

ANALISIS KINERJA VOIP (VOICE OVER INTERNET PROTOCOL) PADA WIRELESS MESH NETWORK

Galuh Yudha Mahardika¹, Adhitya Bhawiyuga², Kasyful Amron³

Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Brawijaya

Jalan Veteran No.8, Malang, Jawa Timur, Indonesia

galuh.y.mahardika@gmail.com¹, bhawiyuga@ub.ac.id², kasyful@ub.ac.id³

Abstrak

Voice over Internet Protocol (juga disebut VoIP, IP Telephony, Internet telephony atau Digital Phone) adalah teknologi yang memungkinkan percakapan suara jarak jauh melalui media internet. Dengan adanya teknologi VoIP, biaya untuk melakukan komunikasi antara satu pengguna ke pengguna lainnya menjadi lebih efisien. Hal ini disebabkan karena VoIP tidak bergantung pada jarak dan bersifat global. Namun timbul permasalahan jika VoIP dijalankan di Wireless Mesh Network. WMN memiliki sifat self-configure dan self healing yang memungkinkan membangun konfigurasi diri sendiri dan membenahi diri sendiri serta tetap berfungsi jika satu atau lebih node mengalami kerusakan. Kedua sifat tersebut menyebabkan gangguan proses komunikasi dari VoIP. Maka dari itu, perlu dilakukan analisis VoIP pada WMN untuk menguji kinerja dan mengetahui kualitas VoIP berdasarkan parameter Quality of Service (QoS). Pengujian kinerja menggunakan QoS dilakukan dalam beberapa skenario pengujian yaitu, pengujian komunikasi VoIP antar client, pengujian komunikasi dengan 1 node disconnected, pengujian komunikasi dengan 2 node disconnected secara bergantian dan pengujian komunikasi dengan client bergerak (mobile). Nilai dari setiap parameter QoS terhadap VoIP pada setiap codec berupa throughput, delay, jitter dan packet loss kemudian dibandingkan untuk dijadikan tolak ukur baik tidaknya komunikasi pada teknologi WMN. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh nilai throughput tertinggi sebesar 0.1439 Mbit/sec, delay terkecil sebesar 20.0049 ms, jitter terendah sebesar 3.178 dan packet loss sebesar 9.991%. Hal tersebut menunjukkan kinerja dari VoIP yang dijalankan pada WMN mendapatkan hasil baik, untuk setiap skenario yang mengacu pada standart yang telah ditetapkan.

Kata Kunci: VoIP, Wireless Mesh Network, QoS, throughput, delay, jitter, paket loss.

Abstract

Voice over Internet Protocol (called VoIP, IP Telephony, Internet telephony or Digital Phone) is a technology voice conversation that long range via the Internet. The VoIP technology, make the cost communication between the user to another more efficient. This is because VoIP doesn't depend with the distance and global. But there are still any problems, if VoIP running with Wireless Mesh Network. Characteristics of WMN were self-configure and self-healing allowed to build configuration yourself, fix themselves and continue to work if one or more nodes damaged. There were caused disruption of VoIP communication. So, there was to analyze required VoIP on WLAN to performance test and know the VoIP quality based on the parameters Quality of Service (QoS). The QoS performance testing conducted in several test scenario. There were VoIP communication test between client, one node disconnected, second node alternately disconnected and the client moved (mobile). The value of parameter QoS to VoIP on each codec such as throughput, delay, jitter and packet loss then compared, whether or not the communication on WMN technology. Based on test, that have been the highest throughput value of 0.1439 Mbit / sec, the smallest delay of 20.0049 ms, the lowest jitter 3.178 and packet loss of 9.991%. It's mean that the performance of VoIP is run on WMN is good results, for every scenario refers to the set standard.

keywords: VoIP, Wireless Mesh Network, QoS, throughput, delay, jitter, paket loss.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Voice over Internet Protocol (juga disebut VoIP, IP Telephony, Internet telephony atau Digital Phone) adalah teknologi yang memungkinkan

percakapan suara jarak jauh melalui media internet. Data suara diubah menjadi kode digital dan dialirkan melalui jaringan yang mengirimkan paket-paket data, dan bukan lewat sirkuit analog telepon biasa. Dengan adanya teknologi VoIP, biaya untuk melakukan komunikasi antara satu pengguna

ke pengguna lainnya menjadi lebih efisien. Hal ini disebabkan karena VoIP tidak bergantung pada jarak dan bersifat global. Akan tetapi kemudahan dan efisiensi yang ditawarkan layanan VoIP juga memiliki kekurangan, seperti kualitas panggilannya sangat ditentukan oleh *bandwidth* yang tersedia. Jika *bandwidth* tidak memadai atau kualitas koneksi internet buruk, maka kualitas suara pun akan buruk dan panggilan biasanya menjadi tidak jelas, bahkan tidak menutup kemungkinan panggilan bisa terputus dan juga VoIP tidak toleran terhadap *delay*, *packet loss*, dan *jitter* (Mehta dkk, 2001). *Delay* didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data dari sumber ke tujuan, *packet loss* merupakan kehilangan paket data pada proses transmisi (Iskandarsyah, 2003), sedangkan *jitter* adalah variasi total *delay* yang disebabkan perbedaan waktu kedatangan antar paket satu dengan paket lainnya (Mehta dkk, 2001).

Disisi lain teknologi komunikasi di bidang jaringan *nirkabel* telah mengalami perkembangan yang biasa dikenal dengan *Wireless Mesh Network*. *Wireless mesh network* (WMN) adalah jaringan komunikasi *wireless* yang terbentuk dari node radio dimana minimal terdapat dua atau lebih jalur komunikasi data pada setiap *node*. Setiap *node Wireless mesh network* tidak hanya bertindak sebagai sebuah *host* tetapi juga dapat berfungsi sebagai sebuah *router* untuk meneruskan paket-paket informasi yang akan dikirim menuju *node* lain (Febriadi, Rochim, & Widiyanto, 2013). Sebuah WMN memiliki sifat *self-configure* yaitu merupakan kemampuan node di jaringan untuk membangun dan mengkonfigurasi diri sendiri. Ketika perangkat dinyalakan maupun mendapati topologi yang berubah, ia akan menginformasikan alamatnya ke node tetangga agar kemudian dapat dikenali di jaringan. Ini juga termasuk mencari rute secara otomatis tanpa campur tangan manusia dengan memperhatikan kualitas link, tetangga, topologi dan konektivitas. Sifat-sifat inilah yang memungkinkan WMN untuk dapat secara otomatis membangun dan memelihara konektivitas *mesh* diantara *node – node* dalam jaringan. Selain itu, WMN juga memiliki sifat *self-healing* yaitu, sifat yang memungkinkan WMN dapat membenahi dirinya sendiri dan tetap berfungsi bahkan jika satu atau lebih *node* mengalami kerusakan atau dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain. Sehingga kehilangan satu atau lebih *node* tidak menimbulkan downtime pada jaringan *mesh*. Dengan begitu jaringan WMN dapat mengatasi permasalahan *routing* jika ada salah satu *node* yang mati, atau biasa disebut *failure tolerance*. Dengan *self-configure node* baru yang bergabung ke dalam jaringan WMN dapat langsung terhubung dengan *node-node* lainnya.

Akan tetapi timbul permasalahan apabila VoIP dijalankan di *wireless mesh network*, contohnya seperti saat komunikasi terjadi diantara kedua *client*, kemudian salah satu dari *node WMN* terputus dan melakukan *self-configure* karena pada saat itu *node* lain mencoba untuk membangun dan menkonfigurasi diri yang menyebabkan terhambatnya atau terlambatnya proses komunikasi yang terjadi. Bukan hanya itu saja WMN juga melakukan *self-healing* yang kemungkinan menyebabkan komunikasi dari VoIP terputus karena *self-healing* sendiri merupakan proses *re-routing* atau membenahi diri sendiri apabila salah satu *node* mengalami kerusakan.

Dari permasalahan tersebut penulis melakukan analisis kinerja VoIP pada *wireless mesh network* dengan melakukan pengujian komunikasi VoIP yang dijalankan di *wireless mesh network*. Lingkungan pengujian dilakukan di gedung C Filkom dengan menggunakan mini PC yaitu Raspberry Pi. Untuk parameter dalam pengujian kinerja menggunakan QoS (*Quality of Service*) yaitu kualitas dari jaringan saat komunikasi terjadi dengan melakukan beberapa skenario pengujian.

Hasil dari penelitian ini adalah berupa hasil kualitas jaringan yang diuji dengan menggunakan parameter QoS berupa *Throughput*, *delay*, *jitter*, serta *packet loss*. Dari hasil penelitian diharapkan dapat melihat tingkat keberhasilan komunikasi VoIP apabila dijalankan di *wireless mesh network*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah di jelaskan pada latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kinerja dari VoIP yang di jalankan pada *wireless mesh network*?
2. Bagaimana kinerja codec VoIP G.711, G722 dan G.726 pada *wireless mesh network*?
3. Bagaimana melakukan analisis terhadap hasil pengujian VoIP menggunakan parameter QoS?

2. LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1. Wireless Mesh Network

Wireless mesh network merupakan suatu bentuk jaringan komunikasi *wireless* yang terbentuk dari susunan *node radio* dimana setidaknya terdapat dua atau lebih jalur komunikasi pada setiap *node*. *Node* pada sebuah *wireless mesh network* dapat berupa sebuah *mesh router* ataupun *mesh client*. Setiap *node* tidak hanya bertindak sebagai sebuah *host* tetapi juga berfungsi sebagai *router* untuk meneruskan paket-paket pengiriman informasi bagi sebuah *node* lain yang mungkin tidak dapat menjangkau tempat yang ingin ditujunya.

Karakteristik utama dari wireless mesh network adalah kemampuannya dalam mengkonfigurasi dan mengorganisasi dirinya sendiri (self-configure/selforganize), atau dengan kata lain mampu membuat dan menjaga konektivitasnya apabila terjadi kerusakan pada salah satu node. Kemampuan ini selain membantu para pengguna untuk dapat selalu on-line kapan saja dan dimana saja, juga akan membawa keuntungan lain seperti biaya pembuatan yang rendah, kemudahan dalam perawatan jaringan, tingkat robustness serta reliabilitas tinggi. Node-node konvensional seperti desktop PC, laptop, PDA dan sebagainya yang telah dilengkapi dengan wireless network interface card (NIC) dapat tersambung langsung dengan wireless mesh routers. Sedangkan pengguna yang tidak mempunyai wireless NIC, tetap dapat terhubung dengan mesh router dengan menggunakan bentuk jaringan lain seperti Ethernet. Selain itu dengan menggunakan fungsi mesh router sebagai gateway atau bridge, maka suatu wireless mesh network dapat berintegrasi dengan jaringan wireless lainnya seperti jaringan seluler, Wi-fi, Wimax dan lain sebagainya [4].

2.2. VoIP

VoIP (Voice over Internet Protocol) adalah teknologi yang mampu melewati trafik suara, video dan data yang berbentuk paket secara real-time dengan jaringan Internet Protocol. VoIP ini dapat memanfaatkan infrastruktur internet yang sudah ada untuk berkomunikasi seperti layaknya menggunakan telepon biasa dan tidak dikenakan biaya telepon biasa untuk berkomunikasi dengan pengguna VoIP lainnya dimana saja dan kapan saja [7]. Teknik dasar Voice over Internet Protocol atau yang biasa dikenal dengan sebutan VoIP adalah teknologi yang memungkinkan kemampuan melakukan percakapan telepon dengan menggunakan jalur komunikasi data pada suatu jaringan (networking). Teknologi ini memungkinkan komunikasi suara menggunakan jaringan berbasis IP (internet protokol) untuk dijalankan diatas infrastruktur jaringan packet network. Jaringan yang digunakan data, dikirimkan dan dipulihkan kembali dalam bentuk voice diterima. Voice diubah dulu kedalam format digital karena lebih mudah dikendalikan dalam hal ini dapat dikompresi, dan dapat diubah keformat yang lebih baik dan data digital lebih tahan terhadap noise daripada analog [7]. Sehingga kita bisa menggunakan VoIP di mana saja selama kita terhubung ke internet atau ke jaringan yang menggunakan protokol TCP/IP [6].

VoIP menjadi pilihan komunikasi yang menarik bagi konsumen karena VoIP menggunakan layanan

internet dimana biaya untuk memperoleh layanan broadband dasarnya cenderung lebih rendah [2].

2.3. Protocol VoIP

Berdasarkan fungsinya, protokol pada VoIP dapat dibedakan menjadi 2 yaitu protokol pensinyalan dan media transfer. Protokol pensinyalan digunakan untuk membangun, menjaga suatu sesi komunikasi yang sedang berlangsung, dan memutuskan suatu koneksi. Sedangkan protokol media transfer berfungsi untuk mengatur komunikasi pada saat transfer data (baik suara, video, maupun data) secara real-time berlangsung dengan baik.

Session Initiation Protocol (SIP) merupakan sebuah protokol standart multimedia dimana merupakan produk dari Internet Engineering Task Force (IETF) dan telah digunakan menjadi suatu standart penggunaan VoIP. SIP merupakan protokol yang berada pada layer aplikasi dimana mendefinisikan proses awal, pengubahan, dan pengakhiran (pemutusan) suatu sesi komunikasi multimedia. Dapat dikatakan juga SIP ini memiliki karakteristik client-server, dimana berarti request diberikan oleh client dan request ini diberikan ke server. Kemudian server mengolah request dan memberikan tanggapan terhadap request yang diberikan client. Secara default, SIP menggunakan protokol UDP tetapi dapat juga menggunakan TCP sebagai protokol transport. Request dan Protokol yang mendukung SIP antara lain :

1. Real-time Transport Protocol (RTP)

Protokol RTP menyediakan transfer media secara terus-menerus pada jaringan paket. Protokol RTP menggunakan protokol UDP dan header RTP mengandung informasi kode bit yang spesifik pada tiap paket yang dikirimkan dimana hal ini membantu penerima untuk melakukan antisipasi jika terjadi paket yang hilang.

2. Real-time Control Transport Protocol (RTCP)

Protokol RTCP merupakan protokol yang mengendalikan transfer media. Protokol ini bekerja sama dengan protokol RTP dalam proses transfer media yang terjadi. Dalam satu sesi komunikasi, protokol RTP mengirimkan paket RTCP secara periodik untuk memperoleh informasi transfer media dalam perbaikan kualitas layanan.

3. Session Description Protocol (SDP)

Protokol SDP merupakan protokol yang mendeskripsikan media dalam suatu komunikasi. Tujuan protokol SDP adalah untuk memberikan informasi aliran media dalam satu sesi komunikasi agar penerimaan yang menerima informasi tersebut dapat berkomunikasi tanggapan terhadap request tersebut disebut transaksi SIP.

2.4. Codec

Codec adalah metode untuk mengompres sinyal digital agar ukurannya lebih kompak (padat). *Codec* bertujuan untuk mengurangi penggunaan bandwidth di dalam transmisi sinyal pada setiap panggilan dan sekaligus berfungsi untuk meningkatkan jumlah panggilan.

Konversi codec bekerja dengan cara memotong bagian sinyal (sampling) audio dalam jumlah tertentu perdetiknya. Sebagai contoh, *codec* G.711 melakukan sampling audio sebanyak 64.000 kali per detik. Jika data hasil *kompresi* berhasil diterima di titik lain, proses selanjutnya adalah melakukan perakitan ulang. Data yang dirakit tidak selengkap data saat pertama kali dikirim, ada beberapa bagian yang hilang. Akan tetapi bagian yang hilang sangat kecil sehingga tidak terdeteksi oleh telinga manusia.

Codec juga bekerja menggunakan algoritma tertentu untuk membantunya memecah, mengurutkan, mengompresi, dan merakit ulang audio data yang ditransmisikan. Salah satu algoritma yang populer digunakan dalam teknologi VoIP adalah CS-ACELP (*Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear Prediction*).

2.5. Kualitas layanan VoIP (QoS)

Quality of Service (QoS) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik data tertentu pada berbagai jenis platform teknologi. QoS tidak diperoleh langsung dari infrastruktur yang ada, melainkan diperoleh langsung dengan mengimplementasikannya pada jaringan bersangkutan (Thabrata & Purbo, 2001).

Aplikasi VoIP merupakan aplikasi real time, sehingga tidak dapat mentolerir delay (dalam batasan tertentu) dan packet loss. Delay dapat diminimalkan dengan menggunakan teknologi packet switching sebagai pengganti data switching. Cara lain yang dapat ditempuh adalah mengoptimalkan penggunaan bandwidth, mengatur metode antrian yang dipakai dan menggunakan protokol-protokol manajemen untuk mengatur paket data yang dilewatkan. QoS pada IP Telephony adalah parameter-parameter yang menunjukkan kualitas paket data jaringan, agar didapatkan hasil suara sama dengan menggunakan telepon tradisional (PSTN) (Sudiarta & Sukadarmika, 2009).

2.5.1. Throughput

Throughput, yaitu kecepatan (rate) transfer data efektif, yang diukur dalam bps. *Throughput* merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada destination selama *interval* waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut.

2.5.2. Delay

Delay adalah waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari suatu titik ke titik lain yang menjadi tujuan. *One Way Delay* (OWD) adalah waktu yang dibutuhkan oleh satu paket dari tempat sumber ke tujuan. Waktu dari sumber ke tujuan kembali lagi ke sumber disebut *Round Trip Time* (RTT). Dalam *delay* terdapat beberapa besaran *delay* maksimum yang direkomendasikan oleh ITU untuk aplikasi suara adalah 150 ms, sedangkan *delay* maksimum dengan kualitas suara yang masih dapat diterima pengguna adalah 250 ms. *Delay end to end* adalah jumlah *delay* konversi suara analog-digital, *delay* waktu paketisasi atau bisa disebut juga *delay* panjang paket dan *delay* jaringan pada saat t (waktu). Ada beberapa penyebab terjadinya *delay* antara lain :

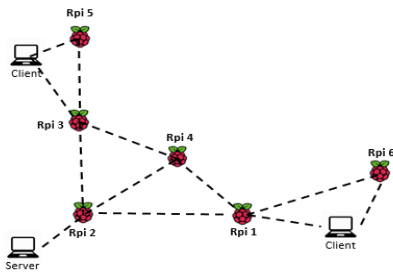
1. Kongesti (kelebihan beban data).
2. Kekurangan pada metode traffic shaping.
3. Penggunaan paket-paket data yang besar pada jaringan berkecepatan rendah
4. Adanya paket-paket data dengan ukuran berbedabeda
5. Perubahan kecepatan antar jaringan WAN
6. Pemadatan bandwidth secara tiba-tiba

Trafik suara merupakan trafik *realtime* sehingga jika *delay* dalam pengiriman paket suara terlalu besar, ucapan yang disampaikan tidak dapat dikenali. *Delay* maksimum yang ditolerir pada transmisi sinyal suara sesuai dengan standar ITU G.114 yang direkomendasikan bahwa *delay* kumulatif harus ≤ 150 mdetik (1-way *delay*) (Walker, 2002).

2.5.3. Jitter

Jitter merupakan variasi *delay* yang terjadi akibat adanya selisih waktu atau *interval* antar kedatangan paket di penerima. Parameter ini dapat ditangani dengan mengatur metode antrian pada *router* saat terjadi kongesti atau saat perubahan kecepatan. Paket data yang datang dikumpulkan dulu dalam *jitter buffer* selama waktu yang telah ditentukan sampai paket dapat diterima pada sisi penerima dengan urutan yang benar. Hanya saja *jitter* tidak mungkin dihilangkan sebab metode antrian yang paling baik tetap saja tidak dapat mengatasi semua kasus antrian. Untuk

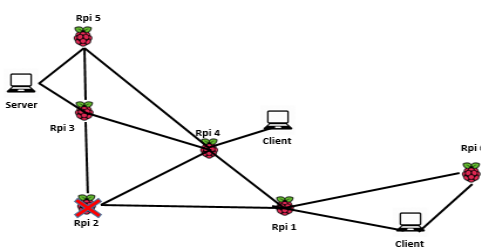
3.4.1. Skenario Pengujian 1



Gambar 3.4 Pengujian Komunikasi VoIP

Pada penelitian ini, sejumlah Rpi dipasang secara permanen di 6 ruangan yang berbeda, pada tabel 3.1 sudah disebutkan tempat-tempat dimana Rpi dipasang. Laptop yang bertindak sebagai server diletakkan di ruangan C1.14 yang juga merupakan tempat dari Rpi 2, untuk client 1 berada di belakang antara ruangan C1.11 dan C1.9 yang merupakan tempat Rpi 3 dan Rpi 5 berada, sedangkan client 2 berada di samping ruangan C1.12 yang merupakan tempat Rpi 1 berada. Sebelum melakukan komunikasi VoIP dilakukan pengujian koneksi antara client- server dengan melakukan ping kepada ip client dan ip sever untuk memastikan bahwa client dapat mengakses server dan server dapat mengakses client menggunakan wireless mesh network, setelah server mengenali semua client maka pengujian koneksi client-client diperlukan untuk memastikan bahwa kedua client dapat terhubung. pengujian tersebut dilakukan seperti seperti sebelumnya yaitu dengan mengetikkan perintah ping pada ip client 1 dan ip client 2. Apabila koneksi sudah terbentuk maka dilakukan pengujian VoIP yang menggunakan protocol RTP untuk melakukan komunikasi selama 5 menit dan dilakukan sebanyak 10 kali panggilan dengan menggunakan 3 codec yang berbeda-beda yaitu G.711, G.722 dan G.726-32. Pada saat komunikasi berlangsung akan dilakukan pengambilan data QoS dengan melakukan capture data menggunakan **wireshark**.

3.4.2. Skenario Pengujian 2

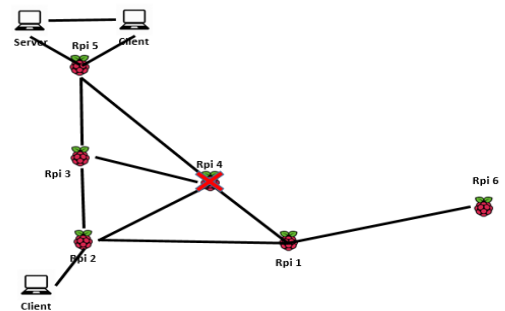


Gambar 3.5 Pengujian Komunikasi Saat 1 Node Disconnected

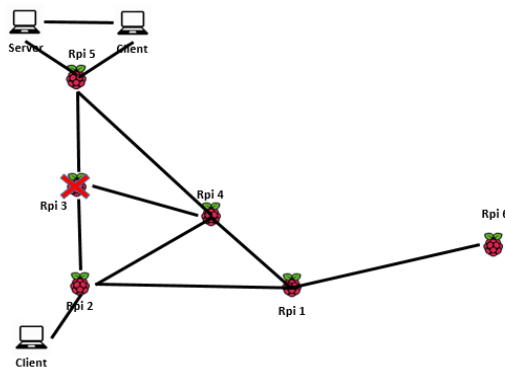
Pada pengujian voip skenario ini bentuk dari topologi sebelumnya tidak dirubah akan tetapi posisi dari server dan salah satu client sudah

diubah, dimana server diletakkan di antara Rpi 3 dan Rpi 5, sedangkan posisi untuk kedua client yang pertama berada diantara Rpi 1 dan Rpi 6, client kedua berada di ruang panel yaitu di Rpi 4. Bentuk topologi ini untuk mengetahui ketika komunikasi berlangsung antara client 1 dan client 2 kemudian 1 node dari wireless Rpi diputus maka apakah komunikasi tersebut masih dapat berjalan dengan normal atau terjadi kendala. Pengujian diawali dengan melakukan panggilan antara client 1 dan client 2 selama 6 menit disaat memasuki menit ke 3 wireless Rpi yang berada di ruang C1.14 di buat down atau disconnected.

3.4.3. Skenario Pengujian 3



Gambar 3.6 Pengujian dengan Node Rpi 4 Disconnected

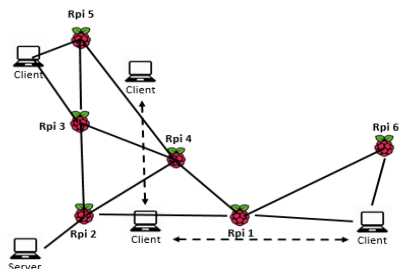


Gambar 3.7 Pengujian dengan Node Rpi 3 Disconnected

Pada Gambar 3.6 bentuk topologi Rpi tidak berubah dengan tetap menggunakan 6 node yang saling berkomunikasi. Akan tetapi posisi dari client 1, client 2 dan server yang diubah dengan menempatkan client 1 berada di Rpi 5 begitu juga dengan server dan client berada di dekat Rpi 2. Proses tersebut dimulai ketika client 1 menghubungi client 2 melalui server dengan rentang waktu 10 menit tanpa diputus. Pada saat komunikasi tersebut sedang berlangsung maka wireless pada Rpi 4 diputuskan pada menit ke 4 dan di menit ke 5 wireless Rpi 4 kembali dinyalakan. Topologi dengan posisi Rpi tetap serta client server juga masih berada di tempat yang sama dengan

komunikasi tetap berjalan. Proses yang dilakukan sama seperti yang sebelumnya disaat komunikasi berlangsung maka wireless pada Rpi 3 diputus pada menit ke 7 dan pada menit ke 10 proses komunikasi dihentikan.

3.4.4. Skenario Pengujian 4



Gambar 3.8 Pengujian dengan Client Bergerak (Mobile)

Pada penelitian ini, terdapat satu komunikasi yang berjalan dan dilakukan oleh 2 client. Pada saat 2 client sedang melakukan komunikasi maka salah satu dari client akan berada pada kondisi bergerak bolak – balik melewati server dengan kecepatan yang konstan. Proses pengujian yang telah dilakukan pada salah satu client bergerak secara konstan bolak-balik mendekati dan menjauhi server yaitu client 1 berjalan diantara Rpi 1, Rpi 2 dan Rpi 6, proses komunikasi tersebut dijalankan dengan rentang waktu 5 menit dan dilakukan 6 kali komunikasi menggunakan 2 codec yang berbeda yaitu codec G.711 dan codec G.726-32. Proses yang kedua client tetap berjalan secara konstan dengan melewati antara Rpi 2, Rpi 3 dan Rpi 5 yang komunikasi tersebut sama dengan yang pertama dijalankan selama 5 menit dan dilakukan 6 kali komunikasi menggunakan 2 codec seperti yang sudah digunakan sebelumnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini, sistem yang telah diimplementasikan diuji dengan beberapa cara yaitu:

- Pengujian Koneksi client-server. Tahap ini memastikan bahwa client dapat terhubung dan mengakses server dan sebaliknya server dapat mengenali client.
- Pengujian koneksi client – client. Pada tahap ini akan dilakukan pengujian antar client dapat terhubung dan dapat komunikasi VoIP. Pengujian dilakukan dengan cara mengirimkan perintah ping antar client.
- Pengujian Panggilan VoIP. Proses komunikasi dengan menggunakan codec yang berbeda akan dilakukan dalam 3 tahap, yaitu dengan

menggunakan codec G.711, codec G.722, codec G.726.

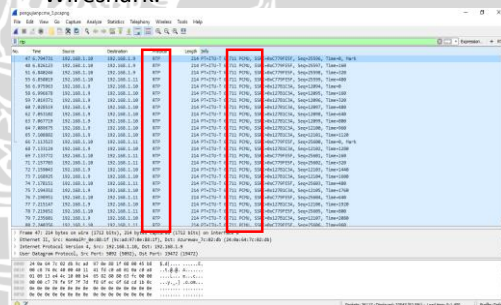
```
root@research: /home/galuh
s.
This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under
certain conditions. Type 'core show license' for details.
=====
Connected to Asterisk 13.1-cert2 currently running on research (pid = 1275)
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [102@default:1] Dial("SIP/101-0000000", "SIP/102,20") in new s
tack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called SIP/102
-- SIP/102-0000001 is ringing
-- SIP/102-0000001 answered SIP/101-0000000
-- Channel SIP/101-0000000 joined 'simple_bridge' basic-bridge <363f7e30-43
ff-47b2-9423-9b70ce2bc9af>
-- Channel SIP/102-0000001 joined 'simple_bridge' basic-bridge <363f7e30-43
ff-47b2-9423-9b70ce2bc9af>
-- Bridge 363f7e30-43ff-47b2-9423-9b70ce2bc9af: switching from simple_bri
dge technology to native_rtp
-- Probation passed - setting RTP source address to 192.
168.1.11:7078
-- Probation passed - setting RTP source address to 192.
168.1.11:7078
```

Gambar 6 Proses Komunikasi antar client

Sumber: [Hasil Pengujian]

Dari gambar 6 terlihat bahwa client 101 menghubungi client 102. Proses panggilan diawali dengan mengeksekusi perintah Dial (SIP/XXX), pernyataan tersebut berarti panggilan yang berlangsung menggunakan protocol SIP dan XXX yang merupakan nomor client. Setelah perintah tersebut dieksekusi, maka proses panggilan dilakukan, kemudian nomor penerima merespon dengan berdering. Saat telpon diangkat oleh penerima, status di CLI akan menunjukkan SIP/XXX answered SIP/XXX. Setelah itu terjadi proses komunikasi client hingga telepon dimatikan.

- Pengujian Kualitas VoIP dengan codec G.711. Pengambilan data menggunakan aplikasi Wireshark.



Gambar 7 Proses Capture data codec G.711 dengan RTP.

Sumber: [Hasil Pengujian]

4.1. PEMBAHASAN

Dari data hasil Capture wireshark akan didapatkan nilai QoS yang berupa Throughput, paket loss, dan delay.

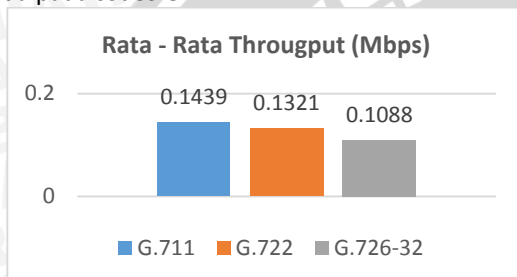
4.1.1. Pembahasan Pengujian 1

Tabel 1. Hasil dari perhitungan Throughput.

Throughput (Mbps)			
Pengujian Ke	G.711	G.722	G.726
1	0,173	0,068	0,068

2	0,179	0,065	0,102
3	0,173	0,107	0,07
4	0,098	0,101	0,107
5	0,147	0,126	0,121
6	0,129	0,172	0,124
7	0,076	0,179	0,134
8	0,157	0,184	0,121
9	0,165	0,171	0,132
10	0,142	0,148	0,109
Rata - Rata	0,1439	0,1321	0,1088

Tabel 1 menunjukkan hasil dari pengujian kualitas VoIP dengan menggunakan berbagai *codec*. Dari tabel 1 dapat diketahui nilai – nilai dari throughput yang dihasilkan oleh masing – masing *codec*, dan apabila di rata – rata maka throughput yang bagus ada pada *codec* G.711.

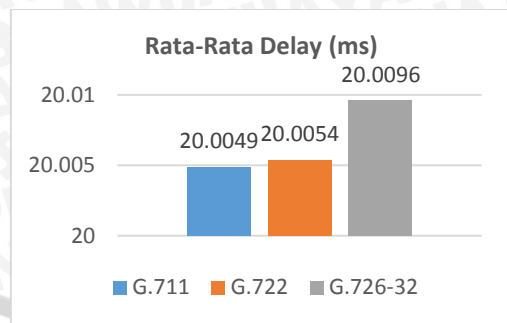


Gambar 8 Nilai Rata – Rata dari Throughput
Sumber: [Hasil Pengujian]

Tabel 2. Hasil dari Perhitungan Delay

Delay (ms)			
Pengujian Ke	G.711	G.722	G.726
1	20,006	20,003	20,026
2	20,003	20,018	20,007
3	20,003	20,011	20,03
4	20,005	20,003	20
5	20,004	20,006	20,008
6	20,005	20,002	20,007
7	20,009	20,003	20,005
8	20,005	20,003	20,007
9	20,003	20,002	20,002
10	20,006	20,003	20,004
Rata - Rata	20,0049	20,0054	20,0096

Tabel 2 menunjukkan hasil dari pengujian kualitas VoIP dengan menggunakan berbagai *codec*. Dari tabel 2 dapat diketahui nilai – nilai dari Delay yang dihasilkan oleh masing – masing *codec*, maka delay rata – rata pada jaringan tersebut yang paling sedikit ada di *codec* G.711.

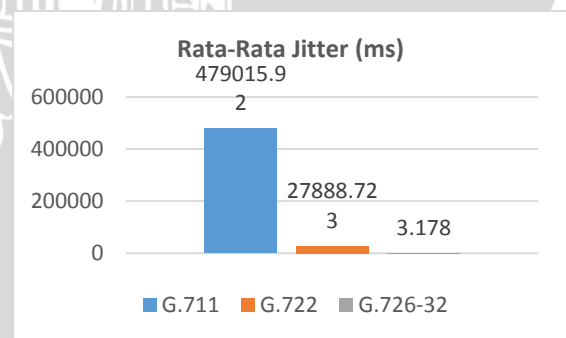


Gambar 11 Nilai rata –rata dari Delay
Sumber: [Hasil Pengujian]

Tabel 3. Hasil dari Perhitungan Jitter

Jitter (ms)			
Pengujian ke	G.711	G.722	G.726-32
1	35654,57	2,93	3,03
2	35701,98	4,62	6,07
3	32458,02	3,03	2,67
4	37049,23	41019,92	1,07
5	36874,64	43344,49	1,73
6	53497,09	39302,98	1,52
7	134285,91	36562,46	1,56
8	37112,36	40037,99	5,99
9	37382,22	39204,71	6,33
10	38999,9	39404,1	1,81
Rata - Rata	479015,92	27888,723	3,178

Tabel 3 menunjukkan hasil dari pengujian kualitas VoIP dengan menggunakan berbagai *codec*. Dari tabel 2 dapat diketahui nilai – nilai dari Jitter yang dihasilkan oleh masing – masing *codec*, maka Jitter rata –rata pada jaringan tersebut yang paling sedikit ada di *codec* G.726-32.

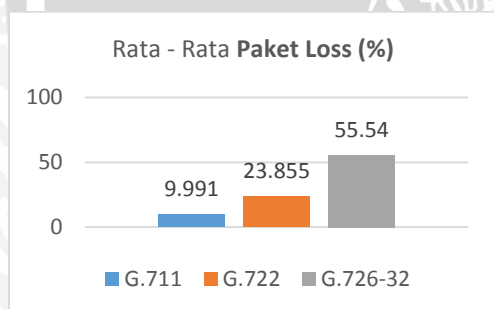


Gambar 9 Nilai rata –rata dari Jitter
Sumber: [Hasil Pengujian]

Tabel 4. Hasil dari Perhitungan Paket Loss

Pengujian Ke	Paket Loss (%)		
	G.711	G.722	G.726-32
1	3,14	23,02	99,85
2	0	99,11	18,85
3	2,11	35,5	87,61
4	3,68	13,31	1,05
5	9,31	16,63	56,45
6	21,6	9,8	10,91
7	38	2,52	93,95
8	0,32	11,09	90,91
9	13,82	13,1	5,62
10	7,93	14,47	90,2
Rata - rata	9,991	23,855	55,54

Tabel 4 menunjukkan hasil dari pengujian kualitas VoIP dengan menggunakan berbagai codec. Dari tabel 4 dapat diketahui nilai – nilai dari Paket loss yang dihasilkan oleh masing – masing codec, dan apabila di rata – rata maka paket loss yang sedikit ada pada codec G.711.



Gambar 10 Nilai rata – rata dari Paket Loss
Sumber:[Hasil Pengujian]

4.1.2. Pembahasan Pengujian 2

Topologi skenario ini bertujuan untuk menguji kestabilan komunikasi VoIP jika salah satu *node* diputus dalam waktu tertentu saat komunikasi berjalan. Pada pengujian voip skenario ini bentuk dari topologi sebelumnya tidak diubah akan tetapi posisi dari *server* dan salah satu *client* sudah diubah, dimana *server* diletakkan di antara Rpi 5 dan Rpi 3, sedangkan posisi untuk kedua *client* yang pertama berada diantara Rpi 1 dan Rpi 6, *client* kedua berada di ruang panel yaitu di Rpi 4. Bentuk topologi ini untuk mengetahui ketika komunikasi berlangsung antara *client* 1 dan *client* 2 kemudian 1 *node* dari *wireless* Rpi diputus maka apakah komunikasi tersebut masih dapat berjalan dengan normal atau terjadi kendala. Proses ini diawali

dengan melakukan komunikasi voip *client* 1 menghubungi *client* 2 yang saat itu transmisi jaringan melewati Rpi 2 menuju ke *server*.

```

root@mikko: /home/mikko
root@mikko:/home/mikko# traceroute 192.168.1.11
traceroute to 192.168.1.11 (192.168.1.11), 30 hops max, 60 byte packets
 1 * 192.168.1.1 (192.168.1.1) 38.236 ms 59.870 ms
 2 192.168.1.2 (192.168.1.2) 82.731 ms 97.396 ms 127.141 ms
 3 192.168.1.3 (192.168.1.3) 150.185 ms 168.834 ms 198.364 ms
 4 192.168.1.9 (192.168.1.9) 219.162 ms 253.540 ms
 5 192.168.1.3 (192.168.1.3) 259.364 ms 268.646 ms
 6 192.168.1.4 (192.168.1.4) 287.240 ms 290.185 ms 299.664 ms
 7 192.168.1.11 (192.168.1.11) 338.236 ms 368.636 ms 388.536 ms

```

Gambar 11 Hasil Traceroute komunikasi dari *client* 1 ke *client* 2

Seperti terdapat pada gambar 4.17 yang menunjukkan bahwa jalur komunikasi voip dengan *client* 1 yang melewati IP dari Rpi 2. Setelah itu Ketika kedua *client* sedang berkomunikasi selama rentang waktu 6 menit dan saat memasuki menit ke 3 *wireless* pada Rpi diputus, seperti yang terlihat

```

root@mikko: /home/mikko
root@mikko:/home/mikko# traceroute 192.168.1.11
traceroute to 192.168.1.11 (192.168.1.11), 30 hops max, 60 byte packets
 1 * 192.168.1.1 (192.168.1.1) 59.870 ms 67.211 ms
 2 192.168.1.4 (192.168.1.4) 82.731 ms 88.595 ms 95.396 ms
 3 192.168.1.3 (192.168.1.3) 127.141 ms 150.834 ms 168.096 ms
 4 192.168.1.9 (192.168.1.9) 181.494 ms 219.122 ms 226.940 ms
 5 192.168.1.5 (192.168.1.5) 255.285 ms 259.664 ms
 6 192.168.1.4 (192.168.1.4) 268.266 ms 269.967 ms
 7 192.168.1.11 (192.168.1.11) 287.240 ms 299.664 ms 338.236 ms

```

pada Gambar 12

Gambar 12 Hasil Traceroute dengan Rpi 2 di *disconnected*

Dari gambar 12 menunjukkan dengan salah satu dari *node* Rpi dimatikan, ternyata komunikasi tersebut tidak mengalami kendala dengan kata lain komunikasi masih tetap berjalan dengan normal sampai pada menit ke 6 komunikasi diakhiri.

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan terputusnya jalur komunikasi voip maka *node* lain yang masih dalam satu jaringan akan menangani komunikasi tersebut.

4.1.3. Pembahasan Pengujian 3

Topologi skenario ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komunikasi antar *node* jika salah satu *node* diputus dengan bergantian ketika komunikasi berlangsung. Bentuk topologi Rpi tidak berubah dengan tetap menggunakan 6 *node* yang saling berkomunikasi. Akan tetapi posisi dari *client* 1, *client* 2 dan *server* yang diubah dengan menempatkan *client* 1 berada di Rpi 5 begitu juga dengan *server* dan *client* berada di dekat Rpi 2. Proses tersebut dimulai ketika *client* 1

menghubungi *client* 2 melalui *server* dengan rentang waktu 10 menit tanpa diputus. Pada saat komunikasi tersebut sedang berlangsung maka *wireless* pada Rpi 4 diputuskan pada menit ke 4, dapat diketahui pada saat itu komunikasi yang berlangsung tidak terputus, dikarenakan *routing* mencari rute lainnya yang masih dalam jaringan untuk meneruskan komunikasi, seperti yang terlihat pada Gambar 13.

```
root@mikko:/home/mikko# traceroute 192.168.1.11
traceroute to 192.168.1.11 (192.168.1.11), 30 hops max, 60 byte packets
 1 * 192.168.1.2 (192.168.1.1) 63.834 ms 80.638 ms
 2 192.168.1.4 (192.168.1.4) 97.396 ms 137.211 ms *
 3 192.168.1.5 (192.168.1.3) 150.834 ms 162.221 ms 168.096 ms
 4 192.168.1.9 (192.168.1.9) 178.066 ms 181.494 ms 186.505 ms
 5 192.168.1.11 (192.168.1.11) 299.807 ms 313.708 ms 315.594 ms
```

Gambar 13 Hasil *Traceroute* dengan node Rpi 4 di *disconnected*

maka pada menit ke 5 *wireless* pada Rpi 4 kembali dinyalakan dan tetap komunikasi tersebut berjalan dengan lancar tanpa ada kendala. Setelah itu, beralih ke topologi dengan posisi Rpi tetap serta *client server* juga masih berada di tempat yang sama dengan komunikasi tetap berjalan. Proses yang dilakukan sama seperti yang sebelumnya disaat komunikasi berlangsung maka *wireless* pada Rpi 3 diputus pada menit ke 7 dan ternyata komunikasi masih tetap berjalan lancar tidak ada tanda-tanda bahwa komunikasi tersebut terputus seperti yang terlihat pada gambar 13.

```
root@mikko:/home/mikko# traceroute 192.168.1.11
traceroute to 192.168.1.11 (192.168.1.11), 30 hops max, 60 byte packets
 1 * 192.168.1.2 (192.168.1.2) 63.834 ms 80.638 ms
 2 192.168.1.3 (192.168.1.3) 97.396 ms 127.141 ms *
 3 192.168.1.5 (192.168.1.5) 157.211 ms 175.095 ms 195.395 ms
 4 * 192.168.1.9 (192.168.1.9) 219.162 ms 250.185 ms
 5 192.168.1.11 (192.168.1.11) 253.540 ms 259.364 ms 268.640 ms
```

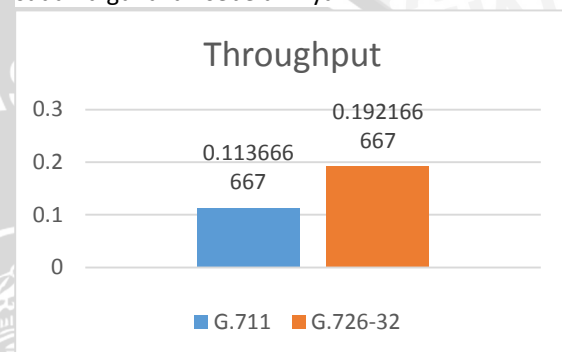
Gambar 14 Hasil *Traceroute* dengan node Rpi 3 di *disconnected*

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa apabila komunikasi sedang berlangsung kemudian salah satu *node* terputus maka *node* yang lain menangani *node* yang terputus tersebut agar jaringan tetap tersambung.

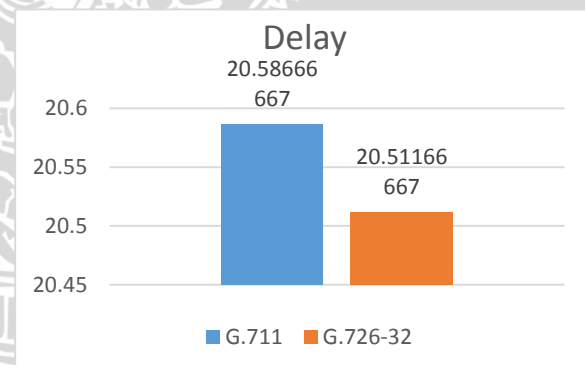
4.1.4 Pembahasan Pengujian 4

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui komunikasi dari *client* yang bergerak apakah mengalami gangguan komunikasi atau tidak

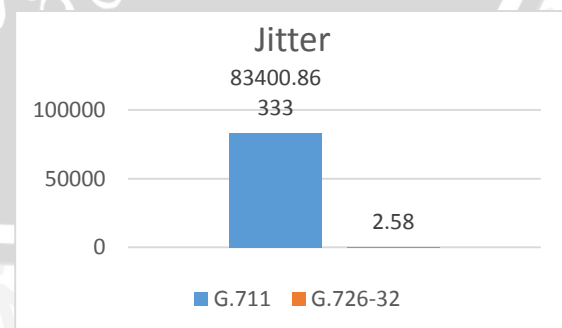
saat melakukan panggilan. Hasil pengujian yang telah dilakukan pada salah satu *client* bergerak secara konstan bolak-balik mendekati dan menjauhi *server* yaitu *client* 1 berjalan diantara Rpi 1, Rpi 2 dan Rpi 6, proses komunikasi tersebut dijalankan dengan rentang waktu 5 menit dan dilakukan 6 kali komunikasi menggunakan 2 codec yang berbeda yaitu codec G.711 dan codec G.726-32. Proses yang kedua *client* tetap berjalan secara konstan dengan melewati antara Rpi 2, Rpi 3 dan Rpi 5 yang komunikasi tersebut sama dengan yang pertama dijalankan selama 5 menit dan dilakukan 6 kali komunikasi menggunakan 2 codec seperti yang sudah digunakan sebelumnya.



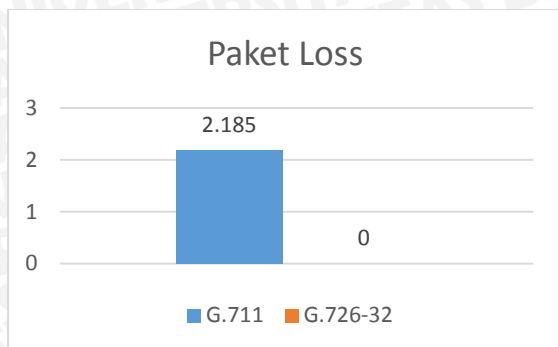
Gambar 15 Hasil Throughput Pengujian Mobile



Gambar 16 Hasil Delay Pengujian Mobile



Gambar 17 Hasil Jitter Pengujian Mobile



Gambar 18 Hasil Paket Loss Pengujian Mobile
Dari hasil Qos Yang didapatkan bahwa pada saat pengujian dengan dibuatnya salah satu client berjalan – jalan secara konstan didapatkan bahwa codec G.726-32 lebih baik daripada codec G.711.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian Analisis Kinerja VoIP (Voice Over Internet Protocol) pada Wireless Mesh Network antara lain:

1. Kinerja dari VoIP yang dijalankan pada WMN berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan pada setiap scenario menghasilkan nilai rata-rata throughput sebesar 0,1439 Mbps, dengan begitu makin besar throughput yang didapat, makin baik komunikasi data antara pengguna VoIP. Dari hasil pengukuran didapatkan nilai rata-rata delay (ms) dari client ke client adalah sebesar 20,0049 milisecond serta hasil pengukuran nilai rata-rata jitter (ms) sangat besar dari client ke client adalah 479015,92 milisecond.
2. Kinerja Codec VoIP G.711, G.722 dan G.726-32 pada WMN menunjukkan hasil yang berbeda disebabkan oleh nilai QoS yang berbeda pada setiap codec, seperti halnya nilai jitter pada codec G.711 yang menunjukkan 479015,92 milisecond. Nilai tersebut disebabkan karena ketika komunikasi lintasan tempuh paket yang digunakan berbeda-beda serta besarnya paket yang dibawa oleh codec G.711.
3. Secara keseluruhan QoS masih sesuai dengan standart yang telah direkomendasikan ITU-T, kecuali nilai jitter pada salah satu codec, akan tetapi nilai tersebut tidak mempengaruhi kinerja jaringan dan tidak menyebabkan kegagalan komunikasi, karena besarnya nilai jitter dapat dikompensasi dengan nilai delay yang kecil.

5.1. SARAN

Saran untuk penelitian Analisis Kinerja VoIP (Voice Over Internet Protocol) pada Wireless Mesh Network, antara lain:

1. Komunikasi VoIP di wireless mesh perlu dikembangkan ke media komunikasi berupa video atau conference.

2. Perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui besar pengaruh interferensi pada Wireless Mesh Network.
3. Pengujian dilakukan pada skala jaringan yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abolhasan, M., Hagelstein, B., Chun, J., & Wang, P. (2009). *Real-world performance of current proactive multihop mesh protocols*. Australia: University of Wollongong.
- Akyildiz, I. F., Wang, X., & Wang, W. (2004). *Wireless mesh network: a survey*. Atlanta: 2005.
- Al-Quzwini, M. M., & Sharafali, S. A. (2014). Performance Evaluation of MPLS TE Signal Protocols with Different Audio Codecs. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*.
- Chhabra, A., & Singh, D. (2011). Performance Evaluation and Delay Modelling of VoIP Traffic over 802.11 Wireless Mesh Network. *International Journal of Computer Applications*, 21.
- Cleevely, D., Lang, J., & Lomas, P. (2016, Januari 20). *Raspberry Pi Foundation*. Diambil kembali dari Raspberry Pi Foundation: <https://www.raspberrypi.org>
- Desantis, M. (2006). *Understanding Voice over Internet Protocol (VoIP)*. 2008.
- Febriadi, M. L., Rochim, A. F., & Widiyanto, E. D. (2013). *Perancangan dan Implementasi Wireless Mesh Node pada Rasberry Pi*. Semarang: Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Hossain, E., & Leung, K. (2008). *Wireless Mesh Network:Architectures and Protocols*. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 2008.
- Iskandarsyah. (2003, Juni Senin). *Dasar-Dasar VoIP*. Diambil kembali dari IlmuKomputer.Com: <http://ilmukomputer.org/>
- Ismail, N., Faroqi, A., Kamelia, L., & Mardiaty, R. (2011). Simulasi Wireless Mesh Network (WMN) untuk Mendukung Implementasi Next Generation Network (NGN).

- Mehta, P., & Udany, S. (2001). Voice Over IP :Sounding good on the Internet. *IEEE*, 36.
- Noeranbia, Y. (2009). *Perbandingan Internet Protocol Telephony pada Voice Over Internet protocol (VoIP) Di Indonesia*. Depok: Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia.
- Pradhan, P. (2013). *Wireless Mesh Network*. India: National Institute of Science & Technology.
- Purbo, O. W., & Raharja, A. (2011). *VoIP Cookbook:Building your own Telecommunication Infrastructure*. Jakarta: 2011.
- S, A. W., H, S. N., & Wahidah, I. (2007). Analisis Quality of Service (QoS) dari Layanan Video Streaming Pada Jaringan IP Multimedia Subsystem (IMS). *Seminar Nasional Sistem dan Informatika 2007*.
- Setiawan, E. B. (2012). Analisa Quality of Service (QoS) Voice Over Internet Protocol (VoIP) dengan Protocol H.323 dan Session Initial Protocol (SIP). *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA)*.
- Setiawan, R. A. (2015). Analysis Performance VoIP Call Application Android in MANET (Mobile Ad Hoc Network). *Buletin Pos dan Telekomunikasi Vol. 13 No.1 (2015)*, 79-96.
- Simionovich, N. (2008). *AsteriskNOW : a practical guide for deploying and managing an Asterisk-based telephony system using the AsteriskNOW software appliance*. Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- Sudiarta, P. K., & Sukadarmika, G. (2009). Penerapan Teknologi VoIP Untuk Mengoptimalkan Penggunaan Jaringan Intranet Kampus Universitas Udayana.
- Suryawan, K. D., Husni, M., & dkk. (2012). *Analisis Layanan Kinerja VoIP Pada Protokol SRTP Dan VPN*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Thabratas, T., & Purbo, W. O. (2001). *Buku Pintar Internet : Teknologi VOIP (Voice Over Internet Protocol)* . Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Walker, J. Q. (2002). *Assessing VoIP Call Quality Using the E-model*. NetIQ Corporation.
- Yuniati, Y., Fitriawan, H., & Jaya Patih, D. F. (2014). Analisis Perancangan Server VoIP (Voice Over Internet Protocol) dengan Open Source Asterisk dan VPN (Virtual Private Network) Sebagai Pengaman Jaringan Antar Client. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, Vol. 12, No. 1,* 112 – 121.
- Zhang, Y., Luo , J., & Hu, H. (2007). *Wireless Mesh Networking:Architectures, Protocols and Standards* . Boca Raton, New York: Auerbach .
- Zulham, Rosmansyah, Y., & Ismail, N. (2008). Pengembangan Wireless Mesh Network Berbasis Standar IEEE 802.11. *Konferensi dan Temu Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Indonesia*. Jakarta: Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.