

# Integrasi Call Center Menggunakan Asterisk PBX pada Platform Microsoft Azure

1<sup>st</sup> Muhammad Rizki Affrian  
Fakultas Teknik Elektro  
Telkom University  
Bandung, Indonesia  
rizkiaffrian@student.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Bagus Aditya  
Fakultas Teknik Elektro  
Telkom University  
Bandung, Indonesia  
goesaditya@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Akhmad Hambali  
Fakultas Teknik Elektro  
Telkom University  
Bandung, Indonesia  
ahambali@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak** --- Penelitian ini membahas implementasi sistem *call center* berbasis *Asterisk PBX* yang dioperasikan melalui layanan *Virtual Machine (VM)* pada platform *Microsoft Azure*. *Asterisk* dipilih karena sifatnya yang *open source*, fleksibel, dan mendukung berbagai protokol komunikasi, sedangkan *Microsoft Azure* menyediakan infrastruktur *cloud* yang stabil, aman, dan mudah diakses. Proses implementasi meliputi penyediaan *VM* berbasis *Linux*, instalasi dan konfigurasi *Asterisk*, serta integrasi dengan aplikasi *softphone* seperti *Zoiper* menggunakan protokol *SIP*. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem melalui parameter *response time*, akurasi *Speech-to-Text (STT)*, dan kecepatan *Text-to-Speech (TTS)*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu berjalan stabil, dengan akurasi *STT* yang tinggi (rata-rata mendekati 100%) dan kecepatan *TTS* yang responsif (5–9 detik). Meskipun rata-rata *response time* tercatat 18,7 detik, yang relatif lambat untuk layanan interaktif *real-time*, performa secara keseluruhan masih memenuhi kebutuhan operasional *call center* berbasis *cloud*. Implementasi ini membuktikan bahwa integrasi *Asterisk PBX* dengan *Microsoft Azure* dapat menjadi solusi komunikasi yang efisien, fleksibel, dan mudah dikelola untuk berbagai skenario kerja jarak jauh maupun terdistribusi.

**Kata kunci** — *Asterisk PBX, Call Center, Cloud Computing, Microsoft Azure, Speech-to-Text, Text-to-Speech, Virtual Machine, VoIP*.

berjalan di sistem operasi berbasis *Linux* tanpa memerlukan perangkat keras khusus [1].

Dalam penelitian ini, *Asterisk* dijalankan pada *virtual machine (VM)* yang disediakan oleh *Microsoft Azure*. *Azure* dipilih sebagai platform infrastruktur karena mampu menyediakan lingkungan virtual yang stabil, aman, dan mudah diakses. *Virtual machine (VM)* yang digunakan berbasis sistem operasi *Linux*, yang kemudian dikonfigurasi untuk menjalankan *Asterisk* sebagai pusat layanan *call center*. Dengan pendekatan ini, sistem telepon dapat dioperasikan secara *remote*, diakses menggunakan aplikasi *softphone* seperti *Zoiper* dari berbagai perangkat, dan tetap terhubung ke jaringan telepon eksternal melalui *trunk SIP*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *call center* berbasis *Asterisk PBX* yang dioperasikan melalui layanan *virtual machine* pada platform *Microsoft Azure*. Dengan memanfaatkan kemampuan *Asterisk* sebagai sistem telepon *IP* berbasis *open source* dan dukungan infrastruktur dari *Azure*, sistem ini dirancang agar dapat menjadi solusi komunikasi yang fleksibel, hemat biaya, serta mudah dikelola dari jarak jauh. Implementasi ini diharapkan dapat memberikan alternatif bagi organisasi yang ingin beralih dari sistem komunikasi konvensional menuju sistem berbasis perangkat lunak yang lebih terintegrasi, serta menjadi dasar untuk pengembangan fitur *call center* lanjutan di masa mendatang, seperti integrasi dengan *chatbot*, *CRM*, atau layanan berbasis *AI*.

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komunikasi telah mengubah cara perusahaan dalam mengelola layanan pelanggan, terutama melalui sistem *call center*. Sistem *call center* tradisional kerap menghadapi berbagai kendala seperti keterbatasan skalabilitas, biaya perawatan yang tinggi, serta kurangnya fleksibilitas dalam menyesuaikan diri terhadap dinamika pertumbuhan bisnis. Pada era digital saat ini, kebutuhan akan sistem komunikasi yang dapat diakses kapan saja dan dari mana saja menjadi semakin penting, seiring dengan meningkatnya ekspektasi pelanggan terhadap layanan yang responsif dan *real-time*. *Call center* pun menjadi elemen krusial dalam membangun komunikasi dua arah yang efektif, namun pendekatan konvensional dengan perangkat keras fisik seringkali tidak mampu memenuhi tuntutan fleksibilitas dan efisiensi yang dibutuhkan oleh perusahaan [1].

*Asterisk* merupakan perangkat lunak sistem telepon berbasis *open source* yang banyak digunakan untuk membangun sistem komunikasi berbasis *VoIP (Voice over Internet Protocol)*. *Asterisk* mampu menangani berbagai fungsi komunikasi seperti panggilan internal antar pengguna, sambungan ke jaringan telepon eksternal (*PSTN*), fitur *voicemail*, hingga layanan interaktif seperti *IVR (Interactive Voice Response)*. Kelebihan utama dari *Asterisk* terletak pada fleksibilitas konfigurasinya, dukungan terhadap berbagai protokol komunikasi, serta kemampuannya

## II. KAJIAN TEORI

### A. ASTERISK PBX

*Asterisk* adalah perangkat lunak *open source* yang berfungsi sebagai sistem *PBX (Private Branch Exchange)* yang memungkinkan pengguna membangun dan mengelola sistem komunikasi suara berbasis jaringan *IP* [2]. *Asterisk* dikembangkan untuk dapat menangani berbagai fungsi komunikasi seperti panggilan internal antar ekstensi, sambungan ke jaringan telepon publik (*PSTN*), *voicemail*, *call forwarding*, hingga layanan *IVR (Interactive Voice Response)*. Keunggulan utama *Asterisk* terletak pada fleksibilitas konfigurasinya serta kemampuannya untuk dijalankan di berbagai distribusi sistem operasi *Linux* tanpa membutuhkan perangkat keras khusus. *Asterisk* juga mendukung berbagai protokol komunikasi seperti *SIP (Session Initiation Protocol)* dan *IAX (Inter-Asterisk Exchange)*, sehingga dapat diintegrasikan dengan *softphone*, telepon *IP*, atau *gateway GSM*. Karena bersifat *open source*, *Asterisk* dapat digunakan dan dikembangkan secara bebas, menjadikannya solusi ideal untuk organisasi yang ingin membangun sistem komunikasi tanpa biaya lisensi tambahan. Konfigurasi sistem *Asterisk* umumnya dilakukan melalui file teks seperti *pjsip.conf*, *extensions.conf*, dan *voicemail.conf*, yang memungkinkan administrator untuk menyesuaikan sistem secara detail dengan kebutuhan komunikasi yang spesifik [1].

### B. MICROSOFT AZURE VM

Microsoft Azure merupakan salah satu penyedia layanan infrastruktur berbasis *cloud* yang menawarkan berbagai macam layanan komputasi, salah satunya adalah *virtual machine (VM)*. Azure VM memungkinkan pengguna untuk menjalankan sistem operasi secara virtual dengan spesifikasi yang dapat disesuaikan, seperti jumlah CPU, kapasitas RAM, dan ukuran penyimpanan. Dalam konteks implementasi Asterisk, Azure VM digunakan sebagai tempat menjalankan sistem operasi Linux (misalnya Ubuntu Server) yang kemudian diinstal perangkat lunak Asterisk di dalamnya. Penggunaan Azure VM memberikan beberapa keuntungan, antara lain kemudahan akses secara remote melalui jaringan internet, fleksibilitas dalam pengelolaan sumber daya, serta adanya fitur keamanan dan monitoring yang terintegrasi langsung dari portal Azure [3]. Azure juga memungkinkan pengguna melakukan pengaturan *firewall*, pengelolaan IP publik, serta konfigurasi jaringan virtual (VNet) yang mendukung konektivitas antar perangkat. Dengan adanya layanan ini, organisasi tidak perlu menginvestasikan dana untuk pembelian dan pemeliharaan server fisik, namun tetap dapat menjalankan sistem komunikasi dengan kendali penuh.

### C. INTEGRASI CALL CENTER dan SOFTPHONE

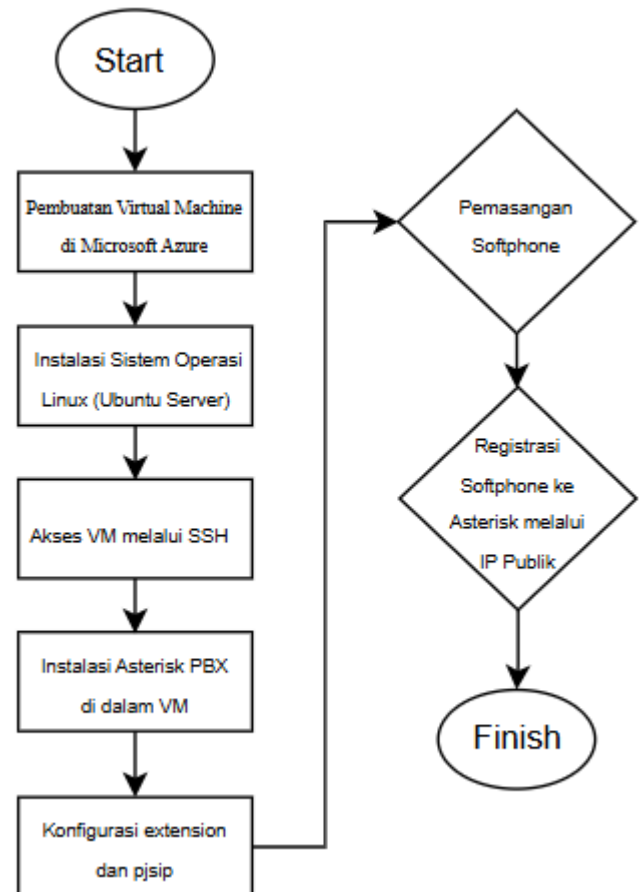
Sistem *call center* merupakan bagian penting dari operasional perusahaan dalam memberikan layanan dan dukungan kepada pelanggan melalui jalur komunikasi suara. Dalam implementasi modern, sistem *call center* tidak lagi hanya bergantung pada perangkat keras telepon konvensional, melainkan telah bertransformasi menjadi sistem berbasis perangkat lunak yang lebih fleksibel dan mudah dikelola. Salah satu elemen penting dalam sistem ini adalah penggunaan *softphone*, yaitu aplikasi komunikasi suara yang berjalan pada komputer atau perangkat *mobile* dan terhubung ke server Asterisk melalui protokol SIP. *Softphone* seperti Zoiper, dan X-Lite memungkinkan pengguna untuk melakukan panggilan suara melalui jaringan internet tanpa memerlukan perangkat fisik tambahan. Dalam sistem yang dibangun, setiap agen *call center* akan diberikan akun SIP yang telah dikonfigurasi di server Asterisk dan dapat digunakan untuk melakukan maupun menerima panggilan. Integrasi antara Asterisk sebagai server utama, Azure VM sebagai infrastruktur penopang, dan *softphone* sebagai perangkat akses pengguna, menciptakan sistem *call center* yang fleksibel dan mendukung kebutuhan operasional dari berbagai lokasi. Hal ini sangat relevan dengan model kerja modern yang bersifat dinamis.

## III. METODE

### A. Flowchart Alur

Berikut merupakan *flowchart* alur integrasi *call center* menggunakan asterisk PBX yang dijalankan pada layanan *Virtual Machine (VM)* di Microsoft Azure. Proses diawali dengan pembuatan VM di portal Microsoft Azure, di mana sistem operasi yang dipilih adalah Linux (Ubuntu Server) sebagai basis instalasi Asterisk. Setelah VM berhasil dibuat, pengguna mengakses server tersebut melalui protokol SSH untuk melakukan instalasi dan konfigurasi. Tahap selanjutnya adalah instalasi Asterisk PBX di dalam VM, diikuti dengan konfigurasi ekstensi dan pengaturan *pjsip* untuk mendukung komunikasi berbasis protokol SIP. Setelah konfigurasi server selesai, proses berlanjut pada sisi pengguna (*client side*), yaitu pemasangan aplikasi *softphone* pada perangkat yang digunakan oleh agen *call*

*center*. *Softphone* tersebut kemudian diregistrasikan ke server Asterisk melalui IP publik yang diberikan oleh Azure, sehingga perangkat dapat terhubung ke sistem dan digunakan untuk



melakukan maupun menerima panggilan.

Gambar 1 Flowchart Alur

Pada Gambar 1 diatas terlihat bahwa seluruh tahapan proses dirancang secara berurutan mulai dari penyediaan infrastruktur, instalasi perangkat lunak, konfigurasi sistem, hingga koneksi pengguna. Alur ini memastikan bahwa sebelum perangkat pengguna dapat melakukan komunikasi, server Asterisk sudah dalam kondisi siap pakai dan terhubung dengan jaringan melalui IP publik. Dengan demikian, integrasi antara Asterisk PBX dan Microsoft Azure dapat berjalan secara efisien dan menghasilkan sistem *call center* yang siap dioperasikan.

### B. Pengujian Sistem

Pengujian ini dilakukan menggunakan server Asterisk PBX yang dijalankan pada *virtual machine (VM)* di Microsoft Azure. Tujuan pengujian adalah memastikan bahwa sistem *call center* yang dibangun dapat berfungsi dengan baik, mampu menerima dan melakukan panggilan, serta memberikan kualitas komunikasi suara yang stabil. Proses pemantauan dilakukan menggunakan aplikasi *softphone* untuk simulasi panggilan dan waktu respon sistem, akurasi *Speech-to-Text (STT)*, dan kecepatan *Text-to-Speech (TTS)* untuk menganalisis kualitas jaringan. Skenario pengujian dimulai dengan menjalankan seluruh layanan pada server Asterisk, termasuk ekstensi SIP dan trunk yang telah dikonfigurasi, sehingga sistem berada pada kondisi operasional penuh.

Skenario pengujian dilakukan secara manual dengan menghubungkan beberapa perangkat *softphone* ke server Asterisk dan menjalankan panggilan dalam dua kondisi, yaitu:

1. Server dalam keadaan aktif tanpa adanya panggilan yang berlangsung.
2. Server aktif dengan panggilan berjalan, baik panggilan

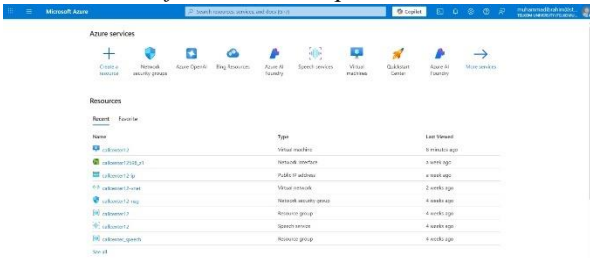
internal antar ekstensi, panggilan eksternal melalui *trunk SIP*, maupun panggilan simultan beberapa pengguna secara bersamaan.

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan aplikasi *softphone* seperti *Zoiper* ke server *Asterisk* melalui IP publik *Azure*. Setiap pengujian dilakukan dengan mengirimkan permintaan (panggilan atau pertanyaan) kepada sistem dan mencatat waktu respon, tingkat akurasi pengenalan suara, serta kecepatan sistem dalam menghasilkan keluaran suara.

IV. HASIL dan PEMBAHASAN

A. Hasil Implementasi

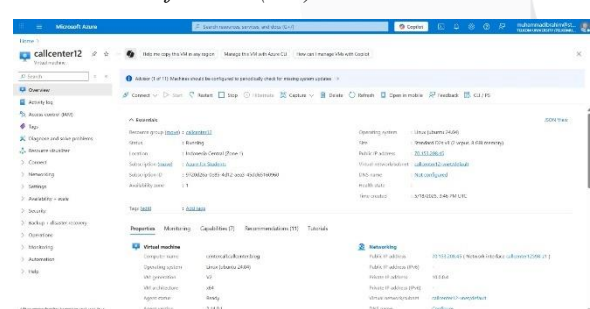
1. Microsoft Azure Desktop



Gambar 2 Microsoft Azure Desktop

Pada Gambar 2 di atas menampilkan *dashboard* Microsoft *Azure* setelah implementasi layanan *call center* berbasis *Asterisk PBX*. Sistem terdiri dari beberapa komponen utama, seperti *Virtual Machine (VM)* sebagai server *Asterisk*, *Network Interface*, *Public IP Address*, *Virtual Network (VNet)*, *Network Security Group (NSG)*, dan *Speech Service*. Semua komponen ini saling terhubung dalam satu *Resource Group* sehingga mudah dikelola. *VM* berfungsi sebagai pusat pengelolaan panggilan, *NSG* menjaga keamanan, dan publik *IP* memudahkan registrasi *softphone* dari lokasi berbeda.

2. Microsoft Azure (VM)



Gambar 3 Microsoft Azure (VM)

Pada Gambar 3 diatas merupakan *virtual machine (VM)* *callcenter12* berfungsi sebagai server utama *Asterisk PBX* di *Microsoft Azure*. *VM* ini menggunakan *Linux Ubuntu 24.04* dengan spesifikasi *2 vCPU* dan *8 GiB RAM*, ditempatkan di *Indonesia Central* untuk meminimalkan latensi. Akses dilakukan melalui IP publik *70.153.208.45*, terhubung ke *Virtual Network* dan dilindungi *Network Security Group*. *VM* ini menjadi pusat pengelolaan panggilan, pendaftaran perangkat, dan pengaturan jalur komunikasi, sehingga sistem *call center* dapat beroperasi stabil, aman, dan siap digunakan.

B. Hasil Pengujian

1. Response Time

*Response time* adalah selang waktu antara saat sebuah permintaan (*request*) dikirim ke sistem dan saat jawaban

(*response*) pertama kali diterima. Dalam pengukuran performa layanan, *response time* menjadi indikator utama seberapa cepat dan efisien layanan itu bekerja.

| 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 Response Time

Berdasarkan hasil pengujian *response time* yang dilakukan pada Tabel 1 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 *Artificial Intelligence (AI)*, namun masih dapat diterima untuk layanan yang memproses data kompleks. Faktor-faktor yang mempengaruhi variasi ini meliputi kondisi jaringan, beban server *Microsoft Azure*, ukuran dan kompleksitas permintaan, serta waktu eksekusi internal layanan.

2. Performa Microsoft Azure

Pada *Microsoft Azure* dilakukan pengujian performa jaringan yaitu akurasi *Speech-to-Text (STT)* dan kecepatan *Text-to-Speech (TTS)*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah performa *Microsoft Azure* memenuhi kebutuhan pengguna dengan waktu respon yang cepat dan optimal.

Tabel 2 Akurasi Speech-to-Text

| Pengujian    | Hasil Transkripsi                               | Akurasi Speech To Text (STT) % |
|--------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|
| Pengujian 1  | Apa saja layanan yang tersedia di pusat Bahasa? | 100%                           |
| Pengujian 2  | Dimana lokasi kantor pusat Bahasa?              | 96%                            |
| Pengujian 3  | Apa itu pusat Bahasa?                           | 100%                           |
| Pengujian 4  | Berapa biaya layanan tes TOEFL?                 | 100%                           |
| Pengujian 5  | Kapan jadwal toefl berikutnya?                  | 98%                            |
| Pengujian 6  | Jam berapa pusat Bahasa buka?                   | 100%                           |
| Pengujian 7  | Apakah saya bisa daftar tes secara online?      | 92%                            |
| Pengujian 8  | Apakah tersedia kelas online?                   | 100%                           |
| Pengujian 9  | Apa saya bisa membatalkan pendaftaran?          | 100%                           |
| Pengujian 10 | Halo saya ingin tanya soal pendaftaran?         | 98%                            |

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada Tabel 2 sistem *Speech-to-Text (STT)* yang terintegrasi dengan *Artificial Intelligence (AI)* menunjukkan performa yang cukup optimal dalam mengenali ucapan dan memberikan respon yang sesuai. Dari sepuluh skenario pengujian yang dilakukan, sebagian besar pertanyaan berhasil ditranskripsi dengan akurasi 100%, seperti pada pengujian 1, 3, 4, 6, 8, dan 9. Tingkat akurasi terendah tercatat pada pengujian ke-7 dengan persentase 92%, sementara pengujian ke-2 mencatat 96%, dan pengujian ke-5 serta ke-10 mencatat 98%. Variasi akurasi ini menunjukkan bahwa meskipun sistem sangat andal, masih terdapat pengaruh dari faktor seperti kecepatan berbicara, intonasi, artikulasi kata, dan kemungkinan adanya *noise* yang memengaruhi hasil transkripsi.

Tabel 3 Kecepatan Text-to-Speech

| Pengujian    | Teks Output AI                                                                            | Durasi Pemrosesan (detik) |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Pengujian 1  | Pusat Bahasa menyediakan kursus bahasa Inggris, persiapan TOEFL, dan kelas percakapan.    | 7 detik                   |
| Pengujian 2  | Gedung bangkit Telkom University                                                          | 6 detik                   |
| Pengujian 3  | Pusat Bahasa adalah lembaga yang menyediakan layanan kursus dan tes kemampuan bahasa.     | 9 detik                   |
| Pengujian 4  | Biaya layanan tes TOEFL adalah Rp550.000 per peserta.                                     | 7 detik                   |
| Pengujian 5  | Jadwal TOEFL berikutnya adalah tanggal 15 Agustus 2025.                                   | 6 detik                   |
| Pengujian 6  | Pusat Bahasa buka setiap Senin–Jumat pukul 08.00–16.00 WIB.                               | 6 detik                   |
| Pengujian 7  | Ya, pendaftaran tes dapat dilakukan secara online melalui situs resmi kami.               | 5 detik                   |
| Pengujian 8  | Ya, tersedia kelas online untuk kursus bahasa Inggris dan persiapan TOEFL.                | 5 detik                   |
| Pengujian 9  | Ya, Anda dapat membatalkan pendaftaran maksimal 3 hari sebelum jadwal tes.                | 7 detik                   |
| Pengujian 10 | Untuk pendaftaran, Anda perlu mengisi formulir online dan melakukan pembayaran biaya tes. | 6 detik                   |

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada Tabel 3 waktu pemrosesan respon *Artificial Intelligence (AI)* juga menjadi indikator penting dalam evaluasi. Rata-rata durasi pemrosesan jawaban berkisar antara 5 hingga 9 detik. Waktu tercepat adalah 5 detik yang terjadi pada beberapa pengujian seperti ke-7 dan ke-8, sedangkan waktu terlama adalah 9 detik pada pengujian ke-3. Secara umum, kisaran waktu ini masih tergolong responsif dan dapat diterima dalam konteks layanan informasi berbasis suara, terutama karena setiap jawaban yang dihasilkan bersifat lengkap dan informatif. *Artificial Intelligence (AI)* mampu memberikan informasi yang jelas, relevan, dan sesuai konteks pertanyaan, seperti menjelaskan layanan yang tersedia,

lokasi pusat bahasa, biaya dan jadwal tes *TOEFL*, prosedur pendaftaran, hingga kebijakan pembatalan. Respon *Artificial Intelligence (AI)* pada setiap pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memahami konteks percakapan dan menghasilkan jawaban yang natural serta mudah dipahami oleh pengguna. Meskipun terdapat sedikit perbedaan akurasi pada beberapa pengujian, hal tersebut tidak berdampak signifikan terhadap kualitas informasi yang disampaikan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem *Speech-to-Text (STT)* dan *Artificial Intelligence (AI)* yang diuji memiliki kinerja yang handal, dengan tingkat akurasi pengenalan ucapan yang tinggi dan kecepatan respon yang baik.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa integrasi *Asterisk PBX* pada *Virtual Machine* di *Microsoft Azure* berhasil membentuk sistem *call center* yang fungsional, fleksibel, dan mudah diakses dari berbagai lokasi. *Asterisk* sebagai sistem telepon *IP* berbasis *open source* memberikan fleksibilitas konfigurasi dan kompatibilitas luas terhadap perangkat maupun protokol komunikasi, sementara *Azure* menyediakan infrastruktur yang stabil, aman, dan terkelola dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi tinggi dalam pengenalan suara melalui layanan *Speech-to-Text (STT)*, respon cepat pada *Text-to-Speech (TTS)*, serta kualitas komunikasi yang stabil. Meskipun *response time* rata-rata masih perlu ditingkatkan agar optimal untuk layanan *real-time*, keseluruhan performa sistem telah memenuhi tujuan penelitian.

Implementasi ini dapat menjadi alternatif bagi organisasi yang ingin beralih dari sistem *call center* konvensional menuju solusi berbasis *cloud* yang lebih efisien, terintegrasi, dan siap dikembangkan untuk fitur lanjutan seperti integrasi *AI*, *chatbot*, maupun *CRM*.

REFERENSI

[1] O. M. A. M. A. B. T. S. Mubarak Yakubova, "The Development of a Secure Internet Protocol (IP) Network Based on Asterisk Private Branch Exchange (PBX)," *Applied Sciences*, vol. 13, no. 19, p. 10712, 2023.

[2] W. Tuleun, " Design of an asterisk-based VoIP system and the implementation of security solution across the VoIP network," *World Journal of Advanced Research and Reviews*, vol. 23, no. 1, p. 875–906, 2024.

[3] T. K. Adenekan, "Building a Secure Asterisk-Based VoIP System Design and Implementation," 2024.

