nilai *delay end to end* layanan VOD untuk ketiga resolusi video pada HSDPA memenuhi standar

ITU-T G.1010 (*delay end to end* < 10 s).

4. Nilai *packet loss* untuk file resolusi video 360p berdasarkan hasil perhitungan tidak memenuhi standar ITU-T G.1010 karena memiliki *Packet Loss Ratio* (PLR) > 1 %. Berdasarkan pengamatan, nilai *packet loss* untuk video dengan resolusi 144p dan 240p sesuai dengan standar ITU-T G.1010 karena memiliki PLR ≤ 1%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Austerberry, David. 2004. *THE TECHNOLOGY OF VIDEO AND AUDIO STREAMING* (2ND EDITION). USA: Focal Press.
- [2] Apostolopoulos, John G. 2001. *Video Communication and Video Streaming*. Hewlett-Packard Laboratories: *Streaming Media System Group*.
- [3] 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).
- [4] Holma, Harri & Toskala, Antti. 2006. *HSDPA/HSUPA for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communications*. England: John Wiley and Sons, Ltd.
- [5] Hull, Steve. 2014. Video and its component. (Online). (<http://jiscdigitalmedia.ac.uk>, diakses tanggal 1 Maret 2014).
- [6] Rappaport, Theodore S. 2002. *Wireless Communication: Principles and Practice*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- [7] Garg, Vijay. 2007. *Wireless Communications and Networking*. San Fransisco: Morgan Kaufmann Press.
- [8] Wardhana, Lingga. 2011. *2G/3G RF Planning and Optimization for Consultant*. Jakarta: Nulisbuku.
- [9] Smith, Clint. 2006. *3G Wireless Networks, Second Edition*. Singapore: McGraw Hill.
- [10] IETF. 2003. R3640.(Online). (<http://www.ietf.org>, diakses tanggal 2 Februari 2014).
- [11] IETF. 2005. RFC 3984. (Online). (<http://www.ietf.org>, diakses tanggal 2 Februari 2014).
- [12] Simpson, Wes. 2008. *Video Over IP Second Edition*. USA: Elsevier, Inc.
- [13] Anurag, Kumar et.al. 2008. *Wireless Networking*. USA: Morgan Kaufmann.
- [14] Schwartz, dan Mischa. 1987. *Telecommunication Network: Protocols, Modelling and Analysis*. USA: Addison-Wesley.
- [15] 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).