

SIMULASI PEMODELAN SISTEM LAYANAN GFR BERBASIS LOGIKA FUZZY PADA BUFFER SWITCH DI JARINGAN ATM

Rendy Munadi¹, Sar Sardy², Dadang Gunawan³

¹Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom, Bandung

^{2,3}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Kampus Baru, Depok.

¹rendymunadi@bdg.centrin.net.id, ²ssardy@rad.net.id, ³guna@yexa.eng.ui.ac.id

Abstrak

Paper ini membahas mekanisme pengendalian manajemen *buffer* dalam mengimplementasikan layanan *Guaranteed Frame Rate* (GFR) pada Jaringan ATM berbasis logika fuzzy yang dikenal sebagai *Fuzzy Fair Buffer Allocation* (FFBA). Mekanisme ini lebih fleksibel, mudah diimplementasikan dan memproses penerimaan, pengalokasian dan pembuangan sel yang masuk pada *buffer* sesuai sifat *First Input First Output* (FIFO), serta menjamin *Minimum Cell Rate* (MCR) bagi trafik TCP/IP di jaringan ATM. Sebagai parameter dalam simulasi ini, seperti ukuran *buffer* sisa dan jumlah sel terkirim yang mampu menunjukkan bahwa FFBA memberikan jaminan MCR, total *throughput* sistem yang lebih dari penggunaan mekanisme konvensional dan maksimum *buffer occupancy*, dapat dicapai dengan meningkatnya beban trafik prioritas tinggi.

Kata kunci: layanan GFR, TCP/IP, *Fuzzy Fair Buffer Allocation* (FFBA), *switch* ATM

Abstract

This paper will discuss a mechanism for buffer management control to implement the ATM Guaranteed Frame Rate (ATM-GFR) Service based on fuzzy logic, which is called Fuzzy Fair Buffer Allocation (FFBA). The mechanism provides a more flexible, easily implementation to process the admitted, discarded, and allocated of cells in the FIFO buffer, which guarantees the Minimum Cell Rate (MCR) to TCP/IP traffic in the ATM Networks. The simulation on some parameters such as the rest of buffer size and the amount of sending cells indicates that the FFBA provides a minimum rate (MCR), also the total throughput of the system can more above the usage of conventional mechanism and maximum of buffer occupancy can be achieved with high priority traffic load increase.

Keywords: GFR service, TCP/IP, Fuzzy Fair Buffer Allocation (FFBA), ATM switch

1. Pendahuluan

Berkembangnya teknologi jaringan data kecepatan tinggi menuntut lahirnya inovasi-inovasi baru sehingga setiap layanan yang ditawarkan pada pelanggan mempunyai kualitas yang terbaik. Elemen Jaringan data kecepatan tinggi seperti di jaringan ATM adalah *switch* ATM itu sendiri, disamping *link* yang menghubungkannya.. Lahirnya teknologi masa depan tidak lepas dari komponen ini, sehingga penelitian-penelitian lebih lanjut terus dilakukan guna mendapatkan kinerja jaringan yang optimal dan mempunyai biaya yang rendah [1,6].

Perkembangan terakhir menunjukkan bahwa trafik pengguna internet sangat menakjubkan, oleh karena itu perlu solusi yang tepat sehingga kegagalan koneksi dan kelambatan waktu layanan dapat dikurangi, atau dengan kata lain pengguna internet merasa mendapatkan kepuasan yang baik dari penyelenggara jaringan.

Trafik internet secara makro berupa trafik data sehingga dapat dipandang sebagai trafik terpaketisasi dengan membentuk segmen-segmen TCP dengan *Maximum Segment Size* (MSU) yang ditentukan oleh *Maximum Transmission Unit* (MTU) dari lapis penghubung elemen jaringan.

Layanan GFR seepenuhnya dirancang untuk paket-paket TCP pada lapis *ATM Adaptation Layer 5* (AAL5) dengan melalui tingkat-tingkat seperti *policing*, manajemen *buffer* dan *scheduling* [1-3].

Pengguna dapat mengirimkan paket-paketnya yang berisi sel-sel yang ditandai atau berprioritas rendah (bit CLP=1) dan sel-sel yang tidak ditandai atau berprioritas tinggi (bit CLP=0). Suatu *frame* dibangun dsri sel-sel ysnng mempunyai nilai CLP yang sama. Hanya *frame-frame* yang berprioritas tinggi yang mendapatkan jaminan *Minimum Cell Rate* (MCR). Mekanisme penandaan tersebut sangat penting, sehingga jaringan dapat terhindar dari kondisi kongesti. Terdapat dua operasi yang penting pada layanan GFR sebagai bagian dari mekanisme yaitu : (1) penentuan *occupancy buffer* dan (2) penempatan sel-sel dalam sebuah antrian. Oleh karena itu problem yang sering muncul adalah bagaimana meningkatkan utilitas pada kondisi ruang *buffer* terbatas, sehingga lebih efisien [2,4,5,8].

Pada metode konvensional sistem pengendalian data masuk biasanya dengan *dropping policy* yang bergantung pada *Buffer Occupancy* (BO) dan mengatur jumlah sel yang antrian di *buffer*. Proses penerimaan, penempatan dan pembuangan sel di *buffer* ditentukan oleh batas ambang atas dan batas

ambang bawah. Oleh karena itu metode ini tidak *adaptive* terhadap perubahan beban trafik yang sewaktu-waktu berubah dengan cepat, sehingga besar *throughput* yang dihasilkan mengalami penurunan.[3][4]

Karena itu, dipaparkan suatu metode kendali berbasis logika fuzzy (FFBA) yang merupakan bagian dari manajemen *buffer*, sehingga dapat meningkatkan kinerja layanan GFR pada Jaringan ATM. Metode ini relatif menjamin kecepatan minimum untuk kebutuhan koneksi *user* ke jaringan dan total *throughput* sistem lebih besar dibanding metode non-fuzzy (konvensional) [9,10].

Didalam paper ini dilakukan tinjauan simulasi dengan parameter input seperti koneksi virtual (*Virtual Channel*) sejumlah lima buah terhadap kedua metode diatas, dengan membandingkan karakteristik dan total *throughput* yang dihasilkan. Pembangkitan trafik dengan distribusi Poisson dimodelkan terhadap semua pola kedatangan paket, sehingga analisa dan perhitungan dapat dilakukan. Program simulasi dibuat dengan bahasa pemrograman Delphi.

2. Sistem Layanan GFR Berbasis Logika Fuzzy pada Buffer Switch di Jaringan ATM

2.1 ATM dan Layanan GFR

ATM adalah suatu teknologi jaringan yang mampu melakukan pengiriman informasi berkecepatan tinggi, dengan pengguna yang berkomunikasi melalui jaringan dalam ukuran sel yang tetap. ATM menggunakan alokasi lebar pita (*bandwidth*) yang dinamis, yaitu *bandwidth* dialokasikan pada pengguna sesuai dengan trafik kontrak (QoS) yang disepakati lebih dulu.

Berikut adalah konsep dasar teknologi ATM:

- Semua informasi dibawa dalam bentuk unit data dengan panjang yang tetap yang disebut sebagai sel. Setiap sel terdiri dari 53 oktet atau *bytes*. Lima *byte* pertama berisi *cell-header* dan 48 *byte* sisanya berisi *payload* atau *information field*. *Header* berfungsi untuk mengidentifikasi sel dari satu sambungan virtual (*virtual connection*) yang sama, dan melakukan *routing*.
- Bersifat *connection-oriented*, sebelum informasi dikirimkan dari terminal menuju jaringan, yaitu pada *fase* pembangunan hubungan, harus dicek lebih dahulu apakah jaringan mampu atau tidak menyediakan sumber daya jaringan. Jika sumber tidak mencukupi, hubungan tersebut akan ditolak, tetapi jika sumber yang tersedia cukup untuk memberikan akses, maka permintaan hubungan akan diterima.
- Tidak ada koreksi *error* atau *flow control* pada *link-by-link basis*.
- Menggunakan prinsip *asynchronous time-division multiplexed* atau *statistical TDM* (*Time Division Multiplexed*).

Beberapa kategori layanan didefinisikan dalam Standar ATM untuk mendukung kebutuhan setiap aplikasi, yaitu: *Constant Bit Rate* (CBR), *Real-time Variable Bit Rate* (Rt-VBR), *Non real-time Variable Bit Rate* (Nrt-VBR), *Available Bit Rate* (ABR), *Unspecified Bit Rate* (UBR) dan *Guaranteed Frame Rate* (GFR).

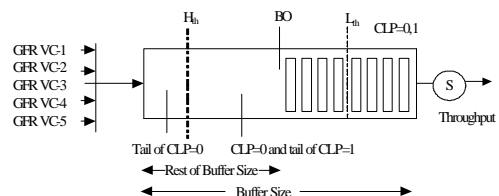
Layanan GFR didefinisikan untuk mendukung aplikasi-aplikasi *non real-time* dan memperkenalkan *frame AAL-5*, serta melakukan pembuangan pada *level frame*. Oleh karena itu, layanan ini dikatakan juga sebagai layanan *frame-based* dengan *rate* yang terjamin. Layanan GFR memungkinkan pengguna untuk memperoleh suatu layanan *minimum rate* saat jaringan mengalami kongesti, dan dapat mengirim pada *rate* yang lebih tinggi jika *resources* tersedia. Contoh aplikasi layanan GFR adalah *frame relay internetworking* dan seluruh aplikasi layanan *Unspecified Bit Rate* (UBR).

GFR menggunakan AAL-5 untuk membuat batasan-batasan *frame* terlihat dalam ATM *layer*. Dengan menggunakan AAL5, layanan GFR secara penuh didisain khusus untuk paket-paket TCP. Berikut akan dijelaskan metode pengendalian antrian yang meliputi metode konvensional dan metode berbasis logika *fuzzy*.

2.2 Metode Konvensional

Kendali antrian dengan metode konvensional seperti terlihat pada Gambar 1, dijelaskan bahwa kendali dilakukan dengan mengatur penempatan antrian pada *buffer* masing-masing VC berdasarkan mekanisme *policing* yang berbasis FIFO [2,3]. Mekanisme *policing* bergantung pada *Buffer Occupancy* (BO) yang mengatur jumlah sel antrian di *buffer*, yaitu :

- Jika $BO < LBO$, maka semua sel dapat memasuki *buffer*
- Jika $LBO < BO < HBO$, maka semua sel yang ditandai dengan bit $CLP=1$ akan dibuang.
- Jika $BO > HBO$, maka hanya sel terakhir dengan bit $CLP=0$ sebagai sel yang tidak ditandai yang diterima *buffer*, sel-sel dengan bit $CLP=1$ akan selalu dibuang lebih dahulu.

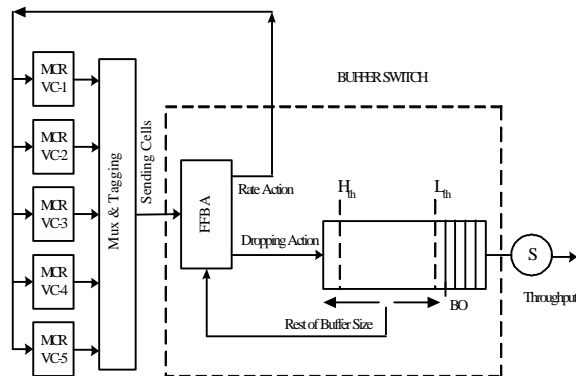


Gambar 1. Mekanisme Policing berbasis FIFO[3]

2.3 Metode Berbasis Logika Fuzzy

Pemodelan yang dibuat dalam mensimulasikan layanan GFR terhadap trafik TCP/IP terdiri dari elemen Sumber (VC_i yang membawa MCR_i

masing-masing), *Multiplexing and Tagging*, dan *Buffer Switch* (dengan *fuzzy rule* yang mengendalikan mekanisme penempatan paket-paket di ruang *buffer*) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model Simulasi Layanan GFR Berbasis Logika Fuzzy [10]

Pada *buffer switch* terdapat elemen pengendali berbasis pada logika *fuzzy* yang dikenal dengan nama *Fuzzy Fair Buffer Allocation* (FFBA). FFBA merupakan suatu metode yang dapat melakukan pengendalian dengan memanfaatkan ruang *buffer* sisa sebagai umpan balik untuk melaksanakan tindakan pembuangan paket dan pengaturan *rate* kedatangan paket berikutnya, berdasarkan jaminan *bandwidth* minimumnya dan tingkat prioritas dari paket tersebut [8,10]. Penggunaan *High Threshold* (H_{th}) dan *Low Threshold* (L_{th}) dilihat sebagai indikator bagi besaran *Buffer Occupancy* (BO) setiap saat, sehingga berlaku ketentuan berikut :

- Jika $BO > L_{th}$, semua paket yang datang akan diterima (AFA – *All Frame Admitted*) dan kedatangan paket berikutnya diberikan dengan *rate* yang “**Fast**”.
- Jika $L_{th} < BO < H_{th}$, paket yang datang akan ditandai sebagai *frame* dengan bit CLP = 0 dan *frame* dengan bit CLP=1. Paket dengan CLP = 0 akan diterima, sedangkan yang lain akan dibuang (CLPID), sehingga kedatangan paket berikutnya diberikan dengan *rate* yang “**Moderate**”. Penerimaan paket dengan bit CLP=1 masih dimungkinkan jika sumberdaya masih tersedia.
- Jika $BO > H_{th}$, FFBA akan membuang semua paket, kecuali paket-paket dengan bit CLP = 0 dengan jaminan *rate* minimum (MinA), sehingga kedatangan paket berikutnya diberikan dengan *rate* yang “**Slow**”.

Tabel 1. Aturan Dasar fuzzy

Sending Cell (SC)	Rest of Buffer Size (RBS)				
	VS	S	A	Lg	VLg
Sh	AFA	AFA	AFA	AFA	AFA
Av	MinA	CLPID	AFA	AFA	AFA
Ln	MinA	MinA	CLPID	CLPID	AFA

Metode FFBA mempunyai dua *input* dan dua *output* dengan fungsi keanggotaan *input*-nya adalah *Rest of Buffer Size* (RBS) dan jumlah dari *Sending Cell* (SC), sedangkan fungsi keanggotaan *output*-nya adalah *Dropping Action* (DA) dan *Rate Action* (RA).

Himpunan keanggotaan *fuzzy* untuk *input* RBS dan SC dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$T(RBS) = \{ \textit{Very Short} (VS), \textit{Short} (S), \textit{Average} (A), \textit{Long} (Lg), \textit{Very Long} (VLg) \}$$

$$T(SC) = \{ \textit{Short} (Sh), \textit{Average} (Av), \textit{Long} (Ln) \}$$

Himpunan keanggotaan *fuzzy* untuk *output* DA dan RA dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$T(Z_{DA}) = \{ \textit{All Frame Admitted} (AFA), \textit{Paket TCP dengan bit CLP=1} \text{ dibuang (CLPID)}, \textit{Paket TCP dengan bit CLP=0} \text{ diterima berdasarkan MCR (MinA)} \}$$

$$T(RA) = \{ \textit{Slow}, \textit{Moderate}, \textit{Fast} \}$$

Berdasarkan pada fungsi keanggotaan *input* maupun *output* di atas, maka dapat dibuat sebanyak 15 aturan dasar *fuzzy*, seperti terlihat pada Tabel 1.

Untuk mendapatkan keluaran akhir (Z_{DA}) dalam nilai *crisp*, maka dilakukan proses defuzzifikasi, yaitu dengan menggunakan metode *Center of Gravity* (COG). Metode ini menghasilkan suatu keluaran tunggal dengan cara memilih aturan yang aktif yang memiliki nilai derajat keanggotaan minimum pada *output* fungsi keanggotaannya [9]. Keluaran dari defuzzifikasi ini berupa keputusan (*action*) yang dihitung menurut persamaan:

$$Z_{DA} = \begin{cases} AFA & ; \text{if } 0 > Z_{DA} > 0.50 B_Size \\ CLPID & ; \text{if } 0.50 B_Size > Z_{DA} > 0.75 B_Size \\ MinA & ; \text{if } 0.75 B_Size > Z_{DA} > 0.95 B_Size \end{cases} \quad (1)$$

dengan:

$$Z_{DA} = \frac{\sum_{DA} (w_i) w_i}{\sum_{DA} (w_i)} \quad (2)$$

w_i = nilai kendali,

i = 1,m (level kuantisasi),

$?_{DA}$: fungsi keanggotaan *Dropping Action*

Karena itu, pengaruh mekanisme FFBA memperlihatkan bahwa semua paket akan dibuang jika penempatan *buffer* telah melampaui *setting* batas ambangnya, baik *high* maupun *low threshold*, sesuai dengan persetujuan antara *user* dan *network*. Dengan kata lain, mekanisme FFBA selalu menerima paket dengan bit CLP=0 sebagai paket berprioritas tinggi, dan membuang paket dengan bit CLP=1 seawal mungkin ketika akan terjadi kongesti di jaringan. Hal lain yang menarik adalah jika *rate* pengiriman paket melebihi kontrak trafik MCR, maka paket akan diterima dengan *rate* minimum sama dengan MCR-nya. Sedangkan jika pengirimannya lebih rendah dari MCR, maka paket diterima dengan jaminan *loss* minimum.

3. Simulasi dan Analisis

3.1 Simulasi

Untuk simulasi penelitian ini, dibuat *buffer size* berukuran 3000 sel, 4000 sel, 5000 sel, dan 6000 sel. Sedangkan beban trafik yang diberikan adalah beban trafik prioritas tinggi (paket dengan bit CLP=0) mulai dari 50%, 60%, 70%, 80%, 90% sampai 95%, dan prosentase sisanya dinyatakan sebagai beban trafik berprioritas rendah (paket dengan bit CLP=1).

Untuk kepentingan analisis kinerja FFBA, ditentukan nilai *Peak Cell Rate* (PCR) = 155 Mbps (367 cell/ms). Adapun batas *rate* sambungan trafik kontrak yang dialokasikan untuk: VC-1: 30Mbps, VC-2: 27Mbps, VC-3: 32Mbps, VC-4: 32Mbps, dan VC-5: 34Mbps. Trafik kontrak merupakan jaminan akan kebutuhan *Bandwidth Minimum* yang harus diberikan ketika sebuah VC mengirimkan paket TCPnya. Untuk itu dipilih nilai MCR sebagai trafik kontrak yang disepakati oleh setiap VC dengan harga 10 Mbps.

Throughput per-VC dalam simulasi ini adalah jumlah sel (paket TCP) dari masing-masing hubungan VC yang dinyatakan berhasil masuk ke dalam *buffer* setelah melalui manajemen *buffer* FFBA selama periode pengamatan, sehingga dalam grafik dinyatakan sebagai karakteristik *throughput*. Di samping itu, uji simulasi juga dilakukan untuk mendapatkan total *throughput* dan besar pendudukan *buffer* maksimum yang mampu dicapai oleh manajemen *buffer* berbasis logika fuzzy (FFBA).

3.2 Hasil dan Diskusi

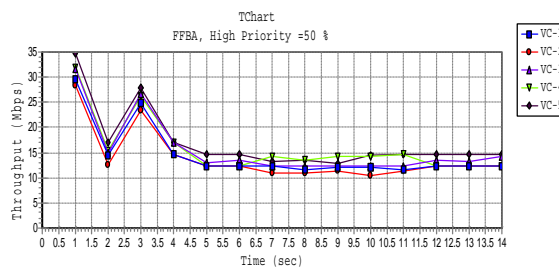
Hasil-hasil simulasi berikut memperlihatkan kinerja manajemen *buffer* FFBA dan metode konvensional (Non FFBA) sebagai pembandingnya.

3.2.1 Karakteristik *Throughput*

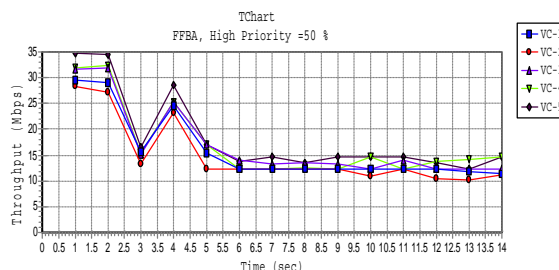
Pada Gambar.3 diperlihatkan karakteristik *throughput* untuk beban trafik prioritas tinggi 50% dengan ukuran *buffer* 3000 sel dan 6000 sel. Pada awal simulasi diperoleh *throughput* masing-masing VC sesuai dengan rate kontraknya, sehingga semua paket TCP dapat memasuki *buffer*. Pada detik ke-2, paket-paket TCP yang masuk ke *buffer* sudah mulai dibatasi sesuai dengan mekanisme FFBA yang memutuskan bahwa hanya paket dengan bit CLP=0 akan dijamin *bandwidth* minimumnya. Dengan diperbesarnya ukuran *buffer* yaitu menjadi 6000 sel, maka mekanisme FFBA mulai melakukan fungsinya setelah detik ke-2, dan terlihat bahwa semua jaminan MCR terhadap masing-masing VC dipenuhinya. Pada Tabel 2 keadaan ini dinyatakan kondisi OK.

Tabel 2 dibuat untuk memperlihatkan betapa mekanisme FFBA dapat bekerja terhadap perubahan beban dan ukuran *buffer*. Karakteristik *throughput* dinyatakan Ok jika jaminan minimum *bandwidth* atau MCR terhadap setiap VC dipenuhi selama waktu simulasi. Jadi, dapat disimpulkan bahwa

mekanisme FFBA mampu bekerja memenuhi jaminan *bandwidth* minimum dan mencegah terjadinya kongesti hingga pada beban prioritas tinggi 60% dengan ukuran *buffer* 5000 sel. Waktu dalam orde detik seperti dalam Tabel menyatakan lamanya waktu Jaminan MCR dapat dipenuhi dan jaringan belum kongesti. Setelah waktu tersebut, jaminan MCR terhadap setiap VC sulit dipenuhi dan jaringan cenderung kongesti.



(a) Buffer Size 3000 sel



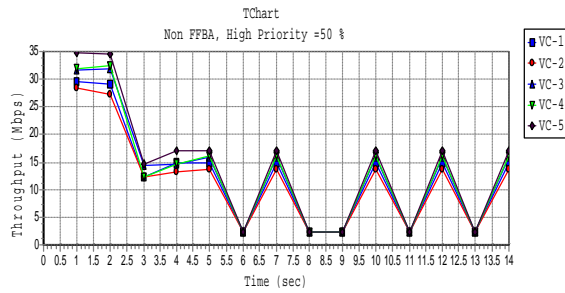
(b) Buffer Size 6000 sel

Gambar.3. Karakteristik *Throughput* FFBA dengan Beban Prioritas Tinggi 50%

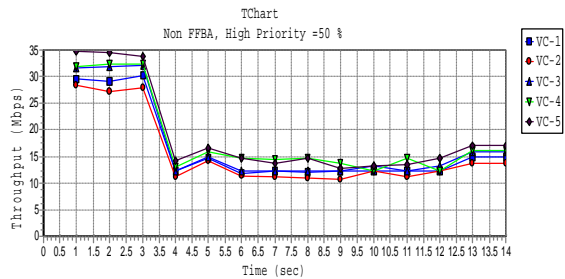
Tabel 2. Karakteristik *Throughput* FFBA terhadap Perubahan Beban Prioritas Tinggi

Load High Priority	Throughput			
	Buffer Size 3000 sel	Buffer Size 4000 sel	Buffer Size 5000 sel	Buffer Size 6000 sel
50%	Ok	Ok	Ok	Ok
60%	6 det	13 det	Ok	Ok
70%	5.5 det	5 det	12.5 det	12.5 det
80%	7 det	7.5 det	9.5 det	10.5 det
90%	5.5 det	6.5 det	8.5 det	8.5 det
95%	5.75 det	6.5 det	6.5 det	8.5 det

Untuk melihat seberapa jauh mekanisme FFBA memberikan perbaikan, juga dilihat karakteristik *throughput* jika digunakan metode konvensional (Non Fuzzy). Gambar 4 menunjukkan Karakteristik *Throughput* Non FFBA untuk beban prioritas tinggi 50%, dengan perubahan ukuran *buffer* 3000 sel dan 6000 sel. Pada ukuran *Buffer* 3000 sel, jaminan kecepatan minimum 10 Mbps dipenuhi hanya sampai waktu 5 detik, dan setelah itu kondisi kongesti terjadi. Setelah dilakukan penambahan beban prioritas tinggi, ternyata karakteristik *throughput* tidak semakin baik, sehingga jaminan MCR pada kebutuhan koneksi sulit untuk dipenuhi.



(a) Buffer Size 3000 sel



(b) Buffer Size 6000 sel

Gambar 4. Karakteristik *Throughput* Non FFBA dengan Beban Prioritas Tinggi 50%

Tabel.3 Karakteristik *Throughput* Non FFBA terhadap Perubahan Beban Prioritas Tinggi

Load High Priority	Throughput			
	Buffer Size 3000 sel	Buffer Size 4000 sel	Buffer Size 5000 sel	Buffer Size 6000 sel
50%	5 det	9 det	10 det	Ok
60%	3 det	3 det	4 det	4.5 det
70%	2.5 det	2.5 det	3.5 det	3.75 det
80%	2.5 det	2.75 det	3.75 det	3.75 det
90%	2.75 det	2.75 det	3.75 det	3.75 det
95%	2.75 det	2.75 det	3.5 det	3.75 det

Seperti terlihat di Tabel 3, jaminan MCR untuk metode Non FFBA hanya dimungkinkan jika beban jaringan dalam kondisi rendah (50% CLP=0, dan 50% CLP=1) pada ukuran *buffer* 6000 sel.

3.2.2 Total *Throughput*

Total *throughput* adalah jumlah dari *throughput* masing-masing VC yang dapat dicapai selama waktu simulasi. Evaluasi dilakukan baik untuk FFBA maupun Non FFBA.

Tabel 4 memperlihatkan total *throughput* yang dapat dicapai jika beban prioritas tinggi terus meningkat. Berdasarkan perhitungan, paket dengan MSS = 1024 byte dapat mencapai total *throughput* maksimum 126 Mbps. Tabel 4 juga menunjukkan kemampuan metode FFBA dapat mencapai total *throughput* lebih dari 70% terhadap total *throughput* maksimumnya, jika beban trafik prioritas tinggi di atas 80% dengan ukuran *buffer* 6000 sel.

Tabel 4. Total *Throughput* pada FFBA

Load High Priority	Total <i>Throughput</i>			
	Buffer Size 3000 sel	Buffer Size 4000 sel	Buffer Size 5000 sel	Buffer Size 6000 sel
50%	75.0 Mbps	77.0 Mbps	80.0 Mbps	82.0 Mbps
60%	77.0 Mbps	83.5 Mbps	86.9 Mbps	93.5 Mbps
70%	77.1 Mbps	84.5 Mbps	87.9 Mbps	93.8 Mbps
80%	79.8 Mbps	85.1 Mbps	88.8 Mbps	94.4 Mbps
90%	80 Mbps	85.5 Mbps	91.3 Mbps	96.7 Mbps
95%	83.5 Mbps	87.4 Mbps	91.4 Mbps	98.5 Mbps

Tabel 5. Total *Throughput* pada Non-FFBA

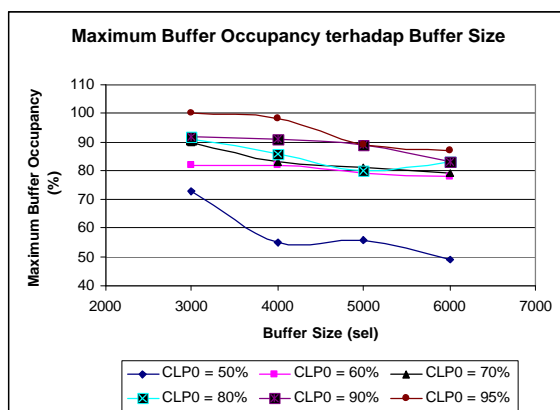
Load High Priority	Total <i>Throughput</i>			
	Buffer Size 3000 sel	Buffer Size 4000 sel	Buffer Size 5000 sel	Buffer Size 6000 sel
50%	61.0 Mbps	68.6 Mbps	77.0 Mbps	80.0 Mbps
60%	60.2 Mbps	68.4 Mbps	76.8 Mbps	70.2 Mbps
70%	52.6 Mbps	57.7 Mbps	60.7 Mbps	62.8 Mbps
80%	50.1 Mbps	54.9 Mbps	58.8 Mbps	63.7 Mbps
90%	54.3 Mbps	54.6 Mbps	58.9 Mbps	60.6 Mbps
95%	50.6 Mbps	56.7 Mbps	55.1 Mbps	61.2 Mbps

Adapun dengan metode Non FFBA, seperti terlihat pada Tabel 5, hanya dapat dicapai total *throughput* 60% terhadap total *throughput* maksimumnya. Itupun dicapai pada beban trafik prioritas tinggi hanya 50% dengan ukuran *buffer* 6000 sel. Dengan kata lain, metode Non FFBA tidak dapat mendukung pencapaian total *throughput* yang diinginkan, jika beban prioritas tinggi dinaikkan. Hal ini berbeda dengan metode FFBA yang ternyata dapat meningkatkan pencapaian nilai total *throughput*-nya untuk beban trafik prioritas tinggi dinaikkan, walaupun terbatas pada pencapaian mendekati 80% *throughput* maksimum, jika beban trafik prioritas tinggi yang diberikan terus meningkat hingga 95% dengan ukuran *buffer* 6000 sel.

Jadi jika dihubungkan dengan batas waktu pemenuhan jaminan MCR yang diberikan (seperti dibahas pada sub-bagian 3.2.1), maka total *throughput* pada FFBA adalah 93.5 Mbps atau 75% dari *throughput* maksimum-nya.

3.2.3 Maksimum *Buffer Occupancy*

Gambar.5 menunjukkan besarnya maksimum *buffer occupancy* yang dapat dicapai oleh mekanisme FFBA dengan meningkatkan beban prioritas tinggi secara bertahap, untuk berbagai ukuran *buffer*. Maksimum *buffer occupancy* dicapai dengan nilai tertinggi mendekati 100% pada beban CLP0 = 95%, dengan ukuran *buffer* yg sangat efisien, yaitu cukup 3000 sel. Hal sebaliknya dapat dilihat bahwa pada beban terendah (CLP0 = 50%), maksimum *buffer occupancy* hanya 70%, yang menunjukkan bahwa mekanisme FFBA sangat baik untuk perubahan beban trafik prioritas tinggi yang terus meningkat.



Gambar 5. Maksimum *Buffer Occupancy* terhadap Perubahan Ukuran Buffer untuk Metode FFBA

4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisis di atas dapat diambil beberapa kesimpulan penting, antara lain:

1. Secara umum metode FFBA telah berhasil dalam mengatur penempatan paket yang dibawa oleh hubungan VC dengan jaminan MCR terhadap beban trafik prioritas tinggi dan menghindarkan dari kongesti.
2. Kemampuan metode FFBA dalam menangani beban trafik prioritas tinggi yang terus meningkat ditunjukkan oleh total *throughput* yang dapat mencapai sebesar 80% dari total *throughput* maksimumnya.
3. Karakteristik *throughput* dari metode FFBA memberikan jaminan MCR dan tanpa kongesti yang dapat dicapai pada beban prioritas tinggi 60% dengan ukuran buffer 4000 sel. Sedangkan dengan Non-FFBA, hal ini terpenuhi pada beban prioritas tinggi 50% dan ukuran *buffer* 6000 sel.
4. Indikator *Buffer Occupancy* Maksimum menunjukkan bahwa mekanisme FFBA sangat tepat untuk digunakan pada kondisi beban yang dinamis, dengan kecenderungan perubahan beban prioritas tinggi terus meningkat.

Daftar Pustaka

- [1] ATM Forum, *ATM Traffic Management Specification Version 4.1*, March 1999
- [2] Bonaventure, Olivier, 1998, *Integration of ATM under TCP/IP to provide services with minimum guaranteed bandwidth*, Dissertation, University de Liege.
- [3] Goyal, R., 1999, *Buffer Management for TCP/IP over The ATM GFR Service*, The Ohio State University.
- [4] Goyal, R., 1999, *Buffer Management for TCP/IP over Asynchronous Transfer Mode (ATM) Network*, Dissertation, The Ohio State University.

- [5] Goyal, R., R. Jain, et. al., *Simulation Experiments with Guaranteed Frame Rate for TCP/IP Traffic*, ATM Forum 97-0607.
- [6] Liakopoulos, Athanassios, 1998, *Simulation Experiments with Guaranteed Frame Rate for TCP Traffic over ATM Network*, Dissertation, University of Surrey.
- [7] Munadi, R., Dadang Gunawan, Sar Sardy, *Applied Fuzzy Traffic Policer for avoiding congestion state on ATM Network*, Proceeding of International Conference On Optoelectronics and Laser Application (ICOLA'02), October 2-3, 2002, Jakarta.
- [8] Munadi, R., Dadang Gunawan dan Sar Sardy, *Manajemen Buffer dengan Fuzzy Control Prioritas pada Jaringan ATM*, Prosiding Seminar QiR ke 6 FTUI, 1 - 2 Oktober 2003.
- [9] Ross, Timothy J., 1995, *Fuzzy Logic with Engineering Application*, McGraw-Hill Inc.
- [10] Sardy, S., Rendy Munadi and Dadang Gunawan, *A Buffer Management System for TCP/IP with Fuzzy Control over the ATM-GFR Service*, The VIP Forum of the International Symposium SSCII-2004, Amalfi, Italy, Jan 29 - Feb 1, 2004.