Pengembangan Layanan Mobile dan Analisis Quality of Service Pada IP-PBX Berbasis Protokol SIP Di PT. Melvar Lintasnusa

Sa'id Ahmad[1], Eko Budi Setiawan[2]

[1,2]Teknik Informatika – Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipatiukur 112-114 Bandung
E-mail : said.sunroof044@gmail.com[1], mail@ekobudisetiawan.com[2]

ABSTRAK

PT. Melvar Lintasnusa adalah perusahaan yang sudah lama bergerak di bidang *Internet Service Provider*. Perusahaan ini memiliki banyak karyawan dan beberapa diantaranya sering melakukan kunjungan lapangan ke kantor/gedung/rumah/hotel di wilayah Kota Bandung. Atas dasar itu, media komunikasi menjadi sarana yang paling penting untuk menjaga komunikasi antar karyawan di kantor pusat dengan karyawan yang bertugas di lapangan. Media komunikasi yang digunakan oleh PT. Melvar Lintasnusa adalah telepon kabel. Akan tetapi, dalam penerapannya masih sering terjadi gangguan. Oleh karena itu diperlukan media yang mampu mengoptimalkan sistem komunikasi antar karyawan pada PT. Melvar Lintasnusa. Salah satu cara alternatif untuk mengoptimalkan sarana komunikasi dengan mengembangkan sistem IP-PBX. IP-PBX Melsa menggunakan Asterisk sebagai proxy server berbasis protokol SIP. Dalam implementasi dan pengujian, dilakukan analisis layanan QoS (*Quality of Service*) dan MOS (*Mean Opinion Score*). Dengan demikian implementasi *routing priority queue* untuk paket suara menciptakan hasil suara yang baik dan stabil, dibandingkan *default routing* sesuai dengan nilai uji pengukuran berstandar ITU-T.

Kata Kunci: Jaringan komputer, VoIP, IP-PBX, Asterisk, Quality of Service, Mean Opinion Score, Layanan mobile

1. PENDAHULUAN

PT. Melvar Lintasnusa (Melsa) merupakan pemegang lisensi resmi dari pemerintah sebagai penyedia jasa layanan internet pertama di Bandung. Sejak tahun 1995, Melsa terus mengembangkan berbagai macam produk dengan teknologi terdepan dalam memenuhi kebutuhan internet masyarakat kota Bandung yang semakin tinggi. Dengan kombinasi infrastruktur kabel dan nirkabel yang handal, pengembangan produk secara berkala, dukungan Technical Support yang berpengalaman serta pelayanan Helpdesk 24 jam penuh, saat ini Melsa telah melayani lebih dari 500.000 pelanggan dari berbagai kalangan seperti badan pemerintah, perusahaan swasta, perorangan maupun layanan hotspot gratis di area publik di kota Bandung. Selain layanan akses internet, Melsa juga memberikan layanan turunan internet lainnya, seperti hosting, colocation, domain name, jaringan intranet data dan CCTV, internet filter, desain dan pengembangan aplikasi web, yang dapat memberikan solusi lengkap untuk memenuhi kebutuhan internet pengguna.

1.1 Latar Belakang

Saat ini Melsa menggunakan server IP-PBX (*Internet Protocol-Private Branch Exchange*) untuk mengatur jalur komunikasi suara, panggilan masuk-keluar melalui PSTN (Public Switched Telephone Network) dan antar pegawai dalam kantor. Servernya menggunakan sistem operasi linux dengan asterisk dan klien menggunakan Cisco IP Phone 7940 series.
Berawal dari seringnya komunikasi dengan menggunakan telepon seluler dengan pegawai lapangan dan sering terjadi gangguan telepon yang diakibatkan gangguan PSTN di sisi kantor atau provider seluler yang digunakan pegawai lapangan, oleh karena itu dibutuhkan komunikasi alternatif yaitu Voice over Internet Protocol (VoIP) dengan server IP-PBX Melsa melalui smartphone. Sehingga pegawai yang bertugas di lapangan seperti, perkantoran, rumah, hotel atau rumah sakit tidak terpaku hanya mengandalkan provider seluler atau PSTN, melainkan dapat memanfaatkan jaringan internet untuk sarana komunikasi suara.

1.2 Tujuan

Tujuan Penelitian ini adalah untuk merancang sistem komunikasi alternatif antar pegawai melalui server IP-PBX, antara pegawai yang berada di kantor dan lapangan. Untuk pegawai yang berada di lapangan, dapat menggunakan smartphone android dengan aplikasi CsipSimple untuk media komunikasi melalui IP-PBX. Terakhir untuk menganalisis performansi pada suatu sisi di masing-masing jaringan yang telah dibuat, menggunakan *tool network analyzer*.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang permasalahan yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan menjadi beberapa hal sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem yang dapat memenuhi kebutuhan komunikasi dengan pegawai yang berada di lapangan?
2. Bagaimana menjalankan komunikasi antara pegawai, menggunakan teknologi VoIP di *server* IPPBX Melsa melalui *smartphone*?
3. Bagaimana performansi layanan VoIP pada server IP-PBX Melsa menggunakan *network analyzer*?

1.4 Tahapan Penelitian

Berikut ini ialah tahapan dan penjelasannya:

1. Pengumpulan data
   Metode pengumpulan data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
   a. Studi Literatur
      Teknik pengumpulan data dengan cara mengumpulkan dan mempelajari literatur, jurnal, paper maupun bacaan-bacaan yang memiliki kaitan dengan penelitian.
   b. Wawancara
      Dalam tahap ini pengumpulan data dilakukan dengan tanya jawab secara langsung dengan bijak terkait di tempat penelitian.
2. Analisis Sistem Berjalan
   Pada tahapan ini dilakukan analisa sistem berjalan, dikarenakan topik penelitian adalah optimasi dan analisa qualitiy of service maka dilakukan analisa pada sistem informasi berjalan untuk mengetahui proses bisnis yang berjalan.
3. Arsitektur Topologi Jaringan
   Pada tahapan ini dilakukan perancangan arsitektur sistem baru yang akan diterapkan pada layanan VoIP server IP-PBX. Perancangan meliputi proses bisnis sistem yang telah dikembangkan serta gambaran sistem VoIP diterapkan.
4. Implementasi dan Pengujian
   Pada tahapan ini hasil dari rancangan sistem akan diterapkan untuk kemudian dilakukan pengujian apakah sudah dapat memenuhi tujuan dari penelitian.

2. Tinjauan Pustaka

Dengan semakin pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini, khususnya teknologi informasi komputer, maka diiringi pula dengan peningkatan dalam pengolahan data dengan menggunakan komputer. Banyak perusahaan ataupun instansi dan lembaga-lembaga pemerintahan serta swasta yang menggunakan kecanggihan teknologi informasi komputer untuk membuat peningkatan yang signifikan dalam menjalankan roda kegiatan perusahaan yang menuntun kepada perbaikan terhadap penyajian informasi yang dibutuhkan perusahaan secara cepat, akurat, dan tepat guna sehingga diperoleh hasil yang lebih baik. Pada sub bab ini akan membahas mengenai pengertian jaringan, VoIP (*Voice over Internet Protocol*), protokol jaringan, *Quality of Service*, OSI model, IP-PBX, Asterisk, Wireshark, Cisco IP-Phone, Mikrotik routerOS, CsipSimple, dan VQ Manager.

2.1 Pengertian Jaringan Komputer

Beberapa ahli telah melakukan serangkaian penelitan khusus terkait jaringan komputer, serta membuat kesimpulan yang bisa kita gunakan untuk memahami definisi jaringan komputer. Berikut ini diantaranya :

a. Jafar Noor Yudianto (2007)
   Jaringan komputer adalah sebuah sistem yang terdiri atas komputer-komputer yang didesain untuk dapat berbagi sumber daya (printer, CPU), berkomunikasi (surel, pesan instan), dan dapat mengakses informasi (peramban web).
b. Kristanto (2003)
   Jaringan komputer merupakan sekelompok komputer otonom yang saling berhubungan satu sama lain, dengan menggunakan satu protocol kompunikasi sehingga selruh komputer yang saling terhubung tersebut dapat berbagi informasi, program, sumber daya dan juga dapat saling menggunakan perangkat keras lainnya secara bersamaan, seperti printer, harddisk dan lain sebagainya.
c. Abdul Kadil (2003)
   Jaringan Komputer adalah hubungan dua buah simpul (umumnya berupa komputer) atau lebih yang tujuan utamanya adalah untuk melakukan pertukaran data.

Dengan menggunakan dasar-dasar teori yang telah dikemukakan para ahli di atas, saya simpulkan maka jaringan komputer ialah lebih dari satu kumpulan komputer yang saling berkomunikasi menggunakan protokol jaringan yang sama, sehingga dapat saling berbagi informasi, saling berbagi data, berbagi resource (seperti *printer* atau *media storage*).
Suatu jaringan komputer dibangun dengan tujuan membawa informasi secoara tepat dan tanpa adanya kesalahan dari sisi pengirim (*transmitter*) menuju ke sisi penerima (*receiver*) melalui media komunikasi. Akan terjadi banyak kendala pada proses pengiriman informasi tersebut, seperti pemanfaatan fasilitas komunikasi belum maksimal, jaur transmisi yang digunakan tidak benar-benar bebas dari masalah gangguan (*noise*) [7].

2.2 IP-PBX

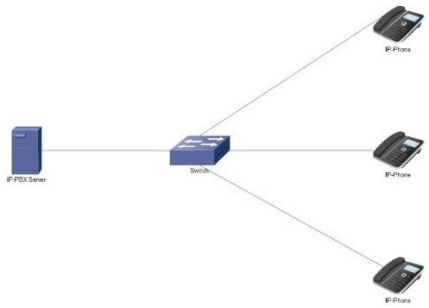
IP-PBX atau *Internet Protocol Private Branch Exchange* adalah PABX yang menggunakan teknologi IP [2]. IP-PBX adalah perangkat switching komunikasi telepon dan data berbasis teknologi

Internet Protocol (IP) yang mengendalikan ekstension telepon analog (TDM) maupun ekstension IP *Phone*.

Fungsi-fungsi yang dapat dilakukan antara lain penyambungan, pengendalian, dan pemutusan hubungan telepon; translasi protokol komunikasi; translasi media komunikasi atau transcoding; serta pengendalian perangkat-perangkat IP Teleponi seperti VoIP Gateway, Access Gateway, dan Trunk Gateway.

Solusi berbasis IP PBX merupakan konsep jaringan komunikasi generasi masa depan atau dikenal dengan istilah NGN (*Next Generation Network*) yang dapat mengintegrasikan jaringan telepon konvensional (PSTN/POTS), jaringan telepon bergerak (GSM/CDMA), jaringan telepon satelit, jaringan *Cordless* (DECT), dan jaringan berbasis paket (IP/ATM).

IP-PBX membawa kemampuan multilayanan di jaringan IP ke dunia komunikasi teleponi, sehingga akan memungkinkan semakin banyak layanan komunikasi yang dapat berjalan di atas jaringan IP.



Gambar 2.1. Topologi IP-PBX

2.3 Asterisk

Asterisk adalah sebuah framework yang bersifat open source untuk membangun aplikasi komunikasi [4]. Asterisk memiliki kemampuan mengubah komputer biasa menjadi server komunikasi. Kekuatan Asterisk IP PBX sistem, gateway VoIP, server konferensi dan banyak lagi. Aplikasi ini sudah banyak digunakan oleh perusahaan kecil, sampai dengan perusahaan besar, call center, operator dan pemerintah di seluruh dunia. Asterisk disponsori oleh Digium, Asterisk mampu berinteraksi dengan banyak traditional telcom protocol, protokol VoIP, dan codec.

Asterisk menyediakan daftar mengejutkan kemampuan dan fitur termasuk:

a. IVR (*Interactive Voice Response*)
b. ACD (*Automatic Call Distributor*)
c. *Audio* dan *Video Conferencing*
d. *Voicemail*
e. Rekaman Panggilan
f. *Fax Termination*
g. CDR (*Call Detail Record*)

2.4 VoIP Voice over Internet Protocol (VoIP)

Voice over Internet Protocol (VoIP) dikenal juga dengan sebutan IP Telephony didefinisikan sebagai suatu sistem yang memanfaatkan media internet untuk mengirimkan paket data suara dari satu tempat ke tempat lain menggunakan protokol IP. Teknologi ini mampu melewatkan trafik suara yang berbentuk paket melaluiu jaringan IP. Jaringan IP sendiri adalah merupakan jaringan komunikasi data yang berbasis packet-switch.

2.4.1 Format paket VoIP

VoIP terdiri dari bagian *header* dan *payload* (beban). Header terdiri dari IP *Header*, *Real-time Transport Protocol* (RTP), *User Datagram Protocol* (UDP) header, dan link header.

IP *header* memiliki peran untuk menyimpan informasi routing untuk mengirimkan paket-paket ke tujuan. Pada tiap header IP disertakan tipe layanan atau *Type of Service* yang memungkinkan paket tertentu seperti paket suara yang non real-time. UDP header memiliki ciri tertentu yang tidak menjamin paket akan mencapai tujuan sehingga UDP cocok digunakan pada aplikasi voice real-time yang peka terhadap *delay* dan *latency*.

RTP *Header* adalah header yang berguna untuk melakukan framing dan segmentasi data real-time. Sepeti UDP, RTP juga tidak mendukung realibilitas paket untuk sampau ke tujuan. RTP menggunakan protokol kendali yang disebut *Real-time Transport Control Protocol* (RTCP) yang mengendalikan QoS dan sinkronisasi media stream yang berbeda. Untuk besaran link header, bergantung pada media yang digunakan.

2.5 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 [1]. *Session Initiation Protocol* atau SIP merupakan standar IETF yang diajukan pada tahun 1999, untuk suara atau layanan multimedia melalui jaringan internet SIP [RFC 2543]. Henning Schulzrinne menciptakan standar ini, SIP ialah protokol layer aplikasi yang digunakan untuk manajemen pengaturan panggilan dan pemutusan panggilan. SIP digunakan bersama dengan protokol IETF lainnya seperti, SAP, SDP, MGCP (MEGACO) untuk menyediakan layanan VoIP yang lebih luas.

SIP memiliki arsitektur yang serupa dengan HTTP (protokol *client-server*), terdiri dari request yang dikirim dari user SIP ke server SIP. Server memproses request yang masuk lalu memberikan respon kepada client. Permintaan request itu, bersama dengan komponen respon lainnya membuat suatu komunikasi SIP.

Komponen arsitektur SIP:

1. *User Agent*

SIP User Agent ialah terminal akhir yang bertindak berdasarkan kehendak pemakai, bagiannya yaitu:

a. *User Agent Client* (UAC): bagian ini terdapat pada pemakai (client) yang digunakan untuk melakukan inisiasi request dari server SIP ke UAS.
b. *User Agent Server* (UAS): berfungsi untuk mendengar dan merespon terhadap request SIP.

2. SIP Server

Arsitekur SIP menjelaskan jenis-jenis server pada jaringan untuk membantu layanan dan pengaturan panggilan SIP.

a. *Registration Server*: server ini menerima *request* dari user SIP dan melakukan update terhadap lokasi user dengan server ini.
b. *Proxy Server*: server yang berfungsi menerima request SIP lalu meneruskan ke server yang dituju sesuai informasi tentang user yang dipanggil.
c. *Redirect Server*: Berfungsi untuk menentukan server yang dituju klien setelah menerima reuest SIP, lalu mengembalikan alamat server yang dituju selanjutnya kepada client untuk kemudian meneruskan request ke server yang dituju tersebut.

2.6 QoS dan MOS

Quality of Service (QoS) dapat dikatakan sebagai suatu terminologi yang digunakan untuk mendefinisikan karakteristik suatu layanan (*service*) jaringan guna mengetahui seberapa baik kualitas dari layanan tersebut [1]. *Quality os Service* (QoS) ialah suatu terminologi yang berguna untuk mendefinisikan karakteristik suatu layanan (*service*) jaringan guna mengetahui seberapa baik kualitas dari layanan tersebut. Paramter yang digunakan QoS ialah *bandtwidth, troughput, delay, jitter dan packet loss*. Standar nilai oleh ITU-T, sebagai berikut:

Tabel 2.1. Tabel QoS 1

Delay (ms)	Kualitas
0 – 150	Baik
150 – 400	Cukup, Masih Dapat terima
> 400	Buruk

Tabel 2.2. Tabel QoS 2

Packet Loss (%)	Kualitas
0 – 0,5	Baik
0,5 – 1,5	Dapat terima
> 1,5	Tidak dapat Buruk

Tabel 2.3. Tabel QoS 3

Jitter (ms)	Kualitas
0 – 20	Baik
20 – 50	Dapat terima
> 50	Tidak dapat Buruk

Tabel 2.3. Tabel MOS

Nilai MOS	Kualitas Percakapan
5	Sangat Baik
4	Baik
3	Cukup
2	Kurang Baik
1	Buruk

Mengingat setiap orang memiliki standar berbeda, untuk mencapai penialaian efektif maka dalam penelitian kali ini akan menggunakan 3 kategori MOS (*Mean Opinion Score*). Ketiga kategori ini mengacu pada standar ITU, yaitu berdasar pada kualitas suara yang di dengar, usaha yang diperlukan seseorang untuk mendengar, dan intensistas volume yang didengar, lengkapnya akan saya tampilkan pada tabel di bawah [1].

Tabel 2.4. Tabel MOS1

Nilai MOS	Kualitas Percakapan
5	Sangat Jelas, Tanpa Noise
4	Jelas, Sedikit Noise
3	Cukup Jelas, Banyak Noise
2	Kurang Jelas, Sulit dimengerti
1	Tidak Jelas, Tidak dimengerti

Tabel 2.5. Tabel MOS2

Nilai MOS	Kualitas Percakapan
5	Nyaman, Santai
4	Perlu sedikit usaha untuk konsentrasi
3	Perlu cukup usaha untuk konsentrasi
2	Perlu banyak usaha untuk berkonsentrasi
1	Tidak dimengerti dengan seluruh usaha

Tabel 2.6. Tabel MOS3

Nilai MOS	Kualitas Percakapan
5	Sangat besar dari yang diharapkan
4	Lebih besar dari yang diharapkan
3	Sesuai dengan yang diharapkan
2	Lebih kecil dari yang diharapkan
1	Sangat kecil dari yang diharapkan

3. Analisis dan Perancangan

3.1. Konfigurasi Server IP-PBX

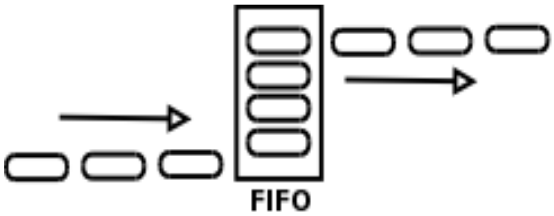
Server ip-pbx melsa menggunakan sistem operasi FreeBSD. Penggunaan FreeBSD disini khusus untuk menjalankan asterisk atau sebagai ip-pbx server. Sesuai dengan data analisis IP-PBX, server IP-PBX hanya memiliki 1 NIC sedangkan agar server dapat diakses melalui jaringan internet harus menggunakan IP Public. Solusi yang akan digunakan ialah mengkonfigurasi IP alias, agar tidak memerlukan cost tambahan untuk menambah NIC. IP aliasing adalah mengasosiasikan alamat lebih dari satu IP untuk antarmuka jaringan. Dengan ini, satu node pada jaringan dapat memiliki beberapa sambungan ke jaringan, masing-masing melayani tujuan yang berbeda. Singkatnya, dengan IP aliasing kita dapat menambahkan 2 bahkan lebih alamat IP dalam 1 NIC.

3.2. Konfigurasi CSipSimple

Pastikan aplikasi CsipSimple sudah terpasang pada perangkat smartphone yang akan dikoneksikan dengan sistem IP-PBX Melsa. Tambahkan akun baru pada aplikasi tersebut dengan memilih wizard "*basic*". Masukan parameter data yang diminta oleh aplikasi, seperti data yang sudah di konfigurasi pada server IP-PBX. Jika berhasil, maka tulisan "display name" pada akun yang baru di seting akan berwarna hijau dengan keterangan "registered".

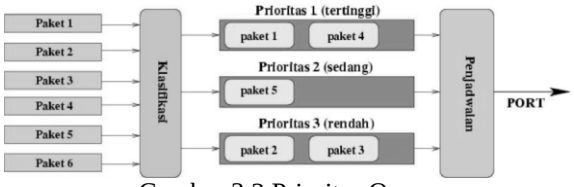
3.3. Metode Differentiated Service

Pada saat sekarang pengiriman paket-paket dalam sebuah jaringan biasanya dilakukan secara *best effort*, dimana paket akan dikirimkan secara FIFO (*First In First Out*) paket yang pertama sampai node akan diteruskan ke node berikutnya secara berurutan berdasarkan kedatangannya, sehingga paket-paket tersebut akan berebut bandwidth yang ada.



Gambar 3.1 Antrian FIFO

Pada penelitian ini akan menggunakan metode priority queing yang terdapat pada mikrotik routerOS, dimana nantinya trafik yang berupa paket-paket yang mempunyai prioritas lebih tinggi akan dialokasikan bandwidth sebesar yang dibutuhkannya yang diset pada router.



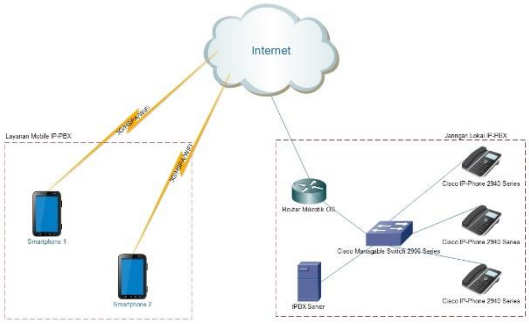
Gambar 3.2 Prioritas Queue

VoIP yang menggunakan protokol RTP akan mendapat prioritas utama untuk dilewatkan pada media transmisi yang digunakan. Pada penelitian ini akan menerapkan policy pada router mikrotik yang akan diset urutan prioritas sebagai RTP untuk port 8000-20000 akan mendapatkan prioritas utama dengan alokasi badwith untuk tiap satu kanal komunikasi sebesar 40 Kbps.

Pada penelitian ini paket-paket RTP akan diset pada port 8000 sampai 20000 yang digunakan untuk media transimisi data. Cara pengurutan klasifikasi trafik yang diproses oleh filter paket data. Filter tersebut akan memilah-milah paket berdasarkan protokolnya. Paket yang mendapatkan prioritas pertama akan diproses terlebih dahulu. Setelah dipilah pilah paket akan diurutkan pengirimannya berdasarkan urutan prioritas yang sudah ditetapkan sebelumnya, untuk selanjutnya dikirimkan ke node tujuan. Untuk penelitian ini terkait suara, maka bandwidth yang digunakan tidak begitu besar sehingga saat implementasi nanti, kemungkinan tidak terlalu signifikan terlihatnya lebih kepada user experience karena dengan memprioritaskan paket suara pada kondisi traffic yang padat maka alokasi bandwidth terjaga dan delay pun rendah, sehingga menghasilkan kualitas suara yang baik.

3.4. Desain sistem yang diusulkan

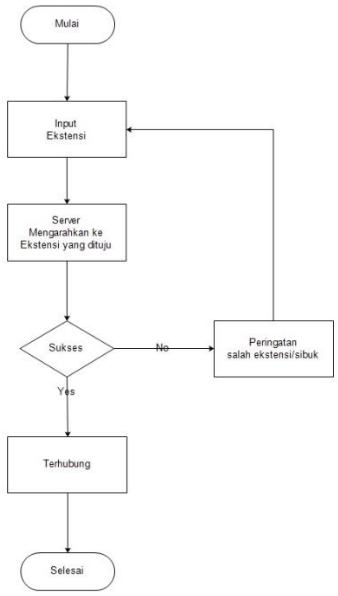
Berikut ini adalah gambar desain usulan:



Gambar 3.3 Desain Optimasi Sistem IP-PBX Melsa

Penjelasan dari gambar diatas, sebagai berikut:
Kotak merah melambangkan lokasi yang berbeda, kotak sebelah kanan menggambarkan kondisi LAN Kantor, lalu kotak merah sebelah kiri ialah lokasi smartphone diluar area LAN Kantor. Pada sisi LAN Kantor server IP-PBX perlu disambungkan ke

gateway Melsa (Mikrotik routerOS), agar setelah server diberikan IP Public dapat di akses melalui internet. Untuk konfigurasi pada sisi ip-phone tidak ada perubahan konfigurasi IP, karena server menggunakan IP Alias saat konfigurasi pemasangan IP Public. Untuk sisi luar LAN Kantor, smartphone yang digunakan cukup melakukan konfigurasi pada aplikasi CsipSimple seperti yang dijelaskan sebelumnya, lalu diarahkan pada IP Public server. Konektifitas atau media perantara dapat menggunakan jaringan HSDPA, 4G LTE atau WiFi asalkan smartphone dapat terkoneksi ke jaringan internet. Alur proses antar ekstensi seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Proses telepon antar ekstensi

Seperti pada gambar 3.3 dan 3.4, proses telepon pada dasarnya diatur oleh server IP-PBX Melsa. Fungsi Router untuk mengenalkan IP Public server ke internet dan mengatur prioritas paket. Untuk proses telepon antar ekstensi tidak memiliki batasan dari perangkat yang digunakan, IP-Phone atau Smartphone. Flowchart proses diatas dapat diimplementasikan dengan, antar IP-Phone, antar Smartphone, atau crossing IP-Phone ke Smartphone maupun sebaliknya.

4. Implementasi dan Pengujian

Berdasarkan pada hasil pengujian yang dilakukan menggunakan beberapa sekenario pengujian. Kita dapat menganalisa data-data yang didapat dari hasil pengukuran dan pengamatan.

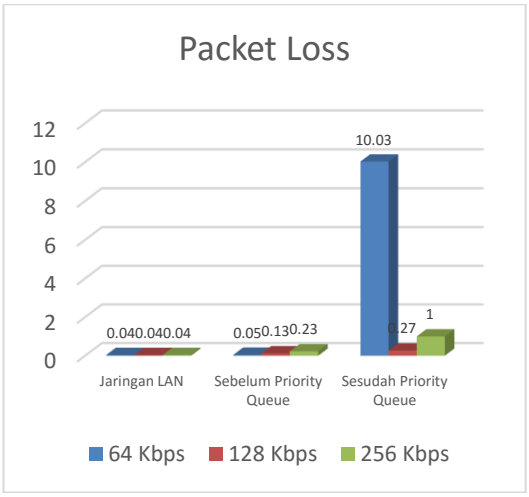
4.1 Grafik QoS

Berikut ini tabel grafik rangkuman dari hasil rata-rata pengujian, paket loss, jitter, dan delay:

a. Paket Loss

Tabel 4.1 Perbandingan Packet Loss

No	Bandwidth	Jaringan LAN (tanpa setting bandwidth)	Sebelum priority queing	Sesudah priority queing
1	64 Kbps	0.04 Kbps	0.05 Kbps	10.03 Kbps
2	128 Kbps		0.13 Kbps	0.27 Kbps
3	256 Kbps		0.23 Kbps	1.00 Kbps



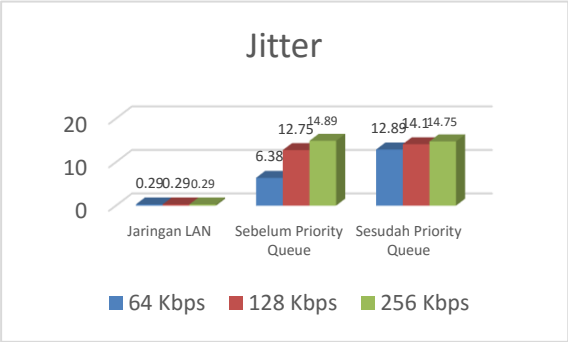
Gambar 4.1 Grafik Packet Loss

Dari grafik gambar 4.1 dapat diketahui, jumlah paket yang hilang setelah menggunakan priority queue meningkat sedikit, kecuali pada pengujian bandwith 64 Kbps setelah menggunakan priority queueu, terdapat peningkatan pada salah 1 pengujian diantara 10 tahap yang mempengaruhi nilai rata-rata. Jika beban traffic router gateway sedang penuh, secara teori maka jaringan yang menggunakan default routing akan mengalami peningkatan berbeda dengan yang menggunakan priority queue akan tetap stabil secara pengukuran dan experience pengguna mengenai suara pasti akan lebih baik.

b. Jitter

Tabel 4.2 Perbandingan Jitter

No	Bandwidth	Jaringan LAN (tanpa setting bandwidth)	Sebelum priority queing	Sesudah priority queing
1	64 Kbps	0.29 ms	6.38 ms	12.89 ms
2	128 Kbps		12.75 ms	14.10 ms
3	256 Kbps		14.89 ms	14.75 ms



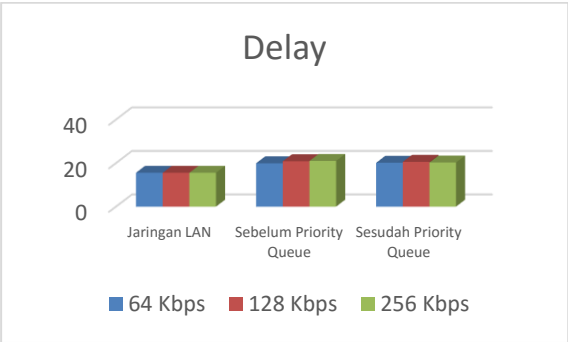
Gambar 4.2 Grafik Jitter

Dari grafik gambar 4.2 dapat diketahui, parameter jitter setelah menggunakan priority queue meningkat sedikit. Jika beban traffic router gateway sedang penuh, secara teori maka jaringan yang menggunakan default routing akan mengalami peningkatan berbeda dengan yang menggunakan priority queue akan tetap stabil secara pengukuran dan experience pengguna mengenai suara pasti akan lebih baik. Seperti halnya pada perbandingan pengukuran sesudah menggunakan priority queue pada bandwidth 256 Kbps mengalami penurunan sedikit.

c. Delay

Tabel 4.3 Perbandingan Delay

No	Bandwidth	Jaringan LAN (tanpa setting bandwidth)	Sebelum priority queing	Sesudah priority queing
1	64 Kbps	15.55 Kbps	19.90 Kbps	20.15 Kbps
2	128 Kbps		20.84 Kbps	20.56 Kbps
3	256 Kbps		20.98 Kbps	20.27 Kbps



Gambar 4.3 Grafik Delay

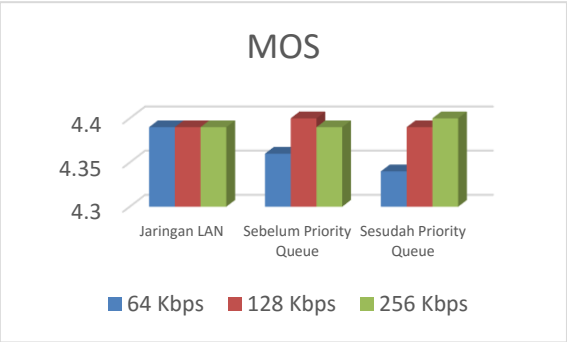
Dari grafik gambar 4.3 dapat diketahui, parameter delay setelah menggunakan priority queue menurun sedikit. Jika beban traffic router gateway sedang penuh, secara teori maka jaringan yang menggunakan default routing akan mengalami peningkatan berbeda dengan yang menggunakan priority queue akan tetap stabil secara pengukuran dan experience pengguna mengenai suara pasti akan lebih baik.

d. Grafik MOS

Berikut ini grafik rangkuman dari hasil rata-rata pengujian MOS:

Tabel 4.4 Perbandingan MOS

No	Bandwidth	Jaringan LAN (tanpa setting bandwidth)	Sebelum priority queing	Sesudah priority queing
1	64 Kbps	4.39	4.36	4.34
2	128 Kbps		4.4	4.39
3	256 Kbps		4.39	4.4



Gambar 4.4 Grafik MOS

Dari grafik 4.4 gambar dapat diketahui, hasil perolehan MOS pada uji coba menggunakan bandwidth 256 Kbps setelah menggunakan priority queue meningkat sedikit. Yang menyatakan bahwa kualitas suara yang bagus memiliki nilai mendekati angka sempurna, sesuai standar ITU-T.

5. KESIMPULAN

Dari hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem IP-PBX Melsa eksisting dapat dikembangkan, sehingga dapat diakses dimana saja melalui internet dengan bantuan perangkat Smartphone.
2. Aplikasi CSipSimple yang di install pada Smartphone Android berfungsi sebagai UAC (User Agent Client), sehingga dapat menjalankan VoIP dengan sistem eksisting.
3. Perolehan rata-rata hasil analisa QoS menunjukan bahwa hasil optimasi atau VoIP yang menggunakan priority queue memiliki delay dibawah VoIP tanpa priority queue. Rata-rata MOS yang dihasilkan VoIP menggunakan priority queue ialah 4 atau baik menurut standar ITU-T.
4. Maka performansi IP-PBX Melsa untuk layanan mobile bagus setelah menggunakan priority queue, karena dapat menjaga kestabilan dan kualitas suara terutama jika traffic bandwidth pada router gateway LAN sedang padat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] E. B. Setiawan, "Analisa Quality of Services (QoS) Voice Internet Protocol (VOIP) Dengan Protokol H.323 dan Session Initial Protocol (SIP)," *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA)*, vol. 1, p. 8, 1 October 2012.

[2] Gibson, "General: komunikasi_murah_meriah," 31 December 2010. [Online].
Available:
http://chip.co.id/news/general/57/komunikasi_murah_meriah.
[Diakses 8 February 2016].

[3] The Asterisk Company, "Asterisk Quickstart Guide," 31 December 2012.
[Online].
Available:http://www.asterisk.org/sites/asterisk/files/mce_files/
documents/asterisk_quick_start_guide.pdf. [Diakses 8 Februari 2016].

[4] A. Kurniawan, Network Forensics Panduan Analisis & Investigasi Paket
Data Jaringan Menggunakan Wireshark, Yogyakarta: ANDI Yogyakarta, 2012.

[5] M. Naugle, Network Protocol Handbook, Singapore: McGraw-Hill, Inc., 1994.

[6] A. Kristianto, Jaringan Komputer, Yogyakarta: GRAHA ILMU, 2003.

[7] A. Headquarters, Cisco Unified IP Phone 7960G and 7940G Phone Guide for Cisco Unified Communications Manager 7.0 (SCCP), San Jose: Cisco Systems, Inc., 2015.

[8] K. K. d. I. -. R. Indonesia, "Peraturan Menteri tahun 2011," 2011. [Online]. Available: http://www.postel.go.id/?mod=reg&cid=40&year=2011. [Diakses 8 Februari 2016].

[9] Mikrotik, "Basic Documentation," 2 Mei 2016. [Online]. Available: http://wiki.mikrotik.com. [Diakses 10 Mei 2016].

[10] "Mean Opinion Score - A Measure Of Voice Quality," About.com, 2016. [Online]. Available: http://voip.about.com/od/voipbasics/a/MOS.htm.
[Diakses 8 Februari 2016].

[11] "Protokol SIP," 12 Desember 2010. [Online].
Available:
http://www.slideshare.net/rosmida/protokol-sip.
[Diakses 8 Februari 2016].