

## ANALISIS QOS PADA JARINGAN VOIP MENGGUNAKAN FREE PBX

Fathur Ramadhan<sup>1</sup>, Ambros Magnus Rudolf Mekeng<sup>2</sup>, Syahid Abdullah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Informatika, Universitas Siber Asia

Jln. Harsono RM No.1 Ragunan, Ps. Minggu, Jakarta Selatan

<sup>1</sup>[2024.fathurramadhan@student.unsia.ac.id](mailto:2024.fathurramadhan@student.unsia.ac.id), <sup>2</sup>[ambrosmekeng@lecrurer.unsia.ac.id](mailto:ambrosmekeng@lecrurer.unsia.ac.id), <sup>3</sup>[syahidabdullah@lecturer.unsia.ac.id](mailto:syahidabdullah@lecturer.unsia.ac.id)

### Abstract

*Technological advances, especially in the field of electronics and communications, have had a significant impact on everyday life. Communication needs are increasingly important, supported by devices and applications that facilitate interaction. Voice over Internet Protocol (VoIP) emerged as a technology that allows the transmission of voice, video, and data over the Internet Protocol (IP) network. VoIP stands out for its cost efficiency, ease of use, integration with other applications, and a variety of features including email, video conferencing, and chat. The continuous evolution of VoIP provides a richer communication experience with the addition of new features. The flexibility of VoIP enables mobility and easy access to communication services. Service Quality (QoS) is an important aspect in maintaining the quality of VoIP services, with parameters such as throughput, packet loss, delay, and jitter. QoS monitoring is done in real-time to evaluate network performance with category indicators for each parameter. FreePBX, as a GUI-based open source platform, provides efficient control of the Asterisk (PBX) in VoIP environments. Features such as extensions and conferencing enable efficient call organization. This research involves literature review, requirements analysis, network architecture design, implementation using FreePBX, and testing using Zoiper applications. Trials show differences in functionality and bandwidth requirements on FreePBX features such as extensions, conferencing, chat, and video calls. Network and QoS conditions need to be closely monitored to ensure optimal VoIP service quality. The results of this research can be a guide for developers and network administrators to improve and maintain VoIP systems.*

**Keywords :** VoIP, QoS, FreePBX

### Abstrak

Kemajuan teknologi, terutama dalam bidang elektronika dan komunikasi, telah membawa dampak signifikan dalam kehidupan sehari-hari. *Voice over Internet Protocol (VoIP)* muncul sebagai teknologi yang memungkinkan pengiriman suara, video, dan data melalui jaringan *Internet Protocol (IP)*. VoIP menonjol dengan efisiensi biaya, kemudahan penggunaan, integrasi dengan aplikasi lain, dan beragam fitur termasuk *email*, *video conference*, dan *chat*. Berbeda dengan sosial media lain yang membawa identitas pribadi, tetapi VoIP membawa identitas perusahaan yang bebas digunakan secara gratis. Evolusi terus-menerus dalam VoIP memberikan pengalaman komunikasi yang lebih kaya dengan penambahan fitur-fitur baru. Fleksibilitas VoIP memungkinkan mobilitas dan akses yang mudah terhadap layanan komunikasi. *Quality of Service (QoS)* menjadi aspek kritis dalam menjaga kualitas layanan VoIP, dengan parameter seperti *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Monitoring QoS dilakukan secara real-time untuk mengevaluasi performa jaringan dengan indikator kategori untuk setiap parameter. *FreePBX*, sebagai platform open source berbasis GUI, menyediakan kontrol yang efisien terhadap *Asterisk (PBX)* dalam lingkungan VoIP. Fitur-fitur seperti *extension* dan *conference* memungkinkan pengaturan panggilan yang efisien. Penelitian ini melibatkan studi literatur, analisis kebutuhan, desain arsitektur jaringan, implementasi menggunakan *FreePBX*, dan uji coba menggunakan aplikasi *Zoiper*. Uji coba menunjukkan perbedaan fungsionalitas dan kebutuhan *bandwidth* pada fitur-fitur *FreePBX* seperti *extension*, *conference*, *chat*, dan *videocall*. Kondisi jaringan dan QoS perlu dimonitor secara cermat untuk memastikan kualitas layanan VoIP yang optimal. Hasil penelitian ini dapat menjadi panduan bagi pengembang dan administrator jaringan dalam meningkatkan dan memelihara sistem VoIP.

**Kata kunci :** VoIP, QoS, FreePBX

## 1. PENDAHULUAN

Berisi Seiring dengan kemajuan teknologi yang terus berjalan, perkembangan teknologi hamper sepenuhnya meliputi aspek kehidupan sehari-hari. Menurut B.J. Habiebie (1983:14) terdapat delapan aspek transformasi yang menjadi fokus utama dalam pengembangan teknologi. Dari delapan aspek transformasi yang disebutkan salah satunya terdapat aspek tentang elektronika dan komunikasi[1].

Komunikasi menjadi kebutuhan yang sangat penting di kehidupan sehari-hari. Dengan kemunculan berbagai perangkat yang mendukung untuk melakukan komunikasi[2]. Peningkatan kebutuhan telekomunikasi dan perkembangan konvergensi internet menunjukkan ketergantungan pada ketersediaan *bandwidth* yang luas. Aplikasi yang digunakan memerlukan jaringan dan usur di dalamnya untuk memberikan dukungan penuh terhadap keamanan data dan peningkatan performa jaringan. Belum lagi biaya yang harus dikeluarkan untuk menggunakan aplikasi tersebut[3].

*Voice over Internet Protocol* (VoIP) merupakan teknologi yang memungkinkan pengiriman panggilan suara, video, dan data melalui jaringan *Internet Protocol* (IP). Dengan teknologi ini, pengguna dapat melakukan panggilan melalui internet dengan mengonversi sinyal suara analog menjadi format digital dan mengirimkannya melalui jaringan *Internet Protocol* (IP). VoIP memungkinkan komunikasi dengan biaya yang lebih ekonomis dibandingkan dengan menggunakan sistem telepon konvensional. VoIP mudah digunakan walau oleh orang awam sekalipun. Mudah untuk diintegrasikan dengan aplikasi lain dan fitur yang tersedia cukup banyak seperti *email*, *video conference*, dan *chat*[4].

Perkembangan VoIP terus mengalami beberapa tren yang signifikan. Namun perkembangan ini dapat terus berubah seiring waktu. Penelitian ini dilakukan untuk membuat dan menguji seberapa kecil dan seberapa banyak biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan VoIP tersebut[4].

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah suatu rangkaian proses ilmiah yang bertujuan untuk mengumpulkan data yang akan digunakan dalam penelitian. Selain itu, metodologi juga mencakup

analisis teoritis terkait dengan suatu cara atau metode tertentu.

### 2.1. Tahap Penelitian

Dalam penelitian ini, diperlukan beberapa tahap dari penelitian untuk mencapai tujuan yang diinginkan :

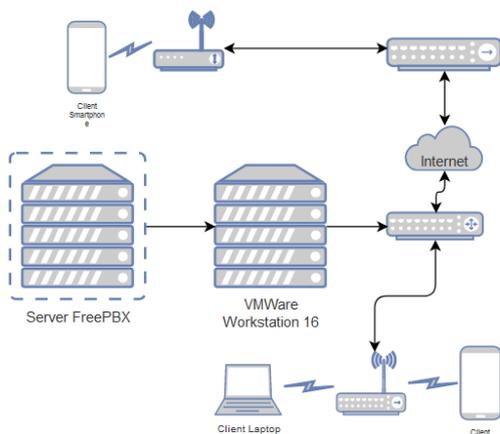


Gambar 2. Tahap Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan merangkum hasil penelitian terdahulu dalam studi literatur. Kemudian, dilakukan evaluasi kebutuhan yang diperlukan untuk melaksanakan implementasi, termasuk peralatan, pembuatan video, panduan, dan faktor-faktor lainnya. Setelah kebutuhan dievaluasi dengan baik, proses desain arsitektur jaringan dimulai, diikuti dengan tahap implementasi. Apabila implementasi berhasil, langkah selanjutnya adalah penyusunan laporan. Namun, jika implementasi tidak berhasil, maka akan kembali ke tahap analisis kebutuhan untuk mengevaluasi kekurangan yang mungkin ada.

### 2.2. Desain Arsitektur Jaringan

Bentuk desain arsitektur yang akan digunakan untuk penelitian sebagai berikut :

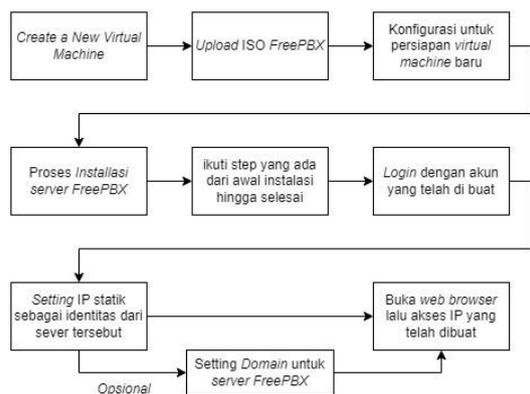


Gambar 3. Topologi Jaringan

Penelitian Penelitian ini memanfaatkan server virtual yang beroperasi di atas *platform cloud computing*. Server tersebut dapat dijangkau melalui jaringan lokal dan jaringan interlokal. Dalam struktur jaringan lokal penelitian ini, smartphone dan laptop digunakan sebagai *client*. Sedangkan dalam jaringan interlokal, hanya smartphone yang berfungsi sebagai *client*.

### 2.3. Implementasi

Implementasi ini dilakukan dengan menggunakan OS dari *FreePBX* yang berjalan di atas *VMware Workstation 16*. Dan pengujian yang dilakukan menggunakan aplikasi *Zoiper*. Instalasi server *FreePBX* dengan *VMWare Workstation 16* sebagai berikut :

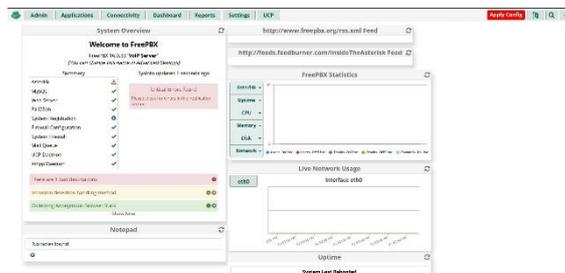


Gambar 4. Blok Diagram Server FreePBX

Setelah dilakukan *instalasi* server lalu dilanjutkan dengan pembuatan halaman yang akan digunakan oleh *administrator*. Langkah selanjutnya dilakukan sebagai berikut :

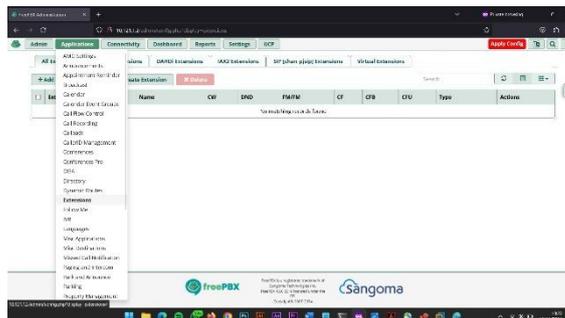


Gambar 5. Blok Diagram GUI Server FreePBX



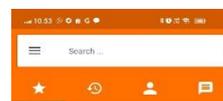
Gambar 6. Tampilan Web Administrator FreePBX

*Web administrator* digunakan sebagai media untuk *manage* server VoIP. Salah satunya untuk membuat akun baru, membuat *broadcast*, membuat *conference* dan lain lain. Terdapat beberapa menu yang disediakan oleh *FreePBX*.



Gambar 7. Tampilan Menu FreePBX

Dari sisi *client* dapat mengunduh aplikasi *Zoiper* melalui *platform google.com / googleplaystore (Android)*.



Gambar 8. Tampilan Menu Zoiper

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian yang sudah dilakukan, terdapat beberapa hasil dari kondisi yang ditentukan. Pengujian ini dilakukan dengan 2 *smartphone* dan 1 laptop yang terhubung dengan server VoIP dengan bantuan aplikasi *Zoiper* yang di *install* pada perangkat *client*.

#### 3.1 Fitur *FreePBX*

*FreePBX* menyediakan banyak fitur dan menu yang dapat kita gunakan untuk keperluan VoIP. Terdapat beberapa menu dan fitur yang memang *free* dan ada juga yang berbayar, Tetapi keseluruhan menu yang disediakan *free*. Beberapa aplikasi yang sering digunakan untuk melakukan komunikasi salah satunya ada menu :

##### a. *Extension*

Menu ini digunakan untuk membuat ID yang akan digunakan di perangkat yang akan digunakan. Kita dapat bebas membuat ext dengan beberapa tipe yang kita inginkan.



Gambar 9. Tipe Extension

##### b. *Conference*

Digunakan sebagai *server* utama yang digunakan untuk melakukan *conference*. Cara kerjanya seperti *google meet*, *zoom*, *cisco webex*, dan lain lain. Perbedaannya untuk ID yang digunakan bisa sesuai kemauan kita.

Beberapa perbedaan dan persamaan dari kedua fitur tersebut :

TABEL I. PERBEDAAN MENU CONVERENCE DAN EXTENSION

<i>Extension</i>	<i>Conference</i>
Dapat digunakan untuk melakukan panggilan 1 arah dan lebih. Tetapi tidak bisa lebih dari 6 panggilan yang dilakukan secara bersamaan	Panggilan yang dapat dilakukan tidak hanya 1 arah tetapi bisa lebih dari 6 panggilan yang dapat dilakukan dengan bersamaan
Menu <i>Chat</i> digunakan untuk komunikasi satu arah seperti SMS.	Dapat melakukan <i>chat</i> langsung dengan beberapa pengguna. Sebagai

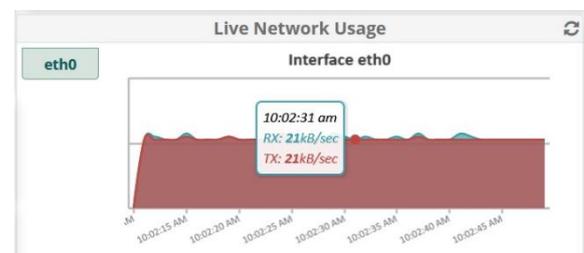
	contoh seperti <i>group chat</i> .
Untuk melakukan panggilan harus memasukan satu persatu nomor Ekstensi yang ingin di panggil. Diawali dengan memanggil satu ekstensi lalu dilanjutkan dengan menekan menu <i>add call</i> untuk menambahkan peserta dalam panggilan tersebut	Untuk melakukan panggilan cukup memasukan nomor ID dari <i>conference</i> tersebut di setiap <i>client</i> yang ingin bergabung
<i>Videocall</i> tidak lebih dari 6 pengguna secara bersamaan	<i>Videocall</i> bisa lebih dari 6 pengguna secara bersamaan

#### 3.2 QoS pada jaringan

*FreePBX* memiliki menu *dashboard* yang dapat menampilkan beberapa kondisi yang dialami oleh server VoIP tersebut. Pengujian ini memiliki perbedaan yang sangat signifikan dari beberapa kondisi yang dilakukan seperti *chat*, *videocall*, dan *voicecall*. Dalam sistem monitoring yang disediakan oleh *FreePBX* memiliki kekurangan karena hanya dapat menampilkan kondisi TX (*Download*) dan RX (*Upload*) yang terjadi *Real Time*. Disarankan untuk menggunakan aplikasi lain seperti *wireshark* dan sebagainya agar dapat lebih *detail* melakukan pemantauan yang ingin di uji. Beberapa kondisi yang dilakukan seperti :

##### a. *Voicecall*

Kondisi yang dipantau pertama yaitu *voicecall* dengan 2 *client*



Gambar 10. Network Usage Voicecall

Gambar 10 menunjukkan bagaimana *traffic* berjalan ketika *client* melakukan *voicecall*.

TABEL II. PERBEDAAN TRAFFIC VOICECALL

Waktu	Bandwidth	Keterangan
10:02:10	RX : 0kB/sec TX : 0kB/sec	Mulai melakukan panggilan

10:02:15	RX : 21kB/sec TX : 21kB/sec	Mulai melakukan aktivitas <i>voicecall</i>
10:02:30		
10:02:35	RX : 22kB/sec TX : 21kB/sec	Terpantau RX sesekali naik
10:02:45		

Dengan keadaan tersebut maka dapat dihasilkan setiap dua *client* dapat memakan *bandwidth* sebanyak 21 *kB/sec* selama melakukan *voicecall*. Jika untuk enam *client* maka membutuhkan 63 *kB/sec*. Terpantau sedikit stabil untuk *upload* dan *download* walau terjadi sedikit perubahan dari *Upload*.

Dengan bantuan aplikasi tambahan seperti *wireshark* tercatat :

Gambar 11. Hasil Pemantauan Voicecall Wireshark

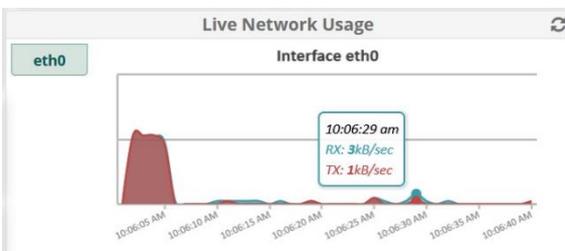
Gambar 11 merupakan hasil dari pemantauan *voicecall* pada jaringan *VoIP* menggunakan *wireshark*. Dapat disimpulkan sebagai berikut :

TABEL III. QOS VOICECALL

Kategori	Value	Keterangan
Throughput	136	Sangat Bagus
Packet Loss	0,0082	Sangat Bagus
Delay	-128	Sangat Bagus
Jitter	-265	Sangat Bagus

b. Chat

Kondisi kedua yaitu *chat* dengan 2 *client*



Gambar 12. Network Usage Chat

Gambar 12 menunjukkan pemantauan yang dilakukan selama kurang dari 1 menit dalam kondisi *chat*. Setiap 5 detik sistem mencatat beberapa perbedaan

TABEL IV. PERBEDAAN TRAFFIC CHAT

Waktu	Bandwidth	Keterangan
10:06:10	RX : 1kB/sec TX : 1kB/sec	Dalam kondisi ini peneliti membuka menu <i>chat</i> pada <i>client</i>
10:06:20	RX : 0kB/sec TX : 1kB/sec	Mulai melakukan aktivitas
10:06:25	RX : 2kB/sec TX : 2kB/sec	Kondisi ini mulai dilakukan pengetikan pesan singkat dan pencarian kontak
10:06:30	RX : 3kB/sec TX : 1kB/sec	Pesan terkirim sudah terlihat terpantau yang paling tinggi
10:06:35	RX : 0kB/sec TX : 0kB/sec	Setelah melakukan pengiriman pesan <i>traffic</i> mulai kembali turun
10:06:40		

Untuk kondisi saat dilakukan *chat*, *bandwidth* yang diperlukan sebesar 3 *kB/sec* untuk keperluan dua *client* yang melakukan aktifitas. Sedikit mengalami penurunan yang cukup tinggi saat mendapatkan *notifikasi*. Dengan menggunakan *wireshark* hasilnya seperti :

Gambar 13. Hasil Pemantauan Chat Wireshark

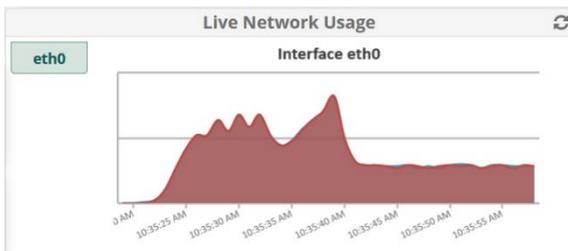
Gambar 13 merupakan hasil dari pemantauan *chat* pada jaringan *VoIP* menggunakan *wireshark*. Dapat disimpulkan sebagai berikut :

TABEL V. QOS CHAT

Kategori	Value	Keterangan
Throughput	198	Sangat Bagus
Packet Loss	0,014	Sangat Bagus
Delay	6,73	Sangat Bagus
Jitter	-0,23	Sangat Bagus

c. Videocall

Kondisi ketiga, yaitu dengan melakukan *videocall* menggunakan dua *client*



Gambar 14. Network Usage Videocall

Gambar 14 menunjukkan perbedaan *traffic* dari kondisi sebelumnya yang terjadi pada kondisi *voicecall* dan *chat*.

TABEL VI. PERBEDAAN TRAFFIC VIDEOCALL

Waktu	Bandwidth	Keterangan
10:35:20	RX : 0kB/sec TX : 0kB/sec	Mulai melakukan panggilan video
10:35:25 - 10:35:34	RX : 25kB/sec TX : 25kB/sec	Traffic mengalami tiga kali kondisi naik turun ketika melakukan <i>videocall</i> di awal.
10:35:35	RX : 19kB/sec TX : 19kB/sec	Traffic mengalami penurunan yang drastic sebelum mengalami kenaikan.
10:35:36 - 10:35:40	RX : 29kB/sec TX : 29kB/sec	Mulai mengalami kenaikan <i>traffic</i> yang cukup tinggi sebelum terjadi kestabilan

Dalam kondisi *videocall* lebih memakan *bandwidth* dan sering terjadi perubahan yang kurang stabil di awal. Dari pemantauan membutuhkan sekitar 30 kB/sec agar aman dari kondisi yang terjadi secara tiba-tiba. Dengan menggunakan *wireshark* hasilnya menjadi :

950 12.580043	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=14440 ACh=2135 Win=64128 Len=1300 [TCP seqm...
951 12.580043	23.38.195.152	18.121.35.47	TLSv1.3	5421 Application Data
952 12.580071	18.121.35.47	23.38.195.152	TCP	54 52566 → 443 [ACK] Seq=2135 ACh=17195 Win=282144 Len=0 [TCP seqm...
953 12.595467	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=17195 ACh=2135 Win=64128 Len=1300 [TCP seqm...
954 12.595467	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=18975 ACh=2135 Win=64128 Len=1300 [TCP seqm...
955 12.595467	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=19955 ACh=2135 Win=64128 Len=1300 [TCP seqm...
956 12.595467	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=20715 ACh=2135 Win=64128 Len=1300 [TCP seqm...
957 12.595467	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=20895 ACh=2135 Win=64128 Len=1300 [TCP seqm...
958 12.595467	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=20475 ACh=2135 Win=64128 Len=1300 [TCP seqm...
959 12.595467	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=20815 ACh=2135 Win=64128 Len=1300 [TCP seqm...
960 12.595467	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=19955 ACh=36392 Win=282144 Len=0 [TCP seqm...
961 12.595467	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=18895 ACh=2135 Win=64128 Len=1300 [TCP seqm...
962 12.595467	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=20615 ACh=2135 Win=64128 Len=1300 [TCP seqm...
963 12.595524	18.121.35.47	23.38.195.152	TCP	54 52566 → 443 [ACK] Seq=2135 ACh=36392 Win=282144 Len=0 [TCP seqm...
964 12.595649	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=18895 ACh=2135 Win=64128 Len=1300 [TCP seqm...
965 12.595649	23.38.195.152	18.121.35.47	TLSv1.3	1230 Application Data
966 12.595649	23.38.195.152	18.121.35.47	TLSv1.3	85 Application Data
967 12.595649	18.121.35.47	23.38.195.152	TCP	54 52566 → 443 [ACK] Seq=2135 ACh=36392 Win=282144 Len=0 [TCP seqm...
968 12.597964	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=13832 ACh=2135 Win=64128 Len=1300 [TCP seqm...
969 12.597964	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=17062 ACh=2135 Win=64128 Len=1300 [TCP seqm...
970 12.597978	18.121.35.47	23.38.195.152	TCP	54 52566 → 443 [ACK] Seq=2135 ACh=36392 Win=282144 Len=0 [TCP seqm...
971 12.598018	23.38.195.152	18.121.35.47	TLSv1.3	1421 Application Data
972 12.599395	23.38.195.152	18.121.35.47	TCP	5434.443 → 52566 [ACK] Seq=37759 ACh=2135 Win=64128 Len=1300 [TCP seqm...

Gambar 15. Hasil Pemantauan Videocall Wireshark

Gambar 15 merupakan hasil dari pemantauan *videocall* pada jaringan *VoIP* menggunakan *wireshark*. Dapat disimpulkan sebagai berikut :

Tabel VII. QoS Video

Kategori	Value	Keterangan
Throughput	7488	Sangat Bagus

Packet Loss	0,0392	Sangat Bagus
Delay	65,91	Sangat Bagus
Jitter	2,28	Sangat Bagus

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan simulasi jaringan *VoIP* menggunakan *Free PBX* dengan dua *smartphone* dan satu laptop didapatkan *QoS* untuk *voicecall* *delay* : -128, *packet loss* : 0.0082, *jitter* : -256, *throughput* : 136. Untuk *chat* *delay* : 6.73, *packet loss* : 0.014, *jitter* : -0.23, *throughput* : 198. Untuk *videocall* *delay* : 65.91, *packet loss* : 0.0392, *jitter* : 2.28, *throughput* : 7488. Hasil *QoS* ini menunjukkan indikasi kualitas jaringan yang sangat baik.

Saran untuk penelitian selanjutnya dilakukan uji coba dengan jumlah *user* yang lebih dari dua *smartphone* dan satu laptop.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti berterima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan pandangan, saran, dan waktunya selama proses penelitian dan penulisan jurnal ini. Kontribusi berharga dari para ahli dan rekan yang telah memberikan dimensi baru pada penelitian ini.

#### Daftar Pustaka:

- [1] Saiful Akbar.2021."Dampak dan Perubahan Perkembangan Teknologi". <https://manajemen.uma.ac.id/2021/10/dampak-dan-perubahan-perkembangan-teknologi/>.Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Medan Area
- [2] Hanindar Muthia, Irwansyah.2021."Pemanfaatan Teknologi Voice Internet Protocol (VoIP) Dalam Online Mobile Games". <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/common>.Jurnal Common
- [3] Ramadhan Eko, Ahmad Firdausi, Setiyo Budiyanto.2017."Desain dan Analysis QoS VoIP using Routing Border Gateway Protocol (BGP)". <https://ieeexplore.ieee.org>.IEEE
- [4] Rizky Hassan Putra Sailallah, Meilina Eka A.2023."Simak Pengertian Teknologi VoIP Beserta Sejarah". <https://it.telkomuniversity.ac.id/>.IT Telkom University
- [5] Muntahanah, Rozali Toyib, Islan Wardiman.2020."Implementasi Voice Over Internet Protocol (VoIP) Berbasis Linux

- (Studi Kasus SMK Negeri 03 Bengkulu)".[www.ejournal.unib.ac.id/index.php/pseudocode](http://www.ejournal.unib.ac.id/index.php/pseudocode).Universitas Bengkulu.
- [6] 365 Microsoft Team.2023."Revolutionizing business communications: A comprehensive guide to VoIP technology".[www.microsoft.com](http://www.microsoft.com). Microsoft 365
- [7] Hasbi Muhamad, Naldo Rafli Saputra.2021."Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Kantor Pusat King Bukopin dengan Menggunakan Wireshark".<https://jurnal.umj.ac.id>.Universitas Muhammadiyah Jakarta
- [8] Rahman Abdoe Sadiq.2017."Analisis Kinerja VoIP Open Source FreePBX Asterisk Menggunakan Metode Mos E-Model (ITU-T G.107)".<http://repository.unmuhjember.ac.id>.Universitas Muhammadiyah Jember
- [9] Dhika Harry, Syafitri Ayuning Tyas.2020."Quality of Service (QoS) Untuk Meningkatkan Skema Dalam Jaringan Optik".<https://media.neliti.com>.JIMP-Jurnal Merdeka Pasuruan.
- [10] Tantoni Ahmad, Mohammad Taufan Asri Zaen, Wire Bagye.2020."Simulasi Pemilihan Hardware Jaringan Komputer Berdasarkan Penyesuaian Skalabilitas Jaringan (Studi Kasus : STMIK Lombok)".<http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/misi>.Jurnal Manajemen Informatika & Sistem Informasi (MISI).
- [11] Fadli Sofiansyah, Ahmad Susan Pardiyansyah."Sistem Informasi Sekolah Dalam Penerapan Smart School Untuk Meningkatkan Pelayanan Sekolah".<http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/misi>.Jurnal Manajemen Informatika & Sistem Informasi (MISI)
- [12] Dwiyan Galih Prakoso, Periyadi, Henry Rossi Andrian.2007."Implementasi Keamanan Mail Server Zimbra Menggunakan SPAMASSASIN dan Whitelist Pada Linux CentOS 7".<https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/>.Telkom University.
- [13] Arwani Fahad, Wahyu Adi Priyono, Sigit Kusmaryanto.2015."Sistem Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Komunikasi Voice over Internet Protocol (VoIP) Dengan Metode Load Balancing".<https://www.neliti.com/id/publications/111085/sistem-manajemen-bandwidth-pada-jaringan-komunikasi-voice-over-internet-protocol>.Jurnal Makasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- [14] Ardhi M Permana, Hendra Supendar, Sulistianto.2020."Analisa Kinerja Load Balancing Terhadap Jaringan Local Area Network Berbasis Cisco Router".<https://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/infortech/article/view/9212>.Jurnal Infortech
- [15] Desy Marinda Ria, Arief Budiman.2021."Perancangan Sistem Informasi Tata Kelola Teknologi Informasi Perpustakaan".<https://jim.teknokrat.ac.id/index.php/informatika/article/view/733>.Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak.
- [16] Permana Willy Putra, A. Sumarudin, Kurnia Adi Chyanto.2023."Penerapan Quality of Service (QoS) pada Fiber to the Home (FTTH) di Graha Sudirman Indramayu.
- [17] Fabrizza Reza Lesmana, Jeffri Alfa Razaq.2023."Sistem Penelitian dan Pengabdian Masyarakat dengan Integrasi Data Akademik Menggunakan Rest API".<http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/misi>.Jurnal Manajemen Informatika & Sistem Informasi (MISI).
- [18] Wijonarko Dwi, Betta Wahyu Retna Mulya.2020."Implementasi Framework IONIC dan Google Maps dalam Aplikasi Sistem Informasi Geografis".<http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/misi>.Jurnal Manajemen Informatika & Sistem Informasi (MISI).
- [19] Gamaliel Fritz, P. Yudi Dwi Arliyanto.2023."Perancangan Manajemen Jaringan Komputer Berbasis Mikrotikdengan Menggunakan Top Down Network Design".<http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire>.
- [20] Ardiansyah Vian Sapturo, Raden Rara Kartika Kusuma Winahyu.2023."Pengaruh Penggunaan Channel Bonding Terhadap Interferensi Jaringan Nirkabel".<http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire>.