

ANALISIS PERFORMANSI VIDEO KOMPRESI H.265 (HEVC) DAN VP9 PADA LAYANAN VIDEO STREAMING INTERNET PROTOCOL TELEVISION (IPTV) DARI SEGI *QUALITY OF SERVICE* (QOS)

(PERFORMANCE ANALYSIS OF H.265 (HEVC) AND VP9 VIDEO COMPRESSION FOR INTERNET PROTOCOL TELEVISION (IPTV) BASED ON *QUALITY OF SERVICE*)

M Hafidh Idris¹, Ir. Ahmad Tri Hanuranto, M.T²

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹mhafidhidris.student.telkomuniversity.ac.id, ²Athanuranto@telkomuniversity.ac.

Abstrak

Layanan *Internet Protocol Television* (IPTV) terus berkembang karena permintaan dan kebutuhan masyarakat terhadap kualitas layanan televisi semakin tinggi. Pengguna menginginkan *streaming* video dengan kualitas yang bagus, hal tersebut berpengaruh pada pengalokasian *bandwidth* yang dibutuhkan, sehingga teknologi kompresi video menjadi cara agar kualitas video terjaga namun dapat meminimalisir konsumsi *bandwidth* yang dibutuhkan. Sebelum proses *streaming*, video diolah terlebih dahulu, maka dibutuhkan *codec* (untuk mengompresi dan mendekompresi video). H.265 *High Efficiency Video Coding* (HEVC) dan VP9. VP9 menghasilkan kualitas gambar yang hampir sama dengan H.265 namun menggunakan *bandwidth* yang lebih kecil.

Pengujian dilakukan terhadap metode kompresi H.265 (HEVC) dan VP9 pada layanan IPTV berbasis video *streaming* dengan membandingkan resolusi video dari SDTV (480) dan HDTV (720 dan 1.080). Parameter *Quality of Service* menjadi tolak ukur data yang akan dianalisis.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui efek dari penggunaan video kompresi (*codec*) H.265 (HEVC) dan VP9 menurut perubahan *bitrate*, *framerate* dan *bandwidth* yang digunakan. Dari hasil pengujian akan diketahui video kompresi (*codec*) mana yang lebih baik performanya. Video kompresi (*codec*) yang memiliki nilai durasi *streaming* lebih rendah, *delay* yang lebih kecil, nilai *jitter* yang lebih kecil, nilai *packet loss* yang lebih kecil dan *throughput* yang lebih tinggi adalah *codec* dengan performa lebih baik.

Kata Kunci : *Streaming live, codec, H.265(HEVC), VP9, Quality of Service, performansi.*

Abstract

The *Internet Protocol Television* (IPTV) service continues to grow because the demand and needs of better quality television services are increasingly high. Users want *streaming* video with good quality, it affects the allocation of the required *bandwidth*, efficient video technology becomes the appropriate ways of video quality but still can minimize the *bandwidth* consumption. Before the *streaming* process, the video is processed first, then a *codec* is needed (for compressing and decompressing videos). H.265 *High Efficiency Video Encoding* (HEVC) and VP9. VP9 produces image quality that is almost the same as H.265 but uses less *bandwidth*.

Tests were carried out on the H.265 (HEVC) and VP9 compression methods on video *streaming*-based IPTV services by comparing video resolutions from SDTV (480) and HDTV (720 and 1,080). The *Quality of Service* parameter becomes a benchmark for the data to be analyzed.

Tests were carried out to determine the effect of using H.265 (HEVC) and VP9 video compression (*codec*) with the original *bitrate*, *framerate* and *bandwidth*. From the test results, you will find a video compression (*codec*) which is better for its performance. Video compression (*codec*) which has lower *streaming* duration value, smaller *delay*, smaller *jitter* value, smaller *packet loss* value and higher *throughput* is better *codec*.

Keywords: *Streaming live, codec, H.265(HEVC), VP9, Quality of Service, performance.*

1. Pendahuluan

Teknologi informasi dan komunikasi yang semakin berkembang membuat gaya hidup masyarakat dalam menonton televisi mengalami pergeseran. Dulu orang menonton televisi dengan menggunakan perangkat televisi analog di rumah, namun pada zaman sekarang kita dapat menonton televisi dimanapun dan kapanpun dengan menggunakan gadget berkat *platform Internet Protocol TV* (IPTV). IPTV merupakan layanan televisi yang menggunakan jaringan internet. Menurut FG ITU-T (*Focus Group ITU-T*) IPTV merupakan layanan multimedia yang terdiri dari televisi, video, teks, grafis dan data yang disampaikan melalui jaringan berbasis internet protocol [1]. Diperlukan jaringan yang menghubungkan server dengan seluruh pengguna untuk dapat mengakses layanan IPTV secara bersamaan. Oleh karena itu, IPTV bersifat *multicast*.

PT Telkom Indonesia sebagai penyedia layanan IPTV di Indonesia. PT Telkom Indonesia meluncurkan layanan IPTV Indihome pada Senin 28 Februari 2011 dan pada tahun 2018 jumlah pelanggan IndiHome telah mencapai 4 juta pelanggan dan akan terus bertambah [2]. Jumlah pengguna yang semakin meningkat dan kebutuhan IPTV yang semakin tinggi menjadi tantangan bagi penyedia layanan. Hal tersebut sebanding dengan

permintaan peningkatan kualitas layanan video dari IPTV menjadi *Ultra High Definition* (UHD) hal tersebut berpengaruh besar pada pengalokasian *bandwidth* yang dibutuhkan, sehingga teknologi kompresi video menjadi salah satu cara agar tetap menjaga kualitas resolusi video namun dapat meminimalisir konsumsi *bandwidth* untuk dilewatkan pada sebuah jaringan. Sebelum di lakukan proses *streaming*, video harus diolah terlebih dahulu, maka dibutuhkan *codec*. *Codec* merupakan algoritma yang berfungsi untuk mengompresi atau mengecilkan ukuran video dan mendekomposisi atau mengembalikan video ke ukuran aslinya agar bisa dimainkan di media *player*. Jika video yang akan didistribusikan memiliki ukuran file yang besar dan format video yang tidak sesuai untuk dikonsumsi, maka *codec* seperti H.265 (HEVC) dan VP9 dibutuhkan untuk mengompres video dengan algoritma yang dimilikinya [3].

H.265 (HEVC) merupakan *codec* buatan Moving Picture Experts Group (MPEG) pada april 2013. H.265 (HEVC) mendukung resolusi hingga 8192x4320, termasuk 8K UHD [4]. VP9 merupakan *codec* yang diluncurkan oleh Google pada Juni 2013 dan termasuk ke dalam proyek WebM [5]. VP9 disesuaikan untuk resolusi video yang lebih besar dari 1080p dan termasuk kedalam kompresi *lossless*. VP9 dikembangkan untuk menghemat *bit-rate* hingga 50% dari generasi sebelumnya yaitu VP8 [4].

Pada penelitian ini penulis membandingkan performansi dari *codec* H.265 (HEVC) dan VP9 pada jaringan berbasis video *streaming* dengan membandingkan resolusi mulai dari 480, 720 dan 1080. Untuk menganalisa performansi *streaming* antara kedua *codec* H.265 (HEVC) dan VP9 dibutuhkan tolak ukur yaitu data yang secara kuantitas dapat dianalisa. Parameter *Quality of Service* dapat menjadi tolak ukur data yang akan dianalisis. Parameter yang digunakan adalah waktu kompresi, kapasitas penyimpanan video, *delay inter-arrival*, *jitter inter-arrival*, *packet loss* dan *throughput*.

2. Konsep Dasar/ Material dan Metodologi/ Perancangan

2.1 Internet Protocol Television (IPTV)

Internet Protocol Television (IPTV) atau disebut juga *broadband tv* adalah suatu pengembangan dari *software* komunikasi antar *client* dan *server* yang mem-*broadcast* video dengan kualitas tinggi (setara *real time full motion* video secara terus-menerus) ke *user* menggunakan jaringan internet *protocol*. Menurut FG ITU-T (*Focus Group ITU-T*) IPTV merupakan layanan multimedia yang terdiri dari televisi, video, teks, grafis dan data yang disampaikan melalui jaringan berbasis internet *protocol* mendukung tingkat yang dibutuhkan *Quality of Service* (QoS)/*Quality of Experience* (QoE), keamanan, interaktivitas dan reliabilitas [1].

2.2 Protocol IPTV

Protokol adalah aturan atau standar yang mengatur atau mengizinkan adanya hubungan komunikasi yang terjadi. Metode IP *Multicast* memungkinkan sebuah layanan mengirimkan informasi ke grup *user* di saat yang bersamaan. *Protocol* yang digunakan pada sistem yang berbasis IPTV yaitu: [5]

2.2.1 IGMP VERSI 2 UNTUK LIVE TV

Internet Group Management Protocol (IGMP) merupakan *protocol* yang termasuk ke dalam kumpulan *protocol Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP). IGMP digunakan untuk memelihara *group multicast* pada *subnet* lokal untuk sebuah alamat *Internet Protocol multicast*. Untuk mentransfer video secara *multicast* dapat digunakan IGMP oleh karena itu IGMP lebih efisien dibandingkan metode *unicast* normal [6].

2.2.2 RTP (REAL TIME PROTOCOL)

Real time transport protokol (RTP) adalah *protocol* jaringan yang bertugas untuk mengirimkan video dan audio melalui jaringan IP. RTP secara luas digunakan untuk komunikasi dan sistem entertain termasuk didalamnya *streaming* media. RTP akan digunakan bersama dengan RTP control *Protocol* (RTCP) saat RTP membawa aliran media (misalnya, video dan audio), maka RTCP digunakan untuk memantau statistik transmisi dan memantau *Quality of Service* (QoS) [7].

2.3 Metode Kompresi

Kompresi video dibutuhkan untuk mengubah koding data video secara efisien dalam format file dan *streaming* format. Kompresi merupakan metode yang bertujuan mengubah data dari ukuran asli ke sebuah format yang lebih kecil. Pengembalian data yang sudah dikecilkan tersebut kembali ke data aslinya disebut proses dekomposisi. Bila hasil proses dekomposisi menghasilkan data yang sama dengan data aslinya dengan hanya mengurangi bit maka proses kompresi itu disebut "lossless", contoh metode kompresi lossless adalah VP9, ZeroCodec dan YULS. Sedangkan bila data yang melalui proses dekomposisi tersebut menghasilkan data yang lebih kecil dari data aslinya yaitu dengan cara menghapus data yang tidak diperlukan maka kompresi ini disebut "lossy", contoh metode kompresi lossy adalah VP8, MPEG-4, H.264/AVC, H.265/HEVC [8]. Dengan demikian *streaming* video dapat memungkinkan menciptakan gambar asli yang dikeluarkan dari proses digitalisasi.

2.4 H.265 (High Efficiency Video Codec)

H.265/HEVC adalah standar pengkodean video terbaru yang dikembangkan oleh VCEG (*Video Coding Experts Group*) dan MPEG (*Moving Picture Experts Group*) dalam tim JVT-VC (*Joint Collaborative Team on Video Coding*) pada tahun 2013, telah menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan dibandingkan pendahulunya yaitu H.264/AVC. Setelah pembentukan H.265/HEVC semakin banyak kemajuan yang diberikan pada bagaimana meningkatkan kualitas visual lebih lanjut sehingga efisiensi pengkodean yang lebih baik dapat dicapai, ia telah mengadopsi struktur kode *quadtree*, *Sample Adaptive Offset (SAO)*, *Advance Motion Vector Prediction (AMVP)* dan lainnya [10].

2.5 VP9

VP9 adalah penerus VP8, format kompresi video terbuka mulai dikembangkan pada akhir tahun 2011 oleh Google. Tujuan utamanya adalah menyediakan solusi bebas royalti untuk video berbasis internet. VP9 bersaing dengan High Efficiency Video Coding (HEVC/H.265) [16]. Pada awalnya, VP9 digunakan di platform video Google yaitu Youtube. Berbeda dengan HEVC, dukungan VP9 terdapat di browser web. Kombinasi video VP9 dan audio Opus dalam wadah WebM seperti yang dilayani oleh Youtube, telah didukung oleh 4/5 pasar browser termasuk ponsel. VP9 disesuaikan untuk resolusi video yang lebih besar dari 1080p (UHD) dan juga memungkinkan kompresi lossless [11]. Untuk encoding video dengan *codec* VP9, dipilih program FFmpeg dengan build terbaru yang mendukung VP9 encoding. Implementasi *codec* ini masih dalam tahap pengembangan [12].

2.6 Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) adalah kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan dengan kinerja yang dapat diperkirakan. Langkah awal dalam menawarkan QoS adalah menemukan seperangkat parameter untuk mengukur dan membandingkan kinerja jaringan. Infrastruktur jaringan menyediakan QoS, tetapi pengguna yang merasakan pengaruh dari QoS. Inilah alasan mengapa QoS ditetapkan dengan menggunakan parameter end-to-end. Beberapa factor QoS yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut : [9].

A. Delay

Delay merupakan waktu yang diperlukan untuk mengirimkan paket dari sumber ke tujuan melalui sebuah jalur yang telah ditentukan oleh jaringan, yang jumlah penundaannya dihitung pada setiap node yang dilintasi paket. Ada tiga jenis delay yaitu : [9].

B. Variasi Delay/Jitter

Variasi *Delay* merupakan perbedaan dalam penundaan pengiriman dua paket yang dilakukan dengan cara mengirim paket berurutan. Hasil variasi *delay* ini di dapatkan dari delay paket yang dikirimkan terakhir lalu dikurangi delay paket yang dikirimkan pertama [9]. Cisco memberi syarat untuk variasi *delay* pada layanan video *streaming* bernilai <30 ms [13].

C. Packet Loss

Packet Loss merupakan paket yang dikatakan hilang karena tidak tiba di tujuan, Hal ini dapat dianggap bahwa paket mengandung kesalahan atau keterlambatan ataupun hilang. Kata terlambat memiliki arti yang berbeda pada setiap aplikasi. Untuk aplikasi pada audio dan video *real-time*, paket yang diterima lebih lambat dari waktu yang seharusnya diterima maka paket tersebut sudah tidak berguna [9].

Nilai *packet loss* diharapkan bernilai minimum. Secara matematis diekspresikan dengan persamaan sebagai berikut:

D. Throughput

Throughput merupakan suatu ukuran dari banyaknya bit yang sukses diterima dalam suatu waktu tertentu dengan satuan *bit per second*. Secara umum *throughput* dinyatakan oleh persamaan, yaitu :

2.7 Topologi

Topologi ini menggunakan satu kabel untuk menyambungkan semua host. Instalasi jaringan ini biasanya terdiri dari 5 sampai 7 perangkat komputer. Komunikasi satu arah adalah jenis komunikasi yang digunakan pada topologi bus. Topologi bus digunakan dengan alasan saat *client* melakukan proses streaming IPTV, dimana *server* dikhususkan untuk pendistribusian data saja, selain itu perancangan yang sederhana, tidak membutuhkan banyak biaya, pengembangan atau penambahan jaringan *work station* lain dapat dilakukan dengan mudah tanpa mengganggu jaringan *work station* yang sudah ada menjadi alasan tambahan mengapa topologi bus digunakan, namun topologi ini tetap memiliki kekurangan antara lain apabila pada kabel terdapat gangguan maka seluruh jaringan yang ada akan mengalami gangguan serta terbatasnya Panjang kabel [14].

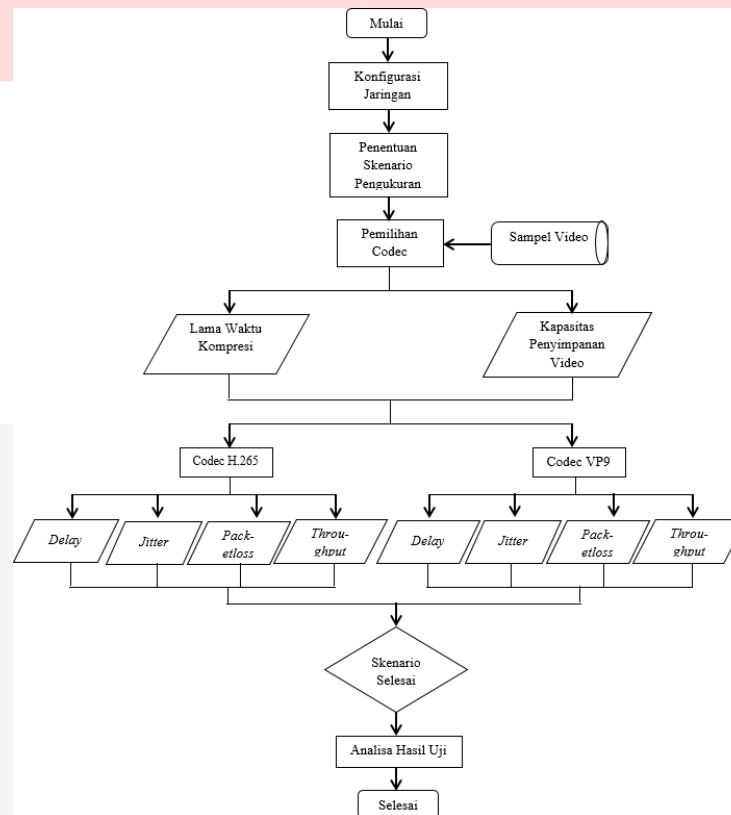
3. Pembahasan

3.1 Desain Sistem

Pada Tugas Akhir ini dilakukan perancangan sistem *Internet Protocol Television (IPTV)* dimana pada sisi *client* dapat melakukan *stream* video yang disediakan oleh Red5 sebagai web *server* dari layanan IPTV yang akan dibuat. Pada sistem ini sisi *server* akan melakukan *stream* dari video *server* yang akan menampilkan video yang sudah dilakukan proses perubahan *codec* sesuai dengan ketentuan. Selanjutnya proses kompresi video

dilakukan dengan resolusi mulai dari 480, 720 dan 1080. Waktu kompresi dan kapasitas penyimpanan video dihitung. Selanjutnya pada saat video di *streaming*, akan dihitung juga *delay inter-arrival*, *jitter inter-arrival*, *packet loss* dan *throughput*. Langkah terakhir melakukan analisa perbandingan performansi. Untuk menghubungkan sistem ini, dimulai dari video server dimana video yang telah dilakukan proses perubahan *codec* dihubungkan dengan web server lalu proses *streaming* akan berjalan melalui perangkat *router* hingga ke sisi *client*. Setelah itu proses analisa akan dilakukan untuk mengetahui hasil *Quality of Service (QoS)* dari layanan IPTV yang dilakukan.

3.1.1 Diagram Blok



Gambar 3.1 Diagram Alur Sistem

3.1.2 Fungsi dan Fitur

Pada tugas akhir ini menguji performansi dari video kompresi H.265 (HEVC) terhadap VP9 untuk video *streaming* layanan IPTV. Pada tahap analisis pengujian tugas akhir ini dilakukan beberapa tahapan pengujian dengan tujuan mendapatkan parameter pengukuran. Adapun skenario tahapan pengujian sebagai berikut :

1. Skenario I
Pada skenario pertama dilakukan pengukuran perbandingan video kompresi H.265 (HEVC) terhadap VP9 dari sisi waktu yang diperlukan untuk kompresi video, ukuran file video dan juga kualitas video tersebut. Sampel video akan di kompres menggunakan *software* Freemake Video Converter dengan memilih video kompresi H.265 (HEVC) dan VP9.
2. Skenario II
Hasil sampel video yang telah di kompresi untuk H.265 (HEVC) dan VP9 pada skenario I, selanjutnya akan dilakukan proses *streaming* pada media server jaringan yang sudah tersedia untuk menguji performansi kedua video kompresi tersebut dengan penambahan background traffic.
3. Skenario III
Sampel video kompresi H.265 (HEVC) dan VP9 akan dilakukan proses *streaming* di sisi client, ditambah dengan *Dos attack* pada sisi server kemudian akan dilakukan pengujian performansi video *streaming* tersebut. Setelah mendapatkan hasil parameter parameter yang sesuai dari proses pengujian, maka akan dilakukan proses analisis dari video kompresi H.265 (HEVC) terhadap VP9.

4. Hasil dan Analisis

4.1 Waktu Kompresi

4.1.1 Tujuan Pengukuran Waktu Kompresi

Waktu kompresi merupakan lama waktu yang dibutuhkan sampel video raw (awal) di kompres menjadi format video baru dengan teknik kompresi tertentu (VP9 atau H.265/HEVC) serta dengan resolusi video tertentu. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui lama waktu video diproses dan di kompresi dengan menggunakan standar video kompresi VP9 dan H.265/HEVC terhadap resolusi video yang berbeda. Pada skenario pengukuran waktu kompresi menggunakan video *raw* atau sampel lalu dilakukan proses kompresi dengan menggunakan metode kompresi H.265/HEVC dan VP9. Hasil pengukuran waktu kompresi dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan waktu kompresi

Variasi	VP9	H.265/HEVC
480	00.00.46	00.02.06
720	00.01.23	00.04.42
1080	00.02.40	00.09.48

4.2 Kapasitas penyimpanan

4.2.1 Tujuan Pengukuran Kapasitas Penyimpanan

Pada tabel 4.2 menunjukkan hasil pengukuran dari kapasitas penyimpanan video. Video sampel raw awal merupakan video dengan resolusi 1920x1080 dengan durasi video 2 menit 3 detik. Ukuran video sampel awal adalah 456.691 Kb. Video yang diukur merupakan hasil dari proses kompresi dengan menggunakan standar video kompresi VP9 dan H.265/HEVC dengan pemilihan resolusi video yang berbeda. Resolusi video yang dipilih meliputi 480, 720, dan 1080. Hasil Pengukuran Kapasitas Penyimpanan

Hasil pengukuran kapasitas penyimpanan video kompresi H.265/HEVC dengan VP9 dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Pengukuran Kapasitas Penyimpanan

Variasi	VP9 (KB) b	H.265/HEVC (KB) c	Perbandingan (%) c/b
480	42.661	24.485	57,39
720	94298,8	52900	56,09
1080	191.860	103431	53,91

4.3 Delay Inter-arrival

4.3.1 Tujuan Pengukuran

Delay Inter-Arrival merupakan delay antar kedatangan paket. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui besar delay paket yang datang dan diterima oleh client dengan pengamatan pengaruh resolusi video yang berbeda dengan penambahan background traffic.

4.3.2 Hasil Pengukuran Delay Inter-arrival

Pada tabel 4.3 menunjukkan hasil dari pengukuran nilai delay inter-arrival dari ukuran resolusi video 720 x 480 (480) dengan membandingkan pengaruh dari standar video kompresi VP9 dan H.265/HEVC. Proses streaming dilakukan secara multicast dengan kondisi jaringan yang kosong atau dengan background traffic 0 Mbps dan dengan penambahan background traffic 2 Mbps, 8 Mbps, 16 Mbps, dan 50 Mbps..

Tabel 4.4 Delay Inter-arrival

Variasi	Satuan	<i>Background Traffic</i> (Mbps)				
		0	2	8	16	50
480 VP9	ms	3,6147	3,6320	3,6148	3,6188	3,7035
480 H.265		6,3322	6,3408	6,3424	6,2898	6,3343

4.3 *Jitter inter-arrival*

4.4.1 Tujuan Pengukuran Jitter inter-arrival

Jitter inter-arrival atau variasi delay (delay variation) merupakan perbandingan dua buah paket yang ditransmisikan secara berurutan. Dimana variasi delay ini diperoleh delay dari paket yang ditransmisikan terakhir dikurangi delay dari paket pertama. Pada pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui besar variasi delay pada proses streaming video pada client untuk video dengan resolusi berbeda terhadap penambahan background traffic.

4.4.2 Hasil Pengukuran

Pada tabel 4.5 menunjukkan hasil dari pengukuran nilai jitter inter-arrival dari ukuran resolusi video 720 x 480 (480) membandingkan pengaruh dari standar video kompresi VP9 dan H.265/HEVC. Proses streaming dilakukan secara multicast dengan kondisi jaringan yang kosong atau dengan background traffic 0 Mbps dan dengan penambahan background traffic 2 Mbps, 8 Mbps, 16 Mbps, dan 50 Mbps.

Tabel 4.5 Jitter Inter-arrival

Variasi	Satuan	<i>Background Traffic</i> (Mbps)				
		0	2	8	16	50
480 VP9	ms	6,9828	7,0410	6,9826	6,9794	6,9917
480 H.265		12,1065	12,1273	12,1031	12,0147	12,1015

4.5 *Packet loss*

4.5.1 Tujuan Pengukuran Packet Loss

Packetloss dapat diartikan sebagai paket dikatakan hilang ketika paket tersebut tidak tiba di tujuan. Hal ini dapat dianggap bahwa paket tersebut berisi kesalahan atau tiba terlambat ataupun hilang. Pengukuran ini bertujuan mengecek dan mengevaluasi jaringan yang digunakan selama proses streaming terhadap peningkatan resolusi dan peningkatan background traffic.

4.5.2 Hasil Pengukuran

Pada tabel 4.6 menunjukkan hasil dari pengukuran nilai packetloss dari ukuran resolusi video 720 x 480 (480) membandingkan pengaruh dari standar video kompresi VP9 dan H.265/HEVC. Proses streaming dilakukan secara multicast dengan kondisi jaringan yang kosong atau dengan background traffic 0 Mbps dan dengan penambahan background traffic 2 Mbps, 8 Mbps, 16 Mbps, dan 50 Mbps. Untuk data pengukuran lengkap terlampir pada lampiran A

Tabel 4.6 Packet Loss

Variasi	<i>Background Traffic</i> (Mbps)				
	0	2	8	16	50
480 VP9	0,00%	0,05%	0,00%	0,14%	2,58%
480 H.265	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%

4.6 Throughput

4.6.1 Tujuan Pengukuran Throughput

Throughput merupakan suatu istilah yang mendefinisikan banyaknya bit yang sukses diterima dalam suatu selang waktu tertentu dengan satuan bit per second (bps) pada periode waktu pengamatan tertentu. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui besar throughput dari video dengan resolusi yang berbeda terhadap penambahan background traffic.

4.6.2 Hasil Pengukuran Throughput

Pada tabel 4.7 menunjukkan hasil dari pengukuran nilai throughput dari ukuran resolusi video 720 x 480 (480) membandingkan pengaruh dari standar video kompresi VP9 dan H.265/HEVC. Proses streaming dilakukan secara multicast dengan kondisi jaringan yang kosong atau dengan background traffic 0 Mbps dan dengan penambahan background traffic 2 Mbps, 8 Mbps, 16 Mbps, dan 50 Mbps.

Tabel 4.7 Throughput

Variasi	Satuan	<i>Background Traffic (Mbps)</i>				
		0	2	8	16	50
480 VP9	Kbps	3043,767	3027,333	3042,467	3036,600	2965,033
480 H265		1737,500	1734,933	1736,400	1749,467	1736,467

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ITU-T, "IPTV FOCUS GROUP PROCEEDINGS," 2008.
- [2] Z. Effendi, "Indihome Tembus 4juta Pelanggan," detikID, 8 Juny 2018. [Online]. Available: <https://inet.detik.com/telecommunication/d-4059972/indihome-tembus-4-juta-pelanggan>. [Accessed 29 November 2018].
- [3] V. A. B. Harto, R. Primananda and A. Suharsono, "Analisis Performansi H.264 pada Video Streaming dari Segi Quality of Service," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 1, pp. 1172-1181, 2017.
- [4] Wikipedia, "VP9," 21 october 2018. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/VP9>. [Accessed 15 October 2018].
- [5] G. O'Driscoll, *Next Generation IPTV Services and Technology*, Canada: John Willy & Son, 2008.
- [6] Wikipedia, "Internet Group Management Protocol," 14 Agustus 2017. [Online]. [Accessed 3 Desember 2018].
- [7] H. Daniel, in *Network*, De Boeck Universite, 2002, p. 298.
- [8] Wikipedia, "List of Codecs," 9 September 2018. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/list_of_codecs. [Accessed 20 Oktober 2018].
- [9] F. J. Hens and J. M. Caballero, *Triple Play: Building the converged network for IP, VoIP and IPTV*, UK: John Wiley & Sons, Ltd 2008, 2008.
- [10] Z. Chen and Y. Li, "Recent Advances in Perceptual H.265/hevc Video Coding," *IEEE*, pp. 564-567, 2015.
- [11] J. Roettgers, "YouTube goes 4K, Google signs up long list of hardware partners for VP9 support," 2 Januari 2014. [Online]. Available: <https://gigaom.com/2014/01/02/youtube-4k-streaming-vp9/>. [Accessed 20 Oktober 2018].
- [12] J. Kufa and T. Kratochvil, "Comparison of H.265 and VP 9 Coding Efficiency for Full HDTV and Ultra HDTV Applications," in *25th International Conference Radioelektronika*, Pardubiche, 2015.
- [13] S. Team and C. Hattingh, *End-to-End QoS Network Design: Quality of Service in LANs, WANs and VPNs*, Indianapolis: CISCO, 2005.
- [14] V. Nair, S. Jena and Y. Kuvawala, "Configuration Optimization of Network Topology by Introducing Parallel Topology to Enhance Data".
- [15] Wikipedia, "High Efficiency Video Coding," Wikipedia, 1 Desember 2018. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/High_Efficiency_Video_Coding. [Accessed 28 November 2018].
- [16] J. Bienik, M. Uhrina, M. Kuba and M. Vaculik, "Performance of H.264, H.265, VP8 and VP9 Compression Standards for High Resolutions," in *International Conference on Network-Based Information Systems*, Zilina, 2016.