

IMPLEMENTASI DAN ANALISA QOS UNTUK KINERJA VOIP DENGAN SIP BERBASIS DEBIAN DI SD NEGERI SEPAKUNG

Farkhan Anas Priatmaja*¹⁾, Erwien Christianto²⁾

1. Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana, Indonesia
2. Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: Debian; HTB; SIP; VoIP; QoS

Keywords: Debian; HTB; SIP; VoIP; QoS

Article history:

Received 14 September 2024

Revised 17 Oktober 2024

Accepted 6 November 2024

Available online 4 December 2024

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jipi.v9i4.5562>

* Corresponding author.

Corresponding Author

E-mail address:

672020194@student.uksw.edu

ABSTRAK

SD Negeri Sepakung merupakan sekolah gabungan dari SD 01 dan SD 03. Penempatan gedung sekolah yang berbeda memberikan hambatan dalam proses berkomunikasi antara guru atau karyawan. Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan media komunikasi seperti teknologi komunikasi suara melalui internet yaitu Voice over Internet Protocol (VoIP) untuk meningkatkan efektifitas proses komunikasi. Dalam perancangannya diperlukan sebuah server pada Debian dan menggunakan protokol Session Initiation Protocol (SIP) yang dapat memberikan control call initiation, call modification, call termination dan presence sebuah sessions pada atau lebih partisipan, seperti video conferences, internet telephone dan multimedia distribution. Namun kualitas jaringan yang ada kurang memadai maka dari itu diperlukan adanya manajemen bandwidth dengan fungsi priority untuk memungkinkan client mendapatkan bandwidth yang sesuai kebutuhan sehingga dapat meningkatkan kualitas panggilannya. Metode manajemen bandwidth yang digunakan adalah Hierarchical Token Bucket (HTB) pada teknik antrian queue tree. Manajemen bandwidth ini diterapkan pada routerboard mikrotik RB941-2nD yang sekaligus digunakan untuk menghubungkan antara client dan server dalam satu segmen. Untuk mengetahui kualitas yang dihasilkan dilakukan analisis Quality of Service (QoS) yang dilakukan pada empat bandwidth yang berbeda untuk mengetahui masalah yang terjadi berdasarkan pada empat parameter. Nilai tertinggi yang didapatkan dari penelitian ini adalah pada bandwidth 512k yang memiliki rata-rata throughput = 579,732 kbps, packet loss = 0%, delay = 20,01692396 ms dan jitter = 19,99467112 ms.

ABSTRACT

Sepakung State Elementary School is a combined school of SD 01 and SD 03. The placement of different school buildings creates obstacles in the process of communicating between teachers or employees. Based on these problems, communication media are needed, such as voice communication technology via the internet, namely Voice over Internet Protocol (VoIP) to increase the effectiveness of the communication process. In the design, a server on Debian is required and uses the Session Initiation Protocol (SIP) protocol which can provide control of call initiation, call modification, call termination and presence of a session for one or more participants, such as video conferences, internet telephone and multimedia distribution. However, the quality of the existing network is inadequate, therefore bandwidth management with a priority function is needed to enable clients to get the bandwidth they need so that they can improve the quality of their calls. The bandwidth management method used is Hierarchical Token Bucket (HTB) using the queue tree queue technique. This bandwidth management is applied to the Mikrotik RB941-2nD routerboard which is also used to connect the client and server in one segment. To find out the quality produced, a Quality of Service (QoS) analysis was carried out on four different bandwidths to find out the problems that occurred based on four parameters. The highest value obtained from this research was on a bandwidth of 512k which had an average throughput = 579.732 kbps, packet loss = 0%, delay = 20.01692396 ms and jitter = 19.99467112 ms.

I. PENDAHULUAN

SD Negeri Sepakung adalah sekolah dasar yang berada di Dusun Krajan, Desa Sepakung, Kecamatan Banyubiru, Kabupaten Semarang. SD ini merupakan gabungan dari SD 01 dan SD 03. Dalam pelaksanaan pembelajaran SD Negeri Sepakung membagi dalam dua gedung, pertama pada SD 01 untuk kelas 1A,1B,2A dan 2B, dan pada SD 03 untuk kelas 3,4,5 dan 6. Penempatan gedung sekolah yang berbeda memberikan hambatan dalam hal efisiensi saat berkomunikasi antara guru dan karyawan. Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan teknologi komunikasi suara melalui *internet*, yang lebih dikenal sebagai *Voice over Internet Protocol* (VoIP). Pemanfaatan VoIP menjadi teknologi yang dapat membantu meningkatkan efisiensi dalam berkomunikasi di sekolah ini dengan memanfaatkan sambungan *internet* yang ada. Selain itu VoIP dapat mengurangi biaya telepon yang tinggi dibandingkan dengan telepon kabel tradisional [1]. Dengan memanfaatkan jaringan *internet* yang ada dapat diterapkan *server* komunikasi yang berperan sebagai penyedia layanan, seperti pada penelitian ini akan menggunakan sistem operasi *Debian* yang dalam penelitian ini akan dianalisa apakah *Debian* dapat bekerja dengan baik. *Debian* adalah sistem operasi yang dikenal dengan kestabilannya. *Versi-stable Debian* sering diandalkan dalam lingkungan produksi yang memerlukan keandalan tinggi, yang merupakan faktor penting dalam implementasi VoIP. Namun, masalah seperti kualitas jaringan yang ada kurang memadai, maka perlu menerapkan manajemen *bandwidth* yang diterapkan dengan menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB). Manajemen *bandwidth* yang diterapkan bertujuan untuk memaksimalkan kualitas komunikasi yang dihasilkan. Untuk mengukur kualitas tersebut akan dilakukan analisis *Quality of Service* (QoS) berdasarkan parameter *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss*. Pengambilan data dalam proses ini akan digunakan aplikasi *network analyzer wireshark*. Diharapkan setelah diimplementasikan dapat memudahkan mempersingkat waktu dan mempermudah komunikasi dan koordinasi antar guru dan karyawan melalui teknologi *Voice over Internet Protocol* (VoIP).

Dalam penelitian yang berjudul “Analisis *Quality of Services* Jaringan VoIP pada VPN menggunakan *InterAsteriks Exchange* dan *Session Initiation*” menjelaskan bahwa performa dalam VoIP perlu dijaga karena kemampuannya dalam melakukan kompresi sehingga menghasilkan efisiensi saluran dan pemilihan *protokol* komunikasi [2]. Hasil yang didapat dari penelitian ini bahwa performa yang paling baik adalah dengan menggunakan *protokol IAX* dengan menggunakan sistem keamanan VPN *Point to Point Protocol* (PPTP) dikarenakan nilai *Quality of Service* (QoS) lebih tinggi daripada *protokol SIP* dan juga terbukti lebih aman saat diterapkan sistem keamanan *Virtual Private Network Point to Point Protocol* (VPN PPTP). Penelitian lain yang berjudul “Analisis Kinerja VoIP *Open Source FreePBX Asterisk* Menggunakan Metode *MOS E-Model* (ITU-T G.107)” yang membahas mengenai performa VoIP menggunakan *FreePBX asterisk* dengan *codec G.711* yang dianalisis menggunakan *QoS* (*Quality of Service*) [3]. Sehingga menghasilkan hasil yang baik ketika tanpa menggunakan *limitasi* dan *limitasi minimum* pada 384kbps. Di dalam teknologi VoIP, kejelasan suara dipengaruhi oleh berbagai faktor termasuk *bandwidth*, *delay*, dan performa *server*. Oleh karena itu, diperlukan pertimbangan yang cermat terkait jumlah pengguna, kualitas jaringan, dan performa *server* untuk mencapai kualitas layanan *QoS* yang optimal [4]. Dalam penelitian sebelumnya kualitas komunikasi VoIP juga bergantung pada jenis *codec* yang digunakan selama berkomunikasi [5]. *Codec* berfungsi sebagai mekanisme untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital dan sebaliknya, memungkinkan pengiriman suara melalui jaringan komputer. Kecepatan proses *encoding-decoding* juga memainkan peran penting dalam menentukan kualitas suara VoIP. Dalam proses ini, *codec* berperan dalam mengoptimalkan penggunaan *bandwidth* untuk mentransfer data sinyal, serta memastikan bahwa suara yang diterima tetap jelas.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini antara lain;

A. *Voice Over Internet Protocol* (VoIP)

Voice over Internet Protocol (VoIP) adalah jaringan telepon yang terhubung melalui jaringan *internet* dengan *protocol TCP/IP* sehingga memungkinkan berkomunikasi suara melalui jaringan *internet* [6]. Proses VoIP dimulai dari sinyal suara yang diubah menjadi sinyal audio digital oleh perangkat keras, dan hasilnya berupa data. Data tersebut kemudian mengalami proses kompresi oleh *codec* audio untuk mengurangi ukurannya. Setelah itu, data hasil kompresi tersebut dikirimkan ke alamat *IP* yang dituju. Ketika data telah mencapai *IP* tujuan, dilakukan proses dekompresi untuk mengembalikan data ke bentuk audio aslinya. Selanjutnya, data didekode oleh perangkat keras untuk menghasilkan sinyal suara analog yang dapat didengarkan.

B. Session Initiation Protocol (SIP)

Session Initiation Protocol (SIP) merupakan protokol yang beroperasi pada layer aplikasi yang bertanggung jawab untuk mendefinisikan proses inisiasi, perubahan, dan terminasi sesi komunikasi multimedia [7]. SIP dapat memberikan control seperti *call initiation*, *call modification*, *call termination* dan *presence* sebuah sessions pada atau lebih partisipan, seperti *video conferences*, *internet telephone* dan *multimedia distribution*. Pada dasarnya SIP tidak menyediakan layanan secara langsung tapi menyediakan layanan yang digunakan oleh protokol aplikasi lainnya, yang bertujuan untuk memberikan layanan yang lebih lengkap bagi pengguna. Sehingga tidak membawa paket suara atau video tetapi memanfaatkan protokol yang ada di dalamnya untuk untuk media transfer. SIP memiliki komponen *UAC (User Agent Client)* yang fungsinya memulai sesi komunikasi dan *UAS (User Agent Server)* yang bertugas menerima dan melakukan *presence* dalam sesi komunikasi. Kedua komponen tersebut dapat menutup sesi komunikasi.

C. Debian

Debian merupakan sistem operasi yang tersusun dari paket-paket dan bersifat *open source* serta terbuka dengan lisensi mayoritas *GNU (General Public License)* dan lisensi lainnya. *Debian* memiliki kestabilan serta keamanan yang tinggi sehingga sering diandalkan dalam lingkungan produksi yang memerlukan keandalan tinggi, seperti dalam VoIP [8]. Selain itu *debian* memiliki siklus rilis yang cenderung lebih lambat sehingga akan mengurangi risiko masalah atau *bug* yang dapat mempengaruhi layanan *VoIP*.

D. QoS (Quality of Service)

Quality of Service (QoS) adalah pengukuran performa jaringan yang bertujuan untuk menentukan karakteristik dan sifat suatu layanan [9]. *QoS* memiliki empat parameter yaitu, *throughput*, *delay*, *jitter* serta *packet loss*. Dalam parameter tersebut terdapat kategori TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) yang dikeluarkan oleh badan standar ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) yang disebut standar.

E. Throughput

Throughput adalah jumlah total paket yang sukses yang berhasil tiba di tujuan selama interval waktu tertentu, yang kemudian dibagi oleh durasi interval waktu tersebut [10]. *Throughput* merupakan besaran *bandwidth* yang dialokasikan untuk *user*. Menurut standar TIPHON kategori *throughput* adalah sebagai berikut:

TABEL 1. 1
KATEGORI THROUGHPUT [11]

Kategori	Throughput	Indeks
Buruk	25%	0
Sedang	50%	2
Bagus	75%	3
Sangat Bagus	100%	4

Perhitungan *throughput* dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Paket data yang dikirim}}{\text{Waktu pengiriman data}} \quad (1)$$

F. Delay/Latency

Delay merupakan durasi waktu yang diperlukan oleh data dalam sebuah paket untuk melakukan perjalanan dari satu komputer ke komputer tujuan [12]. *Delay* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jarak, media fisik, kongesti dan waktu dalam proses yang lama. Dalam TIPHON *Delay* dikategorikan sebagai berikut:

TABEL 1. 2
KATEGORI DELAY [13]

Kategori	Delay	Indeks
Buruk	> 450 m/s	1
Sedang	300 - 450 m/s	2
Bagus	150 - 300 m/s	3
Sangat Bagus	<150 m/s	4

Perhitungan rata-rata *delay* dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$\text{Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total packet yang diterima}} \quad (2)$$

G. Jitter

Jitter merupakan variasi dari *delay* atau *latency* antar paket, yang muncul akibat perbedaan panjang antrian,

waktu pemrosesan data, dan juga saat melakukan *reassembling* paket-paket setelah perjalanan [14]. Semakin besar nilai jitter mengakibatkan turunya nilai *QoS*. Berikut adalah kategori *jitter* menurut TIPHON:

TABEL 1.3
KATEGORI JITTER [13]

Kategori	Jitter	Indeks
Buruk	> 225 m/s	1
Sedang	76 - 125 m/s	2
Bagus	1 - 75 m/s	3
Sangat Bagus	0 m/s	4

Perhitungan rata-rata *jitter* dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$Jitter = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total packet yang diterima}} \quad (3)$$

H. Packet Loss

Packet Loss merupakan transmisi paket IP yang gagal untuk mencapai tujuannya [10]. *Packet loss* terjadi akibat kebutuhan *bandwidth* yang lebih besar daripada *bandwidth* yang tersedia. *Packet loss* dan *desequencing* adalah masalah yang terkait dengan penggunaan *bandwidth*, namun lebih dipengaruhi oleh stabilitas jalur data di jaringan, efisiensi antrian, konfigurasi router, dan pengaturan kontrol kongesti pada jaringan [15]. Berikut adalah kategori *packet loss* menurut TIPHON:

TABEL 1.4
KATEGORI PACKET LOSS [13]

Kategori	Packet Loss	Indeks
Buruk	> 25%	1
Sedang	15 - 25%	2
Bagus	3 - 14%	3
Sangat Bagus	0 - 2%	4

Perhitungan rata-rata *packet loss* dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$PacketLoss = \frac{(\text{Paket data dikirim} - \text{paket data diterima})}{\text{Packet yang diterima}} \quad (4)$$

I. Mikrotik Router OS

MikroTik Router OS merupakan sistem operasi Linux yang digunakan sebagai *network router* [16]. Mikrotik memiliki banyak fitur yang dapat digunakan untuk membangun sebuah jaringan, baik mengkonfigurasi sebuah jaringan lokal, membangun sebuah sistem otentikasi, manajemen *bandwidth* dan lainnya.

J. Bandwidth

Bandwidth adalah besarnya penggunaan transfer data yang dihitung dalam satuan bit per detik (bps) [17]. *Bandwidth* digunakan dalam perhitungan transaksi data dari suatu aplikasi. Manajemen *bandwidth* merupakan sebuah pengaturan untuk mengatur penggunaan *bandwidth* yang seimbang sesuai dengan besar *bandwidth* masing-masing. Manajemen *bandwidth* dibutuhkan karena kurangnya kualitas jaringan yang tersedia.

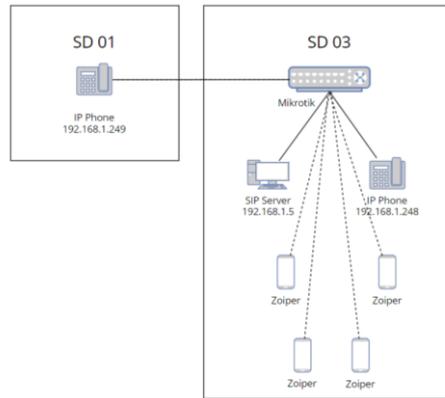
K. HTB (Hierarchical Token Bucket)

HTB merupakan metode yang bertugas mengelola alokasi *bandwidth* dengan menggunakan pendekatan hirarki [18]. Pengelolaan ini melibatkan pembagian *bandwidth* ke dalam kelas-kelas, sehingga memudahkan pengaturan alokasi *bandwidth* secara efisien. HTB memiliki tiga kelas yaitu port yang berada di paling atas sehingga semua trafik melewati kelas ini, *inner* adalah kelas yang memiliki *parent* dan *child*, dan *leaf* yang hanya memiliki *parent*. HTB memiliki fungsi yang dapat membantu dalam pengaturan *traffic*, seperti *priority* yang digunakan untuk memberikan tanda sebagai parameter penting atau tidaknya *traffic*. Pembagian prioritas ini cocok digunakan pada *VoIP*, karena *VoIP* merupakan komunikasi yang dilakukan secara *real time*.

Untuk mencapai tujuan yang sesuai keinginan, diperlukan beberapa langkah yang perlu dilakukan meliputi pengecekan kondisi lapangan, desain topologi jaringan, implementasi, pengujian, manajemen *bandwidth*, analisis *QoS* dan penarikan kesimpulan.

A. Arsitektur jaringan

Dalam implementasi sebuah jaringan *VoIP* diperlukan beberapa komponen seperti *Mikrotik*, *PC* atau laptop untuk *server*, *IP Phone*, dan perangkat tambahan seperti handphone yang akan dilakukan instalasi Zoiper. Topologi yang akan diterapkan dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 1. 1 Kebutuhan sistem jaringan VoIP

Topologi jaringan VoIP yang pada gambar diatas terdapat server dan IP Phone serta handphone yang telah diinstall aplikasi Zoiper yang terhubung dengan mikrotik menggunakan kabel UTP dan Wlan untuk perangkat handphone, sehingga ketiganya berada di satu alamat jaringan yang sama.

B. Kebutuhan sistem

Pembangunan sistem VoIP pada SD Negeri Sepakung dibangun dengan dua komponen utama, yaitu VoIP server dan client. Server yang digunakan adalah Debian 12 yang akan diinstall pada VirtualBox. Dalam server akan dilakukan instalasi asterisk sebagai IP PBX dan konfigurasi file SIP serta extension. VoIP dimulai dengan mendaftarkan ID client nomor dial masing masing client yang akan disimpan di database VoIP server. Nomor ini akan diolah oleh SIP, sehingga memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi menggunakan layanan VoIP. Adapun konfigurasi file SIP dan extension untuk setiap client adalah sebagai berikut:

TABEL 2. 1
 RINCIAN KONFIGURASI FILE SIP [19]

[general] Context = servervoip Port = 5060 bindaddr = 0.0.0.0 srvlookup = yes tos = 0x18	[1011] Type = friend Context = servervoip Username = 1011 Secret = 1011 Host = dynamic	[1014] Type = friend Context = servervoip Username = 1014 Secret = 1014 Host = dynamic	[1016] Type = friend Context = servervoip Username = 1016 Secret = 1016 Host = dynamic
[1012] Type = friend Context = servervoip Username = 1012 Secret = 1012 Host = dynamic	[1013] Type = friend Context = servervoip Username = 1013 Secret = 1013 Host = dynamic	[1015] Type = friend Context = servervoip Username = 1015 Secret = 1015 Host = dynamic	[1017] Type = friend Context = servervoip Username = 1017 Secret = 1017 Host = dynamic

Dalam tabel 2.1 ada dua konfigurasi file sip.conf, yaitu konfigurasi account umum dan account user. Dalam konfigurasi account umum akan menggunakan context umum yang dituliskan dengan [general] dan dengan context user "servervoip". Secara umum dalam konfigurasi account diberikan context user yang sama, dengan tujuan extensions yang berada di dalam satu context akan terisolasi terhadap ekstensi di context lainnya. Port yang digunakan untuk binding/mendengar adalah dengan 5060 dan dengan ip address 0.0.0.0 agar dapat mendengar semua IP address yang melakukan request. Selanjutnya adalah konfigurasi account user yang dimulai dengan menuliskan user/extension sebagai contoh penulisanya adalah [1011], dan dengan type account yaitu friend. Host yang digunakan adalah dynamic agar yang menjadi IP PBX dapat berubah-ubah.

TABEL 2. 2
 RINCIAN KONFIGURASI EXTENSION [19]

Komponen	Konfigurasi	
	Dial	Hangup
IP Phone 1	exten => 1011,1,Dial(SIP/1011,15)	exten => 1011,2,Hangup
IP Phone 2	exten => 1012,1,Dial(SIP/1012,15)	exten => 1012,2,Hangup
Phone 1	exten => 1013,1,Dial(SIP/1013,15)	exten => 1013,2,Hangup
Phone 2	exten => 1014,1,Dial(SIP/1014,15)	exten => 1014,2,Hangup
Phone 3	exten => 1015,1,Dial(SIP/1015,15)	exten => 1015,2,Hangup
Phone 4	exten => 1016,1,Dial(SIP/1016,15)	exten => 1016,2,Hangup
Phone 5	exten => 1017,1,Dial(SIP/1017,15)	exten => 1017,2,Hangup

Tabel diatas merupakan konfigurasi extensions.conf yang menjadi routing panggilan antar extension. Dalam

penulisannya dimulai dengan menuliskan *context* agar seluruh dial akan hanya berlaku dibawah *extension*-nya, dalam konfigurasi ini adalah menggunakan `[servervoip]`. Diikuti konfigurasi masing-masing komponen. Penulisnya adalah dengan *exten* => nama/nomor *extension*, *priority*, dan *application*, serta *time out*. Dalam *application* yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan *dial* dan *hangup*. *Dial* digunakan untuk men-dial nomor tujuan, sedangkan *hangup* digunakan untuk menutup saluran yang aktif.

Perangkat *client* yang akan digunakan ada dua jenis, yaitu menggunakan *hardware IP Phone* dan *software Zoiper*. Dalam *IP phone* akan dilakukan pendaftaran *IP* dan nomor dial sesuai data yang sudah dimasukkan dalam *asterisk* sebelumnya. Begitu juga untuk *client* yang menggunakan *Zoiper*. Adapun rincian *IP* dan nomor dial tiap-tiap *client* adalah sebagai berikut:

TABEL 2. 3
RINCIAN KOMPONEN SISTEM

Komponen	IP (/24)	No Dial
SIP Server	192.168.1.5	-
IP Phone 1	192.168.1.248	1011
IP Phone 2	192.168.1.249	1012
Phone 1	DHCP	1013
Phone 2	DHCP	1014
Phone 3	DHCP	1015
Phone 4	DHCP	1016
Phone 5	DHCP	1017

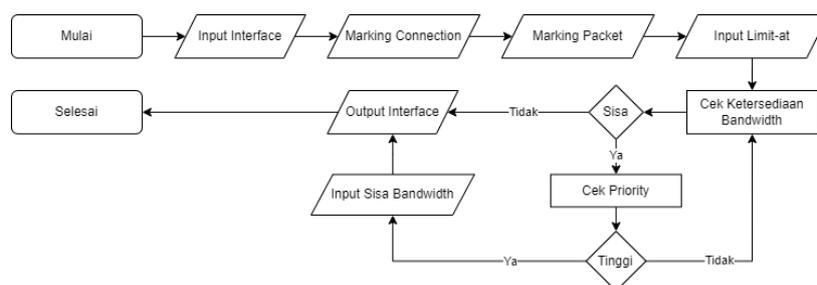
Dalam tabel diatas pemilihan *IP static* dalam perangkat *IP Phone* bertujuan untuk memudahkan dan membedakan dengan perangkat yang terhubung secara *wireless* dalam konfigurasi manajemen bandwidth yang akan diterapkan. Nomor dial merupakan nomor telah dikonfigurasi dan terdaftar di dalam *server* pada tabel 2.1.

C. Analisis QoS

Analisis QoS dilakukan dengan bantuan aplikasi *wireshark* untuk mengumpulkan data berdasarkan parameter QoS. *Wireshark* akan diinstal pada komputer pengamat. *Wireshark* akan mengambil data saat terjadi komunikasi antara *client* satu dan dua dengan waktu yang bervariasi. Data yang akan diambil adalah data *RTP* yang merupakan protokol yang dibuat untuk mengkompensasi *jitter* dan *desequencing* yang terjadi pada jaringan *IP*. Sebelumnya penganalisis akan dihubungkan dengan jaringan yang digunakan. Kemudian akan dilakukan pengambilan data *RTP* bersamaan dengan percobaan *dial* antara *client 1* dan *client 2*. Data-data tersebut akan diekstrak kedalam masing masing parameter QoS yang meliputi *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss* dan dimasukkan kedalam tabel yang kemudian akan dilakukan penyimpulan berdasarkan standar penilaian TIPHON.

D. Manajemen Bandwidth

Manajemen *bandwith* dilakukan dengan menggunakan metode *HTB* dengan teknik *priority* yang akan dilakukan pada routerboard mikrotik RB941-2nD (hAP Lite).



Gambar 1. 2 Flowchart manajemen bandwidth menggunakan metode HTB dengan fungsi *priority*

Ilustrasi diatas merupakan manajemen *bandwidth* yang akan diterapkan fungsi *priority*. Mekanisme dari *priority* adalah dengan memberikan tanda pada *client* yang lebih penting yang akan diberikan *bandwidth* lebih besar dari pada yang lainnya. *Priority* akan memberikan *bandwidth* tambahan berdasarkan parameter *Max Limit* dan *Limit-at*. Konfigurasi manajemen *bandwidth* akan dilakukan dalam mikrotik, dengan metode *HTB* dan fungsi *priority* yang memprioritaskan pada *client IP Phone*. Metode *HTB* memerlukan beberapa konfigurasi seperti membuat *parent*, dan *queue-types* dan menentukan limitasinya. Selanjutnya ada tahapan yang perlu dilakukan yaitu, pembuatan *firewall mangle* dengan menandai *Mark-Connection* dan *Mark-Packet* pada protokol *SIP* yang akan digunakan dalam komunikasi VoIP.

TABEL 2. 4
RINCIAN FIREWALL MANGLE

Port	Mark-Connection	Mark-Packet (connection mark)
Ether 2 (IP Phone 1)	192.168.1.248	Packet-Client1 Download/upload

Ether 3 (IP Phone 2)	192.168.1.249	Packet-Client2 Download/upload
Wlan	192.168.1.1/24	Packet-Wlan Download/upload

Dalam *mark-connection* akan menandai IP *client*, sedangkan *mark-packet* akan menangkap *connection* yang telah dibuat dalam *mark-connection*. Kemudian dilakukan pengklasifikasian jenis traffic *download* dan *upload*. Pengklasifikasian jenis trafik dilakukan untuk mendefinisikan setiap paket yang masuk pada router dan dapat diproses menjadi lebih spesifik.

TABEL 2. 5
 RINCIAN KONFIGURASI PARRENT

Client	Parrent	Max Limit
Parent Upload	Ether 1 (<i>internet</i>)	6M
Parent Download	Bridge-lan	6M

Dalam tabel diatas terdapat parent upload yang mengarah keluar pada *interface ether* 1 yang terkoneksi internet. Sedangkan *parent download* mengarah dalam jaringan lokal, dan dalam kondisi ini mengarah pada *bridge lan*. *Parent* ini digunakan sebagai induk dari *child* setiap pada setiap *ether*. Dalam kelas *parent* ini tidak memiliki *packet mark* karena *parent* tidak memerlukan penangkapan *traffic*.

TABEL 2. 6
 RINCIAN KONFIGURASI CHILD PADA TRAFFIC DOWNLOAD

Client	Parrent	Packet Mark	Limit-At	Max-At
Queue client 1	Parent Download	Packet-Client1 Download	512k	2M
Queue client 2	Parent Download	Packet-Client2 Download	512k	2M
vQueue wlan	Parent Download	Packet-Wlan Download	512k	2M

Tabel diatas merupakan konfigurasi kelas *child* dalam *traffic download* yang berfungsi untuk penangkapan *traffic download*. Kelas ini merupakan anak dari kelas *parent* sebagai induknya. *Child* akan melakukan penangkapan atau *packet mark* terhadap *traffic* berdasarkan induknya. Pembagian *limitasi bandwidth* yang dilakukan dalam *traffic download* ini adalah *bandwidth* yang digunakan untuk melakukan panggilan VoIP.

TABEL 2. 7
 RINCIAN KONFIGURASI CHILD PADA TRAFFIC UPLOAD

Client	Parrent	Packet Mark	Limit-At	Max-At
Queue client 1	Parent Upload	Packet-Client1 Upload	512k	2M
Queue client 2	Parent Upload	Packet-Client2 Upload	512k	2M
Queue wlan	Parent Upload	Packet-Wlan Upload	512k	2M

Dalam tabel diatas merupakan konfigurasi untuk kelas *child* dalam *traffic upload*. Sama seperti *traffic download*, *traffic upload* berfungsi untuk melakukan penangkapan terhadap *traffic upload*. Dalam *child* ini akan melakukan penangkapan atau *packet mark* terhadap *traffic* berdasarkan induknya yaitu *upload*. Pemilihan *bandwidth* yang berbeda dalam *client* juga bertujuan untuk meningkatkan kualitas yang ada pada *client* yang terhubung dengan WLAN jika *client* berada pada jarak yang jauh. Sehingga kualitas yang dihasilkan VoIP yang dibangun dapat maksimal.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi pada penelitian ini dilakukan di SD Negeri Sepakung. Penelitian ini memiliki beberapa tahapan diantaranya instalasi sistem, pengujian sistem, analisis serta pembahasan. Instalasi sistem memiliki beberapa tahapan, mulai dari instalasi *server SIP* pada Debian 12, instalasi *routerboard mikrotik RB941-2nD (hAP Lite)*, instalasi perangkat *client* berupa *IP Phone* dan *Zoiper*, penerapan manajemen *bandwidth* pada *routerboard mikrotik RB941-2nD (hAP Lite)* dengan metode *HTB* dengan fungsi *priority*. Tahapan pengujian sistem dilakukan untuk menguji sistem yang telah dilakukan instalasi sebelumnya. Hasil dari pengujian ini akan diambil data dan akan dilakukan analisis *QoS* berdasarkan parameter yang sudah ditentukan.

Data-data tersebut akan diambil melalui *capture* dengan aplikasi *wireshark*, yang kemudian akan diolah dengan melakukan perhitungan. Hasil perhitungan tersebut akan dibandingkan dengan parameter yang diambil berdasarkan standar *TIPHON* dan dilakukan penarikan kesimpulan.

A. Instalasi Sistem

Debian 12 yang digunakan sebagai server akan dilakukan penginstalan aplikasi asterisk. Dalam asterisk terdapat beberapa tahap konfigurasi yang harus dilakukan. Konfigurasi pertama adalah konfigurasi file *sip.conf* yang terdapat pada *directory /etc/apt/asterisk*. Dalam file ini memerlukan konfigurasi *account* umum dan *account user*.

```
root@ip-phone:~# cat sip.conf
[general]
context = server
port = 5060
bindaddr = 0.0.0.0
svrlookup = yes
tos = 0x10

[1011]
context = server
type = friend
host = dynamic
username = 1011
secret = 1011

[1012]
context = server
type = friend
host = dynamic
username = 1012
secret = 1012
```

Gambar 3. 1 Konfigurasi file sip.conf

Konfigurasi diatas merupakan nomor yang akan digunakan oleh *client* baik *IP Phone* maupun *Zoiper*. Setelah selesai, simpan dan masuk dalam file *extensions.conf*. File ini akan dilakukan routing untuk jalur panggilan antar *extension*.

```
root@ip-phone:~# cat extensions.conf
[server]
exten => 1011,1,Dial(SIP/1011, 15)
exten => 1011,2,Hangup
exten => 1012,1,Dial(SIP/1012, 15)
exten => 1012,2,Hangup
exten => 1013,1,Dial(SIP/1013, 15)
exten => 1013,2,Hangup
exten => 1014,1,Dial(SIP/1014, 15)
exten => 1014,2,Hangup
exten => 1015,1,Dial(SIP/1015, 15)
exten => 1015,2,Hangup
exten => 1016,1,Dial(SIP/1016, 15)
exten => 1016,2,Hangup
exten => 1017,1,Dial(SIP/1017, 15)
exten => 1017,2,Hangup
```

Gambar 3. 2 Konfigurasi file extensions.conf

Dalam *application* yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan *dial* dan *hangup*. *Dial* digunakan untuk men-*dial* nomor tujuan, sedangkan *hangup* digunakan untuk menutup saluran yang aktif. Dalam *dial* terdapat *time out* 15 detik yang berfungsi untuk menutup panggilan jika nomor *dial* tujuan tidak merespon apapun.

B. Instalasi Perangkat Client

Perangkat *client* yang digunakan adalah *IP Phone* dan *Zoiper*. *IP Phone* digunakan sebagai perangkat utama yang akan diletakkan pada kantor guru, baik dari SD 03 maupun SD 01. *IP Phone* akan dioperasikan oleh guru yang sedang piket/tidak mengajar. *Zoiper* akan diinstall dalam handphone masing-masing guru yang memungkinkan untuk dilakukan penginstalan. Kedua perangkat tersebut akan dihubungkan dalam jaringan yang sama agar dapat melakukan panggilan. *IP Phone* akan dihubungkan ke *routerboard mikrotik RB941-2nD (hAP Lite)* dengan menggunakan kabel UTP (LAN) dan *Zoiper* akan dihubungkan dengan Wlan melalui masing-masing handphone. Namun penggunaan Wlan akan lebih rentan terhadap *cyber crime*, tetapi dalam kondisi ini akan membutuhkan perangkat tambahan yang memerlukan Wlan, untuk itu kedepanya perlu dilakukan pengamanan terhadap VoIP yang dibangun seperti dalam penelitian [20].

1) Konfigurasi IP Phone

IP Phone yang digunakan adalah Yealink SIP-T19 E2. Untuk mengkonfigurasi *IP Phone* ini memerlukan beberapa tahap. Pertama *IP Phone* perlu dihubungkan dengan *routerboard mikrotik* dengan menggunakan kabel UTP. Pastikan *IP Phone* mendapatkan IP yang akan otomatis tersambung. Setelah itu perlu membuat akun SIP, akun SIP ini mengacu pada konfigurasi file *sip.conf* pada *server*. Konfigurasi akun dapat diakses dengan masuk dalam menu *setting* dan *advance setting*. Setelah proses konfigurasi selesai, akun SIP ini akan secara otomatis menjadi terdaftar atau *registered*.

2) Konfigurasi Zoiper

Dalam konfigurasi pada aplikasi *Zoiper* dapat dilakukan dengan cara membuat akun dengan memasukkan *username/IP server* dan diikuti port 5060 agar dapat terhubung ke *server* dan digunakan untuk binding yang telah dikonfigurasi pada file *sip.conf* sebelumnya serta *password* yang sesuai dengan konfigurasi pada server. Setelah itu terdapat beberapa opsi atau tanda yang menunjukkan sebuah akun sudah terhubung (*connect*) dengan server. Dalam kasus ini terdapat SIP UDP yang berstatus *Found*, dimana UDP adalah protokol yang mengangkut SIP. UDP membuat, memodifikasi, dan mengakhiri sesi dengan satu atau lebih peserta.

C. Konfigurasi Manajemen Bandwidth HTB (Hierarchical Token Bucket) dengan Fungsi Priority pada Routerboard mikrotik RB941-2nD (hAP Lite)

Konfigurasi manajemen *bandwidth* dengan metode HTB memerlukan beberapa tahap, mulai dari konfigurasi *IP firewall mangle* dan konfigurasi HTB pada antrian jenis *queue tree*. Konfigurasi ini dilakukan dalam *Routerboard mikrotik RB941-2nD (hAP Lite)*.

1) Konfigurasi IP firewall mangle

Konfigurasi *firewall mangle* akan digunakan untuk melakukan *marking* atau penandaan pada suatu paket data. Penandaan dilakukan untuk memberi aturan atau *rule*, yaitu pada *mark-connection* dan *mark-packet*. *Mark-connection* akan menandai IP *client* yang ditentukan sedangkan *mark-packet* digunakan untuk menangkap *connection* tersebut. Dalam penantian ini akan dilakukan pengklasifikasian jenis *traffic download* dan *upload*.

Pengklasifikasian jenis trafik dilakukan bertujuan untuk mendefinisikan setiap paket yang masuk pada router dan dapat diproses menjadi lebih spesifik.

a. *Mark-connection*

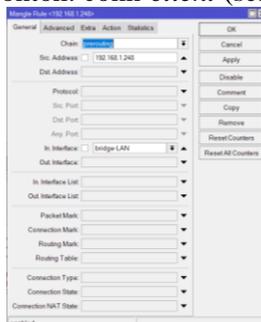
Dalam *mark-connection* terdapat beberapa pengaturan yang perlu ditambahkan:

Chain : *prerouting*

Src.Address : IP *client* pada masing-masing *ether*

Action : *mark connection*

New Packet Mark : nama *connection*, contoh: *conn-client* (sesuai *client*)-*ether* (sesuai *client*)



Gambar 3. 3 Pengaturan *mangle rule* untuk *mark-connection* pada tab general

Pengaturan *mark-connection* ini dilakukan untuk melakukan penandaan pada IP *client* berdasarkan *input interfacenya* yang telah ditentukan dalam tabel 3.4. *prerouting* dalam konfigurasi ini merupakan aturan yang digunakan untuk mengenali dan mengelola paket sebelum melewati proses *routing*.



Gambar 3. 4 Pengaturan *mangle rule* untuk *mark-connection* pada tab action

Action yang diterapkan dari pengaturan ini adalah *mark connection* yang berfungsi untuk menandai IP *client* yang sudah diisi sebelumnya. Untuk memudahkan dalam konfigurasi *mark-connection* ini diberi nama sesuai dengan *client* yang dituju yang dituliskan dalam *textbox new connection mark*.

b. *Mark-packet upload*

Mark-packet upload memiliki pengaturan sebagai berikut:

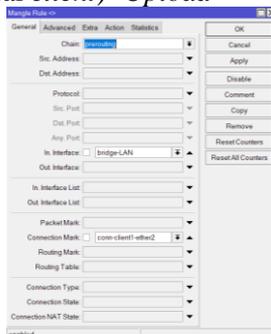
Chain : *prerouting*

In.Interface: *bride-lan* (*interfaces* yang dituju)

Connection Mark : *mark-connection* (*connection* yang akan ditangkap)

Action : *mark packet*

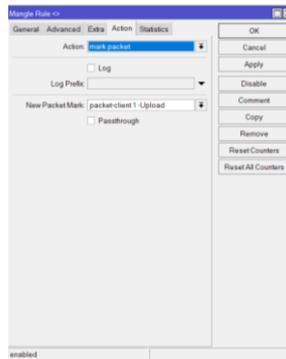
New Packet Mark : *packet-client* (sesuai *client*) -*Upload*



Gambar 3. 5 Pengaturan *mangle rule* untuk *mark-packet upload* pada tab general

Sama seperti sebelumnya *prerouting* dalam konfigurasi ini merupakan aturan yang digunakan untuk mengenali dan mengelola paket sebelum melewati proses *routing* pada *in interface bride lan*. Kemudian

dilakukan penangkapan *connection* yang telah dikonfigurasi pada *mark-connection* sebelumnya pada masing-masing *client*.



Gambar 3. 6 Pengaturan *mangle rule* untuk *mark-packet upload* pada tab *action*

Action yang digunakan dalam konfigurasi ini adalah *mark packet* yang berfungsi untuk menangkap *connection* pada masing-masing *client*.

- c. *Mark-packet download* memiliki pengaturan sedikit berbeda dengan *upload*, yaitu sebagai berikut:

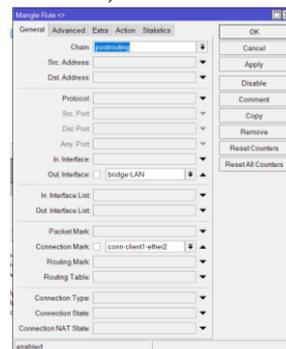
Chain : *postrouting*

Out.Interface : *bride-lan* (*interfaces* yang dituju)

Connection Mark : *mark-connection* (*connection* yang akan ditangkap)

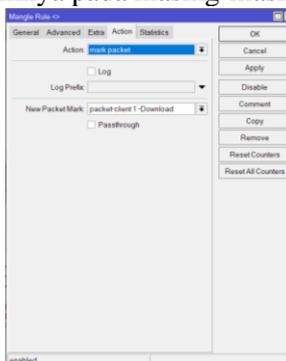
Action : *mark packet*

New Packet Mark : *packet-client* (*sesuai client*) -*Download*



Gambar 3. 7 Pengaturan *mangle rule* untuk *mark-packet download* pada tab *general*

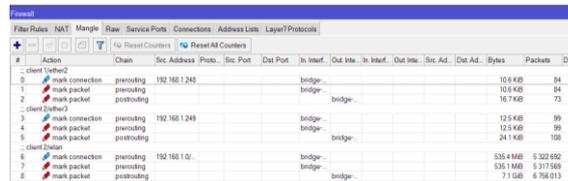
Postrouting dalam konfigurasi ini merupakan aturan yang digunakan untuk mengenali dan mengelola paket setelah melewati proses *routing* pada *out interface bridge lan*. Kemudian sama seperti konfigurasi *mark packet upload* dalam *mark packet download* juga akan dilakukan penangkapan *connection* yang telah dikonfigurasi pada *mark-connection* sebelumnya pada masing-masing *client*.



Gambar 3. 8 Pengaturan *mangle rule* untuk *mark-packet download* pada tab *action*

Action yang digunakan dalam konfigurasi ini juga sama dengan *mark packet upload* dimana menerapkan *mark packet* yang berfungsi untuk menangkap *connection* pada masing-masing *client*.

Keseluruhan konfigurasi *IP firewall mangle* diatas dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



#	Action	Chain	Src. Address	Proto.	Src. Port	Out. Port	In. Interf.	Out. Interf.	Out. Rate	Src. Ad.	Out. Ad.	Bytes	Packets	Out.
0	mark connection	pre-routing	192.168.1.249				bridge-					10.6 KB	84	
1	mark packet	pre-routing					bridge-					10.6 KB	84	
2	mark packet	pre-routing					bridge-					16.7 KB	73	
3	mark connection	pre-routing	192.168.1.249				bridge-					12.5 KB	99	
4	mark packet	pre-routing					bridge-					12.5 KB	99	
5	mark packet	pre-routing					bridge-					24.1 KB	100	
6	mark connection	pre-routing	192.168.1.0/				bridge-					535.4 MB	5,327,952	
7	mark packet	pre-routing					bridge-					535.1 MB	5,317,569	
8	mark packet	pre-routing					bridge-					7.1 GB	6,756,013	

Gambar 3. 9 List konfigurasi IP firewall mangle

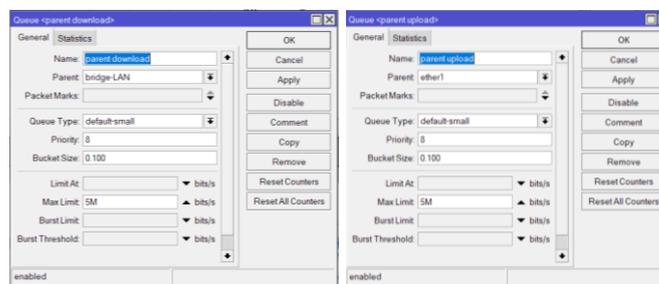
Dalam gambar diatas menunjukan list keseluruhan konfigurasi *mark connection* dan *mark packet* dilakukan masing *client*. Konfigurasi ini mengacu pada rincian yang telah ditentukan pada tabel 3.4 dan tabel 3.5.

2) Konfigurasi HTB pada antrian jenis *queue tree*

Dalam metode HTB terdapat kelas *parent* dan *child*, *parent* digunakan sebagai induk dari *child* setiap pada setiap *ether*. *Parent* terdiri dari dua *traffic* yaitu *upload* dan *download*.

a. *Parent*

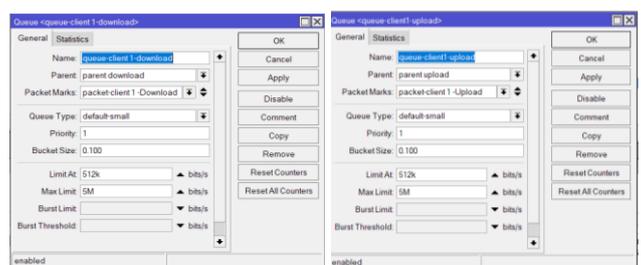
Dalam konfigurasi *parent* terdapat *traffic upload* dan *download*. *Parent download* akan diarahkan pada *interface bridge-lan*, sedangkan pada *parent upload* diarahkan pada *interface ether 1* atau mengarah pada sumber internet. *Max limit* yang diterapkan merupakan maksimal *bandwidth* yang bisa didapatkan oleh *child*.



Gambar 3. 10 Konfigurasi *parent upload* dan *download* pada antrian *queue tree*

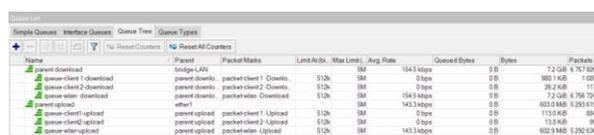
b. *Child*

Child akan diatur dengan *parent* berdasarkan *traffic* dan dengan *packet mark* sesuai dengan *firewall mangle* masing-masing *client* yang telah dikonfigurasi. Pemilihan *priority* yang tinggi bertujuan untuk memberikan prioritas dalam mendapatkan *bandwidth* agar *client* mendapatkan *bandwidth* yang maksimal atau bisa memaksakan *bandwidth* agar mencapai *max limitnya*. Dalam konfigurasi ini *packet marks* adalah untuk menandai *mark packet* yang telah dikonfigurasi dalam *firewall mangle* sebelumnya pada masing-masing *client*.



Gambar 3. 11 Konfigurasi *child upload* dan *download* pada antrian *queue tree*

Keseluruhan konfigurasi *parent* dan *child* pada masing masing *traffic* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Name	Parent	Packet Marks	Limit At/Bk	Max Limit	Avg. Rate	Owned Bytes	Bytes	Packets
parent download	bridge-LAN		512k	5M	104.5 Mbps	0B	7.2 GB	6,757,926
parent upload	ether1		512k	5M	9 Mbps	0B	362.1 KB	1,025
child client 1 download	parent download	packet-client 1 Download	512k	5M	0 Mbps	0B	26.2 KB	117
child client 2 download	parent download	packet-client 2 Download	512k	5M	0 Mbps	0B	132.0 KB	6,758,704
child client 1 upload	parent upload	packet-client 1 Upload	512k	5M	143.3 Mbps	0B	603.0 MB	5,203,619
child client 2 upload	parent upload	packet-client 2 Upload	512k	5M	0 Mbps	0B	113.0 KB	904
queue wlan-download	parent download	packet-wlan-Download	512k	5M	0 Mbps	0B	13.0 KB	89
queue wlan-upload	parent upload	packet-wlan-Upload	512k	5M	143.3 Mbps	0B	602.9 MB	5,202,636

Gambar 3. 12 List konfigurasi HTB pada antrian jenis *queue tree*

Dalam gambar diatas terlihat *child* yang telah menjadi bagian dalam induk atau *parent* sesuai masing- masing *traffic* yang telah dikonfigurasi.

D. Pengujian Sistem

Setelah instalasi selesai tahapan selanjutnya adalah dengan pengujian sistem. Pengujian meliputi pengujian terhadap sistem yang telah dilakukan instalasi sebelumnya. Pengujian dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu pengujian *server* dan *client*, pengujian manajemen *bandwidth*.

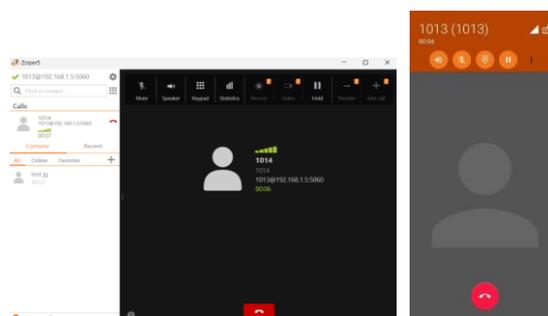
1) Pengujian Sistem Server SIP dan Client

Pengujian *server* SIP dan *Client* dilakukan dengan melakukan panggilan antar client. Panggilan pada masing-masing perangkat *client*, yaitu *IP Phone* ke *IP Phone*, Zoiper ke Zoiper dan *IP Phone* ke Zoiper untuk mengetahui apakah ke dua perangkat tersebut dapat terhubung. Pengujian pertama yaitu panggilan *IP Phone* ke *IP Phone* yang dilakukan panggilan dari nomor dial 1011 menuju 1012. Pada *IP Phone 1* melakukan panggilan dengan cara menekan tombol yang ada pada *IP Phone* dengan menuliskan nomor 1012 (nomor *dial* tujuan). Pada *IP Phone 2* akan menerima panggilan yang masuk.



Gambar 3. 13 Tampilan panggilan *client* pemanggil (1011) dan penerima (1012) pada *IP Phone*

Pengujian kedua dilakukan dalam aplikasi Zoiper yang kurang lebih sama dengan pengujian sebelumnya. Percobaan akan dilakukan panggilan dari *client* 1 dengan nomor *dial* 1013 menuju *client* 2 dengan nomor *dial* 1014. Pada tampilan Zoiper terdapat tombol nomor yang dapat digunakan untuk menulis angka, dalam percobaan ini menuliskan 1014 (nomor *dial* tujuan) kemudian lakukan panggilan. Setelah panggilan masuk *client* 2 (1014) akan menerima panggilan.



Gambar 3. 14 Tampilan panggilan *client* pemanggil (1013) pada Zoiper pada perangkat laptop/PC dan penerima (1014) pada Zoiper pada perangkat *handphone*

Selanjutnya percobaan dari perangkat Zoiper menuju *IP Phone* yang dilakukan dari nomor *dial* 1014 (Zoiper) menuju 1011 (*IP Phone*). Panggilan dimulai dari menuliskan nomor tujuan, dalam percobaan ini dituliskan pada aplikasi Zoiper.



Gambar 3. 15 Tampilan panggilan *client* pemanggil (1013) pada Zoiper pada perangkat *handphone* dan penerima (1012) pada *IP Phone*

Dalam kedua gambar diatas menunjukkan bahwa perangkat Zoiper dapat terhubung dengan perangkat *IP Phone*.

2) Pengujian Manajemen *Bandwidth* dengan Menggunakan HTB pada *Routerboard Mikrotik RB941-2nD (hAP Lite)*

Pengujian manajemen *bandwidth* dilakukan dengan bantuan website speedtest.net. Alokasi *bandwidth* akan diubah menjadi 512k untuk memastikan bahwa *bandwidth* yang diberikan sesuai. Dari percobaan pertama dihasilkan *traffic upload* sebesar 0.30Mbps dan *download* sebesar 0.47Mbps. Dari hasil ini membuktikan bahwa manajemen *bandwidth* telah berhasil diterapkan. Setelah memastikan berhasil kemudian pengujian dilakukan dengan *bandwidth* sesuai rincian pada tabel 3.6 dan 3.7 yang dilakukan secara bertahap pada setiap *port*, yaitu *ether 2*, 3 dan *wlan*. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah.

TABEL 3. 1
 HASIL PENGUJIAN ALOKASI BANDWIDTH

Alokasi Bandwidth	Hasil Pengujian Alokasi Bandwidth
Ether 2 (IP Phone 1)	Ether 2 (IP Phone 1)
- Download dan Upload	- Download: 1.92M
- Limit-at 512k, Max Limit 2M	- Upload: 1.93M
Ether 3 (IP Phone 2)	Ether 3 (IP Phone 2)
- Download dan Upload	- Download: 1.92M
- Limit-at 512k, Max Limit 2M	- Upload: 1.92M
Wlan	Wlan
- Download dan Upload	- Download: 1.94M
- Limit-at 512k, Max Limit 2M	- Upload: 2.84M

Dari hasil pengujian, didapatkan *bandwidth* yang sesuai dengan yang dialokasikan pada *routerboard mikrotik*. Dalam *ether 2* menunjukkan bahwa nilai *bandwidth* yang dihasilkan lebih dari 512k yaitu pada nilai 1.92 Mbps pada *traffic download* dan 19.3 pada *traffic upload*. *Ether 3* juga menunjukkan menunjukkan bahwa nilai *bandwidth* yang dihasilkan lebih dari 512k yaitu pada nilai 1.92 Mbps pada *traffic download* dan *traffic uploadnya*. Begitu juga dengan *wlan* yang memiliki hasil melebihi limitnya yaitu bersda pada angka 1.94 Mbps pada *traffic download* dan 2.84 Mbps pada *traffic upload*. Ketiga hasil yang didapat juga merupakan pengaruh dari fungsi *priority* yang diterapkan sehingga *port* atau IP yang mendapatkan prioritas tinggi akan mendapatkan *bandwidth* yang lebih mendekati *max limitnya*.

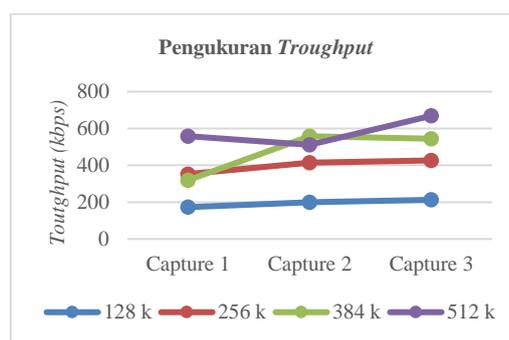
E. Analisis QOS (Quality of Service)

Dasar skenario yang digunakan dalam analisis QOS ini adalah *client* melakukan dial terhadap *client* lain dengan nomor yang telah terkonfigurasi pada server. Setiap komunikasi yang dilakukan oleh *client* akan diamati secara *real time* melalui aplikasi *wireshark*. Data yang akan diambil dalam penelitian adalah data RTP yang merupakan protokol yang dibuat untuk mengkompensasi *jitter* dan *desequencing* yang terjadi pada jaringan IP. *Display filter* dapat dituliskan dengan “*ip.dst==ip yang ingin diamati and rtp*”, sehingga *wireshark* akan mengambil data-data berdasarkan protokol RTP. Pengambilan data akan dilakukan tiga kali dalam berbagai *bandwidth* untuk mengetahui terjadinya masalah yang mungkin muncul. Skema yang dilakukan dalam pengujian parameter QOS pada VoIP dengan protokol SIP adalah, *client 1* (nomor *dial*: 1013) melakukan panggilan terhadap *client 2* (nomor *dial*: 1014). Selama panggilan berlangsung PC pengamat akan melakukan *capture* terhadap panggilan tersebut selama kurang lebih 30 detik dan dilakukan selama tiga kali pengambilan data pada berbagai bandwidth yaitu 128k, 256k, 384k dan 512k. Hal ini bertujuan untuk mengetahui masalah yang mungkin muncul pada *bandwidth* tertentu.

Dari hasil pengambilan data menggunakan *wireshark*, diperoleh hasil penilaian berdasarkan parameter QOS sebagai berikut

1) Throughput

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan selama tiga kali dihasilkan *throughput* memiliki rata-rata sebagai berikut



Gambar 3. 16 Grafik pengukuran throughput

Dari grafik diatas *throughput* yang dihasilkan pada *bandwidth* 128 kbps memiliki nilai rata rata 195,221 kbps. Rata-rata yang dihasilkan pada *bandwidth* 256 kbps adalah 397,857 kbps, 384 kbps adalah 474,066 kbps dan 512 kbps sebesar 579,732 kbps.

TABEL 3. 2 RATA-RATA THROUGHPUT

Alokasi Bandwidth	Rata-rata (kbps)	Presentase
128 k	195,221	100 %
256 k	397,857	100 %
384 k	474,066	100 %
512 k	579,732	100 %

Berdasarkan perolehan diatas, perolehan rata-rata *throughput* masuk dalam kategori sangat bagus karena mendapat nilai 100% pada masing-masing alokasi *bandwidth* yang diberikan. Hal ini juga merupakan pengaruh dari manajemen *bandwidth* dengan fungsi *priority* yang diberikan.

2) *Packet Loss*

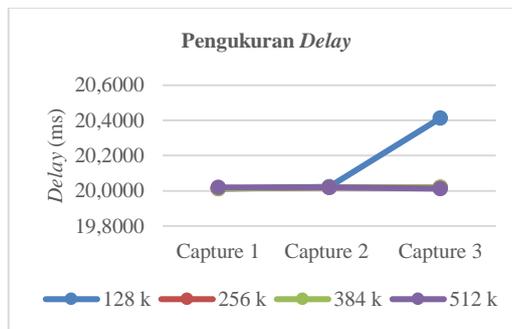
TABEL 3. 3
 PENGUKURAN PACKET LOSS

Bandwidth	Capture 1	Capture 2	Capture 3
128 k	0%	0,0651%	0,0648%
256 k	0%	0%	0%
384 k	0%	0%	0%
512 k	0%	0%	0%

Hasil pengamatan *packet loss* ditemukan pada *bandwidth* 128k yang muncul hanya sebesar 0,0651% dan 0,0648%. Namun nilai ini masih masuk dalam kategori sangat bagus dimana nilai yang didapat masih kurang dari 2%. Berdasarkan hasil penilaian diatas disimpulkan bahwa paket yang hilang dalam panggilan yang dilakukan tidak besar atau tergolong sangat bagus, karena pengaruh metode antrian yang efisien yang telah diterapkan sebelumnya.

3) *Delay*

Hasil pengamatan panggilan *delay* yang dihasilkan sebagai berikut.

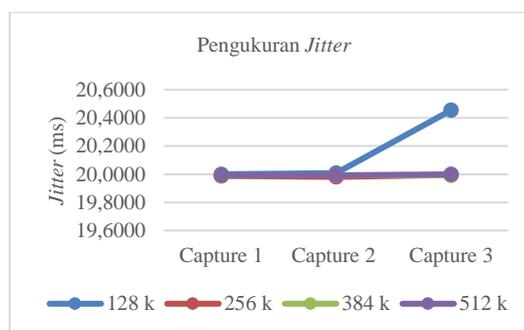


Gambar 3. 17 Grafik pengukuran delay

Hal ini dapat dilihat pada grafik yang menunjukkan rata-rata *delay* pada masing-masing *bandwidth* rendah. Pada *bandwidth* 128 kbps mendapatkan rata-rata sebesar 20,149743 ms, pada 256 kbps mendapatkan 20,016778 ms, pada 384 kbps mendapatkan 20,016912 ms dan pada 512 kbps mendapatkan 20,016924 ms. Perbedaan nilai yang didapat tidak terlalu jauh sehingga tidak terlalu mempengaruhi kualitas dan kenyamanan saat melakukan panggilan. Hanya pada *bandwidth* 128 kbps terdapat sedikit *delay* yang ditemukan dibandingkan *bandwidth* lainnya. Secara keseluruhan kualitas suara yang dihasilkan tidak mengganggu komunikasi yang berlangsung sehingga *delay* masuk dalam kategori sangat bagus.

4) *Jitter*

Pengukuran *jitter* merupakan hasil dari variasi *delay*. Dari pengamatan yang dilakukan, *jitter* yang didapat sebagai berikut.



Gambar 3. 18 Grafik pengukuran jitter

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa jitter pada bandwidth 128 kbps, mengalami peningkatan yang tidak berbeda jauh. Pada *bandwidth* 256 kbps, 384 kbps dan 512 kbps mendapatkan rata-rata 19,987674 kbps, 19,991544 kbps, 19,994671 kbps secara berturut-turut. Sedangkan pada 128 kbps mendapatkan rata-rata *jitter*

20,153998 kbps. Secara keseluruhan *jitter* yang dihasilkan tidak mempengaruhi kualitas suara yang terdengar. Perbedaan waktu yang dihasilkan suara asli dan suara yang terdengar sangat kecil sehingga tidak berpengaruh.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan implementasi *Voice over Internet Protocol (VoIP)* dengan *Session Initiation Protocol (SIP)* berbasis Debian 12 dapat meningkatkan efektifitas dalam komunikasi antar guru atau karyawan pada SD Negeri Sepakung. Melalui VoIP yang dibangun guru dan karyawan dapat melakukan komunikasi tanpa harus bertatap muka yang sebelumnya harus berkomunikasi dengan tatap muka. Kinerja dari VoIP sendiri juga termasuk dalam kategori bagus, dengan bantuan manajemen *bandwidth* menggunakan metode *HTB (Hierarchical Token Bucket)* dengan fungsi *priority*. Manajemen *bandwidth* yang diterapkan dapat melakukan pembatasan *bandwidth* dengan baik pada masing-masing *client*. Fungsi *priority* yang diterapkan juga membantu *client*, karena *client* akan diberikan prioritas utama untuk memperoleh *bandwidth* sesuai kebutuhan *client* dan memaksimalkan *bandwidth* yang diterima berdasarkan *max limitnya*.

Berdasarkan perhitungan dan analisis QOS pada VoIP yang diterapkan manajemen *bandwidth* dengan metode HTB, mendapatkan rata-rata *delay* dan *packet loss* yang sangat bagus. Pada percobaan panggilan yang dilakukan tidak terdeteksi mengalami kehilangan data atau *packet loss*. Mulai dari panggilan yang dilakukan pada alokasi *bandwidth* 256 kbps, 384 kbps dan 512 kbps. Namun pada alokasi *bandwidth* 128 kbps yang memiliki hanya 0,0433 rata-rata paket yang hilang yaitu pada *capture 2* sebesar 0,0651% dan *capture 3* sebesar 0,0648%. Dalam hal ini panggilan yang berlangsung terdapat sedikit suara yang terputus yang menyebabkan sedikit gangguan. *Delay* yang didapat juga memperoleh hasil yang sangat baik, dari empat nilai rata-rata *delay* semua masuk dalam kategori sangat bagus, sehingga tidak mempengaruhi kualitas dan kenyamanan pengguna. Hanya saja pada *bandwidth* 128 kbps dan 256 kbps terdapat suara yang sedikit *delay*. Tetapi hanya terdapat sedikit perbedaan *delay* jika dibandingkan dengan *bandwidth* 384 kbps dan 512 kbps. *Throughput* yang didapatkan dari analisis ini mendapatkan hasil yang sangat baik. Dari keempat alokasi *bandwidth* masuk dalam kategori sangat bagus. *Throughput* yang baik ini dipengaruhi adanya manajemen *bandwidth* yang diterapkan pada penelitian ini. Selain itu *jitter* yang diperoleh dari pengamatan masuk dalam kategori bagus. Mulai dari panggilan 128 kbps rata-rata *jitter* yang didapat sebesar 20,153998 ms, 19,987674 ms pada 256 kbps, 19,991544 ms pada 384 kbps, dan 19,99467 ms pada 512 kbps. Dari keempat nilai tersebut masuk dalam kategori bagus menurut TIPHON yang berada pada nilai 1 sampai 75 ms. *Jitter* yang didapat pada 128 kbps cukup terlihat perbedaannya jika dibandingkan dengan *bandwidth* 256 kbps, 384 kbps dan 512 kbps. Ketidak seimbangan waktu yang terjadi pada pengiriman paket menyebabkan suara sedikit bergema dan sedikit putus-putus. Selain itu *jitter* yang dihasilkan juga berpengaruh pada *packet loss* yang hilang. Terlihat pada *packet loss* yang terdapat pada *bandwidth* 128 kbps terdapat 0,0651% *packet loss* pada percobaan kedua dan 0,0648% *packet loss* pada percobaan ketiga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. A. Soelistianto, M. Dwi Atmadja, M. Junus, J. T. Elektro, and P. N. Malang, "Kajian Unjuk Kerja Aplikasi Komputer Mini Sebagai Server VoIP," Pros. SENTIA 2016, vol. Volume 8, pp. 1–7, 2016, [Online]. Available: <http://www.elastix.com/>
- [2] A. Heriyanto, L. Syafaah, and A. Faruq, "Analisis Quality of Services Jaringan VoIP pada VPN menggunakan InterAsteriks Exchange dan Session Initiation Protocol," Techno.Com, vol. 19, no. 1, pp. 1–11, 2020, doi: 10.33633/tc.v19i1.2753.
- [3] A. R. Sadiq, "Analisis Kinerja Voip Open Source Freepbx Asterisk Menggunakan Metode Mos E-Model (ITU-T G. 107)," 2017, [Online]. Available: [http://repository.unmuhjember.ac.id/id/eprint/5800Ahttp://repository.unmuhjember.ac.id/5801/Artikel PDF.pdf](http://repository.unmuhjember.ac.id/id/eprint/5800Ahttp://repository.unmuhjember.ac.id/5801/Artikel%20PDF.pdf)
- [4] E. Najwaini and A. Ashari, "Analisis Kinerja Voip Server pada Wireless Access Point," IJCCS (Indonesian J. Comput. Cybern. Syst., vol. 9, no. 1, p. 89, 2015, doi: 10.22146/ijccs.6643.
- [5] A. Wisnu, W. Nugraha, I. Setiawan, and D. Setiawan, "Pada Jaringan Lokal Unsoed".
- [6] S. Hendra Putra and O. Krianto Sulaiman, "Perancangan Jaringan Komunikasi Voip (Voice Over Internet Protocol) Menggunakan Trixbox Pada Universitas Islam Sumatera Utara," CESS (Journal Comput. Eng. Syst. Sci., vol. 4, no. 2, pp. 2502–714, 2019.
- [7] M. Risnandar, A. H. Hendrawan, and B. A. Prakosha, "IMPLEMENTASI VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VOIP) BERBASIS SESSION INITIATION PROTOCOL (SIP) BERBANTUAN BRIKER VERSI 1.4 UNTUK PENGUKURAN QUALITY OF SERVICES PADA JARINGAN KOMPUTER DI FAKULTAS TEKNIK UIKA BOGOR," no. November, pp. 1–8, 2016.
- [8] M. Aprianto, "DESAIN DAN IMPLEMENTASI INTRUSION DETECTION SYSTEM MENGGUNAKAN DEBIAN 7 DAN SNORT," vol. 3, no. 3, pp. 1–20, 2023.
- [9] I. Melyana and T. Indriyani, "Analisa Quality Of Service Dan Implementasi Voice Over Internet Protocol Dengan Menggunakan IPSEC VPN," INTEGER J. Inf. Technol., vol. 1, no. 2, pp. 53–66, 2017, doi: 10.31284/j.integer.2016.v1i2.65.
- [10] A. Budiman, M. F. Duskarnaen, and H. Ajie, "ANALISIS QUALITY OF SERVICE (QOS) PADA JARINGAN INTERNET SMK NEGERI 7 JAKARTA".
- [11] A. Guntara, H. Hanafi, and M. Muhammad, "Analisis Throughput Jaringan LAN Ad Hoc pada Ruang Indoor Menggunakan Standar Tiphon," J. Litek J. List. Telekomun. Elektron., vol. 16, no. 1, p. 13, 2019, doi: 10.30811/litek.v16i1.1465.
- [12] P. R. Utami, "ANALISIS PERBANDINGAN QUALITY OF SERVICE JARINGAN INTERNET BERBASIS WIRELESS PADA LAYANAN INTERNET SERVICE PROVIDER (ISP) INDIHOME DAN FIRST MEDIA," pp. 125–137.
- [13] etsi.org, "Tr 101 329 V2.1.1," vol. 1, pp. 1–37, 1999, [Online]. Available: https://www.etsi.org/de-liver/etsi_tr/101300_101399/101329/02.01.01_60/tr_101329v020101p.pdf
- [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, 2016, doi: 10.28932/jutisi.v2i2.454.

- [15] D. F. Jaya Patih, “Analisa Perancangan Server Voip (Voice Internet Protocol) Dengan Opensource Asterisk Dan Vpn (Virtual Private Network) Sebagai Pengaman Jaringan Antar Client,” J. Inform. dan Tek. Elektro Terap., vol. 1, no. 1, pp. 42–48, 2012, doi: 10.23960/jitet.v1i1.23.
- [16] F. Arwani, W. A. Priyono, M. Sc, S. Kusmaryanto, and M. Eng, “SISTEM MANAJEMEN BANDWIDTH PADA JARINGAN KOMUNIKASI VOICE OVER INTERNET (VoIP) DENGAN METODE LOAD BALANCING JURNAL SKRIPSI Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik Disusun oleh: FAHAD ARWANI MALANG SISTEM MANAJEMEN BANDWIDTH,” 2015.
- [17] R. H. Syahputra, “Perbandingan Manajemen Bandwidth Dengan Metode Hfsc, Prioq Dan Cbq Pada Pfsense,” J. Manaj. Inform., vol. 11, no. 1, pp. 41–49, 2020.
- [18] A. I. Wijaya et al., “MANAJEMEN BANDWIDTH DENGAN METODE HTB (HIERARCHICAL TOKEN BUCKET) PADA SEKOLAH MENENGAH PERTAMA NEGERI 5 SEMARANG,” pp. 5–7.
- [19] asterisk, “The Asterisk Dialplan.” <https://docs.asterisk.org/Configuration/Dialplan/> (accessed Dec. 15, 2023).
- [20] Sutarti, Siswanto, and A. Subandi, “Implementasi Dan Analisis QoS (Quality of Service) Pada VoIP (Voice Over Internet Protocol) Berbasis Linux,” J. PROSISKO, vol. 5, no. 2, pp. 92–101, 2018.