

UNJUK KERJA *VOICE OVER INTERNET PROTOCOL* PADA JARINGAN LOKAL UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN

Performance of Voice over Internet Protocol in Jenderal Soedirman University Local Network

Alfa Pradipta¹, Azis Wisnu Widhi Nugraha², Iwan Setiawan³

alfa.pradipta@gmail.com¹, azis.wwn@unsoed.ac.id², stwn@unsoed.ac.id³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman
Jl. Mayjen. Sungkono KM 5 Blater Purbalingga Indonesia

Abstract— Jenderal Soedirman University (UNSOED) LAN covers all of its units that spread not only in Purwokerto area, but also in Purbalingga. Therefore, it may be possible to implement VoIP system in order to replace the internal campus voice telecommunication system that still use PSTN and PABX (line extensions). The Implementation of VoIP technology into UNSOED LAN needs a VoIP server prototype to be built for quality testing. VoIP quality of service (QoS) is based on delay, jitter, and packet loss. These parameters will be used as QoS test parameters in this research. We also add subjective test runs by users to measure the voice quality of VoIP. According to Ridwan (2011), the optimum codec that can be applied in UNSOED LAN is iLBC. Our research result shows that the highest mean for delay, jitter, packet loss respectively are 3 milliseconds, 19,333 milliseconds, 1%, and the voice quality is good. These indicated that the VoIP QoS and voice quality on UNSOED LAN is in a good category.

Keyword— *VoIP, QoS, performance.*

Abstract— Jenderal Soedirman University (UNSOED) LAN covers all of its units that spread not only in Purwokerto area, but also in Purbalingga. Therefore, it may be possible to implement VoIP system in order to replace the internal campus voice telecommunication system that still use PSTN and PABX (line extensions). The Implementation of VoIP technology into UNSOED LAN needs a VoIP server prototype to be built for quality testing. VoIP quality of service (QoS) is based on delay, jitter, and packet loss. These parameters will be used as QoS test parameters in this research. We also add subjective test runs by users to measure the voice quality of VoIP. According to Ridwan (2011), the optimum codec that can be applied in UNSOED LAN is iLBC. Our research result shows that the highest mean for delay, jitter, packet loss respectively are 3 milliseconds, 19,333 milliseconds, 1%, and the voice quality is good. These indicated that the VoIP QoS and voice quality on UNSOED LAN is in a good category.

Keyword— *VoIP, QoS, performance.*

PENDAHULUAN

Untuk mendukung kelancaran komunikasi antar unit, UNSOED menambahkan *line extension* pada jalur teleponnya. Namun, *line extension* tersebut hanya mencakup wilayah Grendeng, sedangkan untuk melakukan panggilan ke unit-unit yang berada di wilayah karangwangkal, Kalibakal, Margono, dan Blater, Purbalingga tetap menggunakan jalur PSTN.

Kondisi saat ini, UNSOED telah memiliki jaringan intranet berbasis serat optik yang merupakan hasil rancangan Reza (2010) yang bertujuan untuk dapat lebih mendukung perkembangan sistem informasi masyarakat akademik sehingga memungkinkan terjadinya transfer data berkecepatan tinggi. Terkait dengan hal tersebut dan juga seiring semakin berkembangnya teknologi VoIP, serta berdasarkan penelitian Ridwan dkk (2011) yang menunjukkan bahwa VoIP layak diimplementasikan dalam jaringan lokal UNSOED, maka perlu dilakukan ujicoba/pengujian kinerja VoIP untuk mendapatkan gambaran kualitas

layanannya sebagai alternatif dari jaringan telepon di UNSOED.

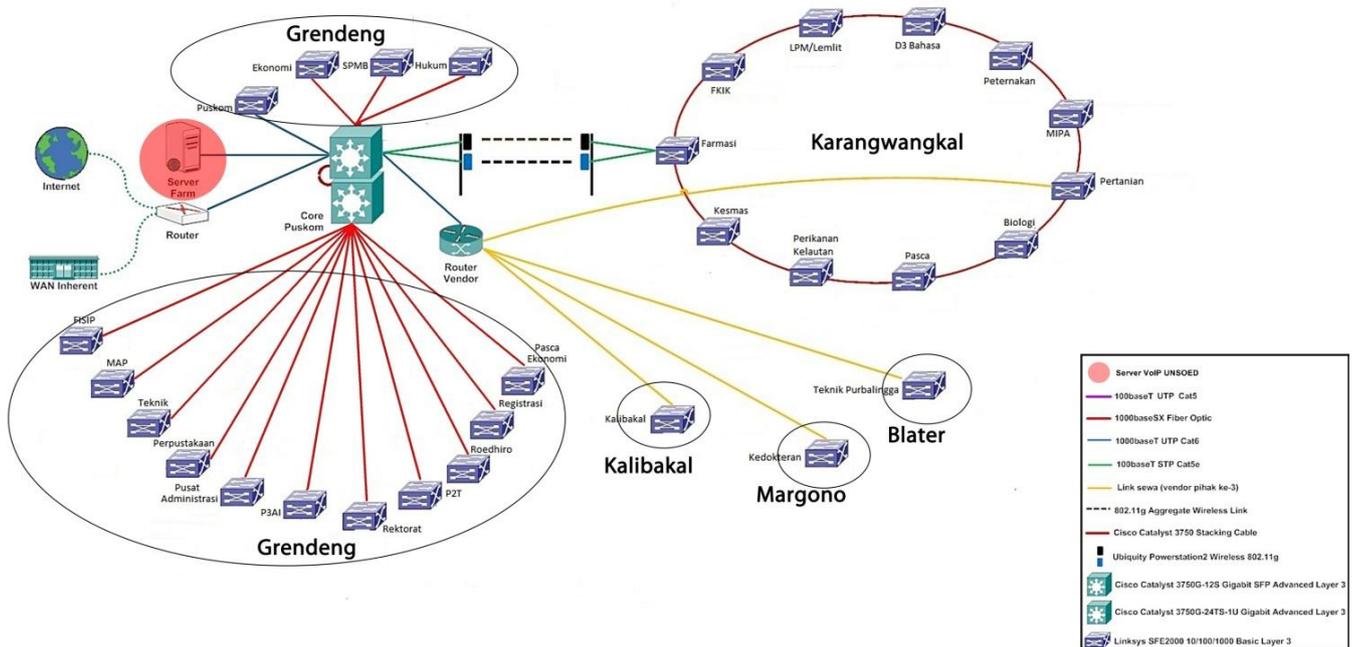
Berdasarkan latar belakang di atas, diperlukan pengujian kinerja VoIP pada jaringan lokal UNSOED untuk mengetahui nilai *delay*, *jitter* dan *packet loss*, serta kualitas suara VoIP secara subjektif berdasarkan persepsi penguji sebagai parameter-parameter yang berpengaruh dalam kualitas layanan dan kualitas suara VoIP. Pengujian dilakukan dengan mengujicoba panggilan dengan skenario PC to PC pada jaringan kabel/*wireline* dan dilakukan dari *access layer*. Hasil pengujian tersebut diharapkan nantinya dapat menjadi gambaran dalam implementasi VoIP secara keseluruhan, sehingga dapat mengurangi biaya operasional atas penggunaan jalur PSTN dan mengoptimalkan pemanfaatan jaringan lokal UNSOED yang bertujuan untuk mendukung peningkatan sistem informasi masyarakat akademik. Untuk dapat melakukan hal tersebut, penulis perlu membangun sebuah purwarupa/*prototype* sistem telepon berbasis VoIP pada jaringan lokal UNSOED dengan meletakkan komputer *server* VoIP di Pusat Komputer (Puskom)

UNSOED. Perangkat lunak yang digunakan sebagai server adalah Asterisk yang dapat diunduh dari asterisk.org, dan menambahkan dukungan *codec internet Low Bitrate Codec* (iLBC) pada perangkat lunak tersebut berdasarkan rekomendasi Ridwan dkk (2011).

JARINGAN LOKAL UNSOED

Jaringan lokal UNSOED menggunakan teknologi berbasis *Ethernet* dengan serat optik sebagai media transmisi pada jaringan *backbone*-nya. Jaringan *backbone* UNSOED menggunakan dua jenis topologi, yaitu topologi *star* dan topologi *ring*. Topologi *star* digunakan pada *distribution layer* wilayah Grendeng

yang meliputi *node* Ekonomi, SPMB, Hukum, Pasca Ekonomi, Registrasi, Roedhiro, P2T, Rektorat, P3AI, Pusat Administrasi, Perpustakaan, Teknik, MAP, dan FISIP. Topologi *ring* digunakan pada *distribution layer* wilayah Karangwangkal yang meliputi *node* D3 Bahasa, Peternakan, MIPA, Pertanian, Biologi, MM, Perikanan & Kelautan, Kesmas, Farmasi, FKIK, dan LPM/Lemlit. Selain itu, terdapat *node* Kalibakal dan Blater, Purbalingga yang menggunakan *link* sewa dengan besar *bandwidth* masing-masing 3 Mbps dan 6 Mbps. Untuk lebih jelas mengenai topologi jaringan lokal UNSOED dapat dilihat pada Gambar 1 (Reza, 2010).



Gambar 1. Topologi jaringan lokal UNSOED. (Reza, 2010)

Jaringan lokal UNSOED saat ini baru dimanfaatkan untuk akses data *non-realtime*, seperti sistem informasi akademik (*e-SIA*), *sihura*, *e-learning*, *web*, dan *mail* serta akses data melalui Internet sehingga masih memungkinkan penambahan aplikasi lain, salah satunya adalah VoIP.

VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VOIP)

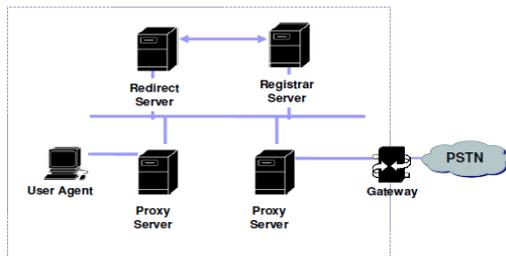
Voice over Internet Protocol atau yang lebih dikenal dengan singkatan VoIP dapat didefinisikan sebagai jaringan telepon atau sistem komunikasi suara antar klien melalui jaringan Internet (TCP/IP). (Purbo dan Raharja, 2011) Penggunaan istilah telepon Internet atau *Internet Telephony*, dan VoIP sering digunakan secara bergantian. Secara umum, kedua istilah tersebut mengacu kepada hal yang sama.

Ada tiga buah skenario umum penggunaan VoIP (Jain, 2009), yaitu *PC to PC*, *PC to phone* dan *phone to PC*, serta *phone to phone*. Pada skenario *PC to phone* dan

phone to PC, serta *phone to phone*, digunakan *media gateway* untuk saling berkomunikasi melalui jaringan IP. VoIP memiliki empat komponen utama (Schulzrinne, 2004), yaitu *network transport* (IP, TCP, UDP, dan DNS), *media transport* (RTP), *signaling* (SIP dan H.323), dan *directory service*. Pada penelitian ini, penulis memilih SIP dengan alasan tingkat kompleksitas H.323 lebih tinggi daripada SIP (Anonim, 2000b serta Dalgic dan Fang, 1999). Untuk *directory service*, penulis tidak menggunakan komponen ini karena UNSOED belum menerapkannya. Selain itu juga terdapat dua komponen pendukung (Mehta dan Udani, 2004), yaitu *media encoding*, dan *gateway control*. Penulis menggunakan *codec* iLBC sebagai *media encoding* yang direkomendasikan oleh Ridwan dkk (2011). Akan tetapi, penulis tidak menggunakan *gateway control* karena pada penelitian ini tidak dilakukan *bridging* antara jaringan IP dengan jaringan PSTN.

SESSION INITIATION PROTOCOL (SIP)

Session Initiation Protocol, dikutip dari *Request for Comments (RFC) 2543*, adalah protokol *application-layer control (signaling)* untuk membangun, memodifikasi, dan menutup sesi komunikasi antara satu atau lebih partisipan. SIP bukan merupakan protokol transfer media, sehingga SIP tidak membawa paket suara atau video. SIP memanfaatkan RTP untuk menjalankan fungsi media transfer. Gambar 2 menunjukkan arsitektur SIP ini.



Gambar 2. Arsitektur SIP. (Raharja, 2006)

SIP dalam sebuah sistem VoIP berperan sebagai protokol yang pertukaran informasinya dilakukan melalui pertukaran pesan berupa permintaan dan respon. Pesan permintaan merupakan pesan yang dikirimkan oleh klien kepada *server* untuk menjalankan fungsi/operasi tertentu. Sedangkan respon merupakan pesan yang dikirimkan oleh *server* kepada klien sebagai tanggapan atas pesan permintaan yang diterima. Sebuah sistem SIP memiliki empat komponen dasar, yaitu *user agent*, *proxy server*, *registrar server*, dan *redirect server* (Raharja, 2006). *User agent* merupakan komponen SIP yang memulai, menerima, dan menutup sesi komunikasi. *User agent* terdiri dari dua komponen utama, yaitu *User Agent Client (UAC)* yang berfungsi memulai sesi komunikasi, dan *User Agent Server (UAS)* yang berfungsi menerima atau menanggapi sesi komunikasi.

Proxy server merupakan komponen penengah antar *user agent*, bertindak sebagai *server* dan klien yang menerima pesan permintaan dari *user agent* dan menyampaikan pada *user agent* lainnya. *Registrar server* merupakan komponen yang menerima pesan permintaan *register* dari pengguna dan kemudian mengekstrak informasi lokasi terkini (*current location*) dari pengguna (alamat IP, *port*, nama pengguna, dan sebagainya) dan menyimpan informasi tersebut di sebuah lokasi basis data. *Registrar server* juga dapat menambahkan fungsi otentifikasi pengguna untuk validasi. Komponen ini biasa disandingkan dengan *proxy server*. *Redirect server* merupakan komponen yang menerima pesan permintaan dari *user agent*, memetakan alamat SIP *user agent* atau *proxy* tujuan, dan kemudian menyampaikan hasil pemetaan kembali pada UAC. Dengan kata lain *redirect server* bertugas

mengarahkan permintaan SIP yang diterimanya ke suatu tujuan baru.

KUALITAS LAYANAN VOIP

VoIP sangat sensitif terhadap QoS (*Quality of Service*) sehingga kualitas layanannya bergantung pada besar *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. *Delay (delay end-to-end)* adalah waktu yang dibutuhkan sebuah paket data dari sumber ke tujuan. Beberapa penyebab *delay* diantaranya adalah jarak jalur komunikasi, proses *codec*, paketisasi, dan lain-lain. *Delay* yang diizinkan untuk aplikasi *voice* kurang dari 150 ms (ITU-T G.114, 2003). *Jitter* adalah variasi waktu *delay* antara paket-paket yang dikirimkan secara terus-menerus dari sumber ke tujuan pada jaringan IP. *Jitter* disebabkan oleh beban trafik, perubahan rute paket, kemacetan paket (*congestion*), dan waktu tunda pemrosesan. Besar *jitter* yang diizinkan untuk aplikasi *voice* kurang dari 50 ms (Wijaya, 2008). *Packet loss* adalah hilangnya satu atau lebih paket data yang berjalan pada jaringan. *Packet loss* terjadi ketika terdapat penumpukan data pada jalur yang dilewati dan menyebabkan terjadinya *buffer overflow* pada *router*. *Packet loss* yang masih dapat diterima untuk aplikasi *voice* kurang dari 5% (Wijaya, 2008).

SERVER VOIP ASTERISK

Asterisk adalah salah satu perangkat lunak *server* VoIP yang merupakan Perangkat Lunak Bebas dan *Open Source* di bawah GNU *General Public License (GPL)* dan dapat diunduh di www.asterisk.org. Perangkat lunak ini digunakan untuk membangun suatu sistem layanan komunikasi serta memberikan kemudahan kepada penggunanya untuk mengembangkan layanan telepon sendiri. Asterisk dalam suatu sistem VoIP berperan sebagai *proxy server*, *registrar server*, dan *redirect server*. Asterisk juga dapat dikatakan sebagai *Private Branch eXchange (PBX)* yang lengkap dalam bentuk perangkat lunak dan menyediakan semua fitur seperti PBX.

PEMANTAU JARINGAN VOIP: VQMANAGER

VQManager adalah sebuah perangkat lunak untuk memantau jaringan VoIP yang dapat diunduh di www.manageengine.com. Perangkat lunak ini dapat memantau semua perangkat atau pengguna yang mendukung protokol SIP dan *Real-time Transport Protocol (RTP)/Real-time Transport Control Protocol (RTCP)*.

Selain VQManager, juga terdapat perangkat lunak lain untuk memantau jaringan VoIP berdasarkan rekomendasi Purbo dan Raharja (2011), yaitu SIPp. Akan tetapi penulis lebih memilih VQManager karena memiliki fitur yang digunakan dalam penelitian, seperti dapat mengukur nilai *delay*, *jitter*, dan *packet loss*.

Hanya saja kekurangannya adalah *proprietary* dan *closed-source*, sehingga hanya dapat digunakan selama 30 hari dalam masa *trial*.

KLIEN VOIP: X-LITE

X-Lite adalah sebuah aplikasi pendukung VoIP yang menggunakan teknologi SIP dan dapat diunduh di www.counterpath.com. X-Lite dikembangkan oleh CounterPath Corporation. CounterPath mengeluarkan dua rilis untuk aplikasi ini yang masing-masing mempunyai perbedaan fitur. X-Lite 2.0 digunakan untuk Macintosh dan Linux yang menggunakan X-Pro *code base*, dan X-Lite 3.0 untuk Windows yang menggunakan *eveBeam code base*. X-lite 2.0 hanya mendukung penggunaan suara saja, sedangkan X-Lite 3.0 sudah memiliki fitur suara, video dan *instant messaging* atau media untuk *chatting*.

PEMBANGUNAN SISTEM TELEPON BERBASIS VOIP

Pembangunan sistem telepon berbasis VoIP ini mencakup instalasi dan konfigurasi perangkat lunak Asterisk versi 1.8.7.1 sebagai *softswitch* pada PC server dengan sistem operasi Linux dan distribusi Ubuntu 11.04. Kemudian juga instalasi dan konfigurasi perangkat lunak X-Lite versi 3.0 sebagai *softphone* pada PC klien dengan sistem operasi Windows 7.

Instalasi asterisk dilakukan melalui konsol pada server dan terhubung langsung ke internet dengan kondisi administrator atau pengguna dalam posisi *super user* yang disimbolkan dengan "#", sehingga dapat mengatur sistem secara penuh. Selain itu juga dilakukan penambahan *codec* iLBC pada asterisk. Perintah-perintah yang digunakan dalam melakukan instalasi adalah sebagai berikut.

```
# apt-get update
# apt-get install libxml2-dev ncurses-dev
# wget http://download.asterisk.org/pub/telephony/\
  asterisk/releases/asterisk-1.8.7.1.tar.gz
# tar -zxvf asterisk-1.8.7.1.tar.gz
# ./contrib/scripts/get_ilbc_source.sh
# ./configure
# make
# make menuselect
# make install
# make samples
# make config
# make install-logrotate
```

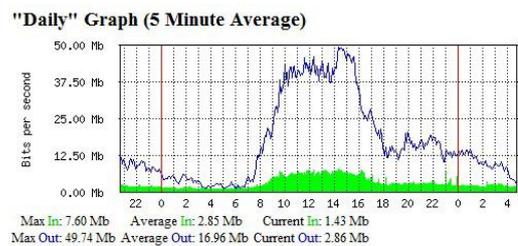
Berkas konfigurasi asterisk terdapat pada direktori `/etc/asterisk`. Berkas konfigurasi yang digunakan adalah `sip.conf` dan `extensions.conf`. Berkas `sip.conf` digunakan untuk mengatur konfigurasi penomoran untuk pengguna, mengatur *codec* yang digunakan, mengatur tipe klien VoIP, mengatur protokol transpor, dan juga pengaturan alamat IP.

Berkas `extensions.conf` digunakan untuk konfigurasi *dial plan* dan menentukan nomor VoIP yang telah diatur pada `sip.conf` untuk pengguna. Instalasi X-Lite kurang lebih sama seperti kebanyakan aplikasi yang berjalan di

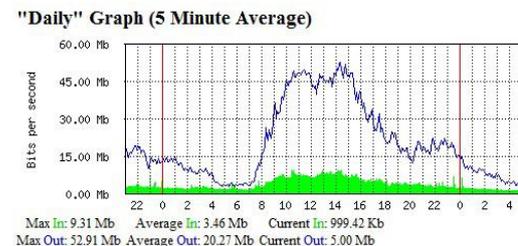
atas Windows. Pertama muncul jendela selamat datang X-Lite, kemudian mengikuti langkah-langkah pemasangan berikutnya sesuai petunjuk. Konfigurasi X-Lite dilakukan melalui jendela *SIP account*. Pada jendela tersebut berisi informasi yang harus dimasukkan mengenai akun/nomor SIP yang telah dibuat sebelumnya pada server di dalam berkas `sip.conf` dan `extension.conf`.

ANALISA PENGGUNAAN JARINGAN LOKAL UNSOED

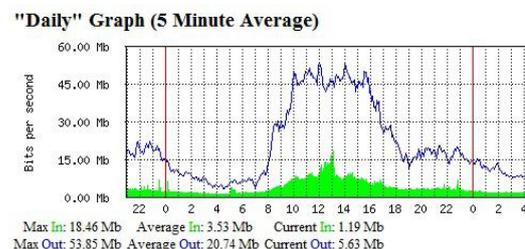
Analisa penggunaan jaringan lokal UNSOED dilakukan selama satu minggu hari kerja untuk mengetahui jam sibuk dan tidak sibuk pada saat jam kerja. Pada penelitian ini, jam sibuk merupakan waktu penggunaan jaringan lokal yang menunjukkan aktivitas komunikasi data yang signifikan pada saat jam kerja. Jam tidak sibuk merupakan kebalikan dari jam sibuk pada saat jam kerja. Jam kerja di UNSOED dimulai pukul 08.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB. Gambar 3, 4, 5, 6, dan 7 berikut ini secara berturut-turut menunjukkan grafik penggunaan jaringan lokal UNSOED tanggal 28 November 2011 sampai dengan 2 Desember 2011.



Gambar 3. Grafik tanggal 28 November 2011.

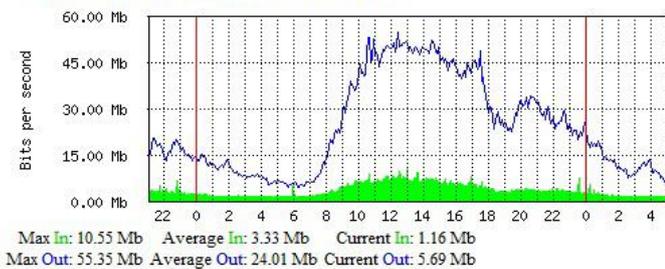


Gambar 4. Grafik tanggal 29 November 2011.



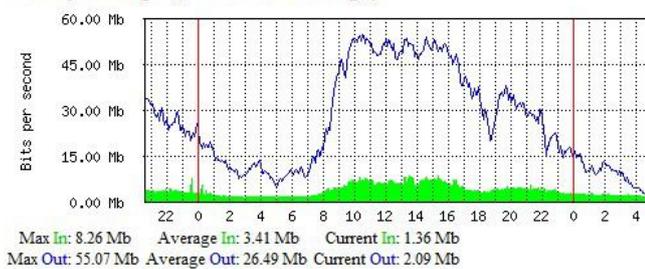
Gambar 5. Grafik tanggal 30 November 2011.

"Daily" Graph (5 Minute Average)



Gambar 6. Grafik tanggal 1 Desember 2011.

"Daily" Graph (5 Minute Average)



Gambar 7. Grafik tanggal 2 Desember 2011.

Dari kelima grafik di atas dapat dilihat bahwa karakteristik penggunaan jaringan atau lalu lintas jaringan pada jam kerja merata dan digunakan secara optimal, sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan jaringan pada saat jam kerja dikatakan sebagai jam sibuk. Oleh karena itu, pengujian jam tidak sibuk tidak dilakukan.

METODE PENGUJIAN KUALITAS VOIP

Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dalam 1 hari pada saat jam kerja dan jam sibuk untuk tiap *node* dengan mengukur nilai *delay*, *jitter*, dan *packet loss* yang terjadi dari tiap sesi komunikasi antara klien pada *node* Puskom dengan klien pada seluruh *node* UNSOED. Tiap sesi komunikasi berlangsung selama kurang lebih 60 detik dengan interaksi komunikasi dua arah atau timbal balik, yang diilustrasikan pada Gambar 8. Dari tiga hasil pengujian untuk tiap *node* kemudian dihitung reratanya. Selain itu juga diuji kualitas suara VoIP berdasarkan penilaian subjektif dari pengguna, dalam hal ini penguji. Pengujian tidak dilakukan untuk *node* Teknik Lama, MAP, dan Kalibakal karena ketiga *node* tersebut untuk sementara tidak digunakan.

Dari hasil pengujian, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2, diperoleh nilai rerata *delay* tertinggi sebesar 3 milidetik pada sambungan Puskom-MIPA dan Puskom LPPM. Nilai rerata *jitter* tertinggi sebesar 19,333 milidetik pada sambungan Puskom-Teknik Purbalingga. Nilai rerata *packet loss* tertinggi sebesar 1%

pada sambungan Puskom-Perikanan dan Kelautan, Puskom-Kesmas, Puskom-Farmasi, dan Puskom-FKIK. Gambar 9 menunjukkan grafik perbandingan nilai *delay*, *jitter*, dan *packet loss* area Grendeng dan Blater, serta Gambar 10 pada area Karangwangkal.



Gambar 8. Interaksi komunikasi pada pengujian VoIP

PENGUJIAN KUALITAS VOIP

Untuk kualitas suara yang dihasilkan dan berdasarkan penilaian dari tiga orang penguji, dapat disimpulkan pula bahwa kualitas suara pada jaringan lokal UNSOED termasuk dalam kategori baik dan dapat terdengar jelas, walaupun terdapat sedikit derau (suara mendengung) pada *node* Ekonomi, Hukum, Roedhiro, Kesmas, Farmasi, dan LPPM.

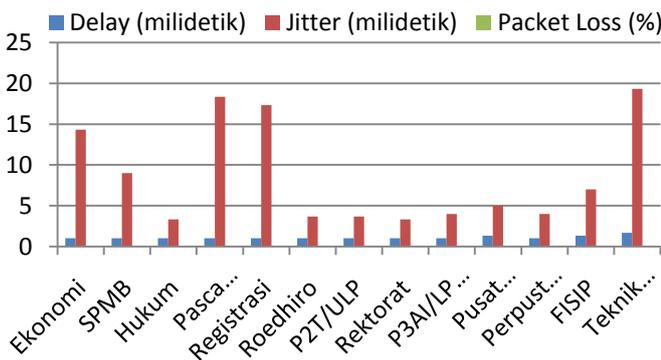
Secara umum, hasil dari pengujian yang dilakukan memiliki hasil yang baik. Akan tetapi, muncul dugaan bahwa hasil pengujian nilai *delay* pada VQManager merupakan nilai *delay* transmisi dengan paket kecil, bukan nilai *total delay/latency* dari sistem VoIP. Contoh pada sambungan Puskom-Teknik Purbalingga yang memiliki nilai uji rerata *delay* sebesar 1,667 milidetik dan rerata *jitter* sebesar 19,333 milidetik.

TABEL 1. DATA PENGUKURAN UNJUK KERJA VOIP AREA GRENDENG DAN BLATER

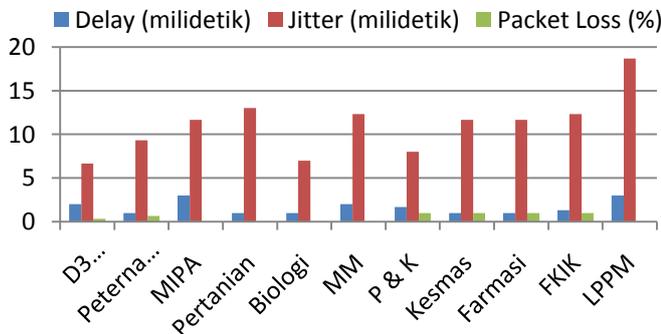
Nama Node	Delay (mildetik)	Jitter (mildetik)	Packet Loss (%)	Persepsi Kualitas Suara (Baik/Tidak Baik)	Catatan
Ekonomi	1	14,33	0	Baik	Terdapat sedikit derau
SPMB	1	9	0	Baik	
Hukum	1	3,333	0	Baik	Terdapat sedikit derau
Pasca Ekonomi	1	18,33	0	Baik	
Registrasi	1	17,33	0	Baik	
Roedhiro	1	3,667	0	Baik	Terdapat sedikit derau
P2T/ULP	1	3,667	0	Baik	
Rektorat	1	3,333	0	Baik	
P3AI/LP3K	1	4	0	Baik	
Pusat Admin.	1,333	5	0	Baik	
Perpustakaan	1	4	0	Baik	
FISIP	1,333	7	0	Baik	
Teknik Pbg.	1,667	19,33	0	Baik	

TABEL 2. DATA PENGUKURAN UNJUK KERJA VOIP AREA KARANGWANGKAL

Nama Node	Delay (milidetik)	Jitter (milidetik)	Packet Loss (%)	Persepsi Kualitas Suara (Baik/Tidak Baik)	Catatan
D3 Bahasa	2	6,667	0,333	Baik	
Peternakan	1	9,333	0,667	Baik	
MIPA	3	11,67	0	Baik	
Pertanian	1	13	0	Baik	
Biologi	1	7	0	Baik	
MM	2	12,33	0	Baik	
P & K	1,667	8	1	Baik	
Kesmas	1	11,67	1	Baik	Terdapat sedikit derau
Farmasi	1	11,67	1	Baik	Terdapat sedikit derau
FKIK	1,333	12,33	1	Baik	
LPPM	3	18,67	0	Baik	Terdapat sedikit derau



Gambar 9. Grafik perbandingan nilai delay, jitter, dan packet loss area Grendeng dan Blater.



Gambar 10. Grafik perbandingan nilai delay, jitter, dan packet loss area Karangwangkal.

Jika dilakukan pemeriksaan melalui perintah *ping* ke 2 *node* tersebut, dengan mengambil kurang lebih 1000 sampel dan besar paket yang diberikan sesuai dengan besar paket VoIP yang diuji, yaitu 108 bytes, didapatkan nilai rerata *delay* sebesar 11,102 milidetik dan nilai variansi sebesar 14,799 milidetik. Hasil ini memiliki selisih nilai *delay* yang cukup jauh dari nilai *delay* yang terukur pada VQManager. Di sisi lain, nilai variansi yang didapatkan mendekati nilai *jitter* yang terukur pada VQManager. Ketika dilakukan pengambilan kurang lebih 1000 sampel dan besar paket transmisi berukuran

kecil, yaitu 32 bytes, maka didapatkan nilai rerata *delay* sebesar 2,663 milidetik dan nilai variansi sebesar 2,231 milidetik.

Dari kedua pemeriksaan di atas, dapat disimpulkan hasilnya mendekati atau sesuai dengan dugaan. Akan tetapi untuk mendapatkan rincian hasil yang lebih tepat, hal ini membutuhkan penelitian lebih lanjut.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah bahwa unjuk kerja VoIP pada jaringan lokal UNSOED memiliki nilai *delay*, *jitter*, dan *packet loss* dari keseluruhan *node* secara berturut-turut dalam rentang 1 milidetik hingga 3 milidetik, 4 milidetik hingga 25 milidetik, dan 0 hingga 1%. Apabila nilai parameter-parameter tersebut dari masing-masing *node* direratakan, maka memiliki nilai *delay*, *jitter*, dan *packet loss* tertinggi secara berturut-turut adalah 3 milidetik, 19,333 milidetik, dan 1%. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa kualitas layanan VoIP dalam jaringan lokal UNSOED termasuk dalam kategori baik dan dapat diterima. Begitu pula kualitas suara VoIP yang termasuk dalam kategori baik dan dapat terdengar jelas walaupun terdapat sedikit derau (suara mendengung) pada *node* Ekonomi, Roedhiro, Kesmas, Farmasi, dan LPPM.

SARAN

Ada beberapa hal yang selanjutnya dapat dilakukan dan diperhatikan dari hasil penelitian ini. Pertama adalah sistem telepon berbasis VoIP pada jaringan lokal UNSOED dapat segera dibangun secara keseluruhan karena hasil penelitian sementara menunjukkan bahwa VoIP layak diimplementasikan pada jaringan lokal UNSOED. Kedua adalah perlu dipertimbangkan untuk dibangun *server* VoIP kedua pada area Karangwangkal karena koneksi dari *distribution layer* area karangwangkal ke *core switch* Puskom menggunakan *link* sewa dengan *bandwidth* sebesar 8 Mbps sehingga kemungkinan dapat terjadi *bottleneck*. Ketiga adalah pengujian kualitas VoIP secara subjektif perlu ditindaklanjuti dengan mengambil sampel lebih banyak sehingga hasil yang diperoleh lebih sah. Keempat adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai *total delay/latency* dari sistem VoIP pada jaringan lokal UNSOED.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2000. *A Comparison of H.323v4 and SIP*. Nortel Networks. http://www.cs.columbia.edu/sip/drafts/sip_h323v4.doc. Diakses pada tanggal 11 November 2011.

Dalgic, I., dan Fang, H. 1999. *Comparison of H.323 and SIP for IP Telephony Signaling*. New York: Columbia University.

ITU-T Recommendations G.114 (05/2003). *International Telephone Connections And Circuits – General Recommendations On*

- The Transmission Quality For An Entire International Telephone Connection: One Way Transmission Time.* Geneva: ITU-T.
- Jain, R. 2009. *Voice over IP: Issues and Challenges.* <http://www.cse.wustl.edu/~jain/talks/voip.pdf>. Diakses pada tanggal 13 Oktober 2011.
- Mehta, P.C., dan Udani, S. 2004. *Overview of Voice Over IP.* <http://www.cis.upenn.edu/~udani/papers/OverviewVoIP.pdf>. Diakses pada tanggal 8 November 2011.
- Purbo, O. W., dan Raharja, A. 2011. *VoIP Cookbook: Building Your Own Telecommunication Infrastructure.* Jakarta: Internet Society Innovation Fund (ISIF).
- Raharja, A. 2006. *VoIP Fundamental.* http://www.disparbud.jabarprov.go.id/assets/downloads/materi-voip_fundamental.pdf. Diakses pada tanggal 10 Oktober 2011.
- Reza, F. 2010. *Tugas Akhir: Perancangan Jaringan Intranet Berbasis Serat Optik Dengan Teknologi Media Akses Ethernet Di Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto.* Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman. (Tidak dipublikasikan)
- RFC 2543. 1999. *SIP: Session Initiation Protocol.* The Internet Society. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt>. Diakses pada tanggal 14 Oktober 2011.
- Ridwan, M., Nugraha, A.W.W., dan Susilawati, H. 2011. *Uji Kelayakan Jaringan Lokal Universitas Jenderal Soedirman Untuk Implementasi VoIP.* *Dinamika Rekayasa* Vol. 7 No. 1 Februari 2011.
- Schulzrinne, H. 2004. *INTERNET Telephony or Internet TELEPHONY?.* <http://www.cs.columbia.edu/~hgs/papers/voip.pdf>. Diakses pada tanggal 11 Oktober 2011.
- Wijaya, C.H. 2008. *Tugas Akhir: Studi Mengenai Pengaruh Waktu Tunda, Jitter, Dan Paket Hilang Terhadap Kualitas Dan Jumlah Panggilan Telepon Internet.* Bandung: Institut Teknologi Bandung. (Tidak dipublikasikan)