

# IMPLEMENTASI DAN ANALISA KINERJA VOIP SERVER PADA JARINGAN WIRELESS LAN MENGGUNAKAN SMARTPHONE

Muhammad Saleh Abrar<sup>1</sup>, Rudy<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kaltara, Indonesia

email: <sup>1</sup>muhammadsalehabrar@gmail.com, <sup>2</sup>rudy232@gmail.com

**Abstract**—This research aims to implement VoIP Server In Wireless LAN network at Faculty of Engineering Universitas Borneo Tarakan by using Elastix as a server and VoIP Call application on Smartphone using CsipSimple and analyze the performance of the server with Wireshark software. The method used in this study is by measuring the quality of service or QoS (Quality of Service). Testing is done indoor and outdoor. With QoS parameters such as delay, throughput, and packet loss can be used as a measure to determine the quality of a network. The biggest delay in indoor testing is 11-15 meters, which is 0.00956464 seconds. Packet loss is generated at 0.00% range, while the standard packet loss set by ITU-T for VoIP application service is <3%. The resulting jitter is between 0.04608 - 0.09485 seconds while the standard set by ITU-T is = 0-75 ms .. Throughput generated in the testing process is between 104.551 kbps - 108.905 kbps.

**Keywords**—Voice over Internet Protokol, Elastix, Quality of Service, Wireshark

**Intisari**—Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan VoIP Server Pada jaringan Wireless LAN di Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan dengan menggunakan Elastix sebagai server dan aplikasi VoIP Call pada Smartphone menggunakan CsipSimple serta menganalisa kinerja dari server tersebut dengan perangkat lunak Wireshark. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni dengan metode pengukuran kualitas layanan suara atau QoS (Quality of Service). Pengujian dilakukan indoor dan outdoor. Dengan parameter QoS seperti delay, throughput, dan packet loss dapat dijadikan sebagai ukuran untuk mengetahui kualitas dari suatu jaringan. Delay yang dihasilkan paling besar di pengujian indoor dengan jarak 11-15 meter yakni sebesar 0.00956464 seconds. Packet loss yang dihasilkan pada range 0,00%, sedangkan standar packet loss yang ditetapkan oleh ITU-T untuk layanan aplikasi VoIP adalah < 3%. Jitter yang dihasilkan yakni antara 0,04608 – 0,09485 seconds sedangkan standar yang ditetapkan oleh ITU-T adalah = 0-75 ms.. Throughput yang dihasilkan pada proses pengujian yakni antar 104,551 kbps - 108,905 kbps

**Kata Kunci**—Voice over Internet Protokol, Elastix, Quality of Service, Wireshark

## I. PENDAHULUAN

Voice over Internet Protocol adalah Teknologi yang menjadikan media internet untuk bias melakukan komunikasi suara jarak jauh secara langsung. Sinyal suara analog, seperti yang kita dengar ketika

berkomunikasi di telepon diubah menjadi data digital dan dikirimkan melalui jaringan berupa paket-paket data secara real time. Dalam komunikasi VoIP, pemakai melakukan hubungan telepon melalui terminal yang berupa PC atau telepon biasa. Dengan bertelepon menggunakan VoIP, banyak keuntungan yang dapat diambil diantaranya adalah dari segi biaya jelas lebih murah dari tarif telepon seluler. Selain itu, biaya maintenance dapat ditekan karena voice dan data network terpisah, sehingga IP Phone dapat ditambah, dipindahkan di ubah. Hal ini karena VoIP dapat dipasang disembarang Ethernet dan IP address, tidak seperti telepon konvensional yang harus mempunyai port tersendiri di Sentral atau PBX (Private branch exchange).

## II. METODE

Untuk penelitian ini akan mengimplementasikan layanan tersebut di wilayah Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan dengan menggunakan perangkat Smartphone, yang memiliki kemampuan mobilitas yang tinggi dan dengan memanfaatkan Wifi (Wireless Fidelity) yang telah terintegrasi pada perangkat tersebut. Berbagai studi mengenai Voice Over Internet Protokol (VoIP) yang telah dilakukan seperti mengenai paket delay VoIP dalam single hop di jaringan Ad Hoc IEEE 802.11.

Studi tersebut memperkenalkan prediksi model VoIP pada IEEE 802.11 untuk jaringan ad hoc. Model tersebut digunakan untuk mengetahui dampak atau prediksi delay yang terjadi pada VoIP melalui parameter konfigurasi seperti codec, packetization interval dan data rate. Studi berikutnya mengenai komunikasi VoIP di jaringan wireless ad hoc melalui gateway dilakukan oleh Faloso et.al (Fasolo et al., 2007). Studi tersebut memperkenalkan rumus untuk memperkirakan jumlah sesi suara berkelanjutan dalam satu hop cell. Keakuratan rumus tersebut dapat diimplementasikan melalui perangkat lunak simulasi jaringan NS2.

### A. Voice Over Internet Protokol (VoIP)

Di banyak negara, khususnya, Negara-negara berkembang, orang-orang berusaha untuk solusi komunikasi murah. Hal ini, internet menjadi lebih mudah diakses bagi orang dan korporasi di Negara-negara tersebut. Memiliki akses ke internet, seseorang mungkin mudah menyebarkan jaringan telepon di atas infrastruktur internet. Hal ini dikenal sebagai Voice

over *Internet Protocol (VoIP)* juga dikenal sebagai *Internet Telephony*.

VoIP sendiri ialah teknologi yang memungkinkan komunikasi suara dan fax menggunakan jaringan berbasis IP (*Internet Protocol*) untuk dijalankan diatas infrastruktur jaringan packet network. Jaringan yang digunakan bisa berupa *internet* atau *intranet*. Teknologi ini bekerja dengan jalan merubah suara atau fax menjadi format data *digital* tertentu yang dapat dikirimkan melalui jaringan *IP*. VoIP memiliki prinsip Kerja mengubah suara *analog* yang didapatkan dari speaker pada Komputer menjadi paket data *digital*, kemudian dari *PC* diteruskan melalui *Hub/ Router/ ADSL Modem* dikirimkan melalui jaringan *internet* dan akan diterima oleh tempat tujuan melalui media yang sama. Atau bisa juga melalui media telepon diteruskan ke *phone adapter* yang disambungkan ke *internet* dan bisa diterima oleh telepon tujuan.

#### B. *Transmission Control Protocol (TCP)*

Merupakan protokol yang menjaga reliabilitas hubungan komunikasi *end- to-end*. Konsep dasar cara kerja TCP adalah mengirim dan menerima segmen-segmen informasi dengan panjang data bervariasi pada suatu datagram *internet*. Dalam hubungan VoIP, TCP digunakan pada saat *signaling*, TCP digunakan untuk menjamin *setup* suatu panggilan pada sesi *signaling*. TCP tidak digunakan dalam pengiriman data suara karena pada komunikasi data VoIP penanganan data yang mengalami keterlambatan lebih penting daripada penanganan paket yang hilang.

#### C. *User Datagram Protocol (UDP)*

Merupakan salah satu protocol utama diatas *IP*, yang lebih sederhana dibandingkan dengan TCP. UDP digunakan untuk situasi yang tidak mementingkan mekanisme reliabilitas. UDP digunakan pada VoIP pada pengiriman *audiostreaming* yang berlangsung terus menerus dan lebih mementingkan kecepatan pengiriman data agar tiba di tujuan tanpa memperhatikan adanya paket yang hilang walaupun mencapai 50% dari jumlah paket yang dikirimkan. Karena UDP mampu mengirimkan data *streaming* dengan cepat.

#### D. *SIP (Session Initiation Protocol)*

Yaitu protokol yang digunakan untuk inisiasi, modifikasi dan terminasi sesi komunikasi VoIP. SIP adalah protokol *Open Standard* yang dipublikasikan oleh *IETF, RFC 2543 dan RFC 3261*. Selain digunakan untuk negosiasi sesi komunikasi *voice*, SIP juga dapat digunakan untuk negosiasi sesi komunikasi data media lain seperti *video* dan *text*. Disebutkan sebagai hanya melakukan “negosiasi sesi komunikasi” adalah karena SIP merupakan *signalling protocol*, bukan media *transfer protocol*. Artinya SIP tidak menghantar data media (*voice, video dan text*), melainkan hanya melakukan negosiasi sesi komunikasi saja dan memanfaatkan protokol lain seperti *RTP* sebagai media *transfer protocol*.

#### E. *Quality Of Service VoIP*

Pembahasan selanjutnya adalah mengenai metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur kualitas kinerja VoIP. Secara umum, ada beberapa parameter-parameter penting yang mempengaruhi *Quality of Service (QoS)* layanan suara pada jaringan VoIP. Parameter ini dijadikan gambaran ukuran kinerja dari suatu jaringan VoIP. Parameter QoS tersebut yakni *delay, jitter, packet loss dan throughput*.

#### F. *Delay*

*Delay (latency)*, adalah waktu tunda yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Dalam perancangan jaringan VoIP, waktu tunda merupakan suatu permasalahan yang harus diperhitungkan karena kualitas suara bagus tidaknya tergantung dari waktu tunda. Besarnya waktu tunda maksimum yang direkomendasikan oleh *ITU-T G.711* untuk aplikasi suara adalah 160 ms, sedangkan waktu tunda maksimum dengan kualitas suara yang masih dapat diterima pengguna adalah 250 ms. Waktu tunda *end-to-end* adalah jumlah waktu tunda konversi suara *analog* ke *digital*, waktu tunda waktu paketisasi atau bisa disebut juga waktu tunda panjang paket dan waktu tunda jaringan pada saat *t* (waktu) tertentu.

Untuk menghitung *delay* yang terjadi digunakan Persamaan 1 (Setiawan, 2012)(Suryawan, Husni,& Anggraini, 2012).

$$Delay = \frac{T}{P} \quad (1)$$

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kualitas suara dengan menggunakan metode *QoS*. Jaringan yang digunakan untuk menghubungkan antara satu *Smartphone (device)* dengan *Smartphone* yang lain digunakan jaringan *wireless LAN* di Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan. Saat terjadi komunikasi antar satu *Smartphone* dengan *Smartphone* yang lain, data komunikasi yang terjadi di jaringan diambil menggunakan perangkat lunak *wireshark*. Kemudian hasil *capture* data jaringan oleh perangkat lunak *wireshark* tersebut dianalisis melalui pendekatan parameter *delay, throughput dan packetloss*. Pendekatan tersebut dilakukan untuk mengetahui kualitas layanan suara yang dihasilkan oleh jaringan VoIP di Fakultas Teknik Universitas Boneo Tarakan.

#### A. Analisis Sistem

Analisis system adalah penguraian dari suatu sistem yang utuh kedalam bagian-bagian komponennya, dengan maksud untuk mendapatkan perangkat lunak dan perangkat keras yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Analisis tersebut dilakukan agar dalam proses penelitian ini dapat berjalan seperti yang direncanakan. Dalam penelitian ini dibutuhkan perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut :

##### 1. Analisis Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras (*hardware*) adalah sistem utama dari sebuah sistem secara fisik, yang terdiri dari

komponen-komponen yang saling terkait. Perangkat keras juga dapat dikatakan sebagai *device*. *Device* tersebut adalah :

- Satu unit laptop dengan spesifikasi:
  - a. Network : WiFi 802.11b/g/n, Ethernet Port
  - a. Support WiFi adaptor / WiFi ad hoc
  - b. Baterai 5 hours (4-cell battery).
- Dua buah *Smartphone* dengan spesifikasi minimum:
  - a. Sistem operasi : Android 4.2 (Jelly Bean)
  - b. Konektivitas : WiFi 802.11/b/g/n
  - c. Support WiFi direct, WiFi hotspot/ WiFi ad hoc
- Satu buah *Acces Point* dengan spesifikasi :
  - a. Model : TD-W8961N
  - b. Interface : 4 10/100 Mbps RJ45 Ports
  - c. External Power Supply : 9VDC/0.85A
  - d. Antenna Type : Omni directional, Fixed
  - e. Antenna Gain : 2x5 dBi
  - f. Frequency : 2.400 - 2.4835 GHz
  - g. Transmit Power : < 20 dBm (EIRP)

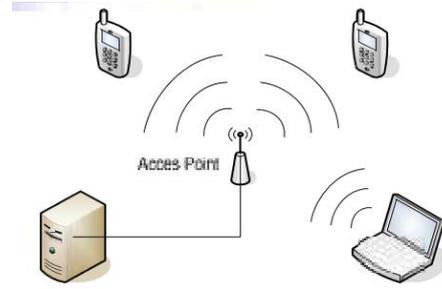
2. Analisis Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak yang dibutuhkan dalam penelitian ini untuk melakukan uji coba aplikasi VoIP pada jaringan VoIP Server adalah sebagai berikut :

- a. *CsipSimple*, merupakan aplikasi mobile *softphone* atau aplikasi telepon internet (VoIP) yang menggunakan *session intiation protocol* (SIP) untuk *device android*. *CsipSimple* dapat diperoleh dengan mudah di *google play android*. Dasar pemilihan aplikasi *CsipSimple* karena *CsipSimple* adalah *mobile softphone* untuk Android yang berlisensi *Open Source*. Artinya *source code* nya tersedia bebas dan dikembangkan oleh banyak orang sehingga suatu hari ini nanti sangat mungkin akan menjadi sebuah aplikasi yang handal untuk digunakan sebagai bagian dari *Next Generation Network*.
- b. *Wireshark*, *software* untuk mengambil atau *capture* paket data jaringan internet. Dasar pemilihan aplikasi *Wireshark* Karena *Wireshark* mampu menangkap paket - paket data atau informasi yang berjalan dalam jaringan. Semua jenis paket informasi dalam berbagai format protokol pun akan dengan mudah ditangkap dan dianalisa. Karenanya takjarang *tool* ini juga dapat dipakai untuk *sniffing* (memperoleh informasi penting seperti *password e-mail* atau *account* lain) dengan menangkap paket - paket yang berjalan di dalam jaringan dan menganalisanya. *Wireshark* juga merupakan salah satu dari sekian banyak *tool Network Analyzer* yang banyak digunakan oleh *Network administrator* untuk menganalisa kinerja jaringannya termasuk *protocol* didalamnya. *Wireshark* banyak disukai karena interfacenya yang menggunakan *Graphical User Interface* (GUI) atau tampilan grafis.
- c. *VoIP server*, untuk mendapatkan akun *SIP* seperti *username* dan *password SIP*.

B. Pemodelan Sistem

Gambar 1 memperlihatkan bahwa pemodelan system pada penelitian ini yaitu menggunakan 2 buah *Smartphone* yang dihubungkan pada *server VoIP* dengan menggunakan *Acces Point* Kemudian setelah semua *Device* terhubung ke *Server VoIP* dan saling melakukan percakapan dari satu *Smartphone* ke *Smartphone* lainnya maka aplikasi *Wireshark* akan menangkap setiap paket data yang terkirim pada jaringan *VoIP Server*.



Gambar 1. Pemodelan Sistem

Kemudian kinerja pada jaringan *VoIP server* dianalisis sesuai dengan parameter *delay*, *throughput*, *jitter* dan *packet loss* dan perancangan jaringan *Voip Server* dengan melakukan pengujian pada 1 pasang (2 buah) *smartphone* Jarak yang berbeda-beda. Pengujian *VoIP server* dilakukan didalam ruangan (*indoor*) dan diuar ruangan (*outdoor*). Percobaan *indoor* dilakukan dengan semua perangkat baik itu *smartphone*, *server* dan *acces point* berada didalam gedung Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan. Sedangkan percobaan *outdoor* dilakukan dengan semua perangkat *smartphone*, *sever* dan *acces point* berada diluar luar gedung yaitu dihalaman parkir Fakultas Teknik Univesitas Borneo Tarakan. Kemudian melakukan panggilan *VoIP Call* dengan waktu yang sama yaitu selama 1 menit dan jumlah paket suara yang sama pada saya menggunakan file mp3 opick dengan judul alhamduillah. Setelah itu data *dicapture* menggunakan *software wireshark*. Kemudian dianalisis sesuai dengan parameter *delay*, *throughput* dan *packet loss*.

C. Jenis dan Sumber Data

Jenis data pada penelitian ini adalah primer dan skunder. Dimana data primer diperoleh dari pengumpulan sendiri secara langsung terhadap objek yang diteliti. Sedangkan untuk data sekunder merupakan data yang diperoleh dari pihak lain seperti buku, *datasheet* alat yang digunakan, dan acuan lainnya.

D. Total Data Awal

Tabel I  
Pengujian *VoIP Server Indoor* pada jarak 0-5 meter

Jarak	Jumlah Paket	Total waktu
0-5	6.677	62,388
0-5	6.541	62,967
0-5	6.513	61,943
Rata-rata	6.577	62,432

E. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan gambaran secara keseluruhan proses kinerja system atau alur jalannya sistem. Pemodelan sistem dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. memperlihatkan bahwa hal yang pertama kali dilakukan adalah melakukan instalasi *software VoIP server* yaitu aplikasi *Elastix* pada komputer. Kemudian melakukan instalasi aplikasi *VoIP call* di *Smartphone android* yakni aplikasi *CsipSimple*. Kemudian Menyeting *Acces Point* untuk Menyesuaikan *IP* yang akan digunakan pada *VoIP server* dan *Smartphone*. Setelah semua *Smartphone* terhubung pada *VoIP server*, kemudian melakukan penentuan skenario pengujian

Tabel II  
Pengujian VoIP Server Indoor pada jarak 6-10 m

Jarak	Jumlah paket	Total waktu
6-10	6.931	65,228
6-10	6.840	65,333
6-10	6.768	64,777
Rata-rata	6.846	65,112

Tabel III  
Pengujian VoIP Server Indoor pada jarak 11-15 m

Jarak	Jumlah paket	Total waktu
11-15	6.622	63,501
11-15	6.478	61,969
11-15	6.437	60,841
Rata-rata		64,437

Tabel IV  
Pengujian VoIP Server Outdoor pada Jarak 0-5 m

Jarak	Jumlah paket	Total waktu
0-5	6.826	62,577
0-5	6.751	63,766
0-5	6.746	60,268
Rata-rata	6.774	62,203

Tabel V  
Pengujian VoIP Server Outdoor pada Jarak 6-10 m

Jarak	Jumlah paket	Total waktu
6-10	6.796	63,31
6-10	6.608	62,131
6-10	6.832	62,79
Rata-rata	6.745	62,743

Tabel VI  
Pengujian VoIP Server Outdoor pada Jarak 10-15 m

Jarak	Jumlah paket	Total waktu
10-15	6.810	67,766
10-15	6.668	63,481
10-15	6.733	62,064
Rata-rata	6.512	62,103

Sehingga proses pengujian baik *indoor* maupun *outdoor* aplikasi *VoIP* di jaringan *VoIP Sever* mendapatkan *packet loss* dengan menghitung

menggunakan Persamaan 3 diperlihatkan pada Tabel VII untuk pengujian *indoor* dan Tabel VIII untuk pengujian *outdoor*.

Tabel VII  
Hasil Rata-rata Pengukuran Packet Loss (Indoor)

Jarak (m)	Total Paket	Paket Terkirim	Packet Loss
0-5	6.577	6.577	0.00%
6-10	6.846	6.846	0.00%
11-15	6.737	6.737	0.00%

Tabel VIII  
Hasil Rata-rata Pengukuran Packet Loss (Outdoor)

Jarak (m)	Total Paket	Paket Terkirim	Packet Loss
0-5	6.774	6.774	0.00%
6-10	6.745	6.745	0.00%
11-15	6.512	6.512	0.00%

Hasil pengujian *Packet Loss* pada Tabel VII dan Tabel VIII menunjukkan bahwa *Packet Loss* yang dihasilkan antara *indoor* dan *outdoor* sama yaitu sebesar 0,00%. Standar nilai *packet loss* jaringan yang ditentukan *ITU-T* adalah 1 - 3%, sedangkan nilai rata-rata *packet loss* yang dihasilkan aplikasi *VoIP* di dalam jaringan *VoIP Sever* masih berada di bawah 1%. Hal tersebut menunjukkan bahwa jaringan *VoIP Server* dapat digunakan untuk aplikasi *VoIP*.

F. Pengukuran Jitter

*Jitter* adalah variasi dari *delay*. *Jitter* disebabkan oleh adanya variasi waktu dalam kedatangan paket. Variasi kedatangan paket ini dapat disebabkan oleh panjang antrian data, lamanya waktu pengolahandata dan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menghimpun paket-paket data yang akhir proses transmisi untuk menjadi satu kesatuan frame yang utuh. *Software wireshark* telah dilengkapi fitur untuk mengetahui *jitter* komunikasi yang terjadi pada aplikasi *VoIP* di jaringan *VoIP Sever* yakni dengan cara membuka menu tab *Telephony -> RTP -> Show All Streams*.

Data *jitter* yang dihasil oleh *software wireshark* menggunakan satuan *milliseconds* (ms) namun dalam penelitian ini data tersebut dikonversikan dengan satuan *seconds*.

Tabel IX  
Hasil Rata-rata Pengukuran Jitter

Jarak (m)	Indoor (s)	Outdoor (s)
0-5	0,05398	0,04608
6-10	0,05461	0,05961
11-15	0,0571	0,09485

Pada Tabel IX menunjukkan bahwa pengujian *jitter* yang paling besar pada percobaan *outdoor* dengan jarak 11-15 meter yaitu sebesar 0,09485 detik sedangkan nilai pengujian *jitter* yang paling kecil pada percobaan diluar ruangan (*outdoor*) dengan

jarak 0-5 meter yaitu sebesar 0,04608 detik. Pengukuran jitter paling besar dan paling kecil pada outdoor dikarenakan jatuhnya kuat sinyal karena pertambahan jarak pada media transmisi. Setiap media transmisi memiliki redaman yang berbeda-beda, tergantung dari bahan yang digunakan. Untuk mengatasi hal ini, perlu digunakan repeater sebagai penguat sinyal. Pada daerah frekuensi tinggi biasanya mengalami redaman lebih tinggi dibandingkan pada daerah frekuensi rendah.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dijabarkan dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya: *Delay* paling besar yang dihasilkan adalah 0.00956464 seconds (9.56464ms) pada pengujian di dalam ruangan (*indoor*) dengan jarak 11-15 meter. Berdasarkan standar *ITU-T*, kualitas *VoIP* dapat dikatakan baik jika berada *range delay* 0-150 ms. *Throughput* yang paling rendah dihasilkan pada proses pengujian didalam ruangan (*Indoor*) yaitu sebesar = 104,551 kbps. Sedangkan *throughput* yang paling besar dihasilkan pada pengujian diluar ruangan yaitu sebesar = 108,905 kbps. *Packet loss* yang dihasilkan pada pengujian baik *indoor* maupun *outdoor* yaitu sebesar 0,00%. Berdasarkan standar *ITU-T*, kualitas *VoIP* dapat dikatakan baik jika berada *range Packet Loss* 1 – 3 %. Hal tersebut menunjukkan bahwa *packet loss* yang dihasilkan masih berada pada batas yang ditentukan. *Jitter* yang dihasilkan berada pada rentang antara 0,04608 – 0.09485 seconds. Padahal, Berdasarkan standar *ITU-T*, kualitas *VoIP* dapat dikatakan baik jika berada *range Jitter* 0 – 75 ms. Namun pada pengujian di *outdoor* dengan jarak 11-15 meter memiliki *jitter* yang nilainya melampaui standard yakni sebesar 0.09485 seconds (94,85 ms).

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada segenap pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah berkontribusi baik terhadap proses penyusunan tulisan ini maupun dalam proses publikasinya. Terima kasih kepada para autor yang naskahnya penulis jadikan sebagai referensi.

#### REFERENSI

- [1] Prasetyo, B. (2006). Analisis Implementasi Voice Over Internet Protocol (VoIP) Pada Jaringan Wireless Lan Berbasis Session Initiation Protocol (SIP).
- [2] D. Fahdi, J. P. (2012). Analisa Perancangan Server Voip (Voice Internet Protocol) Dengan Opensource Asterisk Dan Vpn ( Virtual Private Network ) Sebagai Pengaman Jaringan Antar Client.
- [3] Indra Warman, Iqbal Marzuki. (2015). *Implementasi Voice Over Internet Protocol (Voip) Pada Elastix Server Menggunakan Protocol Inter Asterisk Exchange (Iax)*. Padang : Institut Teknologi Padang.
- [4] Muhammad Saefulloh. (2014). *Rancang bangun voip menggunakan Software open Source asterisknow*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah.
- [5] Nurkholis, A., & Hendrawan, A. (2011). *Implementasi Server VoIP untuk Komunikasi di PT. Lintas Data Prima*. Yogyakarta: Stmik Amikom.
- [6] Ryan Ari Setyawan. (2015) *Analisis Unjuk Kerja Aplikasi VoIP Call Android di Jaringan MANET (Mobile Ad Hoc Network)*. Yogyakarta : Universitas Janabadra.
- [7] Setiawan, E. B. (2012). *Analisa Quality Of Services (Qos) Voice Over Internet Protocol (VoIP) Dengan Protokol H .323 Dan Session Initial Protocol (SIP)*. Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika (KOMPUTA)
- [8] Suryawan, K. D., Husni, M., & Anggraini, E. L. (2012). *Analisis Layanan Kinerja Jaringan Voip Pada Protokol Srtip Dan Vpn. Analisis Layanan Kinerja Jaringan Voip Pada Protokol Srtip Dan Vpn*.
- [9] Yetti Yuniati, Helmy Fitriawan, Domiko Fahdi Jaya Patih. (2014). *Analisa Perancangan Server VoIP (Voice Internet Protocol) Dengan Opensource Asterisk Dan Vpn (Virtual Private Network) Sebagai Pengaman Jaringan Antar Client*. Lampung : Universitas Lampung.