

Rancang Bangun Infrastruktur IP-PBX Trixbox Berbasis *Virtual Machine* di Universitas Ibrahimy

Meliana Khamisah¹, Abdus Somad², Elfina Eldiavani^{3*}, Manda Nuria Suhailatin Najwa⁴, Mamluatur Rizkiyatul Nafiah⁵

^{1,2,3,4,5}Sains Dan Teknologi, Teknologi Informasi, Universitas Ibrahimy, Situbondo, Indonesia

Email: ¹melianakhamisah17@gmail.com, ^{2*}saintek.somad@gmail.com, ³elfinaeldiafni@gmail.com,

⁴mandanuria2024@gmail.com, ⁵mrizkiyatunnafiah@gmail.com

(*Email Corresponding Author: melianakhamisah17@gmail.com)

Received: 17 Juni 2026 | Revision: 30 Juni 2026 | Accepted: 1 Juni 2026

Abstrak

Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan infrastruktur komunikasi suara berbasis *Internet Protocol Private Branch Exchange* (IP-PBX) menggunakan Trixbox pada lingkungan *Virtual Machine* di Universitas Ibrahimy. Permasalahan yang diangkat adalah kebutuhan komunikasi internal yang efisien, mudah dikelola, dan memiliki kualitas layanan yang stabil tanpa menambah banyak perangkat fisik. Metode penelitian meliputi analisis kebutuhan, perancangan topologi jaringan, instalasi server virtual, konfigurasi ekstensi SIP, serta pengujian kualitas layanan menggunakan parameter *Quality of Service* (QoS). Hasil implementasi menunjukkan bahwa Trixbox mampu berjalan stabil pada server virtual dan mendukung komunikasi antar-klien secara efektif. Pengujian QoS menghasilkan nilai latensi rata-rata 18,4 ms, jitter 2,3 ms, *packet loss* 0%, *Mean Opinion Score* (MOS) 4,2, dan waktu *call setup* 0,6 detik. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem berada pada kategori sangat baik dan layak digunakan sebagai solusi komunikasi internal kampus.

Kata Kunci: VoIP, Trixbox, IP-PBX, *Virtual Machine*, QoS, Universitas Ibrahimy.

Abstract

This study designs and implements a voice communication infrastructure based on Internet Protocol Private Branch Exchange (IP-PBX) using Trixbox in a Virtual Machine environment at Universitas Ibrahimy. The problem addressed is the need for efficient, manageable, and stable internal communication without increasing physical device requirements. The research method includes needs analysis, network topology design, virtual server installation, SIP extension configuration, and quality testing using Quality of Service (QoS) parameters. The implementation results show that Trixbox runs stably on a virtual server and supports effective communication among clients. QoS testing produced an average latency of 18.4 ms, jitter of 2.3 ms, packet loss of 0%, Mean Opinion Score (MOS) of 4.2, and a call setup time of 0.6 seconds. These values indicate that the system is in a very good category and is feasible as an internal campus communication solution.

Keywords: VoIP, Trixbox, IP-PBX, *Virtual Machine*, QoS, Universitas Ibrahimy.

1. PENDAHULUAN

Komunikasi internal yang cepat dan stabil merupakan kebutuhan penting bagi institusi pendidikan tinggi, termasuk Universitas Ibrahimy. Dalam kegiatan akademik, administrasi, dan koordinasi antardivisi, sistem komunikasi yang efektif dapat meningkatkan efisiensi kerja dan mempercepat penyampaian informasi. Sistem telepon konvensional sering membutuhkan biaya instalasi dan pemeliharaan yang tinggi, serta kurang fleksibel saat terjadi penambahan pengguna. Karena itu, diperlukan solusi komunikasi berbasis jaringan yang lebih hemat, mudah dikelola, dan dapat memanfaatkan infrastruktur yang sudah tersedia. [1]

Voice over Internet Protocol (VoIP) menjadi salah satu alternatif yang relevan karena mampu mengirimkan suara melalui jaringan IP dalam bentuk paket data. Teknologi ini memungkinkan organisasi membangun sistem telepon internal tanpa harus bergantung pada sambungan telepon tradisional. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa VoIP dapat diterapkan secara efektif pada lingkungan kampus dan perkantoran, sekaligus memberi efisiensi biaya serta kemudahan pengembangan sistem. Pada implementasinya, VoIP membutuhkan server pengelola panggilan yang berfungsi sebagai pusat pengaturan ekstensi, routing, dan distribusi layanan suara. [2], [3], [4]

Voice over IP (VoIP) merupakan teknologi komunikasi yang memanfaatkan jaringan internet untuk mentransmisikan data suara sehingga dapat mengurangi biaya komunikasi dibandingkan dengan jaringan konvensional.

Selain itu, penggunaan IP-PBX seperti Trixbox memberikan fleksibilitas serta efisiensi dalam pengelolaan sistem komunikasi berbasis jaringan.[5], [6]

Trixbox adalah salah satu platform open source yang banyak digunakan sebagai IP-PBX untuk membangun layanan VoIP. Trixbox mengintegrasikan komponen Asterisk dan antarmuka berbasis web sehingga lebih mudah dikonfigurasi oleh administrator jaringan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa Trixbox dapat digunakan untuk membangun server VoIP yang stabil, baik pada jaringan lokal maupun pada skenario yang dipadukan dengan VPN sebagai pengaman komunikasi. Dengan karakteristik tersebut, Trixbox menjadi pilihan yang sesuai untuk kebutuhan komunikasi internal di Universitas Ibrahimy. [7], [8], [9], [10], [11]

Selain perangkat lunak server, penggunaan *Virtual Machine* juga memberikan keuntungan dalam pengembangan infrastruktur VoIP. Virtualisasi memungkinkan server Trixbox dijalankan tanpa menyediakan perangkat fisik khusus, sehingga biaya implementasi menjadi lebih efisien dan pengelolaan sistem lebih fleksibel. Server virtual juga memudahkan proses pencadangan, pemulihan, dan pengujian layanan tanpa mengganggu sistem utama. Pada penelitian ini, lingkungan virtual digunakan untuk memastikan server VoIP dapat dijalankan secara stabil dengan sumber daya yang terkontrol.

Penelitian ini difokuskan pada perancangan dan implementasi infrastruktur komunikasi suara berbasis IP-PBX Trixbox pada lingkungan *Virtual Machine* di Universitas Ibrahimy. Tujuan penelitian adalah membangun sistem komunikasi internal yang efisien, menguji kualitas layanan berdasarkan parameter QoS, serta menilai kelayakan Trixbox sebagai solusi komunikasi kampus. Pengujian dilakukan menggunakan parameter latensi, jitter, *packet loss*, MOS, dan waktu call *setup* untuk memastikan sistem yang dibangun memiliki performa yang baik. [12], [13], [14]

Penelitian Muhammad dkk. menunjukkan bahwa Trixbox CE dapat digunakan untuk membangun server VoIP yang mampu melayani komunikasi antar client secara efektif. Penelitian ini menjadi dasar bahwa Trixbox layak diterapkan sebagai IP-PBX pada jaringan lokal. Penelitian lain oleh Djumhadi dan Tukino menambahkan lapisan keamanan VPN pada infrastruktur VoIP berbasis Trixbox, sehingga komunikasi antar client menjadi lebih aman. Hasil ini relevan karena menunjukkan bahwa Trixbox dapat dikembangkan tidak hanya untuk fungsi komunikasi, tetapi juga untuk keamanan jaringan. [1], [2], [11]

Penelitian yang dilakukan pada Universitas Islam Sumatera Utara juga memperlihatkan bahwa Trixbox dapat diterapkan pada lingkungan akademik untuk mendukung komunikasi internal. Penelitian lain yang relevan dilakukan oleh Rawadi dkk. yang menganalisis *Quality of Service* (QoS) pada jaringan VoIP berbasis Asterisk dengan dan tanpa penggunaan VPN. Parameter yang digunakan meliputi delay, jitter, *packet loss*, dan throughput. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan VPN cenderung meningkatkan nilai delay dan jitter akibat proses enkripsi, namun kualitas layanan masih berada dalam kategori baik berdasarkan standar TIPHON dan ITU-T G.1010. [2], [3], [7], [10], [13], [15]

Penelitian lain yang relevan dilakukan oleh Putra dkk. (2025) yang membandingkan performa *Quality of Service* (QoS) pada sistem VoIP menggunakan perangkat Yeastar S50 dan 3CX. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua sistem memiliki kualitas layanan yang sangat baik dengan nilai latency, jitter, dan *packet loss* yang rendah serta nilai MOS yang tinggi. [14], [16]

Selain itu, penelitian oleh Priatmaja dan Christiano. (2024) mengenai analisis *Quality of Service* (QoS) pada pengujian VoIP menggunakan Trixbox Server juga menunjukkan parameter performa jaringan yang stabil pada beberapa jenis perangkat.[17]

Walaupun banyak penelitian telah membahas Trixbox, VoIP, dan QoS, sebagian besar penelitian masih berfokus pada server fisik atau konfigurasi jaringan yang belum menonjolkan lingkungan virtual secara rinci. Selain itu, penelitian yang secara bersamaan menyoroti implementasi Trixbox berbasis *Virtual Machine*, konfigurasi SIP, dan pengukuran QoS pada lingkungan kampus masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi celah tersebut dengan memfokuskan implementasi pada lingkungan *Virtual Machine* di Universitas Ibrahimy tanpa mengubah karakter utama judul dan lokasi penelitian. [3], [14], [18]

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode rancang bangun. Tahapan penelitian dimulai dari analisis kebutuhan, perancangan topologi jaringan, instalasi *Virtual Machine*, instalasi Trixbox, konfigurasi ekstensi SIP, pengujian panggilan, dan analisis QoS. Tahapan ini dipilih karena sesuai dengan karakteristik penelitian implementatif yang bertujuan menghasilkan sistem sekaligus mengukur performanya. [1], [7], [11] Berikut diagram alur tahapan penelitian yang dituangkan pada gambar 1:



Gambar 1. Alur tahapan penelitian

2.1 Tahapan Penelitian

Tahap pertama adalah identifikasi kebutuhan komunikasi internal di Universitas Ibrahimy. Pada tahap ini, dibutuhkan sistem yang mampu menghubungkan beberapa unit kerja dengan biaya efisien dan pengelolaan yang sederhana. Tahap kedua adalah perancangan topologi jaringan yang melibatkan server virtual, client *softphone*, dan jaringan lokal sebagai media komunikasi. Tahap ketiga adalah instalasi *Virtual Machine* yang digunakan sebagai tempat menjalankan Trixbox. [2], [3], [18]

Tahap keempat adalah instalasi dan konfigurasi Trixbox sebagai server IP-PBX. Pada tahap ini dibuat alamat IP server, ekstensi SIP, dan parameter registrasi client. Tahap kelima adalah registrasi *softphone* pada client untuk memastikan masing-masing pengguna dapat melakukan panggilan internal. Tahap keenam adalah pengujian layanan suara untuk mengamati performa sistem dan stabilitas komunikasi.

Tahap terakhir adalah pengukuran QoS. Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan data latensi, jitter, *packet loss*, MOS, dan *call setup time*. Hasil pengukuran dianalisis untuk melihat apakah sistem memenuhi kebutuhan komunikasi internal dan apakah lingkungan virtual memberikan dampak signifikan terhadap performa layanan.

2.2 Perangkat dan Bahan

Perangkat yang digunakan meliputi server host, perangkat *Virtual Machine*, sistem operasi Trixbox, aplikasi *softphone*, dan perangkat lunak pengukur jaringan seperti Wireshark. Server host berfungsi sebagai mesin utama, sedangkan Trixbox dijalankan sebagai server virtual. *Softphone* digunakan pada sisi client untuk melakukan panggilan suara melalui jaringan IP.[2], [18]

2.3 Skenario Pengujian

Skenario pengujian dilakukan dengan cara melakukan panggilan antar ekstensi SIP dalam jaringan lokal Universitas Ibrahimy. Setiap panggilan direkam lalu dianalisis untuk mendapatkan nilai QoS. Parameter latensi menunjukkan waktu tempuh paket suara, jitter menunjukkan variasi kedatangan paket, *packet loss* menunjukkan paket yang hilang, sedangkan MOS digunakan untuk menilai kualitas suara secara subjektif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Server Trixbox

Implementasi dimulai dengan memasang Trixbox pada *Virtual Machine* yang telah disiapkan di server host. Setelah instalasi selesai, server diberi alamat IP statis agar mudah diakses oleh client dalam jaringan lokal. Konfigurasi dasar dilakukan melalui antarmuka manajemen Trixbox untuk membuat ekstensi SIP dan menentukan parameter autentikasi pengguna. [1], [10], [11], [15]

Tabel 1. Hasil Pengujian Konektivitas dan Registrasi Ekstensi SIP

Ekstensi	Nama User	Codec	Perangkat
1001	Andini SI	G.711u, G.729	Zoiper 5 (PC)
1002	Dian TI	G.711u, G.729	Zoiper 5 (PC)
1003	Ratu SI	G.711u	Zoiper 5 (PC)
1004	Admin TI	G.711u, G.722	Zoiper 5 (PC)
1005	Wardah SI	G.711u	Zoiper 5 (PC)

Berdasarkan konfigurasi tersebut, seluruh ekstensi berhasil diregistrasi ke server Trixbox dan dapat melakukan komunikasi dua arah. Pemilihan codec G.711u digunakan sebagai codec utama karena relatif stabil pada jaringan lokal, sementara G.729 dan G.722 digunakan untuk menunjukkan fleksibilitas sistem terhadap variasi codec. Hasil ini sejalan dengan temuan bahwa Trixbox dapat menangani layanan VoIP secara efektif pada jaringan lokal dan tetap mudah dikonfigurasi. [10], [11], [19]

3.2 Pengujian QoS

Pengujian *Quality of Service* (QoS) dilakukan untuk mengevaluasi dan mengukur kualitas layanan performa dari sistem komunikasi suara yang telah diimplementasikan. Seluruh data parameter teknis hasil pengujian tersebut dirangkum secara rinci pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian QoS VoIP

Parameter	Nilai Min	Nilai Maks	Rata-rata
Latensi (ms)	12	31	18,4
Jitter (ms)	0,8	5,2	2,3
<i>Packet Loss</i> (%)	0	0	0
MOS Score	3,8	4,5	4,2
Waktu <i>Setup</i> Panggilan (s)	0,3	1,2	0,6

Nilai latensi rata-rata 18,4 ms menunjukkan bahwa waktu tempuh paket suara berada pada kategori sangat baik untuk komunikasi internal. Nilai jitter rata-rata 2,3 ms juga menunjukkan kestabilan jaringan yang cukup baik. *Packet loss* 0% menandakan tidak ada paket yang hilang selama transmisi, sehingga kualitas percakapan tetap terjaga. MOS 4,2 menunjukkan kualitas suara yang sangat baik dan call *setup* time 0,6 detik memperlihatkan bahwa panggilan dapat tersambung dengan cepat. [12], [13]

3.3 Pembahasan

Penggunaan *Virtual Machine* dalam penelitian ini terbukti memberikan fleksibilitas yang tinggi. Server Trixbox dapat dijalankan tanpa menambah perangkat fisik khusus, sehingga lebih hemat biaya dan mudah dikelola. Selain itu, pengujian menunjukkan bahwa virtualisasi tidak mengurangi kualitas layanan secara signifikan. Hal ini memperkuat

bahwa *Virtual Machine* layak digunakan sebagai media implementasi awal atau pengembangan sistem VoIP di institusi Pendidikan. [18], [19], [20]

Dari sisi operasional, sistem ini dapat mendukung komunikasi antar unit kerja di Universitas Ibrahimy dengan lebih cepat dan efisien. Penambahan ekstensi baru dapat dilakukan dengan mudah melalui antarmuka Trixbox, sehingga sistem bersifat skalabel. Jika dibandingkan dengan telepon konvensional, pendekatan ini lebih fleksibel karena seluruh komunikasi memanfaatkan jaringan IP yang sudah ada.[2], [3], [8], [10]

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian QoS sebelumnya, performa sistem yang diperoleh pada penelitian ini berada pada kategori yang baik. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, hasil penelitian ini menunjukkan performa yang sejalan dengan penelitian Rawadi dkk., dimana kualitas layanan VoIP tetap berada pada kategori baik meskipun terdapat pengaruh dari kondisi jaringan dan mekanisme tambahan seperti VPN. Hal ini menunjukkan bahwa sistem VoIP berbasis IP-PBX masih mampu memberikan kualitas layanan yang stabil selama parameter jaringan berada dalam kondisi optimal. [9], [13], [19]

3.4 Analisis Penelitian Terkait

Tabel 3. Penelitian Terkait VoIP Trixbox

No	Penelitian	Fokus	Hasil Utama
1	Muhammad et al. (2017)	Implementasi VoIP menggunakan Trixbox CE.	Trixbox dapat digunakan sebagai server VoIP yang mampu melayani komunikasi antar client secara efektif.
2	Djumhadi & Tukino (2023)	Infrastruktur VoIP dengan tambahan VPN.	Penggunaan VPN meningkatkan keamanan komunikasi antar client.
3	Pratama et al. (2023)	Implementasi VoIP di lingkungan akademik.	Trixbox sesuai digunakan untuk sistem komunikasi kampus.
4	Rawadi et al. (2025)	Analisis QoS VoIP berbasis Asterisk dengan VPN.	Penggunaan VPN meningkatkan delay dan jitter, namun kualitas layanan tetap dalam kategori baik berdasarkan standar TIPHON dan ITU-T.
5	Rahman et al. (2024)	Analisis QoS VoIP pada jaringan VPN (L2TP IPsec & WireGuard).	QoS tetap berada pada kategori baik meskipun menggunakan mekanisme keamanan VPN.

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa Trixbox merupakan solusi yang efektif dalam implementasi VoIP, baik pada jaringan lokal maupun dengan tambahan mekanisme keamanan seperti VPN. Penelitian Muhammad et al. (2017) dan Pratama et al. (2023) menegaskan bahwa Trixbox mampu mendukung komunikasi antar client secara stabil di lingkungan akademik.[1], [15] Sementara itu, Djumhadi & Tukino (2023) menunjukkan bahwa penggunaan VPN dapat meningkatkan aspek keamanan komunikasi.[7]

Selain itu, penelitian Rawadi et al. (2025)[13] dan Rahman et al. (2024) [12]menekankan pentingnya parameter *Quality of Service* (QoS) dalam menilai kualitas layanan VoIP. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan VPN dapat mempengaruhi nilai delay dan jitter, namun kualitas layanan secara keseluruhan masih berada dalam kategori baik. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan, dimana sistem IP-PBX berbasis Trixbox yang dibangun mampu memberikan kualitas layanan yang stabil dengan nilai QoS yang berada pada kategori sangat baik.

3.5 Implikasi Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Trixbox berbasis *Virtual Machine* dapat digunakan sebagai solusi komunikasi internal yang efektif di Universitas Ibrahimy. Implikasi praktisnya adalah institusi dapat membangun komunikasi suara dengan biaya rendah, manajemen yang sederhana, serta kualitas layanan yang baik. Dari sisi akademik, penelitian ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa implementasi VoIP dan pengukuran *Quality of Service* (QoS) merupakan pendekatan yang relevan dalam pengembangan sistem komunikasi berbasis IP.[1], [3], [7], [15]

3.6 Analisis Efisiensi Resource *Virtual Machine*

Pengujian performa infrastruktur server virtual IP-PBX Trixbox juga dievaluasi berdasarkan efisiensi penggunaan sumber daya (*resource utilization*) pada perangkat keras *host* laptop. Parameter yang diamati meliputi beban kerja *Central Processing Unit* (CPU) dan kapasitas memori *Random Access Memory* (RAM) pada *Virtual Machine* guna

memastikan sistem dapat melayani kelima ekstensi yang telah terdaftar (ekstensi 1001 hingga 1005) secara simultan tanpa menurunkan kualitas suara. Hasil monitoring penggunaan *resource* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Monitoring Penggunaan Resource *Virtual Machine* pada Server Trixbox

No	Kondisi Operasional Sistem	Penggunaan CPU (%)	Penggunaan RAM (MB)	Status Kestabilan
1	Kondisi <i>Idle</i> (Tanpa Panggilan)	1,2%	245 MB	Sangat Ringan
2	Panggilan Aktif (1 Sesi)	4,5%	280 MB	Ringan
3	Panggilan Simultan Maksimal (5 Ekstensi)	8,7%	315 MB	Stabil

Berdasarkan data yang terekam pada Tabel 4, terlihat jelas bahwa arsitektur IP-PBX Trixbox sangat efisien dalam mengonsumsi sumber daya sistem, baik dalam kondisi *idle* maupun saat menangani beban panggilan aktif secara simultan dari seluruh unit kerja. Pada kondisi puncak di mana seluruh ekstensi melakukan interkoneksi, penggunaan CPU hanya menyentuh angka 8,7% dan alokasi kapasitas RAM yang terpakai berada di angka 315 MB.

Rendahnya konsumsi *resource* ini menjadi alasan utama mengapa nilai parameter QoS (seperti rata-rata latensi 18,4 ms dan *jitter* 2,3 ms pada Tabel 2) dapat terjaga stabil pada kategori "Sangat Baik". *Server* virtual tidak mengalami beban kerja berlebih (*overhead*), sehingga proses enkapsulasi dan *routing* protokol SIP oleh komponen Asterisk dapat dieksekusi secara instan tanpa memicu antrean paket data (*buffering*) pada memori jaringan lokal Universitas Ibrahimy. Hasil ini sekaligus memperkuat kesimpulan bahwa implementasi teknologi IP-PBX berbasis virtualisasi sangat direkomendasikan karena mampu menghemat biaya pengadaan perangkat keras fisik secara signifikan namun tetap menawarkan reliabilitas performa yang tinggi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan infrastruktur komunikasi suara berbasis IP-PBX Trixbox pada lingkungan *Virtual Machine* di Universitas Ibrahimy tanpa mengubah judul maupun lokasi penelitian. Sistem yang dibangun mampu menghubungkan client melalui jaringan lokal dengan konfigurasi ekstensi SIP yang berjalan stabil. Hasil pengujian QoS menunjukkan latensi rata-rata 18,4 ms, *jitter* 2,3 ms, *packet loss* 0%, MOS 4,2, dan *call setup* time 0,6 detik. Nilai tersebut membuktikan bahwa kualitas layanan berada pada kategori sangat baik dan layak digunakan sebagai solusi komunikasi internal kampus. Penggunaan *Virtual Machine* juga memberikan keuntungan dari sisi efisiensi, fleksibilitas, dan kemudahan pemeliharaan. Berdasarkan hasil tersebut, Trixbox berbasis virtual dapat dijadikan alternatif infrastruktur VoIP yang efektif untuk mendukung aktivitas komunikasi di Universitas Ibrahimy.

REFERENCES

- [1] A. Muhammad, A. Triwinarko, and A. Fatulloh, "Rancang Bangun VoIP Server Menggunakan Trixbox CE," 2017. [Online]. Available: <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC>
- [2] S. Hendra Putra and O. Krianto Sulaiman, "PERANCANGAN JARINGAN KOMUNIKASI VOIP (VOICE OVER INTERNET PROTOCOL) MENGGUNAKAN TRIXBOX PADA UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA," 2019.
- [3] M. E. I Najoan, "Studi Implementasi VoIP Berbasis SIP Jaringan Kampus Universitas Sam Ratulangi," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 3, no. 1, pp. 1-10, 2014.
- [4] M. Risnandar et al., "Implementasi Voice over Internet Protocol (VoIP) Berbasis Session Initiation Protocol (SIP) Berbantuan Briker Versi 1.4 untuk Pengukuran *Quality of Services* pada Jaringan Komputer di Fakultas Teknik UIKA Bogor," *Jurnal Teknik Komputer*, vol. 4, no. 2, pp. 45-52, 2018.
- [5] Y. Fayyaz, D. M. Khan, F. Fayyaz, S. Qadri, S. Naweed, and M. Fahad, "The Evaluation of Voice-over Internet Protocol (VoIP) by means of Trixbox," *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, vol. 10, no. 3, pp. 33-41, 2016, [Online]. Available: www.nobel.gen.tr

- [6] J. Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan, S. P. Kasus Link Net, T. Romli, and M. Femy Mulya, “Analisis Perbandingan Performa IP-PBX (Internet Protocol Private Branch Exchange) Berbasis Cloud dan,” 2023.
- [7] Djumhadi, *Perancangan Infrastruktur VoIP Menggunakan Trixbox Open Source dengan Lapisan Keamanan VPN Antar Klien*. 2023.
- [8] M. Hasibuan and C. Eko Suharyanto, “IMPLEMENTASI DAN PERANCANGAN VOIP SERVER MENGGUNAKAN TRIXBOX OPENSOURCE DAN VPN SEBAGAI PENGAMANAN ANTAR CLIENT,” 2021.
- [9] F. Zuli, M. Kristina, and B. Sinuraya, “RANCANG BANGUN KEAMANAN TRANSFER DATA VOIP MENGGUNAKAN VPN PADA TRIXBOX DI UNIVERSITAS SATYA NEGARA INDONESIA,” 2021.
- [10] A. Rahman Sadiq, “Analisis Kinerja VoIP Open Source FreePBX Asterisk Menggunakan Metode MOS E-Model (ITU-T G.107),” *Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 12, no. 2, pp. 115-124, 2022.
- [11] H. ANDRIANTO, D. SETIADIKARUNIA, and H. RAHARJO, “Evaluasi Kinerja GSM VoIP Gateway pada Sistem IP PBX,” *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 9, no. 3, p. 731, Jul. 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i3.731.
- [12] I. K. Rahman and L. N. Harnaningrum, “Analisa Quality of Service (QoS) Pada Jaringan L2TP IPsec Dan Wireguard VPN untuk mengamankan VoIP”, [Online]. Available: <https://s.id/jurnalresistor>
- [13] B. R. Rawadi, W. N. Kurniawan, R. B. Maulana, A. Wulandari, and D. S. Herfiah, “Analisa QoS pada Jaringan VoIP Menggunakan Asterisk dengan VPN,” *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 30-38, 2020.
- [14] A. Subandi, “IMPLEMENTASI DAN ANALISIS QoS (*QUALITY OF SERVICE*) PADA VoIP (VOICE OVER INTERNET PROTOCOL) BERBASIS LINUX,” vol. 5, no. 2, 2018.
- [15] Z. Pratama, A. P. Juledi, and R. Muti’ah, “5010-14056-1-PB (3),” *Informatika : Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Labuhanbatu*, vol. 11, no. 3, Sep. 2023.
- [16] Akhmadi yoga, Putra, Toni, and Azka Muizuddin, “20.+JURNAL+-+YOGA+AKHMADI+PUTRA”.
- [17] F. A. Priatmaja and E. Christianto, “IMPLEMENTASI DAN ANALISA QOS UNTUK KINERJA VOIP DENGAN SIP BERBASIS DEBIAN DI SD NEGERI SEPAKUNG,” *JIFI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 9, no. 4, pp. 1891–1906, Nov. 2024, doi: 10.29100/jipi.v9i4.5562.
- [18] A. Pribadi, “VoIP (Voice over Internet Protocol) Based on Asterisk Using Trixbox at SMKN 1 Bangkinang,” *International Journal Software Engineering and Computer Science (IJSECS)*, vol. 3, no. 2, pp. 65–70, Aug. 2023, doi: 10.35870/ijsecs.v3i2.1275.
- [19] Teten Dian Hakim and Muryadi, “Jurnal Studi Penerapan layanan VOIP v7 n2 2019,” 2019.
- [20] M. K. R. Farhandika and E. Christianto, “ANALISA *QUALITY OF SERVICE* (QOS) VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VOIP) PADA POWERLINE COMMUNICATION (PLC) DI ALIRAN LISTRIK 110 VOLT DAN 220 VOLT,” *JIFI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 9, no. 4, pp. 1936–1947, Nov. 2024, doi: 10.29100/jipi.v9i4.5606.