

Rancang Bangun dan Analisa *Quality of Services (QoS)* VoIP Server Menggunakan Briker dengan Memanfaatkan Trunk dan *Interactive Voice Response (IVR)* di AirNav Padang

Design and Analyze the Quality of Services (QoS) of a VoIP Server Using Briker by Utilizing Trunk and Interactive Voice Response (IVR) at the AirNav Padang

Muhammad Adibasyah, Andi Ahmad Dahlan, Rikki Vitria

DIV Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Padang, Jl. Kampus Limau Manis, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

Email : mhmmd.dedeb@gmail.com

Abstrak - Dalam era digital, teknologi komunikasi VoIP populer karena biaya rendah dan kualitas suara yang baik. Di AirNav Padang, komunikasi yang dilakukan masih manual dengan telepon konvensional sehingga dinilai mahal dan kurang efektif. Solusinya adalah menerapkan VoIP melalui jaringan lokal, memanfaatkan komputer, smartphone, headphone, dan telepon analog untuk efisiensi biaya dan komunikasi lintas divisi. Penelitian serupa telah mengatasi masalah biaya dengan VoIP. Namun, implementasi VoIP memerlukan Quality of Service (QoS) yang baik untuk menghindari delay, jitter, dan packet loss yang mengganggu. Penelitian ini fokus pada perancangan dan analisis QoS VoIP server dengan Briker, Trunk, dan IVR di AirNav Padang dengan tujuan Untuk dapat mengkonfigurasi VoIP Server dengan mobile device dan telepon analog sebagai client serta dapat mengukur Quality of Services yang terjadi ketika panggilan suara dilakukan melalui VoIP Server yang dibuat. Pengukuran QoS menunjukkan nilai rata-rata delay sekitar 22,75 ms, jitter rata-rata sekitar 3,57 ms, dan packet loss rata-rata sekitar 0.04% untuk panggilan antar client. Sedangkan untuk panggilan dengan trunk dan IVR, nilai rata-rata delay sekitar 21,75 ms, jitter rata-rata sekitar 5,40 ms, dan packet loss rata-rata sekitar 0.05%. Solusi ini dapat mengoptimalkan komunikasi lintas divisi dengan biaya rendah dan efisiensi tinggi.

Kata kunci : VoIP server, Briker, Quality of Services

Abstract - In the digital era, VoIP communication technology is popular due to its low cost and good voice quality. At the AirNav Padang, communication is still manual using conventional telephones, which is considered expensive and less effective. The solution is to implement VoIP through the local network, utilizing computers, smartphones, headphones, and analog phones for cost efficiency and cross-division communication. Similar research has addressed cost issues with VoIP. However, VoIP implementation requires good Quality of Service (QoS) to avoid delays, jitter, and packet loss that can disrupt communication. This research focuses on the design and analysis of QoS for a VoIP server with Briker, trunk, and IVR at the AirNav Padang for the purpose of being able to configure the VoIP Server with cellular devices and analog telephones as clients and being able to measure the Quality of Services that occurs when voice calls are made via the VoIP Server that is created. QoS measurements show an average delay of around 22.754 ms, an average jitter of about 3.572 ms, and an average packet loss of about 0.04% for calls between clients. Meanwhile, for calls with trunk and IVR, the average delay is approximately 21.756 ms, the average jitter is around 5.402 ms, and the average packet loss is about 0.05%. This solution can optimize cross-division communication with low costs and high efficiency.

Keywords : VoIP server, Briker, Quality of Services

I. PENDAHULUAN

Di era digital saat ini, teknologi komunikasi berkembang pesat. Salah satu teknologi komunikasi yang paling populer adalah VoIP

(Voice over Internet Protocol). VoIP adalah teknologi yang mampu melewati panggilan suara, video, dan data melalui jaringan IP (*Internet Protocol*), VoIP memiliki banyak keunggulan

dibandingkan teknologi komunikasi konvensional, seperti biaya yang lebih rendah dan kualitas suara yang lebih baik [1]. Namun, untuk dapat menggunakan VoIP diperlukan suatu server VoIP. Server VoIP adalah perangkat lunak yang menghubungkan panggilan suara antara pengguna VoIP. Server VoIP juga dapat menangani fungsi lain, seperti perekaman panggilan dan manajemen pengguna [1], [2].

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan selama melakukan kegiatan magang maka ditemukan sebuah permasalahan pada kantor AirNav Padang, dimana dalam penyampaian informasi di AirNav Padang masih menggunakan manual dan menggunakan telepon konvensional hal ini dinilai kurang efektif karena membutuhkan tenaga dan biaya yang tinggi untuk melakukan hubungan komunikasi lokal. Belum adanya alternatif untuk menyampaikan informasi secara efektif dengan tenaga yang cukup serta secara gratis dengan memanfaatkan fasilitas yang ada. Munculnya teknologi *Voice Over Internet Protocol* (VoIP) yang dapat berkomunikasi menggunakan internet atau jaringan lokal merupakan suatu ide inovasi yang dapat diimplementasikan pada suatu perusahaan, kantor, kampus, atau perumahan melalui jaringan lokal. Biasanya suatu kantor atau kampus sudah memiliki komputer pada tiap divisi bahkan pada tiap ruang kerja, kondisi ini dapat dimanfaatkan untuk mempermudah komunikasi antar divisi. Penggunaan komputer disini menjadi hal yang sangat penting, karena VoIP yang akan dibangun hanya membutuhkan jaringan *wireless*, komputer, *head phone*, dan *sound card*, bahkan untuk sebuah *smartphone* tidak memerlukan perangkat tambahan apapun [3]. Dengan memanfaatkan kemampuan VoIP yang memungkinkan melakukan percakapan telepon dengan menggunakan jalur komunikasi data pada suatu jaringan tentu saja hal tersebut akan mengurangi penggunaan biaya yang biasa dikeluarkan jika suatu instansi menggunakan telepon, baik itu telepon PSTN (*Public Switched Telephone Network*) maupun GSM (*Global System for Mobile Communications*) dengan menambah media keamanan SRTP (*Secure Real Time Transport Protocol*) [4].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wal Aziz Mendo Putra dengan judul “Perancangan Server VoIP Briker Pesantren Daarul Quran Sebagai Media Komunikasi Dengan Protokol SIP” telah dijelaskan bahwa peneliti tersebut membuat perancangan VoIP Server pada sebuah pesantren

yang memiliki beberapa masalah diantaranya diperlukannya media komunikasi untuk para santri dan para karyawan berbasis mobile, kemudian permasalahan selanjutnya mahal biaya telepon yang biasanya disediakan oleh provider. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dirancang sebuah alternatif yang dapat mengurangi permasalahan yang ada dengan memanfaatkan teknologi VoIP [5]. Selanjutnya Penelitian lain yang dilakukan oleh Syafrinal dengan judul “Implementasi VoIP Sebagai Media Komunikasi pada Dinas Perhubungan Komunikasi Informasi dan Telematika Aceh” pada penelitian tersebut masalah yang melatarbelakangi adalah banyaknya pengeluaran biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan komunikasi melalui telepon konvensional sehingga pada penelitian tersebut dibuat suatu teknologi VoIP yang memungkinkan untuk mengurangi pembengkakan biaya tersebut. Pada penelitian tersebut dibuat VoIP server dengan *smartphone* sebagai *client* untuk melakukan panggilan suara, namun penggunaan *smartphone* dalam melakukan panggilan suara tentu akan kurang efektif dalam dunia perkantoran karena karyawan lebih terbiasa untuk menggunakan telepon saat melakukan panggilan antar divisi maupun antar lantai, sehingga dibutuhkan teknologi VoIP yang dapat terhubung dengan telepon analog sebagai media dalam melakukan panggilan suara [6].

Dalam penggunaannya, VoIP memerlukan kualitas layanan *Quality of Service* (QoS) yang baik agar dapat memberikan pengalaman komunikasi yang optimal bagi pengguna. Namun, dalam implementasinya, VoIP sering mengalami masalah seperti delay, jitter, dan packet loss yang dapat mempengaruhi kualitas layanan. Oleh karena itu, analisis QoS pada VoIP server menjadi sangat penting untuk memastikan kualitas layanan yang baik bagi pengguna [7]. Adapun tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk dapat mengkonfigurasi VoIP Server dengan mobile device dan telepon analog sebagai client serta dapat mengukur Quality of Services yang terjadi ketika panggilan suara dilakukan melalui VoIP Server yang dibuat.

II. METODOLOGI

2.1 Perancangan Sistem

Dalam rancang bangun sistem VoIP Server yang akan dibangun akan terdiri dari dua server yang masing-masing terhubung kedalam jaringan yang sama, kemudian masing-masing server memiliki *client* dan salah satu *client* menggunakan

telepon analog dengan memanfaatkan perangkat VoIP gateway. Kemudian untuk masing-masing *client* dari server dapat saling berkomunikasi, untuk *client* yang berada pada server yang berbeda juga dapat melakukan panggilan dengan menggunakan trunk yang akan dikonfigurasi melalui web admin server VoIP. Selanjutnya penulis juga menambahkan fitur IVR yang akan membantu untuk panggilan otomatis, dalam perancangan yang penulis buat panggilan melalui trunk juga dapat memanfaatkan fitur IVR. Adapun untuk topologi dari perancangan dapat dilihat pada **Gambar 1**. Berdasarkan **Gambar 1**, untuk rancang bangun VoIP server ini akan melibatkan lima ruangan yang ada di kantor. Untuk server akan diletakkan di ruang Teknik dan tower, sedangkan tiap ruangan akan memiliki *client* telepon analog, laptop atau PC dan handphone, berikut ini hardware dan software yang digunakan:

A. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam membuat VoIP server ini adalah Virtual Box merupakan Software yang berguna untuk membuat server VoIP secara virtual dengan bantuan OS Briker. Kemudian Google Chrome yang berguna untuk mengakses Web admin dari VoIP server

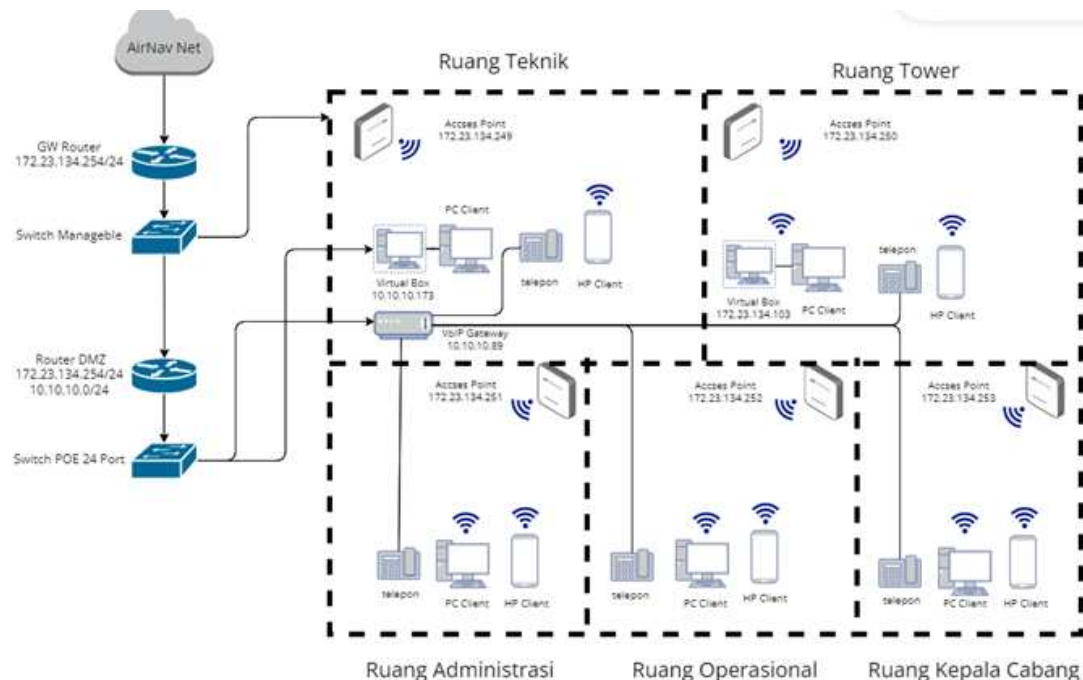
untuk dapat manajemen user dan fitur yang diperlukan, Zoiper dan MicroSip yang berguna sebagai media komunikasi untuk *client* baik untuk *client* yang menggunakan smartphone atau *client* yang menggunakan PC atau laptop, Wireshark digunakan untuk melakukan pengukuran dan analisis Quality of Services (QoS) ketika panggilan dilakukan melalui VoIP Server.

B. Perangkat Keras

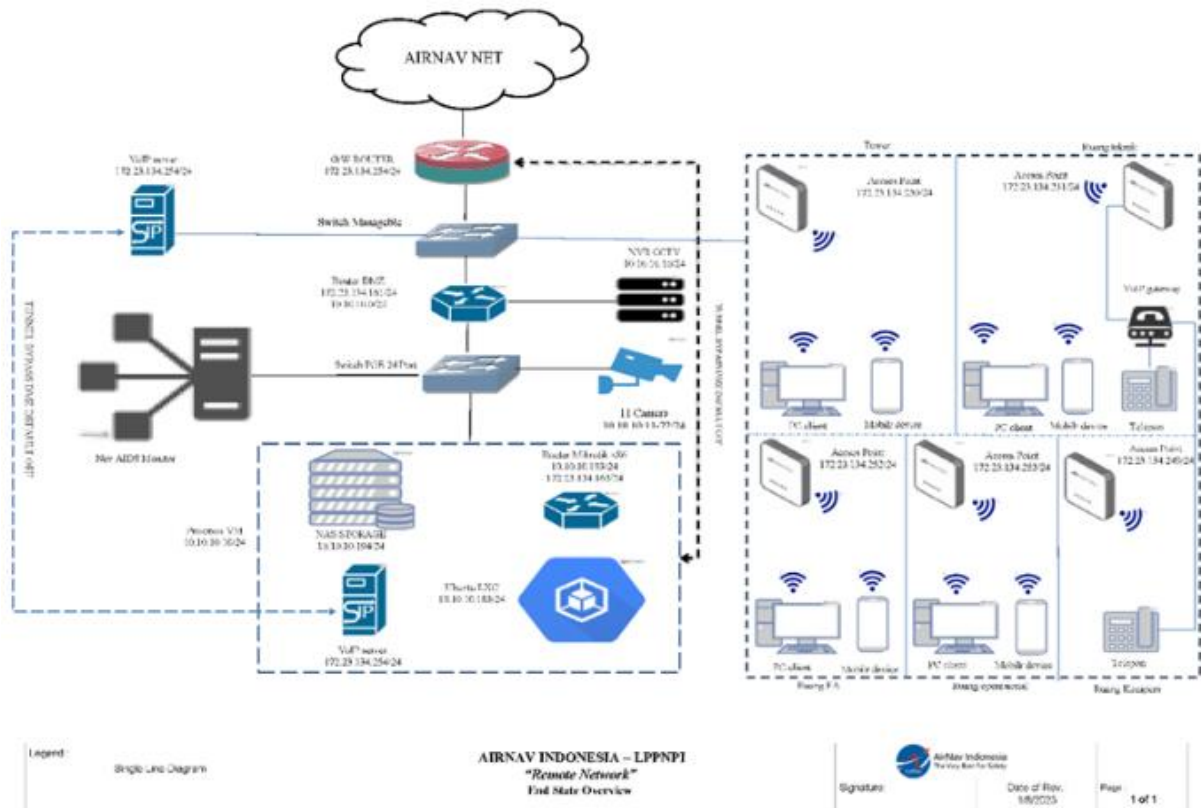
Perangkat keras yang digunakan dalam membuat VoIP Server ini adalah 2 unit laptop yang berguna sebagai server dan juga sebagai *client*, 1 unit VoIP Gateway, sebagai penghubung telepon analog dengan Server VoIP, 2 unit telepon analog sebagai *client*, Beberapa unit smartphone sebagai *client*, kabel LAN UTP yang digunakan untuk menghubungkan perangkat VoIP Gateway dengan Laptop

2.3 Implementasi Sistem

Setelah dilakukan perancangan untuk sistem VoIP yang akan dibuat, maka untuk topologi rancangan implementasi dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 1. Topologi rancangan VoIP server



Untuk topologi yang ada pada **Gambar 2** merupakan topologi yang telah dirancang dengan penyesuaian dari teknisi yang ada di Airnav, untuk server yang penulis rancang nantinya akan di export ke format **ova** pada virtual box, file yang telah di export ini yang nantinya akan digunakan untuk mengimplementasikan VoIP server.

2.4. Konfigurasi VoIP Server

Selanjutnya dilakukan konfigurasi untuk membuat VoIP server, berikut ini adalah tahapan yang harus dilakukan :

Instalasi Server dengan bantuan Virtual Box

Pada tahap ini dilakukan instalasi dengan tahapan yang ada, sehingga akan muncul pada server sebuah halaman login seperti pada **Gambar 3**.



Selanjutnya pada halaman login tersebut masukan username dan password seperti berikut ini :

```
Username : root
Password : Briker
```

Konfigurasi administration pada web admin

Pada tahap ini harus melakukan login ke web admin terlebih dahulu, agar dapat melakukan konfigurasi lainnya seperti membuat extensions atau nomor yang akan digunakan oleh client. Pada **Gambar 4** dibawah ini merupakan tampilan halaman login web admin server VoIP.



Gambar 4. Halaman Login Web Admin

Pada halaman login web admin tersebut masukan username dan password seperti berikut ini :

Username : administrator
Password : Briker

Setelah melakukan login maka selanjutnya dapat dilakukan pembuatan extensions seperti pada **Gambar 5** berikut ini:

The screenshot shows the 'Merapi 2.1.1' web interface. On the left is a sidebar with various menu items. The main area is titled 'Extensions'. It contains several input fields for configuring a new extension. Two areas are highlighted with red boxes: the top section where 'User Extension' is 555 and 'Display Name' is 'user1'; and the bottom section under 'Device Options' where 'calltimer' is 0 and 'accountcode' is 123.

Gambar 5. Menambah extensions

Konfigurasi Trunk pada web admin

Pada konfigurasi berikut ini akan diatur trunk untuk membuat panggilan antar server yang berbeda dapat melakukan panggilan, berikut ini konfigurasi yang dilakukan dapat dilihat seperti pada **Gambar 6**

This screenshot shows the 'Trunks' configuration page in the Merapi 2.1.1 interface. A red box highlights the 'Trunk Name' field, which contains 'mirul server'. Below it, the 'PEER Details' section is visible, showing 'host=10.42.0.168' and 'domain=10.42.0.168'.

Gambar 6. Konfigurasi trunk

Konfigurasi Interactive Voice Response (IVR) pada web admin server

Berikut ini adalah konfigurasi yang dilakukan pada web admin untuk membuat IVR seperti pada **Gambar 7**, merupakan bentuk jawaban panggilan otomatis, ketika terjadi panggilan pada suatu extensions yang telah diatur, sehingga kerjanya seperti menelpon pada resepsionis.

The screenshot displays the 'Digital Receptionist' configuration page. It includes a 'Delete Digital Receptionist' button and a note 'Used as Destination by 2 Objects:'. Below this, there are several configuration options: 'Change Name' (resep), 'Timeout' (50), 'Enable Directory' (checked), 'Directory Context' (dropdown), 'Enable Direct Dial' (checked), 'Loop Before t-dest' (unchecked), 'Loop Before t+dest' (unchecked), 'Repeat Loops' (2), and 'Announcement' (tessbro). At the bottom, there are buttons for 'Increase Options', 'Save', and 'Decrease Options'.

Gambar 7. Konfigurasi Interactive Voice Response

Konfigurasi Telepon analog pada VoIP Server

Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan pada VoIP server adalah penggunaan telepon analog pada server, untuk menghubungkan telepon analog ke VoIP server dibutuhkan VoIP gateway. **Gambar 8** merupakan konfigurasi yang dilakukan :

This screenshot shows the 'Advance Setup' web interface, specifically the 'Network Setup' section. It features a table with columns for 'No', 'Host', 'Port', 'Protocol', 'Status', and 'Action'. The 'Host' field is set to 192.168.1.1. Below the table, there are sections for 'SIP Trunking Setup' and 'SIP Trunking Settings'.

Gambar 8. Pendaftaran nomor telepon sebagai user

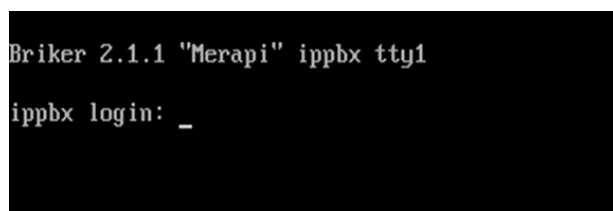
Pada **Gambar 8** merupakan web admin dari VoIP gateway yang digunakan untuk menghubungkan telepon dengan VoIP server, untuk melakukan konfigurasi gateway maka masuk ke web dengan memasukkan IP: 192.168.1.1 pada browser, kemudian akan muncul form seperti gambar diatas, selanjutnya masukan salah satu extensions untuk didaftarkan pada telepon analog.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Syafrinal dengan judul “Implementasi VoIP Sebagai Media Komunikasi pada Dinas Perhubungan Komunikasi Informasi dan Telematika Aceh” pada penelitian tersebut masalah yang melatarbelakangi adalah banyaknya pengeluaran biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan komunikasi melalui telepon konvensional sehingga pada penelitian tersebut dibuat suatu teknologi VoIP yang memungkinkan untuk mengurangi pembengkakan biaya tersebut. Pada penelitian tersebut dibuat VoIP server dengan smartphone sebagai *client* untuk melakukan panggilan suara[6], namun penggunaan smartphone dalam melakukan panggilan suara tentu akan kurang efektif dalam dunia perkantoran karena karyawan lebih terbiasa untuk menggunakan telepon saat melakukan panggilan antar divisi maupun antar lantai, sehingga dibutuhkan teknologi VoIP yang dapat terhubung dengan telepon analog sebagai media dalam melakukan panggilan suara.

Hasil Pengujian Konektivitas Server

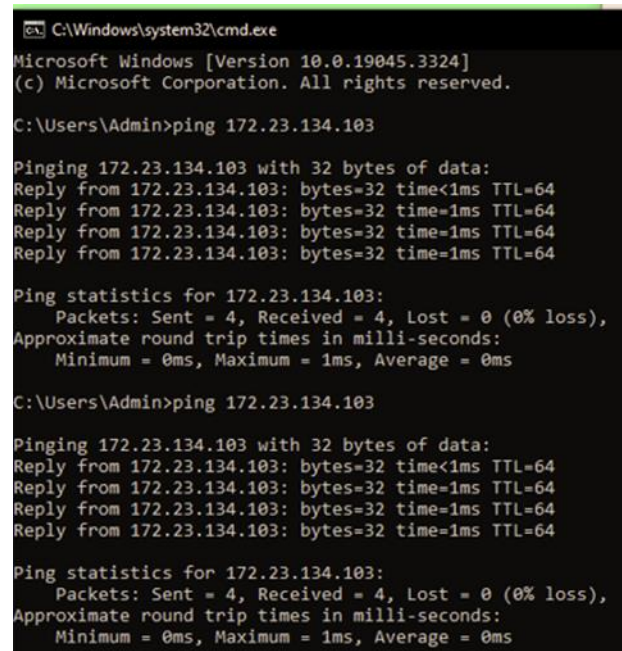
Untuk melakukan pengujian konektivitas ini dilakukan dengan menggunakan perintah ping IP server VoIP di *command prompt*, sebelum melakukan ping IP server terlebih dahulu membuka server agar server berjalan, kemudian setelah halaman login ke server muncul seperti pada **Gambar 9**. Maka selanjutnya lakukan login dan kemudian lakukan pengecekan IP server, setelah IP server didapatkan maka pengecekan konektivitas server dapat dilakukan.



Gambar 9. login ke server

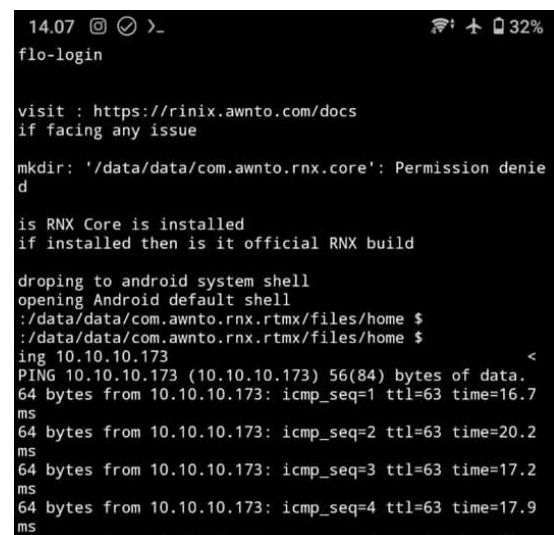
Pengecekan konektivitas ini dilakukan dengan melakukan ping IP server melalui *command prompt*. Pengujian ping ke IP server dilakukan dari client laptop ke server yang ada di ruangan operasional dengan IP server 172.23.134.103. Setelah melakukan pengujian ping ke IP server maka hasil yang diharapkan adalah seperti pada Gambar 3.2 Respon “Reply from 172.23.134.103: bytes=32 time<1ms TTL= 64” menandakan bahwa IP server telah berjalan dan panggilan melalui

VoIP server dapat dilakukan. Pengujian ping ke IP server dapat dilihat pada **Gambar 10** berikut ini



Gambar 10. Pengecekan konektivitas ke server melalui cmd

Selanjutnya dilakukan pengujian konektivitas dari client handphone yang ada di ruang Teknik ke server dengan IP server 10.10.10.173. melalui aplikasi termux terminal yang ada pada play store, untuk hasil pengujian ping ke IP server dapat dilihat pada **Gambar 11** berikut ini.

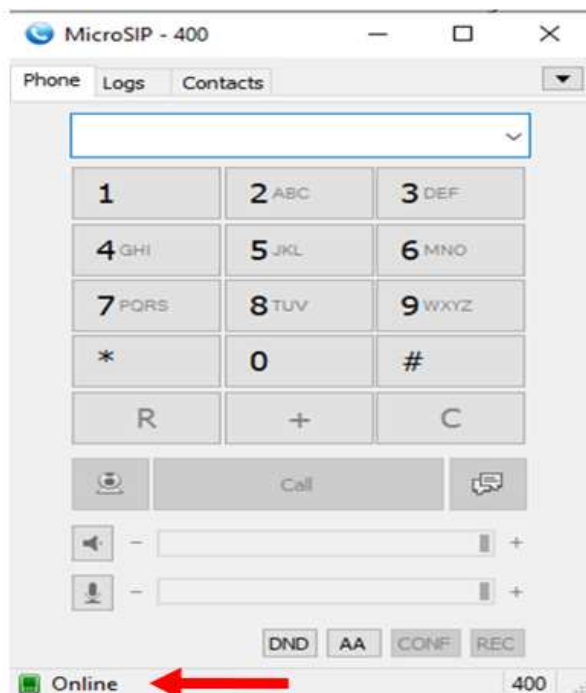


Gambar 11. Pengujian ping ke IP server melalui HP

Pengujian Autentikasi Client

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah registrasi pada perangkat *client* telah berjalan dengan baik dan terkoneksi dengan jaringan server VoIP. Untuk melakukan autentikasi *client* dapat dilihat pada *client* yang menggunakan aplikasi Zoiper atau microSIP, selain itu

otentikasi juga dapat dilihat pada web admin server VoIP. Berikut ini adalah **Gambar 12** yang membuktikan bahwa *client* sudah aktif dan dapat digunakan.



Gambar 12. Autentikasi client aktif pada MicroSip

Pada **Gambar 12** tanda panah merah menunjukkan bentuk *client* yang aktif jika dilihat pada aplikasi microSIP ditandai dengan kotak berwarna hijau dan tulisan “online”, sedangkan untuk *client* telepon analog dapat dilihat pada web admin server, pada bagian IPBX summary, kemudian pilih menu SIP info sehingga nanti akan muncul tampilan seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 13** berikut ini.

100	(Unspecified)	D	Yes	Yes	A	0	UNKNOWN
400/400	192.168.43.104	D	Yes	Yes	A	64628	OK (21 ms)
500	(Unspecified)	D	Yes	Yes	A	0	UNKNOWN
505	(Unspecified)	D	Yes	Yes	A	0	UNKNOWN
72000	(Unspecified)	D	Yes	Yes	A	0	UNKNOWN
72000	(Unspecified)	D	Yes	Yes	A	0	UNKNOWN
90001	(Unspecified)	D	Yes	Yes	A	0	UNKNOWN
culin	10.42.0.244	Auto	(No)	No	5060		Unmonitored
mirul server	192.168.43.240	Auto	(No)	No	5060		Unmonitored
paris server	10.42.0.117	Auto	(No)	No	5060		Unmonitored
volprakyat	(Unspecified)	Auto	(No)	No	0		Unmonitored
roge 101	10.42.0.245	Auto	(No)	No	5060		Unmonitored

12 sip peers [Monitored: 1 online, 6 offline Unmonitored: 4 online, 1 offline]

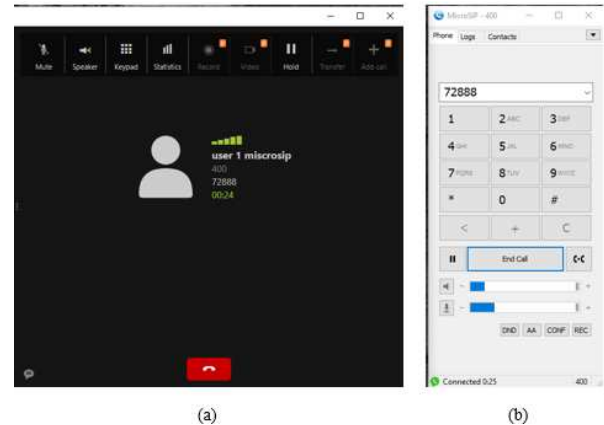
Gambar 13. Data client aktif pada web server

Pada **Gambar 13** dapat dilihat mana saja *client* yang sedang aktif atau *client* yang sedang tidak aktif. Tanda panah merah pada Gambar merupakan salah satu user yang sedang aktif pada server VoIP briker ini.

Pengujian Panggilan

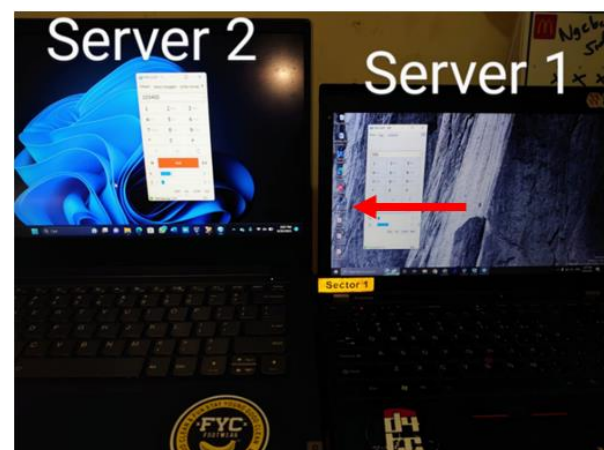
Dalam pengujian panggilan ini dilakukan dengan dua tahap diantaranya panggilan dilakukan sesama *client* dengan server yang sama, panggilan

antar *client* dengan server yang berbeda menggunakan trunk dan IVR. Pada **Gambar 14** berikut ini merupakan panggilan yang dilakukan antar *client* dengan server yang sama melalui client antara laptop dan laptop.



Gambar 14. Pengujian panggilan dengan server yang sama

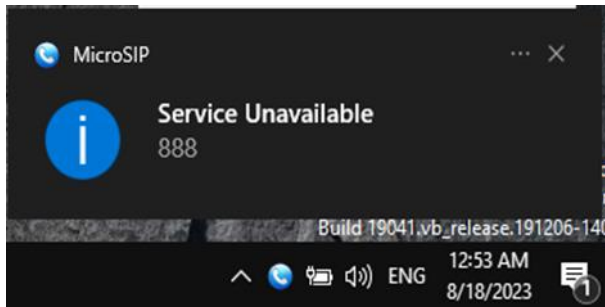
Pada **Gambar 14** dapat dilihat Gambar (a) merupakan *client* dengan nomor extensions 72888 dan Gambar (b) merupakan *client* dengan nomor 400. Pada Gambar 14 merupakan pengujian panggilan yang telah dilakukan, panggilan tersebut dilakukan dari *client* 1 (72888) ke *client* 2 (400) dalam satu server yang sama, panggilan dapat tersambung sesuai dengan harapan. Selanjutnya **Gambar 15** akan menampilkan pengujian panggilan antar *client* yang berbeda server. Pada panggilan tersebut dilakukan panggilan dengan client dari laptop.



Gambar 15. Pengujian panggilan antar client dengan server yang berbeda

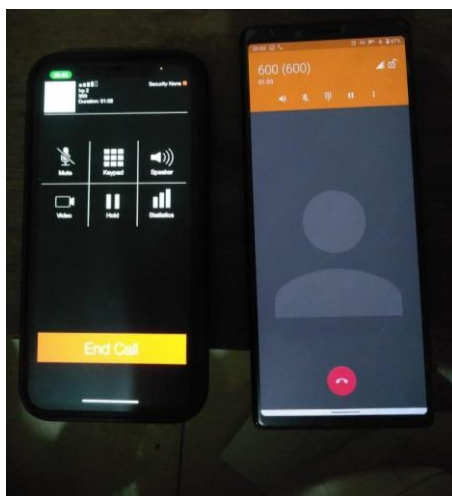
Berdasarkan **Gambar 15** panggilan tersebut dilakukan dengan melibatkan dua buah server, kemudian masing-masing *client* melakukan panggilan dan panggilan dapat terhubung dengan baik. Hal ini dapat terjadi karena bantuan trunk, trunk akan membantu *client* dari server yang berbeda untuk melakukan panggilan. Namun

apabila panggilan yang dilakukan tanpa menggunakan trunk user atau *client* tidak akan bisa melakukan panggilan tersebut, pada smartphone atau laptop akan muncul notifikasi user sedang sibuk seperti pada **Gambar 16** berikut.



Gambar 16. Panggilan gagal

Berdasarkan **Gambar 16** dapat dilihat jika user yang di panggil nomornya tidak ada pada server yang sama atau ada pada server yang lain maka akan muncul notifikasi *service unavailable* oleh karena itu untuk panggilan yang dilakukan dengan *client* atau user yang berasal dari server yang berbeda dapat memanfaatkan trunk namun perlu di garis bawah nomor user atau *client* memang terdaftar pada server. Selanjutnya untuk pengujian panggilan dari mobile device atau handphone dapat dilihat dari **Gambar 17** berikut ini.



Gambar 17. pengujian panggilan dengan Handphone

Pada **Gambar 17** melakukan panggilan melalui handphone dengan menggunakan aplikasi Zoiper, tampilan yang ada pada gambar merupakan bentuk panggilan berlangsung dari aplikasi Zoiper tersebut. Untuk pengujian ini dapat dilakukan dengan baik dan panggilan dapat terhubung sesuai dengan konfigurasi yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Untuk selanjutnya panggilan yang dilakukan antara client dari telepon analog dengan handphone ataupun laptop, untuk gambar dari panggilan dapat dilihat pada **Gambar 18** berikut.



Gambar 18. pengujian panggilan antara telepon analog dengan Handphone

Pada **Gambar 18** melakukan panggilan dengan handphone yang ditunjukkan oleh tanda panah dengan telepon analog yang sedang digenggam user. Pengujian ini dilakukan untuk memvalidasi konfigurasi yang telah dilakukan untuk telepon analog berhasil atau tidak, jika dilihat pada gambar panggilan sedang berlangsung sesuai harapan penulis sambil dilakukan pengamatan terhadap data wireshark yang ditampilkan pada laptop yang ada pada gambar. Jadi untuk pengujian panggilan ini telah berhasil dilakukan dan sesuai dengan harapan, hal ini menandakan konfigurasi yang telah dirancang pada bab sebelumnya sudah berhasil. Untuk selanjutnya penulis akan membahas mengenai komunikasi data yang ada pada panggilan VoIP server serta menganalisis nilai *Quality of Service* selama panggilan dilakukan

Pembahasan

Pada sub bab ini akan di bahas mengenai analisis komunikasi data yang terjadi saat panggilan dilakukan melalui VoIP server yang telah dibuat, kemudian pada sub bab ini juga akan membahas tentang analisis *Quality of Service* dari panggilan yang dilakukan melalui VoIP server ini.

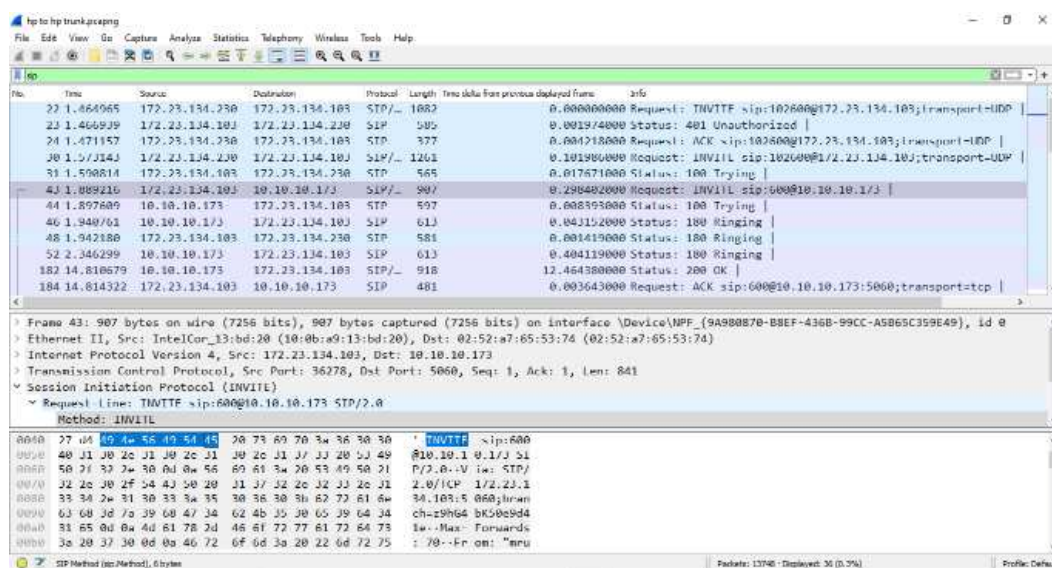
Komunikasi Data Saat Panggilan Berlangsung

Pada proses pengujian ini dilakukan pemanggilan VoIP baik dari laptop/pc ke telepon analog ataupun dari telepon analog ke laptop/pc. Pengujian dilakukan bersamaan dengan membuka software wireshark. Berikut ini ditampilkan *capture* paket data menggunakan wireshark. Salah satu protokol yang berperan penting dalam sebuah panggilan adalah protokol SIP [8]. Pada **Gambar 19** merupakan *capture* wireshark dengan protokol SIP.

Pada **Gambar 19** diatas merupakan *capture* wireshark ketika melakukan panggilan dari *client 1* ke *client 2*, berdasarkan **Gambar 19** dapat dilihat pada kolom info ada beberapa pesan saat panggilan dilakukan, diantara pesan tersebut ada INVITE, TRYING, RINGING, OK, dan BYE. Setiap pesan tersebut memiliki tujuan tertentu hal tersebut juga telah dibahas pada landasan teori sebelumnya. untuk penjelasan dari *capture* SIP in dapat dilihat lebih jelasnya pada **Gambar 20**.

Diawali dengan paket INVITE sip:600@10.10.10.173, pada paket ini menandakan bahwa dilakukan panggilan ke *client* dengan nomor 600 (server 10.10.10.173) dan

disertai dengan muncul status 100 Trying, selama panggilan berdering dan belum diangkat oleh nomor 600 maka dapat dilihat akan ditandai dengan paket 180 Ringing, setelah panggilan masuk ke nomor 600 maka ketika panggilan diangkat oleh *client* 600 dengan server 10.10.10.173 akan ditandakan dengan paket 200 OK, kemudian untuk yang terakhir ketika panggilan telah berakhir maka pada *capture* wireshark akan terlihat paket BYE yang menandakan panggilan telah berakhir atau di tutup. Selanjutnya selama panggilan berlangsung maka protokol yang akan muncul adalah protokol RTP [10], pada **Gambar 21** merupakan hasil *capture* wireshark dengan protocol RTP.



Gambar 19. capture protokol SIP

```
0.298402000 Request: INVITE sip:600@10.10.10.173 |
0.008393000 Status: 100 Trying |
0.043152000 Status: 180 Ringing |
0.001419000 Status: 180 Ringing |
0.404119000 Status: 180 Ringing |
2.464380000 Status: 200 OK |
0.003643000 Request: ACK sip:600@10.10.10.173:5060;transport=tcp |
0.013168000 Status: 200 OK |
0.104079000 Status: 200 OK |
0.010639000 Request: ACK sip:102600@172.23.134.103:5060 |
0.000328000 Request: ACK sip:102600@172.23.134.103:5060 |
2.696163000 Request: REGISTER sip:172.23.134.103;transport=UDP (1 bi
```

Gambar 20. paket pada SIP

No.	Source	Destination	Protocol	Length	Time delta from previous displayed frame	Info
99	172.23.134.230	172.23.134.103	RTP	60	0.000000000	PT=Unassigned, SSRC=0xABDDFA88, Seq=28772, Time=233628472
100	172.23.134.230	172.23.134.103	RTP	214	0.201818000	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0xABDDFA88, Seq=28773, Time=233
101	172.23.134.230	172.23.134.103	RTP	214	0.001825000	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0x32AB3070, Seq=30279, Time=233
102	172.23.134.230	172.23.134.103	RTP	214	0.037859000	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0xABDDFA88, Seq=28774, Time=233
103	172.23.134.230	172.23.134.103	RTP	214	0.001687000	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0x32AB3070, Seq=30280, Time=233
104	172.23.134.230	172.23.134.103	RTP	214	0.017417000	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0xABDDFA88, Seq=28775, Time=233
105	172.23.134.230	172.23.134.103	RTP	214	0.001734000	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0x32AB3070, Seq=30281, Time=233
106	172.23.134.230	172.23.134.103	RTP	214	0.018207000	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0xABDDFA88, Seq=28776, Time=233
107	172.23.134.230	172.23.134.103	RTP	214	0.001591000	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0x32AB3070, Seq=30282, Time=233
108	172.23.134.230	172.23.134.103	RTP	214	0.019651000	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0xABDDFA88, Seq=28777, Time=233
109	172.23.134.230	172.23.134.103	RTP	214	0.001720000	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0x32AB3070, Seq=30283, Time=233
110	172.23.134.230	172.23.134.103	RTP	214	0.017362000	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0xABDDFA88, Seq=28778, Time=233

Gambar 21. capture packet RTP

Protokol RTP ini akan terus berjalan selama panggilan tetap berlangsung hingga sampai telepon atau panggilan terputus, semakin lama panggilan terjadi maka frame dari paket RTP ini juga akan semakin banyak. Jika dilakukan filter pada wireshark dengan memfilter protokol RTP maka dapat dilihat pada wireshark paket RTP berperan sangat dominan, pada Gambar 22 protokol RTP berperan 98% dari total paket yang dikirim hal ini dikarenakan ketika panggilan berlangsung maka data dikirim secara real time, sehingga protokol RTP akan bekerja selama panggilan berlangsung dengan bantuan protokol UDP sebagai transport paket-paket nya.

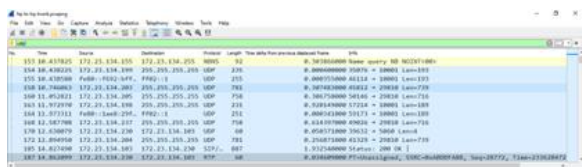
Statistics

Measurement	Captured	Displayed
Packets	8198	8031 (98.0%)
Time span, s	92.661	80.317
Average pps	88.5	100.0
Average packet size, B	213	214
Bytes	1745784	1718634 (98.4%)
Average bytes/s	18k	21k
Average bits/s	150k	171k

Gambar 22. capture file properties protokol RTP

Adapun dalam pengiriman paket-paket ini akan dibantu oleh protokol TCP ataupun UDP, berikut ini adalah *capture* wireshark untuk protokol TCP dan UDP yang dapat dilihat pada Gambar 23.

Dari Gambar *capture* file properties diatas dapat dilihat perbandingan paket yang dikirim menggunakan protokol TCP dan UDP, dimana untuk protokol TCP hanya 0.4% sedangkan untuk protokol UDP mencapai angka 98%. Jika mengacu pada teori yang telah ada protokol UDP lebih dominan karena panggilan melalui VoIP server ini dilakukan secara real time, sehingga pengiriman paket melalui UDP akan membuat panggilan menjadi lebih lancar dengan nilai delay yang minim. Protokol UDP tidak akan melakukan pengiriman paket secara berulang walaupun ada paket yang hilang sedangkan untuk protokol TCP akan melakukan pengiriman paket ulang sampai tidak ada paket yang hilang[11], oleh karena itu pada wireshark akan terlihat protokol UDP akan lebih dominan dari pada protokol TCP.



Gambar 23. Protokol UDP pada wireshark

Jika dilihat dari data wireshark yang ditampilkan protokol UDP menjadi transportasi untuk mengirim paket terbanyak, ketika panggilan berlangsung protokol RTP yang muncul dalam

pengiriman pakatnya menggunakan protokol UDP. Sebagai perbandingan dapat dilihat pada Gambar 24 dan Gambar 25,

Statistics

Measurement	Captured	Displayed
Packets	8198	35 (0.4%)
Time span, s	92.661	85.502
Average pps	88.5	0.4
Average packet size, B	213	190
Bytes	1745784	6658 (0.4%)
Average bytes/s	18k	77
Average bits/s	150k	622

Gambar 24. TCP

Statistics

Measurement	Captured	Displayed
Packets	8198	8135 (99.2%)
Time span, s	92.661	87.532
Average pps	88.5	92.9
Average packet size, B	213	214
Bytes	1745784	1737680 (99.5%)
Average bytes/s	18k	19k

Gambar 25. UDP

Analisis Quality of Service

Pengujian analisis Voip ini menggunakan tiga pengukuran *Quality of Service (QoS)* yaitu, *Delay*, *Throughput* dan *Packet loss*, aplikasi yang digunakan untuk mencari nilai QoS tersebut adalah *Wireshark*. Berikut ini langkah-langkah mencari nilai QoSnya pertama jalankan sistem VoIP Server yang sudah di setting pada Pc Server selanjutnya Menjalankan Aplikasi *Wireshark* kemudian *Client* melakukan komunikasi sesuai dengan rencana pengujian [8].

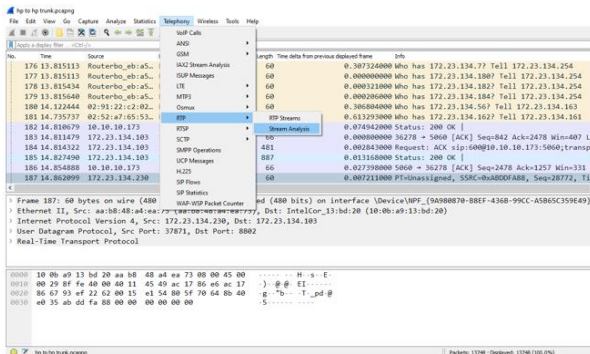
Pada aplikasi *Wireshark* akan terlihat protocol yang sedang bekerja selama proses komunikasi berlangsung, dan untuk mendapatkan nilai *Delay*, *packet loss*, dan *jitter* proses *capture* pada aplikasi *Wireshark* harus di *stop* terlebih dahulu. Berikut ini adalah analisis QoS dari data yang telah di ambil.

Delay

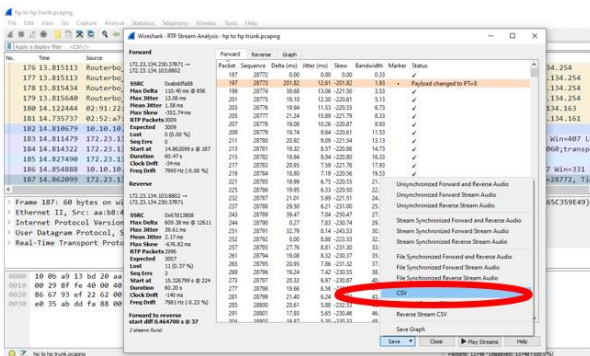
Delay merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan [9]. Untuk menghitung delay ini dapat dilihat pada menu telephony pada wireshark, dan pada menu tersebut terdapat pilihan RTP streams analyze. Pada RTP streams analyze akan diberikan nilai delay dan nilai jitter tiap paketnya, sehingga yang perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai delay adalah dengan merata-ratakan pada excel. Berikut ini tampilan menu yang akan muncul seperti pada Gambar 26.

Dari Gambar 27 dapat dilihat bahwa diberikan data dari *delay* dan *jitter* dari panggilan yang dilakukan. Untuk menghitung nilai *delay* ini perlu melakukan *save as* data tersebut sebagai csv, dan nantinya data tersebut dapat dibuka pada Microsoft excel. Setelah data tersebut di konversi ke

Microsoft excel barulah data dapat diolah. Untuk data yang telah diolah dapat dilihat pada **Tabel I** dan **Tabel II**. Untuk **Tabel I** merupakan nilai *delay* dari hasil pengujian panggilan antar *client* dengan server yang sama sedangkan untuk **Tabel II** merupakan *delay* dari hasil pengujian panggilan antar *client* dengan server yang berbeda dengan memanfaatkan trunk untuk melakukan panggilan.



Gambar 26. RTP system analyze



Gambar 27. Konversi data ke excel

Tabel I. Nilai Delay dari hasil pengujian panggilan

Pengujian panggilan client	Rata-rata
Handphone dan laptop	20.016
Handphone dan telepon	25.827
Handphone dan handphone	20.040
Laptop dan laptop	22.059
Laptop dan telepon	25.496

Dari data yang ditampilkan di atas dilakukan 5 kali pengujian dengan melibatkan panggilan dari beberapa client untuk pengambilan data QoS pada wireshark. Untuk nilai *delay* dengan rata-rata tertinggi didapatkan dari pengujian panggilan antara client handphone dan telepon analog namun jika dilihat pada standar nilai *delay* yang telah dipaparkan pada landasan teori maka nilai yang didapatkan tergolong *good*. Untuk nilai *delay* terendah dapat diperhatikan pada tabel didapatkan dari pengujian antara handphone dan laptop. Berikutnya pada tabel 2 dirangkum nilai *delay* dari pengujian panggilan dengan trunk dan IVR, dimana dilakukan panggilan antar *client* yang

berasal dari server yang berbeda. Dari data yang ditampilkan dilakukan 5 kali pengujian dengan melibatkan panggilan dari beberapa client untuk pengambilan data QoS pada wireshark. Untuk nilai *delay* dengan rata-rata tertinggi didapatkan dari pengujian panggilan antara client laptop dan telepon analog namun jika dilihat pada standar nilai *delay* yang telah dipaparkan pada landasan teori maka nilai yang didapatkan tergolong *good*. Sedangkan untuk nilai *delay* terendah didapatkan dari pengujian panggilan antara client laptop dan laptop. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel II** berikut ini.

Tabel II. Nilai delay hasil pengujian panggilan dengan trunk dan IVR

Pengujian panggilan client	Nilai (ms)
Handphone dan laptop	20.081
Handphone dan telepon	23.090
Handphone dan handphone	20.019
Laptop dan laptop	20.029
Laptop dan telepon	25.562

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data *delay* maka dapat dilihat panggilan yang dilakukan tanpa melibatkan client telepon analog memiliki nilai *delay* lebih rendah dari pada yang lainnya, hal ini tentunya pengaruh dari VoIP gateway yang digunakan. Karena VoIP gateway tidak langsung mendapatkan jaringan wireless seperti client handphone dan laptop melainkan dengan bantuan kabel UTP sebagai penghubung antara laptop server dan telepon analog, sehingga untuk melakukan konektivitas menjadi sedikit terhambat. Selain itu pada telepon analog juga perlu dilakukan konversi analog ke digital sebelum dikirimkan melalui jaringan VoIP.

Jitter

Jitter adalah variasi nilai *delay* yang dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya peningkatan trafik secara tiba-tiba [9]. Untuk melakukan perhitungan nilai *jitter* dapat dilakukan dengan hal yang sama seperti menghitung nilai *delay* yang sebelumnya, pada data yang ditampilkan pada **Gambar 27** telah ditampilkan juga nilai *jitter*, jadi penulis merangkum nilai hasil perhitungan pada **Tabel III**.

Dari **Tabel III** dapat dilihat nilai *jitter* tertinggi didapatkan pada pengujian panggilan antara client laptop dan laptop, jika dilihat pada standar *jitter* yang telah dilampirkan pada landasan teori maka nilai *jitter* pada pengujian panggilan melalui VoIP server tergolong *good* dengan indeks 2. Kemudian

pada tabel jika diperhatikan untuk nilai jitter terendah didapatkan dari pengujian antara client laptop dan telepon. Selanjutnya dapat dilihat pada **Tabel IV** nilai *jitter* yang di dapatkan ketika melakukan panggilan antar *client* dengan server yang berbeda dengan bantuan trunk dan IVR.

Tabel III. Nilai jitter dari hasil pengujian

Pengujian panggilan client	Nilai (ms)
Handphone dan laptop	3.648
Handphone dan telepon	0.930
Handphone dan handphone	1.333
Laptop dan laptop	4.581
Laptop dan telepon	0.655

Tabel IV. Nilai jitter hasil panggilan dengan trunk dan IVR

Pengujian panggilan client	Nilai (ms)
Handphone dan laptop	5.927
Handphone dan telepon	5.028
Handphone dan handphone	3.684
Laptop dan laptop	2.841
Laptop dan telepon	9.532

Untuk panggilan dengan trunk dan IVR dapat diperhatikan dari tabel diatas nilai jitter tertinggi didapatkan pada pengujian panggilan antara client laptop dan telepon, jika dilihat pada standar *jitter* yang telah dilampirkan pada landasan teori maka nilai *jitter* pada pengujian panggilan melalui VoIP server tergolong *good* dengan indeks 2. Kemudian pada tabel jika diperhatikan untuk nilai jitter terendah didapatkan dari pengujian antara client laptop dan laptop.

Berdasarkan dari pengujian dan pengolahan data tersebut dapat dianalisis bahwa perangkat yang digunakan dalam melakukan pengujian memiliki pengaruh terhadap nilai jitter, seperti pada pengujian yang dilakukan antara client laptop memiliki nilai jitter yang lebih besar, hal ini dapat disebabkan oleh performa dari perangkat yang kurang baik, lalu lintas jaringan yang begitu padat pada laptop dan bisa saja disebabkan lemahnya daya tangkap jaringan wireless dari laptop sehingga ketika melakukan panggilan maka bandwidth dari jaringan yang digunakan tidak terbagi dengan baik dengan aktivitas lain pada laptop.

Packet loss

Packet loss adalah parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang [9]. Untuk melihat nilai *packet loss* juga dapat dilihat pada RTP

analyze, untuk lebih jelasnya pada **Gambar 28** akan diberi tanda panah untuk nilai *packet loss* nya.

Forward	Forward	Reverse	Graph	
172.23.134.230:37871 → 172.23.134.103:8802	Packet	Sequence	Delta (ms)	Jitter (ms)
SSRC 0xabddfa88	187	28772	0.00	0.00
Max Delta 110.40 ms @ 856	197	28773	201.82	12.61
Max Jitter 13.06 ms	199	28774	39.68	13.06
Mean Jitter 1.58 ms	201	28775	19.10	12.30
Max Skew -352.74 ms	203	28776	19.94	11.53
RTP Packets 3009	205	28777	21.24	10.89
Expected 3009	207	28778	19.08	10.26
Lost 0 (0.00 %)	209	28779	19.74	9.64
	211	28780	20.07	9.00

Gambar 28. Nilai Packet Loss Pada RTP Analyzer

Dari **Gambar 28** dapat dilihat nilai *packet loss* adalah 0 , jadi dapat disimpulkan bahwa pengiriman paket pada panggilan tersebut berhasil semua tanpa ada paket yang hilang. Selanjutnya penulis akan merangkum nilai-nilai *packet loss* dari beberapa pengujian, Berikut ini adalah rangkuman dari nilai *packet loss*.

Tabel V. Nilai packet loss dari hasil pengujian.

Pengujian panggilan client	Nilai (ms)
Handphone dan laptop	0.015%
Handphone dan telepon	0.025%
Handphone dan handphone	0.15%
Laptop dan laptop	0.00%
Laptop dan telepon	0.00%

Dari **Tabel V** dapat dilihat nilai tertinggi dari pengujian panggilan antar client diatas didapatkan dari panggilan yang dilakukan antara handphone dan handphone, jika dilihat pada standar yang ada pada landasan teori maka untuk nilai *packet loss* yang di dapatkan tergolong kategori sangat bagus dengan indeks 4. Sedangkan untuk panggilan yang tidak memiliki packet loss didapatkan pada panggilan yang dilakukan antara client laptop dan telepon analog. Packet loss ini juga akan dipengaruhi oleh kualitas jaringan dari client selama panggilan berlangsung, semakin stabil jaringan nya maka akan minim packet loss yang di dapatkan. Selanjutnya untuk nilai packet loss dari pengujian panggilan yang dilakukan dengan trunk dan IVR dapat dilihat pada **Tabel VI**.

Tabel VI. Nilai packet loss hasil pengujian panggilan dengan trunk

Pengujian panggilan client	Nilai (ms)
Handphone dan laptop	0.00%
Handphone dan telepon	0.0325%
Handphone dan handphone	0.075%
Laptop dan laptop	0.03%
Laptop dan telepon	0.095%

Untuk nilai packet loss yang didapatkan dari hasil pengujian didapatkan nilai packet loss tertinggi didapatkan pada pengujian panggilan antara client laptop, sedangkan untuk nilai packet loss terendah didapatkan dari panggilan antara client laptop dan handphone. Namun untuk nilai packet loss dari tabel 5 masih tergolong kategori sangat bagus dan indeks 4 jika dilihat dari standar yang telah dipaparkan pada landasan teori.

Berdasarkan data yang telah diperoleh dapat dilihat dari dua tabel yang telah disajikan hampir semua pengujian didapatkan nilai packet lossnya, hal ini terjadi karena pada VoIP protokol transport yang bekerja adalah UDP. Pada protokol ini tidak dilakukan pengiriman data ulang apabila adanya packet loss hal ini bertujuan agar nilai delay saat panggilan berlangsung tidak terlalu besar, sehingga dapat disimpulkan untuk sebuah panggilan melalui VoIP server apabila menemukan packet loss saat melakukan perhitungan QoS maka hal tersebut bisa dianggap wajar, karena prioritas dari protokol UDP adalah mengirimkan paket atau data dengan cepat tanpa melakukan pengiriman paket ulang jika ada paket yang hilang.

Untuk rangkuman nilai parameter QoS secara keseluruhan dapat dilihat lebih jelas pada **Tabel VII** dan **Tabel VIII** berikut ini:

Tabel VII. Rangkuman nilai parameter QoS panggilan dengan server yang sama

Parameter QoS	Nilai (ms)	Indeks
Delay	22.705	4
Jitter	3.5728	3
Packet Loss	0.04%	4

Tabel VIII. Rangkuman nilai parameter QoS panggilan dengan trunk dan IVR

Parameter QoS	Nilai (ms)	Indeks
Delay	21.756	4
Jitter	5.4024	3
Packet Loss	0.05%	4

Dari **Tabel VII** dan **Tabel VIII** dapat dilihat jika nilai-nilai parameter Quality of Service yang diperoleh dari hasil pengujian sangat baik, semua parameter yang diukur berada pada kategori *good* dengan nilai indeks 4, dapat disimpulkan untuk penerapan VoIP server sangat memungkinkan untuk dilakukan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembuatan dan analisis sistem VoIP server yang telah dilakukan dengan menggunakan briker dan memanfaatkan trunk serta IVR maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan diantaranya pembuatan sistem VoIP server dengan menjadikan *mobile device* dan telepon analog sebagai *client* memerlukan konfigurasi khusus. Untuk *mobile device* dapat menggunakan bantuan aplikasi Zoiper yang dihubungkan ke jaringan yang sama dengan jaringan server dan mendaftarkan nomor sesuai dengan extensions yang ada pada web admin server. Sedangkan untuk telepon analog dibutuhkan sebuah VoIP gateway yang dihubungkan dengan laptop server menggunakan kabel LAN dan untuk nomor telepon diatur pada web VoIP gateway yang dapat diakses dengan memasukan IP default perangkat VoIP gateway. Untuk membuat client dari server yang berbeda dapat saling berkomunikasi perlu dilakukan konfigurasi trunk pada web server admin VoIP. Untuk konfigurasi pada web akan dibuatkan rute panggilan dengan menambahkan kode panggilan dan IP server dari server yang ingin dituju sehingga ketika melakukan panggilan user perlu memasukan kode trunk dengan diiringi nomor dari client yang ingin di hubungi. Pemanfaatan trunk merupakan sebuah inovasi yang dapat membantu pengguna untuk melakukan panggilan suara walaupun melakukan panggilan suara dengan pengguna yang tidak Satu server, trunk juga dapat membantu bagi sebuah instansi yang memiliki kantor cabang untuk melakukan komunikasi melalui VoIP server. Pada pengukuran nilai *Quality of Service* dalam melakukan panggilan melalui VoIP server dilakukan panggilan dari beberapa client dengan kombinasi panggilan antar client dan didapatkan nilai rata-rata *delay* 22.754 ms, nilai rata-rata *jitter* 3.572 ms, dan nilai rata-rata *packet loss* 0.04% untuk pengujian panggilan antar *client*, sedangkan untuk panggilan dengan trunk dan IVR nilai rata-rata *delay* 21.756 ms, nilai rata-rata *jitter* 5.402 ms, nilai rata-rata *packet loss* 0.05%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aziz, W., & Putra, M. Perancangan Server VoIP Briker Pesantren Tahfidz Daarul Qur'an Sebagai Media Komunikasi Dengan Protokol SIP. *Journal Teknologi Informatika*, Vol 5 no 10, 2019
- [2] Darmawan, D., & Syafriyatno, Y. Analisa Perbandingan Quality of Service Voice Over IP dengan Pengujian Codec Menggunakan Algoritma Low Latency Queuing. *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, Vol 3, no 2 hlm, 249–254, 2017
- [3] Destrian Informatika, S. (2023). Implementasi dan Analisis VoIP Server dengan SRTP Sebagai Protokol Keamanan Pada

- Jaringan Hotspot *Teknologipintar.Org*, Vol 3, no 5, hlm 2023–2024, 2023
- [4] Id, C., Raharja, A., & Wardhana, A. *Administration Guide www.briker.org Briker IPPBX www.itmn Administration Guide "A Linux Distribution that auto-magically convert a computer into a powerful Private Branch eXchange with IP communication built-in."* www.itmn.co.id, 2008
- [5] Khairul Anam, M., Sudyana, D., Noviciatie, A., & Lizarti, N. Optimalisasi Penggunaan VirtualBox Sebagai Virtual Computer Laboratory untuk Simulasi Jaringan dan Praktikum pada SMK Taruna Mandiri Pekanbaru. *J-PEMAS STMIK Amik Riau*, Vol 1, no 2, hlm 37–44, 2020
- [6] Komunikasi, P., Dan Telematika, I., Syafrinal, A., Kunci, K., Suara, K., & Ip, J. Implementasi VoIP Sebagai Media Komunikasi pada Dinas. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 3(2), 2019.
- [7] Munif, A., Yuliana Rachmawati Kusumaningsih, R., & Haryani, P. Perancangan Voice Over Internet Protocol (Voip) Server Berbasis Linux Menggunakan Virtualbox, Asterisk Dan Zoiper Di Dinas Pendidikan Kabupaten Serang. *J-PEMAS STMIK Amik Riau*, Vol 8, no 2, 2020.
- [8] Putra, T. A., Fid Aksara, L. M., & Surimi, L. Implementasi Server Voip Menggunakan Asterisk Pada Jurusan Teknik Informatika Universitas Halu Oleo. *SemanTIK: Teknik Informasi*, Vol 6, no 2, hlm 1–5, 2019.
- [9] Wulandari, R. Analisis Qos (Quality Of Service) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon-Lipi). In *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi* Vol 2, 2016.
- [10] Raihan Tiara, D., Sugiarto, B., & Nurpadillah, S. Analisis Kinerja VoIP Berbasis Wireshark Pada Jaringan Wireless Menggunakan Protokol RTP. *Jurnal FUSE*, Vol 3, no 1, 2023
- [11] Saleh Abrar, M. Implementasi Dan Analisa Kinerja Voip Server Pada Jaringan Wireless Lan Menggunakan Smartphone. *Jurnal ElektriKa Borneo (Jeb)*, Vol 5, no 1, hlm 1–5, 2019.