

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Jaringan Komputer

Alamat IP (Internet Protocol) adalah alamat logis yang diberikan kepada setiap perangkat yang terhubung ke jaringan untuk keperluan identifikasi dan komunikasi. Sementara itu, alamat MAC (Media Access Control) adalah alamat fisik yang unik untuk setiap perangkat keras jaringan yang berfungsi pada lapisan data link. Kombinasi penggunaan alamat IP dan MAC memastikan bahwa data yang dikirim melalui jaringan dapat mencapai tujuan yang tepat dengan efisiensi dan keamanan yang optimal. Alamat IP, atau Internet Protocol, merupakan identifikasi logis yang disematkan pada setiap perangkat yang terhubung ke jaringan guna tujuan pengenalan dan interaksi

2.1.2 Voice over Internet Protocol (VoIP)

Voice over Internet Protocol (VoIP) adalah teknologi yang dapat mengirim trafik suara, video, dan informasi secara real-time. Hal ini dilakukan dengan mengonversi mereka menjadi kode digital dan menyusunnya menjadi paket-paket informasi. Paket-paket ini dikirim melalui Internet Protocol (IP), memungkinkan pengguna terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan IP. Penggunaan jaringan IP dapat mengurangi biaya. Karena tidak perlu membuat infrastruktur baru untuk komunikasi suara. Diperlukan server IP Private Branch Exchange (IP-PBX) untuk membuat jaringan VoIP. Server IP-PBX berperan dalam menghubungkan, mengontrol, dan memutuskan panggilan (Nouvatie et al., 2021).

1. Kelebihan VoIP

Menurut (Dwiyatno et al., 2019) *VoIP* dibuat untuk menyediakan sarana komunikasi agar lebih hemat biaya dan lebih fleksibel. Berikut adalah manfaat yang diperoleh dari penggunaan komunikasi *VoIP*, yaitu:

- a) Fokus utama *VoIP* adalah pada penghematan biaya. Dengan adanya dua lokasi yang terhubung melalui internet, biaya percakapan menjadi sangat murah.

- b) Menggunakan infrastruktur jaringan data yang sudah ada untuk layanan suara. Jika memungkinkan, jaringan yang sudah ada dapat dengan mudah diperluas untuk mencakup *VoIP*. Tidak ada biaya tambahan bulanan untuk menambah komunikasi suara.
- c) Penggunaan Bandwidth yang lebih rendah dibandingkan telepon konvensional. Dengan kemajuan teknologi, penggunaan Bandwidth untuk suara dapat dioptimalkan, dan teknik kompresi data memungkinkan suara hanya memerlukan sekitar 8 kbps Bandwidth.
- d) Memungkinkan integrasi dengan jaringan telepon lokal yang sudah ada. Dengan adanya gateway, *VoIP* dapat dihubungkan dengan *PABX* yang ada di kantor. Komunikasi antar kantor dapat dilakukan menggunakan telepon biasa.
- e) Berbagai jenis jaringan *VoIP* dapat digabungkan untuk membentuk jaringan yang lebih besar.
- f) Terdapat beragam opsi penggunaan peralatan yang ada, contohnya dari PC ke telepon biasa atau dengan handset IP phone.

2. *Kekurangan VoIP*

Menurut (Dwiyatno et al., 2019) Di antara sejumlah keuntungan *VoIP* yang telah dijelaskan, terdapat pula beberapa kelemahannya. Berikut adalah beberapa kerugian yang dapat ditemukan pada *VoIP*, yaitu:

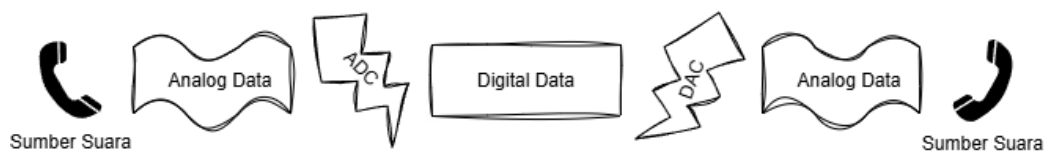
- a) Kompresi suara yang terjadi dengan bandwidth rendah dapat menurunkan kualitas audio bila dibandingkan dengan jaringan *PSTN* tradisional. Namun, jika menggunakan sambungan internet pita lebar, seperti Telkom Speedy, kualitas suara akan lebih jelas dan tidak akan terputus.
- b) Proses konversi data menjadi suara dan latency dari jaringan menyebabkan adanya jeda saat berkomunikasi menggunakan *VoIP*, kecuali jika terhubung dengan internet broadband seperti yang disebutkan sebelumnya.
- c) Peraturan pemerintah Indonesia membatasi koneksi *VoIP* dengan jaringan milik Telkom.
- d) Untuk dapat terhubung, diperlukan upaya untuk berkomunikasi jika tidak

online secara terus menerus selama 24 jam.

- e) Ketika menggunakan internet dan komputer di balik NAT (*Network Address Translation*), dibutuhkan pengaturan khusus agar *VoIP* dapat digunakan.
- f) Tidak ada jaminan bahwa kualitas akan terjaga jika *VoIP* digunakan melalui internet.
- g) Perangkat *VoIP* yang menghubungkan *VoIP* dengan *PABX* (IP Telephony Gateway) cenderung mahal. Diharapkan dengan meningkatnya popularitas *VoIP*, harga perangkat tersebut dapat menurun.
- h) Penyatuan jaringan yang tidak dikoordinasikan dengan baik dapat menyebabkan kekacauan dalam sistem penomoran.

2.1.3 Cara Kerja VoIP

Pada Gambar 2.1 menggambarkan proses bagaimana panggilan VoIP berlangsung, dimana pengiriman sinyal ke tujuan jarak jauh bisa dilakukan secara digital. Pertama, sinyal analog konversi menjadi data digital menggunakan *Analog to Digital Converter (ADC)*. Kemudian, data tersebut dikirim dan dikonversi kembali menjadi sinyal analog oleh penerima dengan menggunakan *Digital to Analog Converter (DAC)* oleh penerima. Sama seperti *VoIP*, data suara yang telah dikonversi menjadi paket data, lalu dikirimkan dan kemudian dikonversi kembali menjadi bentuk suara ketika sampai ke penerima. Suara transformasikan ke format digital untuk kemudahan mengontrol. Selain itu, suara juga dapat dikompresi dan ditingkatkan ke kualitas yang lebih baik. Data digital cenderung lebih tahan terhadap gangguan suara dibandingkan dengan analog (Fahmi, 2023).



Gambar 2. 1 Cara Kerja VoIP

2.1.4 OSI layer

Dalam jaringan komputer, terdapat satu lapisan yang memiliki peran yang spesifik dan dilengkapi dengan protokol yang unik. ISO (*International*

Organization for Standardization) telah menetapkan sebuah standar untuk arsitektur jaringan komputer yang dikenal dengan istilah *Open System Interconnection (OSI)*. Standar ini terdiri dari tujuh lapisan protokol yang bertugas untuk memfasilitasi komunikasi antar dua komputer (Wibowo, 2009).

Berikut merupakan lapisan *osi layer* yang memiliki tugas nya masing-masing di antaranya adalah:

1. *Physical layer*

Lapisan ini menangani pengiriman data dalam bentuk bit melalui kabel. Bagian ini berhubungan langsung dengan perangkat keras seperti kabel serta kartu jaringan (LAN CARD).

2. *Data link layer*

Bagian ini mengawasi kesalahan komunikasi antara dua komputer melalui lapisan fisik. Data link umumnya digunakan oleh Hub dan Switch.

3. *Network layer*

Lapisan ini bertugas menerjemahkan alamat logis jaringan ke alamat fisik yang sesuai. Selain itu, ia memberikan identifikasi alamat, menentukan rute pengiriman data, serta mengelola masalah jaringan, seperti pengiriman paket data.

4. *Transport layer*

Bagian ini mengelola pengiriman pesan antara berbagai host dalam jaringan. Data akan dipecah menjadi paket sebelum dikirim, dan penerima akan menyusun ulang paket-paket tersebut menjadi data yang utuh. Lapisan ini menjamin bahwa pengiriman data berlangsung tanpa kesalahan dan tanpa kehilangan paket. Pada lapisan ini juga VoIP media protokol beroperasi untuk melakukan proses pengiriman data.

5. *Session layer*

Mengatur pembuatan dan penghentian sesi untuk suatu proses. Contohnya, ketika melakukan login interaktif, sesi itu dimulai, dan dapat berakhir ketika ada permintaan untuk log off. Lapisan ini juga mampu menghubungkan kembali jika sesi login terputus.

6. *Presentation layer*

Berfungsi untuk menyandikan data. Lapisan membuat dua host dapat saling berkomunikasi.

7. *Application layer*

Memberikan layanan kepada aplikasi seperti pengiriman file, email, serta akses ke komputer atau layanan tertentu. Pada lapisan inilah VoIP Signaling protokol beroperasi dimana VoIP signaling bertugas untuk memulai, memodifikasi dan mengakhiri sesi komunikasi dan tidak melakukan proses pengiriman data.

2.1.5 *VoIP Signaling Gateway Protocol*

Dikutip dari (Suhartono, 2014) VoIP Signaling Gateway Protocol adalah sebuah protokol yang berperan dalam memecah sinyal VoIP menjadi data terstruktur dan menyimpannya dalam paket suara, serta meneruskan pengiriman paket suara dengan menggunakan protokol gateway yang dapat mengirimkan data multimedia. Berikut merupakan *VoIP Signaling Gateway Protocol*, di antaranya:

1. H.323 : *H.323*
2. Megaco H.248: *Gateway Control Protocol*
3. MGCP : *Media Gateway Control Protocol*
4. RVP over IP : *Remote Voice Protocol Over IP*
5. SAPv2 : *Session Announcement Protocol*
6. SDP : *Session Description Protocol*
7. SGCP : *Simple Gateway Control Protocol*
8. SIP : *Session Initiation Protocol*
9. Skinny : *Skinny Client Control Protocol (Cisco)*

2.1.6 *VoIP Media Protocol*

Dikutip dari (Suhartono, 2014) *VoIP Media Protocol* adalah suatu protokol yang bertugas untuk mengubah dan mengecilkan ukuran media ke dalam format tertentu yang diperlukan oleh VoIP Signaling. Protokol ini perlu memiliki kemampuan untuk melaksanakan proses Audio, Video, dan T.120 (*Multipoint Data Conferencing and Real-Time Communication Protocols*) dengan berbagai variasi serta mampu melakukan terjemahan media secara full duplex. Berikut merupakan beberapa *VoIP Media Protocol*:

1. DBV : *Skinny Client Control Protocol (Cisco)*
2. H.261 : *Video stream for transport using the real-time transport*
3. H.263 : *Bitstream in the Real-time Transport Protocol*
4. RTCP : *Real-Time Transport Control Protocol*
5. RTP : *Real-Time Transport Protocol*

2.1.7 Internet Protocol Private Branch Exchange (IP-PBX)

Internet Protocol Private Branch Exchange (IPPBX) adalah sistem telepon yang menggunakan jaringan data IP untuk melakukan panggilan telepon. Semua percakapan akan dikirim dalam bentuk paket data melalui jaringan. Sistem IP PBX biasanya terdiri dari telepon SIP, server IP PBX, dan VoIP gateway (jika diperlukan untuk terhubung ke jalur PSTN). IP PBX bekerja dengan cara klien SIP seperti *softphone* atau perangkat keras berbasis ponsel, melakukan pendaftaran ke server IP PBX. Saat ingin melakukan panggilan, klien meminta IP PBX untuk melakukannya (Djumhadi, 2023).

Penelitian kali ini menggunakan Briker sebagai server IPPBX, karena penggunaan Briker sebagai IP PBX disarankan untuk suatu organisasi, karena jumlah maksimal extension yang dapat digunakan mencapai 1000 extension dan jumlah perkiraan percakapan berlangsung maksimal 240 (Putra, 2020).

2.1.8 Session Initiation Protocol (SIP)

Session Initiation Protocol (SIP) adalah protokol Open Standard yang dipublikasikan oleh IETF, RFC 2543 dan RFC 3261 (Dwiyatno et al., 2019). SIP adalah protokol yang terletak pada layer aplikasi yang mendefinisikan proses awal, perubahan dan penghentian sebuah sesi komunikasi multimedia. SIP mampu mengelola sinyal untuk jaringan IP. Protokol SIP ini mencakup berbagai protokol, termasuk Real Time Protocol (RTP) dan Real Time Control Protocol (RTCP) yang bertugas mengirimkan media dan memantau kualitas layanan, serta Session Description Protocol (SDP) yang menjelaskan media dalam suatu komunikasi. Elemen SIP yang berhubungan dengan VoIP adalah User Agent dan Network Server (Putra, 2020).

SIP merupakan protokol signaling yang bekerja di layer 7, sedangkan protokol media yang digunakan SIP ialah RTP, RTCP, SDP dan UDP yang

beroperasi di transport layer. Pada Tabel 2. 1 merupakan fungsi dari protokol *SIP* sebagai protokol signaling yang bertugas untuk memulai, memodifikasi, dan mengakhiri sesi komunikasi.

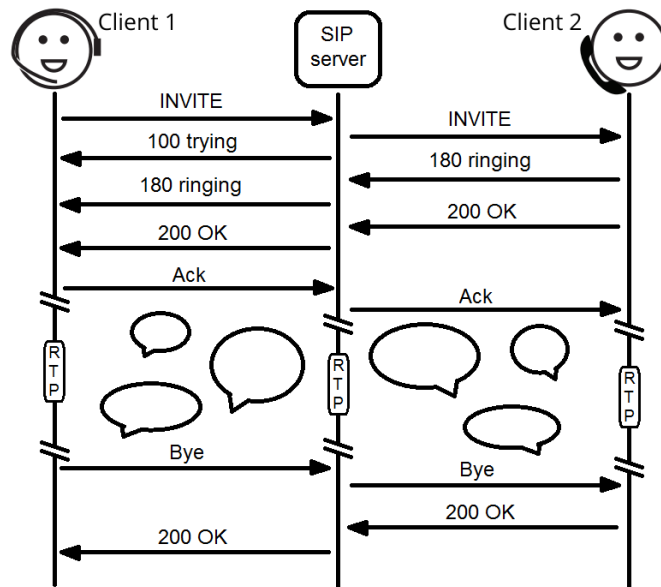
Tabel 2. 1 Fungsi SIP

Fungsi	Keterangan
Registrasi dan identifikasi lokasi user	End points (IP Phones) mengirimkan pemberitahuan lokasi kepada SIP proxies. SIP juga menetapkan end point mana yang akan terlibat dalam panggilan.
Ketersediaan user	SIP yang digunakan oleh endpoint untuk mengidentifikasi apakah panggilan yang masuk diterima atau tidak.
Kemampuan user	SIP yang digunakan oleh end point untuk bernegosiasi dengan kemampuan jaringan, seperti pemakaian voice codec.
Session setup	SIP menginformasikan kepada endpoint bahwa endpoint harus ringing, ini berkaitan dengan fitur seperti conference.
Session Management	SIP yang digunakan untuk memindahkan panggilan, mengakhiri panggilan, dan mengubah pengaturan panggilan selama sesi berlangsung.

Sumber: (Wibowo, 2009)

Keunggulan dari SIP terletak pada penerapan model berbasis teks dalam request dan respons di HTTP. Ini membuat proses debugging menjadi lebih mudah karena pesan dapat direkonstruksi dengan gampang serta dapat dengan mudah diperiksa dan dianalisis (bagi network manager). Berbeda dengan H.323, SIP merupakan protokol yang relatif sederhana, tetapi tetap memiliki banyak fitur yang bermanfaat untuk lingkungan telepon PBX. SIP mampu beroperasi di atas IPv4 dan IPv6 serta dapat memanfaatkan TCP atau UDP. Pada umumnya, implementasi VoIP biasanya menggunakan IPv4 dan UDP (Wibowo, 2009).

Selanjutnya adalah proses komunikasi sederhana yang terjadi dengan menggunakan protokol SIP dan melibatkan 2 pengguna VoIP.



Gambar 2. 2 Proses Komunikasi Protokol SIP

Sumber: <https://askozia.com/voip/what-is-sip/>

Dari Gambar 2.2 terdapat beberapa tahapan ketika hendak melakukan komunikasi, yaitu:

1. Pertama-tama client 1 mengirimkan pesan INVITE ke client 2. Sebelum INVITE menuju ke client 2, INVITE tersebut diterima dahulu oleh server SIP, karena server SIP yang mengatur jalannya komunikasi.
2. Lalu server SIP mengirimkan respond 100 trying ke client 1 yang menunjukkan bahwa server SIP sedang mencoba menghubungi client 2.
3. Setelah client 2 mendapatkan pesan invite, client 2 mengirimkan balasan 180 Ringing ke server SIP, yang menandakan bahwa panggilan sedang berdering di sisi client 2. Server SIP lalu menyampaikan respond ini kepada client 1.
4. Saat client 2 menerima panggilan, client 2 mengirimkan respon 200 OK kepada server SIP, yang menandakan bahwa panggilan telah diterima, lalu server SIP kemudian menyampaikan respon ini kepada client 1.
5. Begitu 200 OK diterima oleh client 1, lalu client 1 mengirimkan pesan ACK kepada client 2 melalui server SIP sebagai konfirmasi bahwa mereka telah menerima respon 200 OK.
6. Setelah sesi SIP dibentuk, komunikasi suara atau media lainnya berlangsung secara langsung antara client 1 dan client 2 menggunakan RTP. RTP

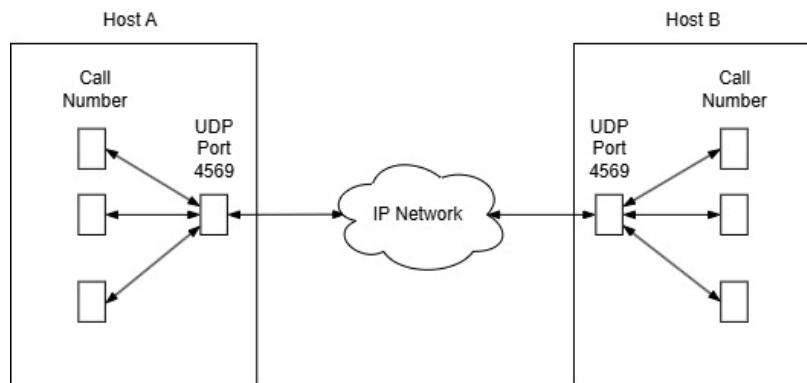
bertanggung jawab untuk pengiriman data suara atau video sepanjang panggilan.

7. Setelah proses komunikasi dituntaskan, salah satu pihak (dalam hal ini adalah client 1) mengirimkan pesan BYE untuk menutup sesi percakapan.
8. Pihak yang menerima pesan BYE mengirimkan balasan 200 OK sebagai pengesahan bahwa sesi telah ditutup.

2.1.9 Inter-Asterisk eXchange versi 2 (IAX2)

Menurut (Putra, 2020). *Inter-Asterisk eXchange versi 2 (IAX2)* adalah protokol standar VoIP untuk jaringan Asterisk. IAX2 adalah protokol yang digunakan untuk VoIP. IAX2 menggunakan 1 port UDP 4569 untuk media protocol dan control protocol. IAX2 dapat beroperasi dengan NAT dan *Firewall* tanpa masalah. *IAX* pertama kali dibuat oleh Mark Spencer di Asterisk yang digunakan untuk sinyal pada VoIP. Secara umum, arsitektur IAX lebih sederhana dibandingkan beberapa protokol signaling VoIP lainnya.

Pada Gambar 2.3 merupakan hubungan antara host internet. Setiap host menggunakan UDP (*User Datagram Protocol*) dengan port 4569 untuk bertukar semua paket data. Kemudian, IAX memakai nomor panggilan 15-bit untuk mengintegrasikan berbagai aliran melalui UDP di port ini.



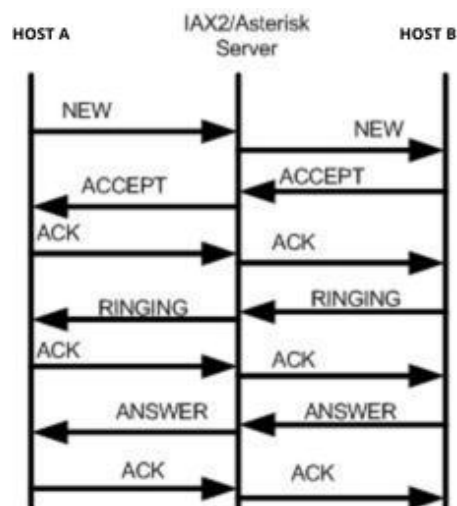
Gambar 2. 3 Dialog Protokol IAX2 Menggunakan UDP

Sumber: (Wibowo, 2009)

Secara umum, terdapat dua jenis protokol, satu untuk sinyal dan satu lagi untuk pengiriman media itu sendiri. Sedangkan IAX dibuat untuk memanfaatkan satu port dalam berkomunikasi baik untuk data maupun suara. Protokol ini diciptakan karena NAT hanya mampu mentransfer data internet melalui satu port

dalam satu waktu. Hal ini yang membuat IAX mampu dengan mudah menembus NAT, karena dalam protokol VoIP lainnya, port untuk suara dan data dikirim melalui jalur port yang berbeda. Saat melewati NAT, komunikasi suara bisa terpengaruh, mulai dari suara yang tidak terkirim hingga hanya satu sisi suara yang dapat terkirim (Wibowo, 2009).

Pada Gambar 2. 4 merupakan alur sederhana dalam pembentukan koneksi pada protokol *IAX*.



Gambar 2. 4 Proses Komunikasi Protokol *IAX2*

Sumber: https://www.researchgate.net/figure/AX2-Signaling-Call-setup-Protocol_fig1_307472061

Pada Gambar 2.4 terdapat beberapa langkah dalam komunikasi protokol *IAX2*. Yaitu:

1. Host A mulai mengirimkan pesan kepada host B. Sebelum pesan menuju ke host B, pesan diterima oleh server terlebih dahulu dan pesan diteruskan ke host B.
2. Kemudian, host B merespons dengan pesan *ACCEPT* dan dikirim ke server, lalu server mengirimkan pesan *ACCEPT* ke host A yang menunjukkan kepada host A bahwa ia telah menerima pesan dan siap untuk memulai panggilan.
3. Selanjutnya, host A mengirimkan pesan *ACK* ke server dan server meneruskan pesan *ACK* kepada host B yang menandakan bahwa ia telah menerima pesan *ACCEPT*.
4. Setelah host B berdering, host B juga mengirimkan pesan *RINGING* ke server dan diteruskan oleh server kepada host A.

5. Host A kemudian memberikan pesan ACK kepada host B sebagai tanda bahwa ia telah menerima pesan RINGING.
6. Selanjutnya, ketika telepon diangkat, host B mengirimkan pesan ANSWER kepada host A. Proses pengaturan panggilan telah berhasil.

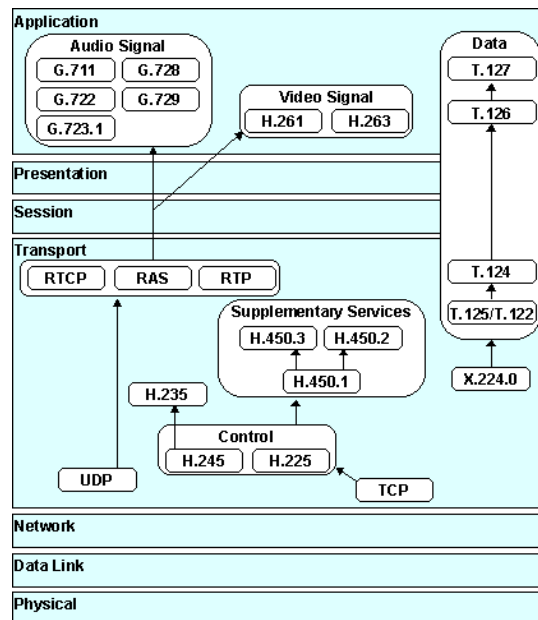
2.1.10 H.323

H.323 adalah protokol yang direkomendasikan oleh ITU-T untuk mengatur komunikasi multimedia secara real-time. Standar yang digunakan pada jaringan ini antara lain *Internet Protocol (IP)*, *Internet Packet Exchange (IPX)*, *Local Area Network (LAN)*, *Enterprise Network (EN)*, *Metropolitan Area Network (MAN)*, dan *Wide Area Network (WAN)*. Standar ini bukanlah entitas independen melainkan kombinasi dari berbagai elemen, protokol, dan prosedur yang digunakan dalam pengembangan layanan komunikasi multimedia yang menerangkan set voice, video, dan konferensi data (Nugroho, 2016).

Protokol *H.323* hanyalah protokol sinyal yang bekerja di layer 7, akan tetapi terdapat protokol media transmisi data yang digunakan oleh *H.323*. Dikutip dari (Muhartanto, 2010) Spesifikasi *H.323* menguraikan fungsi berbagai protokol untuk pengiriman data, audio, dan video. Berdasarkan Rekomendasi ITU-T, protokol-protokol tersebut meliputi:

1. *H.225 Registration, Admission and Status (RAS)*, digunakan antara end point *H.323* dan Gatekeeper untuk menyuplai resolusi alamat serta pengendalian akses layanan.
2. *H.225 Call Signalling*, memfasilitasi dua entitas *H.323* dalam membangun komunikasi.
3. *H.245 Control Protocol* berfungsi untuk komunikasi multimedia dan menjelaskan prosedur serta pesan yang digunakan dalam pertukaran kemampuan, serta pengaturan pembukaan dan penutupan saluran logis untuk audio, video, dan data, kontrol, serta indikasi.
4. *Real Time Transport Protocol (RTP)* berfungsi mengirim dan menerima data multimedia (video, suara, dan data) di antara dua entitas.
5. *H.235 series* dipergunakan untuk keamanan sinyal dan media.
6. *H.239* menjelaskan penggunaan dual stream dalam konferensi video, biasanya satu untuk video langsung dan satu untuk gambar diam.

7. H.450 series menawarkan berbagai layanan tambahan.
8. H.460 series mendeskripsikan ekstensi opsional yang dapat diterapkan pada endpoint atau Gatekeeper, serta berfungsi dalam Network Address Translation atau penembusan Firewall.



Gambar 2. 5 Protokol-Protokol pada H.323

Sumber: <https://www.cs.nccu.edu.tw/~lien/VOIP/VOIPtech/hardcopy.htm>

Pada Gambar 2.5 terdapat berbagai protokol yang mendukung pengiriman data agar dapat terjadi secara langsung. Dikutip dari (Muhartanto, 2010):

1. RTP (*Real-Time Protocol*)

Protokol yang dirancang untuk mengatasi jitter dan desequencing yang muncul dalam jaringan IP. RTP bisa dipakai untuk berbagai jenis aliran data yang bersifat real-time seperti audio dan video. RTP mengandung informasi mengenai jenis data yang dikirim, timestamps yang berfungsi untuk penjadwalan waktu agar suara percakapan terdengar sebagaimana mestinya, dan nomor urut yang dipakai untuk mengatur susunan paket data serta mengidentifikasi jika ada paket yang hilang.

RTP dirancang untuk berfungsi pada lapisan transport. Meskipun demikian, RTP beroperasi di atas UDP, bukan TCP karena TCP tidak mampu menyesuaikan diri dengan pengiriman data real-time yang membutuhkan keterlambatan minimal, seperti dalam komunikasi suara. Dengan memanfaatkan UDP yang dapat

mentransmisikan paket *IP* secara multicast, *RTP* memungkinkan satu terminal untuk mengirimkan stream ke beberapa tujuan terminal.

2. RTCP (*Real-Time Control Protocol*)

Merupakan sebuah protokol yang umumnya diterapkan bersamaan dengan *RTP*. *RTCP* memiliki fungsi untuk mengirimkan paket kontrol dari setiap terminal yang ikut serta dalam percakapan, digunakan sebagai informasi mengenai kualitas transmisi di jaringan. Ada dua elemen penting dalam paket *RTCP*; yang pertama adalah laporan pengirim, yang menyimpan informasi mengenai volume data yang telah dikirimkan, memeriksa timestamp di header *RTP*, dan memastikan kesesuaian data dengan timestamp tersebut. Elemen kedua adalah laporan penerima, yang dikirimkan oleh penerima panggilan. Laporan penerima mencakup informasi tentang jumlah paket yang hilang selama sesi percakapan, menunjukkan timestamp terakhir dan penundaan sejak pengiriman laporan pengirim terakhir.

3. RSVP (*Resource Reservation Protocol*)

RSVP beroperasi di lapisan transport. Ini digunakan untuk memastikan ketersediaan bandwidth agar data suara yang dikirim tidak mengalami keterlambatan atau kerusakan saat sampai di alamat tujuan unicast maupun multicast. *RSVP* adalah protokol sinyal tambahan dalam *VoIP* yang berdampak pada kualitas layanan.

2.1.11 *Interactive Voice Response (IVR)*

Interactive Voice Response (IVR) adalah teknologi yang mengotomatisasikan interaksi antara penelepon dan sistem telepon. Menurut (Hamidi et al., 2020) *IVR* terdiri dari beberapa teknologi yang bekerja sama seperti telepon komputer, pengenalan suara, penjadwalan, menerima, memasukkan, dan merekam panggilan telepon otomatis. Ini akan membuat pertukaran informasi menjadi lebih efisien dan mengurangi biaya.

2.1.12 *Trunking*

Trunking pada jaringan telekomunikasi adalah menghubungkan satu pusat dengan pusat telepon lainnya. Pada Briker hal ini tidak terlalu berbeda. Selain itu, Briker dapat terhubung satu sama lain melalui *IP Trunking* dengan menggunakan

protokol SIP, IAX2, H323, atau melalui jalur analog dan digital dengan bantuan perangkat keras teleponi seperti Digium seri *TDM* untuk analog dan seri TE untuk digital, atau dengan bantuan *Internet Telephony Gateway (ITG)* (Putra, 2020).

2.1.13 Coder-Decoder (Codec)

Pada dasarnya codec merupakan sebuah algoritma yang berfungsi untuk mentransformasikan sinyal suara (analog) menjadi data (Yunita et al., 2021). Seperti yang dijelaskan oleh (Dwiyatno et al., 2019) Codec yang didukung oleh Asterisk adalah ADPCM, G.711 (A-Law & u-Law), G.723.1 (pass through), G.726, G.729 (dengan pembelian lisensi komersial dari Digium), GSM, iLBC, Linear, LPC-10, dan Speex.

2.1.14 Call Group

Call group atau *ring group* adalah layanan yang memetakan satu nomor tujuan kepada sekumpulan ekstensi, sehingga seluruh anggota grup berdering bersamaan dan panggilan disambungkan kepada ekstensi yang pertama menjawab. Pada Briker layanan ini tersedia melalui menu *Ring Groups*, misalnya untuk menyatukan beberapa operator ke dalam satu nomor layanan.

Pemanggilan kelompok termasuk ke dalam kategori layanan tambahan atau *supplementary service*. Menurut (Glasmann et al., 2003), baik H.323 maupun SIP telah menyediakan dukungan terhadap layanan tambahan dan konferensi banyak pihak, meskipun keduanya menempuh arsitektur layanan yang berbeda, yaitu H.323 melalui rangkaian Rekomendasi H.450 dan SIP melalui mekanisme yang lebih generik. Adapun IAX2 tidak dirancang untuk keperluan tersebut, karena menurut (Haj Aliwi & Sumari, 2009), menempatkan IAX sebagai protokol *peer-to-peer* yang menyatukan signaling dan media dalam satu aliran serta membangun hubungan antara dua titik saja, baik antara klien dengan server maupun antarserver. Pada Briker, layanan pemanggilan kelompok tidak dijalankan oleh protokol signaling melainkan oleh *dialplan* di sisi server, sehingga ekstensi SIP, IAX2, maupun H.323 tetap dapat didaftarkan sebagai anggota pada satu *call group* yang sama.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian pertama yang dijelaskan oleh (Heriyanto et al., 2020) berjudul

“Analisis *Quality of Services* Jaringan *VoIP* pada *VPN* menggunakan *InterAsteriks Exchange* dan *Session Initiation Protocol*” menjelaskan teknologi *VoIP* tidak menjamin keamanan pada setiap komunikasi. Penggunaan Virtual Private Network (*VPN*) adalah cara untuk mengamankan koneksi internet dari celah keamanan pada kasus diatas. Analisis dalam artikel ini membahas kinerja *VoIP* yang menggunakan protokol IAX dan SIP. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa cara terbaik untuk membangun sistem komunikasi pada *VoIP* adalah dengan menggunakan protokol IAX dan keamanan *VPN Point to Point Protocol* (*PPTP*). Hal ini dikarenakan nilai *Quality of Service* (*QoS*) nya lebih tinggi daripada protokol SIP dan lebih aman saat menggunakan sistem keamanan *Virtual Private Network Point to Point Protocol* (*VPN PPTP*).

Penelitian kedua yang berjudul “Analisis Perbandingan Performansi Protokol SIP dan IAX2 Pada *VoIP* Briker Menggunakan Metode *Trunking*.” yang dijelaskan oleh (Putra, 2020) yaitu telah dilakukan penerapan *Voice over Internet Protocol* (*VoIP*) Berbasis *Session Initiation Protocol* (*SIP*) dan *Inter Asterisk Exchange* versi 2 (*IAX2*) menggunakan *Briker* versi 2.1.1 untuk mengukur Kualitas Layanan pada jaringan komputer 2 server dengan Access Point, melalui pengintegrasian perangkat di jaringan komputer untuk pengukuran *Quality of Service* (*QoS*). Dengan hasil penelitian penggunaan Metode *Trunking* pada server briker bisa dikatakan baik dalam memberikan akses jaringan dan pengiriman sinyal secara bersamaan dalam briker. Karena saat dilakukan percobaan panggilan tidak ada masalah dalam lalu lintas jaringan.

Penelitian ketiga yang berjudul “Perancangan Media *Voice Over Internet Protocol* dengan *Elastix Linux* Menggunakan Protokol *Session Initiation Protocol* (*SIP*)” yang dijelaskan oleh (Fahmi, 2023) menjelaskan Sistem *VoIP* diciptakan untuk mengatasi masalah biaya telekomunikasi jarak jauh yang mahal. Masalah ini sering dialami oleh masyarakat dengan ekonomi menengah ke bawah. Dengan adanya sistem *VoIP*, biaya telekomunikasi masyarakat lokal dapat dikurangi. Sistem *VoIP* (*Voice Over Internet Protocol*) ini menggunakan *Elastix Linux* dan protokol SIP. Dengan hasil penelitian, penggunaan wireless dapat dioptimalkan dan biaya pengeluaran telepon dapat dihemat.

Penelitian keempat yang berjudul “Perancangan Jaringan *Voice Over Internet*

Protocol (VoIP) Menggunakan Platform Asterisknow” yang dijelaskan oleh (Fauzi et al., 2022) menjelaskan untuk menghemat biaya komunikasi, kita bisa menggunakan teknologi *VoIP*. Karena *VoIP* menggunakan *Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)* sebagai perantara pertukaran data untuk komunikasi suara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi *VoIP* dapat meningkatkan efektivitas komunikasi. User tidak perlu mengetik pesan panjang atau menggunakan video call yang memakan banyak bandwidth. Komunikasi antara kantor cabang dan kantor pusat bisa dilakukan menggunakan jaringan IP untuk menghemat biaya operasional yang sebelumnya menggunakan jaringan telepon *PSTN* yang lebih mahal. Dengan menggunakan teknologi *VoIP*, perusahaan bisa berkomunikasi antara kantor cabang dan kantor pusat tanpa perlu menggunakan layanan dari server public.

Penelitian kelima yang berjudul “Perancangan Infrastruktur *VoIP* Menggunakan *Trixbox* Open Source dengan Lapisan Keamanan *VPN* Antar Klien” yang dijelaskan oleh (Djumhadi, 2023) menjelaskan *VoIP* diterapkan dengan menggunakan server *Trixbox*, telepon *SIP*, *Zoiper*, dan *MicroSIP* sebagai aplikasi untuk melakukan panggilan pada komputer klien. *VPN* digunakan sebagai lapisan keamanan antara klien. Setiap pegawai akan memiliki akun *VoIP* yang terdaftar di server *Trixbox* dengan cara memberikan nomor telepon dan kata sandi untuk akun *VoIP* mereka. Dengan hasil penelitian, penggunaan *VoIP* pada komputer di PT Batam Bintang Telekomunikasi saat terhubung dengan server *Trixbox* dapat membantu dalam komunikasi antar karyawan untuk meningkatkan produktivitas.

Tabel 2. 2 Perbandingan variabel penelitian

Kategori	(Heriyanto et al., 2020)	(Putra, 2020)	(Fahmi, 2023)	(Fauzi et al., 2022)	(Djumhadi, 2023)
Metode	Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian eksperimental. Dimana Penelitian dilakukan dengan	Penelitian yang digunakan dalam Analisis Perbandingan Performansi Protokol SIP dan IAX2 Pada	Pengembangan sistem menggunakan metode PPDIIOO, metode PPDIIOO disusun oleh enam tahap yang berkaitan	Metode Top Down berfungsi untuk membangun jaringan lokal, setiap itemnya di bangun secara	Pengumpulan Data, Mempelajari Literature, Analisa dan Perancangan, Implementasi VoIP Server, Pengujian

Kategori	(Heriyanto et al., 2020)	(Putra, 2020)	(Fahmi, 2023)	(Fauzi et al., 2022)	(Djumhadi, 2023)
	menciptakan fenomena pada kondisi terkendali.	VoIP Briker Menggunakan Metode Trunking.	erat yaitu Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, dan Optimize	bersamaan menggunakan spesifikasi yang sama pada proyek kerja.	VoIP Server, Penyusunan Laporan.
Platform / VoIP Server	<i>Source Linux Free PBX</i>	Briker 2.1.1	Elastix	Asterisknow	Trixbox
Tools / Software	Cisco Packet Tracer(simulasi Topologi Jaringan), Wireshark (Capture Data).	Zoiper (Softphone), Wireshark (Capture Data).	X-Lite (Softphone), Zoiper (Softphone)	Cisco Packet Tracer(Skema Jaringan), <i>VQ Manager (Capture data)</i>	Virtual Private Network (Keamanan VoIP), Zoiper (Softphone), MicroSIP (Softphone)
Hasil	Cara terbaik untuk membangun sistem komunikasi pada <i>VoIP</i> adalah dengan menggunakan protokol <i>IAX</i> dan keamanan <i>VPN Point to Point Protocol (PPTP)</i> karena nilai <i>QoS</i> nya lebih tinggi daripada protokol <i>SIP</i> .	Penggunaan Metode Trunking pada server briker terbilang baik dalam memberikan akses jaringan dan pengiriman sinyal secara bersamaan dalam briker. Karena saat dilakukan percobaan panggilan tidak ada masalah dalam lalu	Penggunaan wireless dapat dioptimalkan dan biaya pengeluaran telepon dapat dihemat.	Penggunaan teknologi <i>VoIP</i> dapat meningkatkan efektivitas komunikasi. User tidak usah mengetik pesan panjang atau menggunakan video call yang memakan banyak bandwidth. Komunikasi antara kantor cabang dan pusat bisa dilakukan	Penggunaan VoIP pada komputer di PT Batam Bintan Telekomunikasi saat terhubung dengan server Trixbox dapat membantu dalam komunikasi antar karyawan untuk meningkatkan produktivitas.

Kategori	(Heriyanto et al., 2020)	(Putra, 2020)	(Fahmi, 2023)	(Fauzi et al., 2022)	(Djumhadi, 2023)
		lintas jaringan.		menggunakan jaringan IP untuk menghemat biaya operasional.	

Berdasarkan kajian terhadap beberapa penelitian terdahulu pada Tabel 2. 2, diketahui bahwa sebagian besar penelitian masih berfokus pada perbandingan performa dua protokol, khususnya SIP dan IAX2, dengan menggunakan Briker, FreePBX, atau Elastix. Penelitian-penelitian tersebut telah memberikan gambaran awal mengenai keunggulan masing-masing protokol tersebut dari sisi *Quality of Service*, namun belum ada yang mengintegrasikan tiga protokol sekaligus di antaranya ialah SIP, IAX2, dan H.323 dalam satu sistem komunikasi yang saling terhubung melalui mekanisme trunking.

Penelitian kali ini memiliki perbedaan dengan penelitian sebelumnya karena penelitian ini bertujuan membangun komunikasi lintas protokol *SIP*, *IAX2*, dan *H.323* dengan menggunakan server Briker sebagai IP PBX serta memanfaatkan Briker sebagai endpoint yang menggunakan protokol H.323. Fokus utama pada penelitian tidak hanya memastikan konektivitas ketiga protokol, tetapi juga melakukan penangkapan transmisi data saat komunikasi berlangsung untuk mengukur nilai *Quality of Service* secara langsung. Penerapan komunikasi lintas protokol ini diharapkan dapat menunjukkan bahwa perbedaan protokol dapat menghasilkan komunikasi suara yang lancar, dengan tetap memperoleh nilai QoS yang memuaskan.