

Komparasi QoS Video Call dan Video Conference Pada Google Hangouts Dan Google Duo Di Jaringan 3G Dan 4G LTE

Muhammad Thalhah¹, Teuku Yuliar Arif², Syahrial³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf, No. 7, Banda Aceh, 23111, Indonesia

¹muhammadthalhah12@gmail.com

Abstrak— Untuk bisa melakukan *video conference* ini dibutuhkan jaringan internet dilengkapi konektivitas yang tinggi dan jaringan yang stabil. *Quality of Service (QoS)* dari sebuah *software* yang menyediakan layanan *video call* dan *video conference* penting untuk dipertimbangkan efisiensinya. Pengukuran QoS sangat membantu dalam menganalisa jaringan komunikasi sehingga dapat diketahui komunikasi tersebut tergolong baik atau buruk. Adapun beberapa parameter yang harus memenuhi standar agar jaringan komunikasi tersebut dikatakan baik merupakan: *Delay*, *Throughput*, *Jitter*, dan *Packet loss*. Dari hasil analisis QoS tersebut nantinya dapat diketahui platform penyedia *video call* dan *video conference* mana yang lebih efisien digunakan. Hasil analisa parameter *network QoS* berdasarkan standar TIPHON pada Google Hangouts rata-rata nilai indeks adalah 3,25, sedangkan pada Google Duo rata-rata nilai indeks adalah 3,375, dari hasil tersebut Google Duo memiliki nilai indeks yang lebih baik meskipun masih dalam kategori sama-sama memuaskan. Software Google Hangouts dan Google Duo pada jaringan 3G dan 4G LTE serta pada layanan *video call* dan *video conference* memiliki hasil yang memuaskan berdasarkan standar TIPHON. Dilihat dari nilai rata-ratanya kedua aplikasi Google Hangouts dan Google Duo lebih handal dalam melayani *video call* dari pada melayani *video conference*.

Kata kunci— Video Conference, Video Call, Throughput, Delay, Jitter, Packet Loss.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan komunikasi nirkabel sangat pesat diiringi dengan kebutuhan manusia yang menginginkan komunikasi yang efisien dan tetap terjangkau untuk berbagai kalangan masyarakat. Komunikasi nirkabel yang menjadi tren untuk saat ini adalah komunikasi data, dengan adanya komunikasi data pengguna menjadi mudah dalam berkomunikasi baik secara *voice call* maupun *video call*. Layanan *video call* merupakan teknologi komunikasi dimana pengiriman data berupa *voice* dan *video* secara *real-time*, bahkan sekarang *video call* telah dikembangkan, yang awalnya hanya *point-to-point* sekarang *video call* juga dapat dilakukan secara *multipoint* yang disebut *video conference*, hal ini memudahkan melakukan komunikasi video secara grup atau melakukan rapat tanpa pertemuan secara langsung [1]. Untuk bisa melakukan *video conference* ini dibutuhkan jaringan

internet dilengkapi konektivitas yang tinggi dan jaringan yang stabil. Tetapi hal itu tidak menjadi mustahil dikarenakan teknologi jaringan 3G dan jaringan 4G LTE telah dapat digunakan oleh setiap lapisan masyarakat.

Pengguna layanan *video call* dan *video conference* berasal dari berbagai kalangan mulai dari mahasiswa, suatu instansi sampai perusahaan multi nasional menggunakan layanan *video call* dan *video conference* untuk kelancaran bisnis mereka. *Quality of Service (QoS)* dari sebuah *software* yang menyediakan layanan *video call* dan *video conference* penting untuk dipertimbangkan efisiensinya. Pengukuran QoS sangat membantu dalam menganalisa jaringan komunikasi sehingga dapat diketahui komunikasi tersebut tergolong baik atau buruk. Adapun beberapa parameter yang harus memenuhi standar agar jaringan komunikasi tersebut dikatakan baik merupakan : *Delay*, *Throughput*, *Jitter*, dan *Packet loss*. Dari hasil analisis QoS tersebut nantinya dapat diketahui platform penyedia *video call* dan *video conference* mana yang lebih efisien digunakan.

Aplikasi atau *software* yang menyediakan layanan *video call* ataupun *video conference* telah banyak tersebar dan dapat digunakan secara gratis. Google yang merupakan salah satu perusahaan multinasional Amerika Serikat yang berfokus pada jasa dan produk internet telah memunculkan 3 media komunikasi yang menyediakan layanan *video call* ataupun *video conference*. Pada penelitian ini akan membandingkan 2 dari 3 media komunikasi Google tersebut yaitu Google Hangoutss dan Google Duo. Pada fitur yang diberikan kedua aplikasi ini memiliki perbedaan diantaranya, pada Google Hangoutss memiliki fitur *chat* dan mampu membuat *meeting online* sampai dengan 25 peserta sekaligus, pada Google Duo memiliki fitur *knock knock* yang dapat menampilkan pratinjau atau *preview video* dan dapat menyesuaikan kualitas video berdasarkan *bandwidth* yang terbatas.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hamid Azwar, video yang dikirimkan menggunakan segmen video yang lebih kecil menghasilkan *throughput* yang lebih besar dan memperoleh kualitas video lebih banyak dengan *bit rate* yang lebih tinggi daripada video ke segmen yang lebih besar. Pengiriman video dengan segmen 2 detik memperoleh kualitas video dengan level tertinggi 83% [3].

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara *video call* secara *point-to-point* dan *video conference* secara *multipoint* dengan cara menganalisa paket-paket data dengan menggunakan *software* Wireshark dan dilakukan dengan dua aplikasi yaitu Google Hangouts dan Google Duo. Operator yang digunakan adalah Telkomsel dengan jaringan 3G dan 4G LTE. Hasil yang akan didapatkan berupa data statistik yang akan dibandingkan sehingga diharapkan bisa menjadi acuan untuk pengguna layanan *video call* dalam menentukan sistem yang memiliki kualitas yang baik.

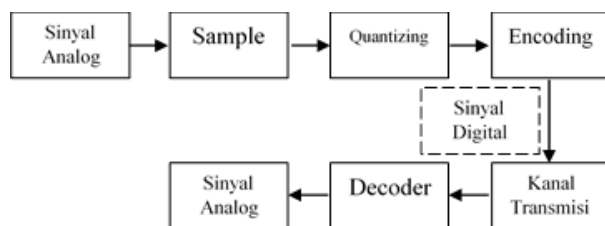
II. DASAR TEORI

A. Video Call

Video call merupakan salah satu bentuk komunikasi multimedia yang mampu menangkap *video* (gambar) sekaligus suara yang ditransmisikan, *video call* bisa juga diartikan telepon dengan layar *video*. Fungsi *video call* tentunya sebagai alat komunikasi antara satu orang dengan orang yang lainnya secara real-time. Dengan adanya *video call* sangat membantu bagi orang tuli ataupun bisu, karena melalui *video call* bisa dilakukan dengan bahasa isyarat. *Video call* juga dapat di gunakan sebagai alat untuk menyalurkan gambar serta suara dalam bentuk *video* [4].

Video call dapat ditransmisikan melalui jaringan internet dengan memanfaatkan protokol internet atau IP. *Video call* juga dapat di atur sehingga komunikasi terjadi pada jaringan local tanpa terhubung dengan internet.

Prinsip kerja *Video Call* Sinyal suara yang diinput melalui *microphone* dan sinyal gambar yang direkam melalui webcam ataupun kamera dikonversikan menjadi sinyal digital. Kemudian sinyal gambar dan sinyal suara tersebut dikompresi menggunakan perangkat yang disebut codec. Sinyal hasil kompresi tersebut ditransmisikan melalui jaringan internet dengan menggunakan internet protocol (IP). Disisi receiver informasi yang telah sampai akan didekompresikan kembali menjadi sinyal suara dan sinyal gambar. Kemudian output berupa gambar atau video dapat ditampilkan di layar monitor dan audio atau suara dapat di dengar melalui speaker. Proses konversi sinyal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 [4].



Gambar 1. Proses Konversi Sinyal

B. Jaringan 3G

Teknologi jaringan telekomunikasi 3G adalah generasi ke-3 untuk layanan telekomunikasi seluler yang sudah memenuhi standar International Mobile Telecommunications 2000

(IMT-2000) yang ditentukan oleh International Telecommunication Union (ITU).

Beberapa layanan telekomunikasi termasuk komunikasi nirkabel, mobile internet access, *video calls* dan mobile TV semuanya mencakup telekomunikasi seluler. Untuk memenuhi standar IMT-2000 kecepatan data yang diperlukan minimal 200 kbit/s. Jaringan 3G terbaru adalah 3,5G dan 3,75G serta menyediakan akses broadband seluler mulai dari beberapa Mbit/s pada smartphone dan juga modem seluler untuk laptop maupun komputer [8].

Frekuensi yang digunakan jaringan 3G adalah 1920-1980 MHz untuk frekuensi penerimaan (downlink) dan 2110-2170 MHz untuk frekuensi pengiriman (uplink). Kecepatan transfer data pada jaringan 3G adalah 144 kbps – 2Mbps, sehingga dapat melayani layanan data broadband seperti internet, *video on demand*, music on demand, games on demand, *video streaming*, dan *video conference* [9].

C. Jaringan 4G LTE

Teknologi 4G LTE (*Long Terms Evolution*) adalah standar terbaru teknologi jaringan bergerak, sebagai perkembangan dari GSM (Global System for Mobile Communication), UMTS (Universal Mobile Telephone Standard) dan HSDPA (High Speed Downlink Packet Acces). Komunikasi data yang menggunakan teknologi 4G LTE memiliki kecepatan mencapai 100 Mbps pada downlink dan 50 Mbps pada uplink. 3 hal yang menjadi perubahan signifikan dari jaringan 4G LTE dibandingkan teknologi sebelumnya, yaitu air interface, jaringan radio serta jaringan core. Dengan teknologi 4G LTE dapat melakukan download dan upload *video high definition*, mengakses e-mail dengan attachment besar serta bergabung dalam *video conference* dimanapun dan kapanpun [10].

D. Google Hangouts

Google Hangouts adalah salah satu fitur dari Google+ yang saat ini menjadi produk yang berdiri sendiri. Pada dasarnya Google Hangouts dikembangkan untuk tujuan komunikasi perusahaan dan juga komersial. Karena pada Google Hangouts memiliki fitur utama yaitu berupa chat, meet (*video call* dan *video conference*) dan Voice. Untuk *video conference* pada Google Hangouts maksimal kapasitasnya adalah 25 peserta sekaligus.

E. Google Duo

Google Duo memiliki kualitas panggilan yang akan mengikuti perubahan jaringan saat bandwidth terbatas. Google Duo akan secara otomatis mengurangi resolusi gambar agar tetap mulus, dan juga bisa otomatis beralih dari jaringan WiFi ke ponsel tanpa memutus panggilan. Google Duo memiliki fitur andalan knock knock, yakni mengizinkan user untuk melakukan pratinjau atau melihat aktivitas penelpon terlebih dahulu sebelum menjawab panggilan. Dan juga mempunyai fitur doodle dan masks sehingga membuat komunikasi lebih menyenangkan. Pada Google Duo maksimal kapasitasnya adalah 12 peserta sekaligus.

F. Quality Of Service

QoS adalah metode pengukuran untuk mengetahui seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu servis. QoS digunakan untuk membantu memastikan bahwa user mendapatkan kinerja yang handal pada aplikasi-aplikasi berbasis jaringan. Pada saat proses pengiriman banyak hal yang bisa terjadi mengakibatkan masalah-masalah pada parameter QoS, yaitu waktu tunda (*delay*), variasi waktu tunda (*jitter*), paket hilang (*packet loss*), dan *Throughput* [4]. Berikut Tabel 2.4 standar dari TIPHON untuk QoS :

TABEL I.
INDEKS PARAMETER QoS BERDASARKAN STANDAR TIPHON

Nilai	Persentase (%)	Indeks
3,8 – 4	95 – 100	Sangat Memuaskan
3 – 3,79	75 – 95,75	Memuaskan
2 – 2,99	50 – 74,75	Kurang Memuaskan
1 – 1,99	25 – 49,75	Buruk

1) *Waktu Tunda (Delay)*: Waktu delay dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data dari sumber (pengirim) ke tujuan (penerima) [12]. *Delay* dapat dihitung dengan menggunakan rumus 1. Kategori untuk *delay* dapat dilihat pada Tabel II.

$$\text{Delay rata - rata} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total paket data yang diterima}} \quad (1)$$

TABEL II.
KATEGORI DELAY

Kategori Delay	Delay (ms)	Indeks
Sangat bagus	< 150	4
Bagus	150 – 300	3
Sedang	300 – 450	2
Buruk	>450	1

2) *Variasi Waktu Tunda (Jitter)*: Untuk menghitung variasi waktu tunda atau *jitter*, dapat menggunakan rumus 2. Adapun *jitter* tersebut dibagi ke dalam empat kategori seperti yang ditunjukkan pada tabel III.

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total Variasi delay}}{\text{Total Paket yang diterima}} \quad (2)$$

TABEL III
KATEGORI JITTER

Kategori Jitter	Jitter (ms)	Indeks
Sangat bagus	0	4
Bagus	0 – 75	3
Sedang	75 – 125	2
Buruk	125 – 225	1

3) *Packet Loss*: *Packet loss* merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision*

dan *congestion* pada jaringan [13]. Adapun rumus untuk menentukan besarnya *packet loss* ditunjukkan pada rumus 3. Sedangkan kategori *packet loss* terlihat pada tabel IV.

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Packet data dikirim} - \text{packet data diterima}}{\text{Packet data dikirim}} \times 100\% \quad (3)$$

TABEL IV
KATEGORI PACKET LOSS

Kategori packet loss	Packet loss (%)	Indeks
Sangat bagus	0	4
Bagus	3	3
Sedang	15	2
Buruk	25	1

1) *Throughput* merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada *destination* selama *interval* waktu tertentu dibagi oleh durasi *interval* waktu tersebut. *Throughput* merupakan kemampuan sebenarnya suatu jaringan dalam melakukan pengiriman data. Biasanya *Throughput* selalu dikaitkan dengan *bandwidth* karena *Throughput* memang bisa disebut juga dengan *bandwidth* dalam kondisi yang sebenarnya. *Bandwidth* lebih bersifat *fix* sementara *Throughput* sifatnya adalah dinamis tergantung trafik yang sedang terjadi [14]. Adapun persamaan matematisnya ditunjukkan pada rumus 4, dan kategori terlihat pada tabel V.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Packet data diterima}}{\text{Lama waktu pengiriman}} \quad (4)$$

TABEL V
KATEGORI THROUGHPUT

Kategori Throughput	Throughput (kbps)	Indeks
Sangat bagus	>2100	4
Lebih	1200 – 2100	3
Bagus	700 – 1200	2
Sedang	338- 700	1
Buruk	0 – 338	0

III. METODE

A. Peralatan Penelitian

Pada tahapan ini merupakan penjabaran beberapa peralatan yang diperlukan untuk melakukan panggilan *video call* dan *video conference* menggunakan aplikasi Google Hangouts dan Google Duo pada jaringan 3G dan 4G LTE, operator Telkomsel. Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terbagi atas peralatan perangkat lunak, dan peralatan untuk perangkat keras.

1) *Perangkat Lunak (Software)*: Dalam proses pelaksanaan penelitian ini, perangkat lunak yang digunakan adalah sebagai berikut:

- G-Net Track pada smartphone
- Google Hangouts pada laptop dan smartphone

- Google Duo pada laptop dan smartphone
- Wireshark versi 3.0.1
- Microsoft Excel 2010

2) *Perangkat Keras (Hardware)*: Perangkat keras atau *hardware* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 2 buah laptop dengan OS Windows 10.
- 8 buah *smartphone* yang diperuntukkannya dibagi menjadi 2 *smartphone* sebagai penerima pada *video call*, dan 6 buah *smartphone* sebagai penerima pada *video conference*.

B. Lokasi Dan Skenario Pengukuran

Lokasi pada penelitian ini bertempat pada Laboratorium Sentro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala dengan bantuan aplikasi G-Net Track untuk mengukur kuat sinyal pada saat pengukuran.

Untuk skenario pengukuran *video call* dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Kedua laptop yang sudah di install wireshark dihubungkan dengan jaringan 3G. Laptop A menggunakan aplikasi Google Hangouts dan laptop B menggunakan aplikasi Google Duo, begitu juga pada saat menggunakan jaringan 4G LTE operator Telkomsel.
- Pengukuran tiap tipe jaringan (3G dan 4G LTE) dilakukan sebanyak 4 kali pengukuran dengan durasi tiap pengukuran selama 5 menit.
- Pengukuran pada waktu siang hari pukul 10.00 WIB s/d 15.00 WIB dimana pada rentang waktu tersebut memiliki traffic yang padat.
- Melakukan panggilan video call, laptop A melakukan panggilan ke smartphone A dan laptop B melakukan panggilan ke smartphone B.
- Pengukuran nilai parameter network QoS dilakukan menggunakan fitur capture pada software Wireshark.

Untuk skenario pengukuran video conference dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Kedua laptop yang sudah di install wireshark dihubungkan dengan jaringan 3G. Laptop A menggunakan aplikasi Google Hangouts dan laptop B menggunakan aplikasi Google Duo, begitu juga pada

saat menggunakan jaringan 4G LTE operator Telkomsel.

- Pengukuran tiap tipe jaringan (3G dan 4G LTE) dilakukan sebanyak 4 kali pengukuran dengan durasi tiap pengukuran selama 5 menit.
- Pengukuran pada waktu siang hari pukul 10.00 WIB s/d 15.00 WIB dimana pada rentang waktu tersebut memiliki traffic yang padat.
- Melakukan panggilan video conference, laptop A melakukan panggilan ke smartphone A, smartphone B dan smartphone C. Laptop B melakukan panggilan ke smartphone D, smartphone E dan smartphone
- Pengukuran nilai parameter network QoS dilakukan menggunakan fitur capture pada software Wireshark.

C. Pengukuran Parameter QoS

Pada tahapan ini dilakukan pengukuran parameter *Quality Of Service (QoS)*. Dua buah laptop dihubungkan masing-masing pada jaringan 3G dan 4G LTE serta melakukan layanan *video call* dan *video conference* menggunakan aplikasi Google Hangouts dan Google Duo, pengcapture jaringan menggunakan bantuan aplikasi *Wireshark*, parameter yang diukur diantaranya adalah *Delay/Latency*, *Packet loss*, *Jitter*, dan *Throughput* (tabel VI).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Standarisasi TIPHON

Berikut merupakan hasil pengukuran yang telah di bandingkan berdasarkan standar yang telah ditentukan oleh TIPHON seperti pada Tabel VII dalam menentukan kualitas QoS. Dari data Tabel VII dapat ditarik kesimpulan bahwa semua hasil pengukuran aplikasi Google Hangouts dan Google Duo pada jaringan 3G dan 4G LTE serta pada layanan *Video Call* dan *Video Conference* memiliki hasil yang memuaskan berdasarkan standar TIPHON. Jika dilihat dari nilai rata-ratanya kedua aplikasi Google Hangouts dan Google Duo lebih handal dalam melayani *video call* dari pada melayani *video conference*. Namun Google Duo dapat melayani *video call* lebih handal dengan nilai indeks 3.5 menggunakan jaringan 3G dibandingkan Google Hangouts yang hanya memperoleh nilai indeks 3.25 menggunakan jaringan 3G.

TABEL VI
PENGUKURAN NILAI PARAMETER QoS

Jaringan	Percobaan	Parameter QoS		Standar TIPHON	
		Google Hangouts	Google Duo	Google Hangouts	Google Duo
3G/4G LTE	1	1-4	1-4	Buruk- Sangat Memuaskan	Buruk- Sangat Memuaskan
	2	1-4	1-4	Buruk- Sangat Memuaskan	Buruk- Sangat Memuaskan
	3	1-4	1-4	Buruk- Sangat Memuaskan	Buruk- Sangat Memuaskan
	4	1-4	1-4	Buruk- Sangat Memuaskan	Buruk- Sangat Memuaskan

TABEL VII
STANDARISASI TIPHON

Aplikasi	Tipe Jaringan	Tipe Layanan	Nilai Parameter				Nilai Rata-Rata	Standar TIPHON
			Throughput	Delay	Jitter	Packet loss		
Google Hangouts	3G	Video Call	2	4	3	4	3.25	Memuaskan
		Video Conference	2	4	3	4	3.25	Memuaskan
	4G LTE	Video Call	3	4	3	4	3.5	Memuaskan
		Video Conference	1	4	3	4	3	Memuaskan
Nilai Rata-Rata			2	4	3	4	3.25	Memuaskan
Google Duo	3G	Video Call	4	4	3	3	3.5	Memuaskan
		Video Conference	2	4	3	4	3.25	Memuaskan
	4G LTE	Video Call	4	4	3	3	3.5	Memuaskan
		Video Conference	2	4	3	4	3.25	Memuaskan
Nilai Rata-Rata			3	4	3	3.5	3.375	Memuaskan

Pada layanan *video conference* Google Duo lebih handal dan dapat memperoleh nilai indeks 3.25 menggunakan jaringan 4G LTE dibandingkan Google Hangouts yang hanya memperoleh nilai indeks 3 menggunakan jaringan 4G LTE.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Hasil analisa parameter *network* QoS berdasarkan standar TIPHON pada Google Hangouts rata-rata nilai indeks adalah 3,25, sedangkan pada Google Duo rata-rata nilai indeks adalah 3,375, dari hasil tersebut Google Duo memiliki nilai indeks yang lebih baik meskipun masih dalam kategori sama-sama memuaskan. Software Google Hangouts dan Google

Duo pada jaringan 3G dan 4G LTE serta pada layanan *video call* dan *video conference* memiliki hasil yang memuaskan berdasarkan standar TIPHON. Dilihat dari nilai rata-ratanya kedua aplikasi Google Hangouts dan Google Duo lebih handal dalam melayani *video call* dari pada melayani *video conference*.

B. Saran

Dilakukannya perbandingan tidak hanya dari segi nilai Quality of Service (QoS), bisa melihat dari segi lain. Contoh : Kualitas gambar dan besar bandwidth. Melakukan percobaan perbandingan dengan menggunakan jaringan sendiri dengan aplikasi simulasi, ataupun menggunakan jaringan 5G.

REFERENSI

- [1] Anggar Wati, "Desain Penggunaan QOS (Quality Of Service) Pada Layanan Video Conference Point To Point Dan Multipoint Dengan Metode Kompresi Codec H.264 Pada Jaringan 4G LTE," Penelitian, 3 Februari 2018.
- [2] Giuliana Sucipta Kedel, "Analisis Performansi Encoder Dan Decoder (Codec) Video H.264 Dan WMV Berdasarkan Parameter PSNR, MSE, Rasio Kompresi, Dan MOS Pada Video Yang Terkompresi," Tugas Akhir, 2010.
- [3] Hamid Azwar, "Evaluation of H.265 Video Delivery Based on Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH) Using Mobile Devices," vol. 1, No. 2, p.35, Juni 2017.
- [4] Nuzul Luthfihadi and Arman Sani, "Analisis Kualitas Layanan Video Call Menggunakan Codec H.263 Dan H.264 Terhadap Lebar Pita Jaringan Yang Tersedia," vol. 9 No.3, Desember 2014.
- [5] Mukhlis Hadi Lubis, "Analisis Kualitas Video Call Menggunakan Perangkat NSN Flexi Packet Radio," vol. 6 No.2, Februari 2014.
- [6] Vico Andrea Budi Harto, "Analisis Performansi H.264 dan H.265 pada Video Streaming dari Segi Quality Of Service," Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol. 1 No.10, pp. 117-1181, Oktober 2017.
- [7] Kanika Sihag, "Algorithm and Architecture Design of High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard," International Jurnal, vol. 5, no. 10, pp. 171-178, Oktober 2016.
- [8] K.Kumaravel, "Comparative Study of 3G and 4G LTE in Mobile Technology," Internationa Jurnal, September 2011.
- [9] Oktaviani, "Mengenal Teknologi 3G," 2009.
- [10] Bambang Wahyu Santoso, "Teknologi 4G LTE Pada Jaringan GSM Untuk Kebutuhan Mobile Internet," Jurnal Jarkom, vol. 2 No.2, Agustus 2015.
- [11] Yohanes Andri Pranata, "Analisis Optimasi Kinerja Quality Of Service Pada Layanan Komunikasi Data Menggunakan NS-2 di PT. PLN (PERSERO) JEMBER," vol. 20 No.2, Juni 2016.
- [12] Ingrid Melyana, "Analisa Quality Of Service Dan Implementasi Voice Over Internet Protocol Dengan Menggunakan IPSEC VPN," Integer Jurnal, vol. 1 No. 2, September 2016.

- [13] Eri Prasetyo, "Analisa Quality Of Service (QOS) Kinerja Point To Point Protocol Over Ethernet (PPPOE) Dan Point To Point Tunneling Protocol (PPTP)," vol. 4 No.1, Desember 2016.
- [14] R. Wulandari, "Analisis Qos (Quality Of Service) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : Upt Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – Lipi)," J. Tek. Inform. Dan Sist. Inf., Vol. 2, No. 2, Hlm. 162–164, Agu 2016.