
Perancangan Jaringan Voice Over Internet Protokol (Voip) Menggunakan Platform Asterisknow

Ahmad Fauzi¹, Ade Setiawan², Dwi Yuni Utami³

¹Program Studi Sistem Informasi, Universitas Nusa Mandiri
Jl. Jatiwaringin No. 2, Cipinang Melayu, Makasar, Jakarta Timur - 13620, Indonesia

²Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak, Universitas Bina Sarana Informatika
Jl. Kramat Raya No.98, Jakarta Pusat, DKI Jakarta 10450, Indonesia

³Program Studi Teknologi Komputer, Universitas Bina Sarana Informatika
Jl. Kramat Raya No.98, Jakarta Pusat, DKI Jakarta 10450, Indonesia

e-mail: ahmad.azy@nusamandiri.ac.id , de.dtx@bsi.ac.id, dwi.dyu@bsi.ac.id

Artikel Info : Diterima : 12-11-2021 | Direvisi : 29-11-2021 | Disetujui : 21-01-2022

Abstrak - Komunikasi merupakan sebuah tahapan penting guna mendukung berjalannya sebuah program kerja, tanpa adanya komunikasi yang baik dapat menyebabkan salah pengertian diantara kedua belah pihak, pentingnya peran komunikasi makan beberapa perusahaan berkembang pesat guna untuk berinovasi dalam pembuatan peralatan pada bidang telekomunikasi, yang umum digunakan dalam berkomunikasi jarak jauh adalah dengan menggunakan jasa telpon baik telpon perorangan maupun telpon berbasis perusahaan, untuk beberapa perusahaan yang menggunakan aktivitas telpon yang cukup tinggi akan mengakibatkan melonjaknya tagihana telpon yang harus dibayarnya , dengan demikian untuk mengurangi tingkat komunikasi dengan biaya yang mahal maka kita dapat menggunakan teknologi *VoIp (Voice Over Internet Protokol)* yang dapat digunakan dengan memanfaatkan *Protokol TCP/IP* dimana protocol tersebut tanpa kita sadari merupakan sebuah protocol yang digunakan untuk pertukaran antara data dengan demikian protkol tersebut juga dapat digunakan sebagai pertukaran data suara voice dengan menggunakan Software Open Source pada aplikasi Asterisk yang digunakan sebagai pengganti perangkat *PBX (Private Branch Exchange)*, dimana pada aplikasi tersebut digunakan untuk menjadikan protocol *TCP/IP* sebagai perantara pertukaran data untuk berkomunikasi atau Voice. Kelebihan dari aplikasi ini adalah sudah mampu melayani maksimum 1000 akun online dalam satu server dan 240 concurrent call. Hal ini tentu saja cocok bagi perusahaan yang ingin mengimplementasikan teknologi ini dengan berbasiskan aplikasi open source.

Kata Kunci : VoIP, IP Telephony, AsteriskNOW FreePBX.

Abstracts - *Communication is an important stage to support the running of a work program, without good communication it can cause misunderstandings between the two parties, the importance of the role of communication means several companies are growing rapidly in order to innovate in the manufacture of equipment in the telecommunications sector, which is commonly used in long-distance communication. far is the use of telephone services, both individual telephones and company-based telephones, for some companies that use high-enough telephone activity, this will result in soaring telephone bills that must be paid, thus to reduce the level of communication with high costs, we can use VoIP technology (Voice Over Internet Protocol) which can be used by utilizing the TCP / IP protocol where the protocol without us realizing it is a protocol used for exchanging data, thus the protocol can also be accessed. used as voice voice data exchange using Open Source Software in the Asterisk application which is used as a substitute for PBX (Private Branch Exchange) devices, where in the application it is used to make the TCP / IP protocol as an intermediary for data exchange to communicate or Voice. The advantage of this application is that it is able to serve a maximum of 1000 online accounts on one server and 240 concurrent calls. This is of course suitable for companies who want to implement this technology based on open source applications.*

Keywords : VoIP, IP Telephony, AsteriskNOW FreePBX.



PENDAHULUAN

Kebutuhan sarana komunikasi untuk sebuah perusahaan merupakan salah satu kebutuhan yang mendasar. Untuk berkomunikasi dengan relasi tidak bisa selalu dilakukan secara tatap muka (Sindoro & Pramudita, 2017), sehingga dibutuhkan sarana dan prasarana yang tepat, selain menggunakan telepon PSTN (*Public Switched Telephone Network*) juga melalui aplikasi *chat messenger* dan *video messenger*. Namun pemakaian aplikasi *chat messenger* dan *video messenger* ini dirasa kurang efektif, karena penggunaan *video messenger* terlalu banyak menghabiskan resource bandwidth yang ada. Oleh sebab itu maka kemudian tumpuan utama kegiatan komunikasi melalui telepon PSTN, sehingga memunculkan sebuah permasalahan dimana biaya yang dikeluarkan untuk (Paper et al., n.d.) kegiatan komunikasi ini? Semakin tinggi intensitas pemakaian telepon maka semakin tinggi pula biaya yang harus dikeluarkan (Melyana & Indriyani, 2016). Untuk itu perlu di cari suatu cara untuk meminimalisir anggaran komunikasi telpon agar dapat semurah mungkin. Dimana sebuah solusi yang bisa diambil adalah menggunakan telepon berbasis IP atau yang lebih dikenal dengan sebutan VoIP (*Voice Over Internet Protocol*). Dengan penggunaan teknologi ini dapat menjawab atau memberikan sebuah solusi tepat guna mengatasi beberapa kendala dalam keterbatasan penyampaian informasi. komunikasi yang terjalin atau terkoneksi antara beberapa belah pihak dengan instansi yang sama menyebabkan menurunnya pengeluarannya dapat dipress dengan memanfaatkan teknologi tersebut, dimana fungsi dari telephone digantikan dengan teknologi berbasis Voip IP (Yunita et al., 2021). Agar dapat saling berkomunikasi satu sama lain maka VoIP berkomunikasi suara (*voice*) menggunakan jaringan internet, dengan demikian komunikasi jarak jauh SLJJ maupun SLI dapat di lakukan dengan biaya hemat seperti lokal. dan kelebihan yang di miliki oleh sistem komunikasi lewat jaringan internet adalah dengan mempertimbangkan biaya perawatan yang jauh lebih murah dibandingkan biaya perawatan jaringan telepon konvensional atau *Public Switched Telephone Network* (PSTN). Dengan asumsi perhitungan semakin jauh jarak jaringan komunikasi yang dibangun, maka berbanding lurus dengan biaya perawatan kedua diantara perbandingan sistem tersebut. VoIP membutuhkan protokol agar dapat saling terkoneksi dan berkomunikasi. Dimana protokol yang dapat digunakan untuk membangun suatu jaringan VoIP adalah dengan menggunakan protokol H.323 dan *Session initiation Protocol* (SIP) (Exsan & Fadlilah, 2017). Dalam implementasinya, dimana kedua protokol mempunyai peranan yang penting dalam membangun komunikasi menggunakan metode VoIP. Kualitas suara pada VoIP dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah *bandwidth, jitter, packet loss dan delay*. Apabila paket dari *voice* mengalami proses yang lama (*delay*) untuk sampai ke tujuan, maka merusak kualitas *voice* yang terdengar. Selain itu, besarnya nilai *jitter* dan nilai *packet loss* juga berpengaruh terhadap kualitas dari VoIP itu sendiri (Prasetyo & Suardinata, 2020).

METODE PENELITIAN

Metode *Top Down* adalah metode yang digunakan untuk membangun yaitu jaringan lokal yang setiap itemnya di bangun secara bersamaan menggunakan spesifikasi yang sama dalam sebuah proyek kerja (Syawaludin et al., 2020). Dalam teknik *Top Down* pembangunan jaringan komputer lokal dapat dilaksanakan oleh manajemen puncak atau pembuat keputusan dengan menyediakan semua peralatan yang dibutuhkan oleh semua departement. Teknik ini tidak mengalami kendala dalam integrasi, namun pada setiap departement merasa kurang tercukupi kebutuhannya (Mugi Raharjo, Frengki Pernando, 2019). Untuk memperoleh data perihal hardware jaringan Komputer, topologi yang digunakan dan *ip address* yang sudah diterapkan yang penulis butuhkan, penulis melakukan perancangan sebagai berikut:

1. Analisa Kebutuhan
Analisa kebutuhan melakukan pendataan semua komponen yang akan digunakan untuk membangun jaringan VoIP.
2. Desain
Pada tahap desain adalah desain skema jaringan, topologi jaringan dan alokasi IP address beserta nomor extension yang akan digunakan.
3. Testing
Pada tahap testing dimana dilakukan pengujian terhadap jaringan komunikasi yang telah dibuat.
4. Implementasi
Merupakan tahap terakhir yang dilakukan, yaitu melakukan pemasangan (*install*) jaringan komunikasi yang telah selesai dibuat dan ditesting.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembahasan manajemen jaringan tidak akan membahas mengenai manajemen jaringan secara keseluruhan. Akan tetapi hanya akan fokus membahas mengenai manajemen jaringan untuk membangun layanan VoIP.

1. Data Account

Yang dimaksud dengan data *account* adalah alokasi nomor *extension* untuk masing-masing client, berikut adalah contoh pola untuk *extention* pada sebuah perusahaan:

Tabel 1. Contoh Penggunaan No *extension*

EXT	User	EXT	User
101	Reception	112	IT
102	Direktur	113	Estimator 1
103	Manajer Keuangan	114	Estimator 2
104	Staff Accounting 1	115	Manajer Operasional
105	Staff Accounting 2	116	Personalia 1
106	Staff Pajak 1	117	Personalia 2
107	Staff Pajak 2	118	Recruitment
108	Manajer Proyek	119	QC 1
109	Ass. Manajer Proyek	120	QC 2
110	GA 1	121	Staf Admin
111	GA 2	122	R. Server

Sumber: Dokument Penelitian 2021

2. Dial Plan

Dial plan adalah aturan dial yang dapat digunakan *exstension* agar dapat melakukan panggilan ke *extension* lain dan atau ke kantor cabang lain.

3. Kebutuhan Bandwidth

Untuk memperoleh estimasi atau perkiraan kebutuhan *bandwidth* kita bisa mengunjungi situs web Asterisk Guru di https://www.asteriskguru.com/tools/bandwidth_calculator.php/ Sesuai dengan jumlah *concurrent call* yang ada yaitu sebanyak 22, maka perkiraan *bandwidth* yang dibutuhkan untuk membangun layanan VoIP ini adalah 1.71 Mbps.

Incoming Channel		Outgoing Channel	
<input checked="" type="radio"/> Regular Audio Codecs	Codec: g.711-64.00Kbps	<input checked="" type="radio"/> Regular Audio Codecs	Codec: g.711-64.00Kbps
<input type="radio"/> Speex Audio Codec		<input type="radio"/> Speex Audio Codec	
<input type="radio"/> MGCP		<input type="radio"/> MGCP	
<input type="radio"/> H323		<input type="radio"/> H323	
<input checked="" type="radio"/> SIP		<input checked="" type="radio"/> SIP	
<input type="radio"/> IAX2		<input type="radio"/> IAX2	
<input type="radio"/> IAX2 trunked		<input type="radio"/> IAX2 trunked	
<input type="checkbox"/> RTPC		<input type="checkbox"/> RTPC	
Number of simultaneous calls: 22			
<input type="button" value="Calculate"/>			
Incoming Bandwidth		Outgoing Bandwidth	
Calls: 22		Calls: 22	
RTP: 4.69 Kbps		RTP: 4.69 Kbps	
UDP: 3.13 Kbps		UDP: 3.13 Kbps	
IP: 7.81 Kbps		IP: 7.81 Kbps	
Protocol: SIP		Protocol: SIP	
Audio Codec: 64.00g.711 Kbps		Audio Codec: 64.00g.711 Kbps	
*SIP overhead is disregarded!		*SIP overhead is disregarded!	
Incoming bandwidth:	1751.75 Kbps 1.71 Mbps 218.97 KBps 0.21 MBps	Outgoing bandwidth:	1751.75 Kbps 1.71 Mbps 218.97 KBps 0.21 MBps
Total bandwidth (incoming and outgoing): 3503.5 Kbps 3.42 Mbps 437.94 KBps 0.43 MBps			

Sumber: Dokument Penelitian 2021

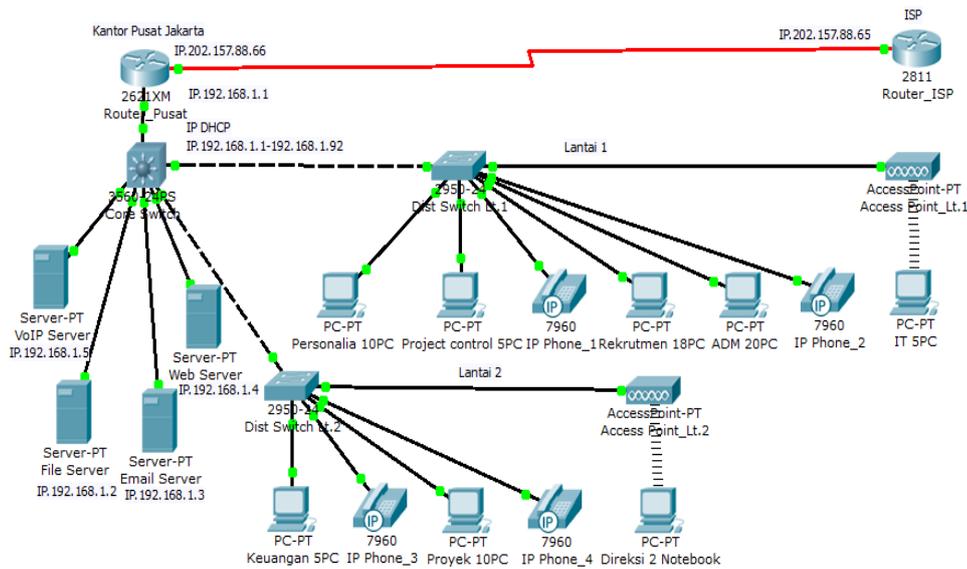
Gambar 1. Kebutuhan Bandwidth VoIp

4. Spesifikasi Server

Secara umum mesin Asterisk akan membutuhkan sekitar 30Mhz kemampuan CPU untuk setiap kanal yang aktif. Oleh karena itu jika ada 22 kanal maka perkiraan kebutuhan CPU nya adalah 22 kanal X 30 Mhz = 660 Mhz. Dengan kebutuhan CPU yang kecil seperti itu, maka dengan kita menggunakan CPU Core 2 Duo 2,13 Ghz sudah lebih dari cukup untuk melayani kebutuhan VoIP untuk 22 kanal aktif.

5. Skema Jaringan

Skema jaringan dengan penambahan sebuah server untuk melayani layanan VoIP dan juga penambahan beberapa perangkat ip phone. Selain itu, juga dilakukan efisiensi alokasi IP address. Untuk kebutuhan layanan VoIP semua user, pada setiap komputer dan laptop user akan di install aplikasi softphone sebagai pengganti hardware ip phone. Tentu saja tetap akan di tambahkan perangkat ip phone hanya saja jumlahnya akan terbatas dan untuk user tertentu.



Sumber : Dokumen Penelitian 2021

Gambar 2. Skema jaringan Untuk pengaplikasian VoIP

6. Rancangan Jaringan VoIp

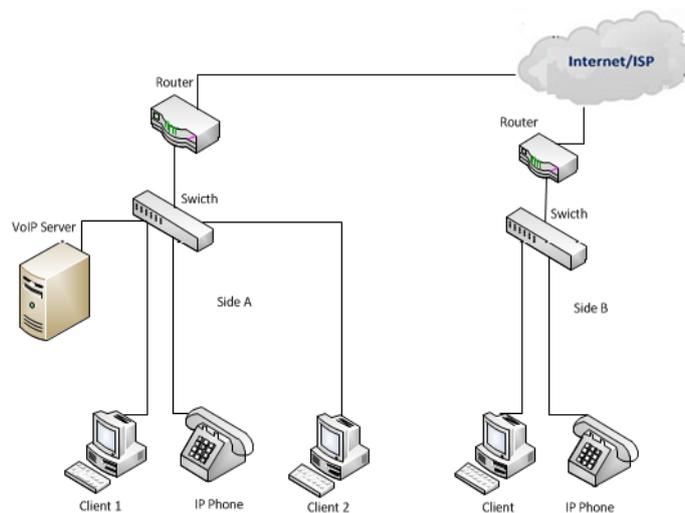
Sebelum perancangan ini diimplementasikan dalam bentuk jaringan VoIP, maka perlu menggambarkan dan menjelaskan User Interface yang akan di buat. Cara kerja SIP pada saat akan membangun hubungan dan memutuskan hubungan adalah:

- a. Pada tahapan pertama Pendaftaran SIP, Dimana pengguna melakukan pendaftaran SIP agar dapat dihubungi dan menghubungi pengguna lain.
- b. Pada tahap selanjutnya menghapus Pendaftaran SIP, sehingga Data pendaftaran SIP pengguna akan dihapus dari server.
- c. Melakukan Panggilan atau Calling, Dimana Pengguna menginisiasi sesi panggilan baru dengan pengguna lain.
- d. Menerima Panggilan atau Dial in, Dimana Pengguna menerima undangan sesi panggilan dari pengguna lain.
- e. Menghentikan Panggilan atau Stop Calling, Dimana Pengguna menghentikan sesi panggilan.
- f. Untuk mengalirkan Data Video, Dimana Pengguna dapat memilih untuk mengalirkan atau tidak mengalirkan data video.
- g. Sementara Untuk Mengalirkan Data Audio, Dimana pengguna dapat memilih untuk mengalirkan atau tidak mengalirkan data audio.
- h. Untuk mengirim Pesan Instan, Dimana pengguna mengirim pesan instan pada pengguna lain.

Sedangkan komponen-komponen yang membentuk sistem VoIP antara lain :

- a. *User Agent*
end point dari jaringan VoIP dan dapat berupa hardphone seperti *IPphone*, *USBphone* ataupun *softphone* seperti *SJPhone* dan *X-Lite*, bahkan telepon analog biasa.
- b. *Proxy*
Sentral dari jaringan VoIP yang dapat berupa *PC* yang telah terinstall aplikasi *softswitch* seperti *asterisk*, *axon* ataupun perangkat seperti *cisco* dengan *call manager*.
- c. *Protocol*
Suatu aturan yang mengatur atau memanajemen suatu proses panggilan antara lain *SIP* dari *IETF*, *IAX* dari *Asterisk*, dan *H-323* dari *ITU*.
- d. *Codec (Coder-Decoder)*
Komponen dalam proses *coding-decoding* dari *voice* atau *video* dalam jaringan VoIP seperti *G711*, *GSM*, *iLBC*, dll.

VoIP menggunakan protokol *H-323*, *SIP* untuk *call control* dan *signaling* dapat bekerja pada layer aplikasi. Sedangkan *MGCP* adalah protokol yang digunakan untuk mengontrol media gateway dari *call agent*. *H-323* menyediakan protokol *H-225 RAS* (*registration, admission, status*), *H-225.0 / Q-931* (kanal *call signaling*), dan *H-245* (kanal kontrol). *RAS* menggunakan protokol *UDP* untuk melakukan *transport message-message endpoint* ke *gatekeeper*, *Q-931* dan *H-245* bekerja menggunakan protokol *TCP* untuk media transfer. Setelah sesi percakapan dibentuk melalui *H-323* ataupun *SIP*, maka *H-323* dan *SIP* menggunakan *RTP* untuk melakukan transfer data dari tujuan ke penerima, *Voice* sebelum dikirimkan akan melalui proses *sampling* dan *encoding* untuk dikodekan menjadi data digital yang kemudian ditampung kedalam sebuah *buffer* dan kemudian dienkapsulasi ke dalam paket *Real-time Transport Protocol (RTP)* yang kemudian dienkapsulasi lagi ke dalam protokol transport, yaitu *User Datagram Protocol (UDP)* dan diteruskan untuk dienkapsulasi kembali oleh protokol *IP* pada layer *network*. *RTP* menggunakan *Real-time Control Protocol (RTP)* untuk memonitor kualitas dari sesi *RTP*. Berikut ini Rancangan Jaringan Vo IP yang menjelaskan tentang Rancangan Aplikasi yaitu:



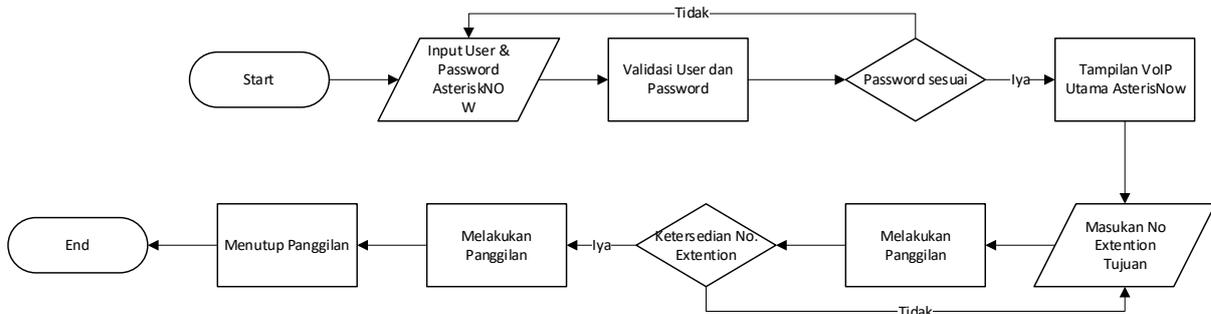
Sumber: Dokument Penelitian 2021

Gambar 3. Skema Jaringan VoIp

Asterisk adalah *open source software* yang biasanya digunakan untuk membangun suatu sistem layanan komunikasi serta memberikan kemudahan kepada user-nya untuk mengembangkan layanan telepon sendiri dengan kustomisasi yang seluas-luasnya diberikan kepada pihak pengguna. Fitur yang disediakan, diantaranya *Voicemail*, *Call Conferencing*, *Interactive Voice Response*, *Call Queuing*, *Three Way Calling*, *Caller ID Service*, *Analog Display Service Interface*, *Protokol Vo IP SIP*, *H-323* (sebagai client dan gateway), *IAX*, *MGCP* (hanya menyediakan fungsi *call manager*), *SCCP/Skinny*, dan masih banyak lagi fitur yang disediakan Asterisk.

Berikut ini cara kerja Asterisk diantaranya adalah :

- Komunikasi atau perbincangan di dalam Asterisk menggunakan sebuah kanal.
- Jika ada N tnode pada sesi komunikasi, maka disediakan N kanal untuk masing-masing node.
- Topologi yang digunakan pada aplikasi Asterisk adalah *S T A R*, dimana IP PBX yang dikonfigurasi dengan Asterisk sebagai pangkalnya.
- Dapat memungkinkan, di masing-masing node akhir topologi tersebut adalah user dengan protokol yang berbeda, misalkan satu node menggunakan S I P, titik lain menggunakan H-323.



Sumber : Dokument Penelitian 2021

Gambar 4. Flowchart Aplikasi VoIp AsteriskNOW

Gambar diatas adalah proses koneksi atau *connecting* antara *AsteriskNOW* kepada user. Dimana terdapat blok diagram yang tersebut dibagi menjadi beberapa bagian yang terdiri dari input, proses, dan output. Bagian proses dikendalikan sepenuhnya oleh *AsteriskNOW* yang merupakan pusat dari telepon dari VoIP. Pada outputnya terdiri dari softphone, soundcard/kartu jaringan, dan headset melalui speaker. Disini dapat melihat bahwa output dari *AsteriskNOW* merupakan input bagi user, begitu pula sebaliknya.

7. Pengujian Kualitas Suara pada aplikasi AsteriskNOW

VQ Manager memiliki fitur yang lengkap untuk memonitor suatu jaringan Vo IP, seperti: *Call Volume*, *Voice Quality* dan *Traffic Monitor*. *VQ Manager* bekerja dengan menaruh *sniffer* pada sebuah *interface proxy server*, sehingga *VQ Manager* dapat melihat dan recor paket-paket yang keluar masuk pada interface tersebut. Hal tersebut menimbulkan keterbatasan, yaitu paket-paket yang tidak melalui proxy tidak dapat direcord dalam hal ini, apabila panggilan telepon dilakukan dari dan ke *extension* lain selain *proxy*, maka hanya paket-paket S I P saja yang dapat direkam, sehingga parameter-parameter paket suara seperti *delay*, *jitter*, *packet loss*, *M O S* dan *R Factor* tidak dapat direcord. Seluruh paket SIP dapat direcord dikarenakan seluruh paket SIP pasti melewati proxy. Dalam hal ini, peneliti melakukan pengujian kualitas suara terhadap panggilan telepon dari dan ke *proxy*. hal tersebut sudah cukup mewakili pengujian kualitas suara pada seluruh jaringan Vo IP yang telah dibangun. Parameter-parameter yang dianalisa meliputi *delay*, *jitter*, *packet loss*, *M O S* dan *R Factor*. Nilai-nilai yang ditampilkan merupakan nilai average (rata - rata).

Tabel 2 . Pengujian Suara Antar Extension

Pengujian	Call	Jitter (ms)	Delay (ms)	Packet loos (%)	MOS	R Factor
1	101 ke 102	20,26	29,80	1,5	4,4	93
2	102 ke 101	21,20	30,03	0,7	4,4	93
3	103 ke 102	19,71	29,84	2,1	4,4	93
4	104 ke 103	19,57	29,90	11,6	4,4	93
5	105 ke 104	20,26	29,80	1,5	4,4	93
6	106 ke 105	24,34	30,74	0,2	4,4	93
7	107 ke 106	20,79	29,11	9,5	4,4	93
8	108 ke 107	34,64	31,31	1,6	4,4	93
9	101 ke 201	22,43	29,88	7,6	4,4	93
10	201 ke 101	20,75	29,78	1,4	4,4	93

Sumber: Dokument Penelitian 2021

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian tersebut maka didapatkan bahwa Dengan penerapan teknologi VoIP ini terbukti dapat meningkatkan efektifitas kegiatan komunikasi karena user tidak lagi harus mengetik pesan yang panjang dan juga menggunakan video call yang menghabiskan *bandwidth*. Komunikasi antara kantor cabang dengan kantor pusat dapat melalui jaringan IP sehingga tidak membutuhkan lagi jaringan PSTN yang biaya operasional dan perawatannya relatif mahal. Dengan merancang teknologi VoIP, perusahaan tidak lagi membutuhkan layanan dari server public untuk kegiatan komunikasi antara kantor cabang dengan kantor pusat. Perancangan VoIP tidak memerlukan biaya yang mahal, karena infrastruktur jaringan sudah ada dan juga digunakannya berbagai aplikasi Open Source. Penggunaan codec sangat berpengaruh terhadap besaran bandwidth yang dibutuhkan dan kualitas suara dengan adanya pengujian terhadap didapatkan nilai rata-rata dalam pengujian terhadap Jitter adalah sebesar 22,3 dan rata-rata untuk Delay adalah 29,7.

REFERENSI

- Elly Mufida, Dedi Irawan, G. C. (2017). Remote Site Mikrotik VPN Dengan Point To Point Tunneling Protocol (PPTP) Studi Kasus Pada Yayasan Teratai Global Jakarta. *Jurnal Matrik*, 16(2), 9.
- Exsan, M., & Fadlilah, U. (2017). Pembangunan Infrastruktur Voice Over Internet Protocol di Organisasi Perangkat Daerah Boyolali menggunakan Server Elastix. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 17(2), 39–47. <https://doi.org/10.23917/emitor.v17i2.6233>
- Madcoms. (2019). *Panduan Lengkap Membangun Sistem Jaringan Komputer Dengan Mikrotik RouterOS* (Madcoms (ed.); 1st ed.). Penerbit Andi.
- Melyana, I., & Indriyani, T. (2016). Analisa Quality Of Service Dan Implementasi Voice Over Internet Protocol Dengan Menggunakan IPSEC VPN. *Integer Journal*, 1. No. 2, 53–66.
- Mugi Raharjo, Frengki Fernando, A. F. (2019). Perancangan Performansi Quality Of Service Dengan Metode Virtual Routing Redudancy Protocol (VRRP). *Teknik Komputer*, V(1), 87–92. <https://doi.org/10.31294/jtk.v5i1.4555>
- Paper, F., Hidayat, A., Saputra, I. P., Komputer, I., Muhmammadiyah, U., Metro, K., Metro, U. M., & Metro, K. (n.d.). *International Journal Information System and Computer Science (IJISCS) (VOIP) AS A COMMUNICATION MEDIA BETWEEN UNIT VOIP (Voice over Internet Protocol) is the theology that makes the intranet network even the internet to be able to do voice communic.* 59–66.
- Prasetyo, J. A., & Suardinata, I. W. (2020). Comparison of Voice over Internet Protocol (VoIP) Performances in Various Network Topologies. *Buletin Pos Dan Telekomunikasi*, 18(1), 65. <https://doi.org/10.17933/bpostel.2020.180105>
- Sindoro, C. G., & Pramudita, A. A. (2017). Kinerja Jaringan Voice Over Internet Protocol (Voip) Adhoc Berbasis Openwrt. *Jurnal Teknik Komputer Unikom-Komputika*, 6(1), 21–28.
- Syawaludin, H. A., Fauzi, A., & Rosyida, S. (2020). Perancangan Dan Implementasi Jaringan Tunnel Dengan Metode Pptp Pada Yayasan Pendidikan Bina Putera Indonesia. *Jurnal Edik Informatika*, 7(1). <http://dx.doi.org/10.22202/ei.2020.v7i1.4346>
- Yunita, C., Maruddani, B., Djatmiko, W., & Jaenul, A. (2021). ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI CODEC G.711, G.722 DAN OPUS PADA IMPLEMENTASI LAYANAN VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VOIP) BERBASIS RASPBERRY PI SERVER MENGGUNAKAN METODE MOS E-MODEL (ITU-T G.107) Chika. *9th Applied Business and Engineering Conference*, 1–11.