

EVALUASI PERFORMANSI LAYANAN *VOIP OVER WLAN* PADA JARINGAN *VOIP ON CAMPUS (VoC)*

Iman Hedi Santoso¹⁾, Rendy Munadi²⁾, Geo Unggul Putra³⁾

^{1), 2), 3)} Teknik Telekomunikasi UNIVERSITAS TELKOM Bandung
Jl Telekomunikasi Terusan Buah Batu, Bandung 40257

Email : imanhedis@telkomuniversity.ac.id¹⁾, rendymunadi@telkomuniversity.ac.id²⁾, mgeoup@gmail.com³⁾

Abstrak

VoIP on Campus (VoC) ini adalah sebuah aplikasi teknologi VoIP yang dapat dimanfaatkan oleh para mahasiswa, dosen, maupun warga kampus. VoIP on Campus ini memanfaatkan web server untuk memudahkan user melakukan registrasi VoIP, mengubah akun VoIP, dan juga melihat user lain yang aktif dan yang telah terdaftar di VoC.

Pembangunan infrastruktur VoC pada dasarnya menggunakan asterisk sebagai server VoIP [8], kemudian server tersebut diinterkoneksi dengan PBX, ENUM server, dan softphone baik pada komputer maupun smartphone. Perluasan area pelayanan VoC ini dapat dilakukan dengan membuat link antar gedung ditambahkan beberapa Acces Point (AP) dalam Jaringan WLAN yang dapat mengcover jangkauan keberadaan pelanggan di wilayah tersebut.

Instalasi dan konfigurasi infrastruktur jaringan VoC baik hardware maupun software telah berhasil dilakukan, ditunjukkan dengan data QoS yang memenuhi persyaratan. Data penelitian menunjukkan, rata-rata throughput sebesar 133 kbps, delay 20 ms, jitter 6,1 ms, dan packet loss 0,2 %. Hal ini menunjukkan jaringan VoIP Campus yang telah dibangun dapat digunakan untuk komunikasi VoIP secara nirkabel dengan kualitas yang cukup baik.

Kata kunci: *VoIP, Jaringan, VoIP Campus, VoWLAN.*

1. Pendahuluan

VoIP (*Voice over IP*) on Campus adalah salah satu layanan berbasis IP yang digunakan untuk layanan suara dan berada pada jaringan lingkungan kampus. Untuk membangun layanan VoIP on Campus, diperlukan infrastruktur VoIP server, yang dalam penelitian ini digunakan software opensource asterisk dalam implementasinya [8]. Selanjutnya server VoIP tersebut diinterkoneksi dengan PBX, ENUM server, web interface untuk registrasi user dan pemanfaatan software softphone pada smartphone agar user dapat menggunakan layanan ini dengan mudah. Biaya komunikasi menjadi lebih murah dibandingkan jaringan konvensional yang menggunakan jaringan TDM.

VoIP yang telah dikenal oleh mahasiswa pada umumnya belum diaplikasikan dalam komunikasi yang sesungguhnya disebabkan oleh kesulitan dalam mengoperasikan maupun *interface* yang kurang fleksibel atau kurang *user friendly*. Pembangunan VoIP di kampus ini dalam aplikasinya akan dipakai untuk komunikasi sehari-hari, baik antar PC, handphone, maupun telepon. Sehingga seluruh warga kampus dapat menikmati layanan yang tidak berbayar selama infrastruktur jaringan kampus tersedia secara maksimal dengan kualitas yang memenuhi standard-ITU.

Penelitian ini dapat digunakan untuk beberapa tujuan-tujuan lain sebagai berikut:

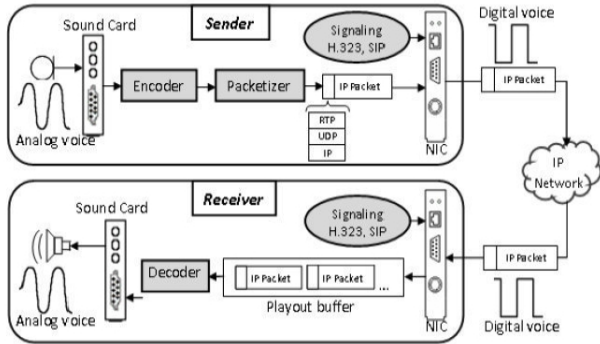
1. Menjadi dasar untuk implementasi yang lebih jauh yaitu jaringan VoIP pada skala yang lebih luas, sebagai layanan komunikasi sehari-hari yang murah, baik untuk internal maupun eksternal kampus.
2. Sebagai bagian dari realisasi komunikasi jaringan masa depan (next generation network) di Indonesia yang berbasis IP.
3. Sebagai perluasan jaringan VoIP di Indonesia jika dihubungkan pada jaringan VoIP existing di Indonesia, VoIP Rakyat misalnya [5].

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah membangun jaringan VoIP di kampus dengan menghubungkan VoIP server pada jaringan wireless LAN, menggunakan softphone pada sisi client untuk keperluan aksesnya. Softphone yang dipakai tersebut dapat diinstall pada komputer desktop, laptop, maupun smartphone. Sehingga semua warga kampus dalam area lingkungan universitas dapat menggunakan fasilitas VoIP untuk komunikasi sehari-hari maupun untuk komunikasi ke internal kampusnya.

Voice over IP [1][6]

VoIP (*Voice over IP*) merupakan sebuah teknologi teleponi yang dilewatkan di atas jaringan IP, sehingga biaya komunikasi menjadi lebih murah dibandingkan jaringan konvensional yang menggunakan jaringan TDM. Pembuatan infrastrukturnya pun terbilang lebih murah, bahkan dari sisi software dapat dikatakan tanpa biaya jika digunakan software open source.

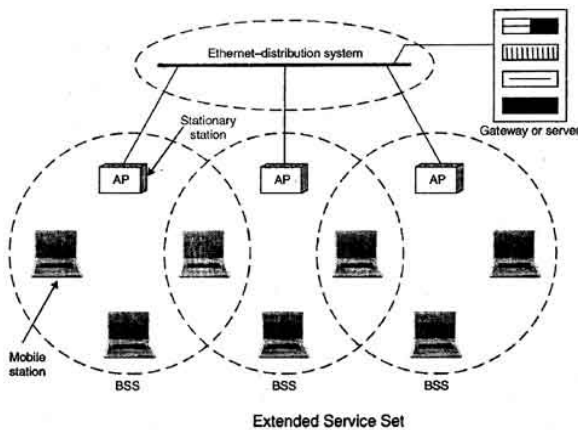
Pada gambar.1 diperlihatkan bagaimana jalur sinyal *voice analog* (suara pembicaraan) dari sender/pemanggil ke penerima/ yang dipanggil, menggunakan standard pensinyalan baik H.323 maupun SIP.



Gambar 1. Sistem VoIP dan Komponennya [9]

Wireless Local Area Network (WLAN)

Wireless LAN adalah hubungan dua atau lebih perangkat menggunakan metode pendistribusian data tanpa menggunakan kabel. WLAN berdasarkan standar IEEE 802.11, yang biasa disebut WiFi. IEEE 802.11 adalah sebuah spesifikasi untuk *physical layer* dan *MAC layer*, layer tersebut merujuk pada layer 1 dan 2 pada OSI model. Perangkat-perangkat pada 802.11 biasanya beroperasi pada spektrum frekuensi 2,4 GHz. WLAN dengan spektrum frekuensi 2,4 GHz memiliki range kanal sebanyak 14 kanal selebar 22 MHz [7].



Gambar 2. Arsitektur WLAN

Voice over WLAN (VoWLAN)

Voice melalui jaringan wireless local area network adalah proses VoIP yang berjalan melewati data link dan physical layer IEEE 802.11, seperti terlihat pada gambar 3 di bawah. Pada komunikasi VoIP, pemilihan CODEC sangat mempengaruhi kualitas komunikasi. CODEC dengan rate yang tertinggi menghasilkan kualitas komunikasi yang tertinggi, dan sebaliknya. Hal ini

berbanding terbalik dengan kebutuhan bandwidthnya, CODEC dengan rate yang tinggi membutuhkan bandwidth yang lebih besar dibandingkan dengan rate yang dibawahnya. Pengelola jaringan dapat memilih CODEC dengan mengoptimalkan antara kebutuhan bandwidth dengan kualitas komunikasi.

Application Layer	Voice CODEC			
	RTP	RTCP	SIP	H.323
Transport Layer	UDP			
Network Layer	IP			
Data-link Layer	IEEE 802.11 MAC			
Physical Layer	IEEE 802.11 PHY			

Gambar 3. Arsitektur protocol VoIP over WLAN (VoWLAN)[9]

Berikut ini adalah jenis-jenis CODEC yang digunakan dalam komunikasi suara dalam format digital:

Compression Method	Bit Rate (kbps)	Payload size (Byte)	Processing Power (MIPS)	Frame Size (ms)	MOS Score
G.711 PCM	64	160	0.34	0.125	4.10
G.726 ADPCM	32/24	60	14	0.125	3.85
G.728 LD-CELP	16	40	33	0.625	3.61
G.729 CS-ACELP	8	20	20	10	3.92
G.729a CS-ACELP	8	20	10.5	10	3.70
G.723.1 MPMLQ	6.3	24	16	30	3.90
G.723.1 A-CELP	5.3	20	16	30	3.65

Gambar 4. Beberapa CODEC pada Komunikasi VoIP [13]

Pada penelitian ini CODEC yang digunakan mempunyai kecepatan maksimum 67 kbps untuk satu arah transmisi, dengan jenis CODEC bersifat adaptif, mulai dari CODEC yang paling rendah (G.723.1) sampai dengan yang paling tinggi (G.711). Pemilihan CODEC adaptif sangat cocok untuk mode transmisi wireless yang kondisi kanalnya sangat dinamis.

Perhitungan Bandwidth VoIP [4] [12]

Pada bagian ini akan dijelaskan penghitungan kebutuhan bandwidth dalam pengiriman informasi data VoIP pada layer fisik wireless LAN. Berikut adalah salah satu contoh perhitungan untuk CODEC yang paling tinggi, CODEC G.711 PCM:

- a. Ukuran Header, terdiri dari:
 - Header Wifi: 34 byte
 - Header IP: 20 byte

Header UDP: 8 byte
 Header RTP: 12 byte
 Dengan demikian total header = 34+20+8+12 = 74 byte

- b. Besar payload: 160 byte
 c. Besar paket = header + payload = 74 + 160 = 234 byte = 1.872 bit.
 d. Kecepatan pengiriman paket-paket VoIP
- $$= \frac{64 \text{ kbps}}{(160 \times 8) \frac{\text{bit}}{\text{paket}}} = 50 \frac{\text{paket}}{\text{detik}}$$

- e. Kecepatan pengiriman data pada layer fisik =
- $$1872 \frac{\text{bit}}{\text{paket}} \times 50 \frac{\text{paket}}{\text{bit}} = 93,6 \text{ kbps}$$

Kecepatan 93,6 kbps tersebut untuk pengiriman satu arah, jika pengiriman 2 arah seperti biasanya komunikasi suara, maka kecepatan pengiriman data pada layer fisik = 187,2 kbps.

Dengan cara perhitungan yang sama, untuk CODEC yang paling rendah kecepatannya, G.723.1 A-CELP, maka kecepatan pengiriman data satu arah sebesar 24,8 kbps, atau jika 2 arah sebesar 49,6 kbps.

Perhitungan Link Budget pada WLAN [10]

Daya yang tersedia dalam sebuah sistem 802.11, dapat dikarakterisasi oleh faktor berikut:

1. **Daya pancar.** Dinyatakan dalam milliwatts atau di dBm. Daya pemancar berkisar 30mW sampai 200mW atau lebih. Daya pancar maksimum yang legal di Indonesia adalah 100mW. Daya TX seringkali tergantung pada kecepatan transmisi.
2. **Penguatan Antena.** Antena adalah perangkat pasif yang dapat membuat efek amplifikasi berdasarkan bentuk fisik mereka. Antena memiliki karakteristik yang sama ketika menerima dan transmisi.
3. **Minimal Received Signal Level (RSL),** merupakan ukuran sensitivitas dari penerima. Minimum RSL selalu dinyatakan sebagai dBm negatif (- dBm) dan nilai ini menyatakan kekuatan sinyal radio yang masih dapat dideteksi konten informasinya. Minimum RSL biasanya dalam kisaran antara -75 ke -95 dBm. Seperti daya TX, spesifikasi RSL harus disediakan oleh pabrik pembuat peralatan.
4. **Kerugian kabel.** Beberapa energi sinyal akan hilang di kabel, di konektor atau pada perangkat lain, pada saat sinyal merambat dari radio ke antena. Hilangnya tergantung pada jenis kabel dan panjangnya.

Ketika menghitung path loss, beberapa efek harus dipertimbangkan. Kita harus mempertimbangkan **kerugian di udara / ruang (free space loss), redaman** dan **penyebaran**. Daya sinyal akan berkurang oleh

penyebaran geometris dari muka gelombang, umumnya dikenal sebagai free space loss.

Menggunakan satuan desibel untuk menyatakan besar kehilangan daya dan menggunakan 2,45 GHz sebagai frekuensi sinyal, maka persamaan untuk free space loss adalah:

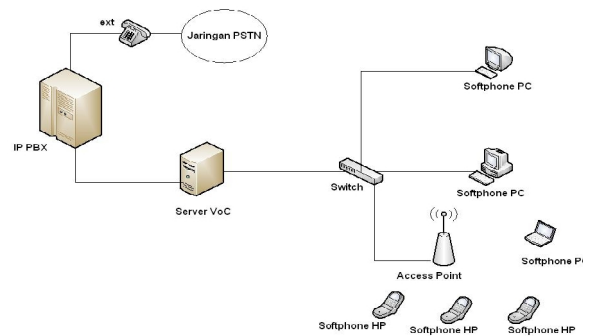
$$L_{fsl} = 40 + 20 * \log (r) \dots (1)$$

L_{fsl} dinyatakan dalam dB dan r adalah jarak antara pemancar dan penerima, dalam meter.

2. Pembahasan

Konfigurasi Jaringan VoC (VoIP on Campus) pada dasarnya merupakan jaringan Akses Kampus sebelum menuju jaringan Publik PSTN/PLMN. Oleh karena itu perangkat yang ada pada jaringan meliputi : VoC Server, IP PBX dan Switch 16 port (yang dapat terkoneksi dengan softphone dan akses point) seperti terlihat pada Gambar 5 dibawah. Pada VoC Server telah ter-install sistem operasi linux yaitu Ubuntu yang di lengkapi dengan Asterisk sebagai VoIP dan media akses user dapat melalui jaringan LAN atau jaringan WLAN.

Untuk terkoneksi dengan PSTN, maka VoC Server harus dapat diintegrasikan dengan IP PBX, sehingga user dapat berkomunikasi baik antara telepon analog maupun telepon IP. Dengan menggunakan softphone yang telah diinstall di masing-masing smartphone, maka user dapat menggunakan layanan VoC secara mobile selama berada di area jangkauan akses point.

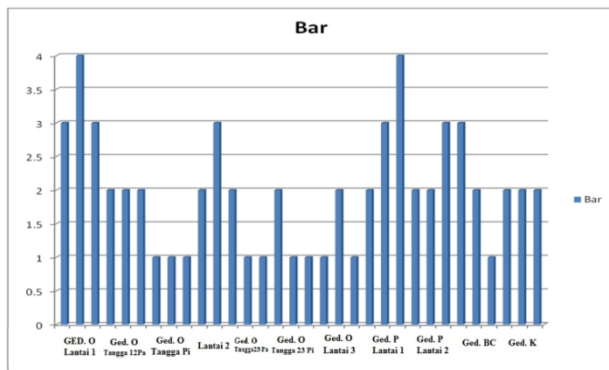


Gambar 5. Topologi Jaringan VoIP on Campus (VoC)

Data Survey di Jaringan Kampus

Berikut ini adalah deskripsi mengenai data kekuatan sinyal akses point yang diukur pada beberapa tempat di sekitar kampus Telkom University. Beberapa tempat yang menjadi fokus pengukuran sinyal WLAN adalah titik-titik tempat berkumpulnya civitas academica Universitas Telkom.

Adapun hasil pengukuran sinyal terlihat dalam gambar berikut ini:



Gambar 6. Besar Level Sinyal WiFi

Level BAR menunjukkan berapa banyak jumlah BAR yang terlihat pada receiver WLAN. Semakin banyak jumlah BAR menunjukkan sinyal WiFi yang diterima semakin kuat. Hasil pengukuran menunjukkan bar tertinggi (bar 4) ada dikisaran daya -54 dBm dan level sinyal WLAN minimum (bar 1) berada pada level daya -88 dBm. Pada level bar 1 ini kekuatan sinyal minimum komunikasi VoIP masih dapat berlangsung.

Pengukuran sinyal dilaksanakan pada jarak mulai dari 10 m sampai dengan 30 meter dari tempat akses point. Berdasarkan persamaan (1), pada kondisi free space, didapat besar loss untuk 10 meter sebesar 60 dBm dan pada jarak 30 meter sebesar 70 dBm. Pada kondisi free space, level daya yang diterima receiver ditentukan dengan persamaan berikut:

$$P_r = P_t - L_{fs} = P_t - (40 + 20 * \log (r)) \quad (2)$$

Berdasarkan spesifikasi teknik, diketahui daya yang dipancarkan akses point sebesar 20 dBm. Dengan demikian, level daya sinyal yang diterima pada jarak 10 m dan 30 m tidak akan lebih dari -40 dBm dan -49,5 dBm. Hasil ini sesuai dengan data yang didapat bahwa level sinyal yang diterima tidak lebih dari -40 dBm, yaitu sebesar -54 dBm. Tentunya hal ini mudah dipahami, karena pada kondisi sebenarnya, lingkungan disekitar akses point bukanlah free space, melainkan lingkungan yang terhalang oleh gedung-gedung, sehingga memberikan efek loss terhadap sinyal WiFi yang lebih besar.

Data QoS Jaringan VoIP Campus [2]

Jaringan komunikasi komputer pada awalnya dibuat semata untuk transmisi data, seperti: email, transfer file, telnet, dan lain-lain. Transmisi data seperti ini membutuhkan komunikasi data yang handal (bebas error), delay tolerant, dan non-realtime. Lain halnya dengan komunikasi VoIP yang bersifat error tolerant dan realtime. Pada komunikasi VoIP, parameter-parameter seperti: throughput, delay, jitter, dan paket loss, menjadi batasan yang harus diperhatikan.

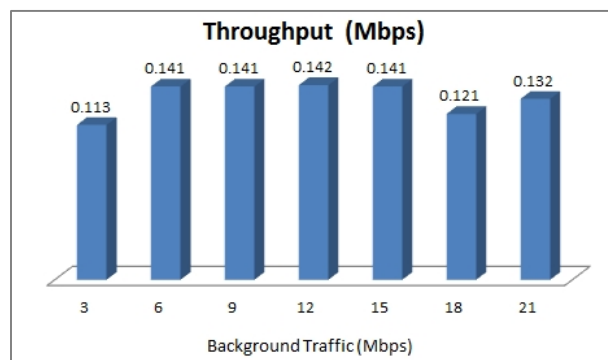
Standar internasional menyatakan bahwa delay maksimum untuk VoIP adalah 150 ms, jitter 100 ms, dan packet loss 1-2% (bergantung pada CODEC yang digunakan) [11][12]. Besaran parameter inilah yang akan

menentukan kualitas layanan VoIP. Selain dari kecepatan sumber, kualitas VoIP pun ditentukan oleh kondisi jaringan. Oleh karena itu, untuk menjaga QoS pada komunikasi VoIP semua aspek, mulai dari pemilihan CODEC, kekuatan sinyal transmisi, dan kehandalan node-node pada jaringan menjadi hal yang harus diperhatikan [3].

Throughput

Throughput merupakan rasio antara jumlah paket yang diterima dengan waktu pengamatan, dengan satuan yang digunakan adalah bit per second (bps). Tujuan pengukuran throughput adalah untuk mengukur kehandalan jaringan dalam fungsinya mengantarkan paket dari sumber paket ke tujuan. Hasil pengukuran throughput dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 7.

Pada gambar tersebut dapat dilihat besar throughput pada sistem VoIP yang dibangun rata-rata sebesar 0,133 Mbps atau 133 kbps. Hal ini sesuai dengan perhitungan bandwidth seperti yang sudah dipaparkan sub-bab perhitungan bandwidth VoIP diatas, yang mana CODEC yang digunakan dalam penelitian ini bersifat adaptif.



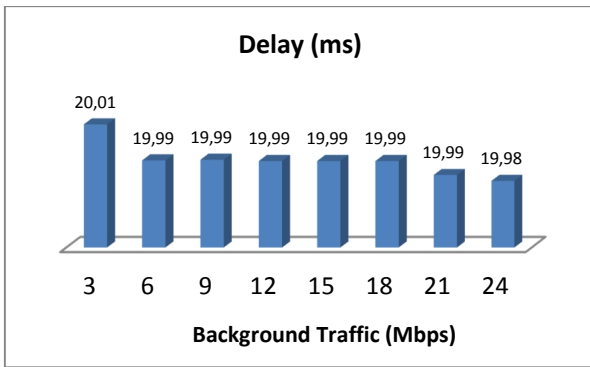
Gambar 7. Data Throughput Jaringan VoIP Campus

Delay

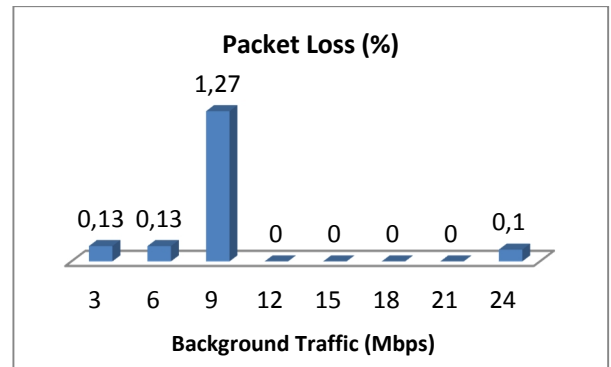
Delay merupakan waktu yang dibutuhkan oleh paket mulai dari paket tersebut dikirim sampai paket tersebut diterima. Delay yang dialami setiap paket terdiri dari 4 jenis: delay processing (d_{proc}), terjadi di router untuk proses membaca data, delay antrian (d_q), terjadi pada buffer router, delay transmisi (d_t), terjadi pada output router, dan delay propagasi (d_{prop}), terjadi saat data dikirimkan pada media transmisi.

Sumbangan terbesar delay adalah pada d_{proc} , d_q , dan d_t , yaitu delay-delay yang terjadi pada perangkat.

Data pada gambar 8 memperlihatkan besaran delay sekitar 20 ms, apabila dibandingkan dengan standar internasional, yaitu sebesar 150 ms, delay tersebut terhitung masih rendah. Dengan demikian, dapat disimpulkan jaringan VoIP Campus berjalan dengan baik sehingga delay yang dihasilkan masih jauh dibawah maksimal.



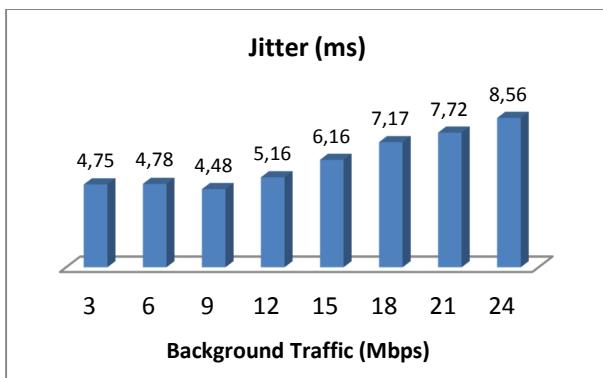
Gambar 8. Data Delay Jaringan VoIP Campus



Gambar 10. Data Packet Loss Jaringan VoIP Campus

Jitter

Jitter merupakan besaran yang menyatakan variasi delay, pada komunikasi VoIP delay yang dialami paket-paket tidak boleh melebihi maksimum (100 ms), jika jitter melebihi maksimum maka kualitas suara yang dihasilkan akan menurun. Jitter berasal dari kondisi pada setiap elemen jaringan yang dinamis, mulai dari besar buffer, variasi kecepatan transmisi di router dan media transmisi, atau kecepatan router memproses data.



Gambar 9. Data Jitter Jaringan VoIP Campus

Data penelitian menunjukkan besar jitter rata-rata sebesar 6,1 ms, tentunya besaran jitter ini masih jauh dibawah maksimal. Ini menunjukkan jaringan VoIP Campus yang dibangun sudah berjalan dengan baik.

Packet Loss

Packet loss terjadi di jaringan, paling tidak disebabkan oleh 2 hal:

- Trafik data pada router yang sangat padat sehingga buffer pada router penuh terisi.
- Paket terlalu lama berada dalam jaringan, hal ini disebabkan adanya masalah dalam routing. Pada setiap paket ada parameter header TTL (Time to Live) yang membatasi berapa lama sebuah paket dapat dilayani dalam jaringan.

Gambar diatas memperlihatkan besar packet loss adalah sekitar 0,2%, masih memenuhi syarat agar komunikasi VoIP berjalan dengan baik.

3. Kesimpulan

Instalasi dan konfigurasi infrastruktur jaringan VoC baik hardware maupun software telah berhasil dilakukan, ditunjukkan dengan data QoS yang memenuhi persyaratan. Data penelitian menunjukkan, rata-rata throughput sebesar 133 kbps, delay 20 ms, jitter 6,1 ms, dan packet loss 0,2 %. Hal ini menunjukkan jaringan VoIP Campus yang telah dibangun dapat digunakan untuk komunikasi VoIP secara nirkabel dengan kualitas yang cukup baik.

Daftar Pustaka

- [1] Davidson, Jonathan Voice Over IP Fundamentals, Cisco Press, 2000
- [2] Furuya, H.; Nomoto, S.; Yamada, H.; Fukumoto, N.; Sugaya, F., Experimental investigation of the relationship between IP network performances and speech quality of VoIP, 10th International Conference on Telecommunications (ICT 2003), March 2003.
- [3] Kuan-Ta Chen, Chun-Ying Huang, Polly Huang, Chin-Laung Lei, "Quantifying Skype User Satisfaction," ACM SIGCOMM 2006, Pisa, Italy, September 2006.
- [4] www.cisco.com, "Voice Over IP - Per Call Bandwidth Consumption", 2006.
- [5] Purbo, Onno W (2007). VoIP Cikal Bakal "Telkom Rakyat". Jakarta : Gramedia.
- [6] Tharom, Tabratas Onno W Purbo (2001). Teknologi VoIP (Voice over Internet Protocol). Jakarta : Gramedia.
- [7] D. Coleman, D. Westcott, "Certified Wireless Network Administrator (CWNA)", Wiley Publishing.
- [8] <http://www.asterisk.org/>
- [9] Haniyeh K, Sameha A, Kashif N, Abas B.S, Halabi B.H,"Comprehensiv Review on VoIP over Wireless LAN Networks", Computer Science Letter, Vol 2(2)-September 2010.
- [10] Purbo, Onno W, et.all, "Jaringan Wireless di Dunia Berkembang", edisi kedua, Hacker Friendly LLC, <http://hackerfriendly.com/>
- [11] cisco.com, "Quality of Service for Voice over IP - CISCO".
- [12] C. Maas, "Bandwidth used by the different codecs", <http://kb.kerio.com>, 2013.
- [13] R. Munadi, "Teknik Switching", Penerbit Informatika Bandung, 2009.

Biodata Penulis

Iman Hedi Santoso, memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) dari Jurusan Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Bandung, lulus pada tahun 1998. Memperoleh gelar Magister Teknik (MT) dari Program Pasca Sarjana Magister Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Bandung, lulus tahun 2007. Saat ini menjadi Dosen di Telkom University Bandung.

Rendy Munadi, memperoleh gelar sarjana teknik (Ir.) dari Institut Teknologi Bandung, lulus pada tahun 1986. Memperoleh gelar Magister Teknik (MT) dari Program Pasca Sarjana Magister Teknik Institut Teknologi Bandung, lulus tahun 1997. Memperoleh gelar Doktor (Dr.) dalam bidang Jaringan Broadband dari Universitas Indonesia, lulus pada tahun 2005. Saat ini menjadi Dosen di Telkom University Bandung.

Geo Unggul Putra, mahasiswa Telkom University angkatan 2011, pada Program Studi Teknik Telekomunikasi. Saat ini menjadi ketua asisten riset pada Laboratorium Teknik Switching, Telkom University.