

# Analisis Perbandingan Performa IP-PBX (*Internet Protocol Private Branch Exchange*) Berbasis *Cloud* dan *Physical Server* Menggunakan Protocol SIP (*Session Initiation Protocol*) Studi Kasus PT. Link Net, Tbk

Romli<sup>1</sup>, Muhamad Femy Mulya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Informatika, Tanri Abeng University, Jakarta, Indonesia  
romli@student.tau.ac.id

<sup>2</sup>Program Studi Sistem Informasi, Tanri Abeng University, Jakarta, Indonesia  
femy.mulya@tau.ac.id

Diterima : 01 September 2023

Disetujui : 28 September 2023

**Abstract**— IP-PBX merupakan sistem telepon dengan memanfaatkan teknologi VoIP (*Voice over Internet Protocol*) untuk mengirimkan dan menerima panggilan suara melalui jaringan IP. Tujuan dari Penelitian ini adalah untuk melakukan analisa perbandingan performa kinerja jaringan IP-PBX berbasis *cloud* dan *physical server* menggunakan protokol SIP berdasarkan parameter yang digunakan dengan perhitungan QoS (*Quality of Service*). Hasil dari pengukuran QoS menunjukkan bahwa IP-PBX berbasis *Cloud* memiliki *throughput* lebih tinggi (165.88 kbps) dibandingkan IP-PBX *Physical Server* (154.20 kbps). Kedua sistem tidak mengalami *packet loss* yang signifikan. IP-PBX berbasis *Cloud* juga menunjukkan *delay* yang lebih rendah (10.35 ms) dan *jitter* yang lebih rendah (0.00386 ms) dibandingkan dengan IP-PBX *Physical Server*. Dengan demikian, IP-PBX berbasis *Cloud* dengan protokol SIP memberikan performa yang lebih baik dalam *throughput*, *delay*, dan *jitter* dibandingkan dengan IP-PBX *Physical Server* di PT. LinkNet, Tbk. Implementas IP-PBX berbasis *Cloud* merupakan solusi yang optimal dan layak digunakan.

**Keywords** — *IP-PBX, Cloud, Physical Server, SIP, Throughput, Packet Loss, Delay, Jitter.*

## I. PENDAHULUAN

Sistem IP-PBX (*Internet Protocol Private Branch Exchange*) merupakan teknologi modern dalam mengelola komunikasi suara pada sebuah perusahaan. Teknologi ini menggantikan sistem telepon tradisional yang memerlukan perangkat keras fisik dan biaya yang lebih mahal. Sistem IP-PBX memungkinkan pengguna untuk mengakses fitur-fitur seperti *voicemail*, konferensi, dan lain-lain melalui jaringan internet. Dalam pengembangan sistem IP-PBX, perusahaan perlu mempertimbangkan antara menggunakan IP-PBX berbasis *cloud* atau *physical server* dengan protokol (*Session Initiation Protocol*). Hal ini penting karena pemilihan infrastruktur dapat mempengaruhi biaya, keamanan, dan skalabilitas sistem IP-PBX [1]. Namun, di Indonesia, masih sedikit penelitian yang mengkaji tentang pemilihan infrastruktur IP-PBX berbasis *cloud* atau *physical server* dengan protokol SIP. Padahal, pemilihan infrastruktur yang tepat dapat

mempengaruhi efektivitas dan efisiensi sistem IP-PBX yang diimplementasikan pada sebuah perusahaan.

Oleh karena itu, pada penelitian ini, akan dilakukan analisis dan perbandingan desain arsitektur IP-PBX berbasis *cloud* dan *physical server* menggunakan protokol SIP pada PT. LinkNet Tbk. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang kelebihan dan kekurangan masing-masing infrastruktur, sehingga perusahaan dapat memilih infrastruktur yang paling sesuai untuk kebutuhan bisnisnya. QoS (*Quality of Service*) adalah kemampuan untuk memprioritaskan, mengelola, dan memastikan kualitas layanan di jaringan telepon berbasis IP [2]. Dalam protokol SIP, QoS sangat penting untuk memastikan kualitas suara yang baik dan mengurangi *delay* atau jeda saat berbicara. Dalam infrastruktur IP-PBX berbasis *cloud*, QoS seringkali menjadi masalah karena adanya keterbatasan *bandwidth* dan kecepatan akses internet. Selain itu, QoS

juga dapat dipengaruhi oleh banyaknya pengguna yang menggunakan jaringan yang sama.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan analisis perbandingan performa antara infrastruktur IP-PBX berbasis *cloud* dan *physical server* dengan protokol SIP, adapun untuk pengukuran performa jaringannya dengan menggunakan analisis QoS (*Quality of Service*) pada masing-masing infrastruktur. Hal ini penting untuk memastikan bahwa sistem IP-PBX yang diimplementasikan dapat memberikan kualitas suara yang baik dan mengurangi jeda saat berbicara, sehingga dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam berkomunikasi.

## II. LANDASAN TEORI

### A. SIP (*Session Initiation Protocol*)

SIP (*Session Initiation Protocol*) merupakan sebuah protokol komunikasi yang digunakan untuk menginisiasi, mengubah, dan mengakhiri sesi komunikasi multimedia melalui jaringan IP [3]. Protokol ini digunakan dalam layanan seperti VoIP (*Voice over IP*), video konferensi, pesan instan, dan layanan komunikasi *real-time* lainnya [4]. SIP bekerja sebagai protokol kontrol untuk mengatur dan mengendalikan sesi komunikasi antara dua atau lebih pihak. Melalui SIP, pengguna dapat memulai, menjalankan, dan mengakhiri panggilan suara atau video melalui jaringan IP [5]. Protokol ini berfokus pada inisiasi panggilan dan penanganan status panggilan, termasuk negosiasi parameter komunikasi seperti *codec*, alamat IP, dan format data [6].

### B. GCP (*Google Cloud Platform*)

GCP (*Google Cloud Platform*) adalah *cloud platform* yang disediakan oleh Google [7]. Ini adalah rangkaian layanan dan infrastruktur yang memungkinkan pengguna untuk membangun, mengelola, dan mengimplementasikan aplikasi dan layanan di lingkungan *cloud* [8]. GCP menawarkan berbagai layanan yang mencakup komputasi, penyimpanan data, jaringan, analitik, kecerdasan buatan (AI), mesin pembelajaran (*machine learning*), keamanan, pengembangan aplikasi, dan lain sebagainya [9].

### C. IP-PBX

IP-PBX (*Internet Protocol Private Branch Exchange*) merupakan sistem telepon berbasis IP yang digunakan untuk menghubungkan kantor atau cabang dalam sebuah organisasi atau perusahaan [10]. IP-PBX merupakan evolusi dari sistem telepon tradisional yang memanfaatkan jalur analog atau TDM (*Time Division Multiplexing*) dan memungkinkan pengguna untuk melakukan panggilan suara dan *video* melalui jaringan internet [1].

### D. QOS (*Quality of Service*)

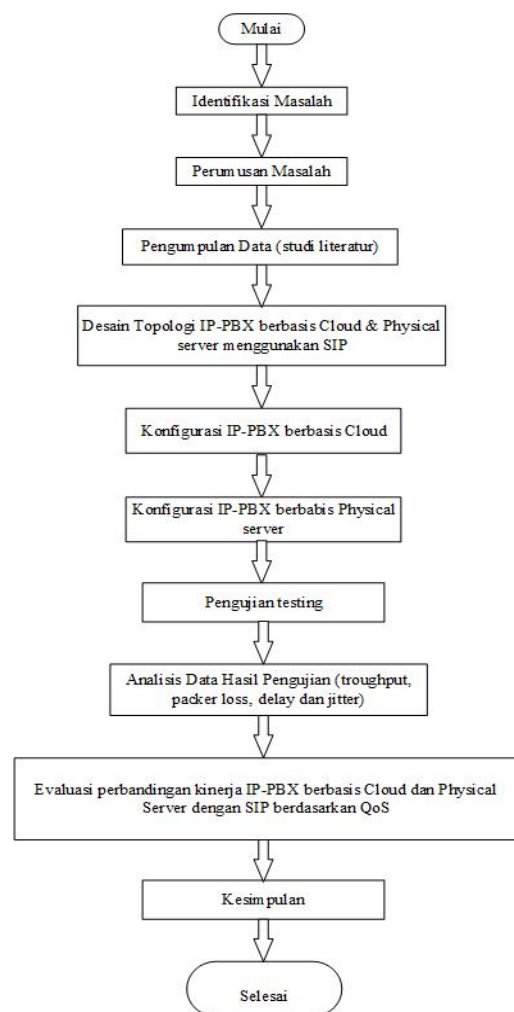
QoS merupakan singkatan dari (*Quality of Service*) yang dalam konteks komunikasi dan jaringan

merujuk pada kemampuan suatu jaringan atau sistem untuk memberikan kualitas yang diinginkan atau dijamin dalam pengiriman data, suara, atau layanan lainnya [11]. QoS bertujuan untuk mengelola dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya jaringan agar memenuhi kebutuhan yang berbeda dari aplikasi dan layanan yang berjalan di atasnya. Dalam konteks VoIP, QoS menjadi sangat penting karena suara dan percakapan *real-time* yang dikirim melalui jaringan internet membutuhkan latensi rendah, kecepatan yang konsisten, dan keandalan yang tinggi [12].

### E. Wireshark

*Wireshark* adalah salah satu *tools* yang digunakan untuk mengetahui sebuah kualitas jaringan pada suatu sistem. Dimana *wireshark* ini mampu menangkap paket-paket data atau informasi pada jaringan yang sedang berjalan [13].

## III. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Tahapan Penelitian

### A. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini peneliti melakukan identifikasi dan analisa pada masalah-masalah yang berkaitan dengan

performa IP-PBX berbasis *Cloud* dengan *Physical Server*. Tahap ini akan menghasilkan rumusan masalah, tujuan penelitian dan juga batasan-batasan masalah.

#### B. Perumusan masalah

Pada tahap ini peneliti akan memfokuskan pada analisa, konfigurasi pada desain infrastruktur IP-PBX berbasis *Cloud* dan *Physical Server* dari beberapa parameter yang mempengaruhi jaringan, dimana *user* akan melakukan panggilan suara dengan memanfaatkan jaringan yang telah ada.

#### C. Pengumpulan data (studi literature)

Pada tahapan ini peneliti melakukan studi literatur seperti jurnal, buku, internet, dan dokumen yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan dan *data device* yang digunakan dalam penelitian ini,

merupakan data yang berdasarkan pada keadaan dan keperluan di PT. Linknet, Tbk.

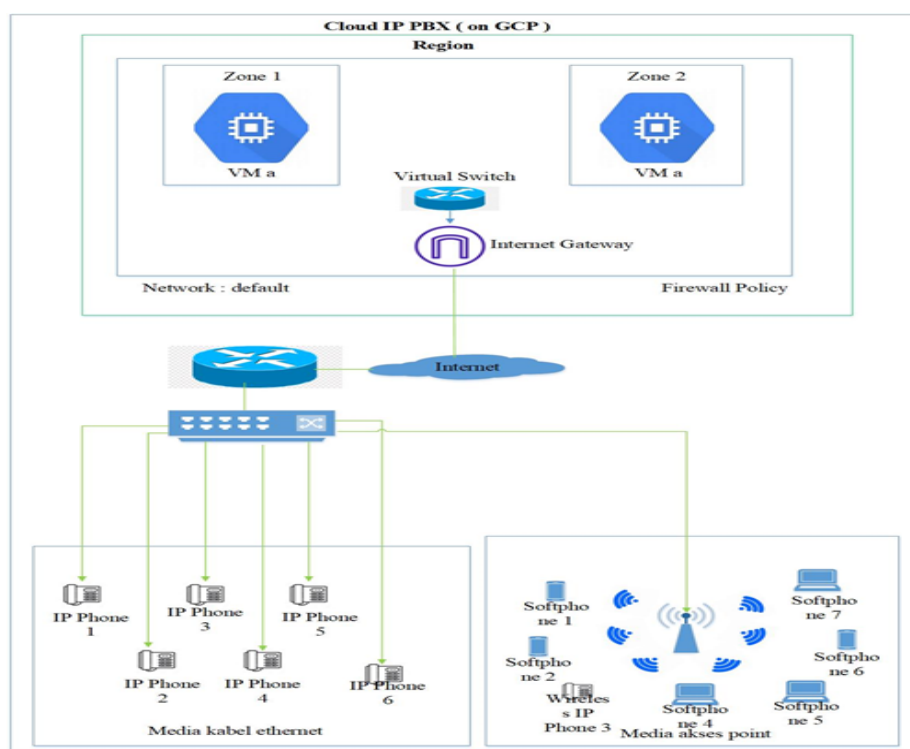
#### D. Tools dan simulasi Pengujian

Adapun Tools Simulasi Analisa Pengujian yang digunakan diantaranya sebagai berikut :

1. Fusion PBX
2. GCP (*Google Cloud Platform*)
3. Wireshark
4. WinSCP
5. Sofphone

#### E. Design Topology Cloud IP-PBX

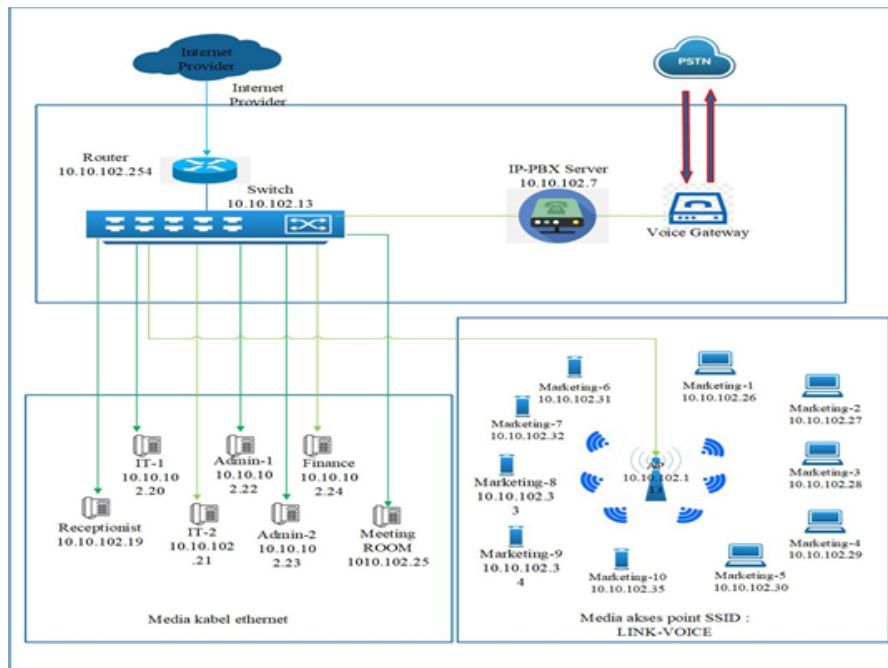
Berdasarkan topologi pada Gambar 2, peneliti akan melakukan analisa kinerja IP-PBX protokol SIP menggunakan layanan *Google Cloud Platform* (GCP), adapun penjelasan dari topologi nya sebagai berikut:



Gambar 2. Design Topology Cloud IP-PBX

- a. Pelanggan GCP dapat melakukan akses ke instance VM-a, VM-b atau yang lainnya melalui internet.
- b. *Network-Default* artinya secara *default* GCP memberikan *IP Address* secara otomatis baik itu *IP External / Public* maupun internal ketika membuat VM.
- c. *Firewall Policy* pada *Google Cloud Platform* adalah seperangkat aturan yang ditetapkan untuk memfilter lalu lintas jaringan yang masuk dan keluar dari *virtual private Cloud* (VPC). *Firewall policy* mengatur akses lalu lintas jaringan ke dan dari sumber tertentu berdasarkan alamat IP, *port*, protokol, dan jenis lalu lintas lainnya.
- d. *Region* dan *Zone* merupakan wilayah geografis yang terdiri dari satu atau beberapa zona yang berisi pusat data. Setiap *region* GCP memiliki setidaknya satu pusat data dan beberapa zona. Setiap zona pada suatu *region* terdiri dari satu atau beberapa pusat data fisik yang saling terhubung dan terletak dalam jarak yang cukup dekat sehingga memiliki latensi yang rendah.
- e. *Internet Gateway* adalah layanan yang menyediakan koneksi internet untuk *instance* yang

berada di dalam *subnet* yang terhubung ke VPC (*Virtual Private Cloud*). F. Design Topology Physical server IP-PBX



Gambar 3. Design Topology Physical Server IP-PBX

Pada topologi tersebut dimana PC Server digunakan sebagai IP-PBX Server, dan semua perangkat baik itu IP-Phone, Laptop yang sudah terinstall aplikasi MicroSP maupun Mobile Phone yang juga sudah terinstall Linphone bisa saling melakukan komunikasi suara melalui Protokol SIP tentunya dengan melakukan registrasi extension ke IP-PBX Server terlebih dahulu.

G. Pengujian dan Testing

Pengujian dan testing kelayakan IP-PBX berbasis Cloud dan Physical Server dimana Pengujian dan testing implementasi ini dilakukan berdasarkan penerapan topologi yang telah ada. Proses pengujian dan testing implementasi pada topologi jaringan dilakukan dengan menggunakan 2 skenario dimana user melakukan test call antar extension menggunakan Server IP-PBX yang berada dikantor dengan Server IP-PBX yang berada di Cloud Server disini menggunakan Google Cloud Server, pengujian menggunakan QoS dengan wireshark. Diharapkan agar implementasi ini dapat beroperasi dengan baik dan berjalan lancar.

H. Analisa Data Hasil Pengujian

Analisa data hasil pengujian menggunakan parameter yang dapat membantu penelitian.

1. Throughput

Throughput merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas suatu jaringan pada aktivitas download yang sedang

berjalan [11]. Berikut tabel parameter dan cara menghitung Throughput.

Tabel 1. Indeks Parameter Throughput

Kategori	Throughput (bps)	Indeks
Sangat bagus	100%	4
Bagus	75%	3
Sedang	50%	2
Jelek	<25%	1

Persamaan perhitungan throughput:

$$Throughput = \frac{\text{Jumlah data yang dikirim}}{\text{waktu pengiriman data}} \quad (1)$$

2. Packet Loss

Packet Loss merupakan kehilangan paket data pada proses transmisi, terjadi ketika terdapat penumpukan data-data pada jalur yang dilewati pada saat beban puncak (peak load) yang menyebabkan kemacetan transmisi paket akibat padatnya trafik yang harus dilayani dalam batas waktu tertentu [11].

Tabel 2. Indeks Parameter Packet Loss

Kategori	Packet Loss	Indeks
Sangat bagus	0%	4
Bagus	3%	3
Sedang	15%	2
Jelek	25%	1

Persamaan perhitungan *Packet Loss*:

$$Packet\ loss = \frac{(paket\ data\ dikirim - paket\ data\ diterima)}{paket\ data\ dikirim} \times 100\% \quad (2)$$

3. *Delay*

*Delay* merupakan waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya [12].

Tabel 3. *Indeks Parameter Delay*

Kategori	Delay	Indeks
Sangat bagus	<50 ms	4
Bagus	150 / 300 ms	3
Sedang	300 - 450 ms	2
Jelek	>450 ms	1

Persamaan perhitungan *Delay*:

$$Delay = \frac{Total\ Delay}{Jumlah\ Total\ paket} \quad (3)$$

4. *Jitter*

*Jitter* merupakan perbedaan selang waktu kedatangan antar paket diterminal tujuan [12].

Tabel 4. *Indeks Parameter Jitter*

Kategori	Jitter	Indeks
Sangat bagus	0 ms	4
Bagus	0 s/d 75 ms	3
Sedang	75 s/d 125 ms	2
Jelek	125 s/d 225 ms	1

Persamaan perhitungan *Jitter*:

$$Jitter = \frac{Total\ Variasi\ Delay}{Total\ paket\ yang\ diterima} \quad (4)$$

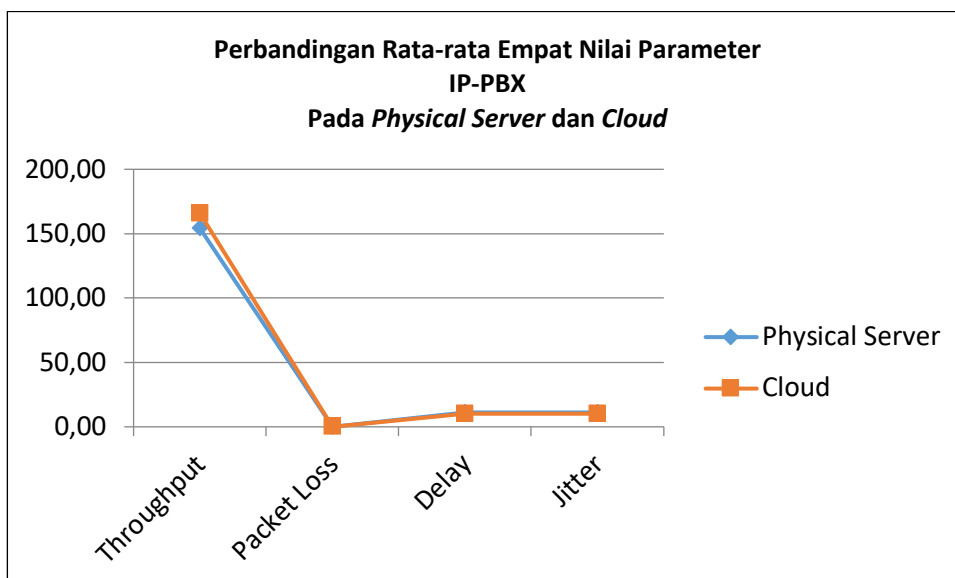
IV. IMPLEMENTASI DAN EVALUASI

A. Hasil Evaluasi Perbandingan Empat Parameter Pada IP-PBX Physical Server dan Cloud

Dalam evaluasi pengaruh *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *Jitter* pada IP-PBX Physical Server dan Cloud dilakukan skenario pengujian tes panggilan antar *extension* sebanyak 10 kali dengan durasi 30 detik tiap panggilan pada setiap parameter dengan harapan untuk menentukan apakah IP-PBX Cloud di Google Cloud Platform optimal dan layak digunakan. Adapun hasil pengujian dengan empat parameter QoS sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Evaluasi Perbandingan Empat Parameter IP-PBX Physical Server dan Cloud

IP-PBX	Empat Parameter QoS							
	Throughput		Packet Loss		Delay		Jitter	
	Rata-rata	Kategori	Rata-rata	Kategori	Rata-rata	Kategori	Rata-rata	Kategori
Physical Server	154.20	Sangat Bagus	0	Sangat Bagus	11.23	Sangat Bagus	0.00530	Bagus
Cloud	165.88	Sangat Bagus	0	Sangat Bagus	10.35	Sangat Bagus	0.00386	Bagus



Gambar 4. Hasil Evaluasi Perbandingan Empat Parameter IP-PBX pada Physical Server dan Cloud

Berdasarkan tabel 5 dan Gambar 4 diatas, dengan empat parameter yang telah diujikan dalam 10 kali pengujian dengan melakukan test panggilan antar extension pada IP-PBX Physical Server dan Cloud, dapat diperoleh hasil pengujian bahwa IP-PBX Cloud memiliki performa lebih baik dalam pengujian parameter Delay dengan nilai 10.34 ms dengan kategori indeks parameter Sangat Bagus dan untuk pengujian parameter Jitter dengan nilai 10.34 ms dalam kategori indeks bagus berdasarkan standarisasi (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network).

B. Rekomendasi Hasil

Berdasarkan data hasil evaluasi perbandingan analisa QoS pada komunikasi jaringan Cloud IP PBX dan physical server, maka apabila ingin diterapkan di PT. Link Net, Tbk, dapat diperoleh rekomendasi bahwa Cloud IP PBX tentunya lebih baik dibandingkan dengan Physical Server IP PBX. Berikut komparasi dari segi biaya sebagai bahan pertimbangan PT. Link Net, Tbk untuk implementasi atau migrasi ke IP PBX berbasis Cloud dengan spesifikasi yang sama untuk replace Physical Server.

Tabel 6. Komparasi biaya Cloud server dan Physical Server

Tipe Server	Nama Device	Spesifikasi	Jumlah	Biaya Awal	Biaya Bulanan
Cloud IP PBX	E2	GCP Region asia-southeast2 (Jakarta)	1	Rp810,437	Rp923,868
		Type Server E2			
		2 vCPU + 4 GB memory			
		RAM : 4 GB			
		Storage SSD : 100 GB			
	Sistem Operasi : Debian Server 10				
	Koneksi	Upgrade kapasitas bandwidth	5 Mbps		Rp1,200,000
	Router	MIKROTIK Router RB450Gx4	1	Rp3,000,000	
	Switch	HP 1420-24G 24-Port Gigabit	1	Rp5,000,000	
	Setup dan Manage Service	Router & perangkat Jaringan	1 Bulan	Rp2,400,000	Rp1,000,000
<b>Total Biaya Cloud IP PBX</b>				<b>Rp11,210,437</b>	<b>Rp3,123,868</b>
Physical IP PBX	DELL PowerEdge R250	Intel Xeon E-2334	1	Rp32,400,000	
		1.2TB SAS 2.5in			
		16GB UDIMM 3200MT/s ECC			
		PERC H330 RAID Controller			
		Power Supply 450W			
		Sistem Operasi: Debian Server 10			
	Router	MIKROTIK Router RB450Gx4	12	Rp3,000,000	
	Switch	HP 1420-24G 24-Port Gigabit	1	Rp5,000,000	
	Koneksi	Leased Line	5 Mbps	Rp3,000,000	Rp1,000,000
	Setup dan Manage Service	Router & perangkat Jaringan	1 Bulan	Rp2,400,000	Rp1,000,000
Colocation 1 Rack		1 Bulan	Rp5,000,000	Rp916,000	
Physical Server IP PBX		1 Tahun		Rp1,500,000	
<b>Total Biaya Physical IP PBX</b>				<b>Rp50,800,000</b>	<b>Rp4,416,000</b>

Berdasarkan Tabel 6. untuk biaya Cloud computing dan server physical dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor lokasi geografis, spesifikasi perangkat, jenis layanan yang digunakan, dan kebutuhan yang spesifik. Peneliti juga memberikan beberapa rekomendasi yang perlu

diperhatikan sebelum melakukan migrasi Physical Server ke Cloud Server, antara lain:

1. Lakukan evaluasi mendalam terhadap kebutuhan infrastruktur. Pertimbangkan kapasitas, kinerja, keamanan, dan skalabilitas yang diperlukan.

2. Teliti dan bandingkan penyedia *cloud server* yang ada. Perhatikan fitur dan layanan yang mereka tawarkan, termasuk keandalan, keamanan, dukungan, dan fleksibilitas.
3. Buat rencana migrasi yang terperinci dan terencana dengan baik. Identifikasi aplikasi dan data mana yang akan dipindahkan terlebih dahulu, serta urutannya.
4. Pastikan data di-*backup* dengan baik sebelum memulai migrasi. Periksa kebijakan penyimpanan dan pemulihan data yang disediakan oleh penyedia *cloud*. Selain itu, pastikan juga keamanan data terjaga dengan menggunakan enkripsi, *firewall*, dan tindakan keamanan lainnya untuk melindungi data sensitif selama migrasi dan setelahnya.
5. Lakukan uji coba dan verifikasi setelah migrasi selesai. Lakukan pengujian kinerja untuk memastikan bahwa *server cloud* dapat menangani beban kerja yang diperlukan.
6. Setelah migrasi selesai, pastikan untuk memantau dan mengelola kinerja *server cloud* secara teratur. Gunakan alat pemantauan dan manajemen yang sesuai untuk memantau kinerja, kapasitas, dan keamanan server.
7. Evaluasi biaya migrasi dan biaya operasional jangka panjang. Bandingkan biaya server fisik dengan biaya *server cloud*, termasuk biaya infrastruktur, pemeliharaan, dan pembaruan perangkat keras.
8. Berikan pelatihan dan bimbingan kepada tim IT yang terlibat agar dapat mengelola dan memanfaatkan *cloud server* dengan efektif.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi perbandingan antara IP-PBX *Physical Server* dan IP-PBX *Cloud* di *Google Cloud Platform* pada PT Link Net, Tbk dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rata-rata *throughput* IP-PBX *Physical Server* adalah 154.20 kbps, sedangkan IP-PBX *Cloud* memiliki rata-rata *throughput* sebesar 165.88 kbps. IP-PBX *Cloud* di *Google Cloud Platform* menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam hal *throughput* dibandingkan dengan IP-PBX *Physical Server*.
2. Rata-rata *delay* pada IP-PBX *Physical Server* adalah 11.23 ms, sementara pada IP-PBX *Cloud* rata-rata *delay* adalah 10.35 ms. IP-PBX *Cloud* menunjukkan *delay* yang lebih rendah dibandingkan dengan IP-PBX *Physical Server*, menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam hal waktu *respons*.
3. Rata-rata *jitter* pada IP-PBX *Physical Server* adalah 0.00530 ms, sementara pada IP-PBX *Cloud* rata-rata *jitter* adalah 0.00386 ms. IP-PBX *Cloud* menunjukkan *jitter* yang lebih rendah

dibandingkan dengan IP-PBX *Physical Server*, menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam hal *variasi waktu respons*.

4. IP-PBX *Cloud* di *Google Cloud Platform* memberikan kinerja yang lebih baik dalam hal *throughput*, *delay*, dan *jitter* dibandingkan dengan IP-PBX *Physical Server*. Selain itu, tidak ada *packet loss* yang terjadi pada kedua desain IP PBX server. Dengan demikian, IP-PBX *Cloud* pada *Google Cloud Platform* dapat dianggap sebagai solusi yang optimal dan layak digunakan oleh PT. Link Net, Tbk.

### B. Saran

Berdasarkan hasil evaluasi di atas, berikut adalah beberapa saran yang dapat diberikan:

1. PT. Link Net, Tbk dapat mempertimbangkan migrasi dari IP-PBX *Physical Server* ke IP-PBX *Cloud* pada *Google Cloud Platform* untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi.
2. Penting untuk memperhatikan kebutuhan *bandwidth* yang cukup untuk mendukung *throughput* yang optimal pada IP-PBX *Cloud*.
3. Meskipun tidak ada *packet loss* yang terjadi dalam pengujian ini, PT. Link Net, Tbk harus terus memantau kualitas jaringan dan mengambil tindakan yang diperlukan jika terjadi perubahan kondisi jaringan yang dapat menyebabkan *packet loss*.
4. PT. Link Net, Tbk dapat menggunakan hasil evaluasi ini sebagai dasar untuk memperbaiki atau mengoptimalkan parameter jaringan, seperti mengurangi *delay* dan *jitter* untuk meningkatkan kualitas panggilan dan pengalaman pengguna.
5. Disarankan untuk melakukan evaluasi lebih lanjut dengan skenario pengujian yang lebih kompleks dan dalam skala yang lebih besar untuk mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang kinerja IP-PBX *Cloud* pada *Google Cloud Platform*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Jaringan Telekomunikasi Jurnal Jartel *et al.*, "Implementasi Manajemen Bandwidth VoIP Pada IP-PBX Menggunakan Routerboard di Jaringan Intranet," *J. Telecommun. Netw. (Jurnal Jar. Telekomun.*, vol. 10, no. 4, pp. 185–190, Dec. 2020, doi: 10.33795/JARTEL.V10I4.74.
- [2] S. Sutarti, S. Siswanto, and A. Subandi, "IMPLEMENTASI DAN ANALISIS QoS (QUALITY OF SERVICE) PADA VoIP (VOICE OVER INTERNET PROTOCOL) BERBASIS LINUX," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 5,

- no. 2, Oct. 2018, Accessed: Jul. 27, 2023. [Online]. Available: <https://ejournal.lppmunsera.org/index.php/PROSISKO/article/view/786>.
- [3] A. Heriyanto, A. Heriyanto, L. Syafaah, and A. Faruq, "Analisis Quality of Services Jaringan VoIP pada VPN menggunakan InterAsteriks Exchange dan Session Initiation Protocol," *Techno.Com*, vol. 19, no. 1, pp. 1–11, Feb. 2020, doi: 10.33633/tc.v19i1.2753.
- [4] S. I. Maulidya, "KINERJA VOIP SIP DAN VOIP H.323," *J. Teknol. TECHNOSCIENTIA*, vol. 11, pp. 133–139, Sep. 2019, doi: 10.34151/TECHNOSCIENTIA.V0I0.2053.
- [5] R. Alvianto, S. Hutagalung, and F. A. Halim, "RANCANG BANGUN MEKANISME QUALITY OF SERVICE TERHADAP PROTOKOL RTP DAN SIP PADA ARSITEKTUR OPENFLOW," *Ultim. Comput. J. Sist. Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 9–15, Aug. 2019, doi: 10.31937/SK.V11I1.1093.
- [6] N. ANNISA, "IMPLEMENTASI SERVER SIP PROXY DENGAN ELASTIS DALAM PENINGKATAN LAYANAN KOMUNIKASI PADA SMP AMAL LUHUR," *Kumpul. Karya Ilm. Mhs. Fak. sains dan Tekhnologi*, vol. 1, no. 1, pp. 263–263, Jun. 2021, Accessed: Jul. 27, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.pancabudi.ac.id/index.php/fastek/article/view/1805>.
- [7] D. Gustian, Y. Fitriasia, S. Purwanto ESGS, W. Novayani, P. Caltex Riau, and J. Umbansari No, "Implementasi Automation Deployment pada Google Cloud Compute VM menggunakan Terraform," *J. Inovtek Polbeng Seri Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 50–62, Jun. 2023, doi: 10.35314/ISI.V8I1.3095.
- [8] D. Desmulyati and M. R. P. Putra, "Load Balance Design of Google Cloud Compute Engine VPS with Round Robin Method in PT. Lintas Data Indonesia," *Sink. J. dan Penelit. Tek. Inform.*, vol. 3, no. 2, pp. 147–153, Mar. 2019, doi: 10.33395/SINKRON.V3I2.10064.
- [9] A. R. Hakim, "ANALISIS PERBANDINGAN SISTEM CLOUD AZURE DAN GOOGLE CLOUD," *InfoTekJar J. Nas. Inform. dan Teknol. Jar.*, vol. 1, no. 1, pp. 38–41, Sep. 2016, doi: 10.30743/INFOTEKJAR.V1I1.38.
- [10] W. Wardi, Z. B. Hasanuddin, A. Andani, J. J. Salli, and A. M. Syafaat, "Improving Network Performance of IP PBX Based Telecommunication System," *Lontar Komput. J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. 11, no. 2, pp. 101–113, Aug. 2020, doi: 10.24843/LKJITI.2020.V11.I02.P04.
- [11] S. Amuda, M. F. Mulya, and F. I. Kurniadi, "Analisis dan Perancangan Simulasi Perbandingan Kinerja Jaringan Komputer Menggunakan Metode Protokol Routing Statis, Open Shortest Path First (OSPF) dan Border Gateway Protocol (BGP) (Studi Kasus Tanri Abeng University)," *J. SISKOM-KB (Sistem Komput. dan Kecerdasan Buatan)*, vol. 4, no. 2, pp. 53–63, Mar. 2021, doi: 10.47970/SISKOM-KB.V4I2.189.
- [12] S. Hamza, A. Ibrahim, and R. Sukri, "Analisis Qos Pada Jaringan Telepon Voip Dengan Menggunakan Perbandingan Metode Differentiated Service Dan Metode Integrated Service Di Hotel Safirna," *J. Tek. Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 16–20, Sep. 2022, doi: 10.52046/J-TIFA.V5I2.1422.
- [13] P. Jaringan VoIP Terhadap Peningkatan Pengguna Pada Variasi Bandwidth Menggunakan GNS, dan Wireshark Alifia, and A. Daneraici Setiawan, "Performansi Jaringan VoIP Terhadap Peningkatan Pengguna Pada Variasi Bandwidth Menggunakan Gns 3 Dan Wireshark," *Epsil. J. Electr. Eng. Inf. Technol.*, vol. 18, no. 3, pp. 107–111, Dec. 2020, Accessed: Jul. 27, 2023. [Online]. Available: <https://epsilon.unjani.ac.id/index.php/epsilon/article/view/33>.