

PENERAPAN TEKNOLOGI VOIP UNTUK MENGOPTIMALKAN PENGGUNAAN JARINGAN INTRANET KAMPUS UNIVERSITAS UDAYANA

Pande Ketut Sudiarta, Gede Sukadarmika

Staff Pengajar Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran, Bali, 80361, tlp 0361 703315

Email. sudiarta@unud.ac.id

Abstrak

Jaringan intranet Universitas Udayana telah menghubungkan ketiga lokasi kampus, yaitu Kampus Bukit, Kampus Sudirman, dan Kampus Nias. Lokasi kampus yang terpisah-pisah dan kampus Bukit yang memiliki area yang cukup luas memerlukan prasarana teleponi yang memadai. Selama ini, komunikasi teleponi masih memanfaatkan provider seperti PT Telkom, walaupun komunikasi telepon hanya untuk komunikasi antar fakultas atau antar fakultas dengan rektorat di area kampus bukit. Demikian juga untuk komunikasi telepon antar lokasi kampus yang berbeda. Walaupun beberapa fakultas dan juga gedung Rektorat memiliki perangkat PABX namun keberadaan kebanyakan hanya melayani komunikasi dalam satu gedung saja. Pemanfaatan intranet kampus UNUD baru dimanfaatkan untuk akses Internet, akses Sistem Informasi dan untuk *videoconference*. Dengan beban trafik yang ada, jaringan intranet masih memungkinkan untuk dibebani dengan trafik yang lebih tinggi. Dengan demikian, untuk mengoptimalkan pemanfaatan bandwidth, diupayakan dengan mengembangkan sistem teleponi berbasis *VoIP* yang memanfaatkan infrastruktur yang ada. Tujuan yang ingin dicapai adalah menyediakan fasilitas telepon internal kampus yang tidak berbayar. Melalui teknologi VoIP ini, komunikasi dapat dilakukan dengan beberapa cara baik menggunakan telepon analog maupun softphone yang dapat diinstall di masing-masing PC atau laptop. Hal ini nanti tentu akan memberikan efisiensi waktu bagi civitas karena mudah dihubungi dan secara langsung akan berdampak pada efisiensi biaya telekomunikasi di kampus.

Infrastruktur yang dikembangkan menggunakan protokol SIP memanfaatkan *Free Software* Linux Fedora sebagai *Operating System*, Asterisk dan Ondo sebagai aplikasi server. Di sisi pemakai, perangkat telepon dapat menggunakan dua model, pertama menggunakan softphone yang ditujukan untuk personal dengan memanfaatkan nomor induk pegawai (NIP) atau nomor induk mahasiswa (NIM) sebagai nomor telepon. Model telepon ini aksesnya dapat melalui laptop atau PC. Sedangkan, model yang kedua menggunakan *Hardware* FXS ditujukan untuk pesawat fix telepon di masing-masing fakultas dan jurusan. Sebagai operator menggunakan perangkat IP-phone. Hasil yang dicapai dan perbandingan secara teori penggunaan codec jenis G711 memiliki nilai MOS yang terbaik dan kompatibel diaplikasikan untuk berbagai layanan seperti FAX dan integrasi PBX namun memiliki bitrate yang lebih tinggi. Selama penelitian belum dapat ditunjukkan perubahan trafik yang ada mengingat perlu waktu untuk adaptasi pemanfaatan teknologi walaupun telah diusahakan menggunakan sosialisasi penggunaan perangkat VoIP ini kepada pegawai internal UNUD.

Kata kunci : VoIP, teleponi, trafik, intranet

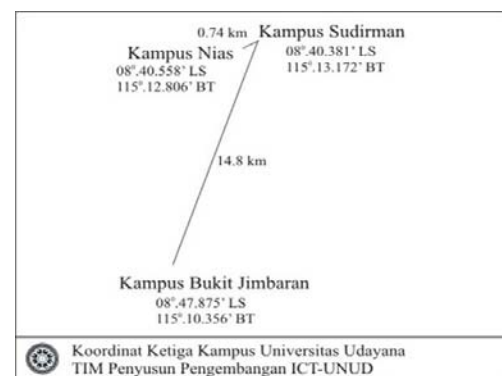
1. PENDAHULUAN

Universitas Udayana yang merupakan salah satu universitas negeri yang ada di Pulau Bali memiliki tiga lokasi kampus, yaitu : Kampus Bukit Jimbaran, Kampus Sudirman dan Kampus Nias. Antara kampus Bukit dan Kampus Sudirman keberadaannya dipisahkan oleh jarak yang relatif jauh, sedangkan antara Kampus Sudirman dengan Kampus Nias hanya sekitar 1 km. Ketiga lokasi kampus telah terhubung intranet melalui radio link. Secara garis lurus jarak ketiga kampus tersebut diperlihatkan pada gambar 1.

Bandwidth intranet Kampus Bukit-Sudirman secara spesifikasi perangkat mampu mencapai 45 Mbps, namun trafik dari *MRTG (Multi Routing Trafik Grapher)* pemakaian rata-rata tertinggi berkisar 10 Mbps seperti gambar 2.

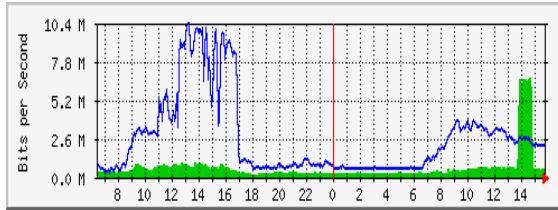
Untuk mengoptimalkan pemanfaatan infrastruktur intranet yang hampir sudah mencapai

semua unit kerja, maka dikembangkan aplikasi VOIP sebagai media komunikasi internal kampus UNUD yang melingkupi ketiga lokasi kampus yang ada.



Gambar 1. Jarak ketiga lokasi kampus Universitas Udayana

Hal yang mendasari adalah Komunikasi inter dan antar kampus masih menggunakan infrastruktur dari provider seperti telkom sehingga penerapan teknologi ini diharapkan dapat menekan biaya operasional kampus.

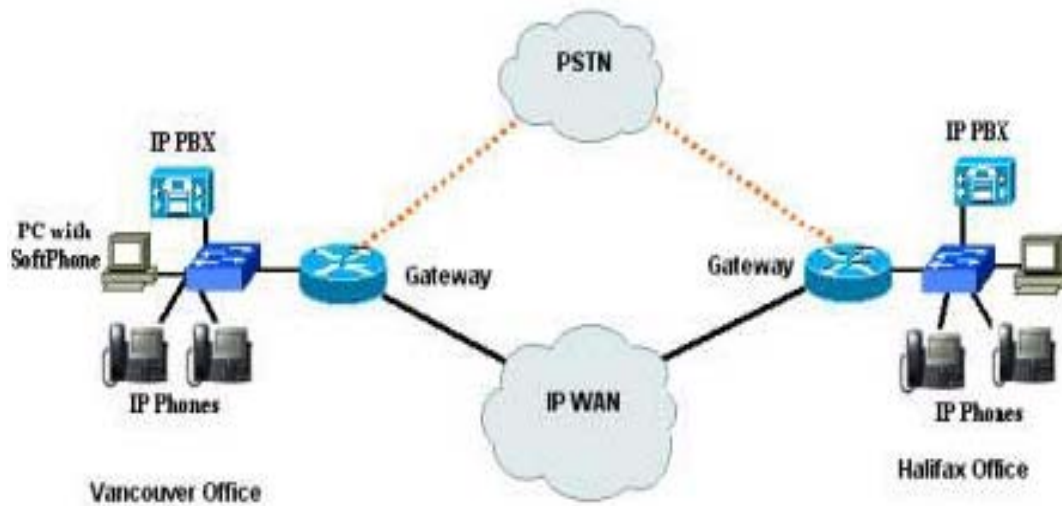


Gambar 2. MRTG link Kampus Sudirman- Kampus Bukit

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Voice Over Internet Protokol

Voice over Internet Protocol (VoIP) dikenal juga dengan sebutan IP Telephony didefinisikan sebagai suatu sistem yang menggunakan jaringan internet untuk mengirimkan data paket suara dari suatu tempat ke tempat yang lain menggunakan perantara protokol IP (Tharom, 2002). Dengan kata lain teknologi ini mampu melewati trafik suara yang berbentuk paket melalui jaringan IP. Jaringan IP sendiri adalah merupakan jaringan komunikasi data yang berbasis *packet-switch*.



Gambar 3. Diagram VoIP

VoIP merupakan teknologi yang membawa sinyal suara digital dalam bentuk paket data dengan protokol IP. Suara yang masuk diubah dalam bentuk format digital. Kita ketahui bahwa komputer merupakan suatu perangkat digital yang melakukan pengolahan data dalam bentuk bit (*binary digit*). Dengan perkembangan teknologi DSP (*Digital Signal Processing*) telah menghasilkan perangkat yang mampu mengolah sinyal analog (misalnya sinyal audio) sebagai sinyal input dan diolah menjadi sinyal digital dan menghasilkan sinyal keluaran dalam bentuk sinyal analog kembali. Proses ini dilakukan oleh *soundcard* atau *DSP board*. Data dalam format digital akan dikirimkan dalam jaringan internet, akan dibagi dalam paket-paket kecil. Hal ini dapat memudahkan dan mempercepat transportasi. Jadi kalau ada data yang hilang, data tidak perlu dikirim ulang cukup paket-paket yang hilang saja.

Pada awal perkembangannya, VoIP hanya dapat dipakai antar PC multimedia dengan kualitas rendah.

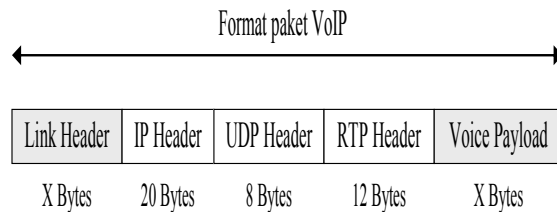
Sesuai dengan perkembangan teknologi, kini VoIP memungkinkan komunikasi antar PC ke telepon dan komunikasi antar telepon dengan kualitas layak sehingga layanan VoIP mulai banyak dijual oleh operator-operator telekomunikasi di dunia. Oleh karena itu jaringan IP harus didesain agar memenuhi persyaratan *delay* dan *packet loss*. *Packet loss* (kehilangan paket data pada proses transmisi) dan *delay* merupakan masalah yang berhubungan dengan kebutuhan *bandwidth*, namun lebih dipengaruhi oleh stabilitas rute yang dilewati data pada jaringan, metode antrian yang efisien, pengaturan pada router, dan penggunaan kontrol terhadap kongesti (kelebihan beban data) pada jaringan.

Packet loss terjadi ketika terdapat penumpukan data pada jalur yang dilewati. Hal ini mendorong agar arsitektur VoIP menyediakan infrastruktur yang memiliki kemampuan dan fitur seperti halnya SS7 (*Signaling System no 7*) di PSTN. Panggilan VoIP memiliki dua jenis komunikasi yang menempati

jaringan IP antara pemanggil (*calling party*) dan pihak yang dipanggil (*called party*), yaitu aliran informasi pembicaraan dan message-message signaling yang mengontrol hubungan dan karakteristik aliran media. Untuk membawa informasi digunakan *Realtime Transport Protocol* (RTP). Sedangkan untuk pensinyalan terdapat dua standar yang dikeluarkan oleh dua badan dunia, yaitu H.323 yang dikembangkan oleh ITU-T dan *Session Initiation Protocol* (SIP) oleh IETF (*Internet Engineering Task Force*).

2.2 Format Paket VoIP

Tiap paket VoIP terdiri atas dua bagian, yakni *header* dan *payload* (beban). Header terdiri atas *IP header*, *Real-time Transport Protocol*, *User Datagram Protocol* (UDP) *header*, dan *link header*. Format paket VoIP dapat dilihat pada gambar berikut (Tharom, 2002) :



Gambar 4. Format Paket VoIP

IP header bertugas menyimpan informasi routing untuk mengirimkan paket-paket ke tujuan. Pada tiap header IP disertakan tipe layanan atau *Type of Service* (ToS) yang memungkinkan paket tertentu seperti paket suara yang *non real time*.

UDP header memiliki ciri tertentu yaitu tidak menjamin paket akan mencapai tujuan sehingga UDP cocok digunakan pada aplikasi *voice real time* yang sangat peka terhadap *delay* dan *latency*.

RTP header adalah header yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan framing dan segmentasi data real time. Seperti UDP, RTP juga tidak mendukung reabilitas paket untuk sampai ke tujuan. RTP menggunakan protokol kendali yang disebut RTCP (*Real-time Transport Control Protocol*) yang mengendalikan QoS dan sinkronisasi media stream yang berbeda. Untuk link header, besarnya sangat bergantung pada media yang digunakan. Tabel berikut menunjukkan perbedaan ukuran header untuk media yang berbeda dengan metode kompresi G.729.

Tabel 1. Link Layer Header Size

Media	Link Layer Header Size	Bit Rate
Ethernet	14 byte	29.6 kbps
PPP	6 byte	26.4 kbps
Frame Relay	4 byte	25.6 kbps
ATM	5 byte tiap cell	42.4 kbps

2.3 Kualitas Layanan VoIP

Quality of Service (QoS) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik data tertentu pada berbagai jenis platform teknologi. QoS tidak diperoleh langsung dari infrastruktur yang ada, melainkan diperoleh langsung dengan mengimplementasikannya pada jaringan bersangkutan (Onno, Tharom. 2001).

Aplikasi VoIP merupakan aplikasi real time, sehingga tidak dapat mentolerir delay (dalam batasan tertentu) dan packet loss. Delay dapat diminimalkan dengan menggunakan teknologi packet switching sebagai pengganti data switching. Cara lain yang dapat ditempuh adalah mengoptimalkan penggunaan bandwidth, mengatur metode antrian yang dipakai dan menggunakan protokol-protokol manajemen untuk mengatur paket data yang dilewatkan.

QoS pada IP Telephony adalah parameter-parameter yang menunjukkan kualitas paket data jaringan, agar didapatkan hasil suara sama dengan menggunakan telepon tradisional (PSTN). Beberapa parameter yang mempengaruhi QoS antara lain *latency* (keterlambatan data), *delay*, *jitter*, *packet loss* dan *sequence error* pada jaringan internet. Selain itu QoS juga dipengaruhi oleh pemenuhan kebutuhan bandwidth, jenis kompresi data, interoperabilitas peralatan (vendor yang berbeda) dan jenis standar multimedia yang digunakan (H.323/SIP/MGCP)

2.3.1 Latency

Latency adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu perangkat dari meminta hak akses ke jaringan sampai mendapatkan hak akses itu. Ada dua jenis *latency*, yaitu *real* dan *induced*. *Real latency* berhubungan dengan fisik jaringan dan karakteristik penyambungan dari media pengangkutannya, seperti pensinyalan elektriknya dan *clocked speed*, juga berhubungan dengan RTT (*Round Trip-time*) selama ditransmisikan dari sumber ke tujuan melalui berbagai perubahan kecepatan transmisi. *Induced latency* adalah delay yang terjadi akibat delay antrian pada peralatan jaringan (misalnya *Ethernet card router*), delay proses pada *end-systems*, dan kongesti lain jaringan antara sumber dan tujuan. Pada jaringan yang cukup besar delay antrian tidak dapat ditangani secara baik (misalnya penggunaan metode antrian yang berbeda pada tiap router).

Ada satu lagi *latency* yang tidak terlalu signifikan namun dapat berpengaruh pada perspektif

pengguna yaitu *remembered latency*. *Latency* ini adalah *latency* yang terjadi akibat daya ingat manusia. Manusia dapat menyerap begitu banyak informasi dan cenderung sensitif pada delay saat pengiriman dan penyampaian informasi

2.3.2 Delay

Dalam jaringan VoIP, *delay* merupakan suatu permasalahan yang harus diperhitungkan karena bagus tidaknya suara tergantung dari waktu *delay*. Besarnya *delay* maksimum yang direkomendasikan oleh ITU untuk aplikasi suara adalah 150 ms, sedangkan *delay* maksimum dengan kualitas suara yang masih dapat diterima pengguna adalah 250 ms. *Delay end to end* adalah jumlah *delay* konversi suara analog-digital, *delay* waktu paketisasi atau bisa disebut juga *delay* panjang paket dan *delay* jaringan pada saat *t* (waktu). Ada beberapa penyebab terjadinya delay antara lain :

- Kongesti (kelebihan beban data)
- Kekurangan pada metode traffic shaping
- Penggunaan paket-paket data yang besar pada jaringan berkecepatan rendah
- Adanya paket-paket data dengan ukuran berbeda-beda
- Perubahan kecepatan antar jaringan WAN
- Pemadatan bandwidth secara tiba-tiba

Trafik suara merupakan trafik *realtime* sehingga jika delay dalam pengiriman paket suara terlalu besar, ucapan yang disampaikan tidak dapat dikenali. Delay maksimum yang ditolerir pada transmisi sinyal suara sesuai dengan standar ITU G.114 yang direkomendasikan bahwa delay kumulatif harus ≤ 150 mdetik (1-way delay). Delay kumulatif terdiri atas dua jenis yaitu (Tharom, 2001) :

a. Fixed delay

Fixed delay terbagi atas :

- Delay propagasi (*propagation delay*) adalah delay yang ditentukan oleh karakteristik jarak antara sumber dan tujuan, serta media transmisi yang digunakan untuk pengiriman sinyal suara. Delay jaringan untuk standar IEEE 802.3i (10BaseT) dapat dihitung dengan rumus berikut (Blanchard, 2001) :

$$\text{propagation delay} = \frac{\text{cable length}}{\text{velocity of propagation}} = \frac{\text{cable length}}{0.59c}$$

Kecepatan sinyal yang melalui kabel adalah $0.59c$, dimana c merupakan kecepatan cahaya = 3.10^8 m/s (Blanchard, 2001).

- *Processing delay* merupakan delay yang diakibatkan oleh *coding*, kompresi, dekompresi dan *decoding* yang ditentukan oleh algoritma standar *codec*.
- *Packetization delay* adalah *delay* yang terjadi saat proses paketisasi sampel suara digital yang dibawa untuk ditempatkan pada payload sampai paket terisi penuh. Untuk mengurangi terlalu banyak

delay paketisasi, biasanya digunakan beberapa skema kompresi seperti pembagian yang dapat dikirim.

b. Variabel delay

Delay variable dibagi menjadi :

- Delay antrian (*Queuing delay*) adalah *delay* akibat waktu tunggu paket yang dilayani pada sebuah trunk.
- *Delay Jitter buffer* adalah *delay* akibat adanya *buffer* untuk mengatasi *jitter*.

2.3.3 Jitter

Jitter merupakan variasi *delay* yang terjadi akibat adanya selisih waktu atau interval antar kedatangan paket di penerima. Parameter ini dapat ditangani dengan mengatur metode antrian pada router saat terjadi kongesti atau saat perubahan kecepatan. Paket data yang datang dikumpulkan dulu dalam *jitter buffer* selama waktu yang telah ditentukan sampai paket dapat diterima pada sisi penerima dengan urutan yang benar. Hanya saja *jitter* tidak mungkin dihilangkan sebab metode antrian yang paling baik tetap saja tidak dapat mengatasi semua kasus antrian. Untuk meminimalisasi *jitter* ini, diusahakan agar pengiriman tiap-tiap paket data melalui jalur yang sama dan jangan sampai terjadi paket loss atau kongesti jaringan. Selain *jitter* QoS juga dipengaruhi oleh *echo*. *Echo* disebabkan perbedaan impedansi dari jaringan yang menggunakan *four-wire* dengan *two-wire*. Efek *echo* adalah suatu efek yang dialami mendengar suara sendiri ketika sedang melakukan percakapan. Mendengar suara sendiri pada waktu lebih dari 25 ms dapat menyebabkan terhentinya pembicaraan.

2.3.4 Packet Loss

Loss packet (kehilangan paket data pada proses transmisi) terjadi ketika terdapat penumpukan data pada jalur yang dilewati pada saat beban puncak (*peak load*) yang menyebabkan kemacetan transmisi paket akibat padatnya trafik yang harus dilayani dalam batas waktu tertentu. Sehingga *frame* (gabungan data payload dan header yang di transmisikan) akan dibuang sebagaimana perlakuan terhadap *frame* data lainnya pada jaringan berbasis IP. Paket akan di drop di bawah beban puncak dan selama periode kongesti yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti kegagalan link transmisi atau kapasitas yang tidak mencukupi. Salah satu alternatif solusi permasalahan di atas adalah membangun *link* antar *node* pada jaringan VoIP dengan spesifikasi dan dimensi dengan QoS yang baik dan dapat mengantisipasi perubahan lonjakan trafik hingga pada suatu batas tertentu.

Packet loss pada jaringan untuk untuk IP telephony sangat besar pengaruhnya, dimana bila terjadi packet loss dalam jumlah tertentu, akan menyebabkan terjadi interkoneksi TCP melambat

(terlalu banyak pengulangan proses *handshake*). Biasanya packet loss sebesar 10% tidak bisa ditolerir (Onno, Tharom. 2001).

2.4 Penilaian MOS

Untuk penilaian subjektif kualitas layanan VoIP adalah MOS (*Mean Opinion Score*), nilai-nilai subjektifnya diambil berdasarkan kepuasan pendengar dan pembicara disaat mengadakan hubungan VoIP. Untuk MOS, secara garis besar dapat dilihat tabel berikut :

Tabel 2. Penilaian MOS terhadap kualitas layanan VoIP

Nilai MOS	Opinion Score untuk tes pembicaraan	Opinion Score untuk tes pendengaran
5	Excellent	Excellent (Jauh lebih keras daripada yang diisyaratkan)
4	Good	Good (Jebih keras daripada yang diisyaratkan)
3	Fair	Fair (Kejelasan suara yang diisyaratkan)
2	Poor	Poor (Lebih pelan dari yang diisyaratkan)
1	Bad	Bad (Jauh lebih pelan dari yang diisyaratkan)

Data kuantitatif yang digunakan untuk menentukan MOS adalah dari sisi metode kompresi, yaitu *bandwidth* yang dihasilkan serta *delay* kompresi yang dihasilkan. Tabel penilaian MOS yang didapat dari sisi metode kompresi terdapat dalam tabel berikut ini.

Tabel 3. Hubungan metode kompresi dan penilaian MOS

Metode kompresi	Bandwidth (kbps)	Delay kompresi (mdetik)	Skore MOS
G.711 PCM	64	0.75	4.1
G.726 ADPCM	32	1	3.85
G.728 LD – CELP	16	3 – 5	3.61
G.729 CS – ACELP	8	10	3.92
G.729A CS – ACELP	8	10	3.7
G.723.1 MPMLQ	6.3	30	3.9
G.723.1 ACELP	5.3	30	3.65

2.5 Penilaian MOS dengan software Manage Engine VQManager

ManageEngine VQManager adalah sebuah Software Monitoring Jaringan yang merupakan produk dari manageengine.com. Software ini bisa memonitor semua perangkat atau user-agen yang mendukung protokol SIP (RFC 3261) dan RTP / RTCP (RFC 3550). VQManager memonitor secara real-time VoIP QoS (Quality of Service) dan dapat dikonfigurasi sendiri karena merupakan software yang berbasis web interface sehingga dapat memantau berbagai QoS yang memungkinkan identifikasi kesalahan dan kemerosotan kualitas VoIP

dengan cepat. Web user interface untuk remote akses dapat menggunakan javascript-enabled web browser standar seperti Microsoft Internet Explorer (6.0 +), Mozilla FireFox (1.5 +). VQManager juga menyediakan grafik lalu lintas VoIP selama jangka waktu yang berbeda-beda dengan menunjukkan tren penggunaan bandwidth dan pola lalu lintas VoIP.

PRTG (*Paessler Router Traffic Grapher*) merupakan cara memonitor trafik pada jaringan dengan menggunakan Windows sama seperti fungsi dari memory dan CPU yaitu sebagai sistem administrator yang menyediakan visualisasi secara langsung dan periodic dari *leased lines*, *routers*, *firewalls*, *server* dan perangkat jaringan lainnya. Kegunaan yang paling umum adalah dalam memonitor bandwidth dari *leased lines*, *router* dan *firewalls* melalui SNMP, *packet sniffing* atau *netflow*. Akan tetapi juga bisa digunakan untuk memonitor server, pengaturan switch, printer, dan komponen jaringan lainnya dalam keadaan SNMP bekerja.

PRTG dapat diatur untuk bekerja pada Windows selama 24 jam setiap harinya dan secara konstan mencatat semua parameter jaringan. Data yang tercatat disimpan dalam database internal untuk dilihat kemudian. Data statistic yang telah tercatat dapat dilihat pada Windows GUI dari PRTG. Juga keseluruhan konfigurasi dari setiap sensor dapat dikerjakan dengan menggunakan Windows GUI. Untuk memonitor hasilnya., PRTG menggunakan web server untuk mempermudah menggambar grafik dan tabel dengan menggunakan Web browser. Untuk mengakuisisi data, secara umum ada tiga metode untuk memonitor bandwidth yaitu :

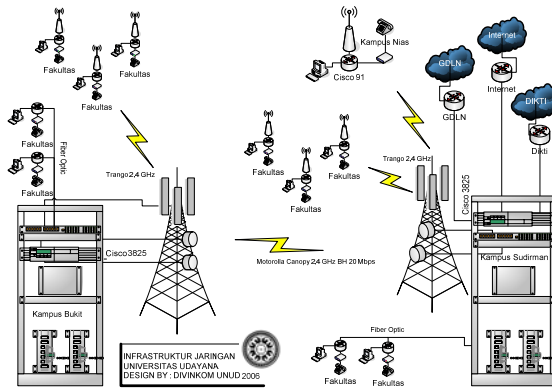
1. Dengan menggunakan SNMP (*Simple Network Management Protocol*) untuk mengakses counter trafik atau peralatan SNMP lainnya.
2. Membaca masuk atau keluarnya sistem jaringan yang melewati Ethernet card pada komputer yang dikenal dengan *packet sniffing*.
3. Menganalisa cisco *netflow* oleh cisco routers.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

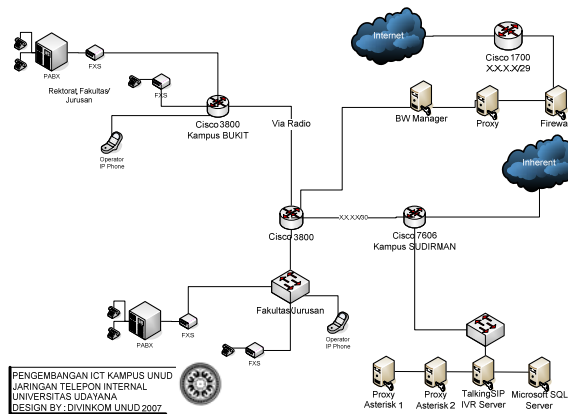
Penelitian dan analisis mengenai Pengembangan infrastruktur telefoni berbasis *VoIP* dengan memanfaatkan jaringan kampus, dalam upaya efisiensi biaya telekomunikasi di Universitas Udayana, dilakukan di wilayah kampus Universitas Udayana dengan memusatkan tempat penelitian dan penempatan server di Gedung GDLN.

Konfigurasi jaringan intranet UNUD ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar3. Intranet kampus univesitas udayana

Skenario rancangan konfigurasi jaringan VoIP UNUD ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Skenario jaringan VoIP unud

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan infrastruktur teleponi berbasis VoIP dengan memanfaatkan jaringan kampus Universitas Udayana, diawali dengan melakukan survey kebutuhan teleponi di semua fakultas, pasca sarjana dan kantor di lingkungan kampus Universitas Udayana yang meliputi ketiga lokasi kampus. Hasil survey dilanjutkan dengan melakukan *mapping* penomoran telepon meliputi kebutuhan prefix untuk masing-masing lokasi kampus dimana. Untuk memudahkan dalam manajemen dan maintenance nantinya ditentukan Kampus Bukit menggunakan prefix 1, kampus Sudirman menggunakan prefix 2 dan kampus Nias menggunakan prefix 3. Sedangkan untuk melayani kebutuhan teleponi bagi dosen, pegawai dan mahasiswa menggunakan prefix 5 dan 6. Dari hasil mapping ditentukan kebutuhan perangkat meliputi server, converter, maupun pesawat telepon yang ditempatkan di masing-masing lokasi.

Penelitian ini menggunakan dua buah server yang semuanya dengan software open source *Linux Fedora Core 11* dengan aplikasi teleponi. Salh satu server menggunakan asterisk ditujukan untuk melayani teleponi yang bersifat tetap, sedangkan untuk layanan teleponi mobile menggunakan ondo sip server.

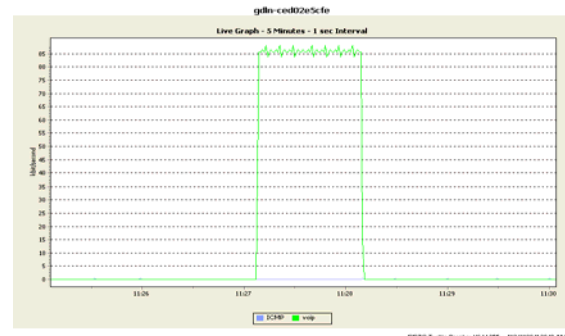
Tahap implementasi dimulai dengan instalasi server, pengujian server dan pemasangan perangkat di masing-masing lokasi. Pengujian fasilitas-fasilitas server meliputi pemanggilan telepon *end to end, conference, voice message, ring group*, dll.

Pengujian juga dilakukan terhadap masing-masing *voice codec* yang tersedia dan diusahakan menggunakan *voice codec* yang tidak berbayar. Untuk lokasi-lokasi yang sudah mempergunakan PABX akan di-*interface*-kan antara PABX dengan perangkat VoIP sehingga telepon yang dilayani dapat lebih banyak sesuai dengan kapasitas PABX yang terpasang.

Setelah proses implementasi dilanjutkan dengan melakukan sosialisasi staff meliputi cara instalasi, penggunaan dan troubleshooting. Sosialisasi ke pimpinan juga dilakukan melalui rapat pimpinan. Beberapa kendala dalam implementasi voip di UNUD, diantaranya keterbatasan digit numbering jika menggunakan asterisk gui, masalah power listrik yang sering dimatikan di masing-masing lokasi, dan perlunya waktu untuk merubah kebiasaan pelaku yang sudah terbiasa menggunakan Handphone maupun telepon PSTN untuk melakukan komunikasi.

4.1 Hasil pengujian dengan di server Asterisk

Hasil capture bandwidth VoIP menggunakan PRTG dan software VQ_manager untuk mengamati kualitas layanan VoIP seperti delay, loss dan MOS. Hasil pengujian terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil capture PRTG dengan codec G.711 ulaw

Gambar di atas adalah hasil capture bandwidth traffic percakapan yang diukur dengan menggunakan software PRTG (*Paessler Router Traffic Grapher*). Percakapan dilakukan selama ± 1 menit dan codec yang digunakan adalah G.711 ulaw pada server Asterisk yaitu percakapan antar client pada server Asterisk. Dari data hasil capturing, terlihat bahwa

transfer ratenya adalah sebesar 85 kbps. Nilai tersebut merupakan nilai akumulasi dari data suara yaitu sebesar 64 kbps ditambah header-header lainnya pada proses pengiriman data.

Selain menggunakan software PRTG, pengujian codec juga dilakukan dengan menggunakan VQManager dimana terdapat beberapa parameter QoS (*Quality of Service*) yang ditampilkan. Hasil pengujian codec G.711 ulaw menggunakan VQmanager dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. hasil capture QOS VQmanager dengan codec G.711 ulaw

Beberapa parameter QoS yang dapat dilihat pada pengujian ini antara lain :

1. Delay

Delay adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data dari terminal sumber sampai terminal tujuan. Kualitas suara akan sangat tergantung dari waktu delay. ITU merekomendasikan untuk aplikasi suara, delay maksimum adalah 150 ms, sedangkan delay maksimum dengan kualitas suara yang masih dapat diterima oleh pengguna adalah 250 ms. Dari pengujian ini delay yang dihasilkan sangatlah kecil yaitu 1 ms, yang menandakan bahwa kualitas suara pada VoIP sangat baik menggunakan codec G.711 ulaw antar client server Asterisk.

2. Loss packet

Loss packet timbul ketika terjadi peak load dan congestion dalam batas waktu tertentu, maka frame (gabungan data payload dan header yang di transmisikan) suara akan dibuang sebagaimana perlakuan terhadap frame data lainnya pada jaringan berbasis IP. Salah satu alternatif solusi permasalahan di atas adalah membangun link antar node pada jaringan. Pada pengujian ini, codec G.711 ulaw tidak terdapat loss packet sama sekali.

3. MOS (Mean Opinion Score)

MOS (*Mean Opinion Score*) merupakan opini pendengar di sisi penerima. Nilai yang diberikan mulai dari 1 sampai 5. Nilai MOS dihasilkan dengan cara merata-ratakan hasil penilaian sejumlah pendengar terhadap audio yang dihasilkan oleh Teknik *voice coding*. Setiap pendengar diminta untuk menilai kualitas suara menggunakan skema rating sebagai berikut: 1 = bad (Very annoying), 2 = Poor

(Annoying), 3 = Fair (Slightly annoying), 4 = Good (Perceptible but not annoying), 5 = Excellent (Imperceptible). Untuk nilai MOS nya didapat sebesar 4.4. Artinya pada saat proses komunikasi berlangsung terdapat gangguan kecil namun tidak sampai mengganggu user.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Pengujian Codec pada Server Asterisk

No	Codec	Transfer Rate (kbps)	Delay (ms)	Loss Packet	MOS
1	G.711 ulaw	85	1	0	4.4
2	G.711 alaw	85	1	0	4.4
3	G.726-16	-	-	-	-
4	G.726-24	-	-	-	-
5	G.726-32	54	0	0	4.2
6	G.726-40	-	-	-	-
7	G.729a	30	0	0	4.1
8	G.723	-	-	-	-

Tabel 4 menunjukkan bahwa, kualitas dan jenis codec apa saja yang dapat dipakai untuk VoIP dengan client asterisk. Nilai delay masih tergolong baik jika digunakan untuk berkomunikasi karena batas maksimum delay yang diijinkan yaitu 150 ms, besar packet loss selalu bernilai nol dikarenakan pada pengujian ini hanya digunakan dua line telepon sehingga traffik yang harus dilayani tidak terlalu padat. Dan nilai MOS juga bervariasi yaitu diatas 4, nilai 4 dalam penilaian MOS berarti gangguan yang terjadi saat komunikasi berlangsung terasa tapi tidak mengganggu proses komunikasi. Besarnya nilai delay, jitter, dan packet loss pada masing-masing jenis codec menunjukkan kualitas dari codec itu sendiri.

Dalam penelitian ini selanjutnya pengujian dilakukan untuk codec G.711 ulaw dan G.711 alaw. Mengingat, kedua codec tersebut compatible untuk aplikasi faximile, auto attendance dan voicemail.

4.2 Hasil pengujian pada server Ondo

Pengujian dengan beberapa codec juga dilakukan antar client pada server Ondo juga dilakukan. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Pengujian Codec pada Server ONDO

No.	Codec	Transfer Rate (kbps)	Delay (ms)	Loss Packet	MOS
1	G.711 ulaw	85	7	0	4.4
2	G.711 alaw	85	7	0	4.4

4.3 Hasil pengujian panggilan dari server Asterisk ke server Ondo

Pengujian dengan beberapa codec untuk panggilan dari server Asterisk ke server Ondo juga

dilakukan. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian panggilan dari server Asterisk ke server Ondo

No.	Codec	Transfer Rate (kbps)	Delay (ms)	Loss Packet	MOS
1	G.711ulaw	85	1	0	4.4
2	G.711 alaw	85	1	0	4.4

Terlihat dua codec G.711 ulaw dan G.711 alaw memeberikan performance yang sama, baik untuk komunikasi internal sever ondo maupun untuk panggilan dari server Asterik ke server Ondo. Dari data hasil capturing, terlihat bahwa transfer ratenya adalah sebesar 85 kbps. Nilai tersebut merupakan nilai akumulasi dari data suara yaitu sebesar 64 kbps ditambah header-header lainnya pada proses pengiriman data. Delay yang dihasilkan sebesar 1 ms. Nilai ini jauh lebih kecil dari maksimum delay yang diijinkan yaitu 150 ms. Packet loss terlihat tidak ada, hal ini kemungkinan karena trafik yang dilewatkan saat pengujian sangat kecil.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Melalui penelitian yang dilakukan diperoleh hasil Universitas Udayana telah memiliki infrastruktur telefoni menggunakan teknologi VoIP memanfaatkan dua buah server SIP (session initial protocol) yaitu server asterisk dan server ondo. Kedua server menggunakan *operating system open source* menggunakan Linux Fedora Core 11
- Infrastruktur yang dikembangkan telah menghubungkan semua fakultas, Pasca Sarjana, dan Kantor dilingkungan Universitas Udayana, baik yang terletak di Kampus Bukit, Kampus Sudirman, dan Kampus Nias menggunakan perangkat FXS (*Foreign Exchange Subscriber*) dan pesawat telepon analog. Sehingga tidak merubah perilaku pengguna seperti saat mereka menggunakan telepon PSTN.
- Civitas, yaitu Dosen, Pegawai, dan Mahasiswa dapat memanfaatkan fasilitas ini secara private dengan mendaftarkan Nomer Induk Pegawai (NIP) atau Nomer Induk Mahasiswa (NIM) sebagai nomer panggil.
- Fasilitas tambahan yang dimiliki infrastruktur ini antara lain : conference yang dapat dimanfaatkan untuk rapat menggunakan voice conference. Voice mail dapat dipergunakan sebagai mail box saat tidak ada di tempat.
- Dari pengujian codec yang dipergunakan diperoleh hasil codec G711 memiliki kualitas terbaik dilihat dari Nilai MOS nya, walaupun kompensasi bit rate yang dibutuhkan lebih tinggi. Disamping itu codec jenis ini juga kompatibel jika nantinya dipasang

ke Mesin Fax. Kerena diaplikasikan hanya pada intranet kampus maka pemilihan codec untuk implementasi VOIP di Universitas Udayana memanfaatkan codec G711.

- Interface VOIP yang terpasang di Universitas Udayana menggunakan beberapa cara, yaitu : menggunakan pesawat telepon analog (seperti perilaku menggunakan PSTN), interface dengan PABX, dan menggunakan Softphone.

5.2 Saran

- Infrastruktur voip Universitas Udayana memanfaatkan infrastruktur jaringan yang telah ada. Namun kendalanya di beberapa lokasi seperti satpam belum tersedia jaringan data. Untuk itu diperlukan perluasan jaringan kampus Universitas Udayana untuk pemeratakan layanan.
- Implementasi baru terbatas di level Fakultas, dan baru dicobakan di satu jurusan yaitu di teknik elektro. Hal ini disebabkan keterbatasan dana untuk pengadaan FXS jika ingin dikembangkan di masing-masing jurusan. Untuk itu perlu pengembangan penelitian ini sehingga semua jurusan dapat terlayani.
- Walaupun peneliti berusaha agar perilaku pemakai telepon tidak berubah terutama yang terdapat di masing-masing fakultas, namun perlu waktu untuk membiasakan pemanfaatan teknologi ini.
- Penurunan biaya penggunaan telepon berbayar akibat teknologi yang diterapkan belum dapat terlihat karena implementasi yang baru dapat dilakukan dan perlunya waktu untuk merubah budaya pengguna yang telah biasa menggunakan PSTN.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Blanchard, E. 2001. **Introduction to Networking and Data Communication : IEEE 802.3 Protocol.** Diambil dari www.thelinuxreview.com
2. Davidson, J. Peters, J. 2000. **Voice Over IP Fundamentals.** Indianapolis : Cisco Press
3. Iskandarsyah, HM. 2003. **Dasar-dasar Jaringan VoIP.** Diambil dari <http://ikc.kawanua.net.id/beseri/iskandar-voip>
4. Minoli, D. Minoli, E, 1998. **Delivering Voice Over IP Network.** New York : John Wiley & Sons, Inc
5. Purbo, Onno W. 2004. **Bandwidth Requirement For Internet Telephony.** Diambil dari <http://sandbox.bellanet.org/~onno/>
6. Purbo, Onno W. 2004. **Panduan Singkat Untuk Pembangunan VoIP Perjuangan.** Diambil dari <http://www.prasetyo.net/voip/guidel1.htm>
7. Sudiarta, Pande Ketut 2007, **Unjuk Kerja voice conference pada jaringan VoIP menggunakan protocol SIP.** Universitas Udayana

8. Sudiarta, Pande Ketut. 2007. **Pengaruh VPN terhadap keamanan dan kualitas voip**, Transmisi Jilid 9.
9. Supardi, I Wayan. 2005. **Unjuk Kerja Internet Telephony Gateway (ITG) Pada Jaringan VoIP**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana
10. Tanemnaum, A,S. 2000. **Jaringan Komputer Edisi Bahasa Indonesia**. Jakarta : Prenhallindo
11. Telkom, 2000. **Tutorial VoIP**. Bandung : PT. Telkom Indonesia
12. Tharom, Tabratas. 2002. **Teknis dan Bisnis VoIP**. Jakarta : PT. Elex Media Komputindo
13. Tharom, Tabratas. Onno W. Purbo. 2001. **Teknologi VoIP (Voice Over Internet Protocol)**. Jakarta : PT. Elex Media Komputindo.