

PERANCANGAN SISTEM KOMUNIKASI VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VOIP) DENGAN MENGGUNAKAN SERVER TRIXBOX CE BERBASIS SESSION INITIATION PROTOCOL (SIP) DI YAYASAN PENDIDIKAN SAID NA'UM

Ariep Jaenul^{1*}, Muhammad Yusro², Baso Maruddani³, Agung Pangestu⁴

Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer. Jakarta Global University^{1,4}
Pendidikan Teknik Elektronika. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Jakarta^{2,3}
ariep@jgu.ac.id^{1*}, myusro@unj.ac.id², basomaruddani@unj.ac.id³, agung@jgu.ac.id⁴

ABSTRAK

Tujuan (Purpose): Tujuan penelitian ini merancang system komunikasi *Voice over Internet Protocol* (VoIP) dengan menggunakan server Trixbox CE berbasis *Session Initiation Protocol* (SIP) di lingkungan Yayasan Pendidikan Said Na'um dan untuk mengetahui kualitas suara yang dihasilkan dari komunikasi yang dilakukan menggunakan *Voice over Internet Protocol* (VoIP) serta mengetahui *bandwidth* yang dibutuhkan agar kualitas suara dapat digunakan dengan baik.

Metodologi penelitian (Research methodology): Penelitian ini menggunakan Metode Rekayasa Teknik yang meliputi perencanaan, analisis kebutuhan, perancangan, pengujian dan implementasi sistem. Kebutuhan sistem yang diperlukan pada penelitian ini adalah: komputer server, komputer *client*, switch, router mikrotik serta *smartphone*.

Hasil (Results): Hasil penelitian ini menunjukkan perancangan system komunikasi *Voice over Internet Protocol* (VoIP) Dengan Menggunakan Server Trixbox CE Berbasis *Session Initiation Protocol* (SIP) dapat berjalan dengan baik dengan mengacu kepada *Quality of Service* berupa parameter delay, jitter dan packet loss yang diujikan sebanyak 2 kali yaitu pagi hari dan sore hari dengan menggunakan bandwidth 64 Kbps, 128 Kbps dan 256 Kbps.

Limitasi (Limitations): Penelitian ini menggunakan jaringan Lokal karena untuk mengintegrasikan jaringan yang sudah ada di masing-masing unit (sekolah) di lingkungan Yayasan Pendidikan Said Na'um. Dan komunikasi yang dilakukan pada penelitian ini hanya dari VoIP ke VoIP, bukan dari VoIP ke GSM, maupun VoIP ke CDMA.

Kontribusi (Contribution): Penelitian ini dapat digunakan untuk mengembangkan jaringan yang sudah ada pada suatu institusi seperti pada Yayasan Pendidikan Said Na'um yang memiliki 5-unit mulai dari TK, SD, SMP, SMA, dan SMK dapat diintegrsikan jaringannya menjadi media komunikasi VoIP. Penelitian ini masuk ke dalam disiplin ilmu Teknik Informatika dengan area imu masuk ke dalam Jaringan Komputer.

Kata kunci (Keywords): *Voice over Internet Protocol* (VoIP), *Session Initiation Protocol* (SIP), Trixbox Server, *Quality of Service* (QoS)

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi membawa perubahan yang sangat cepat bagi dunia telekomunikasi (Khuluq, 2017; I. I. Setiawan et al., 2020; Wahyu, 2017). Kebutuhan akan komunikasi sangat dibutuhkan di era sekarang ini seperti pada

lembaga, institusi, kantor, sekolah, dan bahkan individu sekalipun membutuhkan komunikasi untuk saling berinteraksi satu sama lain (Dwiyatno & Nugraheni, 2019).

Media komunikasi yang digunakan untuk komunikasi pun sangat beragam, salah satunya adalah dengan memanfaatkan jaringan komputer (Handoko, 2020). Perkembangan jaringan komputer dengan adanya internet bukan hanya digunakan untuk *chatting*, *browsing*, atau mengirim email, tetapi peran internet dapat dimanfaatkan sebagai teknologi komunikasi dengan biaya yang sangat murah (Pangestu et al., 2020, 2021; Wibowo & Windarti, 2014). Salah satu media komunikasi dengan memanfaatkan teknologi jaringan komputer adalah *Voice over Internet Protocol* (VoIP).

Telepon internet atau biasa dikenal dengan VoIP merupakan suatu bentuk komunikasi yang melewati sinyal suara melalui jaringan berbasis IP untuk dijalankan di atas infrastruktur jaringan komputer (Eldad Israel, 2010). Pada VoIP data suara diubah menjadi kode digital dan dikirimkan melalui jaringan yang mengirimkan paket-paket data (Aminoto et al., 2017; Khuluq, 2017). Penggunaan telepon berbasis VoIP memberikan banyak keuntungan dan kelebihan terutama dari segi biaya jauh lebih murah jika dibandingkan dengan menggunakan *Public Switched Telephone Network* (PSTN) atau jaringan tetap dengan menggunakan kabel (Tanoyo et al., 2016; Yani, 2009).

Selain keuntungan yang sudah dijelaskan di atas, penggunaan VoIP memberikan kenyamanan yang tidak didapatkan pada telepon tradisional atau PSTN, seperti nomor telepon virtual. Dengan cara ini pengguna dapat menggunakan nomor telepon sesuai dengan yang mereka inginkan pada saat mendaftarkan nomor telepon tersebut pada server VoIP (Ketut Sudiarta & Sukadarmika, 2009; Risnandar et al., 2016). Dengan beberapa keunggulan VoIP seperti yang sudah dijelaskan, maka VoIP dapat digunakan diberbagai lembaga, institusi maupun sekolah untuk menghemat biaya komunikasi dan memaksimalkan fungsi dari jaringan komputer yang sudah ada.

Yayasan Pendidikan Said Na'um (YPSN) saat ini memiliki 5-unit sekolah dalam area Kawasan yang sama yang terdiri dari TKIT Said Na'um, SDIT Said Na'um, SMPIT Said Na'um, SMAI Said Na'um, dan SMKI Said Na'um. Dari 5-unit sekolah yang terdapat pada YPSN saat ini sudah memiliki infrastruktur jaringan yang sangat baik. Namun hal ini belum dimanfaatkan secara maksimal sebagai media komunikasi. Selama ini pihak YPSN masih mengandalkan media komunikasi berbayar untuk saling berkomunikasi antar unit, sehingga kurang leluasa dalam berkomunikasi secara bebas. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk membantu memudahkan komunikasi antar unit di lingkungan YPSN dengan memanfaatkan infrastruktur jaringan yang sudah ada atau dengan mengandalkan media komunikasi VoIP, sehingga dapat memberikan ruang bebas tanpa batas untuk saling terhubung dan berkomunikasi.

TINJAUAN PUSTAKA DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS

Beberapa penelitian telah dilakukan oleh berbagai peneliti dalam merancang maupun mengimplementasikan system komunikasi dengan menggunakan *Voice over Internet Protocol* (VoIP). (Handoko, 2020) memanfaatkan dan mengimplementasikan sistem komunikasi VoIP menggunakan jaringan *Local Area Network* (LAN) dan *Wireless Local Area Network* (WLAN) sebagai media transmisi. Berikutnya, (Muhammad et al., 2017) mengimplementasikan VoIP server dengan menggunakan system operasi linux Trixbox CE yang mampu diakses *client* di OS *Multi-Platform* dan *client* berbasis *Mobile Phone* (Android). Pengujian peladen VoIP dalam lingkungan operasional dilakukan oleh

(Saputra et al., 2017), hasil dari pengujian dilakukan analisa dengan dengan menggunakan parameter QoS seperti *delay*, *jitter*, dan *packet loss*.

Dari beberapa penelitian diatas bahwa terdapat beberapa penelitian yang memanfaatkan jaringan lokal dalam mengembangkan maupun mengimplementasikan VoIP baik dengan menggunakan media kabel maupun nirkabel (Sinaga, 2018; Toyib & Wardiman, 2020; Wahyu, 2017). Sementara server yang digunakan untuk membangun VoIP dengan menggunakan server berbasis linux jenis Trixbox CE yang sudah terdapat asterisk didalamnya (Hostiadi & Nasemantho, 2017; Liesnaningsih et al., 2020). Dan parameter pengujian yang digunakan dengan menggunakan parameter QoS (Astri, 2013; Handayani, 2017).

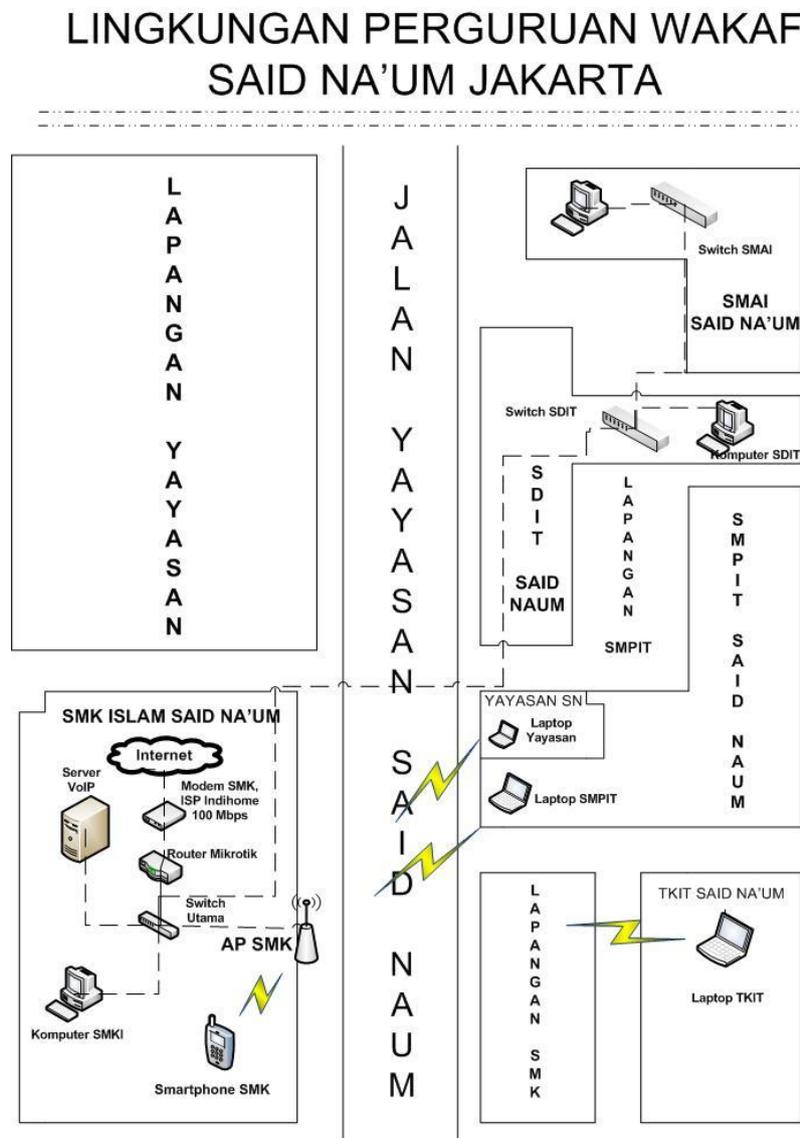
Penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian untuk merancang sistem komunikasi VoIP dengan menggunakan Server Trixbox CE di lingkungan Yayasan Pendidikan Said Na'um (YPSN). Hal ini dilakukan lantaran YPSN yang terdiri dari 5-unit sekolah telah memiliki infrastruktur jaringan computer, sehingga perlu dikembangkan untuk system komunikasi VoIP. Parameter yang digunakan dengan menggunakan parameter QoS berupa *delay*, *jitter*, dan *packet loss*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merancang system komunikasi *Voice over Internet Protocol* (VoIP) dengan menggunakan Server Trixbox CE berbasis *Session Initiation Protocol* (SIP) di lingkungan Yayasan Pendidikan Said Na'um Jakarta. Yayasan Pendidikan Said Na'um terletak di Jalan KH. Mas Mansyur No. 25 Tanah Abang Jakarta Pusat. Di Yayasan Pendidikan Said Na'um terdapat 5-unit sekolah yaitu TKIT Said Na'um, SDIT Said Na'um, SMPIT Said Na'um, SMAI Said Na'um, dan SMKI Said Na'um. Pada penelitian ini akan mengintegrasikan jaringan yang ada di setiap unit beserta yayasan untuk bisa berkomunikasi dengan menggunakan *Voice over Internet Protocol* (VoIP) yang memanfaatkan jaringan komputer untuk bisa melakukan komunikasi.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode rekayasa teknik, metode ini merupakan penerapan ilmu atau teknologi untuk menyelesaikan permasalahan manusia (Sastrawijaya et al., 2019). Tahapan yang dijalankan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Melakukan perancangan VoIP berupa topologi jaringan yang telah dirancang pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Topologi Jaringan VoIP Yayasan Pendidikan Said Na'um

Pada sistem topologi jaringan tersebut menggunakan ISP IndiHome 100 Mbps yang menggunakan media transmisi fiber optik. Data internet dari ISP dialirkan melalui modem dan lalu lintas data diatur oleh central router mikrotik. Router board mikrotik yang digunakan pada penelitian ini adalah seriea RB951-2n yang memiliki 5 buah port. Untuk jaringan lokal menggunakan 2 media transmisi yaitu berupa kabel dan nirkabel, untuk media kabel menggunakan jenis kabel UTP sedangkan untuk jaringan nirkabel menggunakan AP (Access Point). Server VoIP berada pada jaringan unit SMK, untuk unit TKIT, SMPIT dan Yayasan terhubung dengan jaringan SMK melalui Access Point sedangkan untuk unit lainnya yang ingin terhubung dengan jaringan SMK menggunakan media kabel.

Melakukan instalasi server VoIP Trixbox CE pada Virtual Machine Virtualbox

Sebelum menginstall server trixbox CE, install terlebih dahulu virtual machine dengan menggunakan aplikasi virtualbox. Aplikasi ini yang nantinya akan dijadikan sebagai server virtual untuk menginstall Server VoIP trixbox CE. Dalam penelitian ini dipilih menggunakan virtual machine karena dengan menggunakan virtual machine tidak mengganggu sistem operasi, aplikasi dan juga data yang terdapat pada server, selain itu server pun aktif digunakan untuk proses ujian Computer Based Test (CBT) pada Ulangan Kenaikan Kelas (UKK). Setelah selesai menginstallasi virtualbox, langkah selanjutnya adalah menginstallasi server trixbox ce.

Melakukan konfigurasi ekstension server pada trixbox CE

Setelah selesai dalam instalasi server trixbox ce, langkah selanjutnya adalah memasukkan ekstension number ke dalam server. Ekstension number adalah nomor pengenalan yang digunakan sebagai pengenalan dalam VoIP seperti halnya IP pada Host. Untuk nomor extension diisikan dengan angka minimal 2 karakter. Dalam penelitian ini, penomoran dan penamaannya menggunakan 5 buah karakter, 2 karakter pertama untuk mencirikan unit, 3 karakter berikutnya untuk mencirikan user. Penomoran dan penamaannya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Penomoran dan Penamaan Ekstension

No	Penamaan	Penomoran	Alokasi
1.	Yayasan Said Na'um	01001	Yayasan
2.	TKIT Said Na'um	02001	TK
3.	SDIT Said Na'um	03001	SD
4.	SMPIT Said Na'um	04001	SMP
5.	SMAI Said Na'um	05001	SMA
6.	SMKI Said Na'um	06001	SMK 1
7.	Smartphone SMK	06002	SMK 2

Konfigurasi softphone

Pada penelitian ini menggunakan 2 (dua) aplikasi *softphone* yaitu 3CX Phone yang di install pada komputer client dan Zoiper yang di install pada *smartphone*. Untuk komputer yang di install 3CX Phone untuk dapat berkomunikasi dengan menggunakan *headset* ataupun *earphone*.

Teknik Analisis Data

Pada penelitian ini membandingkan besar bandwidth yang digunakan dengan kualitas suara yang dihasilkan dengan menggunakan *Quality of Service* (QoS). Besar *bandwidth* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah 64 Kbps, 128 Kbps, dan 256 Kbps. Besar *bandwidth* tersebut dipilih karena penelitian ini menggunakan codec G.711 yang memiliki kecepatan suara sebesar 64 Kbps (Rasyid, 2004), sehingga penelitian ini menggunakan besar *bandwidth* dengan rentang 64 Kbps – 256 Kbps. Untuk menganalisa kualitas suara digunakan software *WireShark* dimana *software* tersebut dapat menampilkan beberapa parameter QoS (*Quality of Service*) seperti nilai *delay*, *jitter* dan *packet loss* pada suatu jaringan.

Delay

Delay merupakan waktu tunda dalam suatu pemrosesan data, dimana untuk kualitas delay dikatakan baik apabila waktu tundanya hanya sekitar 0 – 150 ms (International Telecommunication Union, 2003). Dan lebih detail tentang parameter delay dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Parameter Delay

Nilai Delay	Kualitas
0-150 ms	Baik
150 – 400 ms	Cukup, masih dapat diterima
> 400 ms	Buruk, tidak dapat diterima

Jitter

Jitter adalah perbedaan selang waktu kedatangan antar paket di terminal tujuan, atau dengan kata lain jitter merupakan variasi dari delay. Besarnya nilai jitter mengakibatkan rusaknya data yang diterima, baik itu berupa penerimaan yang terputus-putus atau hilangnya data akibat overlap dengan paket data yang lain. Banyak hal yang dapat menyebabkan jitter, diantaranya adalah peningkatan traffic secara tiba-tiba sehingga menyebabkan penyempitan bandwidth dan menimbulkan antrian. Untuk kualitas Jitter dikatakan baik apabila waktunya hanya sekitar 0 – 20 ms (E. B. Setiawan, 2012). Dan tabel 3 dibawah ini menunjukkan parameter jitter.

Tabel 3. Parameter Jitter

Nilai Jitter	Kualitas
0 – 20 ms	Baik
20 – 50 ms	Cukup
> 50 ms	Buruk

Packet Loss

Packet Loss yaitu jumlah paket yang hilang dalam suatu pengiriman paket data pada suatu jaringan. Beberapa penyebab terjadinya packet loss adalah adanya noise, collision dan congestion yang disebabkan oleh terjadinya antrian yang berlebihan dalam jaringan. Packet Loss pada VoIP dikatakan baik apabila jumlah tingkatan paket yang hilang berkisar antara 0 s/d 0.5 % dari pengiriman data (E. B. Setiawan, 2012). Dan pada tabel 4 berikut menunjukkan parameter packet loss.

Tabel 4. Parameter Packet Loss

Packet Loss	Kualitas
0 – 0.5 %	Sangat Baik
0.5 – 1.5 %	Baik
> 1.5 %	Buruk

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan jaringan yang digunakan seperti pada gambar 1. Jaringan yang digunakan menggunakan jaringan lokal dengan menggunakan media kabel dan nirkabel. Jaringan yang menggunakan media kabel adalah jaringan SMK Islam Said Na'um Jakarta, SDIT Said Na'um Jakarta dan SMA Islam Said Na'um Jakarta. Sedangkan untuk

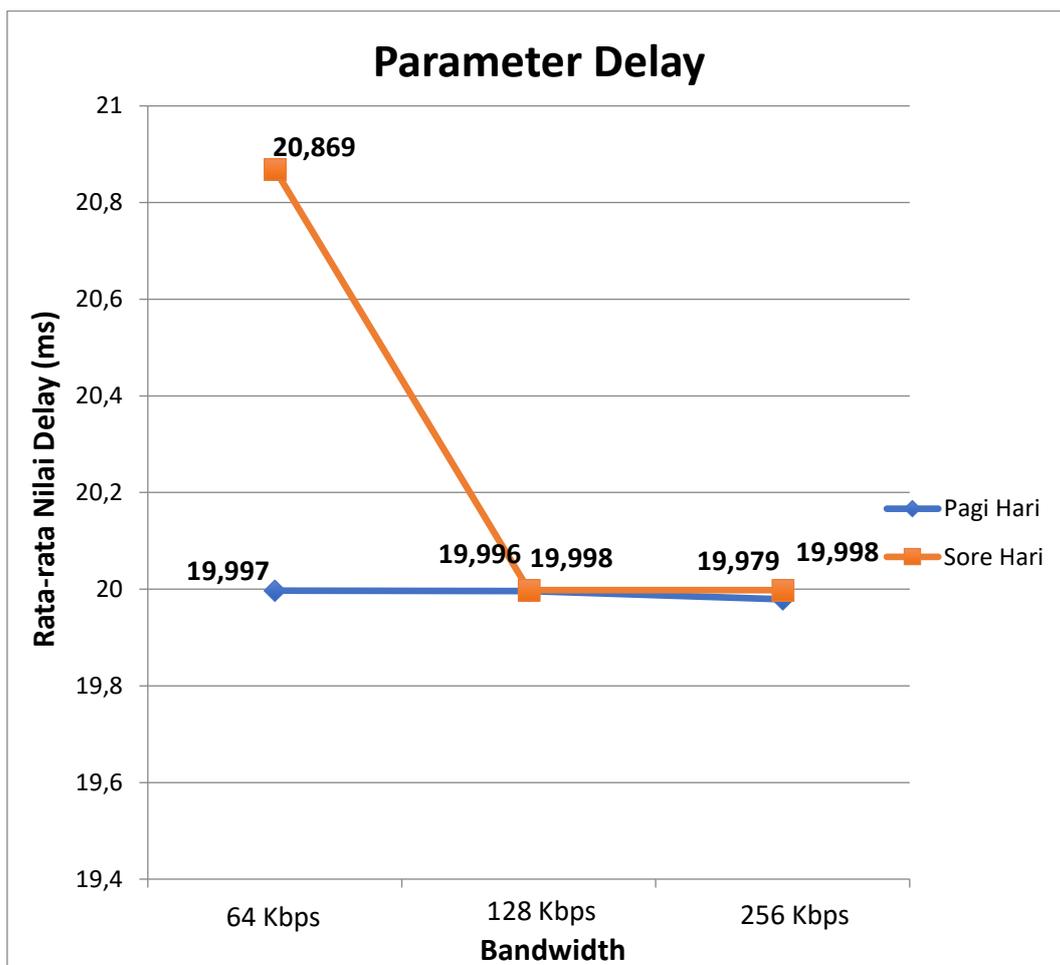
jaringan Smartphone SMK, TKIT Said Na'um dan juga SMPIT Said Na'um serta Yayasan Pendidikan Said Na'um menggunakan media nirkabel untuk terhubung ke server VoIP. Sementara server di tempatkan di SMK Islam Said Na'um.

Server berhasil di install berikut dengan konfigurasi ekstension seperti yang sudah dijelaskan pada tabel 1. Pengujian di lakukan antar client dengan menginstall aplikasi *softphone* pada masing-masing *client*.

Pada penelitian ini menggunakan *software monitoring Wireshark* untuk pengambilan data *Quality of Service* berupa *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Pengambilan data dibagi menjadi 2 (dua) waktu yaitu pagi hari dan sore hari. Pada penelitian ini menggunakan besar *bandwidth* 64 Kbps, 128 Kbps, dan 256 Kbps.

Parameter Delay

Parameter delay merupakan nilai rata-rata dari percobaan yang telah dilakukan yaitu rata-rata dari nilai *delay* Smartphone SMK ke SMK, Yayasan ke SMK, TKIT ke SMK, SDIT ke SMK, SMPIT ke SMK dan SMA ke SMK dengan membandingkan dengan besar *bandwidth* yang digunakan pada percobaan ini yaitu 64 Kbps, 128 Kbps dan 256 Kbps yang dilakukan pada pagi hari dan juga sore hari. Adapun nilai parameter delay yang didapatkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dibawah ini.

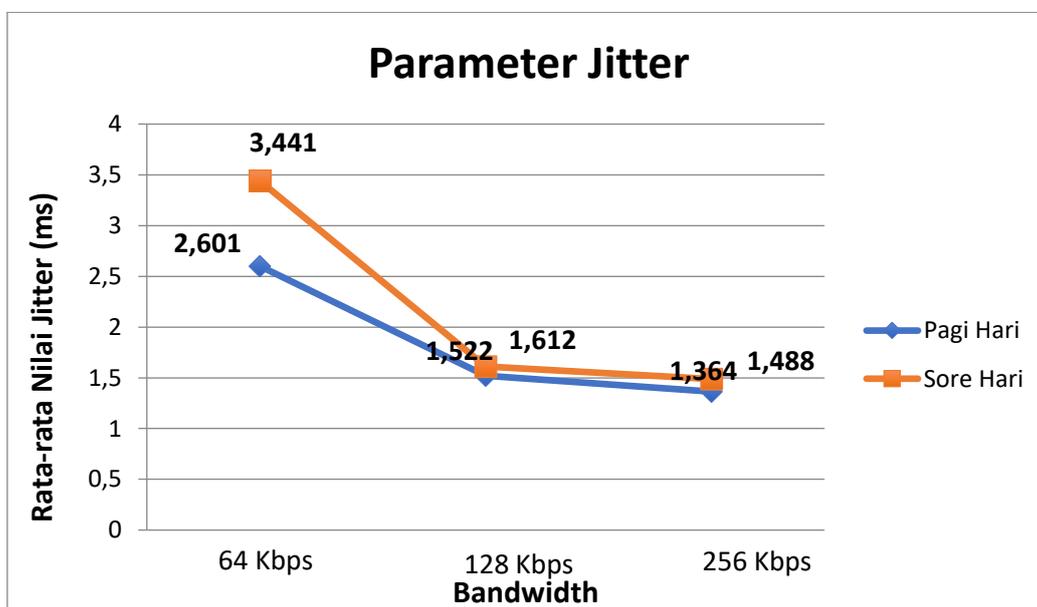


Gambar 2. Grafik Perbandingan Rata-rata Nilai Delay

Dari gambar 2 diatas, nilai delay pada *bandwidth* 64 Kbps lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *delay* pada *bandwidth* 128 Kbps dan 256 Kbps karena pada penelitian ini menggunakan *codec* G.711 yang memiliki *bit rate* sebesar 64 Kbps sehingga pada *bandwidth* 64 Kbps menghasilkan nilai *delay* yang lebih tinggi. Tapi keseluruhan *bit rate* baik 64 Kbps, 128 Kbps, dan 256 Kbps serta pengujian pagi dan sore hari masuk dalam kategori baik karena masih masuk dalam rentang 0 – 150 ms.

Parameter Jitter

Parameter *jitter* merupakan nilai rata-rata dari percobaan yang telah dilakukan yaitu rata-rata dari nilai *jitter* *Smartphone* SMK ke SMK, Yayasan ke SMK, TKIT ke SMK, SDIT ke SMK, SMPIT ke SMK dan SMA ke SMK dengan membandingkan dengan besar *bandwidth* yang digunakan pada percobaan ini yaitu 64 Kbps, 128 Kbps dan 256 Kbps yang dilakukan pada pagi hari dan juga sore hari. Adapun nilai parameter *jitter* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Rata-rata Nilai Jitter

Dari gambar 4 diatas terlihat perbandingan nilai rata-rata dari *bandwidth* yang digunakan, semakin besar *bandwidth* semakin kecil nilai *jitter* yang di hasilkan pada percobaan pagi hari dan begitupun pada percobaan sore hari. Maka secara keseluruhan rata-rata nilai *jitter* pada gambar 4 memiliki kualitas baik karena rata-rata nilai *jitter* masih berada di antara 0 – 20 ms.

Parameter Packet Loss

Berdasarkan data yang telah dilakukan melalui percobaan dengan menggunakan *bandwidth* yang berbeda dan dengan dilakukan pada pagi dan sore hari mendapatkan nilai *packet loss* 0% yang artinya memiliki kualitas yang sangat baik, karena masih berada di kisaran 0 – 0,5% sesuai dengan tabel 3.4 tentang standar *packet loss*.

KESIMPULAN

Setelah melakukan perancangan komunikasi Voice over Internet Protocol (VoIP) dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Perancangan dan pengimplementasian *Voice over Internet Protocol* (VoIP) bisa menggunakan jaringan lokal jika digunakan untuk wilayah lokal (wilayah yang berdekatan) saja seperti pengimplementasian di lingkungan Yayasan Pendidikan Said Na'um Jakarta.
- 2) Untuk pembuatan *Voice over Internet Protocol* (VoIP) dapat menggunakan server trixbox ce yang didalamnya sudah terdapat sistem operasi linux centos beserta aplikasi asterisk.
- 3) Untuk berkomunikasi melalui VoIP dengan menggunakan laptop bisa menggunakan aplikasi 3CX phone dan jika ingin menggunakan *smartphone* dapat menggunakan aplikasi zoiper.
- 4) Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, *bandwidth* minimal yang dibutuhkan untuk dapat berkomunikasi pada VoIP bias menggunakan *bandwidth* sebesar 64 Kbps sesuai dengan *codec* yang digunakan yaitu G.711 dengan *bit rate* sebesar 64 Kbps. Namun untuk dapat menghasilkan kualitas suara yang baik menggunakan *bandwidth* yang lebih besar dari yang digunakan pada penelitian.

LIMITASI DAN STUDI LANJUTAN

Penelitian ini mengintegrasikan jaringan komputer yang sudah ada pada lingkungan Yayasan Pendidikan Said Na'um Jakarta. Jaringan yang digunakan adalah jaringan local dengan menggunakan media kabel maupun nirkabel. Komunikasi VoIP yang dilakukan hanya dari VoIP ke VoIP, bukan dari VoIP ke GSM, maupun dari VoIP ke CDMA. Studi lanjutan yang dapat dilakukan dari penelitian ini adalah mencoba menggunakan server yang lebih kecil baik dari konsumsi daya maupun harga yang relative terjangkau seperti dapat menggunakan raspberry pi, lalu dapat mengintegrasikan jaringan VoIP yang sudah ada pada Yayasan Pendidikan Said Na'um Jakarta dengan jaringan luar (internet), dan dapat berkomunikasi dengan GSM maupun CDMA dengan berfokus kepada penghematan biaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini terutama dosen pembimbing yaitu Dr. Muhammad Yusro, M.T. dan Dr. Baso Maruddani, M.T. serta Direktur Eksekutif Bidang Pendidikan Yayasan Pendidikan Said Na'um Jakarta bapak H. Ismail Salim S.Pd beserta seluruh kepada sekolah di lingkungan Yayasan Pendidikan Said Na'um Jakarta.

REFERENSI

- Aminoto, C., Taqijuddin, H. M., & Melfazen, O. (2017). Perancangan Voip Menggunakan Openvpn Pada Os Openwrt Sebagai Pengamanan Jaringan Antar Client. *SinarFe7: Seminar Nasional Fortei Regional 7*, 418–425.
- Astri, L. Y. (2013). SISTEM MONITORING PARAMETER QOS JARINGAN VoIP LOKAL DENGAN PROTOKOL PENSINYALAN H.323. *Jurnal Media Processor*, 8(2), 29–34.
- Dwiyatno, S., & Nugraheni, M. (2019). *Dan Raspbx Pada Smk Al-Insan Terpadu*. 6(2), 117–130.

- Eldad Israel, M. (2010). Studi Implementasi Voip Berbasis Sip. *TEKNO*, 1–11.
- Handayani, R. (2017). Voice over Internet Protocol (VOIP) Pada Jaringan Nirkabel Berbasis Raspberry Pi. *Kinetik*, 2(2), 82. <https://doi.org/10.22219/kinetik.v2i2.146>
- Handoko, D. (2020). *Pemanfaatan Voip Phone System Sebagai Sarana Komunikasi Jaringan Lokal*. 4(1), 29–35.
- Hostiadi, D. P., & Nasemantho, I. W. (2017). *RANCANG BANGUN INFRASTRUKTUR VOIP PADA MULTIPLE NETWORK JARINGAN SOHO*. 654–659.
- International Telecommunication Union. (2003). *G.114 (05/2003)*.
- Ketut Sudiarta, P., & Sukadarmika, G. (2009). Penerapan Teknologi VoIP Untuk Mengoptimalkan Penggunaan Jaringan Intranet Kampus Universitas Udayana. *Teknologi Elektro*, 8(2), 62–70.
- Khuluq, H. (2017). Implementasi Voip (Voice Over Internet Protocol) Server Berbasis Raspberry Pi Sebagai Media Komunikasi. *Edutic - Scientific Journal of Informatics Education*, 3(1), 44–47. <https://doi.org/10.21107/edutic.v3i1.2560>
- Liesnaningsih, Taufiq, R., & Deril. (2020). PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI JARINGAN VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VoIP) PADA PT . NATIONAL LABEL. *Jurnal Teknik: Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 9(1), 31–35.
- Muhammad, A., Triwinarko, A., & Fatulloh, A. (2017). *Rancang Bangun VoIP Server Menggunakan Trixbox CE*. 1(1), 5–9.
- Pangestu, A., Mohammed, M. N., Al-Zubaidi, S., Bahrain, S. H. K., & Jaenul, A. (2021). An internet of things toward a novel smart helmet for motorcycle: Review. *AIP Conference Proceedings*, 2320(March). <https://doi.org/10.1063/5.0037483>
- Pangestu, A., Yusro, M., Djatmiko, W., & Jaenul, A. (2020). THE MONITORING SYSTEM OF INDOOR AIR QUALITY BASED ON INTERNET OF THINGS. *SPEKTRA: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 5(2), 141–152. <https://doi.org/doi.org/10.21009/SPEKTRA.052.06>
- Rasyid, R. (2004). *Menghitung Bandwidth yang Diperlukan VoIP*. www.ilmukomputer.com.
- Risnandar, M., Hendrawan, A. H., & Prakosha, B. 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*. November, 1–8.
- Saputra, D. E., Irsyad, I. D., & Mujib, M. A. (2017). *Pengujian Peladen VoIP dalam Lingkungan Operasional*. 3(2), 84–93.
- Sastrawijaya, Y., Kholil, A., Multinugraha, R. E., Wesnina, Amirudin, J., Sista, J. S., & Subekti, M. (2019). *Buku Panduan Skripsi FT UNJ* (E. Sandi, Rusilanti, & D. Suliyanthini (eds.)). Fakultas Teknik. Universitas Negeri Jakarta.
- Setiawan, E. B. (2012). ANALISA QUALITY OF SERVICES (QoS) VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VoIP) DENGAN PROTOKOL H.323 DAN SESSION INITIAL PROTOCOL (SIP). *Komputa : Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika*, 1(2). <https://doi.org/10.34010/komputa.v1i2.55>
- Setiawan, I. I., Jaenul, A., & Priyokusumo, D. (2020). *P-75 Prototipe Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Face Recognition Berbasis Raspberry Pi 4 Prototipe of Home Security System Using Face*. 496–501.
- Sinaga, S. B. (2018). *Analisa Jaringan VOIP dengan Session Initiation Protocol Menggunakan Mean Opinion Score*. April.

- Tanoyo, S. A., Utami, E. Y. D., & Utami, E. Y. D. (2016). Unjuk Kerja QoS (Quality of Services) Jaringan Voice over Internet Protocol Berbasis SIP yang Diimplementasikan pada Jaringan Ethernet Gedung FEB-UKSW. *Techné : Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 15(01), 17–26. <https://doi.org/10.31358/techne.v15i01.137>
- Toyib, R., & Wardiman, I. (2020). *IMPLEMENTASI VOIC E OVER INTERNET PROTOCOL (VOIP) BERBASIS LINUX (Studi Kasus SMK Negeri 03 Bengkulu)*. VII.
- Wahyu, A. P. (2017). Optimasi Jaringan Local Area Network Menggunakan VLAN dan VOIP. *Jurnal Informatika:Jurnal Pengembangan IT*, 2(1), 54–57.
- Wibowo, A. T., & Windarti, T. (2014). Implementasi Teknologi Voip dan e-JABBER Memanfaatkan Infrastruktur Jaringan Komputer (WIFI). *Jurnal Teknologi*, 7(1), 1–5.
- Yani, A. (2009). *VOIP; Nelpon Murah pake Internet*. Kawan Pustaka.