

Evaluasi Kinerja Algoritma Penjadwalan

Weighted Round Robin Pada Wimax

Sukiswo

Abstract: This paper simulate WiMAX network with the implementation of Weighted Round Robin (WRR) based scheduler. This WiMAX simulation is made in five scenario, where each of scenario has varied number of Subscriber Station (SS) using particular class of service. Classes of services used in this simulation are Unsolicited Grant Service (UGS), real time Polling Service (rtPS), extended real time Polling Service (ertPS), non real time Polling Service (nrtPS), dan Best Effort (BE). The design of WiMAX network simulation use Network Simulator – 2 (NS-2) version 2.29.3. While, WiMAX module that installed to NS-2 is developed by Network & Distributed System laboratory (NDSL), with 2.03 version. This Final Project is aimed at evaluating WRR based scheduler in relation to WiMAX network performance. Performance metrics reported in this work are throughput, packet loss, and average delay.

The result of test shows that WRR based scheduler has good performance to suppress packet loss, which the value of packet loss decrease until 0 %. WRR give high throughput for class of service that has high value of Minimum Reserved Traffic Rate (MRTR) and priority. The average delay that obtained has very small value in mikro second. It shows that WRR has good performance to suppress average delay. Level of throughput and average delay in every service class is affected by the number of SS using that particular service class.

Keywords – WiMAX, NS-2, Weighted Round Robin

Salah satu teknologi nirkabel yang diperkirakan banyak digunakan untuk masa sekarang dan masa depan adalah WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*). Teknologi WiMAX mampu menjangkau area hingga sejauh 50 kilometer tanpa harus ada lintasan langsung (*non line of sight*, NLOS) antara *base station* (BS) dengan peralatan pengguna (*customer premise Equipment*, CPE) dan menyediakan total laju data hingga 70 Mbps. Teknologi ini juga mendukung kualitas pelayanan (*Quality of Service*, QoS) yang sangat diperlukan pada layanan multimedia seperti koneksi audio dan video.

Salah satu algoritma penjadwalan yang diterapkan pada jaringan WiMAX yaitu *Weighted Round Robin* (WRR). Algoritma WRR sesungguhnya diusulkan untuk digunakan pada jaringan *Asynchronous Transfer Mode* (ATM). Akan tetapi, algoritma ini juga dapat diimplementasikan untuk jaringan lain seperti

jaringan nirkabel WiMAX. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu evaluasi atau penilaian terhadap kinerja algoritma WRR pada jaringan WiMAX.

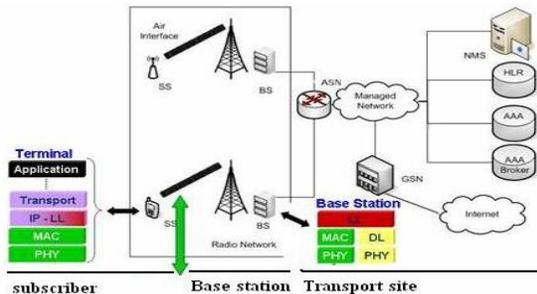
Arsitektur Jaringan WiMAX

Secara umum sistem WiMAX tidak berbeda jauh dengan sistem *Wireless Local Area Network* (WLAN). Bila pada WLAN terdiri dari *Access Point* (AP) yang tersambung ke jaringan kemudian pelanggan disambungkan dengan *client* (*device* WLAN) dengan menggunakan WLAN *card*. Maka sistem WiMAX secara umum terdiri dari *Base Station* (BS), *Subscriber Station* (SS) dan server di belakang BS seperti *Network Management System* (NMS) serta koneksi ke jaringan.

Secara umum konfigurasi WiMAX dibagi menjadi 3 bagian yaitu SS, BS dan *transport site* (bagian *back end*). Untuk SS terletak di lingkungan pelanggan (bisa *fixed* atau *mobile*) sedangkan BS biasanya satu lokasi dengan jaringan operator (jaringan IP/internet atau

Sukiswo (sukiswo@elektro.ft.undip.ac.id), adalah dosen di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Jl. Prof. Sudharto, S.H. Tembalang, Semarang 50275

jaringan TDM/PSTN). *Transport site* berfungsi untuk melakukan manajemen jaringan WiMAX. Konfigurasi jaringan WiMAX diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi Generik WiMAX

Quality of Service (QoS) WiMAX

Medium Access Control (MAC) pada WiMAX dapat menjalankan QoS dengan berbagai kebutuhan *bandwidth* dan aplikasi. Sebagai contoh aplikasi *voice* dan *video* memerlukan waktu tunda (*latency*) yang rendah tetapi masih bisa mentolelir beberapa *error*. Aspek lain yang tersedia pada QoS yang terdapat di WiMAX adalah kemampuan mengatur kecepatan data (*data rate manageability*) dimana ditentukan oleh analisis *link* antara BS dan SS. Kuat sinyal antara BS dan SS akan menentukan kecepatan data yang mampu dikirim ke sisi pelanggan. Besar kecilnya kecepatan data tersebut didasarkan pada jenis modulasi yang tersedia (apakah 64 QAM, 16 QAM, QPSK atau BPSK). Biasanya semakin jauh pelanggan (SS) dari BS, maka kecepatan datanya akan semakin kecil. Modulasi 64 QAM merupakan modulasi terbaik untuk mendukung kecepatan data yang paling besar. Standar IEEE 802.16 mendukung lima jenis (kelas) aliran layanan menurut kebutuhan QoS, yaitu:

1. *Unsolicited Grant Service* (UGS). UGS mendukung aliran data *real time* yang terdiri dari paket – paket data yang berukuran tetap pada interval yang periodik. Contohnya untuk aplikasi VoIP, T1/E1 atau ATM CBR.
2. *Real Time Polling Service* (rtPS). rtPS mendukung aliran data *real time* yang terdiri dari paket – paket data yang berukuran tidak tetap atau berubah – ubah pada interval yang periodik, misalnya MPEG video. SS pada jenis layanan ini harus melakukan persaingan atau kompetisi untuk mendapatkan alokasi slot pada periode uplink.
3. *Non – Real Time Polling Service* (nrtPS). nrtPS mendukung aliran data yang

mempunyai toleransi terhadap *waktu tunda* (tundaan) terdiri dari paket – paket data yang berukuran tidak tetap dimana dibutuhkan laju data minimum, misalnya aplikasi *File Transfer Protokol* (FTP). *Extended Real Time Polling Service* (ertPS) adalah mekanisme penjadwalan yang dibangun untuk mengefisienkan penggunaan *bandwidth* pada layanan UGS dan rtPS.

4. *Best Effort* (BE). BE mendukung layanan yang tidak mempunyai kebutuhan penting terhadap laju data dan *waktu tunda*. Contohnya aplikasi internet (*web browsing*), telnet dan email.

Algoritma Penjadwalan *Weighted Round Robin* (WRR)

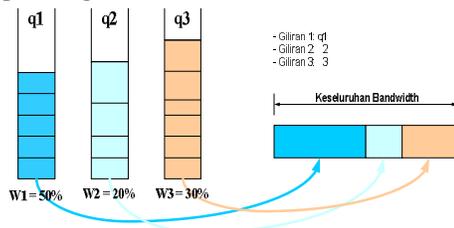
Algoritma penjadwalan WRR merupakan pengembangan dari algoritma *Round Robin* (RR) yang sebenarnya diusulkan untuk jaringan ATM yang mempunyai ukuran paket tetap. WRR adalah sebuah algoritma penjadwalan yang dapat diterapkan pada berbagai bidang, untuk pemakaian sumber daya secara bersama-sama pada sebuah komputer atau jaringan. Algoritma ini dieksekusi atau dijalankan pada permulaan dari setiap *frame* pada *Base Station* (BS). Pada permulaan *frame*, algoritma WRR menentukan alokasi *bandwidth* diantara SS berdasarkan pada bobotnya (*weight*). Bagian yang kritis dari skema WRR adalah menentukan bobot untuk setiap SS. Bobot tersebut ditentukan untuk menggambarkan prioritas relatif dan kebutuhan QoS dari SS. Selama *minimum reserved traffick rate* (MRTR) merupakan salah satu parameter yang ditetapkan oleh SS untuk menggambarkan kebutuhan QoS-nya, maka dapat ditentukan bobot untuk masing-masing SS sebagai berikut:

$$W_i = \frac{MRTR_i}{\sum_{j=1}^n MRTR_j}$$

dengan: W_i = bobot SS ke- i
 n = jumlah SS

Sebagai contoh, apabila terdapat tiga SS dengan nilai MRTR SS1 = 50 Kbps, SS2 = 20 Kbps, dan SS3 = 30 Kbps maka bobot SS1 adalah $50 \text{ Kbps} / (50 + 20 + 30) \text{ Kbps} = 0,5$ atau 50% sedangkan bobot SS2 dan SS3 secara berurutan yaitu 20% dan 30%. Nilai bobot tersebut akan menentukan besar pengalokasian *bandwidth* untuk masing-masing SS. Gambar 2 memperlihatkan

penentuan alokasi *bandwidth* berdasarkan bobot SS pada algoritma WRR.



Gambar 2. Penentuan alokasi *bandwidth* berdasarkan bobot SS pada algoritma WRR

PERANCANGAN SISTEM DAN PERANGKAT LUNAK Parameter Simulasi Pada Modul WiMAX NDSL

Untuk mendukung kinerja dari modul WiMAX yang dikembangkannya, NDSL menggunakan parameter-parameter tertentu pada *layer* fisik dan *layer* MAC yang sesuai dengan standar IEEE 802.16. Parameter-parameter tersebut juga disesuaikan dengan spesifikasi dari intel sebagai penyedia *chipset* untuk perangkat komunikasi WiMAX. Nilai dari parameter-parameter modul WiMAX NDSL untuk *layer* MAC diperlihatkan pada Tabel 2 dan parameter-parameter untuk *layer* fisik diperlihatkan pada Tabel 3. Sedangkan nilai untuk parameter-parameter *system time* ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 2. Parameter layer MAC

Parameter	Nilai
Rasio DL/UL	2:1
Jumlah simbol OFDMA per <i>frame</i>	49
Jumlah simbol OFDMA per <i>frame</i> untuk data	48
Jumlah subkanal	30
CW_{min}	32
CW_{max}	1024
Kesempatan <i>ranging</i> per <i>frame</i>	12 simbol OFDMA
Jumlah maksimal pengurangan <i>ranging</i>	10
Kesempatan permintaan <i>bandwidth</i> per <i>frame</i>	12 simbol OFDMA
Jumlah maksimal pengulangan permintaan <i>bandwidth</i> per <i>frame</i>	10
Initial <i>ranging</i> CID	0
Basic CID	1-1000
Primary CID	1001-2000
Transport CID & Secondary CID	2001-65278
Broadcast CID	65535
SFID range	1-4294967295

Tabel 3. Parameter layer fisik

Parameter	Nilai
Spektrum	5.0 GHz
Bandwidth	20 MHz
QPSK $\frac{1}{2}$	4.99 Mbps
QPSK $\frac{3}{4}$	7.48 Mbps
16-QAM $\frac{1}{2}$	9.97 Mbps
16-QAM $\frac{3}{4}$	14.96 Mbps
64-QAM $\frac{2}{3}$	19.95 Mbps
64-QAM $\frac{3}{4}$	22.4 Mbps

Tabel 4. Parameter *system time*

Parameter	Nilai
Waktu simbol OFDMA	100.84 μ s
Panjang <i>frame</i> OFDMA	5 ms
Periode DCD/UCD	10 s
Interval <i>ranging</i>	1210.08 μ s
Interval permintaan <i>bandwidth</i>	1210.08 μ s
TTG	200 μ s
RTG	200 μ s
T1-T26	Sesuai standar IEEE 802.16

Parameter yang Didefinisikan Perancang

Selain parameter-parameter yang telah didefinisikan pada modul WiMAX terdapat pula parameter-parameter yang dapat didefinisikan oleh perancang. Parameter-parameter tersebut antara lain model propagasi, jenis protokol routing, topografi, waktu simulasi, daya pancar antenna, jumlah SS, jenis aplikasi pada SS, parameter QoS, dan lain-lain.

Tabel 5. Parameter simulasi jaringan WiMAX yang didefinisikan perancang

Parameter	Nilai
Model propagasi	Two ray ground
Tipe antarmuka antrian	Drop tail/priority queue
Model antenna	Omni antenna
Tipe protokol routing	Destination Sequence Distance Vector (DSDV)
Dimensi topografi	1000x1000m
Frekuensi	3.5 GHz
Bandwidth kanal	3.5 MHz
Daya pancar antenna	10 W (+40dBm)
RX threshold	-103 dBm
Jumlah SS	9
Waktu simulasi	50 detik

Untuk parameter QoS pada SS, sebenarnya telah didefinisikan pada modul WiMAX tetapi parameter QoS ini bisa juga didefinisikan oleh perancang. Pada simulasi ini, parameter QoS yang digunakan mengambil *default* dari modul NDSL seperti diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Parameter QoS pada modul WiMAX NDSL

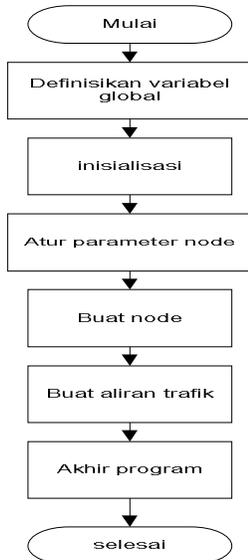
Jenis Layanan	Parameter	Nilai
UGS	Maximum Sustained Traffic Rate	64 Kbps
	Minimum Reserved Traffic Rate	64 Kbps
	Tolerated Jitter	10
ErtPS	Maximum Latency	50
	Maximum Sustained Traffic Rate	64 Kbps
	Minimum Reserved Traffic Rate	8 Kbps
rtPS	Tolerated Jitter	30
	Maximum Latency	50
	Maximum Sustained Traffic Rate	1 Mbps
nrtPS	Minimum Reserved Traffic Rate	512 Kbps
	Maximum Latency	50
	Maximum Sustained Traffic Rate	1 Mbps
BE	Minimum Reserved Traffic Rate	512 Kbps
	Maximum Latency	500
	Maximum Sustained Traffic Rate	1 Mbps
	Maximum Latency	1000

Tabel 7. Skenario simulasi jaringan WiMAX dengan variasi jumlah jenis layanan

	UGS	rtPS	ertPS	nrtPS	BE
1	3	2	2	1	1
2	1	3	2	2	1
3	1	1	3	2	2
4	2	1	1	3	2
5	2	2	1	1	3

Program Simulasi Jaringan WiMAX

Program simulasi jaringan WiMAX terbagi menjadi beberapa tahapan utama yaitu pengaturan parameter untuk simulasi, inisialisasi, pengaturan parameter node, pembuatan node, pembuatan aliran trafik data yang terdiri dari uplink dan downlink, dan akhir program. Keseluruhan proses tahapan utama pembuatan simulasi jaringan WiMAX dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir tahapan pembuatan simulasi

Skenario Program Simulasi Jaringan WiMAX

Program simulasi jaringan WiMAX ini terdiri dari 5 macam skenario yang masing-masing skenario memiliki jumlah jenis layanan WiMAX yang berbeda-beda. Keseluruhan skenario dapat dilihat pada Tabel 7.

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Perhitungan dan Analisis Performansi

Dari data *trace file* dapat dihitung nilai dari parameter-parameter yang menunjukkan kinerja dari jaringan WiMAX. Parameter-parameter tersebut adalah *throughput*, *paket hilang*, dan *rata-rata waktu tunda*.

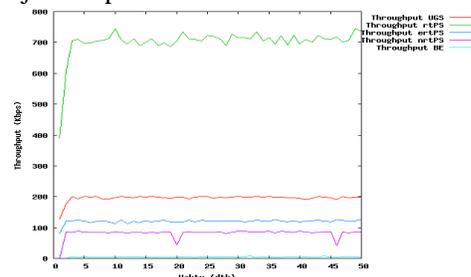
Throughput

Perhitungan nilai *throughput* dilakukan untuk setiap jenis layanan yang digunakan pada simulasi jaringan WiMAX. Nilai dari *throughput* dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini.

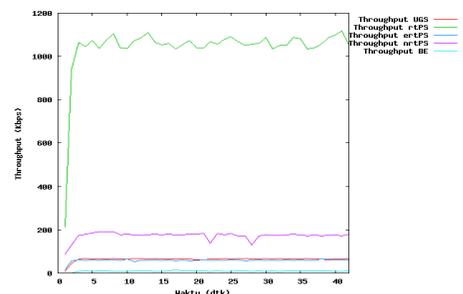
$$\text{Throughput} = \sum_{i=T_1}^{i=T_{t+1}} P_i \quad ; 0 \leq t \leq T$$

(1)

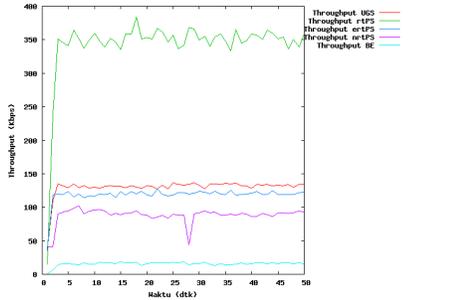
Dengan menggunakan persamaan diatas nilai *throughput* untuk setiap jenis layanan pada keseluruhan skenario dapat diketahui, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



(a) Grafik nilai throughput pada skenario 1



(c) Grafik nilai throughput pada skenario 3



(e) Grafik nilai throughput pada skenario 5

Gambar 8. Grafik nilai throughput pada keseluruhan skenario

Dari gambar grafik nilai throughput diatas, dapat diketahui bahwa jumlah SS yang menggunakan suatu jenis layanan tertentu mempengaruhi nilai throughput dari jenis layanan tersebut. Semakin banyak SS yang menggunakan jenis layanan itu, maka semakin besar nilai throughput-nya. Dari gambar 8 juga dapat diketahui bahwa algoritma penjadwalan WRR memberikan nilai throughput yang besar untuk jenis layanan yang mempunyai nilai *Minimum Reserved Traffic Rate* (MRTR) yang besar. Selain berdasarkan nilai MRTR besarnya nilai throughput juga dipengaruhi oleh prioritas dari masing-masing jenis layanan. Nilai throughput rata-rata pada setiap jenis layanan untuk keseluruhan waktu simulasi ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai throughput rata-rata pada setiap jenis layanan

Skenario	Throughput Rata-rata (Kbps)				
	UGS	ertPS	rtPS	nrtPS	BE
1	196.439	119.906	701.741	81.562	4.648
2	65.992	177.794	701.896	163.659	4.648
3	64.162	59.019	1040.832	172.882	9.607
4	130.464	57.767	348.468	229.478	10.800
5	130.533	118.489	343.112	87.800	15.465

Secara keseluruhan jenis layanan rtPS memiliki nilai throughput yang paling besar dibanding jenis layanan lainnya. Hal ini disebabkan jenis layanan rtPS memiliki nilai MRTR yang paling besar dan prioritas medium (3).

Paket hilang

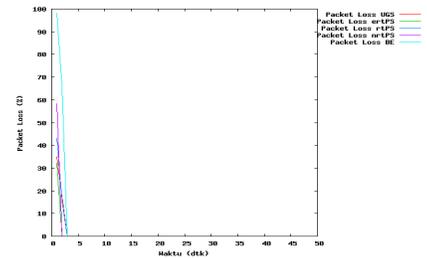
Paket hilang menunjukkan banyak jumlah paket yang hilang. Paket hilang terjadi ketika satu atau lebih paket data yang melewati suatu jaringan gagal mencapai tujuannya.

Nilai dari paket hilang dapat dihitung dengan persamaan (2) berikut ini.

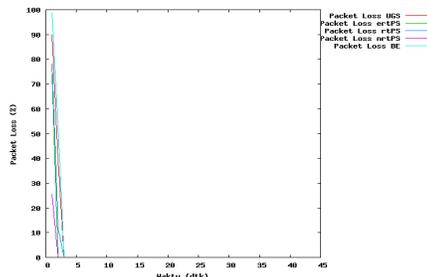
$$\text{Paket Hilang} = \left(\frac{\sum_{i=T_t}^{i=T_{t+1}} D_i}{\sum_{i=T_t}^{i=T_{t+1}} S_i} \right) \times 100 \quad ; 0 \leq t \leq T$$

(2)

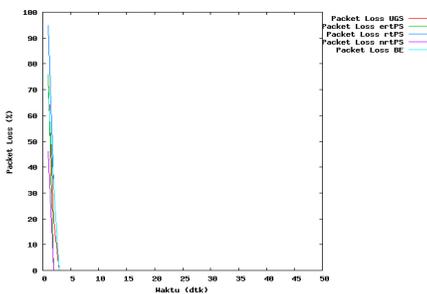
Paket hilang dihitung dengan membagi jumlah paket yang mengalami drop dengan jumlah paket yang dikirim. Paket hilang biasanya dinyatakan dalam persen (%). Contoh Nilai paket hilang dari keseluruhan skenario diperlihatkan pada Gambar 9.



(a) Grafik nilai paket hilang pada skenario 1



(c) Grafik nilai paket hilang pada skenario 3



(e) Grafik nilai paket hilang pada skenario 5

Gambar 9. Grafik nilai paket hilang pada keseluruhan skenario

Dari grafik nilai paket hilang pada Gambar 9 terlihat bahwa nilai paket hilang pada permulaan simulasi mempunyai nilai yang sangat besar. Hal

ini disebabkan pada permulaan simulasi, SS dan BS sibuk melakukan proses *ranging* untuk memasuki jaringan. Dari Gambar 9 juga terlihat bahwa nilai paket hilang mengalami penurunan hingga mencapai nilai 0 % setelah beberapa detik dari waktu simulasi. Menurunnya nilai paket hilang menandakan bahwa algoritma penjadwalan WRR mempunyai kinerja yang baik dalam menekan nilai paket hilang. Nilai paket hilang secara keseluruhan waktu simulasi ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai paket hilang pada setiap jenis layanan

Skenario	Packet Loss (%)				
	UGS	ertPS	rtPS	nrtPS	BE
1	1.065	0.661	1.168	1.163	3.068
2	1.054	1.463	1.344	1.917	0.817
3	3.107	1.879	2.121	0.600	3.462
4	2.058	3.547	2.075	10.234	0.901
5	1.920	1.559	2.517	0.872	2.038

Berdasarkan Tabel 9 dapat diketahui bahwa perubahan jumlah SS yang menggunakan jenis layanan tertentu secara umum tidak mempengaruhi besarnya nilai paket hilang. Sebagai contoh, skenario kedua dan ketiga memiliki jumlah SS yang menggunakan jenis layanan UGS sama yaitu 2 SS tetapi nilai paket hilang pada skenario ketiga lebih besar dari skenario kedua. Jenis layanan ertPS pada skenario ketiga memiliki jumlah SS yang lebih sedikit dibanding skenario kedua tetapi nilai paket hilangnya lebih besar. Sedangkan jenis layanan BE yang mengalami peningkatan jumlah SS mempunyai nilai paket hilang yang lebih besar dibanding skenario sebelumnya.

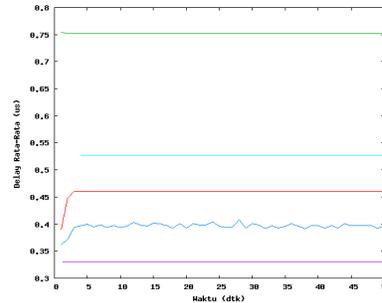
Rata-rata waktu tunda

Waktu tunda yang dihitung pada simulasi ini adalah rata-rata waktu tunda, bukan waktu tunda per paket. Untuk menghitung rata-rata waktu tunda digunakan perumusan sebagai berikut.

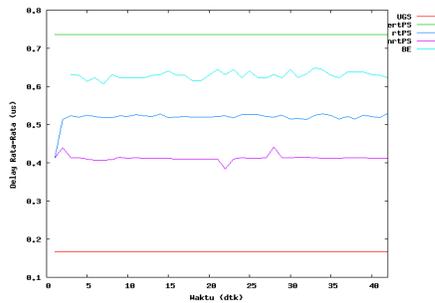
$$\text{Rata - rata Waktu Tunda} = \left(\frac{\sum_{i=T_1}^{i=T_{1+1}} RT_i - \sum_{i=T_1}^{i=T_{1+1}} ST_i}{\sum_{i=T_1}^{i=T_{1+1}} RP_i} \right) ; 0 \leq t \leq T$$

Rata-rata waktu tunda pada perhitungan ini dinyatakan dalam satuan *mikro second* (μs) atau mikro detik. Nilai rata-rata waktu tunda

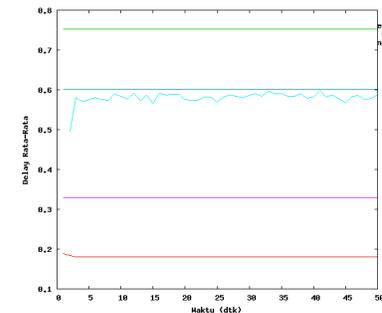
pada setiap jenis layanan untuk keseluruhan skenario yang dihitung dengan menggunakan persamaan (3) diperlihatkan pada Gambar 10.



(a) Grafik nilai rata-rata waktu tunda pada skenario 1



(c) Grafik nilai rata-rata waktu tunda pada skenario 3



(e) Grafik nilai rata-rata waktu tunda pada skenario 5

Gambar 10. Grafik nilai rata-rata waktu tunda pada keseluruhan skenario

Nilai rata-rata waktu tunda yang dihasilkan secara keseluruhan mempunyai nilai yang sangat kecil yaitu dalam orde mikro detik. Kecilnya nilai rata-rata waktu tunda menandakan bahwa algoritma penjadwalan WRR mempunyai kinerja yang bagus dalam menekan nilai rata-rata waktu tunda. Nilai rata-rata waktu tunda untuk setiap jenis layanan pada semua skenario ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai rata-rata waktu tunda pada setiap jenis layanan

Skenario	Delay Rata-rata (μ s)				
	UGS	ertPS	rtPS	nrtPS	BE
1	0.459	0.752	0.396	0.330	0.527
2	0.167	0.741	0.399	0.416	0.527
3	0.167	0.736	0.521	0.412	0.629
4	0.180	0.736	0.601	0.509	0.621
5	0.180	0.752	0.601	0.330	0.581

Dari Gambar 10 dan Tabel 10 dapat diketahui bahwa perubahan jumlah SS yang menggunakan jenis layanan tertentu mempengaruhi nilai rata-rata waktu tunda. Secara umum kenaikan jumlah SS akan meningkatkan nilai rata-rata waktu tunda. Jenis layanan ertPS memiliki nilai rata-rata waktu tunda yang paling tinggi dibanding jenis layanan lainnya. Tingginya nilai rata-rata waktu tunda pada jenis layanan ertPS dikarenakan algoritma penjadwalan WRR tidak terlalu cocok apabila digunakan pada aplikasi multimedia.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan proses yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, mulai dari perancangan sampai pengujian dan analisis, dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain :

1. Jenis layanan rtPS memiliki nilai throughput paling besar diantara jenis layanan lainnya pada setiap skenario jaringan, nilai throughput terbesar dari jenis layanan rtPS yaitu 1040,832 Kbps. Sedangkan jenis layanan BE mempunyai nilai throughput yang paling kecil, nilai throughput terkecil dari jenis layanan BE yaitu 4,648 Kbps.
2. Dari besar nilai *throughput* yang diperoleh menunjukkan bahwa algoritma penjadwalan WRR mempunyai kinerja yang baik untuk jenis layanan yang mempunyai nilai MRTR dan prioritas antrian yang tinggi.
3. Algoritma penjadwalan WRR kurang adil terhadap jenis layanan yang mempunyai MRTR dan prioritas antrian yang kecil, seperti jenis layanan BE.
4. Paket hilang pada simulasi jaringan WiMAX ini terjadi pada permulaan dari simulasi dengan nilai paket hilang yang sangat besar. Hal tersebut terjadi karena, pada permulaan simulasi BS dan SS sibuk melakukan proses *ranging* untuk memasuki jaringan.

5. Secara umum paket hilang yang terjadi pada setiap jenis layanan dari simulasi ini tidak terpengaruh oleh banyaknya jumlah SS.
6. Dari hasil pengujian, Algoritma WRR menunjukkan kinerja yang baik dalam menekan terjadinya paket hilang.
7. Besarnya nilai rata-rata waktu tunda dari setiap jenis layanan dipengaruhi oleh banyaknya jumlah SS yang menggunakan jenis layanan tersebut.
8. Nilai rata-rata waktu tunda terkecil terjadi pada jenis layanan UGS sebesar 0,167 mikro detik. Sedangkan nilai rata-rata waktu tunda terbesar terjadi pada jenis layanan ertPS yaitu sebesar 0,752 mikro detik.

DAFTAR RUJUKAN

- Ahson, S., Mohammad Ilyas, *WiMAX Technologies, Performance Analysis, and QoS*, CRC Press, London, 2008.
- Arifin, A., *Airspan WiMAX Presentation*, PT. Airspan Networks Indonesia, 2007.
- Chen, J., Chih-Chieh Wang, *The Design and Implementation of WiMAX Module for ns-2 Simulator*, Pisa, Italia, 2006.
- Dahiya, N., *Performance Analysis of Wimax*, Independent Study Report, Indian Institute of Technology Delhi, India, 2007.
- Dhrona, P., *A Performance Study of Uplink Scheduling Algorithms in Point to Multipoint WiMAX Networks*, Thesis of Master of Science, Queen's University, Kanada, 2007.
- Ghai, A., Nihit Purwar, *Evaluation of 802.16 Broadband Wireless Access MAC*.
- Permana, A.A., *Analisis Modulasi Adaptif Pada jaringan Akses Nirkabel Pita Lebar WiMAX Standar IEEE 802.16d (Studi Kasus di Base Station BRI II Sudirman Jakarta)*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2007.
- Wibisono, G., Gunadi Dwi Hantoro, *WiMAX Teknologi Broadband Wireless Access (BWA) Kini dan Masa Depan*, Informatika, Bandung, 2006.
- , *Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation*.http://www.wimaxforum.org/Mobile_WiMAX_Part1_Overview_and_Performance.pdf. Agustus 2007.