

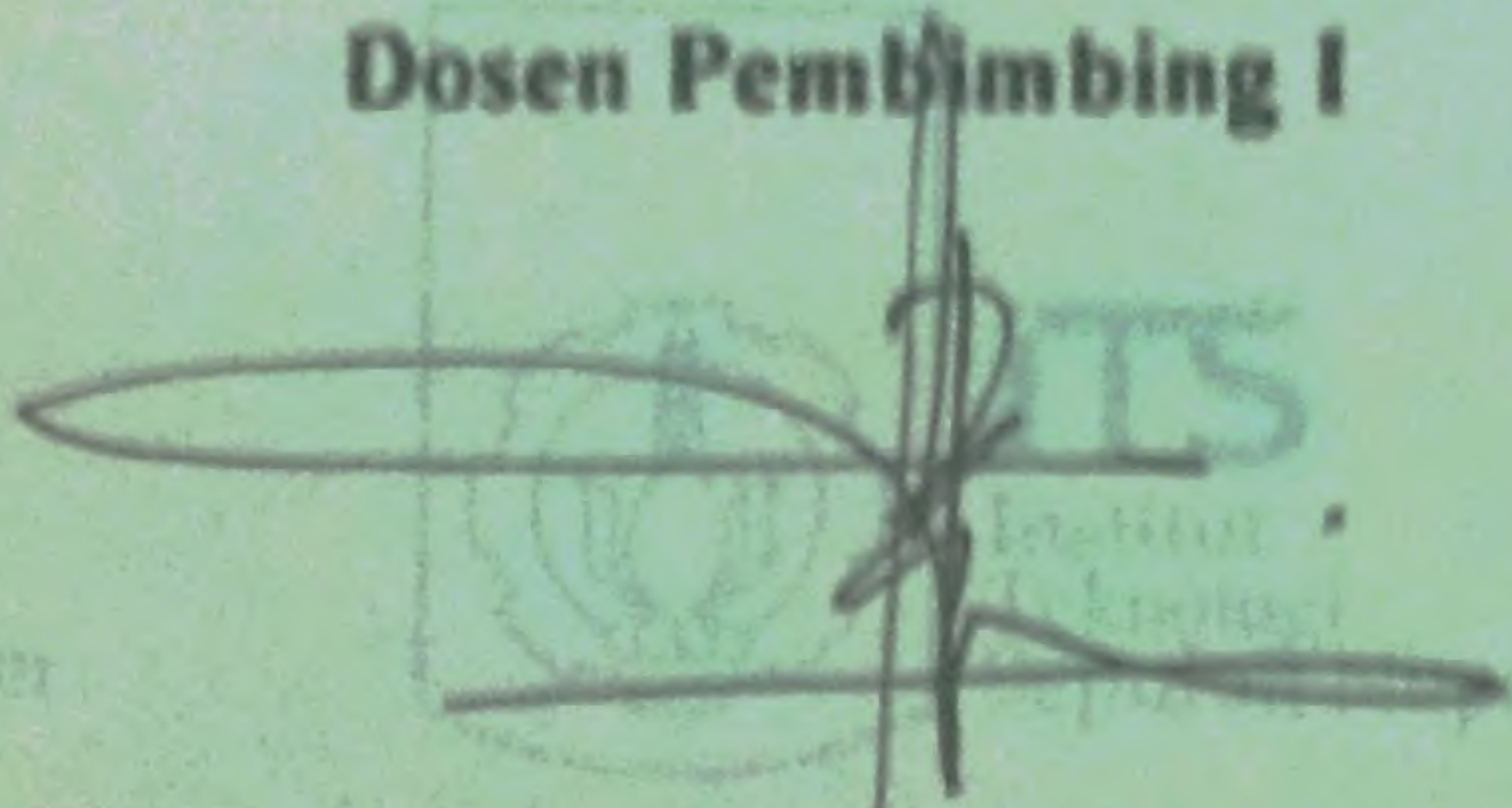
# ANALISIS KINERJA LAYANAN IPTV PADA JARINGAN WIMAX TESTBED

## TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

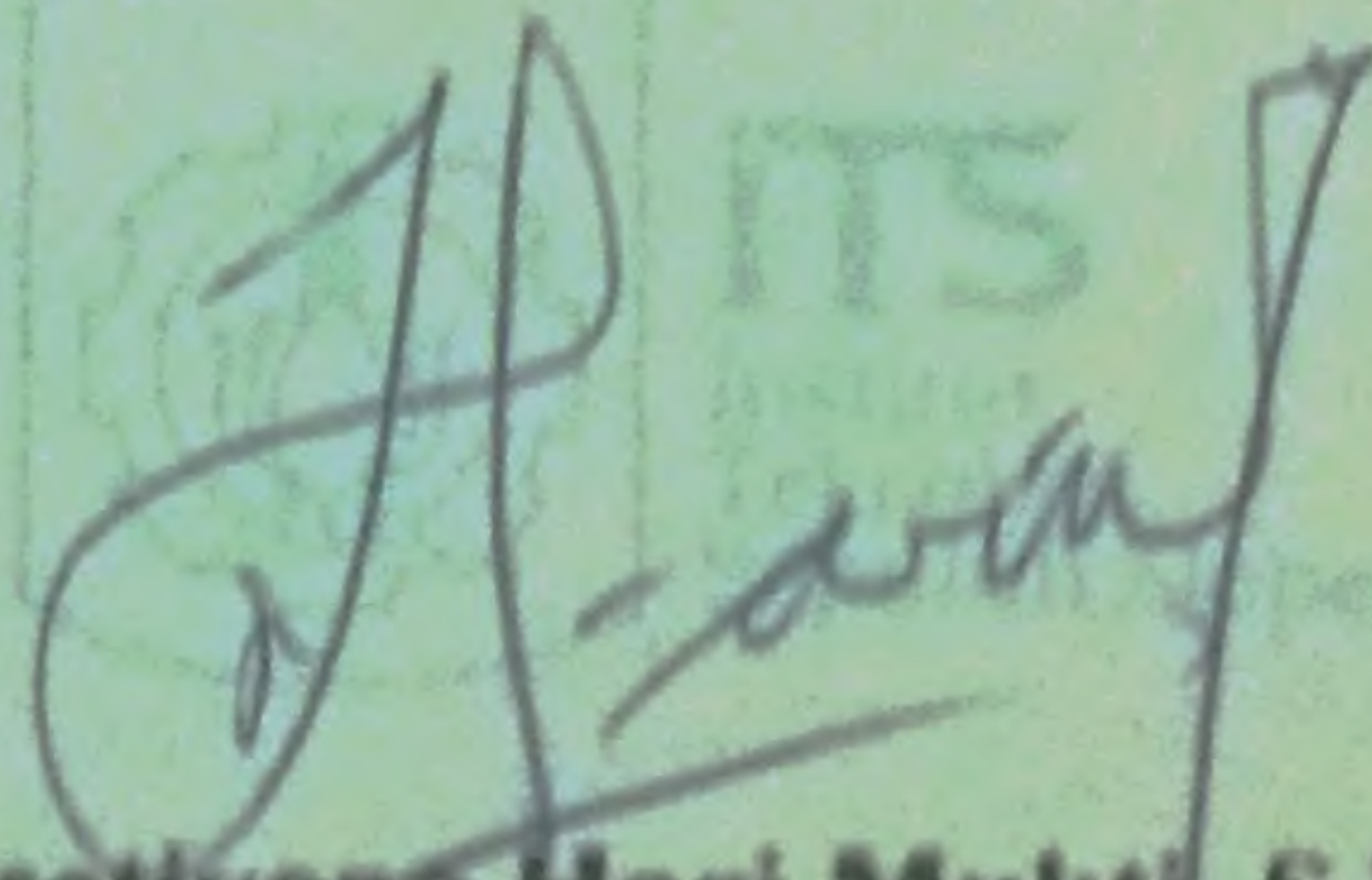
Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

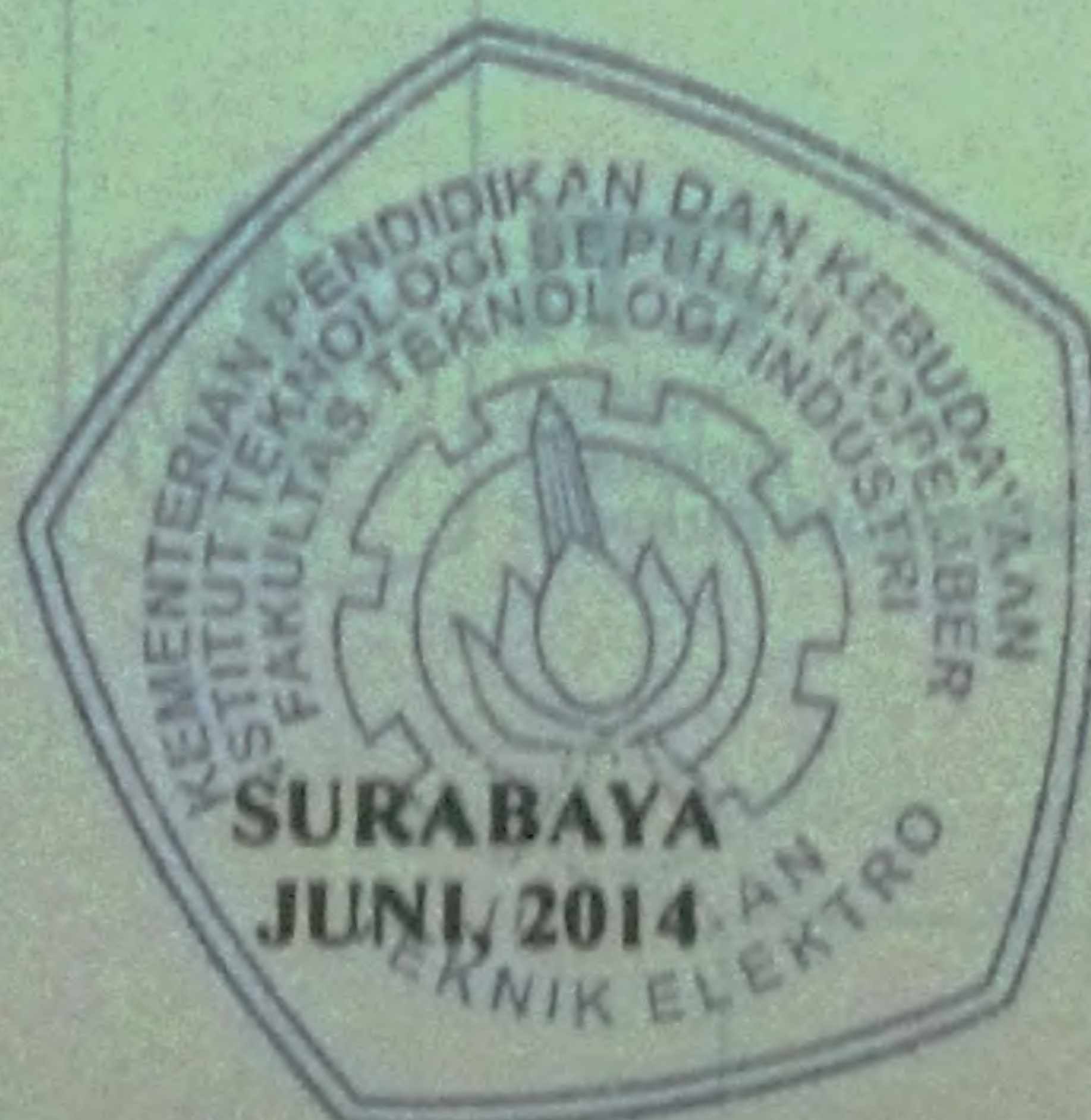


Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA.  
NIP. 1965 10 14 1990 02 1001

Dosen Pembimbing II



Prasetiyono Hari Mukti, S.T., M.T., M.Sc.  
NIP. 1984 09 13 2012 12 1002



# ANALISIS KINERJA LAYANAN IPTV PADA JARINGAN WIMAX TESTBED

Rizki Aris Yunianto  
2208100031

Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA  
Dosen Pembimbing II : Prasetyono Hari Mukti, S.T., M.T., M.Sc.

## ABSTRAK

*Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)* merupakan teknologi akses nirkabel yang dikembangkan oleh *IEEE*. Teknologi ini memiliki kelebihan untuk memberi layanan data yang tinggi dan jangkauan yang luas. Keberadaan *bandwidht WiMAX* yang besar sangat berpotensi menyediakan layanan mencukupi kebutuhan pengguna internet untuk mengakses konten berbasis multimedia. Salah satu layanan yang tersedia saat ini adalah *IPTV*.

Dalam pengujian ini dilakukan perancangan jaringan *WiMAX Testbed* untuk layanan *IPTV*. *WiMAX Testbed* akan terhubung dengan server yang terintegrasi dengan sumber data *video streaming* dan *video on demand IPTV*. Analisis yang dilakukan berdasarkan *QoS* jaringan dan variasi *Service Class* pada *WiMAX*.

*Service class WiMAX* terdiri atas *Best Effort (BE)*, *Real Time Polling Service (rtPS)*, *Non Real Time Polling Service (nrtPS)*, dan *Unsolicited Grand Service (UGS)*. Dari hasil pengujian *video streaming* dan *video on demand* didapat bahwa *service class RTPS* memiliki nilai *throughput* paling besar, nilai *delay* paling kecil, dan nilai *jitter* paling kecil pula. Ini menunjukkan bahwa *service class RTPS* merupakan *service class* yang paling sesuai untuk layanan *IPTV*.

**Kata kunci :** *WiMAX, Kinerja Layanan IPTV, QoS, Testbed*



# ANALYSIS OF IPTV SERVICE PERFORMANCE ON WIMAX TESTBED NETWORK

Rizki Aris Yuniarto  
2208100031

Supervisor I  
Supervisor II

: Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA  
: Prasetyono Hari Mukti, S.T., M.T., M.Sc.

## ABSTRACT

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) constitutes wireless access technology developed by IEEE. This technology is beneficial for providing high and wide range data services. The presence of high WiMAX bandwidth is highly potential of providing adequate Internet services for the Internet users to access multimedia-based contents. One of which is the IPTV.

The present study conducted a WiMAX Testbed network designed for IPTV. WiMAX Testbed will be connected to a server integrated with video streaming and video on demand IPTV data source. The analysis performed based on network *QoS* and Service Class variation on WiMAX.

Service Class WiMAX consists of Best Effort (BE), Real time Polling Service (rtPS), Non Real Time Polling Service (nrtPS), and Unsolicited Grand Service (UGS). According to the video streaming and video on demand tests, it revealed that service class RTPS obtained the highest throughput score, the lowest delay score and jitter score as well. It indicates that service class RTPS is the most suitable service class for streaming video IPTV services.

*Key words : WiMAX, IPTV service performance, QoS, Testbed*



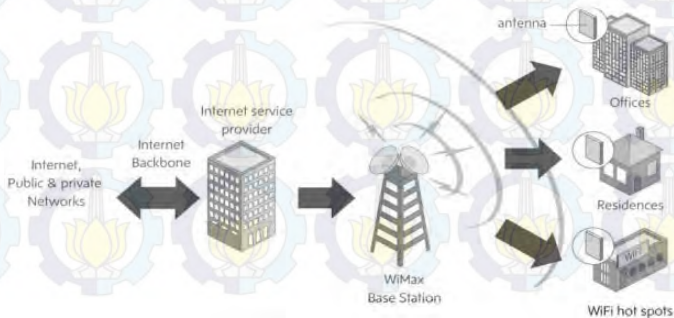
## BAB 2 TEORI PENUNJANG

Pada BAB II ini akan dibahas mengenai beberapa teori penunjang dalam pelaksanaan tugas akhir ini, meliputi penjelasan tentang Jaringan *WiMAX*, Layanan *IPTV*, *Software* pendukung pengujian, dan lainnya.

### 2.1. Jaringan *WiMAX*

*WiMAX* adalah singkatan dari *Worldwide Interoperability for Microwave Access*, merupakan teknologi akses nirkabel pita lebar (*broadband wireless access* atau disingkat *BWA*) yang memiliki kecepatan akses yang tinggi dengan jangkauan yang luas. *WiMAX* merupakan evolusi dari teknologi *BWA* sebelumnya dengan fitur-fitur yang lebih menarik. Disamping kecepatan data yang tinggi mampu diberikan, *WiMAX* juga merupakan teknologi dengan open standar. Dalam arti komunikasi perangkat *WiMAX* di antara beberapa vendor yang berbeda tetap dapat dilakukan (tidak proprietary). Dengan kecepatan data yang besar, *WiMAX* dapat diaplikasikan untuk koneksi broadband, ataupun backhaul.

*WiMAX* adalah versi nirkabel / wireless standar Ethernet dimaksudkan terutama sebagai alternatif teknologi kabel (seperti Cable Modem, DSL dan T1/E1 link) untuk menyediakan akses broadband ke lokasi pelanggan. Sistem *WiMAX* diharapkan memberikan layanan akses broadband untuk pelanggan perumahan dan perusahaan secara efisien dan ekonomis. Hal ini juga didukung dengan keberadaan *WiMAX* yang memungkinkan untuk diimplementasikan oleh berbagai layanan.



**Gambar 2.1 : Sistem Komunikasi *WiMAX***

WiMAX dibentuk pada bulan April 2001, untuk mengantisipasi publikasi asli 10-66 GHz spesifikasi IEEE 802.16. WiMAX adalah 802.16 sebagai Wi-Fi Alliance adalah 802.11. Sama halnya dengan jenis jaringan lainnya, Jaringan WiMAX juga terdiri dari beberapa komponen dasar. Komponen dasar dari suatu Jaringan WiMAX adalah sebagai berikut [2] :

1. *Mobile Station (MS)*
  - *Access Service Network (ASN)*
  - *Base Station (BS)*
  - *Access Network*
2. *Access Service Network Gateway (ASN-GW)*
3. *Connectivity Service Network (CSN)*
  - *Authentication, Authorization, and Accounting (AAA)*
  - *Mobile IP-Home Agent (MIP-HA)*
  - *Operational Support System (OSS)*
  - *Gateway*

### **2.1.1. Spektrum Frekuensi WiMAX**

Begawai teknologi yang berbasis pada frekuensi, kesuksesan WiMAX sangat bergantung pada ketersediaan dan kesesuaian spektrum frekuensi. Sistem wireless mengenal dua jenis band frekuensi yaitu Licensed Band dan Unlicensed Band. Licensed band membutuhkan lisensi atau otoritas dari regulator, yang mana operator yang memperoleh licensed band diberikan hak eksklusif untuk menyelenggarakan layanan dalam suatu area tertentu. Sementara Unlicensed Band yang tidak membutuhkan lisensi dalam penggunaannya memungkinkan setiap orang menggunakan frekuensi secara bebas di semua area.

WiMAX Forum menetapkan 2 band frekuensi utama pada certification profile untuk Fixed WiMAX (band 3.5 GHz dan 5.8 GHz), sementara untuk Mobile WiMAX ditetapkan 4 band frekuensi pada system profile release-1, yaitu band 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3 GHz dan 3.5 GHz.

Secara umum terdapat beberapa alternatif frekuensi untuk teknologi WiMAX sesuai dengan peta frekuensi dunia. Dari alternatif tersebut band frekuensi 3,5 GHz menjadi frekuensi mayoritas Fixed WiMAX di beberapa negara, terutama untuk negara-negara di Eropa, Canada, Timur-Tengah, Australia dan

sebagian Asia. Sementara frekuensi yang mayoritas digunakan untuk Mobile WiMAX adalah 2,5 GHz. Dari sini dapat kita lihat bahwa frekuensi WiMAX yang digunakan setiap daerah berbeda.

### **2.1.2. Konfigurasi Jaringan WiMAX**

Secara umum, sistem WiMAX terdiri dari Base Station (BS), Subscriber Station (SS) dan server di belakang BS seperti Network Management System (NMS) serta koneksi ke jaringan. Konfigurasi WiMAX dibagi menjadi 3 bagian yaitu SS, BS dan transport site. Untuk SS terletak di lingkungan pelanggan sedangkan BS biasanya satu lokasi dengan jaringan operator (PSTN/Internet).

Base Station (BS) merupakan perangkat transceiver (transmitter dan receiver) yang biasanya dipasang satu lokasi (colocated) dengan jaringan internet protokol. Dari BS ini akan disambungkan ke beberapa CPE dengan media interface gelombang radio (RF) yang mengikuti standar WiMAX. Antena yang dipakai di BS dapat berupa sektor 600, 900 atau 1200 tergantung dari area yang akan dilayani. Remote Stations atau CPE terdiri dari Outdoor Unit (ODU) dan Indoor Unit (IDU), perangkat radionya ada yang terpisah dan ada yang terintegrasi dengan antena.

### **2.1.3. Struktur Layer WiMAX**

Karakteristik standar 802.16 ditentukan oleh spesifikasi teknis dari Physical Layer dan Medium Access Control. Perbedaan karakteristik kedua layer ini akan membedakan varian-varianya. Physical Layer menjalankan fungsi mengalirkan data di level fisik. MAC Layer berfungsi sebagai penerjemah protokol-protokol yang ada di atasnya seperti ATM dan IP. MAC Layer dibagi menjadi tiga sub-layer yaitu : Service-Specific Convergence Sublayer (SS-CS), MAC Common Part Sub layer dan Security Sublayer. [5]

- **PHY Layer**

Fungsi penting yang diatur PHY ialah OFDM, Duplex System, Adaptive Modulation Variable Error Correction dan Adaptive Antenna System (AAS). Dengan teknologi OFDM memungkinkan komunikasi berlangsung dalam kondisi multipath LOS dan NLOS antara Base Station (BS) dan Subscriber Station (SS). Metode OFDM yang digunakan ialah FFT 256. Fitur PHY untuk sistem duplex pada standar WiMAX diterapkan pada



Frequency Division Duplexing (FDD) dan TDD atau keduanya. Penggunaan kanalnya dari 1.7 MHz sampai dengan 20 MHz.

- **MAC Layer**

MAC Control didesain untuk aplikasi PMP, dengan menggunakan 2 jalur data berkecepatan tinggi untuk komunikasi dua arah antara BS dan SS, untuk komunikasi dari SS ke BS disebut Uplink sedangkan untuk komunikasi dari BS ke SS disebut Downlink. Secara umum Downlink ditransmisikan secara broadcast dari BS dan semua SS menerima sinyal DL tersebut tanpa koordinasi langsung antar SS yang ada. Pada penggunaan sistem TDD, ditentukan periode transmit untuk downlink dan uplink MAC layer mempunyai karakteristik connection-oriented dan setiap sambungan diidentifikasi oleh 16-bit connection identifiers (CID). CID digunakan untuk membedakan kanal Up Link dan lainnya. Setiap SS memiliki MAC Address dengan lebar standar 48-bit. Dalam mekanisme sambungan antar SS dan BS, terdapat tiga jenis management connection untuk setiap arah, yang masing-masing memerlukan tingkat penanganan QoS yang berbeda. Ketiga sambungan tersebut adalah:

- a. Basic Connection, menjalankan transfer yang relatif singkat, melibatkan Radio Link Control (RLC), dan kritis akan waktu.
- b. Primary Management Connection, menjalankan transfer relatif lama, lebih toleran terhadap delay, digunakan untuk proses authentication dan connection setup.
- c. Transport Connection, digunakan untuk pengaturan layanan QoS dan parameter-parameter trafik.

#### **2.1.4 Prinsip Kerja WiMAX**

Prinsip kerja WiMAX secara garis besar dapat terbagi atas [1]:

- a. **Channel acquisition**

Setelah instalasi perangkat WiMAX selesai, SS mulai memindai sejumlah frekuensi yang digunakan untuk mendapatkan kanal operasi. Setelah memilih kanal atau pasangan kanal (tergantung TDD atau FDD), SS melakukan sinkronisasi pada transmisi DL dari BS dengan mendeteksi *frame preamble* yang periodik. Sekali layer fisik tersinkronisasi, SS akan mendapatkan secara periodik message DCD dan UCD yang memungkinkan SS mendeteksi modulasi dan FEC yang digunakan oleh *carrier* BS.

**b. Initial ringing dan SS negotiation**

Ketika parameter untuk inialisasi transmisi *ringing* telah terbentuk, SS akan memindai *message* UL-MAP pada setiap *frame* untuk informasi *ringing*. SS akan menggunakan algoritma *backoff* untuk mengindikasikan *slot* inisial *ringing* yang akan digunakan untuk mengirimkan *ringing request* (RNG-REQ) *message*. Lalu SS akan mengirimkan *burst* dengan daya yang rendah dan terus-menerus mengulangnya dengan menaikkan daya transmisinya sampai menerima *ringing response*. Berdasarkan waktu tiba *initial* RNG-REQ dan pengukuran daya sinyal, BS mengatur pewaktuan dan level daya kepada SS dengan *ringing response* (RNG-RSP). Respon ini menyediakan SS dengan manajemen CID yang fundamental dan utama.

**c. SS authentication and registration**

Setiap SS memiliki dua sertifikat yang terpasang, yaitu sertifikat digital X.509 dan sertifikat dari pabrikan yang digunakan untuk verifikasi identitas SS. SS mengirimkan kedua sertifikat ini dalam *message authorization request* and *authorization information*, di mana *set up link* antara SS dengan BS. *Set up* ini terdiri dari 48 bit MAC *address* dengan kunci RSA. Bila SS mendapatkan izin untuk bergabung ke dalam jaringan, BS akan menjawab permintaan tersebut dengan mengirimkan *authorization key* (AK) yang dienkripsi dengan *publik key* (PK) SS dan digunakan untuk transaksi lebih lanjut. Setelah berhasil melakukan otorisasi, SS akan terdaftar dalam jaringan. Konfigurasi dilakukan melalui *Base Station (BS) IDU*. BS IDU bisa juga diakses melalui *browser* di *client* dengan memanggil alamat pada *server* (default IP untuk mengatur BS IDU).

**d. IP connectivity**

SS memperoleh IP *address* dari DHCP jika telah terdaftar pada BS. SS DHCP *server* menyiapkan *address* dari TFTP *server* dimana SS memperoleh *file* konfigurasi.

**e. Connection setup**

WiMAX menggunakan konsep aliran layanan untuk mendefinisikan transportasi paket satu arah pada UL atau DL. Aliran layanan dikarakteristikan oleh sekelompok parameter QoS seperti *latency* dan *jitter*. Untuk lebih mengefisienkan

utilisasi *resource* jaringan seperti *bandwidth* dan *memory*, WiMAX mengadopsi dua *phase* model aktivasi di mana pemberian *resource* kepada suatu *service flow* yang diperkenankan baru akan diberikan bila *service flow* tersebut aktif. Setiap *service flow* yang masuk atau aktif dipetakan ke koneksi MAC dengan sebuah kode unik CID. Secara umum, *service flow* pada WiMAX adalah berprasyarat, BS menginisiasi *set-up service flow* pada saat SS melakukan inisiasi.

### 2.1.5 QoS (*Quality of Service*) pada WiMAX

WiMAX dapat dioptimalisasi secara dinamis untuk mengatasi berbagai macam trafik yang berbeda. Berdasarkan jenisnya, QoS dapat dikelompokkan menjadi 4 jenis *service class* yang disediakan oleh WiMAX meliputi sebagai berikut :

- **Unsolicited Grant Service (UGS)**

UGS digunakan untuk layanan yang membutuhkan jaminan transfer data dengan prioritas paling utama. UGS dirancang untuk mendukung *real-time data stream* yang mengandung paket-paket data yang berukuran tetap dengan interval yang bersifat periodik seperti T1/E1 dan VoIP. Efektif untuk layanan yang sensitif terhadap throughput, latency dan jitter seperti layanan pada TDM (Time Division Multiplexing).

- **Real Time Polling Service (rtps)**

RTPS di desain untuk mendukung *real-time data stream* yang mengandung paket-paket data yang ukurannya berubah dengan interval yang bersifat *periodic* seperti video streaming, video phone, interaktif gaming, VoIP, dan video conference.

- **Non-Real-Time Polling Service (nrtPS)**

NRTPS didesain untuk mendukung *data stream* dengan toleransi delay tertentu dimana data rate minimum dibutuhkan seperti FTP. Efektif untuk aplikasi yang membutuhkan throughput yang intensif dengan garansi minimal pada latency-nya. Contohnya aplikasi seperti FTP download, media downloading.

- **Best Effort (BE)**

Untuk trafik yang tidak membutuhkan jaminan kecepatan data (*best effort*). Layanan BE didesain untuk mendukung *data stream* dimana tidak diperlukan minimum *service level* namun dapat ditangani oleh sistem dengan basis ruang yang masih

tersedia. Contohnya aplikasi internet (web browsing), email, FTP. Setiap layanan membutuhkan persyaratan khusus agar layanan tersebut dapat diterima dengan baik oleh pelanggan. Beberapa parameter khusus yang biasa digunakan sebagai acuannya meliputi throughput, delay, jitter.

## **2.2. IPTV (*Internet Protocol Television*)**

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai *IPTV (Internet Protocol Television)*, meliputi definisi, layanan, dan protokol yang dipakai.

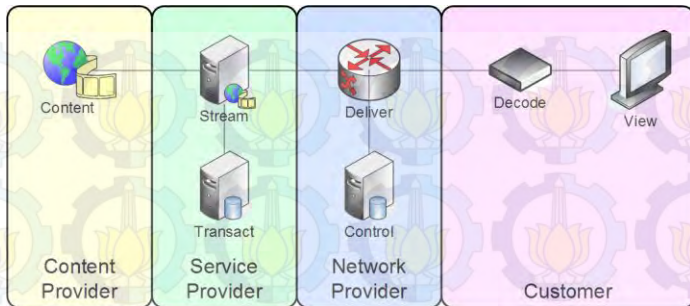
### **2.2.1 Definisi IPTV**

*IPTV (Internet Protocol Television)* adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengirim layanan televisi digital kepada konsumen yang terdaftar sebagai *subscriber* dalam sistem tersebut. Pengiriman sinyal digital televisi tersebut memungkinkan diselenggarakan dengan menggunakan *Internet Protocol* melewati sebuah koneksi *broadband* yang digunakan dalam sebuah jaringan dengan kualitas yang lebih baik daripada akses internet publik dengan tujuan agar kualitas pelayanan terjamin.

Menurut definisi yang dijelaskan dalam *International Telecommunication Union Focus Group on IPTV (ITU-T FG IPTV (ITU-T Y.1910))* menyebutkan bahwa IPTV didefinisikan sebagai berikut : IPTV adalah layanan multimedia seperti televisi / video / audio / text / grafis / data yang disampaikan melalui jaringan berbasis IP yang dikelola untuk memberikan jaminan tingkat kualitas dalam hal layanan, keamanan, interaktivitas dan kehandalan.

Definisi resmi lain yang lebih rinci tentang IPTV menurut Alians Telecommunication Industry Solution (ATIS), Group eksplorasi IPTV pada tahun 2005 menyebutkan bahwa IPTV didefinisikan sebagai pengiriman yang aman dan handal untuk pelanggan dengan hiburan video dan layanan terkait. Layanan tersebut meliputi misalnya Live TV, *Video On Demand (VOD)* dan *Interactive TV (iTV)*. Layanan ini diakses dengan packet switched protokol jaringan menggunakan IP untuk membawa informasi audio, video dan sinyal kontrol.

Pada pelaksanaannya, terdapat empat pihak yang mengambil bagian pada rantai nilai IPTV, yaitu: *Network Provider (NP)*, *Service Provider (SP)*, *Content Provider (CP)*, dan *Customer/End User*. [3]



**Gambar 2.2** Domain IPTV

Fokus utama dari layanan *IPTV* adalah layanan siaran televisi dan video, salah satu nilai tambah layanan *IPTV* adalah layanan internet seperti akses *web* dan layanan telefoni seperti VoIP (*Voice over Internet Protocol*) dan apabila layanan tersebut diakses sekaligus disebut dengan Triple Play.

Saat ini *IPTV* sedang menjadi pembicaraan hangat di seluruh dunia. Pemberitaan media massa mengacu pada kelebihan dari layanan-layanan yang ditawarkan. Dengan layanan *IPTV* tersebut kita bisa menerima layanan televisi dan video disamping layanan-layanan multimedia lain dengan memanfaatkan koneksi berbasis IP. Layanan *IPTV* disampaikan oleh provider menggunakan basis IP melalui koneksi broadband dengan alokasi bandwidth yang dedicated. Beberapa jenis Layanan Pada *IPTV* [6]:

- **Live Video Streaming** yaitu layanan yang memberikan fasilitas *streaming real time* dari *server IPTV*, dimana *client* tetap bisa melakukan perintah *pause and start*.
- **Video On Demand Services** yaitu Layanan yang memberikan penyewa konten video secara spesifik dengan pemesanan pelanggan.
- **NPVR (Network Personal Video Recorder)** yaitu layanan yang memungkinkan perekaman tayangan *IPTV* dan dapat di schedule pada periode tertentu.
- **Interactivity** yaitu layanan yang memungkinkan pelanggan untuk mendapatkan konten interaktif *IPTV*. Layanan yang memberikan penyewaan konten video yang spesifik sesuai dengan pemesanan pelanggan.

### 2.2.2. Protokol pada IPTV

Protokol standar yang digunakan pada sistem IPTV adalah [4]:

#### 1. RTSP (*Real Time Streaming Protocol*)

*Real Time Streaming Protocol (RTSP)* adalah sebuah protokol di level aplikasi untuk membangun dan mengontrol pengiriman data dengan real-time. *RTSP* menyediakan framework yang extensible untuk bisa dikontrol dalam permintaan pengiriman data yang *real time*, seperti *audio* dan *video*. Protokol ini diarahkan untuk mengontrol *session* pengiriman data yang banyak, menyediakan pilihan channel pengiriman, dan menyediakan pilihan mekanisme pengiriman. *Client* dapat meminta untuk memainkan media, melakukan pause, atau menghentikannya, seperti yang diketahui dari *remote control DVD player* atau media player lainnya. Media yang diminta dapat terdiri dari banyak stream audio dan video yang mana dikirim sebagai stream dengan waktu tersinkronisasi dari *server* ke *client*.

Dalam kontrol pengiriman media menggunakan RTSP, client dapat mengontrol pengiriman media, protokol RSTP dipakai untuk *streaming VoD*. Protokol ini diimplementasikan melalui *protocol TCP* dan memberikan *control* melalui media *stream* ke pelanggan.

#### 2. IGMP versi 2 untuk *broadcast TV (Multicast)*

*Internet Group Management Protocol (IGMP)* adalah salah satu protokol jaringan dalam kumpulan protokol *Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)* yang bekerja pada lapisan jaringan yang digunakan untuk menginformasikan router-router IP tentang keberadaan kelompok jaringan *multicast*. Sekali sebuah router mengetahui bahwa terdapat beberapa host dalam jaringan yang terhubung secara lokal yang tergabung ke dalam *group multicast* tertentu, router akan menyebarkan informasi ini dengan menggunakan protokol IGMP kepada *router* lainnya dalam sebuah *internetwork* sehingga pesan-pesan *multicast* dapat diteruskan kepada router yang sesuai. IGMP kemudian digunakan untuk memelihara keanggotaan *group multicast* di dalam *subnet* lokal untuk sebuah alamat IP *multicast*.

### 2.3 Parameter QoS (*Quality of Service*)

QoS didefinisikan sebagai ukuran *performance* suatu jaringan. Mekanisme QoS terdiri dari mekanisme yang berkontribusi terhadap perbaikan *performance* sistem secara menyeluruh, sehingga dapat

meningkatkan pengalaman di *end-to-end user*. QoS dapat didefinisikan sebagai ukuran kolektif atas tingkat layanan yang disampaikan ke pelanggan, ditandai dengan beberapa kriteria yang meliputi *availabilitas*, *error performance*, *response time* dan *throughput*, sambungan atau transmisi yang hilang akibat kongesti, waktu *set-up*, dan kecepatan deteksi serta koreksi kesalahan. Adapun parameter-parameter QoS ini adalah sebagai berikut :

### 2.3.1 Delay

*Delay* adalah waktu yang digunakan suatu paket bergerak dari pengirim hingga ke penerima. Satuan yang dipakai *mili second* (ms). Ada dua macam tipe *delay* yang akan memiliki dampak berbeda-beda terhadap suatu layanan, seperti:

1. *End-to-end delay (latency)*.
2. Variasi *delay* atau *jitter*.

Layanan terdiri atas beberapa hal. Akan tetapi pada umumnya dapat dikelompokkan menjadi tiga golongan besar, antara lain layanan aplikasi yang bersifat *real time interactive*, *real time non interactive*, dan layanan aplikasi *non real time*.

1. Aplikasi *real time interactive*, seperti komunikasi suara, atau yang terbaru – *video conference*, sangat *variable* terhadap *end-to-end delay* dan *jitter*. *Delay* yang panjang dapat mengurangi interaktivitas dalam berkomunikasi.
2. Aplikasi *real time non-interactive* seperti *broadcast* satu arah, kurang dipengaruhi oleh *jitter*. *Jitter* biasanya ditimbulkan akibat dari penggunaan suatu *buffer* pada *receiver*, karena paket yang diterima disimpan dan diputar kembali pada waktu *offset* yang bersesuaian.
3. Aplikasi *non real time* pada umumnya tidak *variable* terhadap *delay*. Walaupun begitu, karena aplikasi ini dapat digunakan untuk pengukuran *delay* dalam mengontrol laju trafiknya (misalnya *transmission control protocol* – TCP) atau kemungkinan menampung data sampai mendapat *acknowledge* (misalnya *file transfer protocol* – FTP), maka besar atau *variable delay* dapat mempengaruhi kualitas dan kecepatan aplikasi-aplikasi tersebut.

Ada beberapa macam komponen *end-to-end delay*:

- *Delay* transmisi : waktu yang dibutuhkan untuk meletakkan seluruh *bit* dari suatu paket ke dalam *link*.

- *Delay propagasi* : waktu yang dibutuhkan suatu bit untuk melewati suatu *link*.
- *Delay process* : waktu yang dibutuhkan untuk memproses suatu paket dalam suatu elemen jaringan (misalnya merutekan paket pada *output port*).
- *Delay antrian* : waktu dimana suatu paket harus menunggu dalam antrian sebelum suatu paket dijadwalkan untuk ditransmisikan.

Terdapat juga beberapa *delay* tambahan ketika melewati paket dari suatu *interface* jaringan ke aplikasi yang akhirnya menuju ke *user*, seperti *delay* pada pentransferan paket melewati *bus host*, *delay* pada saat penggandaan paket dari ruang kernel ke ruang pengguna, dan *delay* pada penjadwalan aplikasi.

### 2.3.2 Jitter

*Jitter* atau variasi dalam *delay*, diakibatkan oleh variasi-variasi panjang antrian. Dalam waktu pengolahan data, atau waktu yang diperlukan dalam proses untuk retransmisi data (karena jalur yang digunakan mungkin berbeda). *Jitter* ini sangat berperan besar dalam proses *streaming*, karena data yang hilang atau terlambat tidak ada gunanya. Untuk pengujian *jitter* pada IPTV, menggunakan standar ITU-T Y.1541, dimana untuk *jitter* maksimal adalah tak tebingga.

### 2.3.3 Throughput

*Throughput* adalah jumlah *bit* yang diterima dengan sukses perdetik melalui sebuah sistem atau media komunikasi dalam selang waktu pengamatan tertentu. Umumnya *throughput* direpresentasikan dalam satuan *bit per second* (bps). Untuk menghitung *bandwidth* dan *throughput* dapat menggunakan rumus pada persamaan 2.1 dan 2.2. Pada prinsipnya *bandwidth* dan *throughput* mempunyai satuan dan rumus yang sama. Berikut adalah rumus untuk menghitung *bandwidth* dan *throughput* :

$$\text{Bandwidth} = \frac{\sum \text{bits}}{s} \quad (2.1)$$

$$\text{Throughput Transmisi} = \frac{\sum \text{paket diterima} \times \text{panjang paket (bits)}}{\text{Durasi Transmisi (s)}} \quad (2.2)$$



Aspek utama *throughput* yaitu berkisar pada ketersediaan *bandwidth* yang cukup untuk menjalankan aplikasi. Hal ini menentukan besarnya trafik yang dapat diperoleh suatu aplikasi saat melewati jaringan. Aspek penting lainnya adalah *error* (pada umumnya berhubungan dengan *link error rate*) dan *losses* (pada umumnya berhubungan dengan kapasitas *buffer*). *Throughput* tergantung pada faktor-faktor berikut, yaitu :

- a. Karakteristik *link* : *bandwidth*, *error rate*.
- b. Karakteristik *node* : kapasitas *buffer*, daya pemrosesan.

Walaupun *throughput* memiliki satuan dan rumus yang sama dengan *bandwidth*, tetapi *throughput* lebih menggambarkan *bandwidth* yang sebenarnya (*actual*) pada suatu waktu tertentu dan pada kondisi jaringan internet tertentu, yang digunakan untuk *download* suatu *file* dengan ukuran tertentu. Berikut adalah formula pembandingan *throughput* dengan *bandwidth* :

$$\text{Waktu Download Terbaik} = \frac{\text{Ukuran File}}{\text{Bandwidth}} \quad (2.3)$$

$$\text{Waktu Download Typical} = \frac{\text{Ukuran File}}{\text{Throughput}} \quad (2.4)$$

#### 2.3.4 Packet Loss

*Packet loss* didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket untuk mencapai tujuannya. Kegagalan paket berpengaruh pada kualitas data yang ditangkap, dan kegagalan tersebut dapat disebabkan oleh beberapa kemungkinan, antara lain:

- a. Kemacetan (*congestion*) dalam jaringan.
- b. *Error* yang terjadi pada media fisik.
- c. Kegagalan yang terjadi pada sisi penerima, yang disebabkan karena *overflow* yang terjadi pada *buffer*.

Apabila melebihi nilai tersebut maka kualitas layanan tidak baik. Rumus *Packet Loss* adalah sebagai berikut :

$$\text{Packet Loss} = \frac{(A-B)}{A} \times 100\% \quad (2.5)$$

Keterangan :

A : Banyaknya *packet* yang dikirim

B : Banyaknya *packet* yang diterima *user*

### 2.3.5 Standar *Quality of Service (QoS)* yang Dipakai

Dalam suatu pengujian, diperlukan pemilihan standarisasi sebagai acuan pembandingan dari hasil *QoS* yang didapat nantinya. Dari perbandingan ini dapat dihasilkan kesimpulan apakah sistem masuk kategori bagus atau tidak. Dalam pengujian ini dipilih standar *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* atau biasa disingkat *TIPHON*. Berikut adalah tabel standar Tiphon untuk *QoS* jaringan dan perinciannya [7]:

**Tabel 2.1** Standarisasi Tiphon untuk *QoS* jaringan

No	Parameter	Nilai	Kategori
1	<i>Delay</i>	<150 ms 150-300 ms 300-450 ms >450 ms	Sangat baik Baik Sedang Tidak baik
2	<i>Jitter</i>	0 ms 0-75 ms 75-125 ms >125 ms	Sangat baik Baik Sedang Tidak baik
3	<i>Packet Loss</i>	0% 0-3% 3-15% 15-25%	Sangat Baik Baik Sedang Tidak Baik

### 2.4 *Web Browser*

*Web Browser* adalah suatu program atau *software* yang digunakan untuk menjelajahi internet atau untuk mencari informasi dari suatu web yang tersimpan di dalam komputer. Awalnya, *web browser* berorientasi pada teks dan belum dapat menampilkan gambar. Namun dewasa ini *web browser* tidak hanya menampilkan gambar dan teks saja, tetapi juga memutar file multimedia seperti video dan suara. *Web browser* juga dapat mengirim dan menerima email, mengelola HTML, sebagai input dan menjadikan halaman web sebagai hasil output yang informatif.

Dengan menggunakan *web browser*, para pengguna internet dapat mengakses berbagai informasi yang terdapat di internet dengan mudah. Beberapa contoh web browser diantaranya *Internet Explorer*, *Mozilla*,

*Firefox, Safari, Opera, dll.* Hal yang perlu diketahui dalam pencarian suatu informasi adalah pemahaman tentang struktur.



**Gambar 2.3** Contoh aplikasi *web browser*

### 2.4.1 *Plugin*

*Plugin* adalah program tambahan yang disisipkan atau didaftarkan agar dikenal oleh *web browser*, sehingga menambahkan kemampuan standar suatu *web browser*. Kemampuan tambahan yang diberikan oleh *plugin* adalah kemampuan untuk dapat menyajikan suatu komponen multimedia yang tidak standar dalam suatu dokumen HTML yang disajikan dalam *web browser*.

Dalam layanan *Video Streaming* menggunakan program VLC (*VideoLAN Client*). *Server* (berfungsi menjadi pengirim) bisa melakukan proses *stream video* melalui VLC, dan di sisi *client* (penerima) bisa menangkap hasil *stream video* dengan menggunakan VLC juga. Dengan adanya *plugin* pada *web browser*, *client* bisa menangkap hasil *stream video* melalui *web browser* yang dimiliki. Sebagai contoh, dengan adanya *Mozilla Firefox* dengan *plugin VLC* yang terinstall di PC *client*, maka *client* bisa menikmati hasil *streaming video* melalui *Mozilla Firefox* tersebut.

## BAB III PERANCANGAN DAN METODE PENGUJIAN

Bab III ini menjelaskan tentang gambaran sistem secara umum, rancangan sistem, konfigurasi perangkat keras *WiMAX testbed*, proses instalasi aplikasi *WiMAX*, *IPTV*, dan monitoring jaringan, serta metode pengujiannya.



**Gambar 3.1 :** *Flow chart* Perancangan dan Metode Pengujian

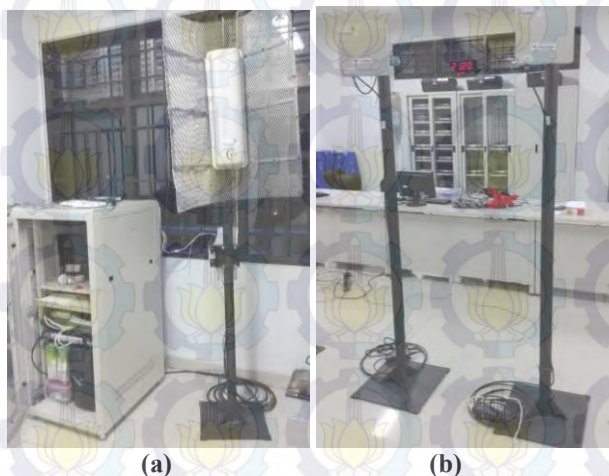
Gambar 3.1 merupakan *flow chart* metode pengujian yang digunakan dalam tugas akhir ini. Jaringan yang diuji adalah jaringan *WiMAX testbed* yang terpasang di ruang AJ404 Teknik Elektro ITS.

### 3.1. Topologi Jaringan *WiMAX Testbed*

Pada bagian *WiMAX testbed*, sistem terbagi menjadi dua, yaitu bagian *Base Station (BS)* dimana *server* akan dikonfigurasi pada bagian ini, dan juga bagian *Subscriber Station (SS)*, yang mana CPU yang berperan sebagai *client* akan terkonfigurasi dengan SS untuk terhubung ke *server*.

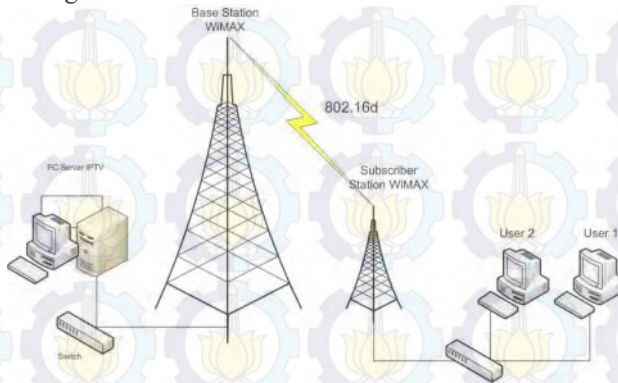


Gambar 3.2 : Perangkat *WiMAX Testbed*



(a) Perangkat *Base Station* dan *Server*  
(b) Perangkat *Subscriber Station*

Jika digambarkan pada suatu jaringan, maka *WiMAX testbed* akan tampak sebagai berikut :



**Gambar 3.4** : Jaringan *WiMAX Testbed*

Jaringan *WiMAX* memiliki 4 parameter *QoS* (*Quality of Service*), yakni *Best Effort* (*BE*), *Real Time Polling Service* (*rtPS*), *Non Real Time Polling Service* (*nrtPS*), dan juga *Unsolicited Grand Service* (*UGS*). Masing-masing parameter memiliki karakter sesuai kebutuhan *bandwidth* dan aplikasi.

Pada pengujian ini, layanan *IPTV* akan ditransmit pada jaringan *WiMAX* dengan memvariasikan 4 parameter tersebut. Di skenario yang lain, jaringan akan divariasikan dengan penambahan beban melalui *Traffic Generator*. Dari sini dapat kita uji seberapa bagus layanan *IPTV* jika diaplikasikan pada jaringan *WiMAX Testbed*.

### **3.2. Perencanaan Perangkat Pendukung**

Untuk mengakomodasi pengujian layanan *IPTV* pada jaringan *WiMAX testbed* maka perlu dilakukan konfigurasi di bagian *server* dan *client*. Dalam konfigurasi ini diperlukan persiapan kebutuhan dari sisi *software* dan *hardware*.

#### **3.2.1. Kebutuhan Perangkat Keras (*Hardware*)**

Untuk mendukung sistem yang akan dibangun, beberapa perangkat keras perlu disiapkan dalam pengujian. Perangkat keras tersebut antara lain :

### **1. Base Station (BS) WiMAX**

*Base Station WiMAX* berfungsi untuk memfasilitasi komunikasi nirlabel antara *client* dan *serve*. Perangkat yang ada pada *Base Station* antara lain :

- RedMAX Antena (Polarisasi Vertikal, Sektor 90°)
- RedMAX Base Station Transceiver (3,4 GHz – 3,6 GHz)
- RedMAX Base Station IDU
- RF Cable RG-58
- Rectifier DC Portable
- Attenuator RF 60 dBm

### **2. Subscriber Station (SS) WiMAX**

*Subscriber Station* berfungsi sebagai penerus transmisi komunikasi dari *Base Station* menuju perangkat *user*. Perangkat yang ada pada *Subscriber Station* antara lain :

- RedMAX Subscriber Unit ODU
- PoE
- Kabel data.

### **3. PC Server IPTV**

*PC Server IPTV* berfungsi untuk menyediakan sumber *live video streaming* dan penyedia *video* yang digunakan untuk layanan *video on demand*. *Video* tersebut yang akan ditransmisikan ke bagian *client*. *PC Server IPTV* memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Sistem Operasi *Windows 7*
- Processor Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU T5750
- Memori 2 GB DDR2

### **4. PC Client IPTV**

*PC IPTV* berfungsi untuk menerima *live video streaming* yang ditransmisikan oleh bagian *server*. Di sisi *client*, *IPTV* diterima dengan berbasis web. *PC Client IPTV* memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Sistem Operasi *Windows 7*
- Processor Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU T5750
- Memori 2 GB DDR2

### 5. **Kabel Data RJ45**

Kabel data RJ45 berfungsi sebagai media transmisi data yang menghubungkan antara *Client* dan *Switch*, serta *Switch* dan *Subscriber Station*.

### 6. **Switch**

*Switch* digunakan sebagai konektor yang menghubungkan antar PC. Ada 2 jenis *Switch* yang digunakan yaitu :

- *Cisco Catalyst 2960* di sisi *server*
- *Switch 10/100 fast Ethernet D-Link* di sisi *client*.

### 3.2.2. Kebutuhan Perangkat Lunak (*Software*)

Selain kebutuhan dari perangkat keras, perangkat lunak juga dibutuhkan untuk menunjang sistem. Beberapa perangkat lunak yang perlu disiapkan dalam pengujian ini antara lain :

#### 1. **Windows 7**

*Windows 7* digunakan sebagai *Operating System server* dan *client*. *Operating system* ini merupakan OS yang sesuai untuk aplikasi VLC.

#### 2. **Software Redline Communication (Base Station IDU)**

*Redline Communication* disini merupakan perangkat lunak yang dipasang pada sisi *server* untuk mengkonfigurasi pengalaman *server*, pendaftaran *Subscriber Station*, pengaturan *bandwidth*, pemilihan *QoS WiMAX*, dan pengaturan lain yang berhubungan dengan konfigurasi *WiMAX testbed*.

#### 3. **VLC (VideoLAN Clients) Media Player**

VLC berfungsi untuk menjalankan *server IPTV*. VLC mendukung *live streaming video* pada layanan *IPTV* yang ditransmisikan dari *server* menuju *client*. VLC ini juga digunakan sebagai *plugin player* pada *Mozilla* yang digunakan oleh *client*.

#### 4. **Mozilla Firefox**

*Mozilla Firefox* merupakan alternatif *browser* yang digunakan untuk membuka layanan *IPTV* berbasis web di sisi *client*. *Mozilla Firefox* didukung dengan *plugin player VLC*, sehingga bisa digunakan untuk membuka layanan *IPTV* berbasis web



## 5. **Software XAMPP**

XAMPP digunakan sebagai *webserver dan database server* yang yang digunakan oleh *server*. XAMPP juga digunakan untuk menjalankan aplikasi *mini speed test*.

## 6. **Software Wireshark**

*Wireshark* digunakan sebagai *Network Protocol Analyzer*. Versi yang dipakai dalam pengujian ini adalah *Wireshark* versi 1.10.5

## 7. **TfGen**

*TfGen* merupakan *software* digunakan untuk memberikan pembebanan trafik. Dalam pengujian ini pembebanan pada trafik dilakukan untuk menjalankan skenario pembebanan. Jaringan akan divariasikan dengan 5 pembebanan berbeda sehingga dapat dilihat perbedaan pada QoS masing-masing skenarionya.

## 8. **NetperSec**

*NetperSec* merupakan *software* yang digunakan untuk memonitoring *traffic* pada sebuah jaringan. Dengan *NetperSec* dapat diketahui besar laju data yang ada pada sebuah jaringan, dalam hal ini adalah jaringan *WiMAX testbed*.

### 3.3. **Konfigurasi Jaringan WiMAX Testbed**

Jaringan *WiMAX testbed* yang terdiri atas 2 bagian besar (*Base Station* dan *Subscriber Station*) perlu dikonfigurasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Konfigurasi dilakukan melalui *Base Station (BS) IDU*. BS IDU bisa juga diakses melalui *browser* di *client* dengan memanggil alamat 192.168.101.3 (default IP untuk mengatur BS IDU).

Konfigurasi meliputi pengalamatan *server*, pemilihan dan pendaftaran *Subscriber Station*, pemilihan *QoS WiMAX*, pengaturan *bandwidth*, dan pengaturan lain yang berhubungan dengan konfigurasi *WiMAX testbed*.

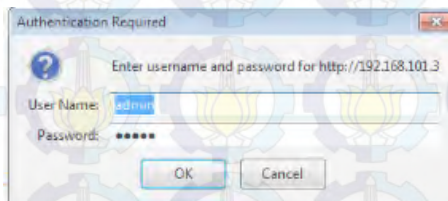
#### 3.3.1. **Konfigurasi Perangkat Base Station**

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengatur parameter perangkat *Base Station* melalui *Base Station (BS) IDU*. Secara rinci disebutkan pada langkah-langkah berikut ini :

### 3.3.1.1. Mengakses *Base Station IDU (Controller)*

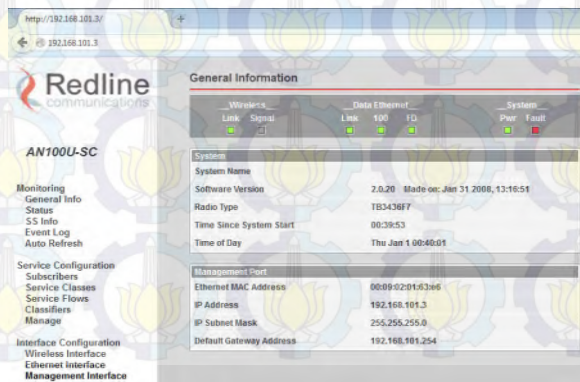
Langkah-langkah yang dibutuhkan untuk mengakses *Base Station IDU* adalah sebagai berikut :

1. Pastikan *PC client* sudah terkoneksi ke *Base Station IDU*. Untuk mengecek apakah jaringan sudah terhubung, bisa menggunakan perintah *Ping IP* pada *Command Prompt*. “*Ping 192.168.101.10*”, dimana IP 192.168.101.10 adalah IP yang digunakan pada *PC server*.
2. Akses *BS IDU* dengan menggunakan browser dengan memanggil alamat IP 192.168.101.3 (merupakan default IP untuk mengatur *BS IDU*). Kemudian akan muncul halaman seperti ini:



**Gambar 3.5 :** Halaman login untuk men-setting *BS IDU*

Masukkan *User Name* dan *Password* “**Admin**”. Setelah login, maka akan muncul informasi umum tentang status perangkat *BS IDU*.



**Gambar 3.6 :** Halaman Depan Pengaturan *BS IDU*

### 3.3.1.2. Mengatur *Interface Configuration*

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

#### 1. Mengatur *Management Interface*

**Management Configuration**

**IP Parameters**

Obtain IP Parameters from DHCP Server

Use the following IP Parameters:

IP Address: 192.168.101.3

Subnet Mask: 255.255.255.0

Default Gateway: 192.168.101.254

Time Server (SNTP): 0.0.0.0

Time Zone: 0 : 0

Daylight Savings:

Syslog Server: 0.0.0.0

**DHCP Relay Agent Parameters**

SS's should use the same DHCP Server as SC

SS's should use the following DHCP server:

DHCP Server: 192.168.101.254

**VLAN Management**

Enable Management with VLAN tagged traffic

VLAN ID: 0

**Gambar 3.7 :** *Management Interface Configuration*

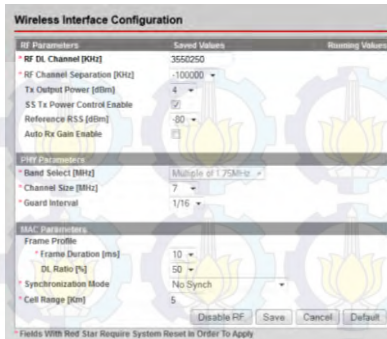
Secara default *IP Management* adalah 192.168.101.3, melalui *Management Configuration* ini admin bisa mengganti *IP Management* sesuai konfigurasi untuk mengakses perangkat BS IDU.

#### 2. Mengatur *Wireless Interface*

Ada beberapa poin penting yang diatur dalam mengkonfigurasi *Wireless Interface*, yaitu :

- *RF Parameters*  
*RF DL Channel [KHz]* : 3550250  
*Tx Output Power [dBm]* : 4  
Nilai Tx Output Power diisi dengan nilai yang paling kecil, 4 dBm. Hal ini dilakukan untuk menghindari radiasi berlebih yang ditimbulkan oleh perangkat yang bisa menimbulkan dampak negatif pada tubuh
- *PHY Parameters*  
*Channel Size [MHz]* : 7  
*Guard Interval* : 1/16.

Setelah poin-poin diisi, pastikan *Disable RF* diubah menjadi *Enable RF*. Kemudian *save* untuk menyimpan konfigurasi.



Gambar 3.8 : Wireless Interface Configuration

### 3.3.1.3. Mengatur Service Configuration

Sebelum melakukan pengaturan parameter pada *Service Configuration*, pastikan *subscriber station* aktif (berwarna biru) dan statusnya UP (muncul di menu **Monitoring - SS info**). Seperti pada gambar berikut :

Name	IP	Mdm	DL Mod	UL Mod	Min CIRr	Max CIRr	Crpt CIRr	UL CRC	DL CRC	RSSI	Tx Pow	DLRT
tkang 1	0.0.0.0	no	16QAM(1/2)	64QAM(3/4)	24	24.7	24.5	0	0	-75	14	0.05

Gambar 3.9 : Subscriber Service status UP

Setelah dipastikan *subscriber station aktif*, berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan parameter yang ada pada *Service Configuration* :



Gambar 3.10 : Tampilan Service Configuration

1. Tambahkan *Subscriber* dengan mengisi *Subscriber Mac* dan *Subscriber Name* pada menu **Service Configuration-Subscriber**. Ubah *Lerning Enabled* menjadi *Yes*, kemudian klik *Add*.

Subscriber Index	Subscriber Mac	Subscriber Name	Max Hosts Number	Learning Enabled	
6	00:09:02:00:09:01	Subscriber	1	Yes	Add

Buttons: Delete SS, Subscriber (dropdown: Tiang 1), Delete

**Gambar 3.11** : *Subscriber Configuration*

Setelah *Subscriber* ditambahkan, maka akan muncul subscriber baru.

Subscriber Index	Subscriber Mac	Subscriber Name	Max Hosts Number	Learning Enabled	
6	00:09:02:00:09:01	Subscriber	1	Yes	Add

Buttons: Delete SS, Subscriber (dropdown: Tiang 1), Delete

Subscribers section: Select (dropdown: Tiang 1), Template, Edit

Subscriber Index	Subscriber Mac	Subscriber Name	Max Hosts Number	Learning Enabled
1	00:09:02:03:21:a4	Tiang 1	2	learning

**Gambar 3.12** : *Subscriber* baru yang ditambahkan

2. Atur beberapa parameter yang ada pada menu **Service Configuration – Service Classes**
  - Service Class Name* : SC-10MB (untuk penamaan)
  - Max Sustained Rate (bps)* : 10000000 (10 Mbps)
  - Scheduling Type* :
  - (*Best Effort, Real Time Polling Service, Non Real Time Polling Service, Unsolicited Grand Service*)

Pada bagian *Scheduling Type* akan divariasikan dari 4 parameter *QoS WiMAX* dan dilakukan pada setiap skenario pengujian. Hal ini dilakukan untuk melihat parameter mana yang nantinya sesuai untuk dipakai layanan *video streaming* dan *video on demand IPTV* dengan menggunakan jaringan *WiMAX*.

**Service Class Configuration**

Add/Modify a Service Class Add Modify

Service Class Name: SC-40MB Traffic Priority: 0

Max Sustained Rate [bps]: 40000000 Min Reserved Rate [bps]: 0

Max Latency [ms]: 0 Fixed vs. Variable Sdu Ind: variableLength

Sdu Size [byte]: 0 Scheduling Type: bestEffort

Req Tx Policy:  noBroadcastBwReq(0)  noPiggybackReq(2)  noFragmentData(3)

noPHS(4)  noSduPacking(5)  noCrc(6)

Delete a Service Class (must not be used by SFs)

Service Class Name: SC-10MB Delete

Service Classes

Select: SC-40MB Select ShowAll HideAll

SC Name	Traffic Prio.	Max STR	MinRR	MaxLat	Fixed vs Var. Sdu	Sdu Size	Sched. Type	ReqTxPol
SC-10MB	7	10000000	10000000	30	variableLength	0	unsolicitedGrantService	4
SC-4MB	0	4000000	0	0	variableLength	0	nonRealTimePollingService	4
SC-2MB	0	2000000	0	0	variableLength	0	nonRealTimePollingService	4
SC-40MB	0	40000000	0	0	variableLength	0	bestEffort	4

Gambar 3.13 : Service Class Configuration

- Isi kolom *SS Name*, *Direction*, dan *SC Name*. yang ada pada menu **Service Configuration – Service Flows**. Setiap *subscriber* harus ditambahkan dua *service flow* untuk *downstream* dan *upstream*.

**Service Flows Configuration**

Next SFID: SS Name: Tiang 1 Direction: downstream SC Name: SC-10MB CS Specification: 802.3 Ethernet Add

Delete SF (all associated Classifiers will be deleted)

Service Flow Identifier: 1 Delete

Service Flows

Select: 1 Template Edit ShowAll HideAll Enable Disable

SFID	SS Mac	SS Name	Direction	SC Name	SF State	Prov Time	CS Specification	En/Dis
1	00:09:02:03:21:a4	Tiang 1	downstream	SC-10MB	active	00:43:45	802.3 Ethernet	enabled
2	00:09:02:03:21:a4	Tiang 1	upstream	SC-10MB	active	00:43:46	802.3 Ethernet	enabled

Gambar 3.14 : Service Flows Configuration

- Tambah *classifier* dengan memilih *Service Flow ID (SFID)* di menu **Service Configuration – Classifiers**. Daftarkan *MAC Address PC client* yang berada di sisi *Subscriber Station* dengan mengisi **DestMacAddr** dan **SourceMacAddr** sesuai dengan *MAC Address* masing-masing *PC client*.

Untuk melihat *MAC Address PC* dapat dilakukan dengan cara :

a. **Start – Control panel – Network Connection**

b. Pada icon *Network Connection*, klik 2x pada LAN yang mau dilihat Mac Address-nya

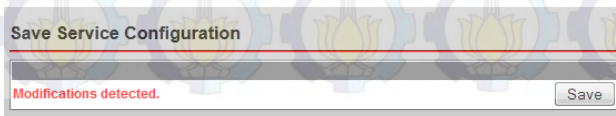
c. Klik *Properties*

d. Pada *Local Area Connection status*, klik tab *support*, kemudian klik tombol *details*.



Gambar 3.15 : Classifier Configuration

5. Setelah semua diatur dan sudah dipastikan benar, akan muncul kalimat “*Modification detected*” berwarna merah. Lakukan *Save* konfigurasi di menu **Service Configuration – Manage** untuk menyimpan perubahan yang sudah dilakukan. Setelah melakukan langkah ini maka *base station* siap digunakan untuk pengujian.

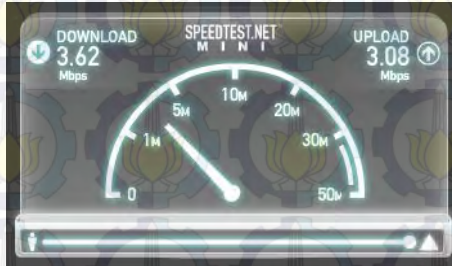


Gambar 3.16 : Save Service Configuration





digunakan untuk tes koneksi sekaligus melihat *bandwidth* yang diterima pada sisi *client*. Dari sini dapat kita lihat perbandingan antara *bandwidth* yang dikirim dari BS dan yang diterima di sisi SS.



**Gambar 3.19** : Tampilan *Speedtest Mini* untuk Konfigurasi WiMAX yang Telah Dibuat.

### 3.4. Perancangan Layanan IPTV

Layanan yang digunakan dalam pengujian ini adalah layanan *live streaming video*. Untuk dapat menjalankan layanan *live streaming video IPTV*, maka di sisi *server* dan *client* perlu dilakukan instalasi aplikasi yang mendukung layanan tersebut. Aplikasi yang dipilih dalam pengujian ini adalah *VLC (VideoLAN Clients)*. *VLC* di sisi *server* akan berfungsi untuk mentransmisikan *video* ke jaringan *WiMAX*, dan di sisi *client* akan berfungsi sebagai penerima *video*.

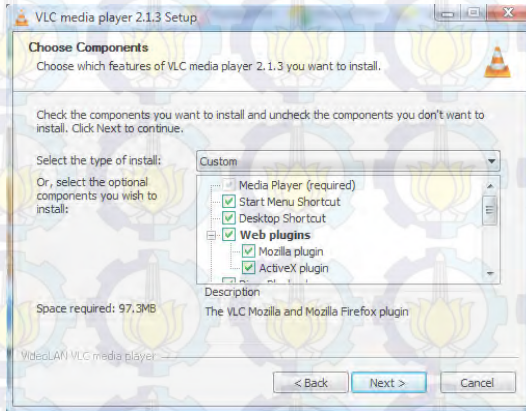
Di sisi *client*, layanan *live streaming video* ditampilkan melalui *Browser Mozilla Firefox*. Karena layanan *IPTV* disini menggunakan *web based*, maka perlu dilakukan instalasi aplikasi *XAMPP*. *XAMPP* merupakan sebuah aplikasi yang didalamnya telah terdapat aplikasi *web server apache* serta mendukung pemakaian *script PHP*. Hal ini sangat memudahkan dalam proses pengujian karena tidak perlu lagi menkonfigurasi masing-masing secara terpisah.

Berikut ini akan dijelaskan proses instalasi *VLC* dan *Xampp* yang akan mendukung transmisi layanan *IPTV* pada pengujian yang dilakukan :

#### 3.4.1 Instalasi dan Konfigurasi *VLC (VideoLAN Clients)*

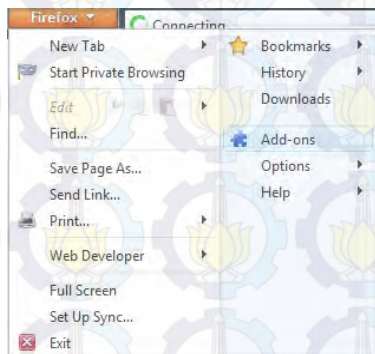
Untuk mendapatkan aplikasi *VLC*, silahkan klik alamat [www.filehippo.com/download\\_vlc\\_32](http://www.filehippo.com/download_vlc_32). *VLC* yang digunakan

dalam pengujian ini adalah *VLC 2.1.3*. Ketika proses *install*, dipastikan *mozilla plugin* telah dipilih pada *web plugins*.



**Gambar 3.20** : Pilihan ketika instalasi *VLC*

Aplikasi *VLC* di-*install* di sisi *server* dan *client*. Di sisi *client*, layanan *live streaming video* ditampilkan melalui *Browser Mozilla Firefox*. Oleh karena itu, *Mozilla Firefox* harus dipastikan terlebih dahulu apakah sudah *support* dengan *plugin VLC*.



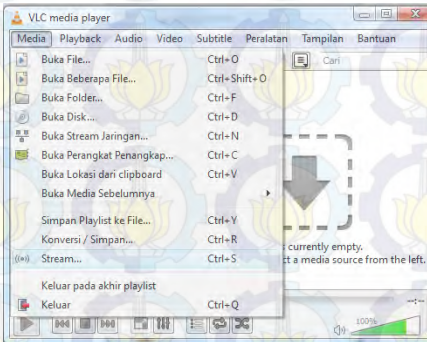
**Gambar 3.21** : Cara melihat *plugin VLC* pada *Mozilla Firefox*

Selanjutnya pada kotak dialog *Add-on Manager* pilih menu *plugins* untuk memastikan bahwa *plugin VLC* sudah ada didalamnya.



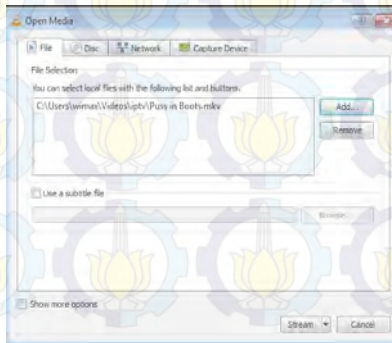
**Gambar 3.22 :** Mozilla Firefox sudah mendukung *plugin VLC*

Setelah *VLC* selesai di-*install*, step selanjutnya adalah proses *streaming video*. Pilih menu **Media – Streaming**.



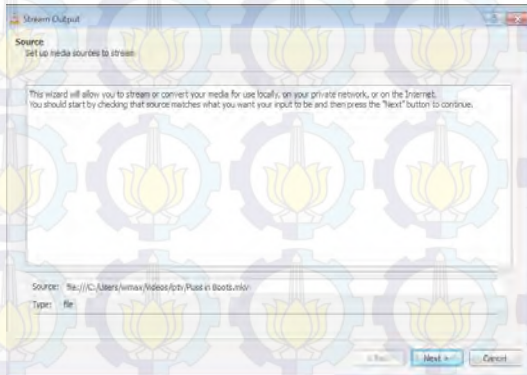
**Gambar 3.23 :** Memilih menu *streaming* pada *VLC*

Setelah itu, akan muncul kotak dialog untuk memilih video yang akan di-*stream*. Klik *add* dan pilih, kemudian klik *stream*



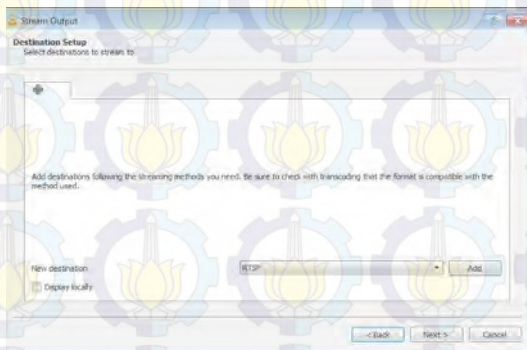
**Gambar 3.24 :** Memilih *video* yang akan di-*streaming*

Selanjutnya akan muncul kotak dialog untuk memastikan *source output* dalam proses *streaming*. Klik *next*



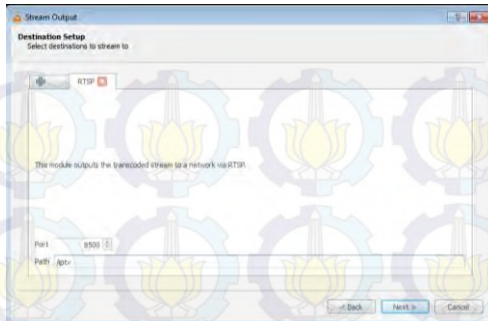
**Gambar 3.25** : Memastikan *source* dalam proses *streaming*

Langkah selanjutnya adalah memilih jenis protokol yang dipakai. Dalam pengujian ini protokol yang dipakai adalah protokol *RTSP (Real Time Streaming Protocol)* untuk layanan video streaming. Kemudian klik *add*.



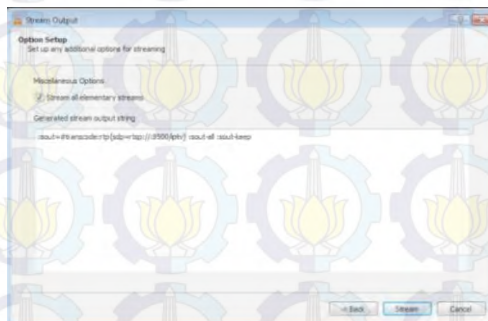
**Gambar 3.26** : Memilih *video* yang akan di-*streaming*

Setelah memilih protokol yang dipakai, akan muncul kotak dialog menentukan *port* dan *path*. *Port* dan *path* ini digunakan dalam pengalamanan *server* yang digabungkan dengan alamat *IP server*.

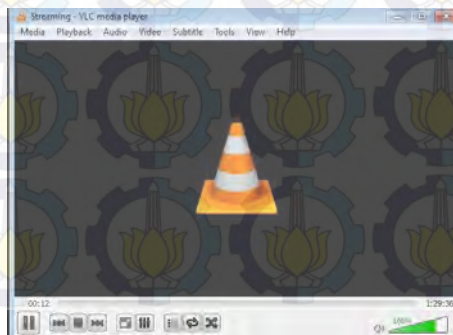


**Gambar 3.27** : Memilih *port* dan *path* pada server

Setelah itu, akan muncul kotak dialog, beri tanda *check* pada *stream all elementary streams* kemudian klik *stream*.

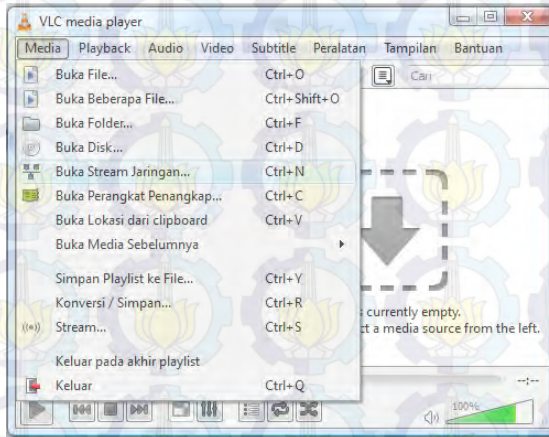


**Gambar 3.28** : *Option Setup* dalam proses *streaming*



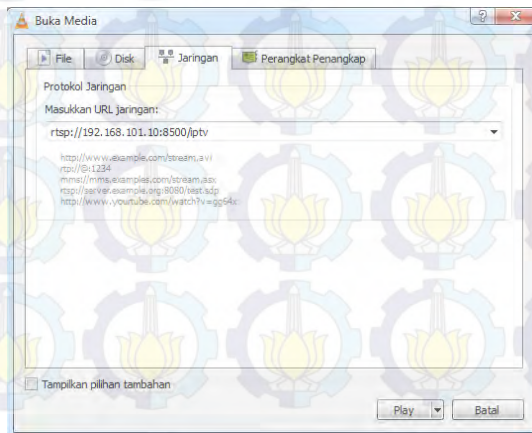
**Gambar 3.29** : Proses *streaming* berlangsung

Pada sisi *client*, untuk melihat *streaming video* secara langsung melalui *VLC*, pilih menu **Media – Open Streaming Network**



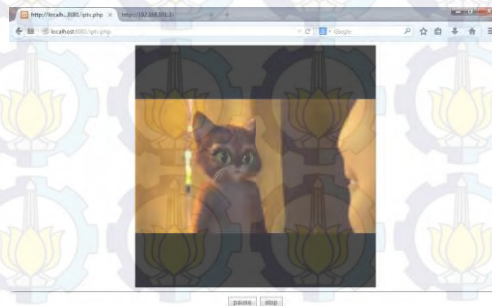
**Gambar 3.30** : Memilih menu *open streaming network* di *client*

Kemudian masukkan URL untuk menampilkan *video-nya*. URL jaringan yang dimasukkan disesuaikan dengan *IP server*, *protocol*, dan *port*. Pada pengujian ini, URL yang dimasukkan adalah “**rtsp://192.168.101.10:8500/iptv**”



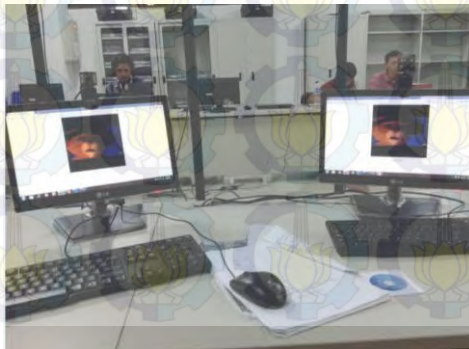
**Gambar 3.31** : Memasukkan URL untuk menampilkan *video*

Pada pengujian ini, sisi *client* menampilkan *video streaming* dalam bentuk *web based*. Dengan didukung *plugin*, *VLC* dapat ditampilkan melalui *broser Mozilla*. Secara teknis, *VLC* menjalankan *open streaming network* yang kemudian ditampilkan melalui *mozilla*. Jadi di (*URL browser*) diketik “*localhost:8081/iptv.php*”. *Port* 8081 adalah *port* dari aplikasi *Xampp*, dan “*iptv.php*” adalah *Script* berbasis *.php* yang tersimpan pada database aplikasi *Xampp* (untuk aplikasi *Xampp* akan dibahas pada sub bab berikutnya).



**Gambar 3.32** : Tampilan *IPTV web based* di sisi *client*

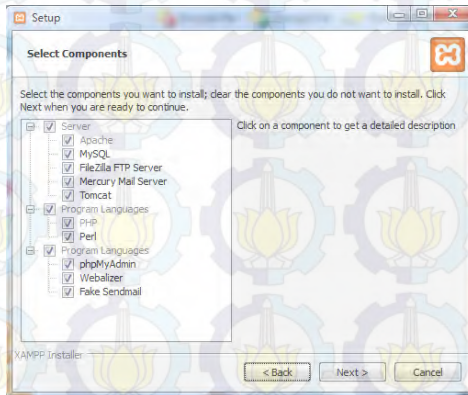
Setelah konfigurasi *IPTV* di *client* dan *server* sudah dilakukan, *video streaming* bisa dijalankan di dua *client* untuk pengujian.



**Gambar 3.33** : Dua *client* yang digunakan untuk pengujian

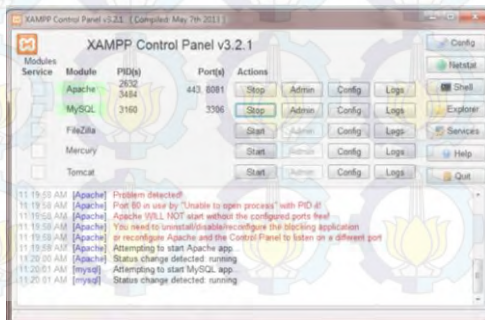
### 3.4.2 Instalasi Xampp

Untuk mendapatkan aplikasi *Xampp*, silahkan klik alamat [www.filehorse.com/download-xampp](http://www.filehorse.com/download-xampp). *Xampp* yang digunakan dalam pengujian ini adalah *Xampp 3.2.1*. Ketika melakukan instalasi *Xampp*, pastikan *server Apache* dan *MySQL* sudah dipilih.



Gambar 3.34 : Pilihan pada instalasi *Xampp*

Setelah *Xampp* berhasil ter-install, buka *Xampp Control Panel*. Pada kotak dialog *control*, aktifkan *module Apache* dan *MySQL*. Jika setelah *Xampp* aktif namun layanan *IPTV* belum bisa dijalankan di *Mozilla*, bisa jadi *port* yang digunakan *Xampp* telah dipakai aplikasi yang lain. Jadi harus mengganti *port Xampp* terlebih dahulu.



Gambar 3.35 : *Xampp Control Panel*



Pada sub bab sebelumnya sedikit dibahas tentang *iptv.php*. *Script* berbasis *.php* ini merupakan *script* untuk menampilkan layanan *IPTV* berbasis *web*. Di tampilan *mozilla*, layanan *IPTV* bisa melakukan perintah *pause* dan *stop*. Berikut ini adalah *script* yang dipakai :

```
<script language="javascript">
$( "#button" ).button();$( "#button2" ).button();
function pause() {
    vlc1.playlist.togglePause();
}

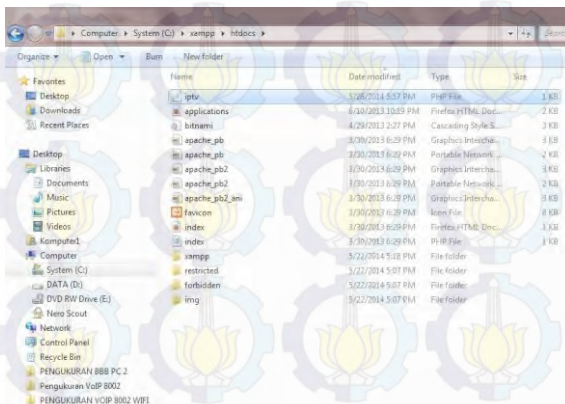
function stop() {
    vlc1.playlist.stop();
}
</script>
<body>
<center>

<embed id='vlc1' width='500' height='500' type='application/x-vlc-plugin'
target='rtsp://192.168.101.10:8500/iptv' />

<br><hr>
<button onclick="pause()" id="button">pause</button>
<button onclick="stop()" id="button2">stop</button>
<br />

</center>
</body>
```

*Script* yang sudah dibuat disimpan pada *Xampp – htdocs* dan akan dipanggil ketika *Xampp* diaktifkan pada sisi *client*. Perintah *script* ini yang digunakan untuk menjalankan *video streaming* pada *web*.



**Gambar 3.36** : Menyimpan *iptv.php* pada *htdocs Xampp*

### 3.5. Skenario Pengujian

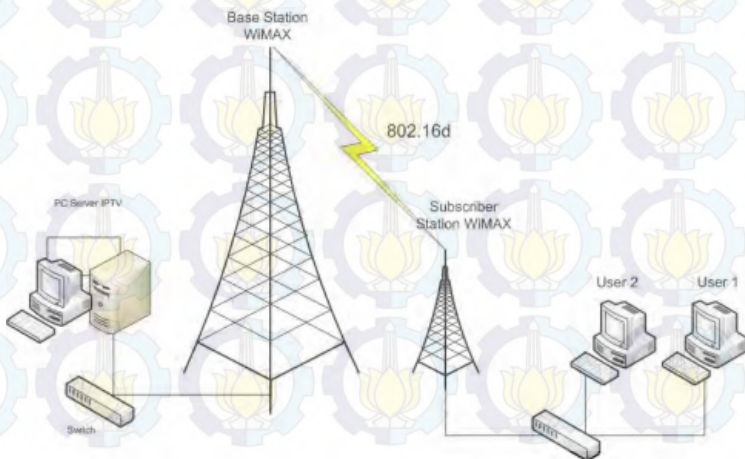
Secara garis besar skenario dibagi menjadi 2, yaitu skenario tanpa pembebanan dan skenario dengan pembebanan.

#### 3.5.1 Skenario 1 : Skenario Tanpa Pembebanan

Skenario 1 tanpa pembebanan dilakukan pada pengujian layanan *video streaming* dan juga layanan *video on demand*. Skenario ini melibatkan 2 *client* yang mengakses *server* secara bersamaan tanpa ada pembebanan jaringan. Skenario 1 diasumsikan dengan sebuah jaringan *WiMAX* dengan pengguna yang sedikit. Tidak adanya pembebanan berarti trafik tidak padat.

Pengujian akan dilakukan sebanyak 4 kali berdasarkan 4 *QoS WiMAX (service class)* yang dipakai. Sebagaimana dijelaskan pada Bab II, *service class WiMAX* dibagi atas 4 jenis, yaitu : *Best Effort (BE)*, *Unsolicited Grant Service (UGS)*, *Real time polling service (rtPS)*, dan *Non real time polling service (nrtPS)*.

Masing-masing pengujian *service class* dilakukan sebanyak 10 kali dengan masing-masing waktu pengamatan selama 2 menit. Monitoring jaringan dilakukan melalui aplikasi *wireshark*. Hasil dari setiap parameter *QoS (Quality of Service)* jaringan yang didapat akan dirata-rata dan akan dibandingkan berdasarkan *service class* yang ada. Berikut adalah gambaran dari Skenario 1 :



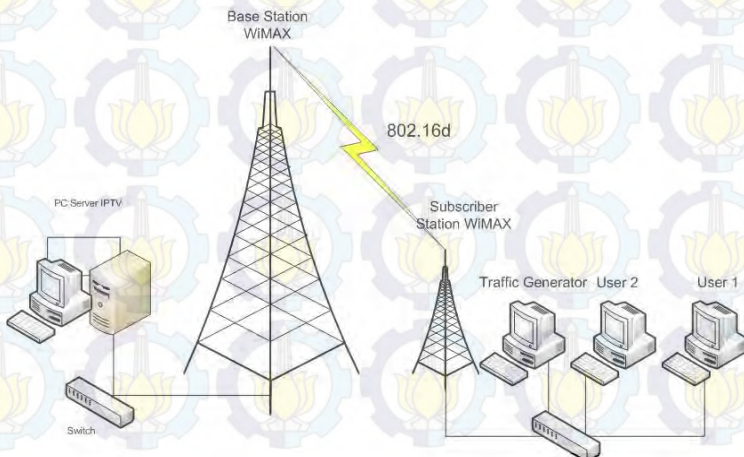
Gambar 3.37 : Skenario pengujian tanpa pembebanan

Rincian dari skenario 1 tanpa pembebanan yaitu :

- 1 Base Station, 1 Subscriber Station, 2 Client
- Jaringan tanpa pembebanan
- Variasi 4 Parameter *QoS WiMAX*
  - *Best Effort (BE)*
  - *Unsolicited Grant Service (UGS)*
  - *Real time polling service (rtPS)*
  - *Non real time polling service (nrtPS)*
- Masing-masing pengujian dilakukan selama 2 menit dan 10 kali pengujian. Total ada 80 kali pengujian untuk layanan *video streaming*, dan 80 kali pengujian untuk layanan *video on demand*.

### 3.5.2 Skenario 2 : Skenario dengan Variasi Pembebanan

Skenario 2 dengan variasi pembebanan juga dilakukan pada pengujian layanan *video streaming* dan juga layanan *video on demand*. Skenario ini melibatkan 2 *client* yang mengakses *server* secara bersamaan. Berbeda dengan Skenario 1, skenario 2 diasumsikan dengan sebuah jaringan *WiMAX* dengan pengguna yang bervariasi. Variasi pembebanan yang diberikan pada jaringan berarti kepadatan trafik juga bervariasi. Berikut adalah gambaran dari Skenario 2 (dengan variasi pembebanan) :



**Gambar 3.38** : Skenario pengujian dengan variasi pembebanan

Sama halnya pada Skenario 1, pengujian akan dilakukan sebanyak 4 kali berdasarkan 4 *QoS WiMAX (service class)* yang dipakai. Sebagaimana dijelaskan pada Bab II, *service class WiMAX* dibagi atas 4 jenis, yaitu : *Best Effort (BE)*, *Unsolicited Grant Service (UGS)*, *Real time polling service (rtPS)*, dan *Non real time polling service (nrtPS)*.

Masing-masing pengujian *service class* dilakukan sebanyak 10 kali dengan masing-masing waktu pengamatan selama 2 menit. Yang berbeda disini adalah dengan adanya variasi pembebanan, maka pengujian yang dilakukan juga divariasikan sesuai dengan jumlah pembebanan yang ada. Hasil dari setiap parameter *QoS (Quality of Service)* jaringan yang didapat akan dirata-rata dan akan dibandingkan berdasarkan *service class* yang ada.

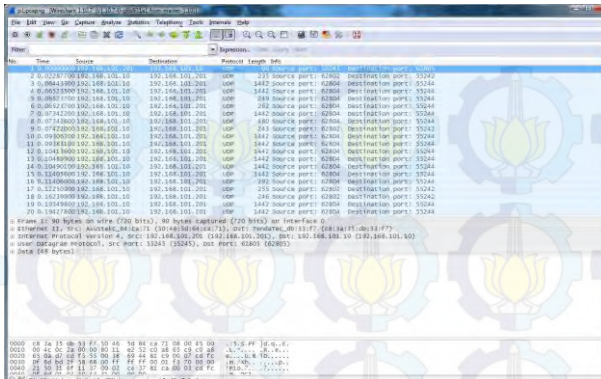
Berikut adalah rincian skenario dengan variasi pembebanan :

- 1 Base Station, 1 Subscriber Station, 2 Client
- 1 Client pemberi beban (dengan aplikasi *TfGen*)
  - Layanan *video streaming* (4, 6, 8, dan 10 Mbps)
  - Layanan *video on demand* (6 dan 10 Mbps)
- Variasi 4 Parameter *QoS WiMAX*
  - *Best Effort (BE)*
  - *Unsolicited Grant Service (UGS)*
  - *Real time polling service (rtPS)*
  - *Non real time polling service (nrtPS)*
- Masing-masing pengujian dilakukan selama 2 menit dan 10 kali pengujian. Total ada 320 kali pengujian untuk layanan *video streaming* (4 variasi pembebanan), dan 160 kali pengujian untuk layanan *video on demand* (2 variasi pembebanan)

### **3.6. Instalasi Aplikasi *Monitoring* dan Pembebanan**

#### **3.6.1 *Wireshark***

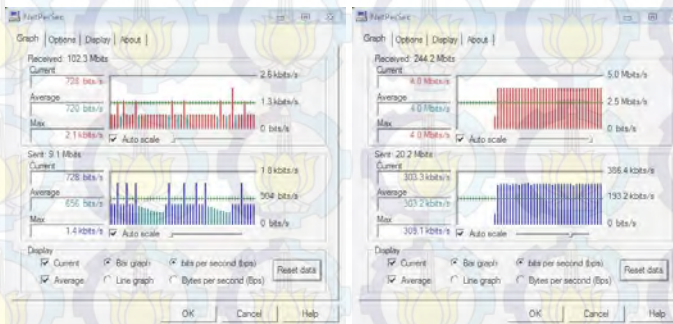
*Wireshark* adalah salah satu dari sekian banyak *tool Network Analyzer* yang banyak digunakan oleh *Network administrator* untuk menganalisa kinerja jaringannya. *Wireshark* dapat menangkap paket-paket yang sedang berjalan pada suatu jaringan. Aplikasi *wireshark* ini di-install di masing-masing PC pada sisi *client* Pada pengujian ini dilakukan monitoring jaringan pada protokol RTP yang kemudian dianalisa sesuai dengan parameter *QoS* yang diperlukan



Gambar 3.39 : Capture monitoring jaringan *WiMAX Testbed*

### 3.6.2 NetPerSec

NetPerSec merupakan aplikasi yang dipakai di sisi server dan digunakan untuk memantau pembebanan jaringan. Pada gambar 3.38(a) adalah tampilan jaringan tanpa beban pada aplikasi NetPerSec. Dan gambar 3.38(b) menunjukkan jaringan *WiMAX testbed* yang sudah dibebani oleh aplikasi *TfGen*.



(a)

(b)

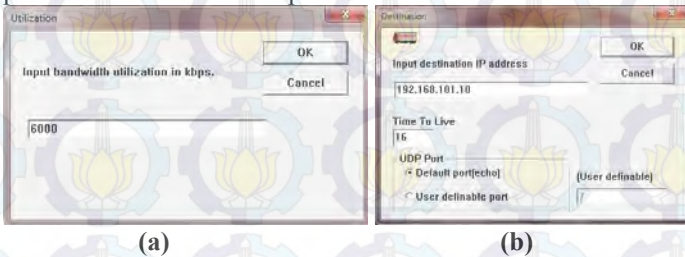
Gambar 3.40 : Tampilan NetPerSec sebelum diberi beban (a)  
Tampilan NetPerSec setelah diberi beban (b)

### 3.6.3 TfGen

Aplikasi TfGen merupakan aplikasi yang digunakan untuk memberi efek pembebanan jaringan. Pada pengujian ini TfGen

digunakan untuk menjalankan skenario pengujian dengan memberi variasi pembebanan yang ditujukan kepada *server*. Nilai pembebanan dapat diatur sesuai dengan keinginan. Pada pengujian ini divariasikan pembebanan yakni 0 Mbps, 4 Mbps, 6 Mbps, 9 Mbps, dan 10 Mbps.

Aplikasi TfGen ini dipasang pada sisi *client* dan ada pada PC terpisah. Ini dilakukan agar pada saat *monitoring* jaringan, paket pembebanan tidak terbaca pada *wireshark*.



**Gambar 3.41 :** Pengaturan besar *bandwidth* yang dibebankan (a) Pengaturan *IP address* tujuan (*server*) untuk diberi beban (b)



**Gambar 3.42 :** TfGen mentransmit beban ke *server*

### 3.7. Pengujian dan Parameter yang Dianalisis

Setelah semua proses pengujian berdasarkan skenario diatas selesai, maka dilanjutkan dengan penghitungan dan analisis. Analisis data didasarkan pada perbandingan kualitas performansi pada sistem jaringan tersebut sesuai dengan skenario pembebanan dan variasi pemilihan QoS (*Quality of Service*) WiMAX. Parameter-parameter yang dianalisis dan dibandingkan adalah yang QoS layanan, antara lain: *delay*, *throughput*, *jitter*, dan *packet loss*.



## BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pada bab ini akan dibahas analisis dari hasil implementasi layanan *IPTV video streaming* dan *video on demand* pada jaringan *WiMAX testbed*. Selain itu akan dibahas analisis *bandwidth* dan laju data yang diterima selama transmisi berlangsung. Untuk proses monitoring jaringan, digunakan aplikasi *Wireshark*, *Iperf*, dan juga *NetPerSec*. *Wireshark* digunakan untuk memproses nilai parameter *QoS*, *Iperf* digunakan untuk menganalisis besar *bandwidth*, dan *NetPerSec* digunakan untuk menganalisis laju data.

Dalam monitoring jaringan, parameter *QoS* (*Quality of Service*) yang diukur adalah *Throughput*, *Packet Loss*, *Delay*, dan *Jitter*. Dalam pengujian ini dipilih standar *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* atau biasa disingkat *TIPHON* sebagai standar dari nilai parameter *QoS* yang didapat, sebagaimana telah dijelaskan pada Bab II. Berikut adalah tabel standar Tiphon untuk *QoS* jaringan [7] :

**Tabel 4.1** Standarisasi Tiphon untuk *QoS* jaringan

No	Parameter	Nilai	Kategori
1	<i>Delay</i>	<150 ms 150-300 ms 300-450 ms >450 ms	Sangat baik Baik Sedang Tidak baik
2	<i>Jitter</i>	0 ms 0-75 ms 75-125 ms >125 ms	Sangat baik Baik Sedang Tidak baik
3	<i>Packet Loss</i>	0% 0-3% 3-15% 15-25%	Sangat Baik Baik Sedang Tidak Baik

Pengujian juga dilakukan berdasarkan *service class* pada *WiMAX*. Sebagaimana diketahui bahwa teknologi *WiMAX* memiliki beberapa *service class* dengan karakteristik masing-masing antara lain: *Best Effort (BE)*, *Real Time Polling Service (rtPS)*, *Non Real Time Polling Service*



(*nrtPS*), dan *Unsolicited Grand Service (UGS)*. *Service class* ini berkaitan dengan keandalannya ketika digunakan untuk mengaplikasikan layanan.

Nilai dari parameter *QoS* jaringan yang didapat akan menjadi pembandingan *service class WiMAX* mana yang sesuai dengan layanan *video streaming* dan *video on demand IPTV*.

#### 4.1. Analisis Laju Data dan *Bandwidth*

Setiap jaringan memiliki besar *bandwidth* yang berbeda, dan bentuk layanan yang dipakai pada jaringan akan berpengaruh pada nilai laju data yang dihasilkan. Pada sub bab ini dijelaskan mengenai analisis laju data dan besar *bandwidth* yang digunakan selama pengujian.

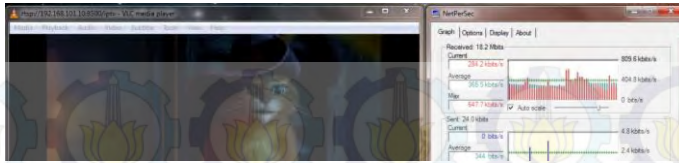
##### 4.1.1. Analisis Laju Data

Pada pengujian ini, analisis *bandwidth* dilakukan untuk mengetahui nilai *bandwidth* yang tersedia pada kanal jaringan. Aplikasi yang digunakan untuk mengetahui nilai *bandwidth* adalah aplikasi *Iperf* yang terpasang pada sisi *server* dan *client*. Besar laju data dapat diamati pada sisi *client* maupun *server*.

Gambar 4.1, 4.2, dan 4.3 menunjukkan laju data di sisi *client*. Laju data yang didapat ketika tanpa layanan senilai 1,2 Kbps, dengan layanan *video streaming* senilai 365,5 kbps, dan dengan layanan *video on demand* senilai 3 Mbps. Laju data yang dihasilkan akan berbeda tergantung karakteristik layanan yang dipakai.



**Gambar 4.1** Nilai Laju Data pada *Client* ketika Tanpa Layanan

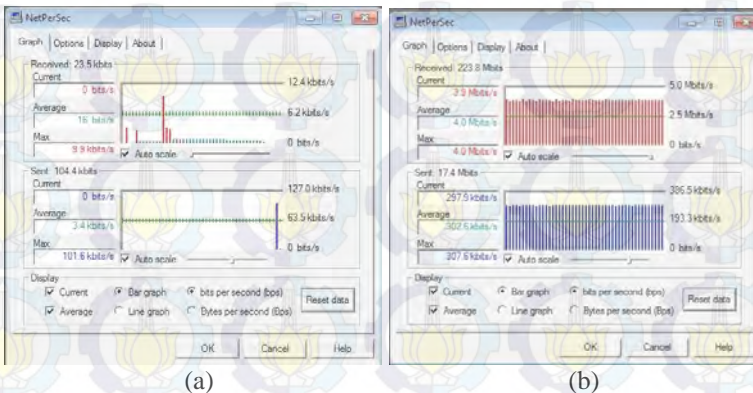


**Gambar 4.2** Nilai Laju Data pada *Client* untuk Layanan Video Streaming



**Gambar 4.3** Nilai Laju Data pada *Client* untuk Layanan VOD

Sedangkan pada sisi *server*, dapat kita amati laju data yang diterima ketika belum ada pembebanan dan setelah ada pembebanan. Pada skenario dengan variasi pembebanan, jaringan dibebani melalui *TfGen* (*Traffic Generator*) dengan variasi beban yang ditentukan.

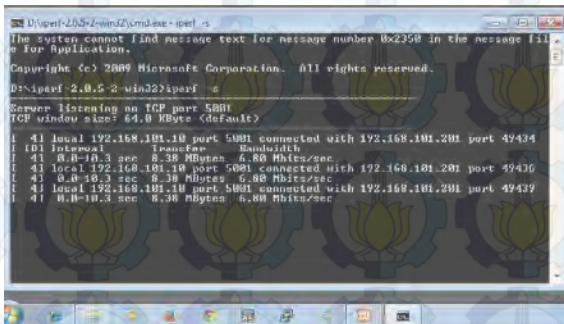


**Gambar 4.4** Nilai Laju Data pada *Server* Tanpa Pembebanan (a)  
 Nilai Laju Data pada *Server* Tanpa Pembebanan (b)

### 4.1.2. Analisis Bandwidth

Pada pengujian ini, analisis *bandwidth* dilakukan untuk mengetahui nilai *bandwidth* yang tersedia pada kanal jaringan. Aplikasi yang digunakan untuk mengetahui nilai *bandwidth* adalah aplikasi *iperf* yang terpasang pada sisi *server* dan *client*.

Gambar 4.6 dan 4.7 menunjukkan bahwa nilai *bandwidth* yang terukur pada sisi *server* senilai 6,8 Mbps dan nilai transfer senilai 8,38 Mbytes. Pada sisi *client*, nilai *bandwidth* yang terukur adalah 6,82 Mbps dan nilai transfer data senilai 8,38 Mbytes. Pada pengaturan *Base Station WiMAX testbed*, besar *bandwidth* diatur senilai 10 Mbps, namun pada kenyataan pengujian tidak sebesar 10 Mbps. Hal ini bisa disebabkan karena gangguan eksternal yang terjadi pada jaringan *WiMAX testbed* dan juga bisa disebabkan oleh kondisi perangkat pemancar dan penerimanya.



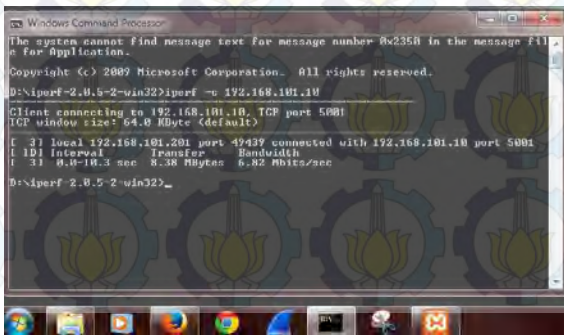
```
D:\iperf-2.0.5-2-win32>iperf -s
The system cannot find message text for message number 0x2350 in the message file
for Application.

Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

D:\iperf-2.0.5-2-win32>iperf -s
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 64.0 KByte (default)

[ 4] local 192.168.101.10 port 5001 connected with 192.168.101.201 port 49434
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[ 4] 0.0-10.3 sec  8.38 MBytes  6.80 Mbits/sec
[ 4] local 192.168.101.10 port 5001 connected with 192.168.101.201 port 49436
[ 4] 0.0-10.3 sec  8.38 MBytes  6.80 Mbits/sec
[ 4] local 192.168.101.10 port 5001 connected with 192.168.101.201 port 49437
[ 4] 0.0-10.3 sec  8.38 MBytes  6.80 Mbits/sec
```

Gambar 4.5 Nilai *Bandwidth* yang Terbaca pada Aplikasi *Iperf Server*



```
Windows Command Processor
The system cannot find message text for message number 0x2350 in the message file
for Application.

Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

D:\iperf-2.0.5-2-win32>iperf -c 192.168.101.10
Client connecting to 192.168.101.10, TCP port 5001
TCP window size: 64.0 KByte (default)

[ 3] local 192.168.101.201 port 49439 connected with 192.168.101.10 port 5001
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[ 3] 0.0-10.3 sec  8.38 MBytes  6.82 Mbits/sec

D:\iperf-2.0.5-2-win32>
```

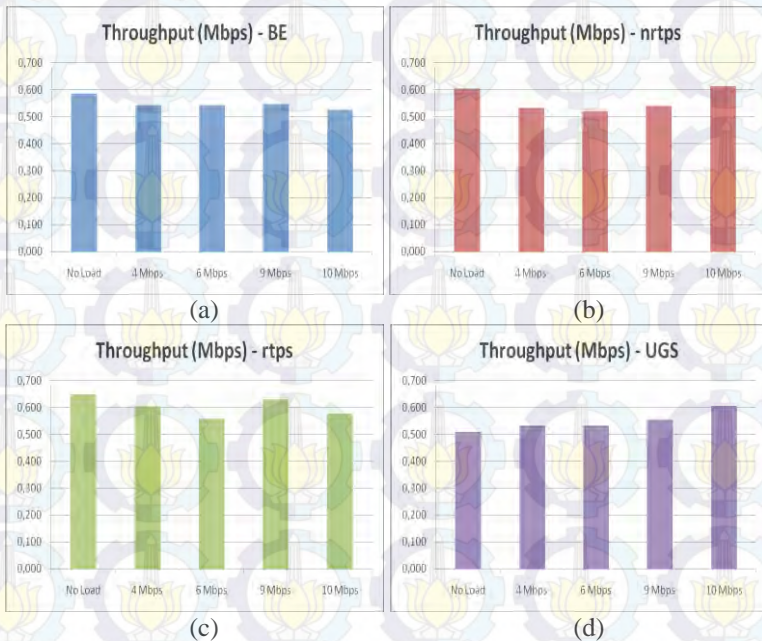
Gambar 4.6 Nilai *Bandwidth* yang Terbaca pada Aplikasi *Iperf Client*

## 4.2. Pengujian Layanan Video Streaming

Pada pengujian kali ini, dilakukan pengujian dengan menjalankan IPTV video streaming melalui jaringan WiMAX testbed yang telah diskenariokan. Server menyediakan stream ke jaringan WiMAX melalui Base Station. Stream ini dapat diakses oleh client melalui PC yang sudah terdaftar pada Subscriber Station WiMAX testbed. Pengujian ini memakai bandwidth sebesar 10 Mbps ditembakkan dari Base Station.

### 4.2.1. Pengujian Parameter Throughput

Throughput adalah kecepatan rata-rata data yang diterima oleh suatu node dalam selang waktu pengamatan tertentu. Satuan yang dipakai adalah Mbps. Gambar 4.7 dibawah ini adalah hasil pengujian parameter throughput. Throughput pada gambar merupakan rata-rata dari 10 kali percobaan untuk tiap jenis pembebanan jaringan. Gambar dibagi menjadi empat bagian sesuai dengan service class WiMAX.

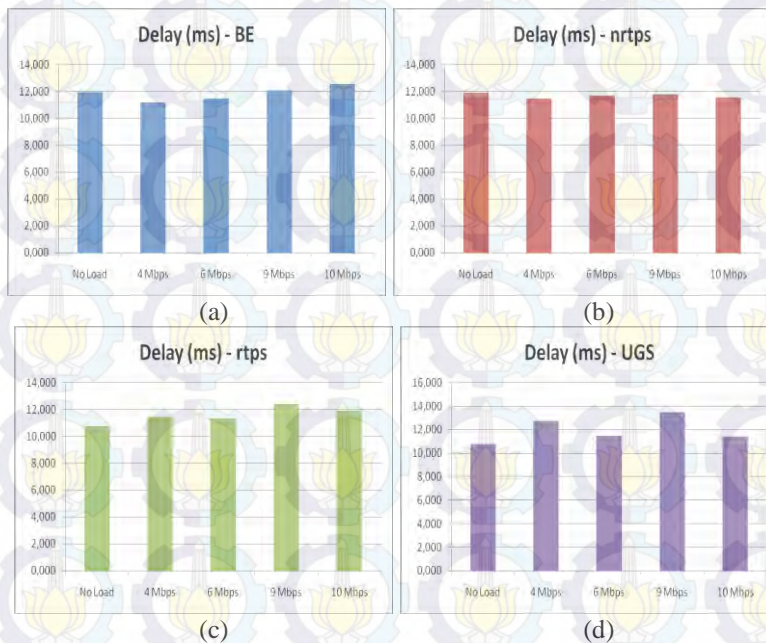


Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Throughput pada BE (a), pada NRTPS (b), pada RTPS (c), pada UGS (d)

Pada Gambar 4.7 terlihat bahwa variasi beban pada jaringan *WiMAX testbed* yang diberikan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap perubahan nilai *throughput*. Hal ini disebabkan *streaming video* pada *IPTV* memiliki karakter paket yang dikirim memiliki *delay* antar paket konstan. Ini terjadi karena adanya proses reservasi untuk setiap *time slot* kanal, sehingga *throughput* yang dihasilkan konstan.

#### 4.2.2. Pengujian Parameter *Delay*

*Delay* adalah waktu yang digunakan suatu paket bergerak dari pengirim hingga ke penerima. Satuan yang dipakai *mili second* (ms). Tujuan pengujian *delay* adalah untuk mengetahui seberapa cepat jaringan *WiMAX testbed* yang digunakan dalam meneruskan paket dari pengirim ke penerima dengan melihat rata-rata selisih waktu dari paket yang diterima. Pada gambar 4.8 dapat dilihat perbandingan nilai *delay* yang didapat. Gambar dibagi empat bagian sesuai *service class WiMAX*.

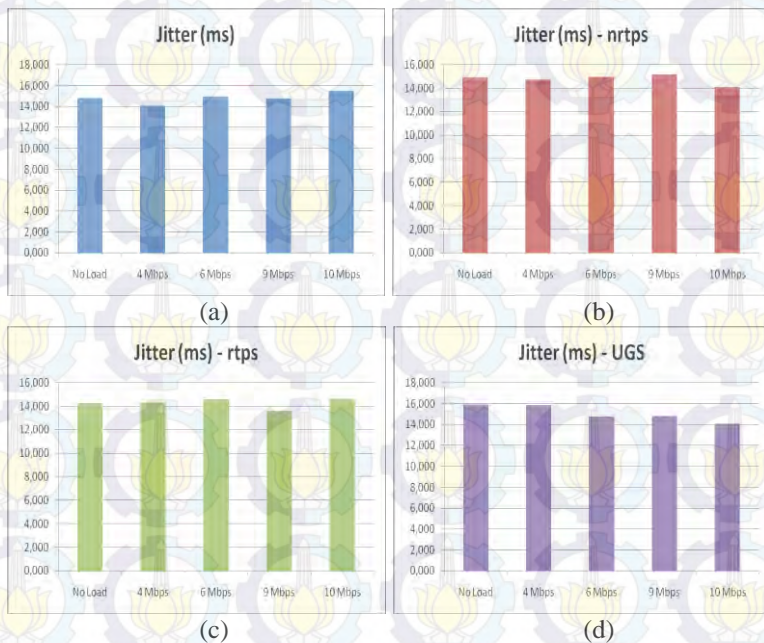


**Gambar 4.8** Grafik Perbandingan *Delay* pada BE (a), pada NRTPS (b), pada RTPS (c), pada UGS (d)

Pada gambar 4.8 terlihat bahwa variasi beban pada jaringan *WiMAX testbed* yang diberikan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap perubahan nilai *delay*. Hal ini disebabkan *streaming video* pada *IPTV* terjadi proses reservasi untuk setiap *time slot* kanal. Ini menyebabkan *delay* yang dihasilkan jaringan menjadi konstan atau nilainya tidak berbeda jauh. Sesuai standar *Tiphon*, kategori layanan *video streaming IPTV* pada pengujian ini tergolong sangat baik karena nilai *delay* yang didapat kurang dari 150 ms.

### 4.2.3. Pengujian Parameter *Jitter*

*Jitter* adalah variasi *Delay* yang terjadi karena ketidakstabilan kondisi jaringan sehingga waktu penerimaan paket di penerima berbeda-beda. Satuan yang dipakai parameter ini adalah *mili second (ms)*. Gambar 4.9 dibawah ini adalah hasil pengujian parameter *jitter*. Pada gambar dapat dilihat perbandingan nilai *jitter* yang didapat.



**Gambar 4.9** Grafik Perbandingan *Jitter* pada BE (a), pada NRTPS (b), pada RTPS (c), pada UGS (d)

Pada gambar 4.9 terlihat bahwa variasi beban pada jaringan *WiMAX testbed* yang diberikan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap perubahan nilai *jitter*. Proses reservasi untuk setiap *time slot* kanal pada *streaming video IPTV* menyebabkan *delay* yang dihasilkan jaringan menjadi konstan. *Delay* yang konstan menghasilkan nilai *Jitter* yang tidak berbeda jauh. Kondisi kestabilan jaringan juga mempengaruhi nilai *jitter* yang dihasilkan. Sesuai standar *Tiphon*, kategori layanan *video streaming IPTV* pada pengujian ini tergolong baik karena nilai *jitter* yang didapat ada pada rentang 0 ms sampai dengan 75 ms.

#### 4.2.4. Parameter Packet Loss

*Packet loss* adalah banyaknya paket yang tidak diterima pada saat proses pengiriman berlangsung dibandingkan dengan banyaknya paket yang sampai di tujuan. Semakin besar *packet loss* yang didapat maka kualitas data atau layanan semakin tidak baik. Tujuan pengujian *packet loss* adalah untuk mengetahui seberapa handal teknologi yang dipakai dalam menjaga sebuah paket untuk diteruskan. Berikut adalah hasil *packet loss* dari pengujian yang didapat : (dalam satuan %)

**Tabel 4.2** Nilai *Packet Loss* (%) dari pengujian yang dilakukan (berdasarkan skenario variasi pembebanan)

Service Class	Tanpa beban	4 Mbps	6 Mbps	9 Mbps	10 Mbps
BE	0,09	0,07	0,35	0,07	0,04
Nrtps	0,03	0,11	0,15	0,07	0,04
Rtps	0,36	0,02	0,23	0,10	0,05
UGS	0,21	0,10	0,18	0,20	0,02

*Packet loss* pada tabel 4.2 merupakan rata-rata dari 10 kali percobaan untuk tiap jenis pembebanan jaringan. Dapat diamati bahwa *packet loss* yang didapat bernilai kecil. Sesuai standar *Tiphon*, kategori layanan *IPTV* pada pengujian ini dapat dikatakan baik karena ada di rentan 0% sampai dengan 3%.

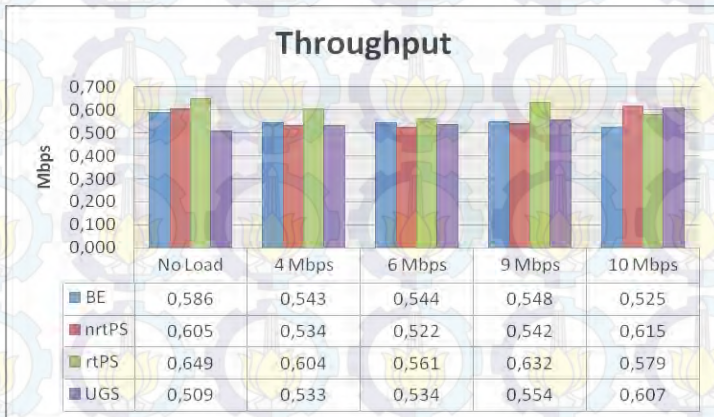
Variasi pembebanan pada jaringan *WiMAX* tidak memberi perubahan signifikan pada nilai *packet loss*, nilainya mendekati nol. Ini berarti jumlah paket yang terbuang sangatlah kecil. Layanan *streaming*

video menggunakan protokol RTSP (*Real Time Streaming Protokol*) mendukung transmisi *streaming* yang handal, dengan menjaga agar paket bisa terkirim dengan baik.

#### 4.3. Perbandingan Penggunaan *Service Class* WiMAX pada Pengujian Layanan Video Streaming

Sebagaimana diketahui bahwa teknologi WiMAX memiliki beberapa *service class* dengan karakteristik masing-masing. *Best Effort (BE)*, *Real Time Polling Service (rtPS)*, *Non Real Time Polling Service (nrtPS)*, dan *Unsolicited Grand Service (UGS)* merupakan *service class* yang dipakai. *Service class* ini berkaitan dengan kehandalannya ketika digunakan untuk mengaplikasikan layanan, karena setiap layanan memiliki spesifikasi dan kebutuhan masing-masing.

Pada pengujian ini akan dianalisis hasil dari pengujian variasi pemilihan *Service Class* WiMAX berdasarkan hasil *QoS* jaringan yang didapatkan. Berikut adalah perbandingan nilai *throughput*, *delay*, dan *jitter* pada empat jenis *service class* yang dipakai dalam jaringan WiMAX :

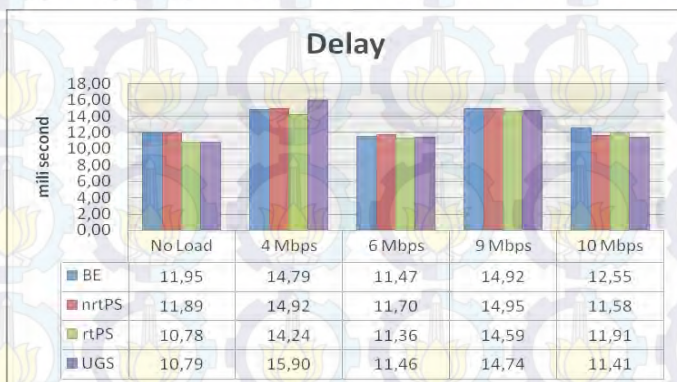


Gambar 4.10 Perbandingan *throughput* pada *service class* WiMAX

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa jenis *service class* *Real Time Polling Service (RTPS)* memiliki nilai *throughput* paling tinggi pada setiap pembebanan. Nilai *throughput* yang didapat untuk *service class* *RTPS* yaitu :



- Tanpa beban : 0,649 Mbps
- Beban 4 Mbps : 0,604 Mbps
- Beban 6 Mbps : 0,561 Mbps
- Beban 9 Mbps : 0,632 Mbps
- Beban 10 Mbps : 0,579 Mbps



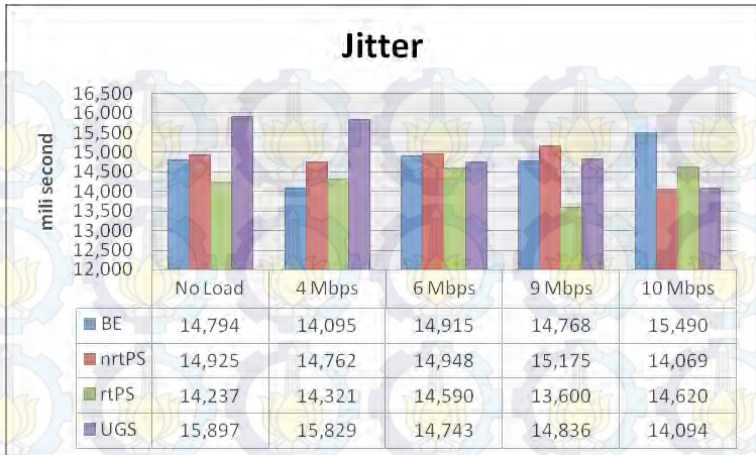
**Gambar 4.11** Perbandingan *Delay* pada *service class* WiMAX

Gambar 4.11 menunjukkan bahwa jenis *service class Real Time Polling Service (RTPS)* memiliki nilai *delay* paling rendah pada setiap pembebanan. Nilai *delay* yang didapat untuk *service class RTPS* yaitu :

- Tanpa beban : 10,78 ms
- Beban 4 Mbps : 14,24 ms
- Beban 6 Mbps : 11,36 ms
- Beban 9 Mbps : 14,59 ms
- Beban 10 Mbps : 11,91 ms

Seritme dengan yang ditunjukkan gambar 4.11, pada gambar 4.12 ditunjukkan bahwa jenis *service class Real Time Polling Service (RTPS)* memiliki nilai *jitter* paling rendah pada setiap pembebanan. Nilai *jitter* yang didapat untuk *service class RTPS* yaitu :

- Tanpa beban : 14,237 ms
- Beban 4 Mbps : 14,321 ms
- Beban 6 Mbps : 14,590 ms
- Beban 9 Mbps : 13,6 ms
- Beban 10 Mbps : 14,620 ms



**Gambar 4.12** Perbandingan *Jitter* pada *service class* WiMAX

Dari tiga grafik perbandingan penggunaan *service class* WiMAX pada pengujian, didapat bahwa *service class* RTPS adalah *service class* yang memiliki nilai yang paling baik. Jika dilihat dari pengujian, pada setiap pembebanan, RTPS memiliki nilai *throughput* paling besar, nilai *delay* paling kecil, dan nilai *jitter* paling kecil pula. Ini menunjukkan bahwa *service class* RTPS merupakan *service class* yang paling sesuai untuk layanan *streaming video IPTV*.

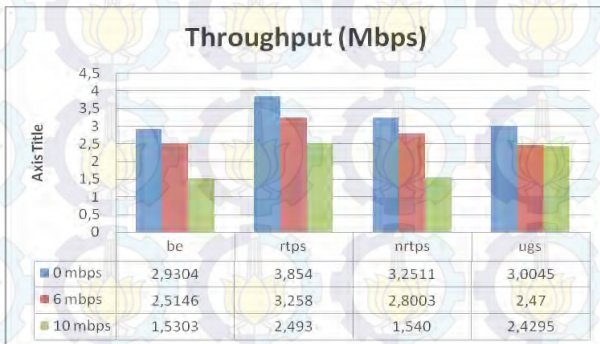
Sesuai dengan dasar teori bahwa RTPS didesain untuk mendukung layanan secara *real time* seperti aplikasi *video MPEG*, yang menggunakan ukuran paket data yang bervariasi pada waktu tertentu. Parameter *service flow* untuk menentukan layanan ini adalah *minimum reserved traffic rate*, *maximum sustained traffic rate*, *maximum latency*, dan *request/transmission policy*.

#### 4.4. Pengujian Layanan *Video on Demand*

Pada pengujian kali ini, dilakukan pengujian dengan menjalankan *IPTV video on demand* melalui jaringan WiMAX testbed yang telah diskenariokan. *Server* menyediakan *video* yang tersimpan pada PC. *Client* memanggil *video* yang sudah tersimpan tadi melalui PC *client* dengan berbasis web dan sudah terdaftar pada *Subscriber Station* WiMAX testbed. Pengujian ini menggunakan bandwidth sebesar 10 Mbps yang ditembakkan melalui *Base Station*.

#### 4.4.1. Pengujian Parameter *Throughput*

Hasil pengujian *throughput* layanan *video on demand* disajikan pada Gambar 4.13 berikut ini :

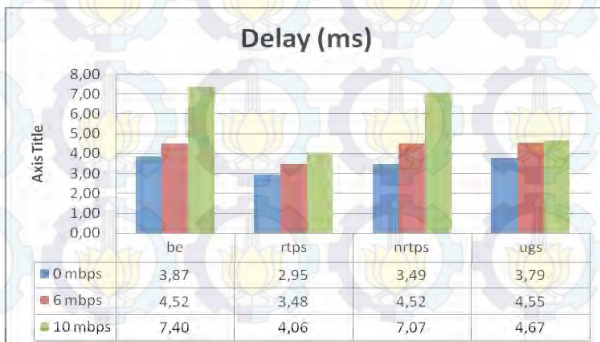


**Gambar 4.13** Perbandingan *Throughput VOD service class WiMAX*

Pada Gambar 4.13 terlihat semakin besar pembebanan yang diberikan maka *throughput* yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena ketersediaan *bandwidth* yang semakin kecil akibat pembebanan trafik yang semakin besar. Trafik yang padat menyebabkan waktu kedatangan paket semakin lama pula.

#### 4.4.2. Parameter *Delay*

Hasil pengujian *delay* layanan *video on demand* disajikan pada Gambar 4.14 berikut ini :



**Gambar 4.14** Perbandingan *Delay pada service class WiMAX*

Pada Gambar 4.14 terlihat semakin besar beban pada trafik yang diberikan maka *delay* semakin besar juga. Hal ini disebabkan karena padatnya trafik yang terdapat pada jaringan menyebabkan terjadinya antrian paket yang signifikan didalam sistem. Sesuai standar *Tiphon*, kategori layanan *video on demand IPTV* pada pengujian ini tergolong sangat baik karena nilai *delay* yang didapat kurang dari 150 ms.

#### 4.4.3. Parameter Jitter

Hasil pengujian *jitter* layanan *video on demand* disajikan pada Gambar 4.15 berikut ini :

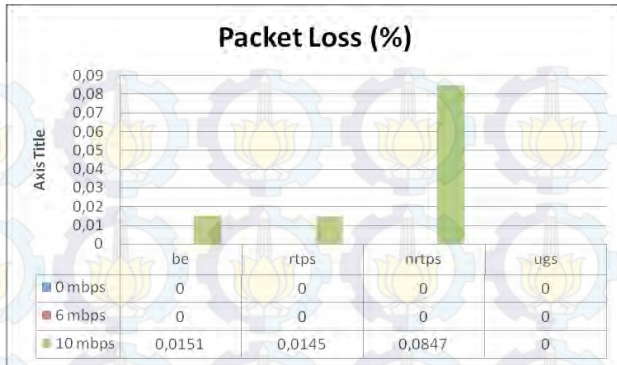


Gambar 4.15 Perbandingan *Jitter* pada *service class* WiMAX

Pada Gambar 4.15 terlihat semakin besar beban pada trafik yang diberikan maka *jitter* semakin besar juga. *Jitter* merupakan variasi dari *delay*, semakin besar *delay* maka semakin besar pula nilai *jitter*-nya. Sesuai standar *Tiphon*, kategori layanan *video streaming IPTV* pada pengujian ini tergolong baik karena nilai *jitter* yang didapat ada pada rentang 0 ms sampai dengan 75 ms.

#### 4.4.4. Parameter Packet Loss

Pada Gambar 4.16 terlihat semakin besar pembebanan yang diberikan maka *packet loss* yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan karena ketersediaan *bandwidth* yang semakin kecil sehingga beberapa paket harus terbuang. Sesuai standar *Tiphon*, kategori layanan *IPTV* pada pengujian ini dapat dikatakan baik karena ada di rentan 0% sampai dengan 3%. Hasil pengujian *packet loss* layanan *video on demand* disajikan pada Gambar 4.16 berikut ini:



**Gambar 4.16** Perbandingan *Packet loss* pada *service class WiMAX*

#### 4.5. Perbandingan Penggunaan *Service Class WiMAX* pada Pengujian Layanan *Video on Demand*

Perbandingan nilai *Delay*, *Jitter*, *Throughput*, dan *Packet Loss* pada pengujian *video on demand* disajikan pada Tabel 4.3 berikut ini:

**Tabel 4.3** Nilai *Delay*, *Jitter*, *Throughput*, dan *Packet Loss* dari pengujian *video on demand*

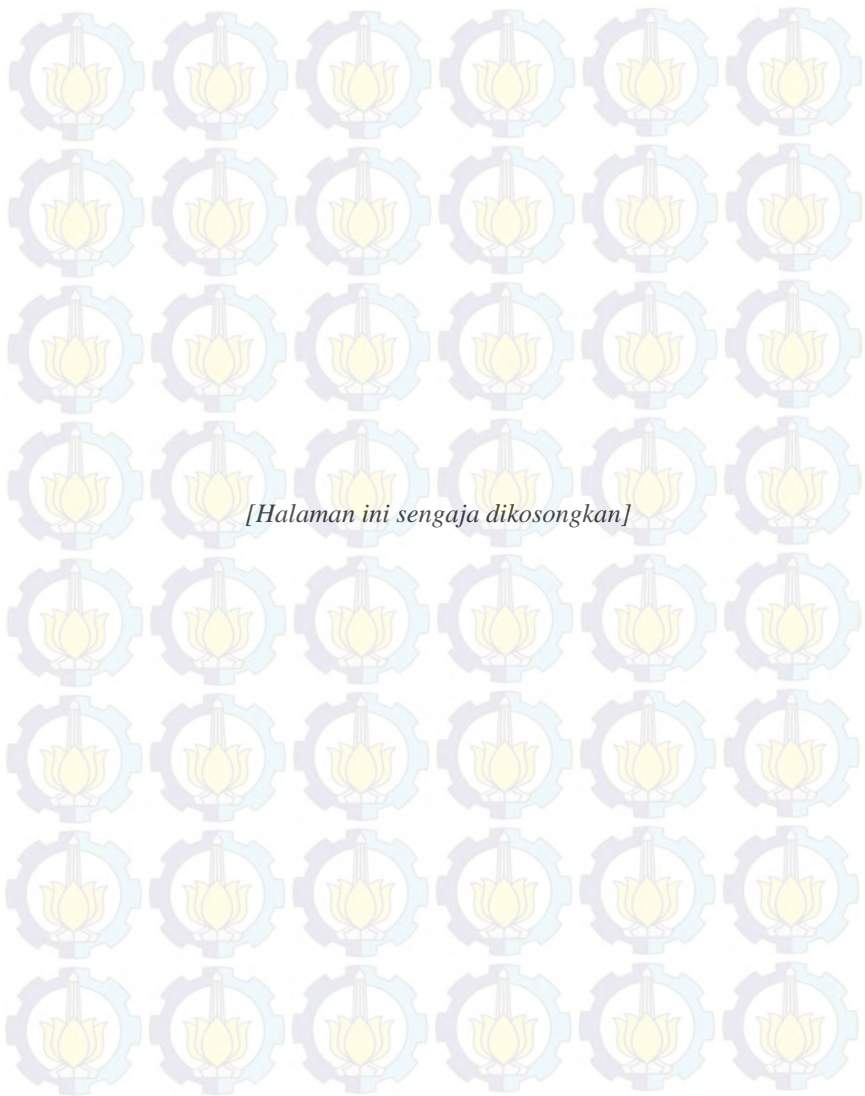
<i>Delay (ms)</i>				
<b>Beban</b>	<b>Be</b>	<b>Rtps</b>	<b>Nrtps</b>	<b>Ugs</b>
0 mbps	3,87	2,95	3,49	3,79
6 mbps	4,52	3,48	4,52	4,55
10 mbps	7,40	4,06	7,07	4,67
<i>Jitter (ms)</i>				
<b>Beban</b>	<b>Be</b>	<b>Rtps</b>	<b>Nrtps</b>	<b>Ugs</b>
0 mbps	7,31	5,43	6,55	7,14
6 mbps	8,58	6,52	8,59	8,63
10 mbps	14,21	7,83	13,52	8,82
<i>Throughput (Mbps)</i>				
<b>Beban</b>	<b>Be</b>	<b>Rtps</b>	<b>Nrtps</b>	<b>Ugs</b>
0 mbps	2,93	3,85	3,25	3,00
6 mbps	2,51	3,26	2,80	2,47
10 mbps	1,53	2,49	1,54	2,43

<b>Packet loss (%)</b>				
<b>Beban</b>	<b>Be</b>	<b>Rtps</b>	<b>Nrtps</b>	<b>Ugs</b>
0 mbps	0	0	0	0
6 mbps	0	0	0	0
10 mbps	0,0151	0,0145	0,0847	0

Dari perbandingan nilai parameter *QoS* jaringan dan penggunaan *service class WiMAX* pada pengujian, didapat bahwa *service class RTPS* adalah *service class* yang memiliki nilai yang paling baik. Jika dilihat pada masing-masing pembebanan maka didapat nilai parameter *QoS* pada *service class* yaitu :

- Parameter *delay*
  - Tanpa beban : 2,95 ms
  - Beban 6 Mbps : 3,48 ms
  - Beban 10 Mbps : 4,06 ms
- Parameter *jitter*
  - Tanpa beban : 5,43 ms
  - Beban 6 Mbps : 6,52 ms
  - Beban 10 Mbps : 7,83 ms
- Parameter *throughput*
  - Tanpa beban : 3,85 Mbps
  - Beban 6 Mbps : 3,26 Mbps
  - Beban 10 Mbps : 2,49 Mbps
- Parameter *packet loss*
  - Tanpa beban : 0 %
  - Beban 6 Mbps : 0 %
  - Beban 10 Mbps : 0,0145 %

*RTPS* memiliki nilai *throughput* paling besar, nilai *delay* paling kecil, dan nilai *jitter* paling kecil pula. Meskipun nilai *packet loss* pada *service class UGS* lebih baik dari pada *RTPS*, namun secara keseluruhan *RTPS* menunjukkan nilai paling baik. Hal ini menunjukkan bahwa *service class RTPS* merupakan *service class* yang paling sesuai untuk layanan *video on demand IPTV*. Sesuai dengan dasar teori bahwa *RTPS* didesain untuk mendukung layanan secara *real time* seperti aplikasi *video MPEG*, yang menggunakan ukuran paket data yang bervariasi pada waktu tertentu.



## BAB V PENUTUP

Bab ini akan membahas beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari pembahasan Bab IV (Pengujian dan Analisis Data). Di bab ini pula akan diuraikan beberapa saran yang dapat dipakai penelitian selanjutnya.

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan konfigurasi jaringan dan sistem layanan IPTV yang telah dirancang, serta berdasar pada pengujian dan analisis data yang didapat, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain :

#### *Layanan Video Streaming IPTV*

1. Pemberian variasi pembebanan 0 Mbps, 4 Mbps, 6 Mbps, 9 Mbps, dan 10 Mbps, tidak memberikan perubahan signifikan pada nilai *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*.
2. Jenis *service class Real Time Polling Service (rtPS)* memiliki nilai *delay* dan *jitter* paling kecil, dan juga nilai *throughput* paling besar. Ini menunjukkan bahwa *service class rtPS* merupakan *service class* jaringan *WiMAX* yang paling tepat untuk layanan *video streaming*.
3. Nilai parameter *Delay* terukur paling besar adalah 15,09 ms, yakni pada pembebanan 4 Mbps pada *service class UGS*. Berdasarkan standar *Tiphon*, kategori layanan *video streaming IPTV* pada pengujian ini tergolong sangat baik karena nilai *delay* yang didapat kurang dari 150 ms.
4. Nilai parameter *Jitter* terukur paling besar adalah 15,89 ms, yakni pada pembebanan 0 Mbps pada *service class UGS*. Berdasarkan standar *Tiphon*, kategori layanan *video streaming IPTV* pada pengujian ini tergolong baik karena nilai *jitter* yang didapat ada pada rentang 0 ms sampai dengan 75 ms.
5. Nilai parameter *Packet loss* yang didapat mendekati 0%, jaringan *WiMAX testbed* sesuai untuk diterapkan layanan *video streaming IPTV*.

#### *Layanan Video on Demand IPTV*

6. Penambahan nilai *delay*, *jitter*, dan *packet loss* sebanding dengan penambahan jumlah beban. Sedangkan penambahan jumlah beban membuat nilai *throughput* semakin kecil



7. Nilai parameter *Delay* terukur paling besar adalah 7,4 ms, yakni pada pembebanan 10 Mbps pada *service class BE*. Berdasarkan standar *Tiphon*, kategori layanan *video streaming IPTV* pada pengujian ini tergolong sangat baik karena nilai *delay* yang didapat kurang dari 150 ms.
8. Nilai parameter *Jitter* terukur paling besar adalah 14,2 ms, yakni pada pembebanan 10 Mbps pada *service class BE*. Berdasarkan standar *Tiphon*, kategori layanan *video streaming IPTV* pada pengujian ini tergolong baik karena nilai *jitter* yang didapat ada pada rentang 0 ms sampai dengan 75 ms.
9. Nilai parameter *Packet loss* yang didapat mendekati 0%, jaringan *WiMAX testbed* sesuai untuk diterapkan layanan *video on demand IPTV*.

## 5.2 Rekomendasi

1. Layanan *video streaming* dan *video on demand IPTV* dapat diaplikasikan dengan baik pada jaringan *WiMAX testbed* dengan menggunakan *service class RTPS (Real Time Polling Service)*.
2. Protokol yang sesuai untuk layanan *video streaming* adalah protokol *Real Time Streaming Protokol* (dapat dipilih pada opsi ketika akan melakukan proses *streaming*)

## 5.3 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, jaringan *WiMAX testbed* yang sudah dibentuk dapat memfasilitasi penelitian *IPTV* lebih lanjut dengan layanan yang variatif.
2. Pengembangan *multi-server* dan *muti-backhoul* pada jaringan *WiMAX testbed* ini bisa menjadi alternatif penelitian selanjutnya.

## LAMPIRAN A - Data Pengujian Video Streaming IPTV

Pengujian Service Class RTPS dengan Pembebanan 0 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)			
Client 1		Client 2		Client 1		Client 2	
0,4	0,7	0,3	0,7	0,640		0,641	
0,3	0,8	0,3	0,9	0,981		0,980	
0,4	0,2	0,2	0,4	0,522		0,521	
0,4	0,6	0,3	0,6	0,696		0,695	
0,6	0,5	0,5	0,5	0,496		0,497	
0,2	0,4	0,2	0,4	0,590		0,590	
0	0,3	0,3	0	0,791		0,790	
0,3	0,2	0,3	0,2	0,662		0,661	
0,5	0,3	0,4	0,3	0,488		0,488	
0,4	0,1	0,5	0,1	0,626		0,626	
3,5	4,1	3,3	4,1	6,492		6,489	
0,3656		0,3508		0,649		0,649	
0,3582				0,649			

Delay (ms)				Jiter(ms)			
Client 1		Client 2		Client 1		Client 2	
	8,363		8,329		12,058		12,058
	10,708		10,785		14,728		14,728
	10,451		10,438		13,692		13,692
	14,650		14,651		17,342		17,342
	12,431		12,409		15,092		15,092
	11,230		11,301		14,548		14,548
	9,348		9,291		12,821		12,821
	7,525		7,545		11,218		11,218
	11,545		11,568		15,654		15,654
	11,484		11,518		15,214		15,214
	107,7361		107,8346		142,3671		142,3671
10,774		10,783		14,237		14,237	
10,779				14,237			

Pengujian Service Class UGS dengan Pembebanan 0 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)	
Client 1		Client 2		Client 1	Client 2
0	0	0	0	0,456	0,456
0	0	0	0	0,381	0,381
0	0	0	0	0,388	0,388
0	0	0	0	0,465	0,465
0	0	0	0	0,440	0,440
0,1	0	0,1	0	0,562	0,562
1,2	0,1	0	1	0,710	0,712
0,6	0,1	0,2	0,5	0,556	0,556
1	0,4	1	0,5	0,622	0,622
0,1	0,4	0,2	0,3	0,513	0,513
3	1	1,5	2,3	5,093	5,095
0,248		0,1708		0,509	0,510
0,2094				0,509	

Delay (ms)		Jiter(ms)	
Client 1	Client 2	Client 1	Client 2
10,180	10,27823	13,242	13,303
14,499	14,51789	16,862	16,846
12,274	12,29868	14,776	14,740
12,274	12,29868	14,776	14,740
0,000	13,01117	28,885	15,817
14,269	14,26466	16,854	16,879
8,911	8,94085	11,689	11,685
11,406	11,42122	14,492	14,477
1,057	10,56772	23,674	14,264
10,542	12,75486	14,167	15,774
95,41228	120,354	169,4155	148,5251
9,541	12,035	16,942	14,853
10,788		15,897	

Pengujian Service Class BE dengan Pembebanan 4 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)	
Client 1		Client 2		Client 1	Client 2
0	0	0	0	0,456	0,457
0	0	0	0	0,421	0,421
0	0	0	0	0,455	0,455
0	0	0	0	0,586	0,585
0	0	0	0	0,619	0,619
0,2	0	0	0,2	0,468	0,468
0	0	0	0	0,429	0,429
0	0,4	0,3	0	0,721	0,722
0	0,9	0	0,7	0,656	0,658
0,5	0	0	0,4	0,621	0,621
0,7	1,3	0,3	1,3	5,432	5,435
0,0856		0,056		0,543	0,544
0,0708				0,543	

Delay (ms)		Jiter(ms)	
Client 1	Client 2	Client 1	Client 2
10,121	9,925	13,363	12,913
14,620	13,943	16,652	16,224
13,258	13,271	15,500	15,414
9,876	9,907	12,451	12,291
8,591	8,573	11,919	11,721
14,026	13,988	16,521	16,412
12,477	12,340	15,471	15,088
9,052	9,048	13,076	12,825
9,270	9,194	12,453	12,291
11,426	11,369	14,781	14,532
112,7178	111,5572	142,1859	139,71
11,272	11,156	14,219	13,971
11,214		14,095	

Pengujian Service Class NRTPS dengan Pembebanan 4 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)			
Client 1		Client 2		Client 1		Client 2	
0	0	0	0	0,337		0,337	
0	0	0	0	0,422		0,422	
0	0	0	0	0,571		0,571	
0,5	0	0,5	0	0,585		0,584	
0	0	0	0	0,465		0,465	
0	0	0	0	0,410		0,410	
0,3	0	0	0,4	0,738		0,740	
0	0,8	1	0	0,646		0,645	
0	0,4	0	0,5	0,613		0,613	
0	0	0	0	0,548		0,548	
0,8	1,2	1,5	0,9	5,335		5,335	
0,0904		0,1344		0,534		0,534	
0,1124				0,534			

Delay (ms)				Jiter(ms)			
Client 1		Client 2		Client 1		Client 2	
	14,584		14,621		17,178		17,227
	12,206		12,213		15,521		15,423
	11,671		11,666		14,656		14,812
	9,278		9,270		12,876		13,029
	13,306		13,264		16,618		16,797
	12,559		12,551		15,938		15,721
	9,856		9,570		13,398		13,012
	10,751		10,746		14,230		14,439
	10,999		10,982		14,109		14,329
	9,626		9,581		12,893		13,033
	114,8358		114,4635		147,417		147,8228
11,484		11,446		14,742		14,782	
11,465				14,762			

Pengujian Service Class RTPS dengan Pembebanan 4 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)	
Client 1		Client 2		Client 1	Client 2
0,1	0	0	0,1	0,640	0,640
0	0	0	0	0,727	0,727
0	0	0	0	0,513	0,513
0	0	0	0	0,594	0,594
0	0	0	0	0,794	0,794
0	0	0	0	0,620	0,620
0	0	0	0	0,477	0,477
0	0,1	0,1	0	0,620	0,619
0,3	0	0	0,2	0,626	0,627
0	0	0	0	0,428	0,428
0,4	0,1	0,1	0,3	6,039	6,039
0,0322		0,0152		0,604	0,604
0,0237				0,604	

Delay (ms)		Jiter(ms)	
Client 1	Client 2	Client 1	Client 2
11,107	11,06547	14,448	13,249
12,504	12,50266	15,582	15,311
11,789	11,76878	14,658	14,487
10,785	10,81653	14,418	14,091
9,969	10,07469	12,565	12,416
9,117	9,130568	11,884	11,653
11,789	11,763	14,697	14,563
12,454	12,57995	15,414	15,421
10,690	10,68818	13,737	13,564
14,348	14,34848	17,063	17,191
114,5532	114,7383	144,4658	141,9462
11,455	11,474	14,447	14,195
11,465		14,321	

Pengujian Service Class UGS dengan Pembebanan 4 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)			
Client 1		Client 2		Client 1		Client 2	
0	0	0	0	0,343		0,343	
0	0	0	0	0,386		0,386	
0	0	0	0	0,607		0,607	
0	0	0	0	0,672		0,671	
0	0	0	0	0,464		0,464	
0	0	0	0	0,425		0,425	
0	0,1	0	0,1	0,648		0,648	
1	0	1,2	0	0,678		0,676	
0	0,3	0	0,5	0,545		0,545	
0,1	0	0,1	0	0,566		0,565	
1,1	0,4	1,3	0,6	5,334		5,33	
0,0918		0,1118		0,533		0,533	
0,1018				0,533			

Delay (ms)				Jiter(ms)			
Client 1		Client 2		Client 1		Client 2	
	14,687		14,65418		17,180		17,778
	14,985		15,03311		17,381		17,826
	10,561		10,56147		14,261		14,658
	11,072		11,13955		14,450		14,631
	12,192		12,70561		15,181		16,040
	12,775		12,7385		15,636		16,245
	14,250		14,2579		16,861		18,115
	11,174		11,16202		13,869		14,277
	13,331		13,77754		16,032		16,875
	11,553		11,87584		14,202		15,093
	126,5796		127,9057		155,0533		161,536
12,658		12,791		15,505		16,154	
12,724				15,829			

Pengujian Service Class BE dengan Pembebanan 6 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)	
Client 1		Client 2		Client 1	Client 2
0	0,3	0,3	0	0,339	0,339
0,4	0	0	0,3	0,425	0,425
0,1	0,4	0,1	0,4	0,583	0,583
0,1	0,6	0,1	0,7	0,602	0,601
0,1	0,5	0,4	0,1	0,457	0,458
0,2	0,4	0,3	0	0,428	0,596
0,2	0	0	0,1	0,596	0,595
1,5	0,2	1,6	0,2	0,742	0,741
0,5	0,1	0,7	0,2	0,550	0,549
0,5	0,1	0,6	0,1	0,633	0,632
3,6	2,6	4,1	2,1	5,355	5,519
0,334		0,358		0,536	0,552
0,346				0,544	

Delay (ms)		Jiter(ms)	
Client 1	Client 2	Client 1	Client 2
15,139	15,12448	17,538	17,839
12,191	12,16288	14,958	15,629
14,442	14,44746	16,901	17,367
9,349	9,332264	12,462	13,055
13,866	13,85542	16,452	16,937
12,765	13,86614	15,642	17,028
13,865	6,044873	16,116	16,516
5,991	6,044873	9,596	9,919
11,430	11,4462	14,477	15,014
9,040	9,040137	12,211	12,647
118,0786	111,3647	146,3518	151,9516
11,808	11,136	14,635	15,195
11,472		14,915	



Pengujian Service Class NRTPS dengan Pembebanan 6 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)			
Client 1		Client 2		Client 1		Client 2	
0	0	0	0	0,371		0,372	
0	0	0	0	0,413		0,413	
0	0	0	0	0,394		0,394	
0	0	0	0	0,590		0,591	
0	0,1	0	0,1	0,665		0,664	
0	0,7	0	0,6	0,553		0,554	
0	0	0	0	0,456		0,456	
0	0	0	0	0,447		0,447	
0,5	0	0,4	0	0,665		0,666	
1,4	0,1	1,2	0,1	0,667		0,669	
1,9	0,9	1,6	0,8	5,221		5,226	
0,164		0,1392		0,522		0,523	

Delay (ms)				Jiter(ms)			
Client 1		Client 2		Client 1		Client 2	
	11,208		11,183		14,423		14,631
	14,624		14,620		17,085		17,526
	14,909		14,893		17,242		17,784
	10,301		10,266		14,192		14,247
	10,306		10,233		13,744		13,841
	9,919		9,928		13,397		13,519
	12,824		12,835		15,493		15,932
	13,732		13,706		16,510		16,667
	10,680		10,554		14,329		14,344
	8,664		8,650		11,940		12,106
	117,1681		116,8667		148,3568		150,5981
11,717		11,687		14,836		15,060	
11,702				14,948			

Pengujian Service Class RTPS dengan Pembebanan 6 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)	
Client 1		Client 2		Client 1	Client 2
0,2	0	0,2	0	0,576	0,576
0,1	0,1	0,1	0,2	0,342	0,341
0,1	0,4	0,1	0,4	0,407	0,407
0	0	0	0	0,611	0,611
0,1	0,1	0,1	0,2	0,664	0,663
0,4	0	0,4	0	0,528	0,528
0,9	0,1	0,7	0,1	0,682	0,683
0,1	0,8	0,1	0,7	0,628	0,629
0,7	0	0,6	0,1	0,622	0,622
0,1	0	0,2	0	0,546	0,546
2,7	1,5	2,5	1,7	5,606	5,606
0,2388		0,2292		0,561	0,561
0,234				0,561	

Delay (ms)		Jiter(ms)	
Client 1	Client 2	Client 1	Client 2
9,763	9,754562	13,277	13,294
14,872	14,89914	17,451	17,704
12,136	12,15285	14,895	15,276
10,757	10,72452	14,335	14,333
10,563	10,61552	14,072	14,275
14,019	14,01505	16,810	17,095
12,089	12,08905	15,361	14,824
6,814	6,839852	10,216	10,325
12,745	12,73824	16,154	16,301
9,750	9,792896	12,915	<b>12,89048</b>
113,5089	113,6217	145,4859	146,3166
11,351	11,362	14,549	14,632
11,357		14,590	

Pengujian Service Class UGS dengan Pembebanan 6 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)			
Client 1		Client 2		Client 1		Client 2	
0	0	0	0	0,475		0,474	
0	0	0,1	0	0,428		0,428	
0,1	0	0	0	0,487		0,487	
0,1	0,1	0,1	0,1	0,588		0,588	
0,2	0,3	0,3	0,1	0,654		0,654	
0	0,6	0	0,6	0,505		0,504	
0	0,1	0	0	0,434		0,434	
0	0,4	0,4	0	0,531		0,531	
1	0,1	0,1	1,1	0,692		0,691	
0,6	0	0,7	0	0,552		0,551	
2	1,6	1,7	1,9	5,346		5,342	
0,1896		0,1752		0,535		0,534	
0,1824				0,534			

Delay (ms)				Jiter(ms)			
Client 1		Client 2		Client 1		Client 2	
	8,266		8,227		11,949		12,266
	13,753		13,826		16,678		17,216
	13,843		13,879		16,662		17,516
	10,707		10,758		13,956		14,647
	9,975		10,052		13,700		14,100
	7,451		7,570		10,672		11,150
	13,309		13,288		16,015		16,357
	14,587		14,532		16,898		17,590
	10,274		10,264		13,002		13,686
	12,315		12,374		15,135		15,661
	114,4799		114,77		144,6659		150,189
11,448		11,477		14,467		15,019	
11,462				14,743			

Pengujian Service Class BE dengan Pembebanan 9 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)	
Client 1		Client 2		Client 1	Client 2
0	0	0	0	0,553	0,553
0	0	0	0	0,428	0,428
0	0	0	0	0,476	0,476
0	0	0	0	0,658	0,658
0	0	0	0	0,460	0,460
0	0	0	0	0,434	0,434
0	0,1	0,1	0	0,549	0,549
1	0	0	0,8	0,751	0,758
0,2	0	0,1	0	0,553	0,553
0,1	0	0,1	0	0,611	0,612
1,3	0,1	0,3	0,8	5,473	5,481
0,094		0,045		0,547	0,548
0,0695				0,548	

Delay (ms)		Jiter(ms)	
Client 1	Client 2	Client 1	Client 2
11,038	11,05266	14,293	14,101
14,049	11,05266	16,504	14,101
14,150	14,11081	16,706	16,650
11,848	11,84745	14,735	14,669
13,385	13,39308	15,768	15,616
14,309	14,29819	17,159	16,547
13,978	14,3622	16,557	16,650
9,286	9,261015	12,114	11,850
11,453	11,362	14,711	14,426
8,871	8,871479	11,206	11,001
122,3677	119,6115	149,7534	145,6104
12,237	11,961	14,975	14,561
12,099		14,768	

Pengujian Service Class NRTPS dengan Pembebanan 9 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)			
Client 1		Client 2		Client 1		Client 2	
0	0	0	0	0,580		0,580	
0	0	0	0	0,334		0,334	
0	0	0	0	0,409		0,409	
0	0	0	0	0,613		0,612	
0	0	0	0	0,699		0,699	
0,4	0	0	0,4	0,565		0,565	
0	0	0	0	0,442		0,442	
0	0	0	0	0,408		0,408	
0	0,2	0,2	0	0,684		0,684	
0	1	0,8	0	0,681		0,682	
0,4	1,2	1	0,4	5,415		5,415	
0,0608		0,0844		0,542		0,542	
0,0726				0,542			

Delay (ms)				Jiter(ms)			
Client 1		Client 2		Client 1		Client 2	
	14,092		14,08549		16,837		16,793
	14,560		14,53436		17,297		17,130
	13,200		13,22439		15,416		15,322
	12,999		13,07522		15,955		15,751
	11,896		11,93894		14,407		14,403
	10,299		10,3262		12,871		13,336
	13,973		13,9726		16,460		16,191
	13,854		13,84286		16,045		15,918
	9,296		0,925797		11,963		19,780
	8,074		8,046037		11,017		10,613
	122,2429		113,9719		148,2679		155,2382
12,224		11,397		14,827		15,524	
11,811				15,175			

Pengujian Service Class RTPS dengan Pembebanan 9 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)	
Client 1		Client 2		Client 1	Client 2
0	0	0	0	0,468	0,468
1,3	0	0	1	0,672	0,673
0	0,4	0	0,3	0,597	0,598
0,1	0	0,1	0	0,545	0,545
0	0	0	0	0,466	0,465
0	0,1	0	0,1	0,717	0,717
0	0,1	0	0,1	0,717	0,717
0,2	0	0,2	0	0,931	0,932
0	0	0	0	0,477	0,477
0	0	0	0	0,728	0,727
1,6	0,6	0,3	1,5	6,318	6,319
0,134		0,0612		0,632	0,632
0,0976				0,632	

Delay (ms)		Jiter(ms)	
Client 1	Client 2	Client 1	Client 2
11,573	8,497	11,073	11,390
14,410	11,678	13,824	14,363
15,818	13,516	15,076	15,930
14,516	10,468	13,606	14,296
14,953	11,944	14,551	14,952
12,747	10,166	12,189	12,667
12,747	10,166	12,325	12,667
11,353	7,927	10,522	11,214
16,110	12,775	15,639	16,324
15,305	11,650	14,430	14,956
139,5312	108,7863	133,2359	138,759
13,953	10,879	13,324	13,876
12,416		13,600	

Pengujian Service Class UGS dengan Pembebanan 9 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)	
Client 1		Client 2		Client 1	Client 2
0	0	0	0	0,418	0,418
0	0	0	0	0,432	0,432
0	0	0	0	0,462	0,461
0,1	0,1	0,1	0,2	0,564	0,564
0,3	0,2	0,2	0,2	0,648	0,648
0,9	0,2	0,2	0,8	0,516	0,517
0	0,2	0	0,2	0,443	0,443
0,4	0,8	0,7	0,4	0,745	0,745
0	0	0	0	0,699	0,699
0,2	0,8	0,8	0,2	0,614	0,614
1,9	2,3	2	2	5,541	5,541
0,2004		0,2		0,554	0,554
0,2002				0,554	

Delay (ms)		Jiter(ms)	
Client 1	Client 2	Client 1	Client 2
13,901	10,242	13,668	13,985
17,116	14,425	16,341	16,879
16,612	14,199	15,652	16,506
14,068	10,887	13,374	14,064
15,635	12,594	15,330	15,730
15,684	12,429	14,996	15,474
15,357	12,018	14,802	15,144
13,408	9,836	12,621	13,313
11,896	11,939	14,407	14,403
15,263	12,409	14,750	15,276
148,9408	120,9783	145,9386	150,774
14,894	12,098	14,594	15,077
13,496		14,836	

Pegujian Service Class BE dengan Pembebanan 10 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)	
Client 1		Client 2		Client 1	Client 2
0	0	0	0	0,419	0,419
0	0	0	0	0,411	0,411
0	0	0	0	0,389	0,389
0	0	0	0	0,609	0,609
0	0	0	0	0,709	0,709
0	0,6	0	0,5	0,546	0,546
0	0	0	0	0,476	0,476
0	0	0	0	0,411	0,411
0	0,3	0	0,3	0,740	0,741
0,3	0	0,2	0	0,540	0,540
0,3	0,9	0,2	0,8	5,250	5,251
0,0456		0,0356		0,525	0,525
0,0406				0,525	

Delay (ms)		Jiter(ms)	
Client 1	Client 2	Client 1	Client 2
10,513	10,513	13,991	13,991
14,843	14,843	16,945	16,945
13,064	13,064	15,542	15,542
10,927	10,927	14,269	14,269
11,722	11,722	14,952	14,952
15,139	15,139	17,174	17,174
11,518	11,518	14,494	14,494
12,235	12,235	15,733	15,733
12,313	12,313	15,667	15,667
13,217	13,217	16,131	16,131
125,489	125,489	154,899	154,899
0,000	0,000	0,000	0,000
0,000		0,000	



Pengujian Service Class NRTPS dengan Pembebanan 10 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)	
Client 1		Client 2		Client 1	Client 2
0	0	0	0	0,571	0,571
0	0,2	0,1	0	0,589	0,589
0	0	0	0	0,800	0,800
0,1	0	0,1	0	0,555	0,555
0	0	0	0	0,428	0,428
0	0	0	0	0,501	0,505
0,2	0	0	0,2	0,521	0,521
0	0,1	0	0,1	0,848	0,848
0,2	0	0,1	0	0,731	0,731
0,1	0	0,1	0	0,601	0,601
0,6	0,3	0,4	0,3	6,145	6,149
0,0522		0,0374		0,615	0,615
0,0448				0,615	

Delay (ms)		Jiter(ms)	
Client 1	Client 2	Client 1	Client 2
10,269	10,269	13,427	13,427
15,026	15,026	16,984	16,984
12,230	12,230	14,722	14,722
11,201	11,201	13,855	13,855
13,853	13,853	15,789	15,789
13,578	13,578	15,568	15,568
11,179	11,179	13,421	13,421
10,033	10,033	12,892	12,892
8,162	8,162	11,027	11,027
10,220	10,220	13,000	13,000
115,752	115,752	140,685	140,685
0,000	0,000	0,000	0,000
0,000		0,000	

Pengujian Service Class RTPS dengan Pembebanan 10 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)	
Client 1		Client 2		Client 1	Client 2
0	0	0	0	0,412	0,412
0	0	0	0	0,426	0,426
0	0	0	0	0,574	0,574
0	0	0	0	0,578	0,578
0,4	0	0	0,4	0,614	0,614
0	0	0	0	0,419	0,419
0,1	0	0,1	0,1	0,544	0,544
0	0,2	0,2	0	0,724	0,723
0	0,1	0	0,1	0,925	0,925
0	0,2	0	0,2	0,572	0,572
0,5	0,5	0,3	0,8	5,788	5,787
0,05		0,043		0,579	0,579
0,0465				0,579	

Delay (ms)				Jiter(ms)	
Client 1		Client 2		Client 1	Client 2
	9,527		9,527	12,693	12,693
	13,920		13,920	16,447	16,447
	13,033		13,033	15,863	15,863
	13,890		13,890	16,335	16,335
	9,521		9,521	12,281	12,281
	14,744		14,744	17,464	17,464
	11,763		11,763	14,578	14,578
	12,831		12,831	15,220	15,220
	9,553		9,553	12,202	12,202
	10,325		10,325	13,113	13,113
0,000	119,106		119,106	146,196	146,196
0,000		0,000		0,000	0,000
0,000				0,000	

Pengujian Service Class UGS dengan Pembebanan 10 Mbps

Packet Loss (%)				Troughput(Mbps)	
Client 1		Client 2		Client 1	Client 2
0	0	0	0	0,510	0,510
0	0	0	0	0,380	0,380
0	0,2	0,2	0	0,639	0,639
0,2	0	0	0,1	0,992	0,993
0	0	0	0	0,490	0,490
0	0	0	0	0,503	0,503
0	0	0	0	0,679	0,680
0	0	0	0	0,836	0,836
0	0	0	0	0,564	0,564
0	0	0	0	0,476	0,476
0,2	0,2	0,2	0,1	6,069	6,071
0,02		0,0174		0,607	0,607
0,0187				0,607	

Delay (ms)		Jiter(ms)	
Client 1	Client 2	Client 1	Client 2
12,815	12,815	15,145	15,145
14,415	14,415	16,710	16,710
9,929	9,929	12,770	12,770
10,897	10,897	14,183	14,183
12,491	12,491	15,347	15,347
11,285	11,285	14,022	14,022
10,563	10,563	13,557	13,557
8,537	8,537	11,362	11,362
11,238	11,238	13,799	13,799
11,974	11,974	14,043	14,043
114,147	114,147	140,939	140,939
0,000		0,000	
0,000		0,000	

## LAMPIRAN B - Data Pengujian *Video on Demand IPTV*

best effort, 0 Mbps

	<b>delay (ms)</b>	<b>jitter (ms)</b>	<b>packetloss (%)</b>	<b>throughput (Mbps)</b>
1	3,724	7,013	0,000	3,039
2	3,892	7,347	0,000	2,914
3	3,942	7,431	0,000	2,880
4	3,789	7,133	0,000	2,996
5	3,831	7,222	0,000	2,963
6	3,955	7,473	0,000	2,870
7	3,901	7,362	0,000	2,910
8	3,936	7,432	0,000	2,885
9	3,881	7,315	0,000	2,927
10	3,889	7,332	0,000	2,920
	<b>3,874</b>	<b>7,306</b>	<b>0,000</b>	<b>2,930</b>

real time polling service, 0 Mbps

	<b>delay (ms)</b>	<b>jitter (ms)</b>	<b>packetloss (%)</b>	<b>throughput (Mbps)</b>
1	2,980	5,472	0,000	3,796
2	2,999	5,523	0,000	3,778
3	3,004	5,538	0,000	3,772
4	3,029	5,580	0,000	3,762
5	2,942	5,417	0,000	3,829
6	2,979	5,496	0,000	3,860
7	2,836	5,228	0,000	4,023
8	2,837	5,227	0,000	3,973
9	2,917	5,368	0,000	3,885
10	2,949	5,426	0,000	3,862
	<b>2,947</b>	<b>5,427</b>	<b>0,000</b>	<b>3,854</b>

non real time polling service, 0 Mbps

	<b>delay (ms)</b>	<b>jitter (ms)</b>	<b>packetloss (%)</b>	<b>throughput (Mbps)</b>
1	3,594	6,760	0,000	3,152
2	3,283	6,160	0,000	3,460
3	3,530	6,625	0,000	3,212
4	3,471	6,536	0,000	3,258
5	3,628	6,804	0,000	3,122
6	3,515	6,593	0,000	3,210
7	3,331	6,257	0,000	3,412
8	3,545	6,650	0,000	3,186
9	3,614	6,789	0,000	3,138
10	3,339	6,311	0,000	3,361
	<b>3,485</b>	<b>6,548</b>	<b>0,000</b>	<b>3,251</b>

unsolicited grand service, 0 Mbps

	<b>delay (ms)</b>	<b>jitter (ms)</b>	<b>packetloss (%)</b>	<b>throughput (Mbps)</b>
1	3,827	7,219	0,000	2,965
2	4,075	7,677	0,000	2,785
3	4,006	7,553	0,000	2,834
4	4,054	7,656	0,000	2,800
5	3,932	7,408	0,000	2,887
6	3,802	7,167	0,000	2,986
7	3,457	6,509	0,000	3,274
8	3,571	6,729	0,000	3,189
9	3,556	6,686	0,000	3,205
10	3,623	6,803	0,000	3,120
	<b>3,790</b>	<b>7,141</b>	<b>0,000</b>	<b>3,005</b>

best effort, 6 Mbps

	<b>delay (ms)</b>	<b>jitter (ms)</b>	<b>packetloss (%)</b>	<b>throughput (Mbps)</b>
1	4,633	8,807	0,000	2,450
2	4,617	8,752	0,000	2,458
3	4,567	8,671	0,000	2,485
4	4,210	7,999	0,000	2,697
5	4,643	8,824	0,000	2,444
6	4,494	8,524	0,000	2,522
7	4,313	8,187	0,000	2,631
8	4,586	8,726	0,000	2,475
9	4,681	8,893	0,000	2,425
10	4,437	8,426	0,000	2,559
	<b>4,518</b>	<b>8,581</b>	<b>0,000</b>	<b>2,515</b>

real time polling service, 6 Mbps

	<b>delay (ms)</b>	<b>jitter (ms)</b>	<b>packetloss (%)</b>	<b>throughput (Mbps)</b>
1	3,617	6,796	0,000	3,140
2	3,453	6,466	0,000	3,294
3	3,624	6,794	0,000	3,130
4	3,498	6,546	0,000	3,220
5	3,353	6,271	0,000	3,391
6	3,391	6,362	0,000	3,358
7	3,319	6,234	0,000	3,377
8	3,507	6,546	0,000	3,227
9	3,505	6,539	0,000	3,232
10	3,557	6,674	0,000	3,206
	<b>3,482</b>	<b>6,523</b>	<b>0,000</b>	<b>3,258</b>

non real time polling service, 6 Mbps

	<b>delay (ms)</b>	<b>jitter (ms)</b>	<b>packetloss (%)</b>	<b>throughput (Mbps)</b>
1	4,716	8,974	0,000	2,683
2	4,560	8,661	0,000	2,712
3	4,359	8,300	0,000	2,748
4	4,732	9,018	0,000	2,988
5	4,647	8,855	0,000	2,791
6	4,658	8,858	0,000	2,790
7	4,472	8,504	0,000	2,925
8	4,510	8,561	0,000	2,775
9	4,722	8,991	0,000	2,751
10	3,791	7,219	0,000	2,840
	<b>4,517</b>	<b>8,594</b>	<b>0,000</b>	<b>2,800</b>

unsolicited grand service, 6 Mbps

	<b>delay (ms)</b>	<b>jitter (ms)</b>	<b>packetloss (%)</b>	<b>throughput (Mbps)</b>
1	4,491	8,516	0,000	2,406
2	4,575	8,666	0,000	2,489
3	4,673	8,866	0,000	2,605
4	4,627	8,788	0,000	2,399
5	4,581	8,673	0,000	2,433
6	4,571	8,665	0,000	2,436
7	4,564	8,651	0,000	2,538
8	4,585	8,688	0,000	2,517
9	4,542	8,620	0,000	2,403
10	4,330	8,204	0,000	2,474
	<b>4,554</b>	<b>8,634</b>	<b>0,000</b>	<b>2,470</b>

best effort, 10 Mbps

	<b>delay (ms)</b>	<b>jitter (ms)</b>	<b>packetloss (%)</b>	<b>throughput (Mbps)</b>
1	7,219	13,924	0,002	1,573
2	7,383	14,224	0,071	1,538
3	7,499	14,348	0,036	1,515
4	7,288	14,010	0,001	1,558
5	7,491	14,291	0,002	1,516
6	7,383	14,166	0,003	1,537
7	7,318	14,080	0,002	1,552
8	7,489	14,394	0,002	1,516
9	7,566	14,523	0,003	1,499
10	7,367	14,133	0,029	1,499
	<b>7,400</b>	<b>14,209</b>	<b>0,015</b>	<b>1,530</b>

real time polling service, 10 Mbps

	<b>delay (ms)</b>	<b>jitter (ms)</b>	<b>packetloss (%)</b>	<b>throughput (Mbps)</b>
1	4,234	8,155	0,028	2,524
2	4,186	8,035	0,035	2,482
3	4,128	7,921	0,001	2,430
4	3,810	7,389	0,001	2,453
5	4,068	7,852	0,002	2,479
6	4,071	7,847	0,028	2,483
7	3,883	7,538	0,002	2,482
8	4,091	7,888	0,001	2,475
9	4,128	7,970	0,005	2,499
10	3,999	7,707	0,042	2,621
	<b>4,060</b>	<b>7,830</b>	<b>0,015</b>	<b>2,493</b>



non real time polling service, 10 Mbps

	<b>delay (ms)</b>	<b>jitter (ms)</b>	<b>packetloss (%)</b>	<b>throughput (Mbps)</b>
1	7,320	14,018	0,076	1,550
2	7,294	13,925	0,162	1,557
3	7,379	14,213	0,109	1,538
4	7,343	14,112	0,040	1,546
5	4,318	8,064	0,073	1,544
6	7,396	14,142	0,085	1,533
7	7,362	14,163	0,044	1,542
8	7,286	13,945	0,093	1,557
9	7,609	14,454	0,088	1,493
10	7,358	14,169	0,077	1,543
	<b>7,066</b>	<b>13,520</b>	<b>0,085</b>	<b>1,540</b>

unsolicited grand service, 10 Mbps

	<b>delay (ms)</b>	<b>jitter (ms)</b>	<b>packetloss (%)</b>	<b>throughput (Mbps)</b>
1	4,590	8,653	0,000	2,473
2	4,712	8,900	0,000	2,409
3	4,627	8,733	0,000	2,454
4	4,645	8,777	0,000	2,444
5	4,768	8,997	0,000	2,381
6	4,659	8,793	0,000	2,437
7	4,714	8,917	0,000	2,408
8	4,726	8,892	0,000	2,403
9	4,612	8,691	0,000	2,461
10	4,679	8,855	0,000	2,425
	<b>4,673</b>	<b>8,821</b>	<b>0,000</b>	<b>2,430</b>