

Evaluasi Kinerja GSM VoIP Gateway pada Sistem IP PBX

HERI ANDRIANTO, DANIEL SETIADIKARUNIA, HENDRY RAHARJO

Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha, Indonesia
Email : heri.andrianto@eng.maranatha.edu

Received 11 April 2021 | *Revised* 11 Mei 2021 | *Accepted* 3 Juni 2021

ABSTRAK

GSM VoIP Gateway digunakan untuk menghubungkan jaringan VoIP dengan jaringan GSM sehingga memungkinkan VoIP client melakukan komunikasi dengan VoIP client lain melalui jaringan GSM sehingga biaya komunikasi dapat ditekan. Pada penelitian ini, telah dirancang dan direalisasikan sistem IP PBX yang dihubungkan ke jaringan GSM menggunakan GSM VoIP Gateway. Evaluasi kinerja GSM VoIP Gateway pada sistem IP PBX dilakukan dengan mengamati nilai parameter Quality of Service (QoS). Komunikasi antara VoIP client dengan GSM VoIP Gateway dikategorikan pada kualitas layanan VoIP yang baik karena memiliki nilai rata-rata jitter $\leq 5,7$ ms, packet loss $\leq 0,18\%$ dan delay $\leq 9,41$ ms. Komunikasi antara softphone SIPdroid dengan GSM VoIP Gateway memiliki nilai rata-rata jitter 22,58 ms, paket loss 48,68%, dan delay 14,54 ms, hal ini disebabkan karena komunikasi VoIP menggunakan koneksi WiFi. Selain itu perbedaan spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak juga turut mempengaruhi nilai parameter QoS.

Kata kunci: GSM VoIP Gateway, IP PBX, VoIP

ABSTRACT

GSM VoIP Gateway is used to connect the VoIP network to the GSM network, allowing VoIP clients to communicate with other VoIP clients via the GSM network therefore the communication costs can be reduced. In this research, an IP PBX system connected to a GSM network using a GSM VoIP Gateway has been designed and realized. Performance evaluation of the GSM VoIP Gateway on the IP PBX system is carried out by observing the value of the Quality of Service (QoS) parameter. Communication between the VoIP client and GSM VoIP Gateway is categorized as a good quality VoIP service because it has an average value of jitter ≤ 5.7 ms, packet loss $\leq 0.18\%$ and delay ≤ 9.41 ms. Communication between the SIPdroid softphone and the GSM VoIP Gateway has an average jitter value of 22.58 ms, a packet loss of 48.68%, and a delay of 14.54 ms, due to VoIP communication uses a WiFi connection. In addition, differences on hardware and software specifications also affect the value of QoS parameters.

Keywords: GSM VoIP Gateway, IP PBX, VoIP

1. PENDAHULUAN

Panggilan komunikasi dari *line extentions Private Automatic Branch Exchange* (PABX) ke nomor *mobile phone Global System for Mobile Communication* (GSM), membutuhkan biaya yang mahal. Solusi dari masalah tersebut yaitu dengan membangun sistem *Internet Protocol Private Branch Exchange* (IP PBX) yang memungkinkan jaringan *Voice over Intranet* (VoIP) dapat terhubung ke jaringan GSM menggunakan GSM VoIP *Gateway*. Penggunaan GSM VoIP *Gateway* akan menghemat biaya komunikasi antara VoIP *client* dengan VoIP *client* lain di sistem IP PBX yang berbeda, dan menghemat biaya komunikasi antara VoIP *client* dengan *mobile phone* GSM. Pada GSM VoIP *Gateway* terdapat beberapa kanal komunikasi, dimana setiap kanalnya memiliki nomor GSM operator tertentu, misalnya XL, Telkomsel, Indosat, dll. Dengan menggunakan GSM VoIP *Gateway*, panggilan ke nomor XL akan diarahkan melalui kanal dengan nomor operator XL, demikian juga panggilan ke nomor Telkomsel akan diarahkan melalui kanal dengan nomor operator Telkomsel, dst, sehingga akan terjadi komunikasi antar VoIP *client* dengan menggunakan operator yang sama. Oleh karena itu, tarif komunikasi akan menjadi murah karena komunikasi antar VoIP *client* dilakukan menggunakan operator yang sama.

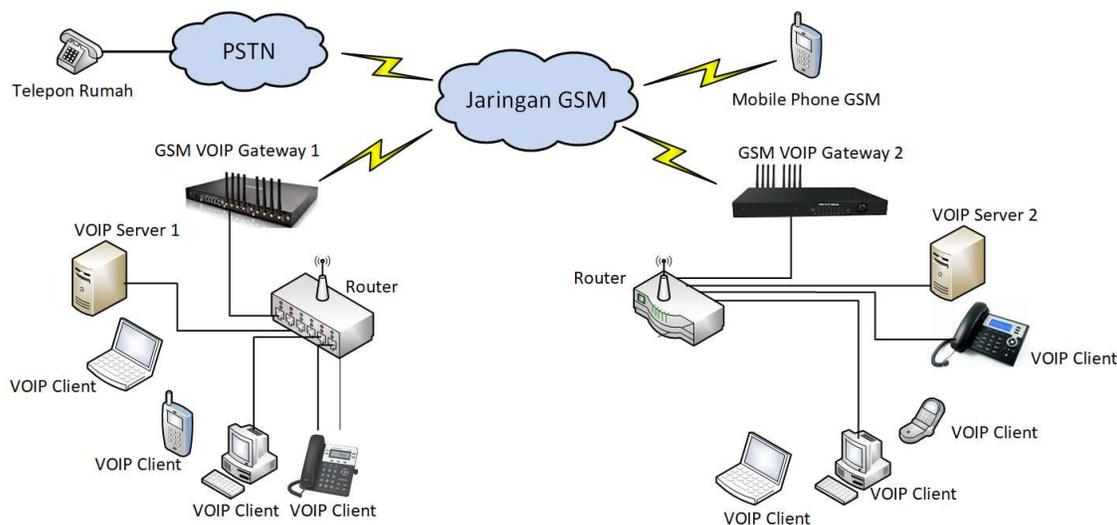
Beberapa penelitian mengenai sistem IP PBX telah dilakukan. Pada tahun 2011, penelitian yang dilakukan oleh Iseki dkk (**Iseki, dkk, 2011**), mencoba untuk merancang Sistem VoIP berbasis Asterisk untuk *enterprise network*. Penelitian yang dilakukan Sonaskar dkk (**Sonaskar & Giripunje, 2011**) mencoba merancang jaringan VoIP berbasis sistem PBX. Pada tahun 2012, penelitian yang dilakukan oleh Abid dkk (**Abid, dkk, 2012**), mencoba untuk mengimplementasikan IP PBX / VoIP *Gateway*. Pada tahun 2013, penelitian yang dilakukan oleh Aryanta dkk (**Aryanta, dkk, 2013**), mencoba untuk mengimplementasikan sistem IP PBX menggunakan Briker. Pada tahun 2014, penelitian yang dilakukan oleh Andrianto dkk (**Andrianto, dkk, 2014**), mencoba untuk melakukan pengujian aplikasi VoIP *client* pada *smartphone* android dan *personal computer* melalui jaringan wireless *Local Area Network* (LAN). Pada tahun 2016, penelitian yang dilakukan oleh Abdullah (**Abdullah, 2016**), mencoba merancang jaringan VoIP berbasis Raspberry Pi. Risnandar dkk (**Risnandar, dkk, 2016**) mencoba mengimplementasikan jaringan VoIP berbasis SIP berbantuan Briker versi 1.4. Pada tahun 2017, penelitian yang dilakukan oleh Saputra dkk (**Saputra, dkk, 2017**), mencoba melakukan pengujian *server* VoIP pada lingkungan operasional. Penelitian yang dilakukan oleh Khan dkk (**Khan & Sadiq, 2017**), mencoba merancang dan mengkonfigurasi PBX berbasis VoIP menggunakan *server* Asterisk dan *platform* OPNET. Pada tahun 2018, penelitian yang dilakukan oleh Hamidi dkk (**Hamidi, dkk, 2018**), mencoba mengimplementasikan prototipe layanan VoIP pada jaringan OpenFlow. Penelitian yang dilakukan oleh Brahmhbhatt dkk (**Brahmbhatt, dkk, 2018**), mencoba merancang dan mengimplementasi VoIP yang Kompatibel. Pada tahun 2019, penelitian yang dilakukan oleh Windiarto dkk (**Windiarto & Wardani, 2019**), mencoba mengembangkan VoIP dan GSM *Gateway* berbasis Raspberry Pi.

Penelitian-penelitian sistem IP PBX yang sudah dilakukan belum ada yang melaporkan mengenai perancangan dan realisasi sistem IP PBX yang terkoneksi dengan jaringan GSM yang disertai dengan pengujian dan evaluasi kinerja komunikasi antara VoIP *client* dengan VoIP *client*, dan komunikasi VoIP antara VoIP *client* dengan *mobile phone* GSM melalui GSM VoIP *Gateway*. Pada penelitian ini, telah dirancang dan direalisasikan sistem IP PBX berbasis Briker serta mengintegrasikannya ke jaringan GSM dengan menggunakan GSM VoIP *Gateway*, supaya komunikasi antara VoIP *client* dengan VoIP *client* lain pada sistem IP PBX yang berbeda dan komunikasi antara VoIP *client* dengan *mobile phone* GSM dapat dilakukan dengan biaya

yang murah. Pada penelitian ini dilakukan juga evaluasi kinerja komunikasi VoIP pada sistem IP PBX berbasis GSM VoIP *Gateway*.

2. METODOLOGI

Metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari empat tahap yaitu merancang arsitektur sistem IP PBX berbasis GSM VoIP *Gateway*, membuat sistem IP PBX berbasis GSM VoIP *Gateway*, melakukan pengujian kinerja sistem IP PBX berbasis GSM VoIP *Gateway* dan mengevaluasi kinerja sistem IP PBX berbasis GSM VoIP *Gateway*. Langkah pertama yaitu merancang arsitektur sistem IP PBX berbasis GSM VOIP *Gateway*. Arsitektur Sistem IP PBX terdiri dari *router* yang terhubung dengan *IP Phone*, aplikasi *softphone* SIPdroid pada *mobile phone*, aplikasi *softphone* X-Lite pada komputer yang berfungsi sebagai VoIP *client*, serta komputer yang berfungsi sebagai *server* 1 dan GSM VoIP *Gateway*. Sedangkan pada *server* 2 *router* terhubung dengan komputer *server* dan *IP Phone* serta GSM VOIP *Gateway* sebagai VoIP *client*. Gambar 1 menunjukkan arsitektur sistem IP PBX berbasis GSM VoIP *Gateway*.

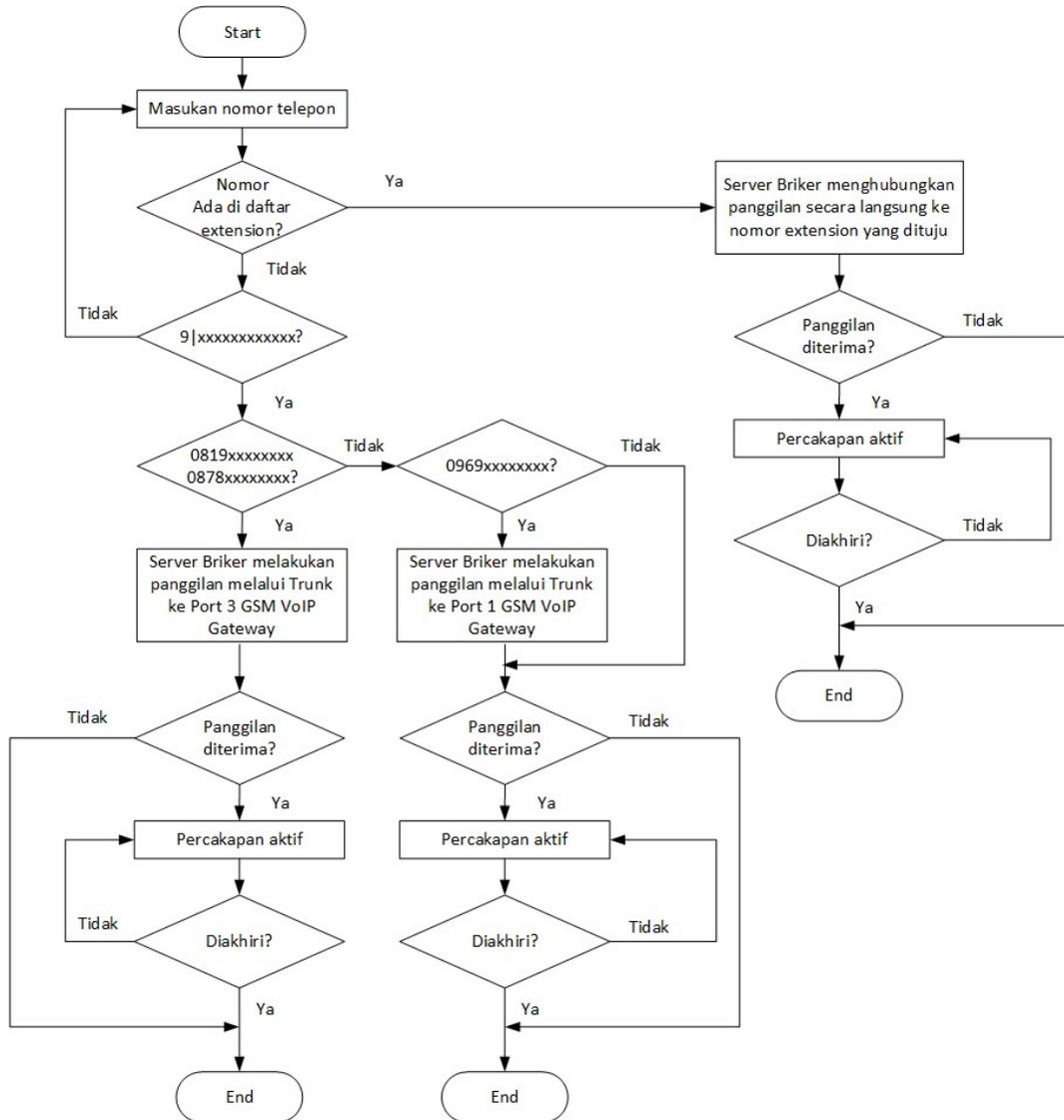


Gambar 1. Arsitektur Sistem IP PBX berbasis GSM VoIP Gateway

Pada proses panggilan antara VoIP *client* dengan VoIP *client* lain dalam satu jaringan, pemanggil memasukkan nomor yang ingin dihubungi pada VoIP *client*, kemudian *server* akan menerima *invite* dari VoIP *client* ini dan meneruskannya ke VoIP *client* tujuan. Pada VoIP *client* tujuan, *invite* akan ditampilkan berupa nomor telepon dari VoIP *client* asal. VoIP *client* tujuan akan membalas *invite* dengan *ringing* (nada sambung). Saat VoIP *client* tujuan menerima *invite* maka sesi komunikasi akan dimulai, jika VoIP *client* tujuan tidak menerima *invite*, maka VoIP *client* tujuan akan mengirimkan *cancel* ke *server*. *Server* akan meneruskan *cancel* ke VoIP *client* asal dan *server* akan mengirimkan *request terminate* ke VoIP *client* asal dan tujuan sebagai tanda diakhirinya panggilan.

Proses panggilan salah satu VoIP *client* ke *mobile phone* GSM melalui jaringan GSM memiliki cara kerja yang hampir sama dengan VoIP *client* ke VoIP *client* dalam satu jaringan. Namun, VoIP *client* harus memasukkan nomor identifikasi yang diketahui *server* sebagai tanda bahwa klien menghubungi *trunk*, *port* yang aktif pada GSM VoIP *Gateway*. Nomor yang digunakan

untuk identifikasi bebas, dapat menggunakan angka dari 0 sampai dengan 9. Pada perancangan ini digunakan angka "9" dan masukkan sebelum nomor *mobile phone* GSM ditekan. Saat *server* membaca angka "9" maka *server* akan membaca angka selanjutnya. Jika angka selanjutnya "0819" atau "0878" maka akan meneruskan nomor setelah angka "9" tersebut ke *trunk 2* (jaringan XL). Sedangkan untuk angka "0896" dan angka lainnya akan diteruskan ke *trunk 1* (jaringan Three). GSM VOIP *Gateway* yang menerima nomor dari *server* akan melakukan panggilan melalui jaringan GSM. Gambar 2 menunjukkan diagram alir proses panggilan.



Gambar 2. Diagram Alir Proses Panggilan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Percobaan dan Pengambilan Data

Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua *server* Briker dan masing-masing *server* memiliki GSM VoIP *Gateway* VJ-04GV (VJ Technology, 2021) sebagai penghubung ke

jaringan GSM. *Server* Briker pertama dilengkapi dengan VoIP *client* berupa *IP Phone*, aplikasi *softphone SIPdroid* pada *mobile phone*, dan aplikasi *softphone X-Lite* pada komputer. *Server* Briker kedua menggunakan *IP Phone* sebagai VoIP *client*.

Berikut *hardware* yang digunakan serta nomornya sesuai yang terdaftar pada *server* Briker pertama:

1. VM-Ware pada komputer sebagai *server*.
2. GSM VoIP *Gateway* VJ-04GV sebagai *trunk*.
3. Komputer sebagai VoIP *client* dengan nomor 101 (menggunakan koneksi WiFi)
4. *IP Phone* Sahitel SIP55 (**Sahitel, 2021**) dengan nomor 1005.
5. *IP Phone* Fanvil HD C58P (**Fanvil, 2021**) dengan nomor 1006.
6. Aplikasi *Softphone* SIPdroid pada *mobile phone* Asus Zenfone 5 OS Jelly Bean 4.2.2 dengan nomor 1007 (Koneksi WiFi).
7. Aplikasi *Softphone* SIPdroid pada *mobile phone* Xiaomi Redmi 1s OS Jelly Bean 4.3 dengan nomor 1009 (menggunakan koneksi WiFi).

Berikut *hardware* yang digunakan untuk klien VoIP pada *server* Briker kedua:

1. VM-Ware pada komputer sebagai *server*.
2. GSM VoIP *Gateway* sebagai *trunk*.
3. Komputer sebagai klien VoIP 102.
4. *IP Phone* Fanvil HD C58P dengan nomor 100.

Percobaan dilakukan dengan menghubungkan setiap klien VoIP ke jaringan GSM dan setiap komunikasi diamati *packet loss*, *delay*, *jitter*, *throughput*, dan keberhasilannya melalui aplikasi Wireshark yang ada pada *server* serta diamati juga kejelasan kalimat yang diujikan. Masing-masing pengujian panggilan antara VoIP *client* dengan GSM VoIP *Gateway* hanya dilakukan sebanyak lima kali pengujian karena lima kali pengujian dianggap sudah cukup untuk mengamati kinerja komunikasi VoIP melalui GSM VoIP *Gateway*. Berikut panggilan-panggilan yang direalisasikan pada penelitian ini:

1. Panggilan dari *IP Phone* Fanvil HD C58P ke GSM VoIP *Gateway*
2. Panggilan dari *IP Phone* Sahitel SIP55 ke GSM VoIP *Gateway*
3. Panggilan dari aplikasi *softphone* SIPdroid pada *mobile phone* ke GSM VoIP *Gateway*
4. Panggilan dari aplikasi *softphone* X-Lite pada komputer ke GSM VoIP *Gateway*
5. Panggilan dari aplikasi *softphone* X-Lite pada komputer ke GSM VoIP *Gateway* dan *IP Phone* Fanvil C58P ke *IP Phone* Sahitel SIP55
6. Panggilan dari *IP Phone* Sahitel SIP55 pada *server* 1 ke *IP Phone* Fanvil HD C58P pada *server* 2.
7. Panggilan dari *IP Phone* Fanvil HD C58P ke *mobile phone* GSM dan *IP Phone* SIP55 ke *mobile phone* GSM
8. Panggilan dari *IP Phone* Fanvil HD C58P ke telepon rumah (PSTN)

3.2 Pengamatan dan Analisis Data

Pada bagian ini dijelaskan data pengamatan kinerja komunikasi pada jaringan VoIP berupa QoS yang terdiri dari *jitter*, *delay*, *packet loss* dan *throughput* serta kalimat yang dituliskan oleh pendengar dalam percobaan sebagai uji kejelasan kalimat yang dapat didengar.

3.2.1 Hasil Pengamatan QoS

Pengamatan QoS ini dilakukan untuk melihat kehandalan dari jaringan VoIP. Tabel 1.a dan Tabel 1.b menunjukkan keberhasilan panggilan dari *IP Phone* Fanvil ke GSM VoIP *Gateway* sebesar 100% dengan nilai parameter *jitter*, *packet loss*, *delay*, dan *throughput* yang dikategorikan baik karena tidak melebihi batas standar dari ITU-T. Hanya ada *packet loss* rata-rata 0,18%, tapi nilai *packet loss* ini masih dikategorikan baik karena jauh di bawah batas

standar dari *packet loss* yaitu sebesar 1% dari ITU-T. *Packet loss* rata-rata 0,18% ini terjadi karena *sequence error* yaitu potongan paket data yang terlambat datang sehingga terabaikan oleh penerima.

Tabel 1.a Data Pengamatan Panggilan dari IP Phone Fanvil ke GSM VoIP Gateway

Pengujian	Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	Fanvil-GSM	GSM-Fanvil	Fanvil-GSM	GSM-Fanvil
1	0,16	0,08	0,2	0
2	0,29	0,07	0,2	0
3	0,15	0,18	0,3	0
4	0,15	0,08	0	0
5	0,16	0,1	0,2	0
Rata-rata	0,18	0,10	0,18	0,00

Tabel 1.b Data Pengamatan Panggilan dari IP Phone Fanvil ke GSM VoIP Gateway

Pengujian	Delay (ms)	Throughput (Mbps)	Keberhasilan
1	10,5	0,17	Berhasil
2	8,92	0,199	Berhasil
3	8,09	0,222	Berhasil
4	10,2	0,176	Berhasil
5	9,32	0,194	Berhasil
Rata-rata	9,41	0,19	Berhasil

Tabel 2.a dan Tabel 2.b menunjukkan keberhasilan panggilan dari IP Phone Sahitel ke GSM VoIP Gateway sebesar 100% dengan nilai parameter *jitter*, *packet loss*, *delay*, dan *throughput* yang dikategorikan baik karena tidak melebihi batas standar dari ITU-T seperti *jitter* < 20ms, *packet loss* < 1%, dan *delay* < 150 ms.

Tabel 2.a Data Pengamatan Panggilan dari IP Phone Sahitel ke GSM VoIP Gateway

Pengujian	Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	Sahitel-GSM	GSM-Sahitel	Sahitel-GSM	GSM-Sahitel
1	0,08	3,35	0	0
2	0,08	2,92	0	0
3	0,09	3,75	0	0
4	0,12	3,74	0	0
5	0,14	3,16	0	0
Rata-rata	0,10	3,38	0,00	0,00

Tabel 2.b Data Pengamatan Panggilan dari IP Phone Sahitel ke GSM VoIP Gateway

Pengujian	Delay (ms)	Throughput (MBps)	Keberhasilan
1	8,38	0,207	Berhasil
2	10,6	0,166	Berhasil
3	9,9	0,178	Berhasil
4	8,7	0,201	Berhasil
5	8,58	0,204	Berhasil
Rata-rata	9,23	0,19	Berhasil

Tabel 3.a menunjukkan *jitter* pada komunikasi *softphone* SIPdroid pada *mobile phone* dengan GSM VoIP Gateway hampir mendekati batas maksimum *jitter* yang diberikan oleh standar ITU-T yaitu 22,58 ms dan membuat terjadinya *packet loss* 48,68%. Tabel 3.b menunjukkan nilai rata-rata *delay* 14,54 ms, nilai *delay* pada komunikasi *softphone* SIPdroid pada *mobile phone* dengan GSM VoIP Gateway lebih besar dibandingkan dengan *delay* pada komunikasi VoIP lainnya. Hal ini menunjukkan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan sebagai VoIP *client* mempengaruhi kinerja komunikasi VoIP. Selain itu, kondisi sinyal WiFi antara VoIP *client* (*softphone* SIPdroid) pada *mobile phone* dengan *router* turut mempengaruhi kinerja komunikasi VoIP.

Tabel 3.a Data Pengamatan Panggilan dari Softphone SIPdroid pada Mobile Phone ke GSM VoIP Gateway

Pengujian	Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	Softphone-GSM	GSM-Softphone	Softphone-GSM	GSM-Softphone
1	23,13	0,16	45	0
2	24,36	0,13	48	0
3	23,43	0,09	59,5	0
4	21,19	0,18	44,1	0
5	20,78	0,14	46,8	0
Rata-rata	22,58	0,14	48,68	0,00

Tabel 3.b Data Pengamatan Panggilan dari Softphone SIPdroid pada Mobile Phone ke GSM VoIP Gateway

Pengujian	Delay (ms)	Throughput (MBps)	Keberhasilan
1	10,9	0,142	Berhasil
2	14,6	0,124	Berhasil
3	17,6	0,106	Berhasil
4	16,1	0,115	Berhasil
5	13,5	0,133	Berhasil
Rata-rata	14,54	0,12	Berhasil

Tabel 4.a dan Tabel 4.b menunjukkan panggilan dari X-Lite pada komputer ke GSM VoIP Gateway berjalan dengan baik, terlihat dari nilai-nilai parameter QoS (*jitter*, *packet loss*, *delay*, dan *throughput*) yang dikategorikan baik karena tidak melebihi batas standar dari ITU-T seperti *jitter* < 20 ms, *packet loss* < 1%, dan *delay* < 150 ms.

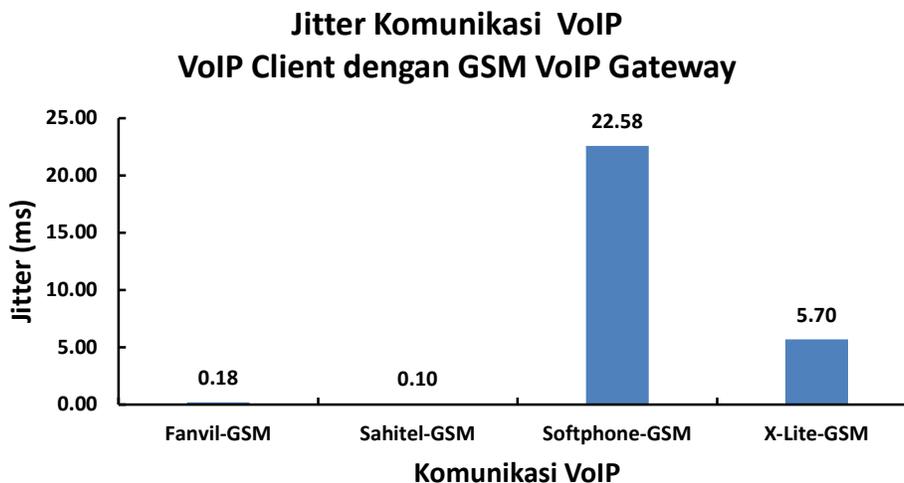
Tabel 4.a Data Pengamatan Panggilan dari X-Lite pada Komputer ke GSM VoIP Gateway

Pengujian	Jitter (ms)		Packet loss (%)	
	XLite-GSM	GSM-XLite	XLite-GSM	GSM-XLite
1	2,6	0,08	0	0
2	4,43	0,29	0	0
3	5,63	0,21	0	0
4	9,25	0,29	0	0
5	6,58	0,1	0	0
Rata-rata	5,70	0,19	0,00	0,00

Tabel 4.b Data Pengamatan Panggilan dari X-Lite pada Komputer ke GSM VoIP Gateway

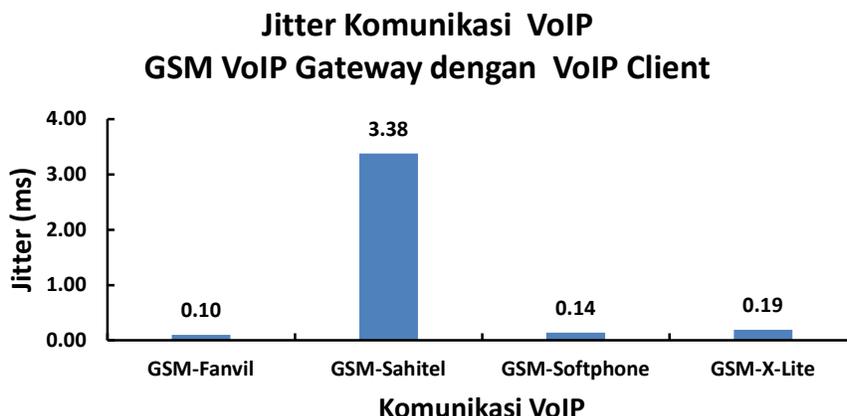
Pengujian	Delay (ms)	Throughput (MBps)	Keberhasilan
1	8,99	0,204	Berhasil
2	9,87	0,185	Berhasil
3	8,51	0,212	Berhasil
4	7,87	0,226	Berhasil
5	7,07	0,25	Berhasil
Rata-rata	8,46	0,22	Berhasil

Gambar 3 menunjukkan pada saat panggilan dari VoIP *client* ke GSM VoIP Gateway, terlihat bahwa nilai *jitter* terbesar adalah nilai *jitter* pada saat komunikasi antara *softphone SIPdroid* dengan GSM VoIP Gateway, yaitu sebesar 22,58 ms.



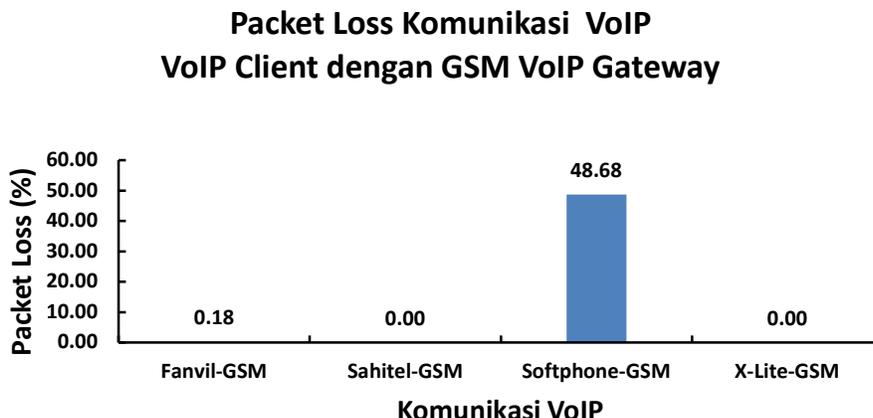
Gambar 3. Jitter pada Saat Panggilan dari VoIP Client ke GSM VoIP Gateway

Gambar 4 menunjukkan *jitter* pada saat panggilan dari GSM VoIP Gateway ke VoIP *client*, terlihat bahwa nilai *jitter* terbesar adalah nilai *jitter* pada saat komunikasi antara GSM VoIP Gateway dengan IP Phone Sahitel, yaitu sebesar 3,38 ms.



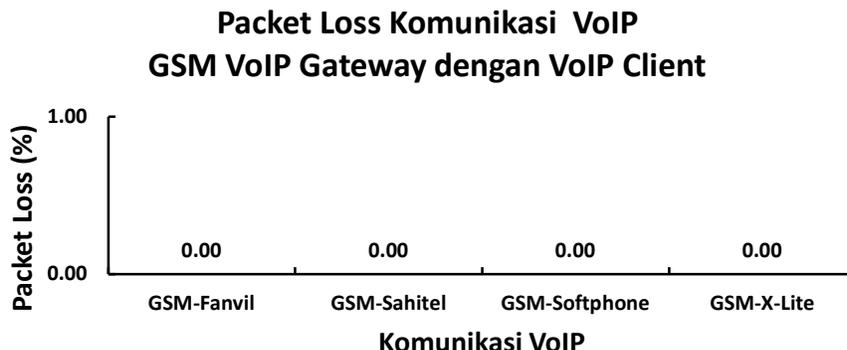
Gambar 4. *Jitter* pada Saat panggilan dari GSM VoIP Gateway ke VoIP client

Gambar 5 menunjukkan *packet loss* pada saat panggilan dari VoIP client ke GSM VoIP Gateway, terlihat bahwa nilai *packet loss* terbesar adalah nilai *packet loss* pada saat komunikasi antara *softphone SIPdroid* dengan GSM VoIP Gateway, yaitu sebesar 48,68%.



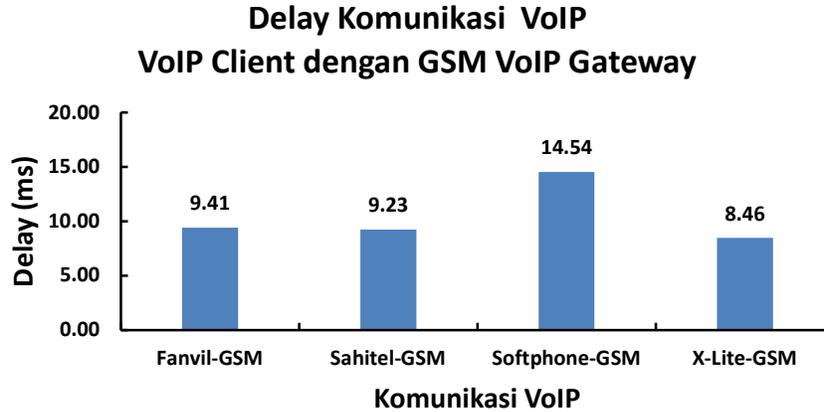
Gambar 5. *Packet Loss* pada Saat Panggilan dari VoIP Client ke GSM VoIP Gateway

Gambar 6 menunjukkan tidak ada *packet loss* pada saat panggilan dari GSM VoIP Gateway ke VoIP client.



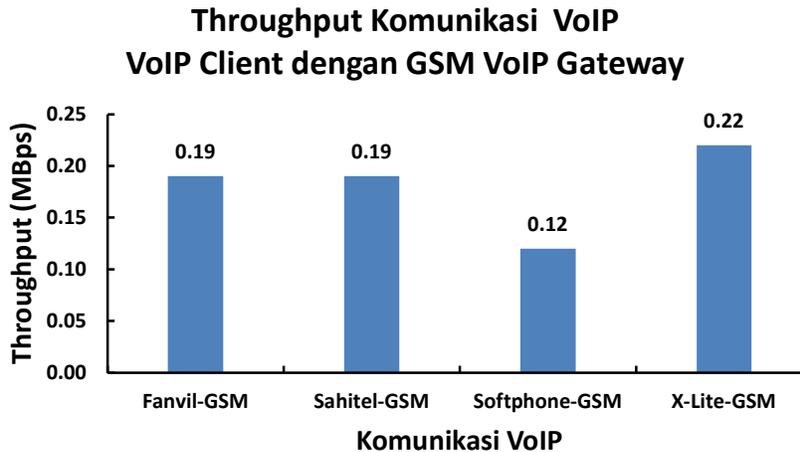
Gambar 6. *Packet Loss* pada Saat Panggilan dari GSM VoIP Gateway ke VoIP Client

Gambar 7 menunjukkan *delay* pada saat panggilan dari VoIP *client* ke GSM VoIP *Gateway*, terlihat bahwa nilai *delay* terbesar adalah nilai *delay* pada saat komunikasi antara *softphone SIPdroid* dengan GSM VoIP *Gateway*, yaitu sebesar 14,54 ms.



Gambar 7. Delay pada Saat Panggilan dari VoIP *Client* ke GSM VoIP *Gateway*

Gambar 8 menunjukkan *throughput* pada saat panggilan dari VoIP *client* ke GSM VoIP *Gateway*, terlihat bahwa nilai *throughput* terbesar adalah nilai *throughput* pada saat komunikasi antara *softphone X-Lite* dengan GSM VoIP *Gateway*, yaitu sebesar 0,22 MBps.



Gambar 8. Throughput pada Saat Panggilan dari VoIP *Client* ke GSM VoIP *Gateway*

Tabel 5.a, Tabel 5.b dan Tabel 5.c menunjukkan nilai-nilai parameter QoS (*jitter*, *packet loss*, *delay* dan *throughput*) pada saat adanya dua pasang komunikasi yang berjalan dalam satu waktu yaitu komunikasi VoIP antara *IP Phone* Fanvil dengan *IP Phone* Sahitel dan komunikasi VoIP antara *softphone X-Lite* pada komputer dengan GSM VoIP *Gateway*. Hasil pengujian komunikasi VoIP pada saat adanya dua pasang komunikasi yang berjalan dalam satu waktu dikategorikan baik karena tidak melebihi batas standar dari ITU-T yaitu nilai *jitter* < 20 ms, *packet loss* < 1%, dan *delay* < 150 ms.

Tabel 5.a Data Pengamatan Komunikasi XLite – GSM dan Fanvil – Sahitel

Pengujian	<i>Jitter (ms)</i>			
	XLite-GSM	GSM-XLite	Fanvil-Sahitel	Sahitel-Fanvil
1	2,75	0,11	0,19	2,44
2	2,17	6,97	0,27	3,2
3	1,99	0,11	0,21	3,12
4	2,06	0,1	0,41	2,87
5	2,07	0,14	0,36	2,76
Rata-rata	2,21	1,49	0,29	2,88

Tabel 5.b Data Pengamatan Komunikasi XLite – GSM dan Fanvil – Sahitel

Pengujian	<i>Packet loss (%)</i>			
	XLite-GSM	GSM-XLite	Fanvil-Sahitel	Sahitel-Fanvil
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
Rata-rata	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 5.c Data Pengamatan Komunikasi XLite – GSM dan Fanvil – Sahitel

Pengujian	<i>Delay (ms)</i>	<i>Throughput (MBps)</i>	Keberhasilan
1	5,3	0,334	Berhasil
2	4,2	0,41	Berhasil
3	3,6	0,485	Berhasil
4	4,2	0,418	Berhasil
5	3,6	0,48	Berhasil
Rata-rata	4,18	0,43	Berhasil

Dari data pengamatan *jitter* pada saat adanya dua komunikasi dalam satu waktu antara *IP Phone* Fanvil dengan *IP Phone* Sahitel dan *softphone* X-Lite pada komputer dengan GSM VoIP Gateway masih berjalan dengan baik karena nilai *jitter* di bawah 30 ms yang sesuai dengan standar ITU-T. Selain itu, komunikasi VoIP antara *IP Phone* Fanvil dengan *IP Phone* Sahitel bersamaan dengan komunikasi VoIP antara *softphone* X-Lite pada komputer dengan GSM VoIP Gateway memiliki *packet loss* 0%. Nilai *throughput* pada saat dua pasang komunikasi yang berjalan dalam satu waktu meningkat menjadi dua kali lipat dibandingkan nilai *throughput* pada saat satu pasang komunikasi yang berjalan dalam satu waktu.

Tabel 6 menunjukkan data pengamatan nilai-nilai parameter QoS pada komunikasi *IP Phone* Sahitel SIP55 pada *server* 1 dengan *IP Phone* Fanvil HD C58P pada *server* 2. Dari hasil pengujian komunikasi VoIP yang dilakukan antar *server* 1 dan *server* 2 tidak terdapat nilai-nilai QoS yang bermasalah. Hanya nilai *jitter* komunikasi VoIP antara *IP Phone* Sahitel dengan GSM VoIP Gateway pada *server* 1 sedikit lebih besar jika dibandingkan pada komunikasi-

komunikasi lainnya, yaitu sebesar 11,7 ms. Namun, nilai tersebut masih dalam kategori baik karena jauh di bawah 20 ms menurut standar ITU-T.

Tabel 6. Data Pengamatan Komunikasi VoIP antar Server

Server 1					
Jitter (ms)		Packet loss (%)		Delay (ms)	Throughput (MBps)
Sahitel - GSM	GSM – Sahitel	Sahitel - GSM	GSM - Sahitel		
11,7	0,13	0	0	10,76	0,16
Server 2					
Fanvil - GSM	GSM – Fanvil	Fanvil - GSM	GSM - Fanvil		
0,23	0,11	0	0	25,3	0,07

3.2.2 Hasil Uji Kejelasan Komunikasi Suara

Pengujian kejelasan kalimat ini melibatkan empat orang pendengar. Penelepon akan menggunakan VoIP *client* berupa *IP Phone* atau *softphone* untuk menghubungi *mobile phone* GSM pendengar tanpa diberitahukan tentang kalimat yang akan diujikan. Setiap pendengar akan menulis kalimat yang mereka dengar melalui *mobile phone* GSM untuk dicocokkan dengan kalimat yang asli. Sehingga dapat diketahui kehandalan dari jaringan VoIP ini dalam praktiknya. Berikut kalimat yang diujikan:

1. "Komunikasi-komunikasi yang direalisasikan pada penelitian ini dilakukan bersama dua orang dan empat orang".
2. "Pada bab ini akan dibahas tentang data pengamatan dan analisis data dari pengujian pada penelitian".
3. "Pembahasan ini meliputi proses percobaan dan pengambilan data serta data pengamatan dan analisis".
4. "Robot *humanoid* harus menyerupai manusia yang memiliki sistem gerak untuk bermain bola".

Setiap hasil pengujian akan dihitung persentasenya berdasarkan jumlah kata yang didengar dengan benar dibagi jumlah kata seharusnya kemudian dikali 100%. Maka didapatkan hasil persentase kalimat yang didengar dengan benar.

Pengujian pertama dilakukan pada komunikasi antara *softphone* X-Lite pada komputer dengan *mobile phone* GSM menggunakan kalimat nomor tiga. Berikut kalimat yang terdengar "Pembahasan ini meliputi proses percobaan dengan pengambilan data serta data pengamatan dan analisis". Persentase kalimat yang terdengar dengan benar diperoleh dari:

$$\frac{12}{13} \times 100\% = 92,3\%$$

Pengujian kedua dilakukan pada komunikasi antara *IP Phone* Fanvil dengan *mobile phone* GSM dan *IP Phone* Sahitel dengan *mobile phone* GSM secara bersamaan. Kalimat yang terdengar pada komunikasi antara *IP Phone* Fanvil dengan *mobile phone* GSM sebagai berikut "Pembahasan ini meliputi proses percobaan dengan pengambilan data pada data pengamatan dan analisis" dan kalimat yang terdengar pada *IP Phone* Sahitel dengan *mobile phone* GSM sebagai berikut "Pada bab ini akan dibahas tentang data pengamatan dan analisis data dari

pengujian pada penelitian". Persentase kalimat yang terdengar dengan benar pada komunikasi VoIP antara *IP Phone* Fanvil dengan *mobile phone* GSM diperoleh dari:

$$\frac{11}{13} \times 100\% = 84,6\%$$

Sedangkan pada komunikasi VoIP antara *IP Phone* Sahitel dengan *mobile phone* GSM persentase kalimat yang terdengar dengan benar diperoleh dari:

$$\frac{16}{16} \times 100\% = 100\%$$

Pada pengujian ketiga dilakukan pada komunikasi antara *softphone SIPdroid* pada *mobile phone* dengan *mobile phone* GSM. Berikut kalimat yang terdengar "Robot *humanoid* harus menyerupai - - - - - bermain bola". Persentase kalimat yang terdengar dengan benar pada komunikasi antara *softphone* SIPdroid dengan *mobile phone* GSM diperoleh dari:

$$\frac{6}{12} \times 100\% = 50\%$$

Pengujian keempat dilakukan pada komunikasi antara *IP Phone* Fanvil dengan PSTN melalui GSM VoIP *Gateway*. Berikut kalimat yang terdengar "Komunikasi-komunikasi yang direalisasikan pada Penelitian ini dilakukan bersama dua – dan empat orang". Persentase kalimat yang terdengar dengan benar pada komunikasi antara *IP Phone* Fanvil dengan PSTN melalui GSM VoIP *Gateway* diperoleh dari :

$$\frac{14}{15} \times 100\% = 93,3\%$$

Dari persentase-persentase kalimat yang terdengar dengan benar di atas, komunikasi-komunikasi yang terjadi sudah cukup baik. Namun, pada komunikasi antara VoIP *client* berupa aplikasi *softphone SIPdroid* pada *mobile phone* dengan *mobile phone* GSM memiliki presentase kalimat yang terdengar dengan baik sebesar 50%. Hal ini disebabkan karena komunikasi antara *softphone SIPdroid* pada *mobile phone* GSM menggunakan koneksi WiFi yang dipengaruhi oleh kondisi sinyal WiFi. Selain itu spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan sebagai VoIP *client* turut mempengaruhi kualitas suara yang terdengar. Hal ini terlihat pada Tabel 3, komunikasi VoIP menggunakan VoIP *client* berupa aplikasi *softphone SIPdroid* pada *mobile phone* dengan GSM VoIP *Gateway* memiliki rata-rata nilai *jitter* 22,58 ms, *packet loss* 48,68%, dan *delay* 14,54 ms.

4. KESIMPULAN

Sistem IP PBX berbasis GSM VoIP *Gateway* telah berhasil dirancang dan direalisasikan dengan baik dengan keberhasilan melakukan panggilan 100%. Evaluasi kinerja sistem IP PBX berbasis GSM VoIP *Gateway* telah dilakukan berdasarkan parameter QoS. Komunikasi antara VoIP *client* dengan GSM VoIP *Gateway* dikategorikan pada kualitas layanan VoIP yang baik karena memiliki nilai rata-rata *jitter* $\leq 5,7$ ms, *packet loss* $\leq 0,18\%$ dan *delay* $\leq 9,41$ ms. Komunikasi antara VoIP *client* berupa *softphone SIPdroid* dengan GSM VoIP *Gateway* memiliki rata-rata nilai *jitter* 22,58 ms, *paket loss* 48,68%, dan *delay* 14,54 ms, hal ini disebabkan karena komunikasi VoIP antara *softphone SIPdroid* pada *mobile phone* dengan GSM VoIP *Gateway* menggunakan koneksi WiFi yang dipengaruhi oleh kondisi sinyal WiFi. Perbedaan spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan sebagai VoIP *client* turut mempengaruhi

nilai parameter QoS. Hal ini terlihat pada komunikasi VoIP antara *softphone* XLite pada komputer dengan GSM VoIP *Gateway* yang juga menggunakan koneksi WiFi tetapi memiliki nilai rata-rata *jitter*, *packet loss* dan *delay* yang jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai rata-rata *jitter*, *packet loss* dan *delay* pada komunikasi antara *softphone* SIPdroid pada *mobile phone* dengan GSM VoIP *Gateway*. Parameter QoS yang buruk turut mempengaruhi kualitas suara yang didengar, hal ini terlihat pada komunikasi antara *softphone* SIPdroid pada *mobile phone* dengan *mobile phone* GSM yang memiliki presentase kalimat yang terdengar dengan baik sebesar 50%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan atas dukungan finansial yang telah diberikan (Hibah No. 1039/K4/KM/2014).

DAFTAR RUJUKAN

- Abdullah, H. M. (2016). Perancangan Jaringan Voice Over IP (VoIP) Berbasis Raspberry Pi Untuk Sistem Komunikasi Area Remote. *TELKA - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol*, 2(1), 36–43.
- Abid, F., Izeboudjen, N., Bakiri, M., Titri, S., Louiz, F., & Lazib, D. (2012). Embedded implementation of an IP-PBX /VoIP gateway. In *Proceedings of the International Conference on Microelectronics, ICM*, (pp. 5–8). Algiers: IEEE.
- Andrianto, H., Setiadikarunia, D., & Ricard. (2014). Ujicoba VoIP Softphone pada Mobile Phone Android dan Komputer Melalui Jaringan Wireless LAN. In *The 3rd National Conference On Industrial Electrical and Electronics*, (pp. 142–149). Cilegon: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Aryanta, D., Darlis, A. R., & Pratama, A. (2013). Implementasi Sistem IP PBX menggunakan Briker. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 1(2), 117–127.
- Brahmbhatt, N., Mann, P., & Rawat, A. (2018). Design and implementation of compatible VoIP. In *2017 6th International Conference on Computer Applications in Electrical Engineering - Recent Advances, CERA 2017*, (pp. 103–107). Roorkee: IEEE.
- Fanvil. (2021). Fanvil C58P IP Phone (POE). Retrieved March 30, 2021, from <https://www.fanvil.hk/index.php/product-sip-device/ip-phone-fanvil/fanvil-c58p-ip-phone/>
- Hamidi, E. A. Z., Effendi, M. R., & Widodo, H. W. (2018). Prototipe Layanan VoIP Pada Jaringan OpenFlow. *TELKA - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol*, 4(1), 33–42.
- Iseki, F., Sato, Y., & Kim, M. W. (2011). VoIP system based on asterisk for enterprise network. In *International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT*, (pp.

- 1284–1288). Gangwon: IEEE.
- Khan, S., & Sadiq, N. (2017). Design and Configuration of VoIP based PBX using Asterisk server and OPNET platform. In *2017 International Electrical Engineering Congress (IEECON)*. Pattaya: IEEE.
- Risnandar, M., Hendrawan, A. H., Prakosha, B. A., & Goeritno, A. (2016). 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. In *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016* (pp. 1–8). Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Sahitel. (2021). SIP55 SIP IP PHONE PETUNJUK PENGGUNAAN. Retrieved March 30, 2021, from http://www.sahitel.com/p/Sahitel/IP/SIP55/SIP55_man_01.pdf
- Saputra, D. E., Irsyad, I. D., & Mujib, M. A. (2017). Pengujian Peladen VoIP dalam Lingkungan Operasional. *TELKA - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol*, *3*(2), 84–93.
- Sonaskar, S., & Giripunje, S. (2011). Voice over intranet based private branch exchange system design. In *ICECT 2011 - 2011 3rd International Conference on Electronics Computer Technology*, (pp. 287–291). Kanyakumari: IEEE.
- VJ Technology. (2021). 4channels GSM VoIP Gateway with 1WAN, 3LAN VJ-04GV. Retrieved March 30, 2021, from <http://szvjtech.sell.everychina.com/p-90915269-4channels-gsm-VOIP-gateway-with-1wan-3lan-vj-04gv.html>
- Windiarto, A., & Wardani, K. (2019). Rancang Bangun Voice Over Internet Protocol dan GSM Gateway Berbasis Raspberry Pi. *TELKA - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol*, *5*(1), 55–64.