

# Analisa Quality of Service IP Telephony dengan Metode Low Latency Queuing

Miftah Rahman Syahrial

*Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta*  
Rahman\_s@yahoo.com

## **Abstrak**

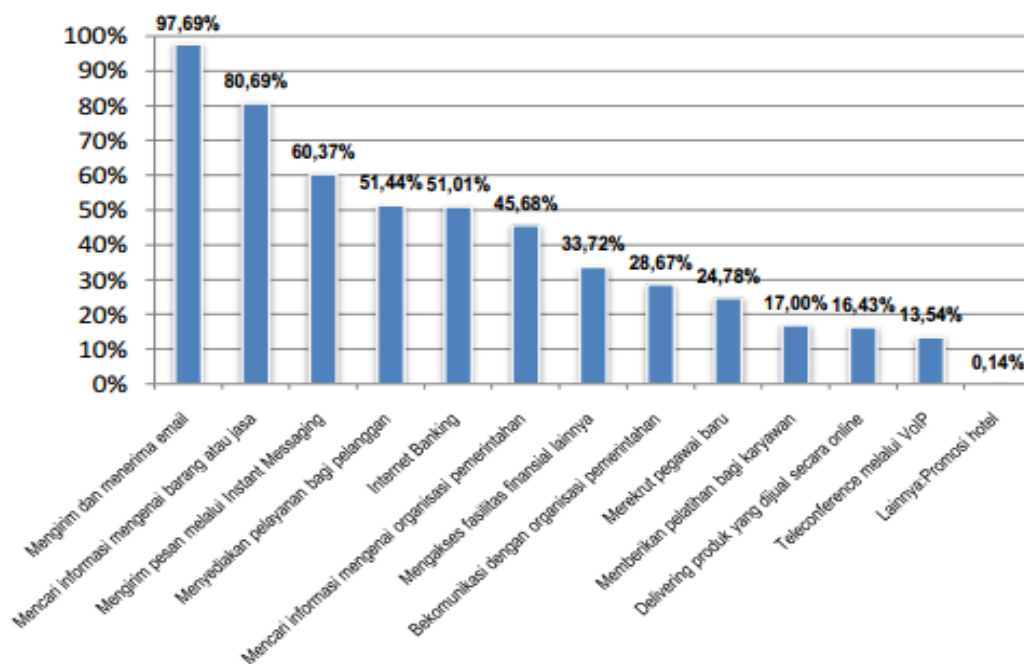
*Voice over IP* pada era modern sekarang ini sudah sangat krusial. Teknologi ini bisa mengatasi permasalahan yang muncul dalam telepon analog atau telepon tradisional ini adalah ketika pengguna, terutama perusahaan, ingin melakukan komunikasi jarak jauh dari pusat ke kantor cabang dimana cost alias biaya yang muncul ketika berkomunikasi dari pusat dan cabang berlangsung lama. Dalam penerapannya, telekomunikasi yang menggunakan teknologi internet, mengalami beberapa hambatan terutama dalam hal packet loss dan delay. Thesis ini membandingkan metode manajemen kongesti Quality of Service (QoS) *low latency queuing* (LLQ) dengan metode-metode lainnya seperti *First in First out* (FIFO) dan *Class Based Weighted Fair Queuing* (CBWFQ). Metode *low latency queuing* (LLQ) dirancang untuk memprioritaskan paket suara (voice) dan meminimalisir waktu tempuh (delay) yang akan dipakai oleh paket data. Hal ini bisa dicapai karena metode ini adalah gabungan dari metode CBWFQ dan metode *Priority Queuing* (PQ) yang dirancang untuk memprioritaskan paket suara tapi tidak dirancang untuk memprioritaskan paket data. Hasil yang didapat cukup memuaskan, waktu tempuh (*delay*) paket suara yang diperoleh dari LLQ untuk ITU-T G.114 (*recommended delay* untuk *one-way connection VoIP*) adalah 0,001 detik untuk *delay* minimumnya dan 0,142 detik untuk *delay* maksimumnya, dimana jaringan test bed yang dipakai oleh paket data dibuat untuk mencerminkan *congested network*, sedangkan metode-metode lain seperti FIFO dan CBWFQ melebihi acceptable delay yang direkomendasikan oleh ITU-T G.114. Sedangkan pengaruh implementasi LLQ terhadap codec yang dijalankan tidak banyak berubah, untuk delay yang dihasilkan codec G.729br8 cukup stabil dan delay dari codec G.711ulaw masih cenderung meningkat terkait dari lamanya sesi percakapan walaupun masih sesuai standar yang diterapkan oleh ITU-T.

**Keywords:** Delay, QoS, Queuing, LLQ, IP Telephony, ITU-T G.114, Codec

## **1. PENDAHULUAN**

Kebutuhan berkomunikasi pada era modern sekarang ini sudah sangat krusial, tidak ada suatu perusahaan, institusi, atau organisasi yang mengesampingkan

faktor telekomunikasi. Area telekomunikasi yang sedang berkembang dan difokuskan oleh dunia industri sampai sekarang ini adalah area IP telephony alias telepon yang berbasis IP, sedangkan telepon yang beredar dipasar saat ini adalah analog phone alias telepon tradisional yang sehari-hari masyarakat pakai. Permasalahan yang muncul dalam telepon analog atau telepon tradisional ini adalah ketika pengguna, terutama perusahaan, ingin melakukan komunikasi jarak jauh dari pusat ke kantor cabang dimana cost alias biaya yang muncul ketika berkomunikasi dari pusat dan cabang berlangsung lama. Dari permasalahan ini banyak perusahaan mencari alternatif lain untuk berkomunikasi, salah satunya adalah dengan menggunakan teknologi internet, yaitu *Voice over IP* (VoIP) alias telepon yang menggunakan jaringan IP sebagai media telekomunikasinya.



Gambar 1 Daftar Persentase Penggunaan Jaringan pada Perusahaan berdasarkan Fitur yang dipakai

Dari hasil survei di atas, aktifitas disektor bisnis yang paling sering dilakukan adalah mengirim dan menerima email sebesar 97.69%, sedangkan aktifitas yang memiliki prosentase paling rendah adalah promosi hotel sebesar 0.03%, teleconference melalui VoIP sendiri sebesar 13.54%.

Dalam penerapannya, *IP Telephony* (yang terkadang disebut juga dengan VoIP), mengalami beberapa hambatan terutama dalam hal bandwidth, packet loss, dan delay. Penelitian ini memfokuskan bagaimana memaksimalkan Quality of Service (QoS) untuk telekomunikasi berbasis internet dengan cara menganalisa delay yang ditimbulkan oleh masing metode manajemen kongesti yang ada, terutama LLQ yang menjadi fokus penelitian ini berdasarkan rekomendasi ITU-T G.114 dan efeknya jika dimplementasikan dengan codec IP telephony yang berbeda.

Ada beberapa metode queuing yang ada saat ini, contohnya adalah FIFO (*First in First out*), PQ (*Priority Queuing*), CBWFQ (*Class Based Weighted Fair Queuing*), dan LLQ (*Low Latency Queuing*). Metode queuing LLQ adalah metode manajemen kongesti untuk mengakomodir kebutuhan atas kualitas data suara yang baik dan juga tidak mengganggu lalu lintas data yang lain, LLQ ini adalah gabungan dari *Priority Queuing* (PQ) yang mana mengatur antrian data untuk

data suara saja sehingga terjadi bandwidth *starving* untuk data-data yang lain, dengan CBWFQ yang membagi-bagi data menjadi kelas-kelas yang diinginkan (semakin tinggi kelasnya, semakin tinggi prioritasnya).

Untuk codec juga terdapat berbagai varian, salah satunya yang dipakai dalam penelitian ini adalah G.711 dan G.729. G.711 mempunyai besaran paket sebesar 64kbps dan terbagi menjadi 2 versi, G.711alaw yang mana dipakai oleh Negara-negara regional benua Amerika, dan G.711ulaw yang dipakai oleh Jepang dan Negara-negara Asia lainnya. Sedangkan G.729 mempunyai besaran paket sebesar 8kbps (*Implementing Cisco Unified Communications Voice over IP and QoS (CVoice) Foundation Learning Guide (4th edition)*, 2011).

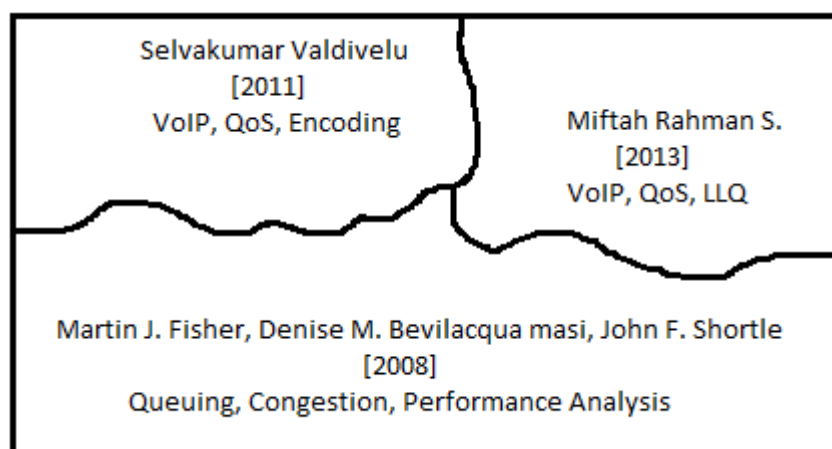
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana LLQ yang dapat berpengaruh dalam mengatur congestion sehingga dapat memberikan suatu metode alternatif yang dapat direkomendasikan kedalam perusahaan-perusahaan yang menggabungkan jaringan suara dan jaringan data.

Menerapkan LLQ dan menganalisa perubahan *delay* dari jaringan komputer dalam menangani berbagai jenis data yang lalu lalang didalamnya adalah sasaran dari penelitian ini. Dengan skema jaringan yang dibuat dengan teknik simulasi diharapkan dalam menjawab apakah LLQ bisa secara maksimal memanfaatkan bandwidth yang tersedia dan tidak mengganggu lalu lintas data jenis lain.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

Selvakumar dalam penelitiannya yang berjudul *Evaluating the Quality of Service in VoIP and comparing various encoding techniques* membahas lebih dalam tentang teknik encoding dalam VoIP seperti G.711 dan G.729 serta perbandingan delay-nya tanpa melibatkan metode kongesti didalamnya, sedang jurnal yang dibuat Martin J. Fisher dan kawan-kawan dalam konferensi IEEE di Athena yang berjudul *Approximating Low Latency Queuing Buffer Latency* lebih menekankan kepada analisa delay yang ditimbulkan oleh LLQ pada berbagai macam tipe DSCP (*Differential Service Code Point*) alias mengkomparasi CoS (*Class of Service*) alias tipe-tipe lalu lintas pada jaringan (*Traffic Class*) seperti Voice, Video, dan Data.



Gambar 2 Penggambaran Penelitian Terkait dengan Penelitian ini

Istilah QoS itu sendiri mengacu kepada kemampuan dari jaringan untuk menyediakan layanan memuaskan untuk pengguna (*ITU-T E.800*). atau dalam arti spesifik QoS bisa dijelaskan sebagai kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik kepada kelas paket tertentu yang di prioritaskan dalam jaringan (*Implementing Cisco Quality of Service*, 2006). Sedangkan LLQ sendiri, menurut Martin J. Fisher, Denise M. Bevilacqua, dan John F. Shortle [2008], adalah metode manajemen kongesti gabungan antara PQ (*Priority Queuing*) dan CBWFQ (*Class Based Weighted Fair Queuing*) sehingga prioritas paket suara bisa diprioritaskan dengan PQ sedang paket lainnya akan dipilah dengan CBWFQ. Secara umum, QoS menyediakan layanan jaringan yang lebih baik dengan mendukung bandwidth yang terdedikasi, memperbaiki karakteristik loss, menghindari dan mengatur kongesti pada jaringan serta mengatur prioritas trafik yang melewati jaringan.

Kualitas suara pada jaringan VoIP secara langsung dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu *packet delay* dan *packet loss*. *Packet loss* terjadi apabila ada sebuah paket yang di-drop oleh network nodes karena ia tidak dapat meneruskannya ke output interfacenya. *Packet loss* dapat menyebabkan terjadinya “*clipping*” dan “*skips*”. *Packet delay* dapat menyebabkan penurunan kualitas suara. *Delay* didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data dari satu node ke node yang lain (James F. Kurose dan Keith W. Ross).

Ada beberapa parameter yang bisa ditingkatkan dalam hal waktu tempuh yang dibutuhkan suatu packet data untuk melalui suatu medium di jaringan, salah satunya adalah dengan metode Queuing.

## 2.2 Model of service dalam QoS

Dalam QoS terdapat 3 tipe servis atau model, yang mana model-model ini mendeskripsikan bagaimana QoS dilakukan dalam jaringan dari node asal sampai tujuan (*end-to-end*).

Tipe model seperti ini bertujuan agar jaringan akan berusaha mengirimkan packet dengan segala cara untuk sampai ketempat tujuan, servis tipe seperti ini tidak memperdulikan waktu tempuh (*delay*) ataupun data yang dikirimkan sudah diterima atau belum oleh target. tipe servis seperti ini tidak disarankan untuk *voice traffic*.

Model ini menyediakan Quality of Service dengan menegosiasikan parameter-parameter jaringan secara *end-to-end* sehingga kualitas layanan yang disediakan tidak akan berubah dari node yang satu ke node yang lain.

Model ini menyediakan mekanisme antrian data (*queuing*) pada Edge Router untuk memisahkan tipe packet yang masuk kedalam jaringan (*classification*) dan membuat prioritas untuk data-data yang masuk tersebut, tipe metode inilah digunakan di penelitian ini.

## 2.3 Delay

*Delay* adalah waktu yang diperlukan oleh sebuah bit data untuk melewati jaringan dari sebuah node ke node yang lainnya. Menurut Stalling [2004], terdapat tiga buah delay, yaitu delay transmisi, delay propagasi, dan delay pemrosesan. Performa dinilai baik jika nilai *delay* yang dihasilkan semakin kecil. Untuk menghitung sebuah *delay* rumusnya adalah sebagai berikut:

$Delay = Waktu\ Tiba - Waktu\ Kirim$

Atau

$Delay = Waktu\ Selesai\ Proses - Waktu\ Mulai\ Proses$

Manajemen tipe delay ada 4:

1. Processing Delay: waktu yang dibutuhkan sebuah router untuk memproses packet
2. Transmission Delay: waktu yang dibutuhkan untuk mengkonversi bit menjadi listrik
3. Propagation Delay: waktu yang dibutuhkan untuk sinyal sampai ketujuan
4. Queuing Delay: waktu paket-paket data selama berada dalam antrian

## 2.4 Klasifikasi Lalu-lintas Paket Jaringan

Untuk bisa membuat pelayanan jaringan yang baik maka diperlukan klasifikasi paket dan lalu-lintasnya (*Traffic Classification*). Klasifikasi data ini lalu diproses sesuai dengan tipe pelayanan yang diinginkan, seperti klasifikasi lalu-lintas paket suara (*voice traffic*) yang diinginkan agar selalu berjalan dengan stabil tanpa terputus.

### 2.4.1 Lalu-lintas Data

Lalu-lintas Data dirancang untuk mengantarkan paket didalam jaringan dengan delay yang tidak tentu, yang diprioritaskan dalam lalu-lintas data adalah paket sampai ditujuan dengan utuh dan tidak rusak tanpa terpengaruh kecepatan bandwidth ataupun waktu delay yang ditempuh.

### 2.4.2 Lalu-lintas Suara

Lalu-lintas Suara dirancang untuk mengantarkan paket didalam jaringan dengan delay yang pasti, yaitu waktu tempuh yang dilalui oleh paket suara adalah kurang dari 150 milidetik (berdasarkan ITU-T G.114).

## 2.5 Manajemen Kongesti

Manajemen kongesti adalah istilah umum untuk menggambarkan berbagai macam tipe strategi antrian data (*queuing strategies*) untuk mengatur situasi dimana kebutuhan akan bandwidth melampaui bandwidth yang tersedia saat itu. Manajemen Kongesti tidak mengontrol kongesti (*congestion*) sebelum kongesti/*bottleneck* itu terjadi tetapi dia hanya mengontrol dan mengklasifikasikan traffic berdasarkan lalu lintas datanya sehingga lebih mudah memilih mana tipe data yang bisa di prioritaskan lebih dahulu.

Ada beberapa tipe dari manajemen kongesti, di sini hanya dijabarkan 4 diantaranya, yaitu: FIFO, CBWFQ, PQ, dan LLQ.

### 2.5.1 FIFO (*first in first out*)

Metode FIFO adalah metode standar dalam implementasi jaringan, pengklasifikasian trafik nya hanya berdasarkan kepada paket yang masuk pertama kali (*first in*) dan paket itulah yang akan di proses lebih dahulu (*first out*).

### 2.5.2 CBWFQ (Class Based Weighted Fair Queuing)

CBWFQ adalah metode pengembangan dari WFQ (*weighted fair queuing*), dimana WFQ menyamakan prioritas untuk setiap tipe klasifikasi data (membagi rata bandwidth untuk setiap kelas data), akan tetapi karena WFQ tidak sesuai dengan kualifikasi yang dibutuhkan untuk lalu lintas suara maka dibuatlah CBWFQ yang mana penggunaan bandwidth nya bisa diatur menurut pembagian kelas-kelas data nya (*Implementing Cisco Quality of Service*, 2006).

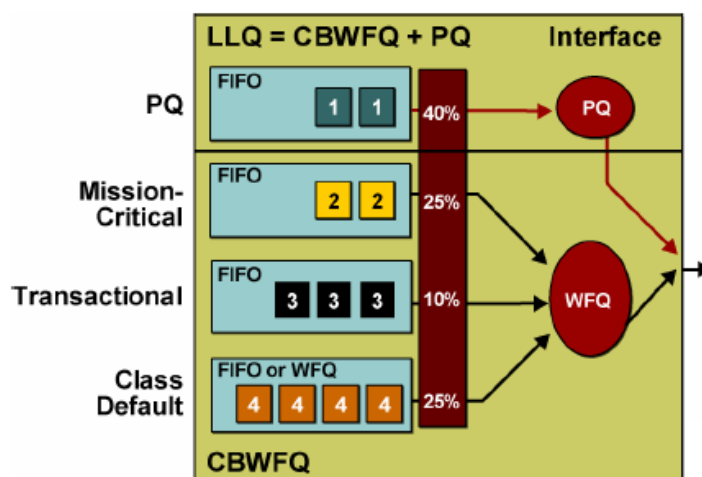
### 2.5.3 PQ (Priority Queuing)

Metode PQ dirancang untuk memaksimalkan penggunaan bandwidth untuk satu kelas tertentu. Setelah antrian data nya habis, bandwidth akan digunakan untuk kelas data yang lain yang sudah dalam antrian (*queuing*) selanjutnya.

Metode PQ ini cocok diterapkan untuk lalu lintas suara, hanya saja *drawback* nya adalah kelas data yang lain selain suara harus menunggu sampai antrian kelas data suara selesai dikirimkan (*Implementing Cisco Quality of Service*, 2006).

### 2.5.4 LLQ (Low Latency Queuing)

Metode LLQ ini menggabungkan metode antrian data tipe CBWFQ dengan metode antrian data tipe PQ.



Gambar 3 Arsitektur LLQ (*Implementing Cisco Quality of Service*, 2006)

## 2.6 Codec

*Codec* adalah alat atau program yang mampu membuat encoding dan decoding pada aliran data digital (*Implementing Cisco Unified Communications Voice over IP and QoS (CVoice) Foundation Learning Guide (4th edition)*, 2011). Ada berbagai macam codec yang ada saat ini, di sini hanya disebutkan 2, yaitu: G.711 dan G.729.

### 2.6.1 Codec G.711

Codec G.711 merupakan standar internasional untuk audio telepon dalam 64-kbps channel. Codec ini susah secara luas digunakan di gunakan dalam IP Telephony karena meningkatkan rasio *Signal-to-Noise* tanpa meningkatkan jumlah data suara yang ada.

Ada 2 tipe dari codec G.711:

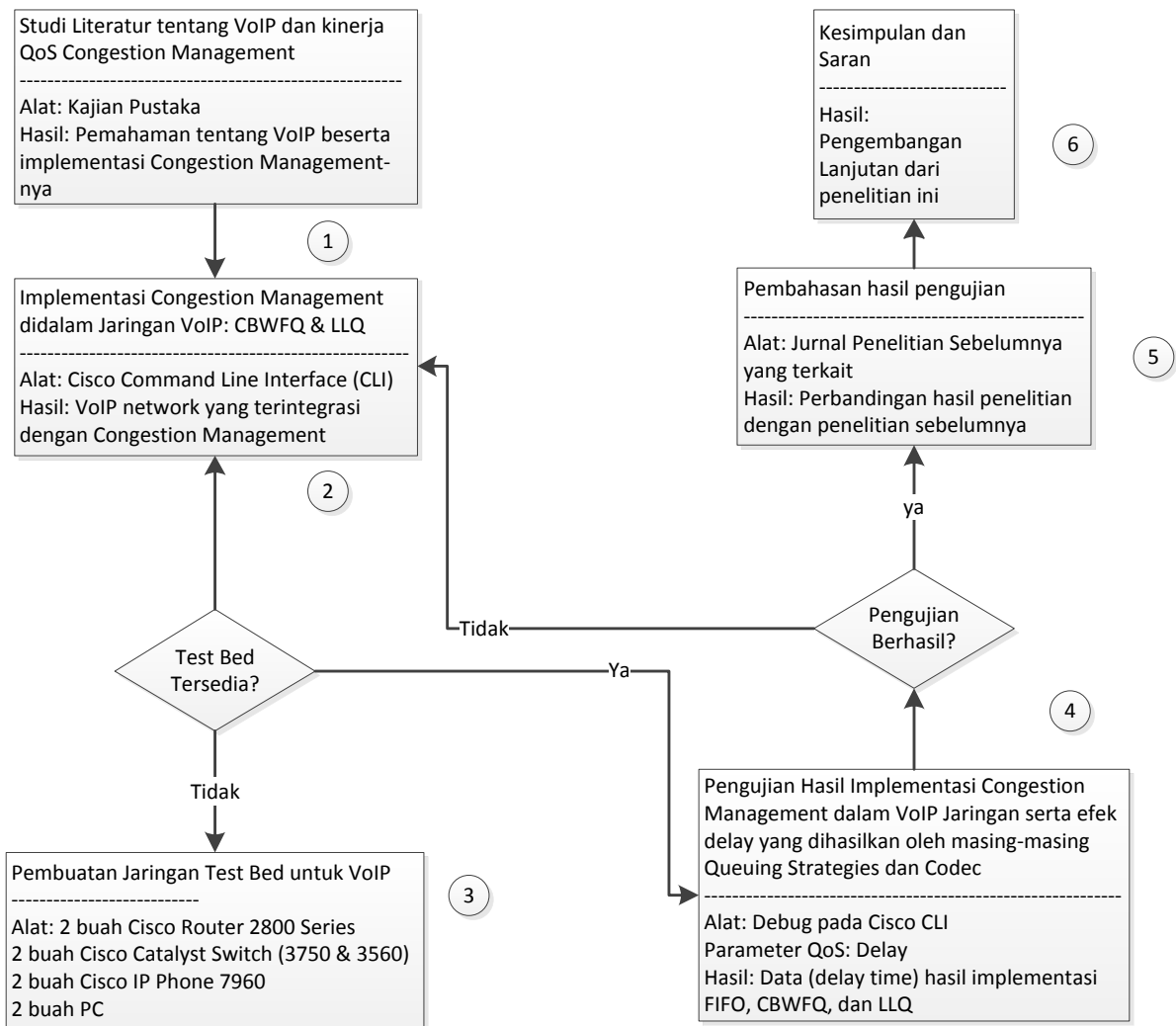
- Mu-law (atau u-law): digunakan di kawasan Amerika Utara dan Jepang (digunakan di penelitian ini).
- A-law: digunakan di kawasan Eropa dan kawasan-kawasan lain.

Perbedaan dari kedua tipe tersebut adalah dalam teknik pensinyalannya.

### 2.6.2 Codec G.729

Codec G.729 menggunakan channel 8-kbps yang mana lebih sedikit dari G.711. hasilnya adalah pemanfaatan bandwidth yang lebih efektif dan efisien. Karena codec ini menggunakan algoritma yang kompleks maka codec ini mengharuskan DSP (Digital Signaling Processor) bekerja lebih keras daripada biasanya.

Ada berbagai macam tipe dari G.729 (Annex A sampai Annex E), penelitian ini menggunakan G.729br8 alias G.729 Annex B yang mempunyai VAD (Voice Activity Detection) dan CNG (Comfort Noise Generation).



Gambar 4 Metodologi Penelitian pada penelitian ini

## 2.7 H.323 Voice Gateway

H.323 adalah spesifikasi ITU untuk komunikasi audio dan video melalui jaringan berbasis paket data alias *packet-based network* (Josef Glasmann, Wolfgang Kellerer, 2003). Karena penelitian ini menggunakan topologi jaringan berbasis paket (*IP-based Network*) maka protocol H.323 yang digunakan.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini dibahas tentang metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian ini. Secara umum metodologi penelitian yang akan diajukan dalam penelitian akan ditampilkan di gambar 4.

Penelitian ini mencoba melakukan 6 tahapan untuk menjawab permasalahan dalam penelitian ini, sebagaimana terlihat pada gambar di atas. Mulai dari studi literatur sampai dengan pengambilan kesimpulan dari penelitian ini. Pada metode ini juga dimulai analisa perangkat apa saja yang diperlukan pada setiap langkah pada penelitian ini.

Selanjutnya akan ditampilkan table korelasi antara metode, perangkat (*tool*), parameter dan hasil yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 1 Korelasi antara metode, perangkat, parameter, dan hasil pada penelitian ini

No	Metode / Teknik	Perangkat	Parameter	Hasil
1.	Perancangan Jaringan VoIP	Microsoft Visio		Modul Jaringan Test bed
2.	Pembuatan Jaringan Test Bed untuk VoIP	Router, Switch, IP Phone, Firewall, dan PC		Test bed Jaringan VoIP.
3.	Pengujian Congestion management dengan menggunakan <i>queuing strategies</i> yang berbeda.	Test bed jaringan VoIP, CLI, Microsoft Windows File Transfer management	Delay, Packet Transfer Throughput	Data pengujian dengan <i>queuing strategies</i> .
4.	Pengukuran kinerja LLQ dibandingkan dengan FIFO dan CBWFQ	CLI, Microsoft Windows File Transfer management, Debug IP RTP (Real Time Transport Protocol)	Delay, Packet Transfer Throughput	Data perbandingan kinerja LLQ dengan <i>queuing strategies</i> yang lain.
5.	Pengukuran kinerja LLQ dengan codec G.711 dan G.729	CLI, Microsoft Windows File Transfer management, Debug IP RTP (Real Time Transport Protocol)	Delay, Packet Transfer Throughput	Data perbandingan kinerja LLQ dengan masing-masing codec.



Tabel 1 adalah ringkasan tahapan-tahapan metoda yang digunakan pada penelitian ini. Selain itu juga, tabel di atas menunjukkan parameter yang akan dipergunakan pada penelitian ini.

### 3.1 Studi Literatur

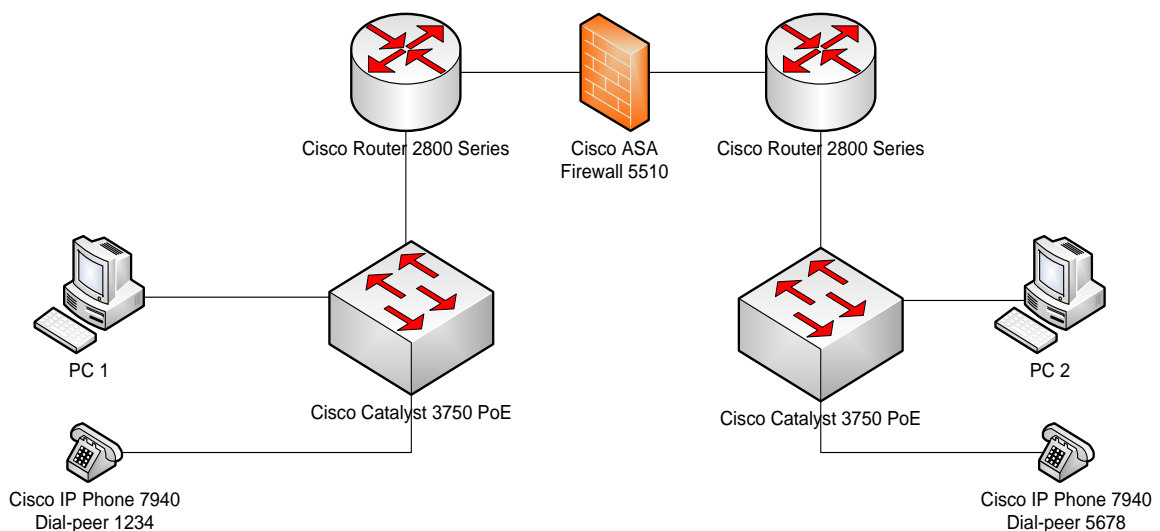
Studi literatur yang dilakukan dalam penelitian ini diawali dengan pendalaman materi tentang pemahaman tentang teori dan cara kerja *Voice over IP* beserta pemahaman *Quality of Service* pada jaringan berikut implementasinya.

Kemudian juga dicari penelitian yang terkait dengan penelitian yang dilakukan. Penjelasan lebih lengkap dijabarkan pada bagian 2, dan perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 2.

### 3.2 Implementasi *Congestion Management* dalam Jaringan VoIP test bed

Pada bagian ini akan dijelaskan proses implementasi *Congestion Management* merupakan langkah ke dua dari Gambar 4.

Implementasi pada jaringan VoIP Test bed akan menggunakan beberapa *Congestion Management System* yang berbeda, terutama pada LLQ yang akan diamati secara penuh efek yang terjadi dengan atau tanpa adanya LLQ.



Gambar 5 Skema Rancangan jaringan Test Bed untuk VoIP

#### 3.2.1 Perancangan Jaringan Test bed untuk VoIP

Pada sub bab ini, akan dijelaskan perancangan jaringan untuk simulasi jaringan VoIP. Di penelitian ini, digunakan alat-alat di gambar 5:

1. 1 buah Firewall (Cisco ASA 5510) yang bisa bertindak sebagai WAN emulator

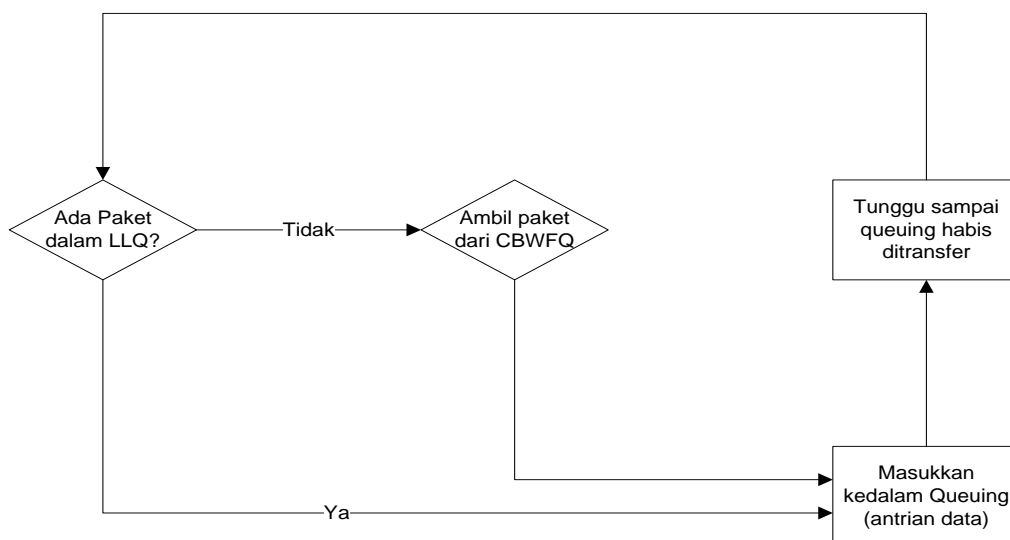
2. 2 buah Router (Cisco 2800 Series) yang mempunyai fitur IP Telephony dan bertindak sebagai *LAN Gateway* dan juga tempat konfigurasi VoIP berada
3. 2 buah Switch (Cisco Catalyst 3750) yang bertindak sebagai pengatur jaringan lokal baik lalu lintas data maupun suara

Pada masing-masing PC dan IP Phone akan dicoba untuk mengirimkan data biasa dan data suara yang melewati *gateway* (router) yang sudah terpasang dengan konfigurasi dari berbagai macam teknik manajemen kongesti (FIFO, CBWFQ, dan LLQ).

Setelah data yang ada sedang terkirim, dicatat perubahan delay yang terjadi diantara teknik-teknik manajemen kongesti yang tersedia terutama LLQ.

### 3.2.2 Analisa logika Low-Latency Queuing (LLQ)

Karena LLQ merupakan gabungan dari 2 manajemen kongesti yang berbeda, maka unsur-unsur dari masing-masing manajemen kongesti sebelumnya masuk didalam LLQ.



Gambar 6 Pola Logika LLQ

Mirip seperti PQ, LLQ akan memprioritaskan antrian yang sudah di-*marking* untuk di proses terlebih lebih dahulu yang mana adalah data dari lalu lintas suara. Antrian-antrian lain selain yang sudah di-*marking* akan masuk ke dalam proses manajemen kongesti CBWFQ, tergantung dari *marking* yang sudah di konfigurasi untuk masing-masing kelas data.

### 3.3 Pengujian Hasil

Untuk mendapatkan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini, diperlukan pengujian terhadap jaringan yang telah dibuat. Pada penelitian ini akan dibuat skenario pengujian berdasarkan dari Gambar 4 pada tahap ke empat.

### 3.3.1 Skenario pengujian menggunakan *Congestion Management FIFO, CBWFQ, dan LLQ*

Pengujian pertama menggunakan parameter delay dan jitter. Karena kedua parameter inilah yang tepat untuk menguji *Congestion Management* yang akan diimplementasikan kepada jaringan test bed.

Untuk melakukan pengujian pada kedua parameter tersebut, akan dilakukan pemanggilan ke IP Phone sambil melakukan transfer data dari satu komputer ke komputer lain. Disaat bersamaan akan diamati dari proses debugging yang akan secara rinci memperlihatkan detail dari efek delay yang diberikan dari masing-masing *Congestion Management System* yang telah diujicobakan.

### 3.3.2 Skenario pengujian menggunakan codec *G.711ulaw dan G.729br8* dengan metode *LLQ*

Pengujian kedua menggunakan parameter yang sama dengan pengujian pertama. Setelah pengujian akan diamati apakah metode *LLQ* ini dapat mengurangi efek delay yang dihasilkan oleh masing-masing codec.

## 3.4 Pembahasan Hasil Pengujian

Pada langkah keempat dari Gambar 4, hasil pengujian yang diperoleh pada penelitian ini akan coba dibandingkan dengan hasil-hasil dari penelitian terdahulu yang telah dijabarkan pada bagian 2. Untuk hasil pembahasan lebih lengkap akan dibahas pada bagian 4 nanti.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi tentang implementasi dari sistem yang dibangun pada penelitian ini. Mulai dari simulasi dari beberapa *congestion management method*, implementasi codec, sampai hasil sampel dari simulasi serta perbandingannya, berikut analisa dari simulasi tersebut.

### 4.1 Simulasi *Congestion Management Method*

Disini dibahas cara implementasi dan simulasi dari beberapa *congestion management method*

#### 4.1.1 *Traffic Shaping*

Karena dibuat jaringan testbed untuk *IP Telephony* menggunakan kabel *FastEthernet* yang mempunyai maksimum transfer data sebesar 100 mbps, maka untuk mensimulasikan lalu lintas jaringan yang mencerminkan *bottleneck*, salah satu cara yang dilakukan adalah dengan melakukan *traffic policing* dengan membuat kapasitas bandwidth yang seharusnya bisa menampung 100 mbps menjadi 16 kbps saja.

```

R2801(config-if)#do show run int fa0/0
Building configuration...

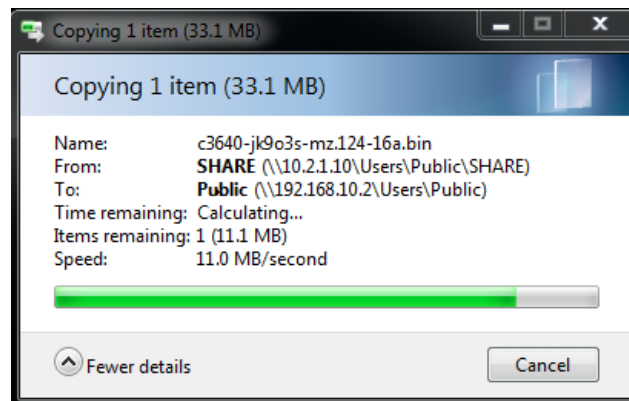
Current configuration : 277 bytes
!
interface FastEthernet0/0
 description ***to R2801_2***
 ip address 1.1.1.2 255.255.255.0
 rate-limit input 16000 1500 2000 conform-action transmit exceed-action drop
 rate-limit output 16000 1500 2000 conform-action transmit exceed-action drop
 duplex auto
 speed auto
end

```

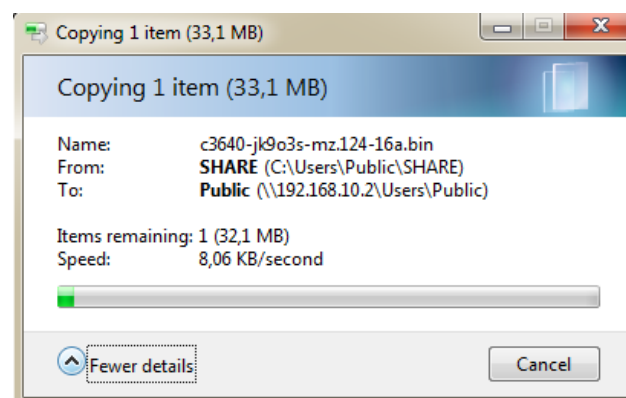
Gambar 7. Konfigurasi Traffic Shaping pada Cisco Router 2811

#### 4.1.2 Implementasi dan Hasil dari metode congestion management FIFO

FIFO adalah *congestion management default* dari Cisco Router, yang mana paket data maupun suara yang masuk ke dalam router akan langsung di proses (first in first out). Oleh karena itu FIFO tidak memerlukan konfigurasi khusus untuk diimplementasikan.



Gambar 8. Data Rate Transfer dengan FIFO sebelum Traffic Shaping



Gambar 9. Data Rate Transfer dengan FIFO sesudah Traffic Shaping

pengecekan hasil dari implementasi FIFO terhadap transfer paket data dilakukan bersamaan dengan pengecekan transfer paket suara. Pengecekan transfer paket

suara dalam dilakukan dengan perintah "**debug voip rtp session**" didalam masing-masing router.

```
R2801#
Jan 25 14:28:32.055: RTP: Create member (652F42E8) for APP(3) Session(6628D8F4)
Jan 25 14:28:34.399: RTP: Create member (6533AC4C) for APP(3) Session(6628D8F4)
Jan 25 14:28:37.587:
Sending RR for ssrc: 10D70101
cycles 0, max_seq 159, base_seq 0,
total_expected 160, expected_diff 160, received_diff 109, lost_diff 51, loss_fract
ion 1358954496, actual_loss 51,
loss_value 1358954547 ((0x51000033))
Jan 25 14:28:37.562:
Sending RR for ssrc: 10D70101
cycles 0, max_seq 247, base_seq 0,
```

Gambar 10. Waktu pada router R1 ketika paket dikirim

```
loss_value 385875974 ((0x17000006))
Jan 25 14:28:39.363:
Receiving RR for ssrc 10D70101:
loss 51, ehsr 159, jitter -1179072464, lsr 0, dlsr 0
```

Gambar 11. Waktu pada router R2 ketika paket diterima

hasil dari analisa transfer suara melalui protocol RTP dapat dilihat setelah sesi RTP terpenuhi (**create member**). Disini dapat dilihat bahwa R1 mengirimkan paket pada detik ke 37.562, sedangkan R2 menerima paket dari R1 pada detik 39.363 alias 1.801 detik setelah R1 mengirimkan data.

#### 4.1.3 Implementasi dan Hasil dari metode congestion management CBWFQ

Metode manajemen kongesti *Class Based Weighted Fair Queuing* alias CBWFQ memerlukan konfigurasi khusus untuk bisa diimplementasikan. Karena pada CBWFQ diharuskan membuat klasifikasi paket (*classification*) dan menandai paket (*marking*) nya.

```
!
class-map voice
  match protocol rtp audio
class-map other
  match any
!
!
policy-map CBWFQ
  class voice
    bandwidth 15000
  policy-map other
    bandwidth 5000
!
```

Gambar 12. Konfigurasi CBWFQ

Pengecekan hasil dari implementasi CBFWQ terhadap transfer paket data dilakukan bersamaan dengan pengecekan transfer paket suara. Pengecekan transfer paket suara dalam dilakukan dengan perintah "**debug voip rtp session**" didalam masing-masing router .

```

R1# cycles 0, max_seq 165, base_seq 0,
R2# total_expected 166, expected_diff 10
R1# loss_value 2030043212 ((0x7900004C)
R2# Jan 25 14:45:35.261:
R1# Receiving RR for ssrc 6870202:
R2# cycles 0, max_seq 9847, base_seq 9551,
R1# total_expected 297, expected_diff 181,
R2# loss_value 2030043261 ((0x7900007D)
R1# Jan 25 14:45:30.703:
R2# Sending RR for ssrc: 6870202

```

Gambar 13. Waktu paket dikirim (gambar depan) dan diterima (gambar belakang) oleh masing-masing router

Di sini dapat dilihat bahwa R1 mengirimkan paket pada detik ke 30.703, sedangkan R2 menerima paket dari R1 pada detik 35.261 alias 4.558 detik setelah R1 mengirimkan data.

#### 4.1.4 Implementasi dan Hasil dari metode congestion management LLQ

Metode manajemen kongesti *Low Latency Queuing* alias LLQ memasukkan konfigurasi CBWFQ dengan ditambahkan konfigurasi LLQ itu sendiri, karena LLQ meminjam konsep dari CBWFQ dan menambahkan dengan konfigurasi LLQ-nya sendiri. Dengan *keyword* **priority [nilai dalam kilobits]** berarti jaringan yang ada menjamin bandwidth yang tersedia untuk dialokasikan sebanyak nilai yang ditentukan, konfigurasi **priority** inilah yang dinamakan **priority queuing** alias PQ.

```

!
class-map match-all other
 match any
class-map match-all voice
 match protocol rtp
!
!
policy-map LLQ
 class voice
  priority 15
 class other
  bandwidth percent 70
policy-map other
!

```

Gambar 14. Konfigurasi LLQ

Pengecekan hasil dari implementasi LLQ terhadap transfer paket data dilakukan bersamaan dengan pengecekan transfer paket suara. Pengecekan transfer paket suara dalam dilakukan dengan perintah "**debug voip rtp session**" didalam masing-masing router .

```
Jan 25 15:14:12.316:
Sending RR for ssrc: 5120101
loss 0, ehsrc 133, jitter -1179072464, lsr 0, dlsr 0

Jan 25 15:14:12.338:
Receiving RR for ssrc 5120101:
cycles 0, max_seq 133, base_seq 0
```

Gambar 15. (atas): waktu paket dikirim pada router R1, (bawah) waktu paket diterima pada router R2

### 4.2 Tabel sampel dari masing-masing metode congestion management

Di bawah ini merupakan sampel dari 10 kali percobaan menggunakan FIFO sebagai metode manajemen kongesti.

#### 4.2.1 Tabel sampel dari metode FIFO

Tabel 2. Variasi Delay yang dihasilkan FIFO untuk voice traffic (dalam millisecond)

FIFO			
no.	R1 (Tx)	R2 (Rx)	Delay
1	37,562	39,363	1,801
2	4,2	5,711	1,511
3	44,323	46,611	2,288
4	12,15	17,564	5,414
5	45,512	54,788	9,276
6	1,456	3,945	2,489
7	13,444	18,782	5,338
8	12,561	15,777	3,216
9	9,12	10,566	1,446
10	10,444	11,62	1,176

#### 4.2.2 Tabel sampel dari metode CBWFQ

Tabel 3. Variasi Delay yang dihasilkan CBWFQ untuk voice traffic (dalam millisecond)

CBWFQ			
no.	R1 (Tx)	R2 (Rx)	Delay
1	30,703	35,261	4,558
2	4,15	5,444	1,294

3	1,224	1,611	0,387
4	0,15	2,564	2,414
5	0,123	0,788	0,665
6	12,23	12,945	0,715
7	4,41	5,782	1,372
8	3,414	7,777	4,363
9	14,2	15,566	1,366
10	51,345	52,62	1,275

#### 4.2.3 Tabel sampel dari metode LLQ

Tabel 4. Delay yang dihasilkan CBWFQ untuk voice traffic (dalam millisecond)

LLQ			
no.	R1 (Tx)	R2 (Rx)	Delay
1	12,316	12,338	0,022
2	14,553	14,574	0,021
3	30,685	30,706	0,021
4	21,457	21,478	0,021
5	4,004	4,146	0,142
6	1,122	1,123	0,001
7	45,114	45,224	0,11
8	55,48	55,488	0,008
9	13,489	13,589	0,1
10	13,567	13,633	0,066

#### 4.2.4 Perbandingan dari masing-masing congestion management method

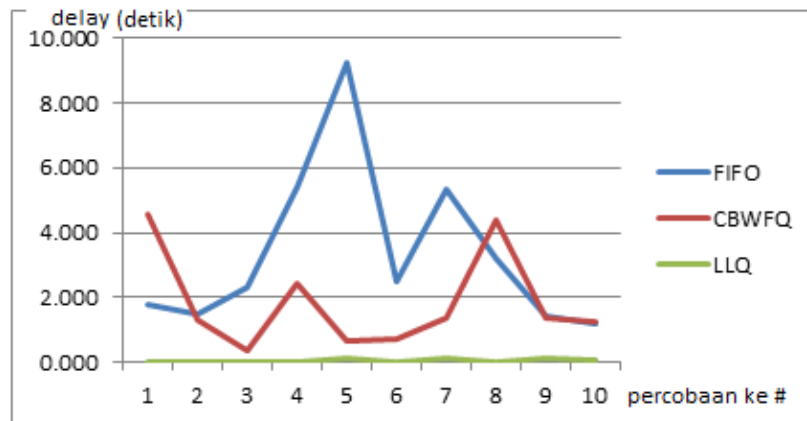
Hasil eksperimen masing-masing metode dilakukan dihari yang berbeda, untuk hari pertama dilakukan dengan metode FIFO, hari kedua dengan metode CBWFQ, dan hari ketiga dengan metode LLQ. Eksperimen dilakukan dengan melakukan panggilan dari satu telepon ke telepon lain dan melihat seberapa besar delay yang dihasilkan ketika telepon tujuan diangkat (*off-hook*) alias sesi komunikasi telah terjadi (percakapan satu arah), Dari masing-masing tabel dapat dilihat bahwa ketika jaringan dalam keadaan *congested*, proses pengiriman paket suara melewati jaringan akan ikut berpengaruh juga.

Dengan metode default alias metode FIFO, ketika jaringan dalam keadaan *congested*, maka proses pengiriman data suara juga ikut terpengaruh. Hasil analisa FIFO membuktikan bahwa delay yang didapat ketika jaringan dalam keadaan *congested* bisa lebih dari 9 detik.

Dengan metode *Class Based Weighted Fair Queuing* alias CBWFQ, ketika jaringan dalam keadaan *congested*, pengiriman paket suara masih terpengaruh karena tidak adanya mekanisme *packet prioritizing* untuk suara. Hasil analisa CBWFQ membuktikan bahwa delay yang didapat ketika jaringan dalam keadaan



congested bisa lebih dari 4 detik. Sedangkan dengan metode *Low Latency Queuing* alias LLQ, ketika jaringan dalam keadaan congested, maka proses pengiriman data suara tidak banyak terkena terpengaruh. Hasil analisa LLQ membuktikan bahwa delay yang didapat ketika jaringan dalam keadaan congested hanya mencapai 0,142 detik.



Gambar 16. Grafik perbandingan antar metode manajemen kongesti

### 4.3 Simulasi *Congestion Management Method*

Disini dibahas cara implementasi dan simulasi dari 2 codec yang cukup populer yaitu, G.711 dan G.729 dengan metode LLQ, eksperimen ini dilakukan setelah diketahui bahwa LLQ lebih efisien dalam mengatur lalu lintas suara.

#### 4.3.1 Implementasi Codec G.729

Codec pertama yang akan diimplementasi adalah codec G.729br8 yang mempunyai fitur VAD (*Voice Activity Detection*) yang mempunyai besaran paket sebesar 8kbps (tanpa overhead).

```
R2801#show run | sec dial-peer
dial-peer voice 10 voip
  destination-pattern 5678
  session target ipv4:20.1.1.1
  codec g729br8
R2801_2#show run | sec dial-peer
dial-peer voice 10 voip
  destination-pattern 1234
  session target ipv4:10.1.1.1
  codec g729br8
```

Gambar 17. Implementasi codec G.729br8 dimasing-masing router

#### 4.3.2 Implementasi Codec G.711

Codec kedua yang akan diimplementasi adalah codec G.711ulaw yang merupakan standard voice over IP dari Jepang dan negara-negara Amerika Utara mempunyai besaran paket sebesar 64kbps (tanpa overhead).

```
R2801#show run | sec dial-peer
dial-peer voice 10 voip
  destination-pattern 5678
  session target ipv4:20.1.1.1
  codec g711ulaw
R2801_2#show run | sec dial-peer
dial-peer voice 10 voip
  destination-pattern 1234
  session target ipv4:10.1.1.1
  codec g711ulaw
```

Gambar 18. Implementasi codec G.729ulaw dimasing-masing router

#### 4.3.3 Voice Gateway

Dalam implementasi call routing untuk IP Phone yang satu dengan yang lain, dipakai H.323 *Voice Gateway Protocol* yang lebih populer digunakan untuk VoIP-to-VoIP, sedangkan MGCP (*Media gateway Control Protocol*) lebih populer untuk VoIP-to-PSTN.

```
R2801(config)#do show run int lo1
Building configuration...

Current configuration : 158 bytes
!
interface Loopback1
  description ***ip CME***
  ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
  h323-gateway voip interface
  h323-gateway voip bind srcaddr 10.1.1.1
```

Gambar 19. konfigurasi H.323 *voice gateway* dilakukan di interface router loopback 1

### 4.4 Perbandingan dari masing-masing codec

Di bawah ini merupakan sampel menggunakan codec G.711 dan G.729 dengan metode LLQ sebagai metode manajemen kongestinya selama 20 detik.

Tabel 5. Perbandingan Delay antar Codec selama 20 detik

Tabel Perbandingan Delay Masing-Masing Codec dengan metode LLQ		
Detik	G.711ulaw	G.729br8
1	0,069	0.022
2	0,042	0.141

3	0,023	0.013
4	0,14	0.021
5	0.102	0.102
6	0,042	0.002
7	0,061	0.11
8	0,061	0.08
9	0,07	0.105
10	0,08	0.06
11	0.101	0.109
12	0.006	0.104
13	0.09	0.124
14	0.05	0.121
15	0.077	0.144
16	0.091	0.147
17	0.051	0.124
18	0.113	0.149
19	0.101	0.137
20	0.077	0.144

#### 4.4.1 Perbandingan dari masing-masing codec dengan metode LLQ

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa delay yang dihasilkan oleh codec G.711ulaw tidak terpengaruh oleh berapa lamanya sesi percakapan dilakukan. Sedangkan delay yang dihasilkan codec G.729br8 semakin meningkat seiring lamanya sesi percakapan dilakukan, akan tetapi waktu delay yang dihasilkan oleh codec G.729br8 dapat ditekan dengan metode LLQ sehingga *one-way delay recommendation* yang dibuat oleh ITU-T masih bisa tercapai walaupun masih belum bisa menyamai kestabilan delay yang dihasilkan oleh codec G.711ulaw.

## 4.5 Pembahasan

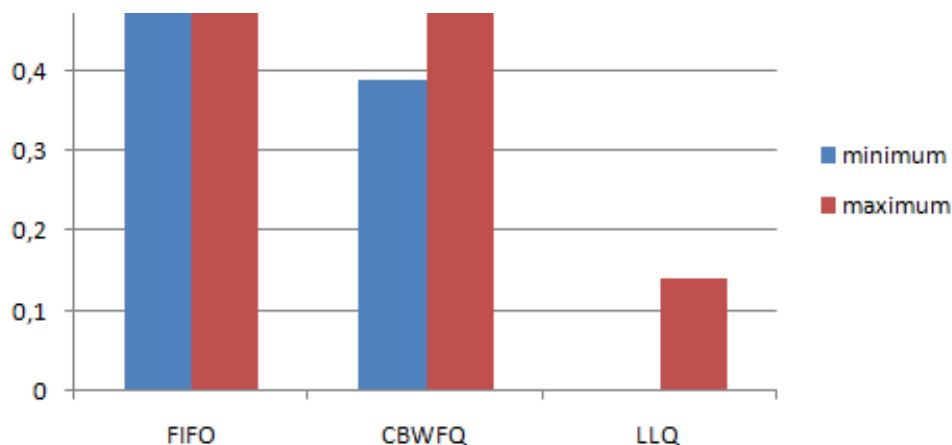
Pembahasan pada bab ini dibagi dalam dua sub bab, pembahasan pertama difokuskan pada hasil pengujian yang didapat, dan pembahasan kedua difokuskan pada pembahasan hasil pengujian dengan penelitian yang terkait.

#### 4.5.1 Pembahasan hasil pengujian

Hasil pengujian dengan FIFO menunjukkan bahwa metode ini tidak cocok dipakai untuk traffic lalu lintas suara, minimum delay yang dihasilkan oleh *one way voice traffic connection* yang dihasilkan oleh metode FIFO adalah sebesar 1,176 detik alias 1.176 milidetik dan maksimum delay yang dihasilkan oleh metode FIFO adalah sebesar 9,276 detik alias 9.276 milidetik, sedangkan standar rekomendasi untuk delay yang ditetapkan oleh ITU-T G.114 *one way voice traffic connection* adalah sebesar 150 milidetik atau kurang.

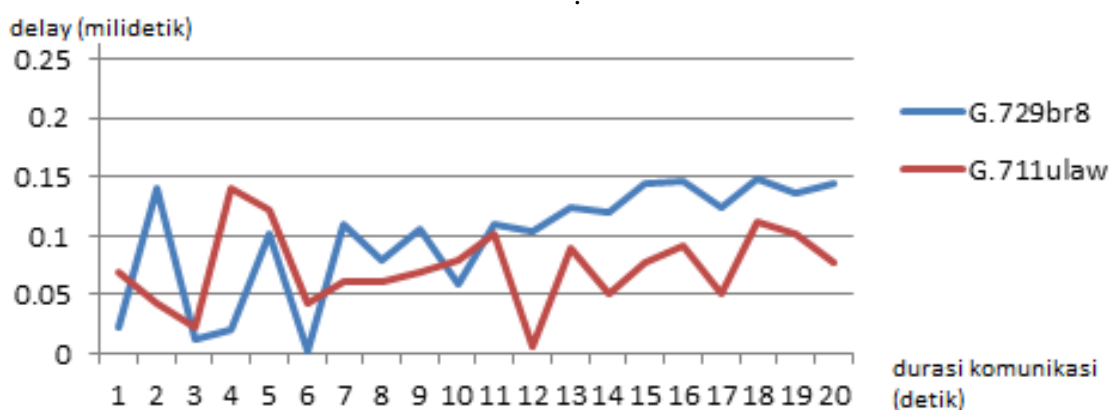
Pada pengujian manajemen kongesti dengan metode CBWFQ menunjukkan metode inipun tidak terlalu cocok dipakai untuk lalu lintas suara, minimum delay yang dihasilkan oleh *one way voice traffic connection* yang dihasilkan oleh

metode CBWFQ adalah sebesar 0,387 detik alias 387 milidetik, sesuai dengan *acceptable delay* yang ditetapkan oleh ITU-T G.114 yaitu 400 milidetik atau kurang, akan tetapi maksimum delay yang dihasilkan oleh metode CBWFQ adalah sebesar 4,558 detik alias 4.558 milidetik yang membuat standar manajemen kongesti CBWFQ ini tidak terlalu cocok diterapkan di jaringan yang mengintegrasikan paket suara didalamnya.



Gambar 20 Grafik Maksimum dan Minimum delay dari masing-masing metode manajemen kongesti

Sedangkan dalam manajemen kongesti dengan metode LLQ, hasil pengujian menunjukkan bahwa minimum delay yang dihasilkan oleh metode LLQ adalah sebesar 0,001 detik alias 1 milidetik dan maksimum delay yang dihasilkan oleh metode LLQ adalah sebesar 0,142 detik alias 142 milidetik, hal ini membuat standar manajemen kongesti LLQ cocok diterapkan di jaringan yang mengintegrasikan paket suara didalamnya.



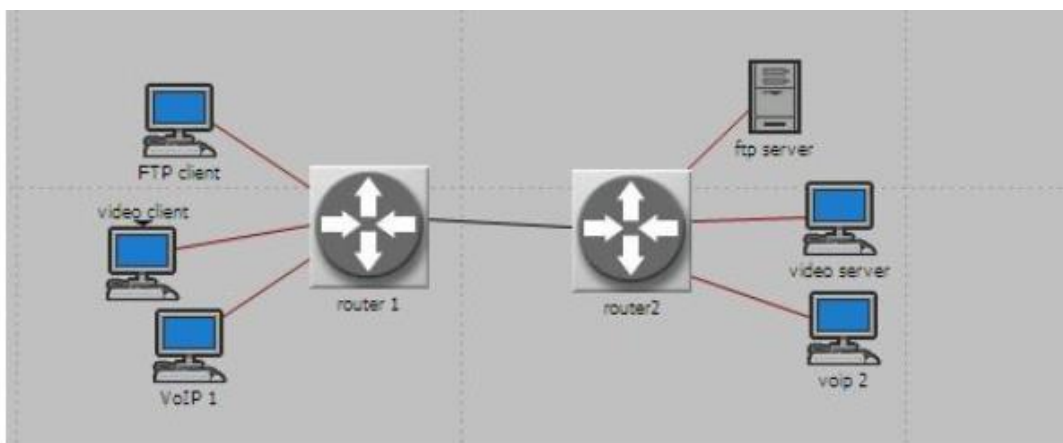
Gambar 21. diagram perbandingan antara codec G.711ulaw dan G.729br8

Dalam percobaan yang dilakukan untuk membandingkan perbedaan waktu delay antara codec G.711ulaw dan G.729br8 dan mengintegrasikannya dengan LLQ selama 20 detik didapat bahwa implementasi LLQ dengan codec G.711ulaw

tidak berpengaruh banyak terhadap delay, sedangkan delay G.729br8 mengalami perubahan yang cukup berarti mengingat waktu delay yang dihasilkan oleh codec itu masih dalam standar rekomendasi ITU-T G.114 ( <150ms ), tetapi implementasi LLQ dengan G.729br8 masih belum bisa seperti G.711ulaw dalam hal kestabilan delay yang dihasilkan karena delay yang dihasilkan oleh codec G.729br8 setelah diamati masih terus meningkat seiring berjalannya waktu.

#### 4.5.2 Pembahasan dengan penelitian terkait

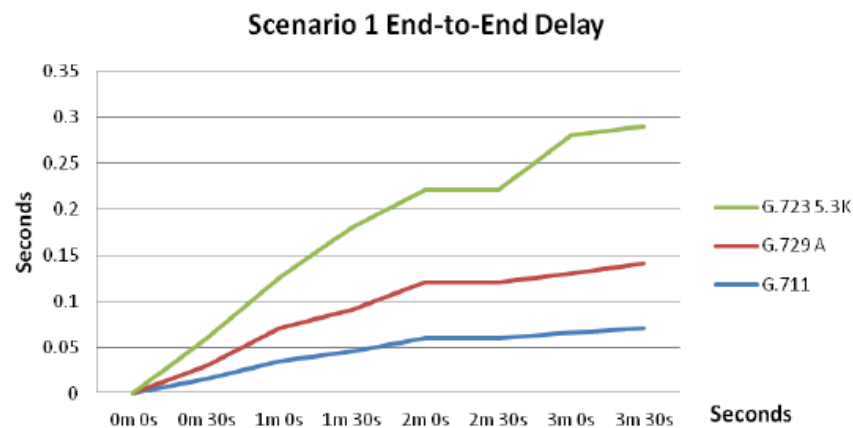
Penelitian terkait dilakukan oleh Selvakumar Valdivelu [2011], yang berjudul *Evaluating the Quality of Service in VOIP comparing various encoding techniques*. Pada penelitian ini Valdivelu [2011] menganalisa kualitas jaringan didalam jaringan yang mengintegrasikan VOIP dengan membandingkan berbagai macam encoding seperti G.711, G.723, dan G.729 serta menggabungkannya dengan beberapa QoS parameter seperti MOS (*mean opinion score*) & Jitter. Hasil dari penelitian Valdivelu [2011] didapat bahwa paket suara yang dikirimkan dan diterima pada encoding G.729 akan bertambah jika sesi berkomunikasi semakin lama.



Gambar 22. Skenario pengujian VoIP oleh Valdivelu [2011]

Di penelitian ini diambil landasan dari penelitian Selvakumar Valdivelu [2011] dengan memakai G.711 dan G.729.

Penelitian terkait berikutnya adalah Jurnal IEEE dari Martin J. Fischer, Denise M. Bevilacqua, John F. Shortle [2008], dengan jurnalnya yang berjudul *Approximating LLQ Buffer Latency*. Pada penelitian ini, Mereka menganalisa seberapa jauh delay yang dihasilkan oleh LLQ terhadap berbagai tipe data berdasarkan DSCP (Differentiated Service Code Point). Landasan teori dari LLQ inilah yang menjadi dasar dari penelitian ini.



Gambar 23 delay yang dihasilkan berbagai macam codec sesuai pengujian oleh Valdivelu [2011]

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh pada penelitian sebagai berikut:

1. Baik LLQ maupun CBWFQ mampu menghasilkan delay yang direkomendasikan oleh ITU-T G.114 yaitu 150 milidetik sampai 400 milidetik. Hanya saja delay yang dihasilkan oleh metode CBWFQ cenderung tidak stabil dibandingkan dengan LLQ.
2. Metode manajemen kongesti LLQ menghasilkan delay yang lebih baik (waktu delay yang lebih stabil) dibandingkan metode FIFO dan CBFWQ. Hal ini berdasarkan fitur *Priority Queuing* yang diadopsi oleh LLQ.
3. Pengujian LLQ dengan menggunakan 2 codec yang populer digunakan (G.711 dan G.729) menghasilkan delay yang tidak jauh berbeda.
4. Delay yang dihasilkan oleh codec G.729 dengan metode LLQ cenderung meningkat seiring lamanya waktu sesi percakapan (walaupun masih dalam standar ITU-T yaitu kurang dari 150 milidetik), sedangkan delay yang dihasilkan oleh G.711 cenderung lebih stabil, tanpa terpengaruh lamanya sesi telekomunikasi.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat ditambahkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa logika LLQ agar dapat secara signifikan mengurangi delay dari berbagai macam codec terutama oleh G.729.
2. Mencari metode manajemen kongesti alternatif yang bisa mengurangi delay pada penggunaan codec G.729.
3. Pengukuran efek delay yang lebih akurat akan lebih terlihat apabila diterapkan di jaringan VoIP yang sedang berjalan disuatu perusahaan dengan menggunakan alat dari perusahaan manufaktur jaringan lain selain Cisco.

## REFERENCES

Amin, A. H. M. [2005]. *VoIP Performance Measurement Using QoS Parameter*. International Conference on IIT, Dubai, UEA.

Beasley, Jeffrey S. Nilkaew, Piyasat [2012]. *A Practical Guide to Advanced Networking*. Indiana: Pearson, Indianapolis.

*Implementing Cisco Quality of Service (QoS) - Student Guide* [2006]. Cisco Press.

Fischer, Martin J. , Masi, Denise M. Bevilacqua, Shortle, John F., [2008]. *Approximating Low Latency Queuing Buffer Latency*. IEEE Computer Society on the 4th advanced international conference on Telecommunications, Athens.

Glasmann, J. Kellerer, W [2003]. *Service Architectures in H.323 and SIP – A Comparison* IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol.5, No.2, pp.32,47

Joseph, Vinod. Chapman, Brett [2009]. *Deploying QoS for Cisco IP and Next Generation Networks: The Definitive Guide*. Morgan Kaufmann Series.

Kurose, James F., Ross, Keith W. [2012] *Computer Networking: A Top-Down Approach (Fifth Edition)*. Pearson.

*One-way transmission time*, ITU-T Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks, G.114 [2003]

*Definition of terms related to quality of service*, ITU-T Series E: Overall Network Operation, Telephone Service, Service Operation and Human Factors, E.800 [2008]

Stalling, William [2004]. *Computer Networking with Internet Protocols and Technology*. Upper Sadle River: Prentice Hall.

Vadivelu, Selvakumar [2011]. *Evaluating the Quality of Service in VoIP and comparing various encoding techniques*. University of Bedfordshire

Wallace, Kevin [2011]. *Implementing Cisco Unified Communications Voice over IP and QoS (CVoice) Foundation Learning Guide (4th edition)*. Cisco Press.

Wittenberg, Nicholas [2009]. *Understanding Voice Over IP Technology*. Delmar, Cengage Learning.

