

Integrasi GSM Gateway pada Sistem Call Center Berbasis AI dan Pengukuran QoS Menggunakan Wireshark

1st Muhammad Ikhwani
Ibrahim

Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

muhammadibrahim@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Bagus Aditya
Fakultas Teknik Elektro

Telkom University
Bandung, Indonesia
goesaditya@telkomuniversity.ac.id

3rd Akhmad Hambali
Fakultas Teknik Elektro

Telkom University
Bandung, Indonesia
alhambali@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Perkembangan teknologi komunikasi telah mendorong adopsi sistem *call center* berbasis *Artificial Intelligence (AI)* untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan pelanggan. Penelitian ini membahas integrasi perangkat *GSM Gateway* pada sistem *call center* berbasis *AI* untuk menghubungkan jaringan telepon seluler dengan sistem *VoIP* berbasis *Asterisk*, serta metode pengukuran *Quality of Service (QoS)* menggunakan *Wireshark*. Proses integrasi melibatkan konfigurasi *GSM Gateway*, pengaturan *SIP Trunk*, serta pengujian konektivitas dan kualitas audio. Pengukuran *QoS* dilakukan dengan menganalisis parameter *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* pada trafik *RTP*. Kajian ini memberikan panduan teknis yang dapat diimplementasikan pada sistem serupa, sehingga memastikan integrasi yang optimal dan pemantauan kualitas komunikasi yang efektif.

Kata kunci— *GSM Gateway*, *Call Center*, *Asterisk*, *AI*, *QoS*, *Wireshark*, *RTP*

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, kebutuhan masyarakat terhadap layanan interaktif yang cepat, akurat, dan efisien semakin meningkat. Salah satu bentuk layanan yang memiliki peran penting dalam mendukung interaksi antara penyedia layanan dan pengguna adalah *call center* [1]. *Call center* merupakan pusat komunikasi yang digunakan untuk menerima dan mengelola panggilan dari pelanggan, baik untuk kepentingan layanan informasi, dukungan teknis, maupun penanganan keluhan. Dalam era digital saat ini, *call center* konvensional mulai berevolusi menjadi *call center* berbasis *Artificial Intelligence (AI)* yang mampu memberikan respon otomatis dan cerdas, sehingga dapat mengurangi beban kerja operator manusia serta meningkatkan kepuasan pelanggan. [2]

Penerapan *AI* pada *call center* mengandalkan integrasi antara teknologi *Natural Language Processing (NLP)*, *Speech-to-Text (STT)*, dan *Text-to-Speech (TTS)* untuk memproses dan merespon percakapan secara real-time. Sistem seperti ini biasanya diimplementasikan menggunakan platform IP PBX berbasis perangkat lunak, salah satunya *Asterisk*, yang berfungsi mengatur jalur komunikasi suara melalui protokol *VoIP (Voice over Internet Protocol)*. Namun, pada beberapa kasus, *call center* berbasis *VoIP* memerlukan konektivitas dengan jaringan telepon seluler (*GSM*) agar dapat menjangkau pengguna yang tidak menggunakan koneksi internet atau perangkat *VoIP*. Di sinilah peran *GSM Gateway* menjadi sangat penting.

GSM Gateway adalah perangkat yang berfungsi sebagai jembatan antara jaringan seluler dan sistem *VoIP*, memungkinkan panggilan telepon dari nomor seluler dialihkan ke jaringan *IP PBX*, atau sebaliknya. Melalui integrasi ini, sebuah sistem *call center* berbasis *AI* dapat menerima panggilan dari jaringan *GSM* dan memberikan respon otomatis menggunakan *AI* tanpa memerlukan campur tangan manusia secara langsung. Integrasi ini tidak hanya memperluas jangkauan layanan, tetapi juga memberikan fleksibilitas dalam penerapan sistem *call center* di berbagai lingkungan kerja, termasuk instansi pemerintahan, perusahaan swasta, hingga sektor pendidikan.

Selain keberhasilan integrasi *GSM Gateway*, faktor yang tidak kalah penting adalah kualitas layanan atau *Quality of Service (QoS)*. *QoS* menjadi parameter utama yang menentukan kenyamanan dan kelancaran komunikasi suara, yang dapat diukur melalui parameter teknis seperti *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*. Standar ITU-T G.114 telah menetapkan batas nilai ideal untuk setiap parameter tersebut agar komunikasi suara tetap jelas, tidak terputus-putus, dan minim gangguan. Untuk melakukan analisis *QoS* pada sistem ini, digunakan aplikasi *Wireshark*, sebuah *network protocol analyzer* yang mampu menangkap paket data, termasuk protokol *SIP* dan *RTP* yang digunakan dalam komunikasi *VoIP*.

Dengan demikian, penelitian ini difokuskan pada dua aspek utama, yaitu (1) proses integrasi *GSM Gateway* dengan sistem *call center* berbasis *AI* menggunakan *Asterisk*, dan (2) metode pengukuran *QoS* menggunakan *Wireshark* untuk memastikan kualitas panggilan yang dihasilkan sesuai standar komunikasi suara *real-time*. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi acuan teknis bagi pengembang atau peneliti yang ingin mengimplementasikan sistem serupa di masa depan, baik pada skala kecil maupun skala besar.

II. KAJIAN TEORI

A. CALL CENTER BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)

Call center berbasis *AI* adalah bentuk evolusi dari *call center* konvensional yang memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan untuk menangani panggilan secara otomatis. Sistem ini biasanya mengintegrasikan teknologi pemrosesan bahasa alami atau *Natural Language Processing (NLP)*, konversi suara ke teks atau *Speech-to-Text (STT)*, serta konversi teks menjadi suara atau *Text-to-Speech (TTS)*. Pada implementasinya, panggilan yang diterima server *Asterisk* akan diarahkan ke skrip *Asterisk Gateway Interface (AGI)* yang berfungsi sebagai penghubung dengan mesin *AI*. *AI* akan memproses masukan [2] dari penelepon dan memberikan keluaran dalam bentuk teks yang kemudian diubah menjadi suara untuk disampaikan kembali. Dengan pendekatan ini, peran manusia dapat

diminimalkan, sehingga meningkatkan efisiensi operasional dan mempercepat waktu tanggapan.

B. GSM GATEWAY

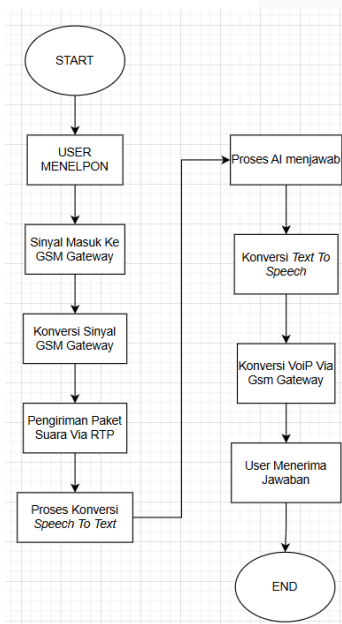
GSM Gateway merupakan perangkat yang berfungsi sebagai penghubung antara jaringan telepon seluler berbasis Global System for Mobile Communications (GSM) dengan jaringan telepon berbasis Internet Protocol (IP), khususnya Voice over Internet Protocol (VoIP) [3]. Perangkat ini memungkinkan panggilan dari jaringan GSM dialihkan ke sistem IP PBX, atau sebaliknya, melalui proses konversi sinyal suara menjadi paket data yang dapat dikirim melalui jaringan IP. Dalam prosesnya, GSM Gateway menggunakan codec suara seperti G.711 atau G.729 untuk mengompresi dan mengirimkan data suara, serta memiliki fitur tambahan seperti dukungan multi-SIM, pengiriman SMS, dan pengaturan jarak jauh melalui antarmuka web. Penggunaan GSM Gateway dalam sistem call center berbasis AI memberikan keuntungan berupa perluasan jangkauan layanan dan efisiensi biaya komunikasi, terutama untuk panggilan lokal.

C. WIRESHARK

Wireshark adalah perangkat lunak analisis protokol jaringan yang banyak digunakan untuk memantau, menangkap, dan menganalisis paket data. Dalam konteks komunikasi VoIP, Wireshark mampu mendeteksi dan menganalisis protokol Session Initiation Protocol (SIP) untuk pengaturan panggilan, serta Real-time Transport Protocol (RTP) untuk pengiriman data suara. Melalui Wireshark dapat melakukan analisis mendalam terhadap kualitas layanan komunikasi suara, termasuk mengukur delay, jitter, packet loss, hingga throughput. Kemampuan ini menjadikan Wireshark sebagai alat yang sangat penting dalam pengujian QoS pada integrasi GSM Gateway dengan sistem call center berbasis AI.

III. METODE

A. Flowchart Alur



Gambar 1 Flowchart

Proses dimulai ketika pengguna melakukan panggilan telepon ke nomor yang telah diintegrasikan dengan sistem. Sinyal panggilan yang masuk akan terlebih dahulu diterima oleh perangkat *GSM Gateway*, yang

berfungsi sebagai jembatan antara jaringan telepon seluler dengan sistem *VoIP*. *GSM Gateway* kemudian mengonversi sinyal *GSM* menjadi format digital sehingga dapat diteruskan melalui jaringan IP. Setelah konversi, data suara pengguna dikirim menggunakan protokol *RTP (Real-time Transport Protocol)* menuju server yang bertugas memproses audio. Di server, suara pengguna diubah menjadi teks melalui proses *Speech-to-Text*. Hasil transkripsi teks ini kemudian dikirimkan ke sistem kecerdasan buatan (*AI*) untuk dianalisis dan diproses, sehingga *AI* dapat menghasilkan jawaban yang relevan sesuai konteks pertanyaan pengguna. Jawaban dari *AI* yang awalnya berbentuk teks kemudian dikonversi kembali menjadi audio melalui proses *Text-to-Speech (TTS)*.

Audio hasil konversi ini dikirimkan kembali melalui jaringan *VoIP* menuju *GSM Gateway*, di mana sinyal digital tersebut diubah kembali menjadi sinyal telepon konvensional. Akhirnya, pengguna menerima jawaban dalam bentuk suara secara langsung melalui panggilan telepon. Dengan alur ini, sistem mampu mengintegrasikan teknologi AI, konversi suara-teks, dan infrastruktur telekomunikasi, sehingga pengguna dapat berinteraksi secara *real-time* dengan AI hanya melalui perangkat telepon biasa tanpa memerlukan koneksi internet secara langsung.

B. Pengujian Sistem

Pengujian ini dilakukan pada sistem *call center* berbasis *AI* yang telah diintegrasikan dengan *GSM Gateway* dan dijalankan pada server *Asterisk PBX*. Tujuan pengujian adalah memastikan bahwa integrasi *GSM Gateway* dapat berfungsi dengan baik, mampu menerima panggilan dari jaringan *GSM*, meneruskannya ke server *Asterisk* untuk diproses oleh *AI Engine*, serta memberikan kualitas komunikasi suara yang stabil. Proses pemantauan dilakukan menggunakan *GSM Gateway* sebagai jalur masuk panggilan dari jaringan seluler, aplikasi *softphone* untuk simulasi penerimaan panggilan, serta *Wireshark* untuk menganalisis kualitas jaringan. Analisis melalui *Wireshark* digunakan untuk memperoleh parameter *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* selama sesi panggilan berlangsung.

Skenario pengujian dimulai dengan memastikan seluruh konfigurasi pada *GSM Gateway* dan server *Asterisk* telah berjalan dengan benar, termasuk pengaturan *SIP trunk*, ekstensi, dan konektivitas jaringan. *GSM Gateway* dikoneksikan ke jaringan seluler menggunakan kartu SIM aktif, sedangkan server *Asterisk* menangani panggilan yang masuk dengan mengarahkan audio ke *AI Engine* melalui skrip *AGI*.

Pengujian dilakukan secara manual dengan menjalankan panggilan dari jaringan *GSM* menuju nomor SIM yang terpasang pada *GSM Gateway*, kemudian mengamati alur komunikasi dari gateway menuju server *Asterisk* hingga respon suara dari AI kembali ke penelpon. Pengujian yang dilakukan, yaitu:

1. Integrasi *GSM Gateway*
2. Pengukuran Qos Menggunakan *Wireshark*

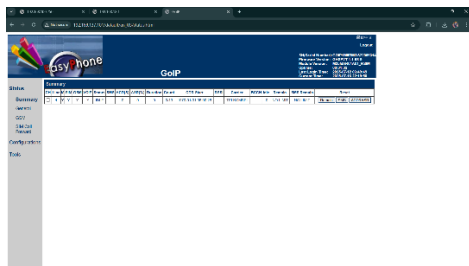
Data yang dikumpulkan mencakup nilai *delay* (waktu tempuh paket suara dari pengirim ke penerima), *jitter* (variasi waktu antar paket suara), dan *throughput* (kecepatan transfer data selama komunikasi berlangsung). Nilai-nilai ini diperoleh dari hasil analisis *Real-time Transport Protocol (RTP)* yang direkam menggunakan *Wireshark*, sehingga kualitas layanan suara dapat dievaluasi secara objektif.

IV. HASIL dan PEMBAHASAN

A. Hasil Implementasi

B. Hasil Pengujian

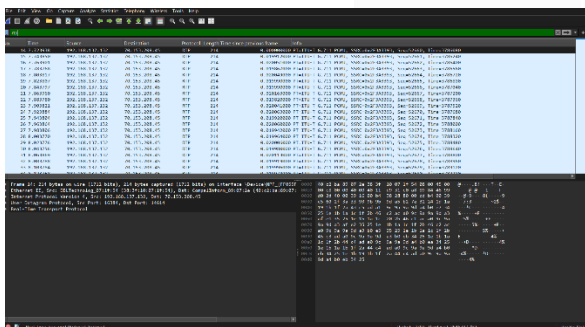
1. Integrasi GSM GATEWAY



Gambar 1 GSM GATEWAY

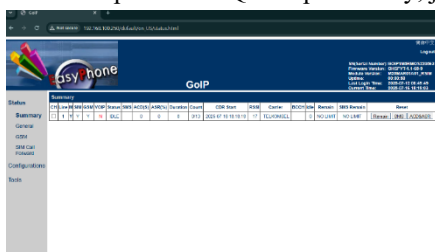
Pada Gambar 1 di atas menunjukkan tampilan status *GoIP* setelah registrasi ke *server SIP* berhasil dilakukan. Perbedaan paling signifikan dibandingkan gambar sebelumnya adalah kolom *VOIP* yang kini bernilai *Y*, menandakan bahwa *GoIP* telah berhasil terhubung dan terautentikasi dengan *server Asterisk*. Hal ini menandakan bahwa *GoIP* siap digunakan untuk melakukan dan menerima panggilan berbasis protokol *SIP*. Seluruh parameter lain seperti *SIM = Y*, *GSM = Y*, dan *Status = IDLE* menunjukkan bahwa sistem siap beroperasi.

2. Pengukuran QoS Menggunakan Wireshark



Gambar 2 Pengukuran QoS menggunakan Wireshark

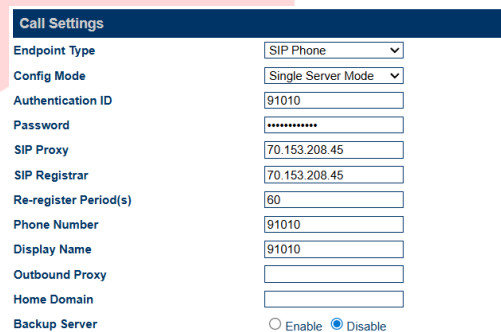
Pada Gambar 2 diatas merupakan hasil monitoring lalu lintas jaringan menggunakan aplikasi Wireshark dengan filter protokol RTP (Real-Time Transport Protocol). Data yang ditampilkan merepresentasikan aliran paket suara pada sesi panggilan VoIP yang menggunakan codec G.711 PCMU. Alamat IP sumber 192.168.137.132 mengirimkan paket ke alamat tujuan 70.153.208.45 melalui protokol UDP pada port tertentu. Informasi pada kolom Info menampilkan detail payload, nomor urut paket (sequence number), dan timestamp yang digunakan untuk menjaga sinkronisasi audio pada sisi penerima. Bagian detail paket di panel bawah memperlihatkan struktur lengkap dari paket, mulai dari header Ethernet, IP, UDP, hingga data RTP. Tangkapan ini membuktikan bahwa jalur komunikasi audio berjalan aktif dan stabil, serta menjadi sumber data penting untuk analisis parameter QoS seperti delay, jitter, dan



Gambar 4 Integrasi GSM Gateway

1. Integrasi GSM Gateway

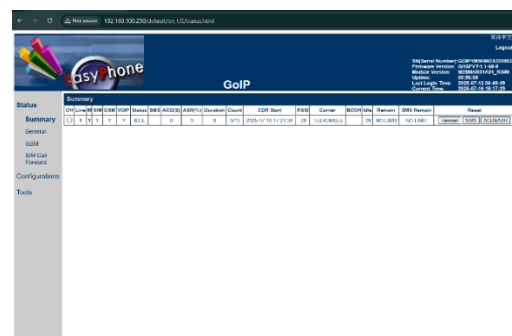
Pada gambar 4 diatas menampilkan tampilan antarmuka *web GoIP* yang diakses melalui alamat IP lokal (192.168.100.250). Pada bagian tab *Summary*, terlihat bahwa *GoIP* berhasil membaca *SIM card* (ditandai dengan kolom *SIM = Y*) dan mendapatkan sinyal *GSM* (*GSM = Y*) dari operator Telkomsel (*Carrier = TELKOMSEL*). Namun, status *VOIP = N* menunjukkan bahwa *GoIP* belum berhasil terhubung atau terdaftar pada *server SIP* (*Asterisk*). Hal ini mengindikasikan bahwa konfigurasi *SIP* pada *GoIP* belum dilakukan atau belum tepat. Untuk itu, diperlukan konfigurasi lanjutan pada bagian pengaturan *SIP* agar *GoIP* dapat digunakan sebagai *client SIP* untuk menghubungi *server Asterisk*.



Gambar 5 Integrasi GSM Gateway

Pada Gambar 5 diatas merupakan tampilan halaman pengaturan *Call Settings* yang digunakan untuk mengonfigurasi koneksi *GoIP* ke *server SIP* (*Asterisk*). Pada bagian ini, pengguna memasukkan informasi otentikasi sesuai data yang ada pada *server Asterisk*. Langkah Konfigurasi *SIP*:

1. Masuk ke tab *Configurations > Call Settings*.
2. Isi parameter berikut:
 - *Endpoint Type: SIP Phone*
 - *Authentication ID: 91010*
 - *Password: rahasia91010*
 - *SIP Proxy & Registrar: 70.153.208.45*
 - *Phone Number & Display Name: 91010*
3. Klik *Save* dan *Reboot GoIP*
4. Pastikan *VOIP* status berubah menjadi *Y*



Gambar 6 Integrasi GSM Gateway

Pada gambar 6 diatas menunjukkan tampilan status *GoIP* setelah registrasi ke *server SIP* berhasil dilakukan. Perbedaan paling signifikan dibandingkan gambar sebelumnya adalah kolom *VOIP* yang kini bernilai *Y*, menandakan bahwa *GoIP* telah berhasil terhubung dan terautentikasi dengan server *Asterisk*. Hal ini menandakan bahwa *GoIP* siap digunakan untuk melakukan dan menerima panggilan berbasis protokol *SIP*. Seluruh parameter lain seperti *SIM = Y*, *GSM = Y*, dan *Status = IDLE* menunjukkan bahwa sistem siap beroperasi.

2. Pengukuran QoS Menggunakan Wireshark

Pengujian	Total Waktu Respon
Pengujian 1	20 detik
Pengujian 2	19 detik
Pengujian 3	20 detik
Pengujian 4	20 detik
Pengujian 5	15 detik
Pengujian 6	18 detik
Pengujian 7	25 detik
Pengujian 8	15 detik
Pengujian 9	15 detik
Pengujian 10	20 detik
Rata-Rata	18,7 detik

Tabel 1 Pengukuran QoS

Berdasarkan hasil pengujian *response time* yang dilakukan sebanyak sepuluh kali, diperoleh waktu respon yang bervariasi antara 15 detik hingga 25 detik, dengan rata-rata sebesar 18,7 detik. Nilai waktu respon tercepat terjadi pada pengujian ke-5, ke-8, dan ke-9 yaitu sebesar 15 detik, yang menunjukkan kondisi jaringan dan server berada pada situasi optimal sehingga proses permintaan hingga jawaban dapat diproses lebih cepat. Sementara itu, waktu respon terlama terjadi pada pengujian ke-7 dengan nilai 25 detik, yang kemungkinan disebabkan oleh tingginya beban *server*, gangguan jaringan, atau kompleksitas data yang lebih besar dibandingkan pengujian lainnya. Sebagian besar hasil pengujian berada di kisaran 18 hingga 20 detik, yang mengindikasikan performa relatif stabil namun masih terdapat fluktuasi. Dengan rata-rata hampir 19 detik, kinerja layanan ini masih tergolong cukup lambat untuk aplikasi yang membutuhkan interaksi *real-time* seperti *call center* berbasis *AI*, namun masih dapat diterima untuk layanan yang memproses data kompleks. Faktor-faktor yang mempengaruhi variasi ini meliputi kondisi jaringan, beban *server Azure*, ukuran dan kompleksitas permintaan, serta waktu eksekusi internal layanan.

Pengujian	Rata-rata <i>delay</i> (ms)
Pengujian 1	20 ms
Pengujian 2	19,999 ms
Pengujian 3	20 ms
Pengujian 4	19,999 ms
Pengujian 5	19,999 ms
Pengujian 6	19,999 ms
Pengujian 7	19,999 ms
Pengujian 8	19,999 ms
Pengujian 9	19,997 ms
Pengujian 10	19,999 ms
Rata-Rata	19,999 ms

Tabel 2 Pengukuran QoS

Berdasarkan tabel 2 hasil pengujian kualitas delay yang dilakukan sebanyak 10 kali, diperoleh data bahwa rata-rata *delay* yang terjadi selama proses komunikasi berada dalam rentang yang sangat kecil dan stabil, yakni antara 19,997 ms hingga 20 ms. Pada pengujian pertama dan ketiga, nilai *delay* tercatat sebesar 20 ms, yang merupakan angka maksimum dalam keseluruhan pengujian. Sementara itu, pada pengujian kedua hingga kedelapan, nilai *delay* secara konsisten berada di angka 19,999 ms. Pengujian kesembilan menunjukkan nilai sedikit lebih rendah, yaitu 19,997 ms, sedangkan pengujian kesepuluh kembali menunjukkan nilai 19,999 ms. Stabilitas nilai *delay* yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu memberikan performa yang baik dalam hal kecepatan pengiriman paket suara atau data secara *real-time*. Hasil dari pengujian 1 sampai dengan 10 memiliki nilai rata-rata sebesar 19,999 ms. Nilai rata-rata *delay* ini membuktikan bahwa proses transmisi paket suara yang berlangsung telah memenuhi standar yang telah ditentukan oleh *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON)*. Data rata-rata delay yang didapat masuk dalam kategori sangat bagus dan mendapatkan indeks 4.

Pengujian	Rata-rata <i>Packet Loss</i> (%)
Pengujian 1	0%
Pengujian 2	0%
Pengujian 3	0%
Pengujian 4	0%
Pengujian 5	0%
Pengujian 6	0%
Pengujian 7	0%
Pengujian 8	0%

Pengujian 9	0%
Pengujian 10	0%

Tabel 3 Pengukuran QoS

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3 diatas, nilai *packet loss* menunjukkan 0%, yang artinya tidak ada paket data suara yang hilang selama proses komunikasi berlangsung. Ini menunjukkan bahwa kualitas jaringan sangat baik, dan seluruh suara yang dikirim berhasil diterima dengan utuh tanpa gangguan. Dengan kondisi seperti ini, percakapan menjadi lebih jelas dan tidak terputus-putus. Dalam pengujian 1 sampai dengan pengujian 10 mendapatkan kategori sangat bagus dan indeks 4 berdasarkan standar *Telecommunications and TIPHON*.

Pengujian	Rata-rata <i>Throughput</i> (kbps)
Pengujian 1	121 Kbps
Pengujian 2	125 Kbps
Pengujian 3	143 Kbps
Pengujian 4	125 Kbps
Pengujian 5	143 Kbps
Pengujian 6	121 Kbps
Pengujian 7	121 Kbps
Pengujian 8	109 Kbps
Pengujian 9	111 Kbps
Pengujian 10	119 Kbps
Rata-Rata	123,8 Kbps

Tabel 4 Pengukuran QoS

Berdasarkan Tabel 4 diatas hasil pengujian *throughput* yang

terdiri dari 10 kali pengujian, dapat disimpulkan bahwa performa jaringan yang diuji menunjukkan hasil yang cukup stabil namun tetap mengalami fluktuasi pada beberapa pengujian. *Throughput* sendiri adalah ukuran seberapa cepat data dapat dikirimkan dari satu titik ke titik lain dalam jaringan dalam satuan kilobit per detik (Kbps), dan merupakan indikator penting dalam menilai kualitas serta kinerja jaringan. Secara keseluruhan, *throughput* yang dihasilkan dari pengujian 1 sampai dengan 10 memiliki nilai rata-rata sebesar 123,8 Kbps. Nilai rata-rata *throughput* ini membuktikan bahwa sistem ini telah memenuhi standar yang sesuai dengan karakteristik codec G.711

konektivitas GSM dengan respons cepat dan kualitas audio yang jelas, baik untuk penggunaan skala kecil maupun besar.

VI. REFERENSI

[1] S. Shah, H. Ghomeshi, E. Vakaj, E. Cooper dan S. Fouad, "A review of natural language processing in contact centre automation," *Pattern Analysis and Applications*, Vol. %1 dari %2-, no. -, pp. -, 2023.

[2] P. A. Olujimi dan A. Ade-Ibijola, "NLP techniques for automating responses to customer queries: a systematic review," *Discover Artificial Intelligence*, vol. 3, no. 20, p. 1–27, 2023.

[3] S. A. Hakeem, H. H. Hussein dan H. Kim, "Application of Artificial Intelligence (AI) to GSM Operations," *EJSIT Journal*, Vol. %1 dari %2-, no. -, pp. -, 2024.

Pengujian	Rata-rata <i>Jitter</i> (ms)
Pengujian 1	0,889 ms
Pengujian 2	0,533 ms
Pengujian 3	0,358 ms
Pengujian 4	0,802 ms
Pengujian 5	0,520 ms
Pengujian 6	0,548 ms
Pengujian 7	0,558 ms
Pengujian 8	0,619 ms
Pengujian 9	0,490 ms
Pengujian 10	0,560 ms

Tabel 5 Pengukuran QoS

Pada Tabel 5 diatas pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk mengetahui rata-rata nilai *jitter* dalam komunikasi suara yang melalui sistem *call center* berbasis Asterisk dan GoIP. Berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai *jitter* yang tercatat berada dalam rentang 0,358 ms hingga 0,889 ms. Nilai *jitter* tertinggi terjadi pada pengujian ke-1 dengan nilai 0,889 ms, sementara nilai terendah terjadi pada pengujian ke-3 dengan nilai 0,358 ms. Jika dihitung rata-rata dari seluruh pengujian, nilai *jitter* keseluruhan berada di kisaran 0,57 ms, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki stabilitas jaringan yang sangat baik dalam mengirimkan paket suara secara konsisten dan tanpa gangguan berarti. Dari semua pengujian yang telah dilakukan mendapatkan kategori sangat baik dan nilai indeks 4.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang dilakukan, integrasi GSM Gateway dengan sistem call center berbasis AI yang dijalankan pada server Asterisk PBX terbukti berjalan dengan baik. GSM Gateway berhasil dikonfigurasi untuk terhubung ke jaringan seluler dan mendaftarkan diri ke server Asterisk melalui protokol SIP, sehingga memungkinkan panggilan dari jaringan GSM diteruskan ke sistem AI dan sebaliknya. Proses pengujian QoS menggunakan Wireshark menunjukkan bahwa parameter utama seperti delay, jitter, packet loss, dan throughput berada dalam kategori sangat baik sesuai standar TIPHON dan ITU-T G.114. Nilai delay yang stabil, jitter yang rendah, packet loss sebesar 0%, serta throughput yang konsisten membuktikan bahwa sistem mampu memberikan kualitas komunikasi suara yang optimal. Dengan performa tersebut, integrasi ini layak digunakan untuk mendukung layanan call center yang membutuhkan

