

EVALUASI KINERJA LAYANAN IPTV PADA JARINGAN TESTBED WIMAX BERBASIS STANDAR IEEE 802.16-2004

Prasetyono Hari Mukti¹, Rizki Aris Yuniyanto² dan Achmad Affandi³

Jurusan Teknik Elektro – Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jalan Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111, Indonesia

e-mail: prasetyono@elect-eng.its.ac.id¹, rizkiarisy@gmail.com², affandi@ee.its.ac.id³

Abstrak—Dalam makalah ini dibahas mengenai implementasi Jaringan *Testbed* WiMAX untuk mendukung layanan IPTV. Jaringan *testbed* yang dibangun mengacu kepada Standar IEEE 802.16-2004. Kualitas kinerja dari layanan IPTV pada jaringan *testbed* ini akan dievaluasi menggunakan parameter *delay*, *jitter*, *throughput* dan *packet loss*. Evaluasi kinerja layanan tersebut akan dilakukan dalam topologi jaringan *point-to-point* dengan variasi *background traffic* pada jenis *scheduling* yang berbeda. Penambahan *background traffic* ini dimaksudkan agar kondisi jaringan yang dibangun mencerminkan kondisi sebenarnya yang memiliki variasi beban trafik. Jenis *scheduling* yang digunakan dalam proses evaluasi kinerja ini adalah *Best Effort* (BE), *Non-Real-Time Polling Service* (nrtPS), *Real-Time Polling Service* (rtPS) dan *Unsolicited Grant Service* (UGS). Hasil evaluasi kinerja layanan IPTV pada jaringan *testbed* ini menunjukkan bahwa masing-masing nilai maksimal rata-rata untuk *delay*, *jitter*, *throughput* dan *packet loss* adalah sebesar 16,581 ms, 58,515 ms, 0,67 Mbps dan 10,96%.

Kata Kunci : IPTV, QoS, Service Class, *testbed*, WiMAX

Abstract— In this paper, a performance evaluation for IPTV Services over WiMAX testbed based on IEEE Standard 802.16-2004 will be described. The performance of the proposed system is evaluated in terms of delay, jitter, throughput and packet loss. Service performance evaluations are conducted on network topology of point-to-point in the variation of background traffic with different scheduling types. Background traffic is injected into the system to give the sense that the proposed system has variation traffic load. Scheduling type which are used in this paper are Best Effort (BE), Non-Real-Time Polling Service (nrtPS), Real-Time Polling Service (rtPS) and Unsolicited Grant Service (UGS). The experimental results of IPTV service performance over the testbed network show that the maximum average of delay, jitter, packet loss and jitter are 16.581 ms, 58.515 ms, 0.67 Mbps dan 10.96%, respectively.

Keywords : IPTV, QoS, Service Class, *testbed*, WiMAX

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan layanan telekomunikasi dengan kecepatan transmisi yang tinggi serta fleksibilitas dalam hal penggunaan perangkat layanan mendorong para penyedia jasa layanan dan perangkat telekomunikasi untuk senantiasa mengembangkan kemampuan dari teknologi yang dimilikinya, khususnya layanan berbasis nirkabel. Pesatnya perkembangan sistem telekomunikasi nirkabel ini ditandainya dengan lahirnya berbagai teknologi dan standar layanan dengan karakteristik masing-masing yang berbeda dalam beberapa tahun terakhir ini.

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) adalah salah satu teknologi telekomunikasi berbasis nirkabel yang muncul untuk mendukung kebutuhan akan layanan

tersebut. WiMAX merupakan varian dari teknologi berbasis *Broadband Wireless Access* dengan standar layanan yang dikembangkan oleh IEEE 802.16 *working group* [1] yang dirancang untuk layanan *Wireless Metro Area Network* (WMAN). Kemampuan yang dimiliki oleh teknologi ini antara lain, kecepatan transmisi yang dapat mencapai hingga 100 Mbps dan kehandalan transmisi yang baik pada kondisi *non-Line-of-Sight* (NLOS) dengan wilayah cakupan yang cukup luas hingga radius 50 km. Hal ini menjadikan teknologi WiMAX mampu menyediakan layanan berupa koneksi *backhaul-link microwave* maupun layanan pita lebar residensial [2]. Keunggulan WiMAX tersebut menarik perhatian beberapa peneliti untuk mengembangkan *testbed* sebagai sarana evaluasi kinerja berbagai layanan telekomunikasi di

dalam platform WiMAX.

Salah satu layanan telekomunikasi multimedia yang turut berkembang dengan hadirnya teknologi WiMAX adalah IPTV. IPTV merupakan layanan yang memiliki kemampuan melewati tayangan televisi digital atau *video stream* dengan memanfaatkan *packet switching* berbasis IP [3].

Evaluasi terhadap kinerja layanan IPTV pada platform atau testbed WiMAX telah banyak dilaporkan [4]-[5]. Pada [4], Hamodi melaporkan evaluasi kinerja layanan IPTV pada jaringan WiMAX dengan mempertimbangkan perbedaan jenis modulasi yang digunakan. Kinerja layanan diukur terhadap parameter *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* dengan memperhatikan variasi *video coding*, *pathloss*, dan jenis *scheduling*. Selain itu, Lin pada [5] juga melakukan evaluasi layanan IPTV pada jaringan WiMAX dengan membandingkan kinerja IPTV berbasis *constant bit rate* (CBR) dan IPTV *live streaming*. Hanya saja, kedua hasil evaluasi tersebut masih dilakukan di dalam level simulasi, tidak pada kondisi nyata.

Evaluasi kinerja layanan IPTV pada jaringan WiMAX yang dilakukan dalam kondisi nyata telah dilaporkan pada [6]. Evaluasi kinerja ini dilakukan pada topologi *point-to-multipoint* dengan hanya mempertimbangkan satu jenis *scheduling*, yaitu *Best Effort*. Evaluasi kinerja layanan ini diukur terhadap parameter *delay*, *packet loss* dan *throughput*.

Di sisi lain, teknologi WiMAX menawarkan fleksibilitas dalam pengaturan *Quality of Services* (QoS) yang akan diberikan kepada para pelanggan. Fleksibilitas dalam pengaturan QoS tersebut ditunjang oleh tersedianya beberapa jenis *scheduling*, seperti (1) *Unsolicited Grant Service* (UGS), (2) *Real-Time Polling Service* (rtPS), (3) *Non-Real-Time Polling Service* (nrtPS), dan (4) *Best Effort* (BE) [7].

Oleh karena itu, pada makalah ini dilakukan evaluasi kinerja layanan IPTV pada *testbed Fixed* WiMAX dengan menggunakan topologi jaringan *point-to-point*. Kinerja layanan diukur berdasarkan parameter *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss*.

Pembahasan selanjutnya dari makalah ini disusun dengan sistematika sebagai berikut. Bagian 2 akan membahas mengenai implementasi layanan IPTV pada testbed WiMAX. Sedangkan Bagian 3 akan mendeskripsikan hasil pengujian terhadap sistem testbed yang dibangun.

Kesimpulan mengenai evaluasi kinerja dibahas pada Bagian 4.

2. IMPLEMENTASI LAYANAN IPTV PADA TESTBED WiMAX

Langkah awal yang diperlukan dalam melakukan evaluasi kinerja layanan IPTV pada jaringan *testbed* WiMAX ini adalah implementasi layanan IPTV pada *testbed* WiMAX. Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai proses implementasi tersebut yang meliputi:

1. Konfigurasi jaringan *testbed* WiMAX
2. Konfigurasi layanan IPTV.

Testbed merupakan sebuah platform yang menyediakan berbagai fitur untuk mendukung pengujian dan pengembangan suatu teknologi dalam suatu kondisi kerja tertentu. Oleh karena itu, *testbed* memberikan suatu keuntungan berupa fleksibilitas dalam melakukan konfigurasi sistem.

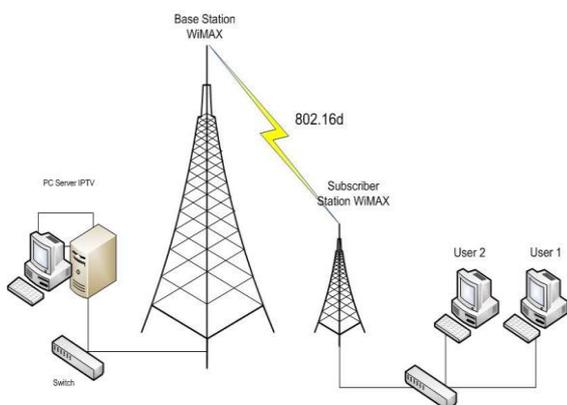
Arsitektur jaringan *testbed* WiMAX yang digunakan dalam makalah ini terdiri dari dua blok sistem utama, yaitu (1) *core network* dan (2) jaringan akses. *Core Network* merupakan bagian di dalam *testbed* yang berperan memberikan layanan IPTV kepada *user*, baik berupa hak akses *user* kepada layanan maupun pengaturan jenis layanan yang akan diberikan kepada *user*. Bagian berikutnya di dalam *testbed* ini adalah jaringan akses. Bagian ini menyediakan koneksi *radio-link* yang menghubungkan *user* kepada *core network* dalam melakukan akses terhadap layanan IPTV yang diminati. Arsitektur lengkap dari jaringan *testbed* ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Perangkat jaringan *testbed* WiMAX yang digunakan sebagai media evaluasi kinerja layanan IPTV dalam makalah ini merupakan perangkat teknologi WiMAX yang dimiliki oleh Jurusan Teknik Elektro ITS. Perangkat ini terdiri dari RedMAX *Base Station Transceiver* (BS) sebagai unit pemancar yang bekerja pada pita frekuensi 3,5 GHz dan RedMAX *Subscriber Unit* sebagai unit penerima di sisi pelanggan.

Dalam makalah ini, RedMAX *Base Station Transceiver* (BS) diatur untuk memancar pada level daya 0 dBm atau 1 mW. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk menghindari interferensi terhadap layanan satelit yang ada di sekitar lokasi pengujian. Sedangkan *bandwidth* kanal

radio yang digunakan dalam transmisi layanan yang diatur pada RedMAX Base Station Transceiver (BS) adalah sebesar 7 MHz.

Selain itu, kapasitas transmisi data yang digunakan untuk mendukung komunikasi antara RedMAX Base Station Transceiver dan RedMAX Subscriber Unit diatur sebesar 4 Mbps untuk masing-masing sisi *uplink* maupun *downlink*. Selanjutnya, untuk mengetahui perbandingan kualitas kinerja terhadap variasi jenis *scheduling* yang digunakan dalam memberikan layanan kepada *user*, maka perangkat *testbed* diatur untuk dapat bekerja pada jenis *scheduling Best Effort (BE)*, *Non-Real-Time Polling Service (nrtPS)*, *Real-Time Polling Service (rtPS)* dan *Unsolicited Grant Service (UGS)*. Pengujian ini dilakukan secara *indoor* dengan luas ruangan sekitar 112 m². Spesifikasi lengkap dari sistem *testbed* yang dibangun, disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Konfigurasi Jaringan Testbed WiMAX untuk layanan IPTV

Tabel 1. Spesifikasi Perangkat Testbed WiMAX

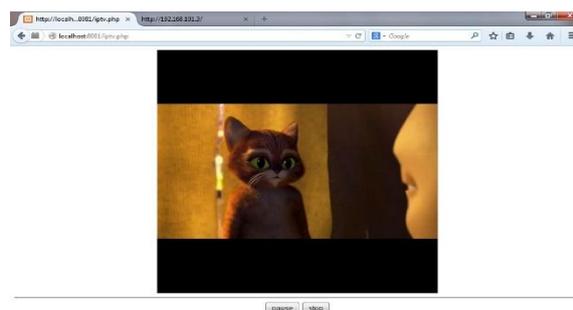
Paramater	Spesifikasi
Base Station Unit	RedMAX AN-100U
Subscriber Unit	RedMAX SU-O
Frekuensi Kerja	3.550.250 KHz
Lebar pita kanal	7 MHz
Lapisan Fisik	WiMAX 802.16-2004 256 OFDM-FDD
Daya Pancar BS	0 dBm
Tipe Scheduling	BE, nrtPS, rtPS, dan UGS

Langkah selanjutnya dalam implementasi layanan IPTV pada *testbed* WiMAX ini adalah konfigurasi layanan IPTV. Konfigurasi dilakukan pada dua sisi, yaitu *server* dan *client*. Perangkat lunak yang digunakan dalam membangun layanan IPTV adalah *VideoLAN Client (VLC)* versi 2.1.3 yang di-*install* di sisi *server* dan *client*. Perangkat lunak VLC ini memiliki fungsi untuk transmisi video di jaringan WiMAX. Khusus pada bagian *client*, VLC ini berperan sebagai *plug-in* untuk mengakses video melalui *web browser*. Setelah itu, dilakukan pula instalasi aplikasi *Xampp* agar dapat melakukan akses layanan *live streaming* berbasis web. Protokol yang digunakan dalam Layanan IPTV ini adalah *Real Time Streaming Protocol (RTSP)*. Gambar 2 menunjukkan tampilan hasil konfigurasi layanan IPTV berbasis web.

3. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Sebagaimana tujuan utama dari makalah ini, yaitu evaluasi kinerja layanan IPTV pada jaringan *testbed* WiMAX, maka pada bagian ini akan dipaparkan skenario pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan testbed dalam mendukung layanan IPTV yang disediakan. Kemudian, dalam bagian ini juga akan dipaparkan pembahasan mengenai hasil pengujian yang dilakukan.

Dengan mengacu kepada konfigurasi jaringan yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, maka pengujian ini dilakukan dengan menggunakan topologi jaringan *point-to-point* yang direpresentasikan oleh koneksi 1 (satu) buah BS dan 1 (satu) buah SS. Selain itu, terdapat pula 2 (dua) buah *PC Client* yang terhubung kepada SS sebagai representasi dari *user* layanan IPTV yang disediakan.



Gambar 2. Tampilan Layanan IPTV berbasis web

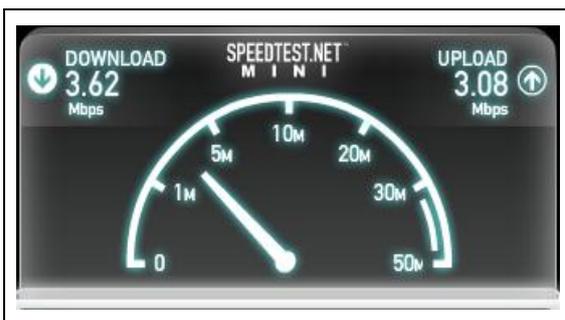
Evaluasi kinerja ini dilakukan terhadap beberapa parameter uji kualitas jaringan, seperti *delay*, *jitter*, *throughput* dan *packet loss*. Untuk memperoleh nilai kuantitatif dari setiap parameter uji tersebut, maka digunakan perangkat lunak *WireShark*. Perangkat lunak yang di-*install* pada *client* tersebut digunakan untuk menangkap paket data komunikasi IPTV yang terbentuk.

Pengujian diawali dengan melakukan pengukuran laju data transmisi maksimum yang dapat dicapai pada saat jaringan dalam kondisi kapasitas penuh. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan dasar sistem yang telah dibangun untuk melakukan transmisi data. Pengukuran laju data ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Mini Speed Test* yang di-*install* di sisi server yang terhubung ke BS. Kemudian, pengukuran dilakukan dengan mengakses aplikasi tersebut dari halaman *browser* di sisi SS. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa kapasitas rata-rata untuk melakukan *download* dan *upload* di dalam jaringan *testbed* tersebut adalah masing-masing sebesar 3,62 Mbps dan 3.08 Mbps, sebagaimana ditampilkan pada gambar 3.

Setelah mengetahui kapasitas maksimum sistem yang telah dibangun, langkah selanjutnya adalah melakukan evaluasi kinerja layanan IPTV pada jaringan *testbed* WiMAX ini dilakukan dengan beberapa kondisi sebagai berikut:

1. Jenis *scheduling* yang berbeda-beda, yang terdiri atas *best effort*, *non-real-time polling service*, *real-time polling service*, dan *unsolicited grand service*.

Pengujian dengan variasi jenis *scheduling* yang berbeda ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja jaringan dalam memberikan layanan dengan jenis *scheduling* yang berbeda.



Gambar 3. Hasil Uji Kapasitas Sistem

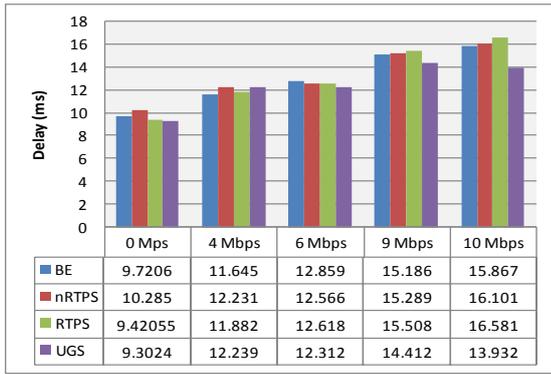
2. Terdapat trafik data tambahan ketika melakukan akses terhadap layanan IPTV yang direpresentasikan dengan *background traffic*.

Background traffic ini diperoleh dengan mengirimkan paket UDP dari *client* ke *server*. *Background traffic* adalah paket dalam transmisi jaringan yang digunakan untuk menguji perilaku suatu sistem dalam jaringan. Nilai *background traffic* yang dibangkitkan bervariasi dimulai dari 0Mbps, 4Mbps, 6Mbps, 9Mbps, dan 10Mbps. Dengan menggunakan *background traffic* ini, maka dapat diketahui kehandalan jaringan dalam menyediakan layanan pada kondisi trafik jaringan yang senantiasa bervariasi.

3.1 Pengujian Delay

Delay merupakan waktu tunda yang terbentuk akibat adanya beberapa proses dalam pengiriman paket data, antara lain proses transmisi dan pengolahan paket data. Dalam komunikasi data, *delay* menjadi suatu parameter yang digunakan dalam mengukur kualitas layanan agar dapat berjalan dengan baik. Berdasarkan standar QoS yang dipilih, nilai *delay* yang berada dalam kondisi sangat baik adalah sebesar lebih kecil dari 150 ms [8].

Hasil pengujian terhadap parameter *delay* pada komunikasi data *end-to-end* di dalam jaringan *testbed* ini ditunjukkan pada Gambar 4. Dari hasil pengujian parameter *delay* tersebut, dapat diperoleh informasi bahwa seiring dengan meningkatnya beban trafik jaringan (yang direpresentasikan oleh *background traffic*) di dalam sistem, maka terjadi peningkatan nilai *delay* secara proporsional. Rentang nilai *delay* yang masih berada di bawah 150 ms, menunjukkan bahwa *delay* yang terjadi masih dapat ditoleransi. Peningkatan nilai *delay* ini lebih disebabkan oleh adanya *processing delay time* akibat adanya antrian pengolahan paket di dalam sistem. Kemudian, jika kita membandingkan nilai *delay* terhadap variasi jenis *scheduling* dapat pula diperoleh informasi bahwa jenis *scheduling* UGS cenderung memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan jenis *scheduling* lainnya.



Gambar 4. Hasil Pengujian Parameter Delay

3.2 Pengujian Jitter

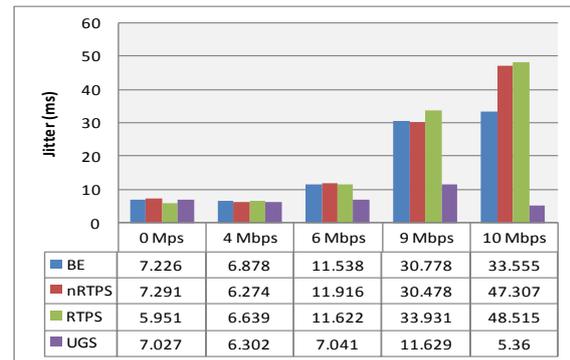
Parameter lain yang juga menjadi pertimbangan dalam melakukan evaluasi kinerja layanan adalah *jitter*. *Jitter* merupakan variasi *delay* dari kedatangan suatu paket data yang diakibatkan oleh terjadinya perbedaan kondisi jaringan ketika suatu paket dikirimkan. Hasil evaluasi kinerja layanan terhadap parameter *jitter* dengan variasi *background traffic* pada jenis *scheduling* yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 5.

Berdasarkan gambar tersebut, kita dapat memperoleh informasi bahwa tidak terjadi variasi nilai *jitter* yang cukup signifikan ketika terdapat *background traffic* hingga 4 Mbps. Hal ini disebabkan oleh masih tersedianya kapasitas sistem yang memadai untuk dapat melewati layanan IPTV pada sistem. Berbeda halnya ketika *background traffic* yang terdapat di dalam sistem melebihi kapasitas sistem (4 Mbps), maka variasi nilai *jitter* menjadi cukup signifikan. Akan tetapi, kondisi khusus terjadi ketika sistem menerapkan jenis *scheduling* UGS. Jenis *Scheduling* menjadikan *jitter* cenderung lebih stabil dibandingkan dengan jenis *scheduling* lainnya.

3.3 Pengujian Throughput

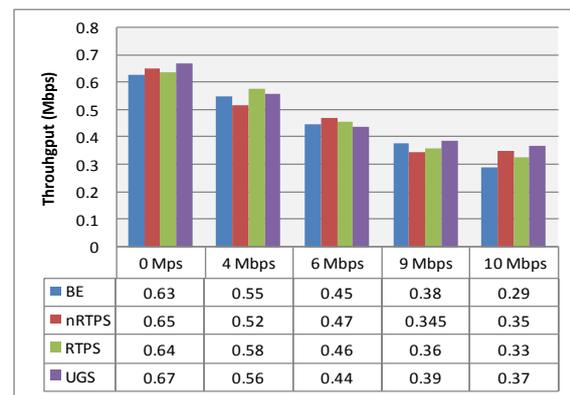
Parameter berikutnya yang menjadi pertimbangan lain dalam melakukan evaluasi kinerja layanan adalah *throughput*. *Throughput* adalah nilai perbandingan antara jumlah data atau informasi yang berhasil diterima dengan baik dan seluruh data yang dikirimkan per satu satuan waktu (biasanya dalam satuan bit per detik). Gambar 6 menunjukkan hasil pengukuran terhadap parameter uji *throughput* dengan

variasi *background traffic* pada jenis *scheduling* yang berbeda.



Gambar 5. Hasil Pengujian Parameter Jitter

Secara umum, berdasarkan gambar tersebut, kita dapat memperoleh informasi bahwa terjadi penurunan nilai *throughput* yang proporsional seiring dengan bertambahnya *background traffic* yang berada di dalam sistem. Hal ini disebabkan oleh terjadinya kongesti atau antrian, di mana ketika suatu paket tersebut tidak diolah akan mengakibatkan *packet drop*. Kondisi inilah yang menyebabkan nilai *throughput* menjadi lebih kecil ketika *background traffic* yang ada semakin besar.



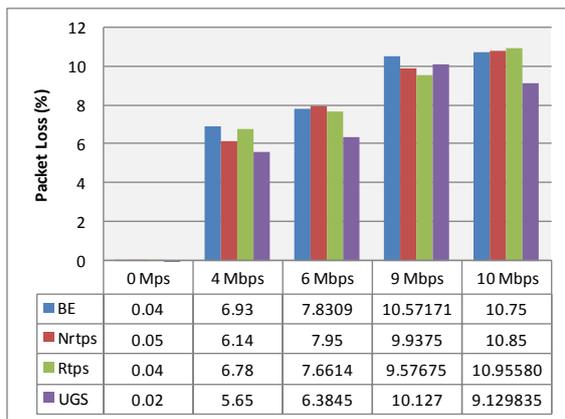
Gambar 6. Hasil Pengujian Parameter Throughput

3.4 Pengujian Packet Loss

Untuk mendukung pembahasan mengenai *throughput* maka parameter selanjutnya yang menjadi pertimbangan dalam melakukan evaluasi kinerja layanan adalah *packet loss*. *Packet loss* merupakan parameter uji yang diperoleh dengan membandingkan antara paket

yang hilang dan keseluruhan paket yang dikirim. Hilangnya paket ini disebabkan oleh terlampauinya *live time* dari suatu paket akibat padatnya trafik dalam jaringan. Hasil pengukuran parameter *packet loss* dalam testbed WiMAX ini dapat dilihat dalam

Gambar 7 dari gambar tersebut, kita dapat memperoleh informasi bahwa nilai *packet loss* semakin tinggi seiring dengan meningkatnya *background traffic* di dalam sistem pada mayoritas jenis *scheduling* yang digunakan.



Gambar 7. Hasil Pengujian Parameter *Packet Loss*

4. KESIMPULAN

Dalam makalah ini telah dilakukan evaluasi kinerja layanan IPTV pada jaringan *testbed* WiMAX berbasis standar IEEE 802.16-2004. Evaluasi ini dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter uji, antara lain *delay*, *jitter*, *throughput* dan *packet loss*. Pengujian dilakukan dengan mempertimbangkan variasi *background traffic* pada jenis *scheduling* yang berbeda, seperti *Best Effort* (BE), *Non-Real-Time Polling Service* (nrtPS), *Real-Time Polling Service* (rtPS) dan *Unsolicited Grant Service* (UGS).

Berdasarkan hasil pengujian kinerja yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa dengan variasi *background traffic* yang berbeda (0, 4, 6, 9 dan 10 Mbps) kinerja layanan IPTV secara umum masih memenuhi standar kinerja yang disyaratkan. Delay tertinggi yang terjadi selama proses pengujian adalah sebesar 16,581 ms dengan nilai jitter sebesar 48.515 ms. Sedangkan nilai *throughput* yang dapat dicapai oleh sistem adalah sebesar 0.67 Mbps dengan *packet loss* sebesar 10.96 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada PT. Aplikanusa Lintas Arta atas dukungan berupa Jaringan testbed WiMAX yang diberikan dalam skema Program Hibah CSR Pendidikan Generasi Muda Berbasis ICT.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IEEE 802.16 Working Group, editor. *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks. Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems*. IEEE Std. 802.16-2004, October 2004.
- [2] N. Gupta and G. Kaur. *WiMAX Applications: WiMAX Technology for Broadband Wireless Communication*. CRC Press, 2008.
- [3] S. Pandey, Y.J. Won, J.W. Hong, and J. Strassener, "Dimensioning internet protocol television video on demand services. International," in *Journal of Network Management* Vol. 21 No. 6, pp. 455–468, Nov. 2011.
- [4] J. Hamodi, K. Salah, and R. Thool, "Evaluating the performance of IPTV over Fixed WiMAX," in *International Journal of Computer Applications*, Vol. 84, No. 6, pp. 35-43, Dec. 2013
- [5] C-P. Lin, H-L. Chen, and J-S. Leu, "Modeling and Evaluating IPTV Applications in WiMAX networks," in *International Journal of Multimedia Tools and Applications*, Vol. 67, No. 3, pp. 641-666, Dec 2013.
- [6] K. Pentikousis, J. Pinola, E. Piri, F. Fitzek, "An experimental investigation of VoIP and video streaming over fixed WiMAX," in *the proceeding of 6th International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks and Workshops (WiOPT) 2008*. pp.8-15, 1-3 April 2008.
- [7] Gunawan Wibisono, Gunadi Dwi Hantoro, *WiMAX : Teknologi BWA kini dan masa depan*. Penerbit Informatika. Bandung 2007.
- [8] TIPHON, "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) General aspects of Quality of Service (QoS)", DTR/TIPHON-05006 (cb0010cs.PDF).1999.

Biodata Penulis

Prasetiyono Hari Mukti, lahir di Bandung pada tahun 1984. Dia memperoleh gelar Sarjana dan Magister Teknik dalam bidang Teknik Elektro dari Institut Teknologi Bandung, masing-masing pada tahun 2008 dan 2012. Selain itu, dia juga memperoleh gelar *Master of Science* dari TU Delft, Belanda melalui program *double-degree* pada tahun yang sama. Setelah menyelesaikan studinya, dia bergabung dengan Jurusan Teknik Elektro ITS sebagai dosen muda. Fokus penelitian yang dilakukannya meliputi sistem komunikasi nirkabel, sistem antena dan rekayasa gelombang mikro.

Rizki Aris Yuniarto, lahir di Mojokerto pada tanggal tahun 1990. Dia memperoleh gelar Sarjana Teknik dalam bidang Teknik Elektro dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2014. Selama menempuh studi di tingkat SMA, ia pernah mendapat kesempatan belajar di Hitachi-kita High School Jepang dalam Program Pertukaran Pelajar.

Achmad Affandi, lahir di Tulung Agung pada tahun 1965. Dia memperoleh gelar Sarjana Teknik di bidang Teknik Elektro dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 1989. Kemudian, ia memperoleh gelar DEA dan Doktor dalam bidang yang sama dari *Université de Rennes I*, Prancis, masing-masing pada tahun 1996 dan 2000. Saat ini, dia merupakan dosen senior di Jurusan Teknik Elektro ITS. Fokus penelitian yang dilakukannya meliputi sistem komunikasi nirkabel, rekayasa trafik dan manajemen jaringan telekomunikasi.