

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

Mohammad Risnandar¹, Ade Hendri Hendrawan², Bayu Adhi Prakosha³, Arief Goeritno⁴

^{*1}Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor, Bogor

²³Dosen Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor, Bogor,

⁴Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor, Bogor

Jl. KH. Sholeh Iskandar KM.2, Kedung Badak, Tanah Sereal, Jawa Barat, 16164

E-mail: mohammadrisonandar@outlook.com

ABSTRAK

Telah dilakukan 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, melalui integrasi peralatan pada jaringan komputer untuk pengukuran *bandwidth* dan *Quality of Services* (QoS). *Voice over Internet Protocol* (VoIP) adalah teknologi komunikasi suara dengan pengubahan data suara menjadi kode digital dan dialirkan melalui jaringan komputer. *Voice over Internet Protocol* memanfaatkan infrastruktur jaringan komputer dan sebuah *server* untuk melakukan sebuah komunikasi suara antar pengguna, sehingga biaya untuk komunikasi dapat menjadi lebih murah terutama untuk komunikasi ke luar negeri. Dalam hal ini, sistem operasi yang digunakan berbasis *Internet Protocol Private Branch Exchange* (IP PBX), yaitu Briker versi 1.4 dan penggunaan protokol *Session Initiation Protocol* (SIP). Pengukuran *Quality of Services* dilakukan melalui pengambilan data dengan cara memonitor paket yang dikirim dan diterima oleh pengguna (*end to end point*), pada lalu lintas jaringan komputer Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor dengan menggunakan aplikasi Wireshark, dimana memfilter paket data yang berhubungan dengan protokol SIP. Analisis data dilakukan terhadap *bandwidth*, *jitter*, *packet loss*, dan *delay* dari hasil data yang telah difilter, dan diolah menjadi data statistik dengan aplikasi MATLAB. Diperoleh nilai rata-rata *bandwidth* RTP dalam satu kali komunikasi antar pengguna, adalah 77.53 kbps atau 7.75% dari 1 Mbps kapasitas *bandwidth* yang tersedia untuk *user* Dosen dengan rata-rata *jitter* 3.51 ms, *delay* 21.14 ms, dan *packet loss* 0%. Berdasarkan hasil tersebut, semakin kecil nilai rata-rata *bandwidth*, *jitter*, *delay*, dan *packet loss* yang ditransmisikan, maka dapat diindikasikan bahwa VoIP berjalan dengan baik dan lancar.

Kata kunci: *Voice over Internet Protocol*, *Session Initiation Protocol*, *Quality of Service*, Wireshark, MATLAB.

ABSTRACT

Implementation of *Voice over Internet Protocol* (VoIP) based on *Session Initiation Protocol* (SIP) assisted Briker version 1.4 for measurements of the quality of services on the computer network at the Faculty of Engineering, Bogor Ibn Khaldun University, through the integration of the equipment in the computer network for the measurement of bandwidth and quality of service (QoS). *Voice over Internet Protocol* (VoIP) is a technology of voice communication with the conversion of voice data into digital code and streamed through computer networks. VoIP utilizes computer networking infrastructure and a server to perform a voice communication between users, so the cost for communication can be cheaper especially for communication abroad. In this case, the operating system based on *Internet Protocol Private Branch Exchange* (IP PBX), Briker version 1.4 and using the protocol *Session Initiation Protocol* (SIP). Measurement

quality of services is done through the data retrieval taken by monitoring sent and received packets by users (end to end point) on the computer network traffic Faculty of Engineering, Bogor Ibn Khaldun University by using Wireshark application, where filtering the data packets associated with the SIP protocol. The data analysis is conducted on bandwidth, jitter, packet loss and delay on the results of filtering, and processed into statistical data using MATLAB application. Obtained average value of RTP bandwidth in one communication between users, is 77.53 kbps or 7.75% of 1 Mbps bandwidth capacity available to the user lecturer with the average jitter 3.51 ms, delay 21.14 ms, and 0% packet loss. Based on those result, getting smaller the average value of bandwidth, jitter, delay, and packet loss that transmitted, it can be indicated that VoIP running well and smoothly.

Keywords : Voice over Internet Protocol, Session Initiation Protocol, Quality of Service, Wireshark, MatLab.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Voice over Internet Protocol adalah teknologi yang memungkinkan percakapan suara melalui media jaringan komputer. Data suara diubah menjadi kode digital dan dialirkan melalui jaringan komputer, bukan lewat sirkuit analog telepon biasa (Fatih, 2012). *Voice over Internet Protocol* memanfaatkan infrastruktur jaringan komputer dan sebuah *server* untuk melakukan sebuah komunikasi suara antar pengguna. Perbedaan VoIP dengan telepon tradisional adalah masalah infrastukturnya, jika VoIP menggunakan jaringan komputer sedangkan telepon tradisional menggunakan infrastuktur telepon yang telah dibangun oleh perusahaan telepon konvensional (Sugeng, 2008).

Fakultas Teknik adalah salah satu Fakultas di Universitas Ibn Khaldun Bogor yang menyediakan infrastuktur jaringan komputer yang terpadu. Dalam hal ini, teknologi VoIP dapat diimplementasikan tanpa harus membuat jaringan komputer yang baru. Teknologi ini dapat dijadikan solusi untuk sarana berkomunikasi di lingkungan Fakultas Teknik dengan biaya yang relatif murah dan dapat meningkatkan efisiensi pengeluaran keuangan. Komunikasi suara dan data menggunakan jaringan yang sama yaitu jaringan komputer atau Internet, sehingga biaya telepon bisa lebih murah (Setiawan, 2012). Dengan tersedianya jaringan komputer ini bisa dibangun sebuah sistem VoIP berbasis *Session Initiation Protocol* (SIP) dengan menggunakan sistem operasi *Internet Protocol Private Branch Exchange (IP PBX)*, yaitu Briker versi 1.4 yang mampu memberikan layanan sarana komunikasi suara. Pengukuran dan analisa *Quality of Services*

dengan beberapa parameter, yaitu *bandwidth*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*, diharapkan dapat mengoptimalkan layanan VoIP dalam mengimplementasikan pada jaringan komputer di Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor.

Landasan Teori

Pengumpulan Bahan dan Informasi Kebutuhan (Studi Literatur)

Dilakukan studi literatur dengan mempelajari mengenal konsep dan teori pendukung yang berkaitan dengan penelitian ini. Proses pembelajaran materi penelitian melalui pustaka-pustaka yang berkaitan dengan penelitian berupa buku maupun jurnal ilmiah, ataupun jurnal dalam negeri maupun luar negeri. Beberapa materi terkait penelitian ini adalah konfigurasi VoIP, protokol VoIP, *Quality of Service*, dan implementasi pada jaringan lokal.

Bandwidth

Bandwidth secara umum adalah lebar pita dalam transmisi data. Dalam jaringan komputer *bandwidth* adalah besaran yang menunjukkan banyaknya data yang dapat dilewatkan dari satu komputer ke komputer yang lain melalui sebuah koneksi jaringan komputer (Suhaemi, 2007). Secara definisi *bandwidth* adalah kapasitas total (*volume* dan kecepatan) sebuah dawai, atau total frekuensi yang tersedia pada pembawa transmisi data. Satuan dasar *bandwidth* diukur dalam *bit per second* (bps). Bps adalah jumlah bit data dalam biner yang dapat ditransmisikan per detik. Kbps sama dengan seribu bps, Mbps sama dengan sejuta bps (Rafiudin, 2006).

Internet Protocol Private Automatic Branch Exchange

Internet Protocol Private Automatic Branch Exchange (IP PABX) adalah teknologi PABX yang menggunakan teknologi IP. IP PABX merupakan kombinasi dari Switch / Router dengan PABX yang menangani VoIP. IP PABX dapat digunakan untuk mem by-pass jaringan telepon *circuit-switched* dengan menggunakan jaringan data, untuk berhubungan dengan jaringan data lainnya. IP PABX yang menggantikan PABX konvensional, bisa digunakan dengan IP Phone dan Softphone (Aryanta, 2013).

Jaringan

Jaringan adalah kumpulan perangkat (*nodes*) yang terhubung dengan hubungan komunikasi. Sebuah *node* dapat berupa sebuah komputer, *printer*, atau beberapa perangkat lainnya yang mampu mengirim dan menerima data yang dihasilkan oleh *nodes* di dalam jaringan. Kebanyakan jaringan menggunakan *distributed processing*, dimana tugas dibagi antara beberapa komputer. Bukan satu mesin tunggal yang besar yang bertanggungjawab untuk semua aspek dari sebuah proses, komputer yang terpisah (biasanya komputer pribadi atau *workstation*) menangani sebuah bagian (Forouzan, 2007).

Komponen VoIP

Secara umum VoIP memiliki empat komponen utama, yaitu *user agent*, *proxy*, *protocol*, dan *codec*. *User Agent*, merupakan suatu komponen yang digunakan oleh pengguna untuk memulai dan menerima suatu sesi komunikasi. Dalam VoIP, *user agent* bisa dikatakan sebagai suatu komponen yang melakukan dial nomor telepon atau menerima nomor telepon *dial* dari VoIP. *Proxy*, merupakan aplikasi *server* yang mengatur jaringan VoIP. *Proxy* dalam VoIP biasa juga disebut dengan istilah *IPPBX Server*. Protokol, merupakan aturan komunikasi yang terjadi antara *user agent* dengan *proxy*. Protokol yang sering digunakan untuk membangun jaringan VoIP adalah H.323 dan protokol *Session Initiation Protocol* (SIP). Sedangkan *codec* yaitu teknologi yang mempacketkan data *voice* kedalam *format* lain sehingga menjadi lebih teratur dan mudah untuk dipaketkan. Dengan adanya *codec*, maka penggunaan *bandwidth*

pada jaringan VoIP dapat dihemat (Setiawan, 2012).

MATLAB

MATLAB adalah sebuah bahasa pemrograman dengan unjuk kerja tinggi (*high-performance*) untuk komputasi teknis, yang mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman di dalam lingkungan yang mudah penggunaannya dalam memecahkan persoalan dengan notasi matematik. Penggunaan MatLab umumnya, yaitu untuk matematika dan komputasi; pengembangan algoritma, pemodelan, simulasi dan pembuatan *prototipe*; analisa data, eksplorasi, dan visualisasi; grafik *sains* dan teknik; dan pengembangan aplikasi untuk pembuatan antarmuka grafis untuk pengguna (*Graphical User Interface*) (Priyono, 2007).

Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) adalah terminologi yang digunakan untuk mendefinisikan karakteristik suatu layanan jaringan guna mengetahui baik atau buruknya kualitas dari layanan tersebut. Dalam penelitian ini parameter QoS yang akan dianalisa adalah *delay*, *jitter*, dan *packet lost*. *Delay* merupakan waktu tunda dalam suatu pemrosesan data. Beberapa jenis *delay* yang dapat mengganggu kualitas suara dalam sistem VoIP, yaitu *propagation delay*, *seialization delay*, *processing delay*, *packetization delay*, *queuing delay*, dan *jitter buffer*. *Jitter* adalah perbedaan selang waktu kedatangan antar paket di terminal tujuan. Besarnya nilai *jitter* dapat mengakibatkan rusaknya data yang diterima, baik itu disebabkan penerimaan yang terputus-putus atau hilangnya data akibat *overlap* dengan paket yang lain. Sedangkan *Packet loss* yaitu jumlah paket yang hilang dalam suatu pengiriman paket data pada suatu jaringan. Beberapa penyebab terjadinya *packet loss* adalah adanya *noice*, *collision* dan *congestion* yang disebabkan oleh terjadinya antrian yang berlebihan dalam jaringan (Setiawan, 2012). Parameter *Delay* berdasarkan ITU-T G.114, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter *Delay* berdasarkan ITU-T G.114

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

Tabel 2. Parameter *Jitter*

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

Tabel 3. Standar *Packet Loss*

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

Session Initiation Protocol (SIP)

Session Initiation Protocol (SIP) merupakan protokol yang berada pada layer aplikasi yang mendefinisikan proses awal, perubahan dan pemutusan suatu sesi komunikasi multimedia. SIP dapat mengontrol sinyal untuk jaringan IP. Protokol SIP ini didalamnya terdiri dari beberapa protokol, diantaranya adalah *Real Time Protocol* (RTP) dan *Real Time Control Protocol* (RTCP) yang berfungsi untuk mentransmisikan media serta mengetahui kualitas layanan, serta *Session Description Protocol* (SDP) yang mendeskripsikan media dalam suatu komunikasi. Komponen SIP yang berhubungan dengan VoIP adalah *User Agent* dan *Network Server* (Setiawan, 2012).

Voice over Internet Protocol (VoIP)

Voice over Internet Protocol atau disingkat VoIP didefinisikan sebagai suatu sistem yang menggunakan jaringan komputer atau Internet untuk mengirimkan data paket suara dari suatu tempat ke tempat yang lain menggunakan perantara protokol IP (Sugeng, 2008). Teknologi VoIP secara umum terdapat 2 protokol, yaitu H.323 dan *Session Initiation Protocol* (SIP). Namun saat ini, protokol SIP yang lebih banyak dipakai karena lebih mudah cara pemakaiannya. *Software* yang digunakan untuk *server* dan *client* VoIP dapat diambil secara gratis dan *open source* di Internet (Setiawan, 2012).

Wireshark

Wireshark adalah *tool* yang ditujukan untuk penganalisisan paket data jaringan. Wireshark melakukan pengawasan paket secara waktu nyata (*real time*) dan kemudian menangkap data dan menampilkan selengkap mungkin. Wireshark memerlukan antarmuka fisik untuk menangkap paket data yang keluar-masuk antarmuka (Kurniawan, 2012).

Rumusan Masalah

Implementasi layanan VoIP pada jaringan komputer Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor tidak hanya memanfaatkan infrastruktur jaringan komputer yang ada, akan tetapi perlu pertimbangan kualitas dari layanan pada jaringan tersebut. Selain itu, besaran *bandwidth* juga berpengaruh terhadap kualitas dari layanan yang dihasilkan, sehingga diperlukan suatu analisa terhadap kualitas layanan yang dihasilkan berdasarkan komponen perangkat keras jaringan dan kapasitas *bandwidth* yang tersedia. Adapun permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah untuk menganalisa penggunaan *Bandwidth* dan *Quality of Services* (QoS) pada jaringan Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh i) topologi jaringan komputer melalui pemanfaatan infrastruktur jaringan yang ada dan ii) besaran *bandwidth* dan *Quality of Services* layanan komunikasi suara (VoIP) pada jaringan komputer Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan kepada tujuan penelitian.

Topologi Jaringan Komputer melalui Pemanfaatan Infrastruktur Jaringan yang ada

Langkah-langkah untuk perolehan topologi jaringan, melalui: i) wawancara dengan Dosen Net-Centric Computing yang mengurus struktur jaringan di Fakultas Teknik UIKA dan ii) penggambaran ulang struktur jaringan dari hasil wawancara

menggunakan aplikasi Packet Tracer dan Microsoft Visio.

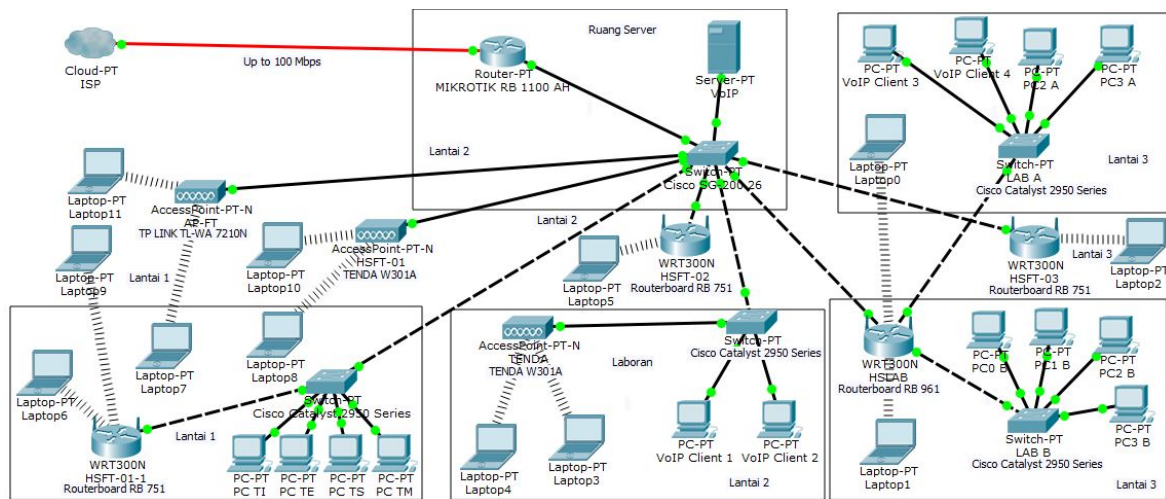
Besaran *Bandwidth* dan *Quality of Service* Layanan komunikasi suara (VoIP) pada Jaringan Komputer Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor

Langkah-langkah untuk perolehan besaran *bandwidth* dan *Quality of Service* layanan suara (VoIP), melalui: i) instalasi dan konfigurasi *software* jaringan, ii) implementasi VoIP pada jaringan FT UIKA, iii) pengujian VoIP pada jaringan FT UIKA, iv) pengambilan dan pengumpulan data paket IPv4, UDP dan RTP pada VoIP di Jaringan FT UIKA, dan v)

pengukuran besaran *bandwidth* dan *Quality of Services* menggunakan Wireshark dan MATLAB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan infrastruktur atau topologi jaringan menggambarkan sistem jaringan pada Fakultas Teknik UIKA yang digunakan untuk memudahkan dan memahami konsep pada pembuatan sistem VoIP. Topologi jaringan yang ditunjukkan pada topologi fisik dan topologi logika. Topologi Fisik Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

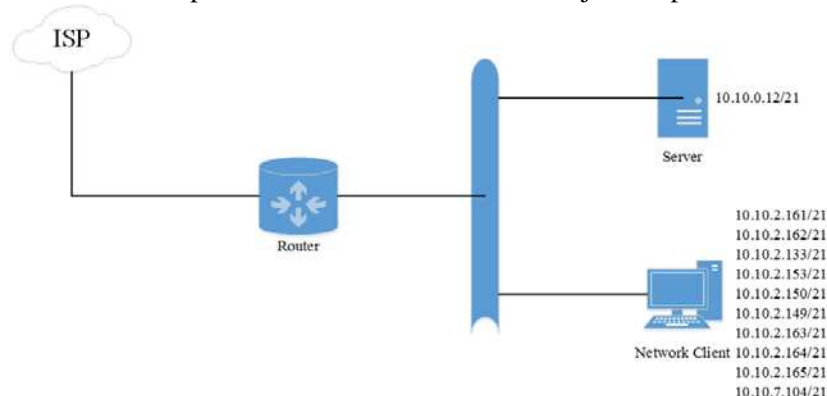


Gambar 1 Topologi Fisik Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor

Berdasarkan Gambar 1 ditunjukkan, bahwa topologi fisik jaringan menggambarkan desain struktur jaringan komputer di Fakultas Teknik UIKA Bogor, dimana *server* VoIP diimplementasikan di Ruang Server Lantai 2 dengan *client* VoIP ditempatkan di Laboran

Lantai 2 dan LAB A di Lantai 3. Kabel yang digunakan adalah UTP cat 5e baik Kabel Straight maupun Crossover.

Topologi Logika Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Topologi Logika Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor

Berdasarkan Gambar 2 ditunjukkan, bahwa topologi logika jaringan menggambarkan pengalamatan IP *address* pada struktur jaringan komputer di Fakultas Teknik UIKA Bogor, dimana *server* VoIP memiliki IP *address* 10.10.0.12/21 dan IP *address* *client* VoIP pada *range network* 10.10.0.0/21.

Instalasi dan konfigurasi *software* jaringan ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu instalasi *software* pada sisi *server* dan sisi *client*. Di dalam *server* sistem operasi yang digunakan adalah salah satu dari distro Linux, yaitu Briker IPPBX 1.4. Konfigurasi *software* dilakukan pada sistem operasi Linux Briker IPPBX 1.4 untuk pembuatan nomor ekstensi yang berisi pada protokol SIP pada *server* VoIP. Sedangkan *software* yang dibutuhkan untuk *client* adalah *software* X-Lite, yang berfungsi untuk menghubungkan antar *client to client* menggunakan VoIP. Dalam *software* ini yang perlu dikonfigurasi antara lain SIP *domain*, *username*, dan *password*.

Setelah instalasi dan konfigurasi *hardware* maupun *software* jaringan selesai, maka berikutnya adalah mengimplementasikan jaringan VoIP dengan menghubungkan *client to server*. Apabila komunikasi *audio* antar *client* belum berjalan, maka konfigurasi *hardware* atau *software* jaringan perlu ditinjau kembali. Implementasi VoIP ini juga dilakukan dengan menghubungkannya ke dalam jaringan LAN yang ada di Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor seperti gambar 1 di atas.

Pengujian ini dilakukan pada *server* VoIP yang didalamnya terdapat protokol SIP. *Server* VoIP dikatakan sudah berjalan apabila konfigurasi nomor ekstensi dan protokol SIP sudah benar. Sedangkan dari sisi *client*, harus terdapat hubungan jaringan dengan *server* yang dilakukan dengan perintah *ping* menuju *server*. Selain itu, apabila *client* sudah dimasukkan nomor ekstensi, *username*, dan *password*, maka harus terdapat *replay* dari *server* bahwa *client* sudah berada dalam jaringan VoIP dan siap untuk berkomunikasi dengan *client* yang lain. Pengujian yang berikutnya menggunakan *softphone* yaitu X-Lite. *Softphone* ini di pasang pada masing-masing *client* yang sudah terhubung dengan *server*. Apabila masing-masing *client* sudah dapat saling berkomunikasi melalui *softphone* X-Lite, maka dapat dikatakan jaringan VoIP sudah berjalan.

Setelah VoIP berjalan pengambilan dan pengumpulan data paket IPv4, UDP, dan RTP pada VoIP di jaringan FT UIKA dilakukan menggunakan aplikasi Wireshark. Data diperoleh dari hasil *monitoring* dan setelah itu dilakukan analisa terhadap data paket IPv4, UDP, dan RTP menggunakan aplikasi MATLAB. Diperoleh hasil dari analisa tersebut dalam bentuk tabel. *Bandwidth* panggilan masuk, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. *Bandwidth* Panggilan Masuk

<i>Active Call</i>	RTP (kbps)	IPv4 (kbps)	UDP (kbps)	Total Bandwidth (kbps)
1	80.68	85	85	250.68
2	80.68	85.4	85	251.08
3	80.68	85.4	85	251.08
4	80.71	85.2	85	250.91
5	80.77	86.6	85	252.37

Berdasarkan Tabel 4 ditunjukkan, bahwa *bandwidth* yang digunakan sebuah *client* ketika menerima panggilan masuk yaitu 251.22 kbps atau sekitar 25.12% dari *bandwidth* yang tersedia untuk *user* Dosen. Nilai tersebut diperoleh dari total *bandwidth* yang dirata-ratakan. Total *bandwidth* diperoleh dari hasil jumlah *bandwidth* RTP, IPv4, dan UDP berdasarkan dari pengambilan data sampel

sebanyak 5 kali dan diambil rata-ratanya dari masing-masing *active call*, yaitu 1-5. Data tersebut berupa RTP paket, IPv4 paket, dan UDP paket.

Bandwidth panggilan keluar, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. *Bandwidth* Panggilan Keluar

<i>Active Call</i>	RTP (kbps)	IPv4 (kbps)	UDP (kbps)	Total Bandwidth (kbps)
1	80.66	82.4	85	248.06
2	80.69	83.8	85	249.49
3	80.69	83.8	85	249.49
4	80.69	84	85	249.69
5	80.72	84.2	85	249.92

Berdasarkan Tabel 5 ditunjukkan, bahwa *bandwidth* yang digunakan sebuah *client* ketika melakukan panggilan keluar yaitu 249.25 kbps atau sekitar 24.93% dari *bandwidth* yang tersedia untuk *user* Dosen. Nilai tersebut diperoleh dari total *bandwidth* yang dirata-ratakan. Total *bandwidth* diperoleh dari hasil jumlah *bandwidth* RTP, IPv4, dan UDP

berdasarkan dari pengambilan data sampel sebanyak 5 kali dan diambil rata-ratanya dari masing-masing *active call*, yaitu 1-5. Data tersebut berupa RTP paket, IPv4 paket, dan UDP paket.

Quality of Service panggilan masuk, seperti ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. *Quality of Service* Panggilan Masuk

<i>Active Call</i>	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss (%)
1	20	0.20	0
2	20	0.21	0
3	20	0.19	0
4	20	0.44	0
5	20	0.79	0

Berdasarkan Tabel 6 ditunjukkan, bahwa kualitas layanan VoIP ketika sebuah *client* menerima panggilan masuk adalah baik. Kualitas baik tersebut diperoleh dari rata-rata *delay*, *jitter*, dan *packet loss* yang mengacu pada tabel 1, tabel 2, dan tabel 3 sebagai parameter dari kualitas sebuah layanan. Nilai rata-rata

delay, *jitter*, dan *packet loss* diperoleh dari hasil pengambilan data sampel sebanyak 5 kali dan diambil rata-ratanya berdasarkan masing-masing *active call*, yaitu 1-5 dan data tersebut berupa RTP paket.

Quality of Service panggilan keluar, seperti ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. *Quality of Service* Panggilan Keluar

<i>Active Call</i>	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss (%)
1	20.1	0.25	0.06
2	20	0.23	0.002
3	20	0.20	0
4	20	0.23	0
5	20	2747	0

Berdasarkan Tabel 7 ditunjukkan, bahwa kualitas layanan VoIP ketika sebuah *client* melakukan panggilan keluar adalah baik. Kualitas baik tersebut diperoleh dari rata-rata *delay*, *jitter*, dan *packet loss* yang mengacu pada tabel 1, tabel 2, dan tabel 3 sebagai parameter dari kualitas sebuah layanan, meskipun pada *active call* 5 nilai *jitter* dikategorikan buruk. Nilai rata-rata *delay*, *jitter*, dan *packet loss* diperoleh dari hasil

pengambilan data sampel sebanyak 5 kali dan diambil rata-ratanya berdasarkan masing-masing *active call*, yaitu 1-5 dan data tersebut berupa RTP paket.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat simpulan yang mengacu pada tujuan penelitian. Topologi jaringan komputer

diperoleh dengan menggambarkan ulang hasil dari wawancara dengan Dosen Net-Centric Computing yang mengurus struktur jaringan di Fakultas Teknik UIKA. Besaran *bandwidth* dan *Quality of Services* diperoleh dari 5 proses, yaitu i) instalasi dan konfigurasi *software* jaringan, ii) implementasi VoIP pada jaringan FT UIKA, iii) pengujian VoIP pada jaringan FT UIKA, iv) pengambilan dan pengumpulan data paket IPv4, UDP dan RTP pada VoIP di Jaringan FT UIKA, dan v) pengukuran besaran *bandwidth* dan *Quality of Services* menggunakan Wireshark dan MATLAB.

Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan diharapkan penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Mahasiswa atau Dosen di Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor, agar kedepannya dapat dikembangkan dengan memperhitungkan jarak antara server dengan client.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ade Hendri Hendrawan selaku dosen Pembimbing Utama, Bapak Bayu Adhi Prakosha selaku Pembimbing Pendamping, dan Bapak Arief Goeritno selaku Pembimbing Penulisan yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan petunjuk, saran, dan bimbingan demi kesempurnaan tulisan ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan maupun penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanta, Dwi. 2013. Implementasi Sistem IP PBX Menggunakan Briker. *Jurnal Teknik Elektro*. Vol.1, No.2.
- Forouzan, Behrouz A. 2007. Data Communication And Networking Fourth Edition. New York: R.R Donnelley Crawfordsville IN.
- Kurniawan, Agus. 2012. *Network Forensics*. Yogyakarta: Andi.
- Patih, Domiko F.J. 2012. Analisa Perancangan Server VoIP (Voice Internet Protocol) dengan Open Source Asterisk dan VPN (Virtual

Private Network) Sebagai Pengaman Jaringan Antar Client. *Jurnal Teknik Elektro*. Vol.1, No.1.

- Prijono, Agus. 2007. *Pengolahan Citra Dijital Menggunakan MATLAB*. Bandung: Informatika.
- Rafiudin, Rahmat. 2006. *Sistem Komunikasi Data Mutakhir*. Yogyakarta: ANDI.
- Setiawan, Eko Budi. 2012. Analisa Quality of Service (QoS) Voice Over Internet Protocol (VoIP) dengan Protocol H.323 dan Session Initial Protocol (SIP), *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika*, Vol.1, No.2.
- Sugeng, Winarno. 2008. *Membangun Telepon Berbasis VoIP*. Bandung: Informatika.
- Suhaemi, Husam. 2007. *Pengukuran Bandwidth Melalui Teknik Pemisahan Bandwidth Nasional dan Internasional Menggunakan Mikrotik*. Skripsi tidak diterbitkan. Bogor: UIKA.