

# ANALISA PERBANDINGAN PERFORMANSI SKEMA SCHEDULING WFQ (WEIGHTED FAIR QUEUEING) DAN PQ (PRIORITY QUEUEING) PADA JARINGAN IP (INTERNET PROTOCOL)

R. Rumani M<sup>1</sup>, Arif Rudiana<sup>2</sup>, Agung Dewantara<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Fakultas Elektro dan Komunikasi, Institut Teknologi Telkom, Bandung

<sup>2</sup>PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk., Telkom Learning Center, Bandung

<sup>1</sup>rrn@stttelkom.ac.id, r\_rumani\_m@yahoo.com,

<sup>2</sup>arudiana@telkom.co.id, <sup>3</sup>agunk.st3@gmail.com

## Abstrak

Teknologi multimedia menyediakan layanan-layanan baru berupa video, FTP dan HTTP. Dengan meningkatnya penggunaan dan popularitas layanan multimedia saat ini menimbulkan suatu permasalahan yaitu permintaan *bandwidth* melebihi kapasitas yang disediakan oleh jaringan, yang menyebabkan terjadinya kongesti (kemacetan) dan antrian paket data. Dalam penelitian ini disimulasikan perbandingan antara dua skema penjadwalan yaitu WFQ (*Weighted Fair Queueing*) dan PQ (*Priority Queueing*) pada jaringan IP. Mekanisme penjadwalan dan manajemen antrian yang akan disimulasikan adalah paket video, FTP dan HTTP dengan menggunakan *Network Simulator-2* (ns-allinone-2.33) sebagai *software*nya. Parameter-parameter QoS yang dianalisis, adalah *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss*. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan pada penelitian ini didapatkan : pada skenario 1, skema penjadwalan WFQ *throughput*-nya maksimal 0,064 Kbps, *packet loss* minimal yaitu 0%, *delay* terkecil yaitu 26,9258 ms, *jitter* terkecil 0,220379 ms. Pada skenario 2, ketika aplikasi yang dikirimkan adalah video, kedua skema memiliki *throughput* dan *packetloss* yang sama yaitu 0,0608 Kbps dan 0%. Saat aplikasi yang dikirimkan adalah FTP dan HTTP kedua skema *scheduling* adalah sama untuk nilai *throughput*, *packetloss*, *delay* dan *jitter* masing-masing skema WFQ 1,762 Kbps, 1,2775 %, 59,7648 ms, 1,23053 ms sedangkan skema PQ 1,6792 Kbps, 1,26999 %, 69,6178 ms, 1,63239 ms. Pada skenario 3, untuk penjadwalan WFQ dengan sumber 5, 15, 30 *throughput* nya 0,128Kbps, 0,064Kbps, 225.875Kbps, 0,0636 Kbps, *packet loss*-nya yaitu 0%, 0%, 38.46%, dan 0,625% *delay* 27,09797ms hingga 52,5965ms, *jitter* 0,22399ms, 1,26147ms, 9,98519ms. Sedangkan pada skenario 4, pengaruh perubahan *buffer* 25, 100, 1000 skema penjadwalan WFQ *throughput* maksimal 0,0638667 Kbps, *packet loss* minimal yaitu 0,625%, *delay* terkecil yaitu 61,8178ms, *jitter* terkecil 6,77107 ms.

**Kata Kunci :** *Quality of Service, Throughput, Packet Loss, Delay, Jitter.*

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Teknologi multimedia menyediakan layanan-layanan baru berupa suara, data, dan video. Meningkatnya penggunaan dan popularitas layanan multimedia ternyata tidak diiringi dengan *resource* jaringan yang diperlukan oleh *user*. Kondisi ini menyebabkan permintaan *bandwidth* melebihi kapasitas yang disediakan oleh jaringan yang menyebabkan terjadinya kongesti dan antrian.

Untuk itu perlu adanya *Quality of Service* (QoS) yang memberikan jaminan kepada *user* bahwa komunikasi akan berlangsung dengan tingkat kehandalan yang tinggi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah membandingkan performansi skema penjadwalan WFQ dan PQ dengan tujuan untuk dapat meningkatkan QoS pada jaringan IP.

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari terlalu luasnya pembahasan dalam penelitian ini, kami membatasi permasalahan pada hal-hal sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan dengan metode simulasi jaringan yaitu menggunakan perangkat lunak *Network Simulator 2.33* (ns-allinone-2.33).
2. Mekanisme penjadwalan yang dibahas adalah *Weighted Fair Queueing* (WFQ) dan *Priority Queueing* (PQ)
3. Protokol transport yang diteliti adalah UDP/CBR (video) dengan *background traffic* TCP/FTP.
4. Parameter yang dianalisis adalah *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *jitter*.

## 1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis performansi dua skema penjadwalan *Weighted Fair Queueing* (WFQ) dan *Priority Queueing* (PQ) dalam meningkatkan QoS pada jaringan IP.
2. Membandingkan hasil analisis dua skema penjadwalan *Weighted Fair Queueing* (WFQ) dan *Priority Queueing* (PQ) sehingga dapat diketahui mekanisme penjadwalan yang terbaik untuk digunakan pada jaringan IP.

## 1.5. Metodologi Penelitian

1. Studi Literatur <sup>[1], [2], [5]</sup> : Pada tahap ini dilakukan pendalaman materi tentang konsep dan teori tentang penjadwalan WFQ dan PQ, serta jenis simulator yang digunakan, yaitu NS-2.
2. Pemodelan Sistem : Berbagai masukan pada simulasi pemodelan sistem yang digunakan, adalah parameter masukan, parameter keluaran, dan konfigurasi jaringan.
3. Simulasi : Proses simulasi dilakukan dengan menggunakan *Network Simulator-2* (ns-allinone-2.33) yang memberikan gambaran grafik dari topologi jaringan yang telah dibuat.
4. Analisa Performansi : Berdasarkan simulasi yang dilakukan diperoleh hasil yang kemudian digunakan sebagai data untuk menganalisis performansi jaringan.
5. Menarik kesimpulan dan memberikan saran yang diperlukan, berdasarkan hasil penelitian.

## 2. Kajian Pustaka

### 2.1 *Quality of Service* (QoS) <sup>[6]</sup>

*Quality of Service* (QoS) adalah kemampuan suatu jaringan dalam menyediakan layanan yang lebih baik pada suatu trafik data tertentu pada berbagai jenis platform teknologi. Terdapat 4 parameter QoS yang umum dipakai, yaitu: *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *jitter*.

## 2.2. Throughput

*Throughput* didefinisikan sebagai banyaknya *bit* yang sukses terkirim dari sumber sampai ke tujuan dalam selang waktu pengamatan, dengan satuan *bit per second* (bps) yang merupakan kondisi *data rate* sebenarnya dalam suatu jaringan, dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Throughput} = \frac{\sum \text{Paket yang berhasil dikirim}}{\sum \text{Waktu pengamatan}} \quad [7]$$

## 2.3. Packet Loss

*Packet loss* didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket IP mencapai tujuannya. Di dalam implementasi jaringan IP, nilai *packet loss* ini diharapkan mempunyai nilai yang minimum. Secara umum terdapat 4 kategori penurunan performansi jaringan berdasarkan nilai *packet loss* menurut standar ITU-T. Rumus untuk menghitung besarnya *packet loss*, adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ Packetloss} = \frac{\sum \text{Paket yang hilang}}{\sum \text{Paket yang dikirim}} \times 100 \% \quad [7]$$

## 2.4. Delay

*Delay* adalah waktu tunda suatu paket atau jumlah waktu yang dibutuhkan oleh sebuah paket untuk sampai pada *end point* tujuan setelah ditransmisikan dari titik pengiriman (*end to end delay*). *Delay* terjadi karena proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya, dan terbatasnya kecepatan sinyal dalam media. *Delay* yang direkomendasikan untuk berbagai media perambatan, adalah berdasarkan rekomendasi *ITU-T G.114*.

## 2.5. Jitter

*Jitter* merupakan variasi *delay* antar paket yang terjadi pada jaringan IP. Besar nilai *jitter* dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan besar tumbukan antar paket (*congestion*) yang ada di dalam jaringan IP. Semakin besar beban trafik di dalam jaringan akan menyebabkan semakin besar pula peluang terjadinya *congestion* dengan demikian nilai *jitter*-nya akan semakin besar. Semakin besar nilai *jitter* akan mengakibatkan nilai QoS akan semakin turun.

## 2.6. Disiplin Antrian <sup>[6]</sup>

### 2.6.1. Priority Queuing (PQ)

PQ menjadi dasar dari skema penjadwalan yang berdasarkan kelas antrian. Mekanisme skema ini adalah setiap paket ditandai dengan suatu prioritas kemudian paket diklasifikasikan oleh sistem, dan dimasukkan pada kelas-kelas prioritas yang berbeda-beda. Dalam masing-masing kelas prioritas tersebut paket-paket kemudian dijadwalkan berdasarkan prioritas. Keuntungan dalam penggunaannya praktis di Internet yaitu untuk melindungi *routing update packets* dengan memberikan prioritas yang lebih tinggi dan antrian khusus pada *router*.

### 2.6.2. Weighted Fair Queueing (WFQ)

WFQ merupakan bagian dari keluarga algoritma *Fair Queueing*. *Fair Queueing* menjadi sebuah solusi untuk keterbatasan FIFO, dimana pada FIFO paket-paket tidak dipisahkan dengan aliran (*flow*).

WFQ secara otomatis menggolongkan informasi sesi paket (jenis protokol, *source/destination TCP/UDP port number, source/destination IP address, ToS*). Mekanisme awalnya adalah memisahkan trafik pada suatu *interface* kedalam aliran, menentukan kecepatan transmisi dari tiap aliran, dan kemudian pembobotan prioritas dari setiap aliran. Trafik dengan *bandwidth* rendah diberikan prioritas efektif di atas trafik *bandwidth* tinggi, dan trafik dengan *bandwidth* tinggi membagi bersama layanan transmisi secara proporsional menurut pembobotan yg telah ditentukan.

### 3. Ukuran kinerja system <sup>[7]</sup>

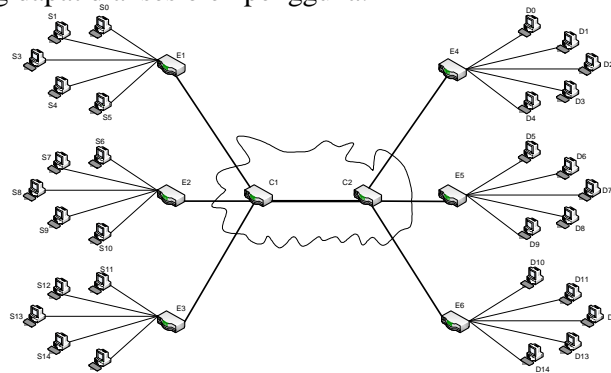
Ukuran kinerja sistem yang dianalisis di dalam penelitian ini, adalah *delay, jitter, throughput* dan *packetloss*.

### 4. Pemodelan Sistem

Pokok-pokok permasalahan yang dibahas dalam membuat pemodelan sistem untuk menganalisis kinerja dari masing – masing antrian adalah konfigurasi jaringan, parameter-parameter pemodelan dan skenario simulasi.

#### 4.1. Konfigurasi jaringan <sup>[3], [9]</sup>

Secara umum konfigurasi jaringan yang digunakan dalam simulasi ini adalah seperti yang terlihat dalam gambar berikut, terdiri atas *backbone network*, yang merupakan jaringan dasar, dan *access network*, yang dapat diakses oleh pengguna.



Gambar 4.1. Topologi Jaringan

#### 4.2. Parameter-parameter Pemodelan

Parameter pemodelan terdiri atas parameter masukan yang berupa *node* jaringan (S0-S14 = *source*), *edge router* (E1-E3), *agent*, ukuran paket (500 byte/paket), *link* jaringan, dan durasi simulasi (60 detik); sedangkan parameter keluarannya, adalah *delay, jitter, packetloss* dan *throughput*.

#### 4.3. Skenario Simulasi

Skenario simulasi dilakukan dengan mengubah-ubah jumlah sumber dan perubahan kapasitas *bottleneck link*. Aplikasi trafik yang diamati dengan menggunakan generator trafik CBR (*Constant Bit Rate*).

Berikut adalah empat skenario yang digunakan dalam penelitian ini, yang parameter-parameternya sejauh mungkin diusahakan mendekati kondisi nyata dilapangan.

**Skenario 1 : Analisis Perubahan Kapasitas *Bottleneck Link* dengan sumber tetap**

**Skenario 2 : Analisis Pengaruh Perubahan Aplikasi**

**Skenario 3: Analisis Perubahan Sumber dengan Kapasitas *Bottleneck Link* Tetap**

**Skenario 4 : Analisis Pengaruh Perubahan Batas Antrian**

#### 4.4. Pembuatan simulasi <sup>[1], [2], [4]</sup>

Dalam simulasi ini digunakan perangkat lunak *Network Simulator* versi 2.33 (ns-2.33) yang bekerja pada sistem operasi Linux Ubuntu 8.10.

Adapun langkah-langkah untuk menjalankan program simulasi adalah sebagai berikut <sup>[1]</sup> : buka *gnome-terminal*, tuliskan alamat dimana file disimpan : `cd /home/[namafolder]`, dan running program : `ns [namafolder.tcl]`

#### 4.5. Analisa Pengaruh Perubahan Kapasitas *Bottleneck Link*

##### 4.5.1. Pengaruh Perubahan Kapasitas *Bottleneck Link* terhadap *Throughput*

Dari hasil simulasi, dapat diketahui bahwa saat suatu paket data dikirimkan pada kondisi kapasitas link 1 Mbps skema *scheduling PQ* menghasilkan *throughput* 0,00146667 *Kbps* dan skema skema *scheduling WFQ* 0,61333 *Kbps*. Jadi saat kapasitas link 1 Mbps nilai *throughput* skema *scheduling PQ* lebih kecil dibandingkan dengan *scheduling WFQ*. Pada saat kapasitas *link* dinaikkan menjadi 5 Mbps dan 10 Mbps nilai *throughput* sama besar, baik menggunakan *scheduling PQ* maupun *WFQ*, yaitu sebesar 0,064 *Kbps*.

##### 4.5.2. Pengaruh Perubahan Kapasitas *Bottleneck link* terhadap *Packetloss*

Pada kapasitas *link* 1 Mbps skema *scheduling WFQ* lebih baik dibandingkan dengan skema *scheduling PQ* sesuai dengan standar *ITU-T G.107*. Sedangkan untuk kapasitas 5 Mbps dan 10 Mbps memiliki *packetloss* yang sangat baik, yaitu sebesar < 3%, sesuai standar *ITU-T G.107*

*Packet loss* terbesar terjadi saat *link core* 1 Mbps yaitu diatas 97,7083% pada skema *scheduling PQ* dan 4,16667% pada skema *scheduling WFQ*. Untuk *link core* 1 Mbps performansi *WFQ* jika dilihat dari *packet loss*nya lebih baik dibandingkan *PQ*. Sedangkan untuk *link core* 5 Mbps dan 10 Mbps memiliki peformansi yang sangat baik, yaitu masing-masing sebesar < 3%.

##### 4.5.3. Pengaruh Perubahan Kapasitas *Bottleneck link* terhadap *Delay*

*Delay* terbesar dihasilkan pada kapasitas *link* 1 Mbps dengan nilai 16895,2 *ms* sedangkan *delay* terkecil dihasilkan ketika kapasitas *link* bernilai 10 Mbps sebesar 26,9258 *ms*. Pada setiap nilai kapasitas *link* yang diujikan skema *scheduling PQ* menghasilkan *delay* yang lebih besar dibandingkan dengan *delay scheduling WFQ*.

Menurut standarisasi *ITU-T G.114* pada saat kapasitas *link* 1 Mbps, skema *scheduling WFQ* lebih baik dibandingkan dengan skema *scheduling PQ*, karena *PQ* melebihi batas toleransi *delay* yaitu sebesar 400 *ms*. Sedangkan untuk kapasitas *link* 5 Mbps dan 10 Mbps telah memenuhi standar *ITU-T G.114*, berlaku untuk *WFQ* dan *PQ* dengan nilai *delay* < 150 *ms*.

#### 4.5.4. Pengaruh Perubahan Kapasitas *Bottleneck link* terhadap *jitter*

Pada kapasitas *link* 1 Mbps *WFQ* memiliki *jitter* 16,079 ms dan *PQ* memiliki *jitter* sangat besar 532,34 ms. Kapasitas *link* 5 Mbps *WFQ* memiliki *jitter* 7,75008 ms dan *PQ* memiliki *jitter* sangat besar 4,89186 ms sedangkan kapasitas *link* 10 Mbps *WFQ* memiliki *jitter* 0,220379 ms dan *PQ* memiliki *jitter* sangat besar 0,236353 ms.

Hasil simulasi menunjukkan, bahwa untuk kapasitas *link* 1 Mbps nilai *jitter* untuk skema *scheduling PQ* > 225 ms, yaitu sebesar 4388,49 ms, yang berarti nilai *jitter* sangat buruk. Sedangkan untuk *WFQ* sangat baik, karena nilai *jitter*nya < 75 ms. Untuk kapasitas *link* 5 Mbps dan 10 Mbps juga memiliki nilai *jitter* yang bagus karena nilai *jitter*nya juga < 75 ms sesuai dengan standar *jitter* rekomendasi ITU-T.

#### 4.6. Analisa Pengaruh Perubahan Aplikasi

Pada skenario ini dianalisis pengaruh perubahan aplikasi yang dikirimkan, terhadap performansi jaringan. Dalam skenario ini dilakukan pengiriman trafik dari lima belas sumber (*source*) ke lima belas tujuan (*destination*).

##### 4.6.1. Pengaruh Perubahan Aplikasi terhadap *Throughput*

Hasil simulasi menunjukkan, bahwa nilai *throughput* FTP dan HTTP lebih besar dibandingkan dengan *throughput* Video. Aplikasi video untuk skema *scheduling WFQ* memiliki nilai *throughput* yang sama besar dengan *PQ*, masing-masing sebesar 0,0608 Kbps. Untuk aplikasi FTP dan HTTP *scheduling WFQ* memiliki nilai *throughput* yang lebih besar dibandingkan dengan *PQ*, masing-masing sebesar 1,6792 Kbps dan 1,762 Kbps.

##### 4.6.2. Pengaruh Perubahan Aplikasi terhadap *Packetloss*

Dari hasil simulasi diperoleh, bahwa nilai *packet loss* FTP dan HTTP lebih besar dibandingkan dengan *packet loss* Video. Aplikasi video untuk skema *scheduling WFQ* memiliki nilai *packet loss* yang sama besar dengan *PQ*, masing-masing sebesar 0 %. Untuk aplikasi FTP dan HTTP *scheduling WFQ* memiliki nilai *packet loss* yang lebih besar dibandingkan dengan *PQ*, masing-masing sebesar 1,2775 % dan 1,26999 %. Semakin besar *packet loss* maka data yang sampai ketujuan akan semakin kecil. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai *packet loss* < 3% ini berarti *packet loss* yang dihasilkan sangat bagus, sesuai standar ITU-T G.107.

##### 4.6.3. Pengaruh Perubahan Aplikasi Terhadap *Delay*

Aplikasi video untuk skema *scheduling PQ* memiliki nilai *delay* yang lebih besar dibandingkan dengan *WFQ*, masing-masing sebesar 26,68 ms dan 27,08 ms. Untuk aplikasi FTP dan HTTP *scheduling PQ* memiliki nilai *delay* yang lebih besar dibandingkan dengan *WFQ*, masing-masing sebesar 69,6178 ms dan 59,7648 ms. Sesuai standar ITU-T G.107, hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai *delay* < 150 ms; ini berarti *delay* yang dihasilkan masih dapat diterima.

#### 4.6.4. Pengaruh Perubahan Aplikasi terhadap *Jitter*

Hasil simulasi menunjukkan, bahwa nilai *jitter* video lebih kecil dibandingkan dengan *jitter* FTP dan HTTP. Video untuk skema *scheduling PQ* memiliki nilai *jitter* yang lebih besar dibandingkan dengan *WFQ*. Skema *scheduling PQ* mempunyai *jitter* 1,899 ms dan Skema *scheduling WFQ* mempunyai *jitter* 1,6069 ms. Untuk aplikasi FTP dan HTTP *scheduling PQ* memiliki nilai *delay* yang lebih besar dibandingkan dengan *WFQ*, masing-masing sebesar 1,63239 ms dan 11,23053 ms.

#### 4.7. Analisa Pengaruh Perubahan Jumlah user

##### 4.7.1. Pengaruh Perubahan terhadap *Throughput*

Dari hasil simulasi terlihat bahwa *throughput* semakin kecil saat jumlah sumber ditambah. Saat jumlah sumber berjumlah lima, nilai *throughput PQ* adalah 0,126667 Kbps dan nilai *throughput WFQ* adalah 0,128 Kbps. Saat jumlah sumber berjumlah lima belas, nilai *throughput PQ* adalah 0,063733 Kbps dan nilai *throughput WFQ* adalah 0,064 Kbps. Sedangkan saat jumlah sumber berjumlah tigapuluh, nilai *throughput PQ* adalah 0,0632 Kbps dan nilai *throughput WFQ* adalah 0,636 Kbps. Jadi jumlah sumber yang sedikit akan menghasilkan *throughput* yang lebih maksimal jika dibandingkan jumlah sumber yang lebih banyak.

##### 4.7.2. Pengaruh Perubahan terhadap *Packetloss*

Hasil simulasi menunjukkan bahwa *packet loss* bertambah besar seiring dengan bertambahnya jumlah user. Skema *scheduling PQ* menghasilkan *packet loss* yang yaitu 1,041667% saat sumber berjumlah lima dan 1,6667% saat sumber berjumlah lima belas. Sedangkan saat user berjumlah tiga puluh *packet loss* skema *scheduling PQ* lebih besar dibandingkan *WFQ* masing-masing 2,5% dan 0,625%. Jadi performansi jaringan lebih baik jika jumlah user yang sedikit dan menggunakan skema *scheduling WFQ* karena memiliki *packet loss* yang lebih kecil.

##### 4.7.3. Pengaruh Perubahan terhadap *Delay*

Dari hasil simulasi, diperoleh, bahwa semakin banyak jumlah user maka *delay* semakin besar. Pada saat jumlah user lima dan lima belas *delay* skema *PQ* lebih baik dari pada *delay* skema *WFQ* karena memiliki *delay* yang lebih kecil. Lain halnya saat user ditambah menjadi tiga puluh, *delay* skema *WFQ* lebih kecil dari pada *delay* skema *PQ*. Skema *PQ* memiliki *delay* sebesar 27,0905 ms dan *WFQ* 27,9797 ms pada saat sumber berjumlah lima. Skema *PQ* memiliki *delay* sebesar 48,4729 ms dan *WFQ* 46,4525 ms pada saat sumber berjumlah lima belas. Sedangkan saat user tiga berjumlah tiga puluh skema *PQ* memiliki *delay* sebesar 52,7099 ms dan *WFQ* 52,596 ms.

##### 4.7.4. Pengaruh Perubahan terhadap *Jitter*

Dari hasil simulasi, dapat dilihat bahwa nilai *jitter* menjadi semakin besar jika jumlah user ditambah. Setiap penambahan user pada skema *scheduling WFQ* lebih baik dibandingkan skema *scheduling PQ*, karena *WFQ* memiliki *jitter* yang lebih kecil dibandingkan *jitter* pada *PQ*. Pada user berjumlah lima, nilai *jitter PQ* adalah 0,242881 ms dan *jitter WFQ* 0,22399 ms. *Jitter PQ* 7,75008 ms dan *WFQ* 1,26147 ms untuk user berjumlah

lima belas. Saat sumber berjumlah tiga puluh nilai *jitter PQ* menjadi 11,3814 *ms* dan *WFQ* sebesar 9,98519 *ms*.

#### 4.8. Analisa Pengaruh Perubahan Kapasitas *buffer*

Pada bagian ini dianalisis bagaimana jika kapasitas *buffer* diubah-ubah, yaitu 25, 100 dan 1000 paket pada *core network*. *Buffer* sendiri bertujuan guna mengatur jumlah paket dan sebagai tempat penyimpanan sementara paket sebelum dikirimkan ke alamat tujuan. Analisa keluaran yang dianalisis meliputi syarat-syarat *QoS* yaitu : *throughput*, *packetloss*, *delay* dan *jitter*.

##### 4.8.1. Pengaruh Perubahan terhadap *Throughput*

Dari hasil simulasi terlihat pengaruh perubahan kapasitas *buffer* skema *scheduling PQ* adalah sebesar 0,0626667 Kbps untuk jumlah *buffer* dua puluh lima paket dan mengalami peningkatan *throughput* pada *buffer* seratus paket menjadi 0,0633333 Kbps dan *buffer* seribu paket menjadi 0,0637333 Kbps. Sama halnya yang terjadi pada skema *scheduling WFQ* adalah sebesar 0,0632 Kbps untuk jumlah *buffer* dua puluh lima paket dan mengalami peningkatan *throughput* pada *buffer* seratus paket menjadi 0,063467 Kbps dan *buffer* seribu paket menjadi 0,0638667 Kbps.

##### 4.8.2. Pengaruh Perubahan terhadap *Packetloss*

Pada skema *scheduling PQ packetloss* terbesar terjadi pada *buffer* dua puluh lima sebesar 2,08333% kemudian berkurang menjadi 1,66667% pada kapasitas *buffernya* seratus paket dan 1,04167% saat *buffernya* seribu paket. Sama halnya juga pada skema *scheduling WFQ packet loss* terbesar terjadi pada kapasitas *buffer* dua puluh lima sebesar 1,25% kemudian turun menjadi 1,04167% pada saat kapasitas *buffernya* seratus paket dan 0,625% saat *buffer* nya seribu paket.

##### 4.8.3. Pengaruh Perubahan terhadap *Delay*

Dari hasil simulasi diperoleh, bahwa *delay* skema *PQ* lebih besar dari pada skema *WFQ* yang terjadi pada semua kondisi. Sehingga skema *scheduling WFQ* lebih baik daripada *PQ*. Skema *PQ* ini memiliki *delay* yang sama besar diantara ketiga kondisi yaitu sebesar 71,2055 *ms*. Sedangkan pada skema *scheduling WFQ* memiliki *delay* yang sama pada kondisi *buffer* paket dua puluh lima dan seribu paket masing-masing sebesar 61,8178 *ms*. Pada *buffer* seratus paket, *delay* skema *WFQ* mengalami kenaikan sebesar 62,3873. Sesuai dengan ITU-T G.107 skema *scheduling PQ* dan *WFQ* ini telah memenuhi standar dengan nilai *delay* < 150 *ms*

##### 4.8.4. Pengaruh Perubahan terhadap *Jitter*

Hasil simulasi menunjukkan bahwa skema *scheduling PQ* memiliki *jitter* yang sama pada semua kondisi, sebesar 8,47431 *ms*. Sedangkan pada skema *scheduling WFQ* memiliki *delay* yang sama pada saat kondisi *buffer* paketnya dua puluh lima dan seratus paket masing-masing sebesar 6,99905 *ms*. Pada *buffer* seribu paket, *jitter* skema *WFQ* mengalami penurunan menjadi 6,677107 *ms*. Karena pada skema *WFQ* nilai *jitter*nya lebih kecil dari pada *PQ* Sehingga skema *scheduling WFQ* lebih baik daripada *PQ*.

## 5. Kesimpulan dan Saran



## 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan simulasi dan analisa yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan kapasitas *bottleneck link* menyebabkan nilai *throughput* semakin besar, *packet loss*, *delay* dan *jitter* semakin kecil pada semua kondisi baik pada skema *scheduling WFQ* ataupun *PQ*
2. Pengaruh perubahan aplikasi terhadap parameter *output*, yaitu bahwa ketika aplikasi yang dikirimkan adalah video, kedua skema memiliki *throughput* dan *packetloss* yang sama besar, begitu pula ketika aplikasi yang dikirimkan adalah FTP dan HTTP, maka kedua skema *scheduling* adalah sama untuk nilai *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *jitter*.
3. Penambahan jumlah *user* berpengaruh pada nilai *throughput* yang semakin kecil, sedangkan *packet loss*, *delay* dan *jitter* semakin besar.
4. Penambahan kapasitas *buffer* menyebabkan *throughput* semakin besar, dan *packet loss* semakin mengecil.

## 5.2. Saran

1. Perlu ketelitian dalam mengolah data simulasi karena banyaknya data yang diolah yaitu sumber yang berubah serta kapasitas *core* yang juga berubah.
2. Pada penelitian berikutnya dapat dilakukan pengujian menggunakan jenis skema penjadwalan yang lain seperti *WF2Q* ataupun penjadwalan lainnya untuk melihat performansi QoS yang paling baik dalam penerapannya.
3. Perlu adanya pengkajian lebih lanjut mengenai bagaimana performansinya, jika jaringan yang ada, terintegrasi antara jaringan optik, *wireless* dan *wired*.

## Referensi

- [1]. Altman, Eitan. 2003. *NS Simulator for Beginner*. France : University De Los Andes.
- [2]. Bayu, Andi Wirawan dan Indiarjo, Eka. 2004. *Mudah Membangun Simulasi dengan Network Simulator-2*. Andi Yogyakarta.
- [3]. Ericsson, “ *Optical Distribution – Network Planning* ” , 2006.
- [4]. Fall, K and Varadhan, K. 2004. *The ns Manual*, available at <http://www.isi.edu/nam/ns>
- [5]. Huth, Per Thomas. 2002. *Priority and weighted fair queuing in IP networks*, Telenor Communication, Helsinki University.
- [6]. ItoIP Solution Expert. 2007.  
[http://www.h3c.com/portal/product\\_solutions/technology/QoS/technology\\_intoduction/200701/19559\\_57\\_0.htm](http://www.h3c.com/portal/product_solutions/technology/QoS/technology_intoduction/200701/19559_57_0.htm)
- [7]. McDysan, David. 2000. *QoS & Traffic Management in IP & ATM Networks*. United State America. The McGraw-Hill Companies Inc.
- [8]. Semeria, Chuck and White, Paper : “*Supporting Differentiated Service Classes : Queue Scheduling Diciplines*”, <http://www.jupiter.net>. Jupiter Network Inc, 2001.
- [9]. Wijaya, Hendra. 2003. *Belajar Sendiri Cisco Router*. Jakarta: Elex Media Komputindo.