

LAYANAN TRAFIK rtPS PADA JARINGAN WIMAX

Achmad Ubaidillah Ms.

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura
Jl. Raya Telang PO. BOX 2 Kamal, Bangkalan, Madura
email : ca_achmed@yahoo.com

Abstract

The main advantages of WIMAX compared to other access network technology are wider coverage and its capability in QoS guarantee up to MAC layer. One of QoS guarantee methods is scheduling on bandwidth allocation from different QoS service classes. There are 5 traffic service classes with different characteristic. They are Unsolicited Grant Service (UGS), Real-time Polling Service (rtPS), Extended Realtime Polling Service (ertPS), Non-real time Polling Service (nrtPS) and Best Effort (BE). In this paper, rtPS traffic service class is evaluated on WIMAX network. It evaluates performance of WIMAX if the majority of traffic service classes are rtPS based.

Simulation results show that throughput average when BS traffic load is full, still gain good performance. Beside that, the bigger packet size and the longer frame size, should cause decreasing of throughput average. While on rtPS based of traffic service class, this problem does not affect significantly.

Keywords : WIMAX, rtPS

1. Pendahuluan

IEEE802.16 yang lebih dikenal dengan sebutan WIMAX meng-*enable* sebuah BS untuk mendukung BWA, baik *fixed* maupun *mobile*. Tujuan utama standar ini adalah untuk mengisi gap antara *high-data-rate WLAN* dan *high-mobility-cellular WAN*.

IEEE802.16 sudah secara luas digunakan di *airport*, perkantoran maupun perumahan. Standar IEEE802.16 yang disetujui pada tahun 2001, menyatakan *interface* udara dan *MAC protocol* untuk WIMAX. WIMAX merupakan alternatif untuk *link* serat optik, modem kabel, dan DSL. Dengan menggunakan standar baru, pengguna dapat terkoneksi secara langsung ke jaringan telekomunikasi dan *internet* melalui *link* radio. Untuk mengatasi masalah LOS antara pengirim dan penerima pada standar 802.16, maka dikembangkanlah 802.16a yang beroperasi pada band frekuensi terlisensi dan yang tidak terlisensi 2-11GHz. 802.16d dikembangkan untuk memperbaiki kekurangan pada 802.16a, namun masih diaplikasikan pada pengguna *wireless* yang tetap. 802.16e dikembangkan untuk mendukung layanan pada pengguna secara *mobile*.

Tidak seperti WLAN, WIMAX diharapkan dapat mendukung QoS untuk aplikasi *real time* seperti *video conference*, *video streaming*, VoIP dan beberapa aplikasi yang sensitif pada delay dan variasi delay. MAC pada IEEE 802.16 yang didasarkan pada konsep aliran layanan dan koneksi menspesifikasikan mekanisme pensinyalan QoS (setiap koneksi atau setiap stasiun) seperti permintaan *bandwidth* dan alokasi *bandwidth*[2].

Masalah pokok lain pada IEEE 802.16 adalah algoritma *scheduling* yang didasarkan pada QoS, yang menentukan alokasi *bandwidth* baik arah *uplink* maupun *downlink*. Ada 5 kelas layanan trafik dengan kebutuhan QoS yang berbeda satu dengan lainnya. Pada paper ini, akan dievaluasi secara detail mengenai kinerja layanan trafik berbasis rtPS pada jaringan WIMAX. Bagian kedua me-*review* standar IEEE 802.16. Bagian ketiga akan menjelaskan tentang rencana simulasi. Analisis hasil simulasi akan dibahas di bagian keempat, sedangkan kesimpulan dan saran akan disebutkan pada bagian terakhir, yaitu bagian kelima.

2. Standar 802.16

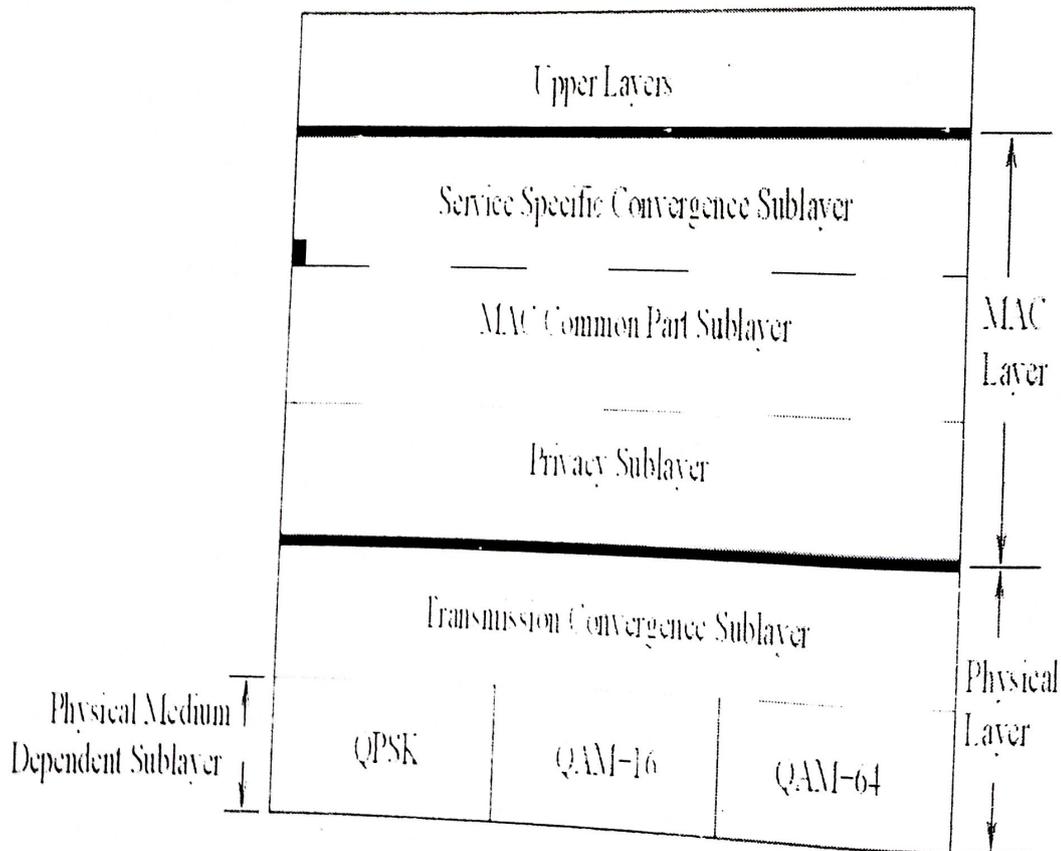
WIMAX merupakan sebuah nama komersial untuk produk-produk yang tunduk pada standar IEEE 802.16. Sebuah organisasi industri yang bernama WIMAX Forum telah dibentuk untuk mempromosikan diadopsinya standar IEEE 802.16 dan untuk memungkinkan perangkat yang dikeluarkan berbagai macam *vendor* dapat saling beroperasi. Forum ini, termasuk di dalamnya beberapa perusahaan telekomunikasi terkemuka dunia, diharapkan dapat memainkan peran utama dalam membantu perkembangan adopsi IEEE 802.16 sebagai standar yang *de facto* untuk teknologi BWA.

IEEE 802.16 merupakan standar *air interface* untuk WIMAX yang memungkinkan terwujudnya sistem *Broadband Wireless Access* (BWA). Standar ini memberikan spesifikasi untuk *MAC layer* dan *physical layer* dari model OSI. Pada bab ini akan dipaparkan secara singkat standar IEEE 802.16, dokumentasi yang lebih lengkap untuk standar ini dapat dilihat pada [1].

2.1. Arsitektur

Jaringan WIMAX terdiri dari sebuah BS dan sejumlah SS. BS terhubung ke jaringan publik dan dapat menangani banyak sektor sekaligus. SS dapat berupa bangunan-bangunan seperti kantor kecil, rumah kantor, pelanggan *multi-tenant*, dan *small-medium enterprise*. WIMAX menyediakan jaringan akses kepada bangunan-bangunan tersebut melalui sebuah antena luar yang berkomunikasi dengan BS. Setiap SS terdiri dari sejumlah pemakai. BS dan SS *fixed (stationer)* sedangkan para pemakai di dalam bangunan dapat diam atau bergerak. Sekarang ini jaringan WIMAX telah menciptakan sebuah teknologi untuk membawa jaringan hanya ke bangunan-bangunan, sedang para pengguna di dalam bangunan dapat berhubungan diantara mereka dengan menggunakan jaringan *in-building* yang biasa.

Protokol *stack* dari IEEE 802.16 dijelaskan pada Gambar 1. Layer fisik terdiri dari 2 *sublayer*, yang satu berhubungan dengan transmisi yang sebenarnya. *Sublayer* di atasnya adalah *Transmission Convergence* (TC) untuk memadukan teknologi transmisi yang berbeda dari layer MAC.



Gambar 1 Protocol Stack 802.16

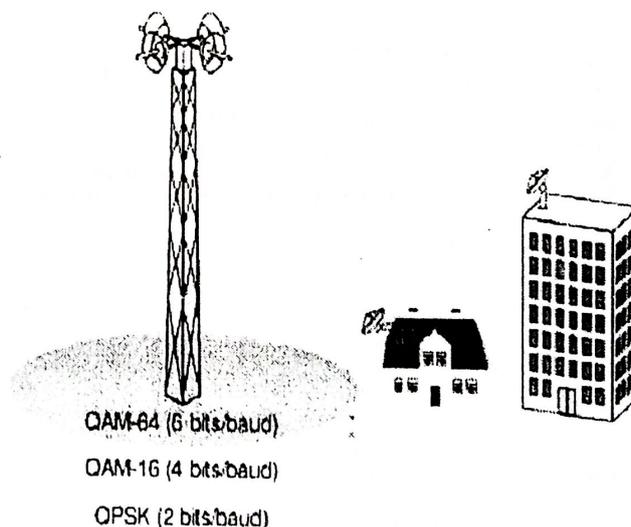
Layer pada stack adalah MAC layer yang terdiri dari 3 sublayer, yaitu:

1. *Privacy Sublayer* yang menangani masalah privasi dan keamanan. Keamanan merupakan masalah yang utama pada jaringan publik. *Sublayer* ini menyediakan prosedur autentikasi untuk akses jaringan dan pembangunan koneksi agar tidak terjadi pencurian layanan. *Layer* ini juga menyediakan enkripsi, dekripsi, dan pertukaran kunci untuk data privasi.
2. *MAC Common Part Sublayer (CPS)*. IEEE 802.16 MAC bersifat *connection-oriented* dan dirancang untuk mengefisienkan penggunaan spektrum. Mendukung ratusan pemakai per kanal dan menyediakan *bandwidth* yang tinggi untuk setiap pemakai. Dapat menangani trafik yang kontinyu atau *bursty* untuk mendukung berbagai macam layanan, seperti: *constant bit rate*, *real-time variable bit rate* dan seterusnya.
3. *Service-Specific Convergence Sublayer (CS)* menyediakan antarmuka kepada *layer* jaringan diatas MAC. Fungsinya adalah untuk memetakan trafik dengan transport *layer* yang spesifik, ke 802.16 MAC yang cukup fleksibel untuk membawa berbagai macam tipe trafik. Standar 802.16 telah menetapkan 2 layanan spesifik CS. ATM CS ditetapkan untuk memetakan layanan ATM dan Paket CS ditetapkan untuk memetakan layanan-layanan paket ke dan dari koneksi yang menggunakan 802.16 MAC.

2.2. Layer Fisik

Ada tiga jenis layer fisik pada WIMAX, yaitu: *single carrier*, *orthogonal frequency division multiplexing (OFDM)*, dan OFDMA. WIMAX Forum sedang mengembangkan sebuah profil *mobile WIMAX* dengan hanya berbasis pada layer fisik OFDMA. Sedangkan pada saat yang sama, *Evolution Task Group WIMAX* Forum sedang mengembangkan spesifikasi teknik untuk evolusi jaringan berbasis OFDM dari koneksi yang diam menuju koneksi yang dapat berpindah-pindah.

Layer fisik ini Standar IEEE 802.16 telah menetapkan satu spesifikasi layer fisik yang beroperasi pada pita frekuensi 10 – 66 GHz. Gelombang dalam spektrum ini merupakan gelombang pendek, oleh karena itu diperlukan propagasi yang LOS. Juga karena gelombang milimeter ini berjalan dalam jalur yang lurus, BS dapat mempunyai antena yang banyak, setiap satunya menangani satu sektor. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sektorisasi pada WIMAX

Setiap sektor mempunyai *user* sendiri-sendiri dan tidak tergantung pada sektor yang berdekatan. Disebabkan penurunan kekuatan sinyal yang tajam pada gelombang milimeter pada jaraknya dari BS, maka S/N menurun sangat cepat.

Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) pada Wireless-MAN didasarkan pada modulasi OFDM yang dirancang untuk operasi NLOS pada pita frekuensi dibawah 11 GHz.

aksi lainnya yang berhubungan dengan komunikasi data. Koneksi dikenali dengan sebuah CID (Connection ID). Setiap SS mempunyai MAC address 48 bit yang berfungsi sebagai pengenalan untuk SS, digunakan untuk mendaftar dan keperluan otentikasi. Untuk operasi-operasi selanjutnya CID digunakan sebagai alamat utama. Sekali memasuki jaringan WIMAX, SS diberi 3 koneksi manajemen untuk setiap arah sebagai berikut:

1. *Basic Connection*, digunakan untuk mentransfer pesan-pesan MAC yang pendek dan penting, misalnya *ranging*.
2. *Primary Connection*, digunakan untuk mentransfer pesan yang lebih panjang, dan toleran terhadap *delay*, seperti autentikasi dan *setup* panggilan.
3. *Secondary Connection*, digunakan untuk mentransfer pesan manajemen standar seperti *Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)*, *Trivial File Transfer Protocol (TFTP)*.

MAC Protocol Data Unit (PDU) adalah unit data yang dipertukarkan antara BS dengan SS. *Convergence Sublayer* menerima SDU melalui CS *Service Access Point (SAP)* dan menghubungkannya dengan MAC *service flow* beserta CID yang semestinya. MAC CPS menerima data ini dari CS dan menjadikan SDU tersebut menjadi sebuah MAC PDU sebelum dikirimkan ke entitas yang dituju. MAC PDU terdiri dari sebuah *header fixed-length*, *payload* dengan panjang bervariasi, dan sebuah opsi *Cyclic Redundancy Check (CRC)*. Header dapat terdiri dari 2 tipe: *generic header* dan *bandwidth request header*. MAC PDU dengan *generic header* mengandung pesan MAC management atau CS data dalam bagian *payload*-nya sedangkan *bandwidth request header*, digunakan untuk meminta *bandwidth* tanpa mengandung *payload*.

MAC PDU dapat mengandung berbagai tipe *sub-header* sebagai berikut:

1. *Grant Management Subheader*: digunakan oleh SS untuk meminta *bandwidth* dari BS
2. *Packing Subheader*: dua atau lebih SDU dapat dipadatkan dalam sebuah PDU yang ditunjuk oleh *packing subheader*.
3. *Fragmentation Subheader*: sebuah SDU dapat dipecah menjadi 2 atau lebih SDU. *Subheader* fragmentasi digunakan untuk menunjukkan kehadiran dan orientasi fragmentasi SDU dalam *payload*.

IEEE 802.16 telah menetapkan 5 layanan *scheduling* untuk arah *uplink*. Setiap koneksi dalam arah *uplink* dipetakan ke dalam satu dari layanan-layanan ini. Ada 5 tipe layanan yang didukung oleh standar IEEE 802.16, kelima layanan tersebut membutuhkan QoS *requirement* dan kebijakan *scheduling* yang berlainan:

1. *Unsolicited Grant Service (UGS)*, layanan ini mendukung aliran data bertipe *constant bit rate (CBR)* atau CBR-like, VoIP misalnya. Karakteristik layanan UGS adalah: membutuhkan alokasi *bandwidth* yang konstan sehingga tidak perlu melakukan *BW-Request*, *uplink scheduling* memberikan jumlah *time slot* yang tetap.
2. *Real-time polling service (rtPS)*, layanan ini untuk aplikasi *real time* dengan aliran data VBR-like seperti MPEG *video*. Layanan ini membutuhkan *bandwidth* tertentu dan *maximum delay*. Paket-paket yang melewati *deadline* tidak dapat digunakan. Pada layanan rtPS *BW-request* dilakukan dengan mode *contention-free*.
3. *Extended real-time Polling Service (ertPS)*, layanan ini menggabungkan efisiensi pada UGS dan rtPS. Tipe ini digunakan untuk VoIP dengan mode *silent suppression*. Pada layanan ini *BW-request* dilakukan dengan mode *contention-free*.
4. *Non real-time Polling Service (nrtPS)*, layanan ini digunakan untuk aplikasi *non real-time* tetapi membutuhkan layanan yang lebih baik dari *best-effort*, misalnya *bandwidth intensive file transfer*. Layanan ini cocok untuk aplikasi yang hanya membutuhkan alokasi *bandwidth* minimum, tidak sensitif terhadap *delay* dan *jitter*. Layanan nrtPS dalam memenuhi kebutuhan *bandwidth*-nya dapat melakukan *BW-request* dengan mode *contention* atau *contention-free*.

5. *Best effort service* (BE), layanan ini untuk trafik yang bersifat *best-effort* seperti HTTP. Tidak ada jaminan QoS dalam layanan ini. Aplikasi yang menggunakan layanan ini mendapatkan jatah *bandwidth* setelah keempat tipe layanan diatas mendapatkan bagiannya. Layanan BE melakukan *BW-request* hanya dengan *mode contention*.

Dalam IEEE 802.16, akses untuk arah *uplink* dilakukan dengan mekanisme DAMA-TDMA. SS menggunakan mekanisme *bandwidth request* untuk melaporkan kebutuhan akan *bandwidth uplink* kepada BS. BS memberi kesempatan kepada SS untuk melakukan permintaan *bandwidth* dengan memberikan *bandwidth* kepada SS. *Bandwidth* dapat diminta dengan mengirimkan paket *bandwidth request* atau menumpangkan permintaan tersebut pada sebuah paket data. *Request* dapat berupa *aggregate* atau *incremental*. Ketika BS menerima sebuah *incremental bandwidth request*, BS akan menambahkan jumlah *bandwidth* terminta kepada *bandwidth* yang sedang diterima oleh koneksi tersebut. Apabila yang diterima BS adalah *aggregate bandwidth request*, BS mengganti persepsi atas sebuah *connection-bandwidth* menjadi sebesar *bandwidth* terminta.

IEEE 802.16 telah menetapkan 2 mode pemberian *bandwidth* :

- *Grant Per Connections* (GPC): dalam mode GPC, BS *scheduler* memperlakukan setiap koneksi secara terpisah dan *bandwidth* secara eksplisit diberikan kepada setiap koneksi. SS membagikan *bandwidth* kepada koneksi yang dilayaninya menurut perintah yang telah ditentukan oleh BS.
- *Grant Per Subscriber Station* (GPSS): dalam mode GPSS, BS *scheduler* memperlakukan semua koneksi dari sebuah SS sebagai sebuah unit dan memberikan *bandwidth* kepada SS. Sebuah *scheduler* tambahan ditempatkan di SS yang menentukan urutan pelayanan untuk setiap koneksi yang ada padanya dalam *bandwidth* yang telah diberikan.

GPSS mode lebih *scalable* dan efisien dibandingkan dengan GPC, juga mampu memberikan *delay* yang lebih rendah pada aplikasi *real-time*. Dalam GPSS mode, SS lebih cerdas dan dapat bereaksi lebih cepat terhadap kebutuhan *bandwidth* yang diajukan oleh *service flow* yang *real-time*.

3. Simulasi

Simulasi pada paper ini dilakukan dengan menggunakan *software ns-2*. Ada beberapa parameter yang sengaja kondisinya dibuat tetap, di antaranya adalah sistem *wireless*, *mac protocol* yang digunakan adalah 802_16, *omniantenna*. sumber trafik bersifat UDP. Kondisi kanal diasumsikan ideal, *error free*, tanpa sinyal *fading* dan *attenuation*. Pengukuran, perhitungan, dan analisis dilakukan berdasarkan data yang didapatkan dari hasil simulasi. *Scheduling* yang digunakan dalam simulasi adalah *Weighted Round Robin* (WRR). Jumlah OFDMA data simbol per *frame* adalah 48. OFDMA simbol *time* adalah 100,84 mikrosekon. Jumlah *subchannel* adalah 30.

3.1. Skenario I

Simulasi pada skenario I dilakukan untuk mengevaluasi kinerja throughput kelas layanan rtPS jika jumlah SS dan rate trafik yang dibangkitkan semakin diperbesar.

Sedangkan parameter-parameter pada simulasi skenario I diset sebagai berikut :

- jumlah SS : 3, 9, 18, 30, 48
- *rate* pembangkitan trafik : 448kbps, 896kbps, dan 1344kbps
- ukuran paket (tetap) : 210
- panjang *frame* 5 ms

3.2. Skenario II

Parameter-parameter simulasi pada skenario II adalah sebagai berikut :

- jumlah SS : 3, 9, 18, 30, 48
- ukuran paket : 210, 420, dan 630

- *rate* pembangkitan trafik (tetap) : 448kbps
- panjang *frame* 5 ms

3.3. Skenario III

Parameter-parameter simulasi pada skenario II adalah sebagai berikut :

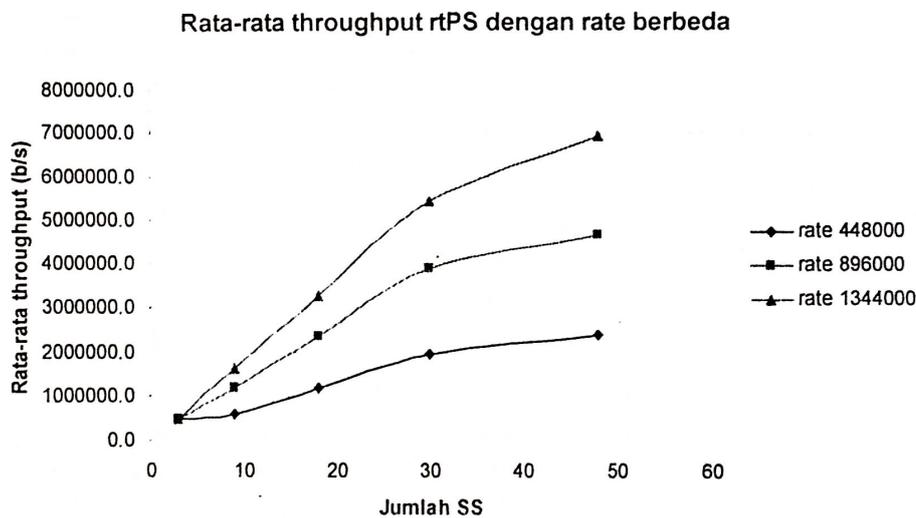
- jumlah SS : 3, 9, 18, 30, 48
- panjang *frame* : 5 ms, 8 ms, dan 10 ms
- *rate* pembangkitan trafik (tetap) : 448kbps
- ukuran paket tetap : 210

Untuk mengukur kinerja layanan trafik berbasis rtPS, penelitian ini menggunakan parameter *throughput* sebagai basis informasi.

4. Analisis Hasil Simulasi

Bab ini akan membicarakan tentang hasil-hasil simulasi yang diperoleh dari tiga macam skenario jaringan sekaligus analisisnya. Dari setiap skenario jaringan, akan diperoleh dan dianalisis *throughput*, untuk menguji kinerja dari tipe layanan trafik sebagaimana dijelaskan sebelumnya.

4.1. Skenario I



Grafik 1. Grafik rata-rata *throughput* rtPS terhadap jumlah SS (semua diset rtPS) dan dengan *rate* pembangkitan trafik berbeda

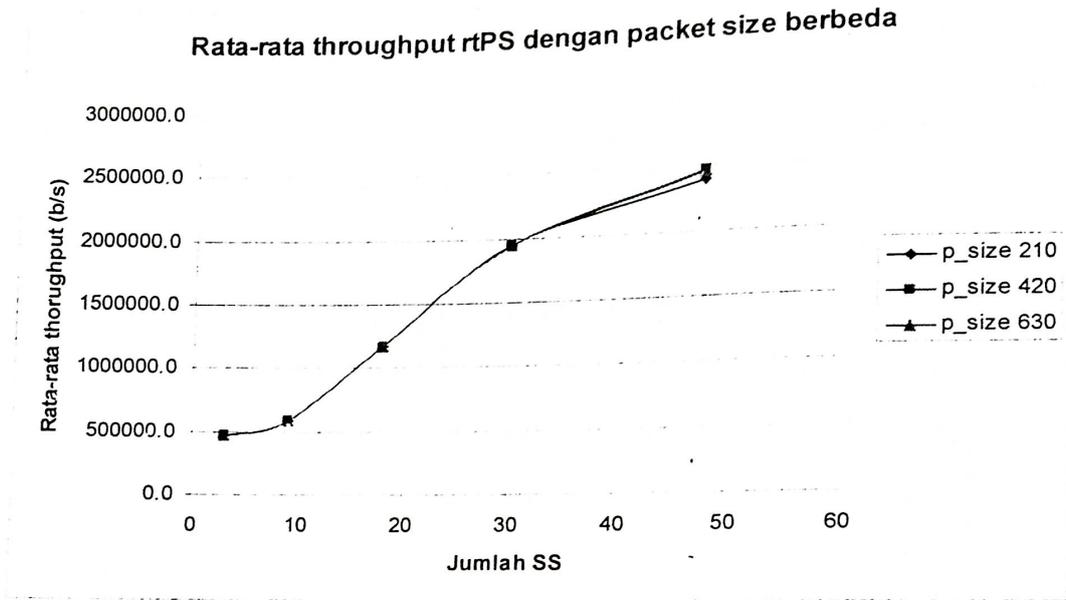
Berdasarkan Grafik 1, dapat dilihat bahwa kenaikan beban trafik dengan menambah jumlah *node* SS yang ditangani oleh BS akan berakibat pada semakin bertambahnya nilai rata-rata *throughput*, kecuali ketika *source* jaringan sudah tidak tersisa lagi atau sudah jenuh. Ketika trafik yang ditangani oleh BS belum jenuh, tampak sekali bahwa naiknya nilai rata-rata *throughput* berbanding lurus terhadap kenaikan jumlah SS bahkan cenderung linier.

Tampak juga bahwa pada kondisi beban trafik sangat padat yaitu pada kenaikan dari jumlah SS 30 ke 48, garis rata-rata *throughput* sudah tidak linier lagi. Hal ini erat sekali dengan sifat dasar kelas layanan tipe rtPS itu sendiri, yaitu ukuran paket yang dibangkitkan bersifat dinamis atau dapat berubah-ubah, tergantung pada kondisi beban trafik yang dialami oleh jaringan. Sehingga pada saat beban trafik belum jenuh, garis rata-rata *throughput* tampak cenderung bersifat linier. Sedangkan ketika beban trafik yang dialami oleh jaringan sangat padat, kelas layanan rtPS langsung beradaptasi dengan keadaan tersebut dengan memperkecil ukuran pakatnya, sehingga nilai rata-rata *throughput* pada kondisi tersebut berada di bawah garis liniernya.

Dari Grafik 1, jika diperhatikan nilai rata-rata *throughput* ketika jumlah SS masih sedikit sekali yaitu dari 3 sampai 9, tampak bahwa ada ketidaklinieran pada kedua grafik tersebut. Hal yang dapat disimpulkan dari fenomena tersebut adalah alokasi *resource* jaringan yang diberikan pada kelas layanan yang bersifat *polling* ketika beban trafik sangat rendah akan besar sehingga membentuk batas minimum tertentu.

Hal lain yang menarik untuk diperhatikan berdasarkan Grafik 1 adalah bagaimana dampak atau pengaruh naiknya nilai *rate* pembangkitan trafik terhadap rata-rata *throughput*. Dari Grafik 1 tampak bahwa semakin besar nilai *bit rate* suatu transmisi, maka semakin besar pula nilai rata-rata *throughput* yang diperoleh. Namun tidak juga berarti bahwa nilai *rate* harus diset setinggi-tingginya agar rata-rata *throughput* semakin besar, karena berdasarkan Grafik 1, alokasi *resource* jaringan yang dialokasikan oleh BS ke SS ada batasannya juga. Hal ini tampak sekali pada Grafik 1.

4.2. Skenario II



Grafik 2. Grafik rata-rata *throughput* rtPS (semua SS diset rtPS) terhadap Jumlah SS dengan ukuran paket berbeda

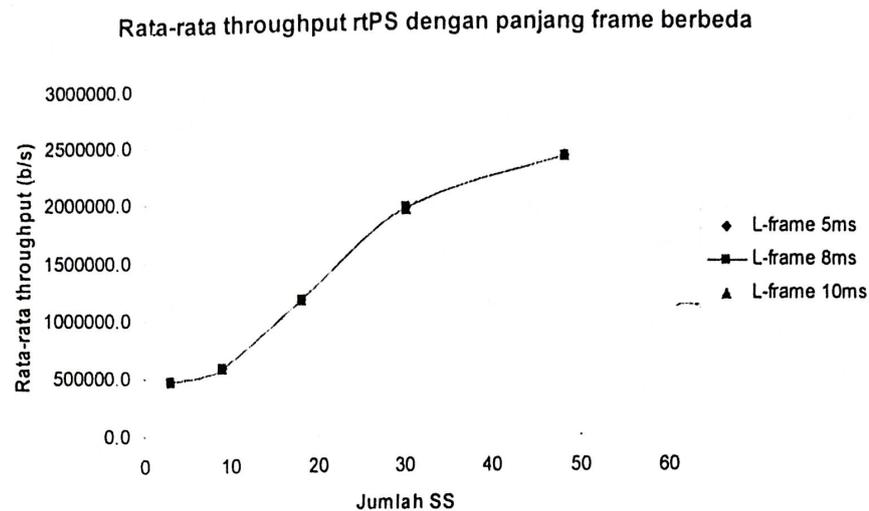
Seharusnya semakin besar ukuran paket yang dibangkitkan oleh SS, hanya akan memberikan dampak secara signifikan ketika beban trafik yang dialami oleh jaringan dalam keadaan padat, yaitu dengan semakin menurunnya nilai rata-rata *throughput*. Sedangkan pada kondisi beban trafik tidak padat, bertambah besarnya ukuran paket yang dibangkitkan, tidak memberikan pengaruh secara signifikan. Dari Grafik 2 tampak bahwa pengaruh bertambah besarnya ukuran paket mulai tampak pada jumlah SS 30 sampai dengan 48. Akan tetapi pada Grafik 2 (untuk jenis layanan rtPS), perubahan tersebut tidak terlihat secara signifikan. Hal tersebut disebabkan ukuran paket yang dibangkitkan oleh kelas layanan rtPS bersifat dinamis tergantung kondisi jaringan itu sendiri.

4.3. Skenario III

Durasi *frame* semakin besar berarti *frame* yang dikirimkan setiap detiknya semakin sedikit. Durasi/panjang *frame* 5 ms, berarti bahwa *frame* yang dikirimkan setiap detiknya adalah 1/0.005 atau sama dengan 200 *frame*. Durasi *frame* 8 ms, berarti bahwa *frame* yang dikirimkan setiap detiknya adalah 1/0.008 atau sama dengan 125 *frame*. Demikian juga panjang *frame* 10 ms, berarti bahwa *frame* yang dikirimkan setiap detiknya adalah 1/0.01 atau sama dengan 100 *frame*. Dari keterangan tersebut jelas sekali bahwa durasi *frame* semakin besar akan semakin mengurangi kapasitas transmisi.

Seharusnya, semakin besarnya durasi *frame* akan menurunkan pencapaian rata-rata *throughput*, akan tetapi hal tersebut tidak terjadi pada Grafik 3, yaitu model jaringan dengan semua SS diset rtPS. Mungkin saja frekuensi pengiriman semakin terbatas dengan semakin besarnya panjang *frame*, tapi ingat bahwa ukuran paket pada kelas layanan rtPS bersifat dinamis. Ukuran paket pada kelas layanan rtPS dapat sangat panjang saat kondisi beban trafik tidak padat, dan dapat memendek pada saat beban

trafik yang dialami oleh jaringan sedang padat. Hal inilah yang menyebabkan kenaikan durasi frame tidak berdampak secara signifikan pada Grafik 3.



Grafik 3. Grafik rata-rata *throughput* rtPS (semua SS diset rtPS) terhadap jumlah SS dengan panjang *frame* berbeda

Sedangkan diketahui bahwa jika jaringan WIMAX benar-benar dapat diaplikasikan, maka masyarakat dalam satu kota, dengan radius dapat mencapai 50 km, sangat memungkinkan menggunakan fasilitas jaringan secara bersamaan, sehingga membuat *resource* jaringan menjadi jenuh. Berdasarkan analisis kinerja di atas, dapat diamati bahwa jika seandainya *resource* jaringan WIMAX dikuasai akses layanan trafik berbasis rtPS, maka dapat diperkirakan bahwa dalam keadaan trafik yang jenuh, jaringan WIMAX tidak akan mudah *drop*.

5. Kesimpulan dan Saran

Penambahan beban trafik pada jaringan, baik dilakukan dengan menambah jumlah SS yang ditangani oleh BS maupun dengan memperbesar *rate* kedatangannya, akan semakin memperbesar nilai rata-rata *throughput* di BS tersebut, selama *resource* jaringan belum jenuh.

Jika ukuran paket yang dibangkitkan semakin diperbesar, maka akan berakibat semakin menurunnya rata-rata *throughput*, kecuali pada kelas layanan rtPS. Pada kelas layanan rtPS, semakin besarnya ukuran paket yang dibangkitkan tidak berdampak secara signifikan, karena sifat rtPS yang dinamis. Pada saat beban trafik normal, ukuran paket rtPS akan besar dan akan mengecil ketika beban trafik sangat padat.

Durasi/panjang *frame* yang diperbesar akan memberikan dampak semakin menurunnya rata-rata *throughput*, kecuali pada kelas layanan rtPS. pada kelas layanan rtPS, panjang *frame* yang diperbesar tidak memberikan dampak signifikan. Hal tersebut juga disebabkan oleh sifat dinamis dari kelas layanan rtPS.

Pada kondisi beban trafik yang padat, kelas layanan rtPS akan lebih handal diterapkan. Pada saat beban trafik sangat padat, kelas layanan trafik yang kaku akan mulai tidak terlayani, sedangkan kelas layanan yang dinamis masih dapat terlayani oleh BS, yaitu dengan menyesuaikan (memperkecil) ukuran paketnya. Sehingga jika seandainya *resource* jaringan WIMAX dikuasai akses layanan trafik berbasis rtPS, maka dapat diperkirakan bahwa dalam keadaan trafik yang jenuh, jaringan WIMAX tidak akan mudah *drop*.

Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan simulasi *end-to-end* pada jaringan WiMax. baik dalam satu BS maupun lintas BS. Tujuannya adalah untuk mensimulasikan jaringan WiMax semirip mungkin dengan kenyataannya, selain juga dapat menghitung *delay end-to-end*.

Daftar Pustaka

- [1] IEEE, *IEEE Standard 802.16TM, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Network Part 16 : Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System*, 1 Oktober 2004.
- [2] Huaming Lv, Jing Nie, Chenglin Zhao, Zheng Zhou, *A Simplified Architecture of QoS for the IEEE802.16 BWA System*, Beijing University of Posts and Telecommunications, www.paper.edu.cn
- [3] Ritun Patney, Raj Jain, *WIMAX OFDMA Scheduler Simulation: Status and Issues*, www.cse.wustl.edu/~jain/wimax/schd704.htm
- [4] Eli Sofer, Yossi Segal, *Tutorial on Multi Access OFDM (OFDMA) Technology*, Doc.:IEEE802.22-05-0005r1, Januari 2005.
- [5] James T. Yu, *WIMAX A Killer Technology or Another Hype*, School of CTI DePaul University, 11 Juli 2005.
- [6] Shyam Parekh, *802.16/WIMAX*. EECS 122, Spring 2007.
- [7] Aame Hummelholm, *WIMAX MAC-Upper Layer Service*. Maaliskuuta, Maret 2006.
- [8] IEEE 802.16-2001. *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks –Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems*. Apr. 8, 2002.
- [9] GuoSong Chu, Deng Wang, dan Shunliang Mei. *A QoS architecture for the MAC protocol of IEEE 802.16 BWA system*. IEEE International Conference on Communications, Circuits and Systems and West Sino Expositions. 1:435–439. Juni 2002.
- [10] Hayri. *WiMAX : Koneksi Broadband Lewat Wireless*, Majalah PC Media Edisi Juli 2004.