

Analisis Kinerja QoS Pada Jaringan VSAT DVBS2X/DVB-RCS2

Agus Wahyudin

NSSLGlobal Technologies
Rolfsbuktveien 4B, 1364 Fornebu, Norway
E-mail: wahyudin.agus@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi VSAT saat ini tidak terlepas dari perkembangan aplikasi berbasis internet antara lain dalam bidang aplikasi korporasi, multimedia, VoIP, dan media sosial. Hal ini mengakibatkan kebutuhan akan bandwidth menjadi sangat signifikan sementara bandwidth satelit mempunyai keterbatasan dan aspek komersial yang lebih mahal jika dibandingkan dengan jaringan terrestrial. DVB group yang terdiri dari ilmuwan dari pabrik VSAT, media, dan juga European Space Agency (ESA) mengeluarkan standar baru dalam dunia VSAT dengan diawali lahirnya DVB-S/DVB-RCS, kemudian DVB-S2/DVB-RCS2, dan yang terakhir DVB-S2X/DVB-RCS2 untuk menjawab kebutuhan akan layanan VSAT berkecepatan tinggi. Semakin beragamnya aplikasi yang harus dijalankan dalam satu sistem komunikasi, menjadikan kecepatan data bukan satu-satunya faktor utama, akan tetapi ada faktor lain yang tidak kalah penting yaitu QoS yang merupakan kemampuan suatu sistem untuk memberikan layanan yang lebih baik terhadap aplikasi tertentu dalam suatu jaringan. Tujuan utama dari QoS adalah memberikan prioritas, termasuk bandwidth, jitter, dan latensi yang sangat penting untuk aplikasi yang sensitif terhadap jitter seperti VoIP dan Video. Sistem DVB-S2X/DVB-RCS2 sudah mendukung QoS dengan menggunakan Multi-Field Classifier (MFC) yang dapat mengklasifikasikan trafik dan memberikan perlakuan khusus terhadap trafik yang harus diprioritaskan antara lain dengan menggunakan DSCP, IP address, source dan destination port TCP/UDP, dan protokol. QoS ini sudah diimplementasikan dan sudah berjalan dengan baik. Perkembangan teknologi jaringan komputer seperti semakin maraknya penggunaan jaringan yang bekerja di layer 2, membuat pelanggan dan juga provider berkeinginan untuk mempunyai fitur VLAN based QoS, hal ini juga sesuai dengan perkembangan sistem DVB-S2X/DVB-RCS2 yang sebagian sudah menerapkan transparant VLAN yang berarti dapat mengirimkan VLAN ID dari VSAT terminal ke Hub Station, sehingga QoS berbasis VLAN dapat diimplementasikan. Pada artikel ini, dilakukan tiga skenario simulasi dengan mengirimkan data-data berupa Best Effort (BE), VoIP, Video Conference (ViC) dan Critical Data (CD) tanpa QoS, dengan QoS berbasis MFC dan QoS berbasis VLAN. Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi, kinerja QoS berbasis VLAN lebih baik dari implementasi QoS berbasis MFC.

Kata kunci : *QoS, Quality of Service, DVBS2X, DVB-RCS2, Throughput*

Pendahuluan

Perkembangan dan penggunaan aplikasi khususnya dalam bidang media seperti video streaming, media sosial, Voice Over IP (VoIP), dan aplikasi-aplikasi korporasi lainnya membuat pentingnya implementasi Quality of Service (QoS) pada jaringan VSAT [1]. Tujuannya adalah untuk dapat memenuhi aliran trafik aplikasi dengan kebutuhan yang berbeda dan memberikan prioritas terhadap aplikasi tertentu, dan pada saat yang sama meminimalkan bandwidth yang digunakan. Sebagai contoh, QoS dapat digunakan untuk memastikan bandwidth

yang disediakan dengan jitter yang minimal pada aplikasi VoIP atau Video dengan menghindari pengaruh dari trafik yang tidak sensitif terhadap jitter, misalnya, trafik web dan File Transfer Protocol (FTP) dengan cara memprioritaskan trafik-trafik tersebut. Pada jaringan VSAT, seandainya QoS tidak diimplementasikan, semua trafik akan digolongkan sebagai trafik Best Effort (BE), hal ini menyebabkan aplikasi akan saling berebut bandwidth yang dapat mengakibatkan ketidakstabilan pada aplikasi-aplikasi yang digunakan. Saat ini penerapan QoS pada VSAT menggunakan Multi-Field Classifier (MFC), dengan menggunakan IP Differ-

entiated Service (Diffserv) [2] sudah banyak digunakan untuk memprioritaskan trafik berdasarkan Differentiated Service Code Point (DSCP) pada IP header, source dan destination IP address, source dan destination port, dan Term of Service (TOS). Trafik dikelompokkan berdasarkan service class yang terdiri dari Voice Over IP (VoIP), ViC (Video Conferencing), CD (Critical Data), dan BE (Best Effort) [3]. Berdasarkan klasifikasi inilah, trafik yang datang akan dikelompokkan seandainya QoS diaktifkan untuk kemudian modem yang untuk selanjutnya disebut VMU (VSAT Modem Unit) dan Network Accelerator (NetAcc) akan memprioritaskan trafik tersebut berdasarkan urutan yang sudah didefinisikan.

Teknologi DVB-S2X/DVB-RCS2 menggunakan TDM (Time Division Multiplexing) [4] di sisi forward link dan MF-TDMA (Multi Frequency-Time Division Multiple Access) di sisi return link. Kecepatan forward link saat ini dapat mencapai 300-500 Mbps per beam dengan menggunakan satelit Ka-Band dan 20-30 Mbps dari sisi return link, hal ini bergantung pada produk yang digunakan, modulasi dan FEC (Forward Error Correction) serta dukungan dari satelit yang digunakan. Dengan kecepatan seperti ini, teknologi VSAT dapat mendukung High Throughput Satellite (HTS) yang mempunyai ratusan MHz per transponder yang sedang berkembang sekarang, dengan total kapasitas per satelit dapat mencapai 140 Gigabit/detik [5] dengan tetap kompatibel dengan satelit konvensional yang mempunyai bandwidth 36-72 MHz per transponder.

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana melakukan analisis kinerja Quality of Service (QoS) pada jaringan VSAT DVB-S2X/DVB-RCS2.

Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan simulasi penerapan QoS pada jaringan VSAT DVB-S2X/DVB-RCS2 dengan menggunakan sistem SatLink DVBS2X/DVB-RCS2 Hub dan 1 buah VMU.
2. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *L-Band loopback*, tidak menggunakan satelit. Perangkat *delay simulator* satelit berbasis linux akan digunakan untuk menyimulasikan *delay* satelit
3. Melakukan analisis dan evaluasi untuk setiap skenario simulasi untuk mendapatkan nilai *throughput*, *jitter*, dan *packet loss* yang merupakan tiga faktor penting pada jaringan VSAT.
4. Simulasi pengiriman data dari VSAT terminal ke Hub dan sebaliknya akan menggunakan skenario sebagai berikut:

- (a) Mengirimkan FTP upload dan *download*, VoIP, Video, dan critical data (CD) tanpa QoS.
- (b) Menjalankan aplikasi FTP upload dan *download*, VoIP, Video, critical data (CD) dengan menggunakan QoS berbasis MFC.
- (c) Menjalankan aplikasi FTP *upload*, VoIP, Video, critical data (CD), dengan menggunakan QoS berbasis VLAN.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan metode terbaik dalam implementasi QoS dengan cara melakukan penelitian sebagai berikut:

1. Melakukan simulasi konfigurasi QoS berdasarkan MFC dan berdasarkan VLAN
2. Menganalisis dan mengevaluasi kedua cara implementasi QoS yaitu dengan menggunakan MFC dan VLAN.
3. Membandingkan hasil dari simulasi QoS dengan menggunakan MFC dan dengan menggunakan VLAN

Penelitian Terdahulu

Broadband Satellite Networks: Trends and Challenges [6], Sastri L. Kota, menjelaskan tentang tantangan kecenderungan jaringan komunikasi satelit dimasa yang akan datang untuk memenuhi permintaan pengguna terutama dalam bidang *mobility* dan penerbangan. Perkembangan aplikasi juga menjadi salah satu yang dibahas seperti, *multicast*, *media streaming*, dan *content delivery*. Semua aplikasi ini memerlukan *bandwidth* yang besar dan juga jaminan akan layanan yang dijanjikan.

DVB-RCS2: *The Next Generation Broadband Satellite Standard For Fixed, Mobile And Mesh Networks* [7], Harald Skinnemoen. Menjelaskan teknologi DVB-RCS2 sebagai generasi kedua dari DVB-RCS, dimulai dari aspek kebutuhan secara komersial, perbaikan dari generasi sebelumnya, dan juga fitur-fitur baru. Salah satu yang terpenting adalah penambahan modulasi dan FEC, dan *Adaptive Code Modulation* (ACM) pada *return link*. Dari sisi networking, fitur utama dari DVB-RCS2 adalah *Satellite Virtual Network* (SVN) yang merupakan salah satu fitur keamanan dan juga untuk mendukung penggunaan IP address yang sama dalam satu jaringan VSAT. Pada banyak implementasi VSAT untuk public network, penggunaan *private IP address* yang sama oleh pelanggan korporasi sangat dimungkinkan terjadi dan tidak mudah untuk menggantinya, dengan SVN, hal ini tidak menjadi masalah, karena pelanggan sudah dipisahkan di sisi satelit dan jaringan dalam grup yang berbeda.

QoS mechanisms for Satellite Communications [8]., M. Luglio, C et al. menjelaskan mengenai teknologi DVB-RCS yang merupakan standar generasi pertama mengenai BoD (RBDC, CRA, VBDC), QoS pada layer 3, bertujuan untuk mengevaluasi kinerja QoS dengan cara enable dan disable QoS.

A flexible QoS Architecture for DVB-RCS2 [9], Gorry Fairhurst et al. memberikan penjelasan lebih detail mengenai DVB-RCS2, enkapsulasi baru yang digunakan pada arah *forward link* yaitu *Generic Stream Encapsulation (GSE)* dan *Return Link Encapsulation (RLE)*, komponen QoS pada DVB-RCS2, dan memberikan ilustrasi bagaimana mengkombinasikan metode-metode yang ada untuk pengalokasian kapasitas untuk grup yang berbeda, sehingga menghasilkan sebuah grup SLA dari pada menggunakan satu SLA per VSAT.

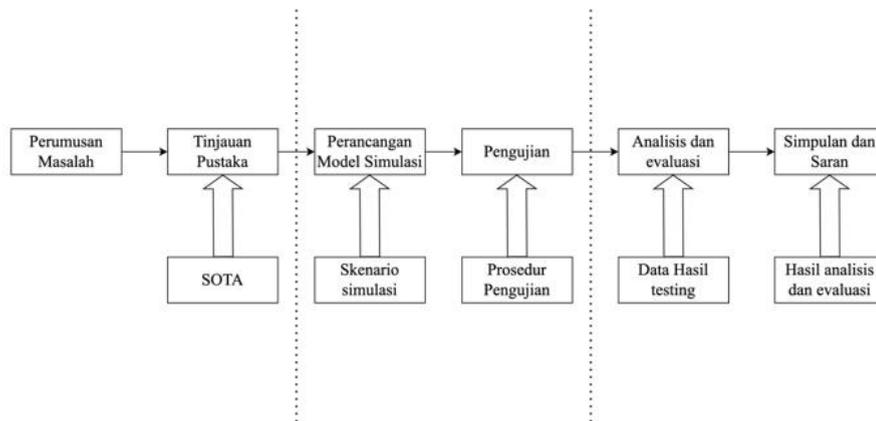
Performance Guarantees for Expanded Broadband Multimedia Satellite Services [1], Anand Srinivasan et. al, menerangkan bahwa kebutuhan akan komunikasi satelit untuk mengirimkan paket multimedia semakin berkembang. Salah satu tantangan yang dihadapi adalah bagaimana mengirimkan

trafik multimedia dari *remote* ke jaringan pusat secara real time. Penelitian dilakukan dengan membandingkan beberapa skenario pengiriman video tanpa QoS dan dengan penerapan QoS di sisi Hub, di sisi VSAT, dan di kedua sisi. Disimpulkan bahwa implementasi QoS di kedua sisi adalah yang terbaik.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengelompokkan langkah-langkah yang sudah didefinisikan menjadi 3 kelompok, yaitu, Kelompok 1 terdiri dari perumusan masalah dan tinjauan pustaka, kelompok dua terdiri dari pembuatan model simulasi dan pengujian, kelompok tiga adalah analisis dan evaluasi.

Perumusan masalah dilakukan sebagai dasar dari dilakukannya penelitian mengenai QoS dalam jaringan VSAT DVB-S2X/DVB-RCS2. Tahap selanjutnya adalah mempelajari penelitian-penelitian terdahulu yang sudah ada mengenai QoS dalam komunikasi satelit, deskripsi dari teknologi DVBS2X/DVB-RCS2, tantangan dan kecenderungan perkembangan teknologi satelit, kemudian mulai dilakukan perancangan.



Gambar 1: Metode Penelitian

Simulasi pengiriman informasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak FTP untuk trafik BE, *UDP sender/receiver* untuk trafik VoIP, ViC, dan CD, dan *jperf* untuk pengukuran *jitter*. Dengan menggunakan perangkat lunak ini, trafik *VoIP*, *Video*, dan juga aplikasi lainnya dapat dengan mudah disimulasikan dengan menggunakan port TCP/UDP tertentu untuk merepresentasikan masing-masing aplikasi tersebut.

Sebelum memulai proses simulasi, harus dilakukan pengukuran *jitter* untuk meyakinkan bahwa jaringan sudah siap digunakan. Pengukuran *jitter* menggunakan trafik BE dan VoIP dengan konfigurasi kecepatan yang sama, dan dilakukan pada kedua arah *forward* dan *return*. Untuk arah

forward link, mengingat jenis sinyal adalah TDM, selalu terpancar dan *bandwidth* yang besar dengan minimum 1Msps (*Mega symbols per seconds*), sebenarnya tidak harus dilakukan karena hasil *jitter* akan bagus, akan tetapi akan ditampilkan dalam pengukuran ini. Pada arah *return link*, pengukuran *jitter* sangat penting dilakukan antara lain karena, *return link* menggunakan teknologi MF-TDMA, sehingga sinyal tidak kontinu seperti pada *forward link*, melainkan *bursty*, dan konfigurasi *bandwidth* adalah *on-demand*, sehingga ada proses pemesanan *bandwidth*. Pengukuran dilakukan sebanyak 4 (empat) kali untuk mendapatkan nilai minimum, maksimum dan rata-rata.

Penelitian ini akan menyimulasikan 3 skenario

pengiriman data, yang pertama adalah mengirimkan data BE, VoIP, ViC, dan CD tanpa mengaktifkan QoS, kedua dengan trafik yang sama akan tetapi dengan mengaktifkan QoS, kedua skenario tersebut dilakukan dalam 2 arah. Skenario 3 adalah simulasi implementasi QoS berbasis VLAN, dengan cara menambah konfigurasi di switch untuk mendefinisikan *Priority Code Point (PCP)*, dan mengganti PCP dari aplikasi sebelumnya dengan PCP yang sudah didefinisikan di ethernet switch. Skenario-3 ini dijalankan pada arah return link saja untuk memperlihatkan bagaimana pemetaan VLAN ID dari LAN pelanggan dengan VLAN ID pada modem beserta nilai PCP yang dibawa.

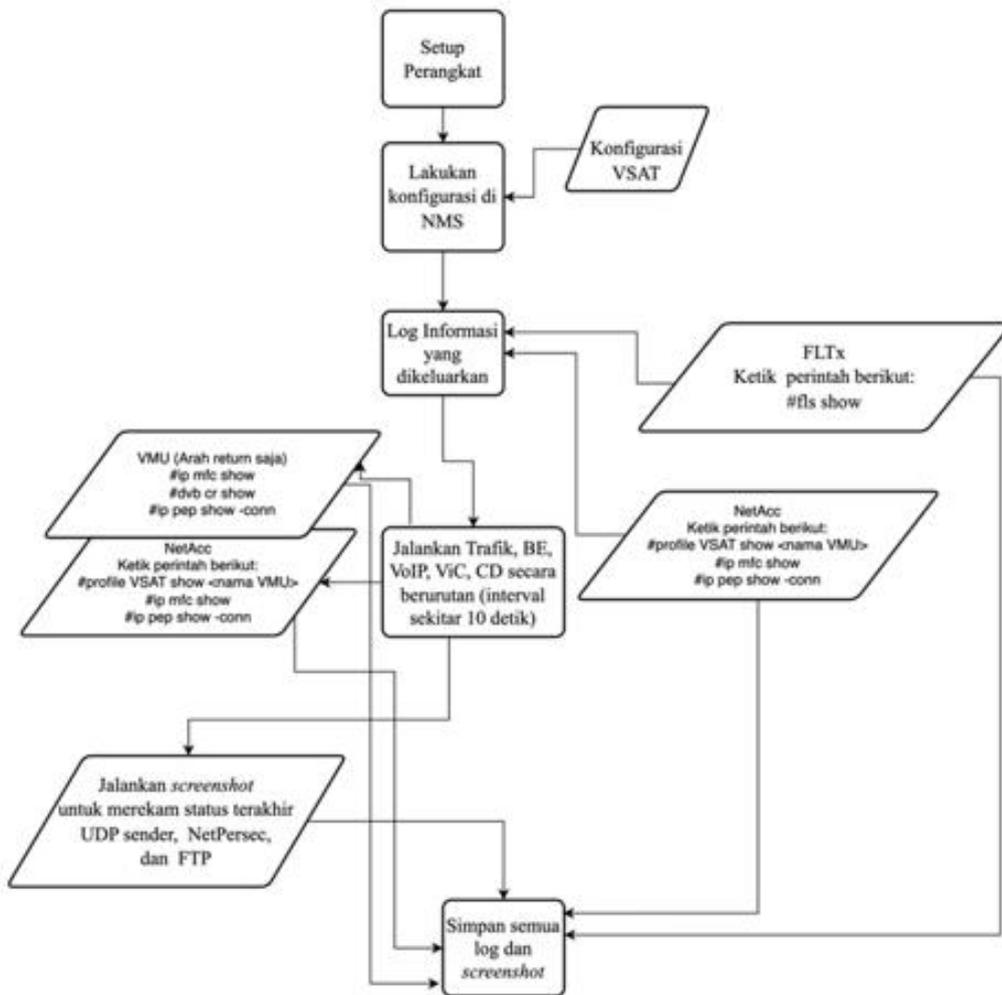
Gambar 2, 3 dan 4 berikut ini menunjukkan prosedur pengujian untuk skenario 1, 2, dan 3.

Langkah dari setiap pelaksanaan setiap skenario adalah sama, yaitu menjalankan perangkat lunak FTP dan melakukan download/upload, untuk kemudian diikuti dengan pengiriman trafik yang lain yaitu VoIP, ViC dan CD, sehingga dapat diamati apa yang terjadi dengan trafik BE ketika

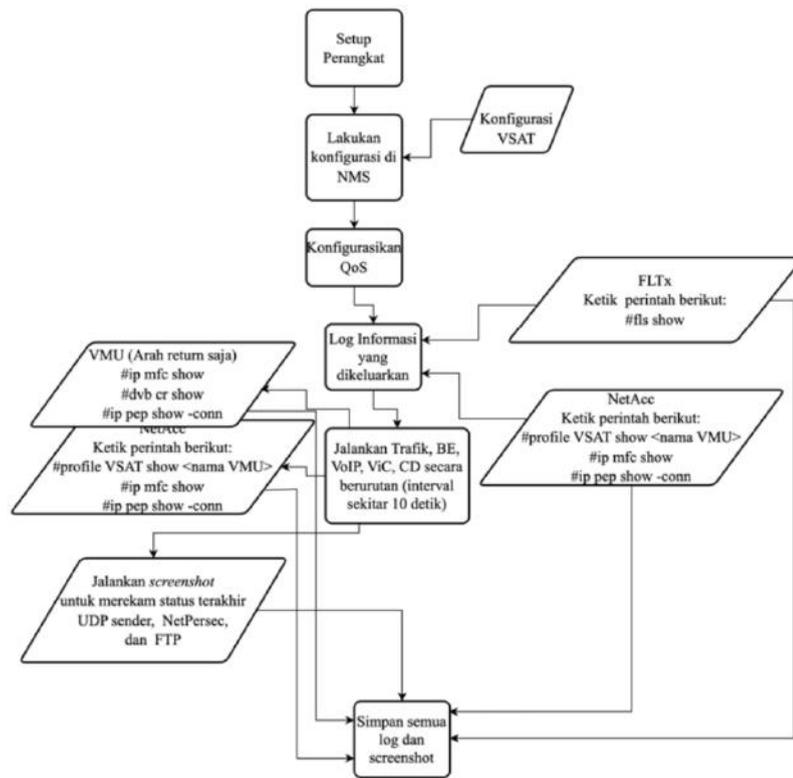
trafik-trafik yang lebih tinggi prioritasnya mulai dijalankan.

Hasil dan Pembahasan

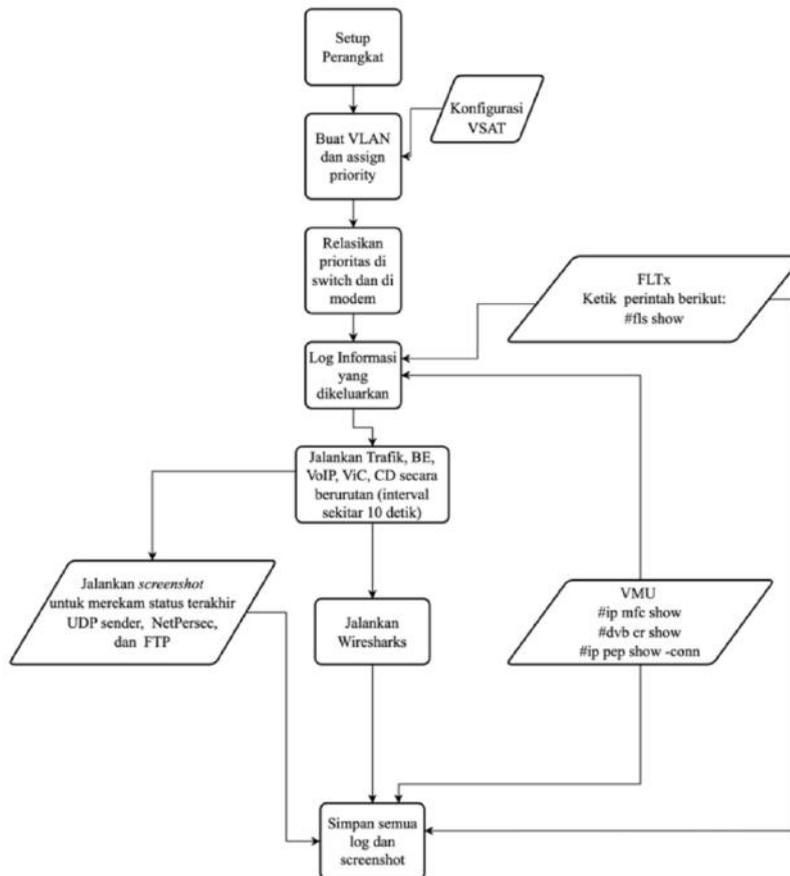
Bagian ini menjelaskan mengenai hasil penelitian yang dilakukan dengan melakukan 3 skenario simulasi seperti yang dijelaskan pada Metode Penelitian. Keempat jenis trafik yang digunakan pada simulasi ini adalah *Best Effort (BE)*, *Voice Over IP (VoIP)*, *Video Conference (ViC)*, dan *Critical Data (CD)*. Aplikasi yang digunakan untuk menjalankan simulasi trafik BE adalah FTP, dan UDP *sender/receiver* untuk trafik VoIP, ViC dan CD. Untuk pengujian QoS ini, skenario-1 akan dijalankan pada kedua arah forward dan return tanpa mengaktifkan QoS. Skenario-2, dengan cara yang sama dengan skenario-1, tapi dengan mengaktifkan QoS. Skenario-3 untuk sisi return saja mengingat penekanan dari skenario ini adalah konfigurasi VLAN dari sisi pelanggan.



Gambar 2: Prosedur Pengujian Skenario-1 (Tanpa QoS)



Gambar 3: Prosedur Pengujian Skenario-2 (QoS berbasis MFC)



Gambar 4: Prosedur Pengujian Skenario-3 (QoS berbasis VLAN)

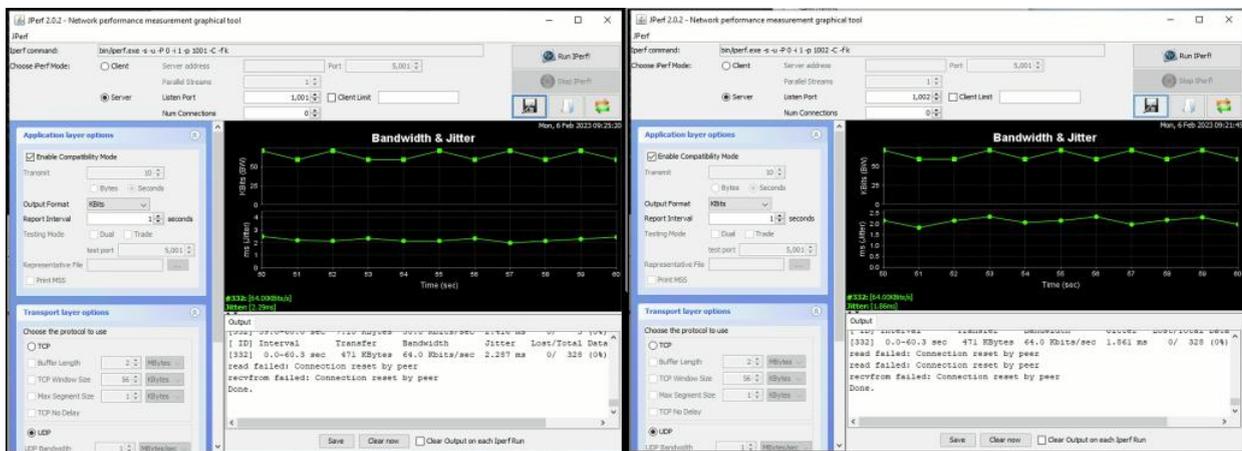
Delay

Pada simulasi ini, untuk menggantikan *propagation delay* satelit, digunakan *delay simulator* dengan nilai delay 250 ms untuk arah *forward* dari *Hub station* ke arah VMU dan 250 ms untuk arah *return* dari VSAT Terminal ke *Hub Station*. Nilai 250 ms ini adalah nilai yang umum digunakan untuk simulasi mengingat jarak suatu lokasi di bumi ke satelit bervariasi bergantung dengan *latitude*, *longitude* dan *altitude* lokasi di bumi, sebagai contoh untuk wilayah di khatulistiwa, delay satelit dapat mencapai 240 ms satu arah dari VSAT terminal, Satelit, dan *Hub station* atau sekitar 480 ms pulang pergi. Total *delay* merupakan penjumlahan dari *propagation delay* dengan *delay* pada semua perangkat keras dan waktu pemrosesan pada *Hub*

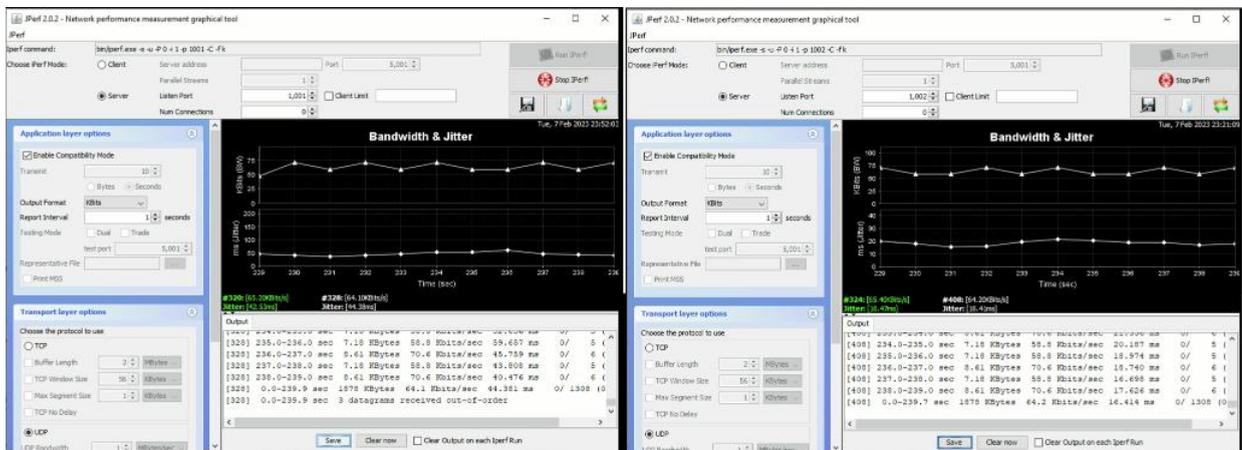
station, VSAT terminal dan peralatan lain yang terhubung.

Nilai *Delay* yang didapatkan dengan menggunakan perintah ping dari komputer yang terhubung dengan VMU ke *Hub Station* dengan sampel sebanyak 1000 kali ping didapatkan bahwa: minimum 559ms, maksimum 709ms, dan rata-rata 618ms.

Pengukuran *jitter* yang merupakan tahap selanjutnya dari penelitian ini dilakukan untuk memastikan bahwa jaringan sudah dalam kondisi siap untuk beroperasi ataupun untuk dilakukan simulasi. Dalam implementasinya, *jitter* yang stabil sangat dibutuhkan untuk aplikasi VoIP dan ViC, karena kedua aplikasi tersebut sangat sensitif terhadap *jitter*. Pengukuran *jitter* menggunakan aplikasi *iperf* dengan mengirim dua data yaitu BE dan VoIP agar nilainya dapat dibandingkan.



Gambar 5: *Jitter-Forward Link* -Trafik BE dan VoIP



Gambar 6: *Jitter-Return Link* -Trafik BE dan VoIP

Pada arah *forward link*, *jitter* sangat stabil karena karakteristik sinyal TDM yang selalu terpancar secara terus menerus, dan secara umum ukuran bandwidth lebih besar jika dibandingkan dengan *return link*. Berdasarkan pertimbangan ini, pengukuran *jitter* pada *forward link* hanya dilakukan satu kali saja. Nilai *jitter* yang didapatkan dengan mengirimkan 64Kbps paket UDP pada *forward link* selama 60 detik adalah 2,286 ms untuk BE dan 1,861 ms untuk VoIP. Gambar 5 dan Gambar 6 adalah keluaran aplikasi jperf yang memperlihatkan grafik *jitter* pada sisi penerima untuk arah *forward link* dan return link masing-masing untuk trafik BE dan VoIP.

Tabel 1 dan 2 memperlihatkan hasil simulasi skenario 1 dan 2 untuk arah *forward link*, dan skenario 1 sampai dengan 3 untuk arah *return link*.

Tabel 1: Rangkuman hasil simulasi-Forward Link

Sim #	VoIP RX (100000) dalam 000		ViC RX (100000) dalam 000		CD RX (10000) dalam 000	
	RX	Loss	RX	Loss	RX	Loss
1	100	0.0%	100	0.0%	100	0.0%
2	99.990	0.0%	97.857	2.14%	99.993	0.0%

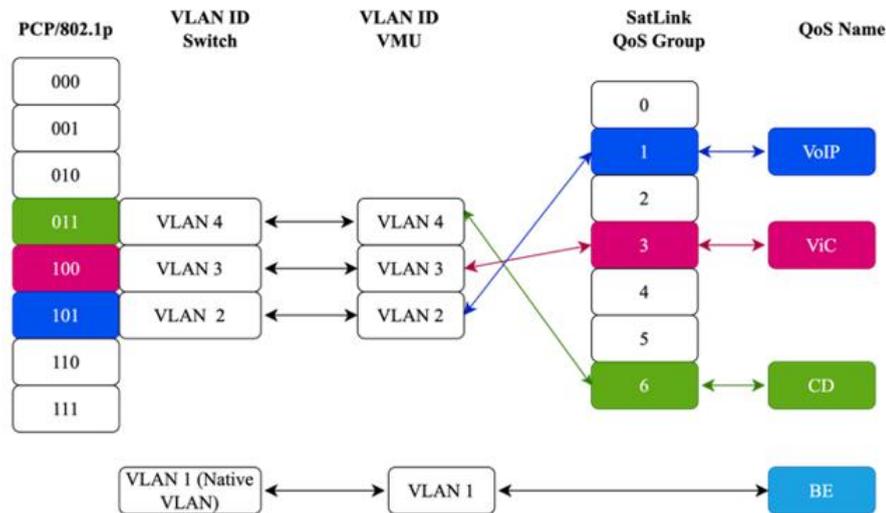
Tabel 2: Rangkuman hasil simulasi-Return Link

Sim #	VoIP RX (100000) dalam 000		ViC RX (100000) dalam 000		CD RX (10000) dalam 000	
	RX	Loss	RX	Loss	RX	Loss
1	88.697	11.3%	76.493	23.51%	91.418	8.6%
2	100	0.0%	98.985	1.02%	100	0.0%
3	99.850	0.2%	100	0.0%	100	0.0%

Skenario 3 menyimulasikan 4 trafik yaitu BE, VoIP, ViC dan CD pada arah *return link* yang berasal dari 4 VLAN yang berbeda dan dengan *user priority* yang berbeda memasuki sistem Satlink, dan bagaimana VMU memisahkan trafik-trafik tersebut.

QoS berbasis *user priority* pada VLAN yang mengacu kepada IEEE 802.1p bekerja pada layer 2 atau di lapisan *Medium Access Control* (MAC), hal ini berbeda dengan QoS MFC yang bekerja di *layer 3*

Gambar 7 menunjukkan bagaimana mekanisme pemetaan *Priority Code Point* (PCP), VLAN ID di *ethernet switch* dengan VLAN ID VMU dan group QoS di SatLink VMU.



Gambar 7: Pemetaan PCP dan SatLink, VLAN dan Group QoS

Analisis

Beberapa analisis dari skenario yang dilakukan antara lain : Jitter, Skenario-1 sampai Skenario 3.

Jitter

Nilai *jitter* dengan menggunakan QoS MFC adalah 1,861 untuk trafik VoIP dan 2.286 ms untuk BE

pada arah *forward link*. Untuk arah *return link*, didapatkan 17,6 ms pada trafik VoIP yang merupakan nilai rata-rata dari empat kali percobaan dengan menggunakan 64Kbps data. Untuk QoS berbasis VLAN, nilai *jitter* untuk arah *return link* adalah 16,782 ms, yang berarti ada peningkatan sekitar 1.3 detik dibandingkan dengan *jitter* VoIP dengan menggunakan QoS MFC. Rangkuman hasil pen-

gukuran dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3: Hasil Pengukuran Jitter-Return Link

QoS	Waktu (dalam ms)						
	30	60	90	120	Min	Maks	Rerata
BE	42.5	35.4	48.5	30.1	30.1	48.5	39.2
VoIP	16.5	18.0	18.4	18.1	16.5	18.4	17.6

Skenario-1

1. Pada saat trafik BE dijalankan, trafik ini akan memenuhi bandwidth yang disediakan yaitu 6Mbps, untuk kemudian secara bertahap akan turun ketika trafik lain mulai dijalankan karena trafik VoIP, ViC dan CD tidak menggunakan QoS
2. Pengiriman data tanpa QoS membuat semua trafik akan digolongkan kedalam trafik BE.
3. Pada arah *forward link*, tidak ditemukan adanya packet loss karena bandwidth yang disediakan untuk trafik BE masih mencukupi jika dibandingkan dengan kebutuhan bandwidth dari keempat jenis trafik.
4. Pada arah *return link*, packet loss tidak dapat dihindari karena bandwidth yang disediakan untuk trafik BE tidak mencukupi untuk menerima kebutuhan semua jenis trafik yang ada.

Skenario-2

1. Secara umum, QoS sudah bekerja dengan baik, tapi terjadi *packet loss* pada arah *forward link* sebesar 2.14% pada trafik ViC yang dapat dikategorikan tidak dapat diterima karena lebih dari 1% yang merupakan nilai packet loss maksimum untuk aplikasi *Video Conference*. Akan tetapi menurut pengamatan yang dilakukan, packet loss kemungkinan karena konfigurasi aplikasi *udpsender* dalam hal parameter *packet size and packet per second* ataupun hal lain yang memerlukan investigasi lebih lanjut.
2. Untuk arah return, packet loss terjadi juga di ViC sebesar 1.02%, yang juga termasuk lebih dari 1%.

Skenario-3

1. PCP ataupun *Class of Service* (CoS) yang dikonfigurasi di *Cisco switch* dapat dimengerti oleh Modem, hal ini terbukti dengan *output* dari perintah `#dvb cr show` yang mengelompokkan trafik sesuai dengan yang didefinisikan.
2. QoS ini bekerja dengan sangat baik dengan *packet loss* 0.15% untuk trafik VoIP dan dapat diabaikan, karena sangat kecil sekali.

3. Kinerja QoS berbasis *user priority* mempunyai kinerja yang lebih baik dari QoS yang sudah berjalan sekarang, hal ini dapat dilihat berdasarkan nilai *jitter*, dan *packet loss*.

Evaluasi

Network Accelerator (NetAcc) yang berfungsi sebagai *Performance Enhancement Proxy (PEP)* dan juga berfungsi sebagai *bandwidth manager* di arah *forward link* sudah dengan benar mengelompokkan trafik-trafik tersebut sesuai dengan konfigurasi yang diterapkan.

VMU yang bertanggung jawab untuk mengelompokkan trafik-trafik untuk arah *return link*, juga sudah menunjukkan fungsinya dengan baik. Ada satu temuan bahwa untuk aplikasi VoIP, ViC dan CD, selalu membagi trafik BE padahal *bandwidth* masih tersedia untuk ketiga QoS tersebut, hal ini mungkin dapat menyebabkan *packet loss* yang terjadi pada ViC dan ini akan ditindak lanjuti pada penelitian berikutnya.

Kinerja QoS berbasis VLAN secara umum lebih baik dari QoS yang sudah berjalan, hal ini dapat dilihat dari nilai *jitter* yang didapatkan dan juga *packet loss* yang terjadi.

Penutup

Beberapa hal dapat ditarik kesimpulan, diantaranya :

1. QoS dengan menggunakan MFC sudah berjalan dengan baik, hal ini terbukti dari rendahnya tingkat *packet loss* di semua QoS kecuali untuk QoS ViC pada sisi *forward link* yang mencapai 2,4% dan 1.02% untuk sisi *return link*. Hal ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk lebih mengurangi ataupun menghilangkan *packet loss* untuk semakin meningkatkan kinerja QoS dan jaringan pada umumnya.
2. QoS dengan menggunakan VLAN mempunyai kinerja yang sangat baik, hanya ditemukan *packet loss* sebesar 0.2% pada VoIP yang dapat diabaikan,
3. Nilai *jitter* pada implementasi QoS berbasis VLAN 1.3 detik lebih kecil dari QoS dengan menggunakan MFC.
4. Kinerja QoS berbasis VLAN lebih baik dibandingkan dengan QoS dengan menggunakan MFC, hal ini ditandai dengan lebih kecilnya nilai *jitter* sebesar 1.3 detik dan hanya terjadi packet loss pada VoIP sebesar 0.2% dan tidak ada *packet loss* untuk ViC dan CD seperti pada skenario-3, *packet loss* 2.14% di arah *forward link* dan 1.02% di arah *return link* yang terjadi pada trafik ViC.

Beberapa hal disarankan, sebagai berikut:

1. Menjadikan fitur QoS berbasis VLAN hasil dari penelitian ini sebagai fitur resmi, pengujian yang lebih *intensive* harus dilakukan oleh departemen *system testing* sebelum dimasukkan ke dalam *release notes* perangkat lunak VMU untuk versi mendatang. Hal ini dapat menjadi solusi sementara sebelum fitur *transparent VLAN tagging* selesai di buat di uji dan di *release*.
2. Menambahkan QoS berbasis user priority pada *Transparent VLAN tagging*

Daftar Pustaka

- [1] A. Srinivasan, P. Andreadis and L. Hartman, "Performance Guarantees for Expanded Broadband Multimedia Satellite Services", 24th AIAA International Communications Satellite Systems Conference (ICSSC) and 4th Annual International Satellite & Communications (ISCe) Conference and Expo, nr. American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc, pp. 1-12, 2006.
- [2] G. Fairhurst, R. Secchi and A. Yun, "A flexible QoS architecture for DVB-RCS2", International Journal of Satellite Communications and Networking, vol. 31, p. 219-232, 2013.
- [3] Anonym, "SatLink System Description", NSSLGlobal Technologies AS, Fornebu, 2021.
- [4] Anonym, "Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2)", V. ETSI EN 302 307, Sophia Antipolis: ETSI, April 2009.
- [5] P.-D. Arapoglou, A. Ginesi, S. Cioni, S. Erl, F. Clazzer, S. Andrenacci and A. Vanelli-Coralli, "DVB-S2X-enabled precoding for high throughput satellite systems", International Journal of Satellite Communications and Networking, vol. 34, pp. 439-455, 2016.
- [6] S. L. Kota, "Broadband Satellite Networks: Trends and Challenges", IEEE Communications Society, vol. 05, pp. 1472-1478, 2005.
- [7] H. Skinnemoen, C. Rigal, A. Yun, L. Erup, N. Alagha and A. Ginesi, "DVB-RCS2 overview", International Journal of Satellite Communications and Networking, Volume. 31, Issue. 5 Special Issue: Special Issue on DVB-RCS2, Pages 201-217 2013.
- [8] M. Luglio and C. R. F. Zampognaro, "QoS mechanisms for Satellite Communications", 2012 IEEE First AESS European Conference on Satellite Telecommunications (ES-TEL), 2012.
- [9] G. Fairhurst, R. Secchi and A. Yun, "A flexible QoS architecture for DVB-RCS2", International Journal of Satellite Communications and Networking, vol. 31, pp. 219-232, 2013.
- [10] Stefan Erl and Tomaso de Cola, "DVB-RCS2/S2 Testbed: A Distributed Testbed for Next-Generation Satellite System Design and Validation", 7th Advanced Satellite Multimedia Systems Conference and the 13th Signal Processing for Space Communications Workshop (ASMS/SPSC), 978-1-4799-5893-1/14 IEEE , 2014