

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Umum

Pada bab ini akan dilakukan pembahasan analisis dan hasil terhadap *QoS* layanan *Video On Demand* (VoD) pada jaringan *Testbed WiMAX* standar IEEE 802.16d. Terdapat beberapa tahap pembahasan analisis yang dilakukan, antara lain :

1. Konfigurasi jaringan *Testbed WiMAX* standar IEEE 802.16d antara *user* dengan *server*.
2. Melakukan analisis perhitungan data sekunder maupun pengamatan data primer yang meliputi parameter *Delay*, *packet loss*, dan *Throughput* dengan variasi *Service Class* dan pembebanan trafik.
3. Membandingkan data primer dan data sekunder hasil perhitungan secara teori sesuai dengan standar ITU-T.

#### 4.2 Konfigurasi Jaringan *Testbed WiMAX* IEEE 802.16d

Pembahasan dilakukan terkait dengan konfigurasi jaringan *Testbed WiMAX* IEEE 802.16d pada Laboratorium Telekomunikasi Universitas Brawijaya. Tahapan konfigurasi sistem jaringan yang digunakan meliputi: perancangan blok diagram, instalasi perangkat keras maupun perangkat lunak pada sisi *user* dan *server*, pengujian koneksi antara *user* dan *server*, dan pengujian layanan VoD.

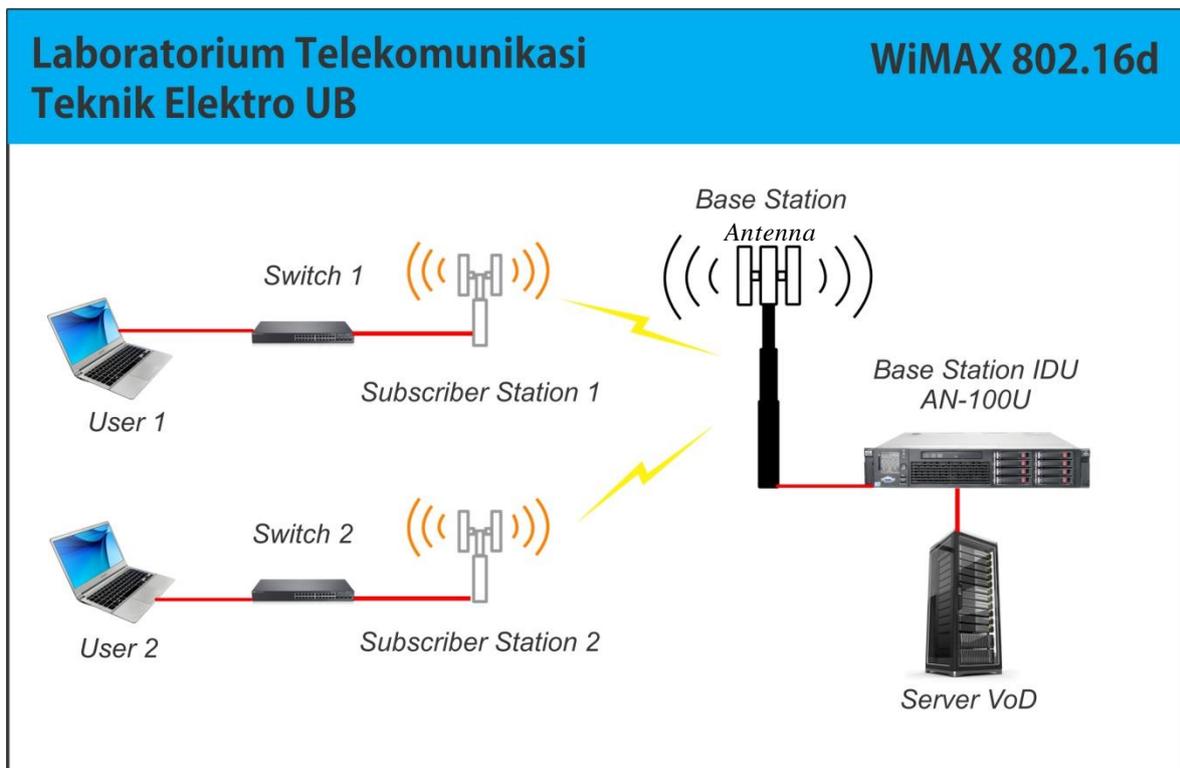
##### 4.2.1 Perancangan Blok Diagram

Konfigurasi perangkat jaringan *Testbed WiMAX* IEEE 802.16d dilakukan pada Laboratorium Telekomunikasi Universitas Brawijaya dengan luas ruangan 100 m<sup>2</sup>. Perangkat yang digunakan pada sisi server adalah *RedMAX Base Station* (BS) sebagai *transceiver* dengan frekuensi kerja 3,5 GHz sedangkan perangkat pada sisi *user* digunakan *RedMAX Subscriber Station* (SS) dengan menggunakan topologi *Point to Multipoint*..

Dalam penelitian ini, level daya pancar pada *Base Station* diatur sebesar 12 dBm dan lebar kanal radio diatur sebesar 3,5 MHz dalam transmisi layanan yang diatur. Modulasi yang digunakan dalam perangkat *RedMAX Base Station* (BS) diatur pada 64QAM. Kapasitas transmisi data antara BS dan SS diatur sebesar 9 Mbps dengan *ratio*

*Downlink* sebesar 70% dan *Uplink* 30%. Untuk mengamati kualitas *QoS* layanan VoD, maka akan dilakukan variasi metode *scheduling* dan pembebanan trafik dari *server* menuju *user* sebesar 0 Mbps, 3 Mbps, 6 Mbps, dan 9Mbps.

Pada blok diagram sistem jaringan yang ditunjukkan Gambar 4.1 terdiri tiga bagian utama yaitu *server*, jaringan *Testbed WiMAX IEEE 802.16d*, dan *user*. *Server* berfungsi sebagai penyedia layanan VoD dan penyimpanan *file* yang berkaitan dengan layanan VoD. Kemudian jaringan *Testbed WiMAX IEEE 802.16d* berfungsi sebagai media sambungan komunikasi data antara *server* dan *user*. *User* pada sistem ini memiliki fungsi sebagai pengguna layanan VoD.



Gambar 4.1 Diagram Blok Konfigurasi Jaringan *Testbed WiMAX*

(Sumber : Perancangan)

Fungsi dari masing-masing komponen yang terdapat pada Gambar 4.1 akan diuraikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1

## Kegunaan Perangkat Keras

No.	Jenis Perangkat Keras	Fungsi
1.	PC Server	Penyedia layanan (VoD)
2.	Switch	Konfigurator jaringan
3.	Kabel UTP	Menghubungkan perangkat dengan konektor RJ-45
4.	Laptop (User)	Menerima <i>files</i> dan menjalankan layanan VoD
5.	Base Station (BS)	Menghubungkan <i>Subscriber Station (SS)</i> dengan <i>transport site</i>
6.	Subscriber Station (SS)	Menerima data dari <i>Base Station (BS)</i> selanjutnya akan terhubung dengan <i>user</i> .

Dalam penelitian ini akan digunakan beberapa perangkat dengan spesifikasi tertentu agar sistem dapat berjalan dengan baik. Berikut merupakan spesifikasi yang digunakan :

## a. PC Server

Acer Aspire merupakan merk laptop yang digunakan sebagai PC server dengan model seri M5-481TG. Spesifikasi laptop Acer Aspire M5-481TG dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2

## Spesifikasi PC server Acer Aspire M5-481TG

Spesifikasi	Keterangan
Processor	Intel Core i5® Quad Core ® i5-3317U (1.70GHz/4-core)
RAM	4GB (1×4GB)
Kapasitas Hard Disk	1×250GB Serial ATA
Operating System	Windows 10 Home 64-bit
NIC	10 Gb/detik (1buah)
VGA	NVIDIA GeForce GT 640M LE - 1 GB 16 bit color: maximum resolution of 1920×1200 32 bit color: maximum resolution of 1280×1024
Sound Card	Acer 3DSonic stereo speakers, microphone
Port USB	3 buah port

b. *Switch*

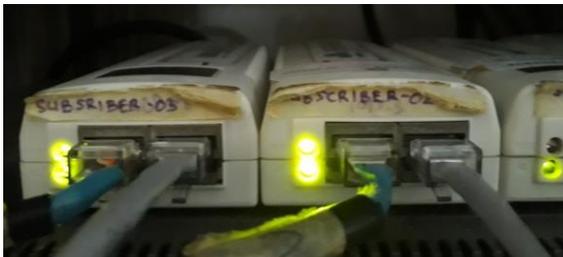
*Switch* merupakan perangkat yang menghubungkan dan menerima informasi *dari* suatu segmen jaringan. *Switch* yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.2 sedangkan spesifikasinya ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3

Spesifikasi *Switch*

Spesifikasi	Keterangan
LAN Ports	2
Type	<i>Unmanageable Switch</i>

(Sumber: Perancangan)



Gambar 4.2 *Switch*

(Sumber: Perancangan)

c. Kabel UTP (*Untwisted Pair*)

Kabel UTP yang digunakan memiliki tipe *cross* dengan merk BELDEN Cat 5, kabel ini berfungsi sebagai penghubung perangkat SS ke *user*. Spesifikasi kabel UTP ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4

Spesifikasi Kabel UTP

Spesifikasi	Keterangan
Panjang	80 m
<i>Impedansi Karakteristik</i>	100 Ohm +/- 15%
<i>Kecepatan Propagasi</i>	0.64c
<i>Delay Propagasi</i>	4.8-5.3 ns/m
Kapasitansi, Induktansi	52 pF/m, 525 nH/m
Diameter Kabel	0.51054 mm
Temperatur Kerja	-55 <sup>0</sup> C ~ 60 <sup>0</sup> C

d. *Base Station (BS)*

*Base Station (BS)* berfungsi untuk memfasilitasi komunikasi antara *user* dengan *server* dan pengadaan layanan yang diberikan oleh *server*. Dalam penelitian ini, BS terdiri dari dua buah perangkat yaitu antena sektoral 90° dan IDU AN100U yang ditunjukkan Gambar 4.3 dan Gambar 4.4. Sedangkan spesifikasi *Base Station (BS)* yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 4.5.



Gambar 4.3 Antena Pemancar *Base Station (BS)*

Sumber : perancangan



Gambar 4.4 IDU AN100U pada *Base Station (BS)*

Sumber : perancangan

Tabel 4.5

Spesifikasi *Base Station* (BS) RedMAX

Spesifikasi	Keterangan
<i>System Capbility</i>	<i>Line-of-Sight</i> (LOS), <i>non LOS</i>
<i>RF Band</i>	3,5 GHz
<i>Channel Size</i>	3,5 MHz
<i>Sector Capacity</i>	9 Mbps (3,5 MHz <i>channel size</i> )
<i>Modulation</i>	64 QAM
<i>Antenna Gain</i>	17,5 dB
<i>Tx Power</i>	-12 dBm (LOS)
<i>Range</i>	1 km
<i>Operating Temperature</i>	IDU: 0 °C to 40 °C (32 °F to 104 °F) ODU: -40 °C to 60 °C (-40 °F to 140 °F)

e. *Subscriber Station* (SS)

*Subscriber Station* merupakan perangkat *tranceiver* yang tersambung dengan *user*. Dalam penelitian ini, SS yang digunakan sejumlah 2 unit dengan merk *Redline* dan diletakkan sejauh 10 meter dari BS. Spesifikasi SS yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Gambar 4.5 *Subscriber Station Receiver*

Sumber : perancangan

Tabel 4.6

Spesifikasi *Subscriber Station* (SS) RedMAX

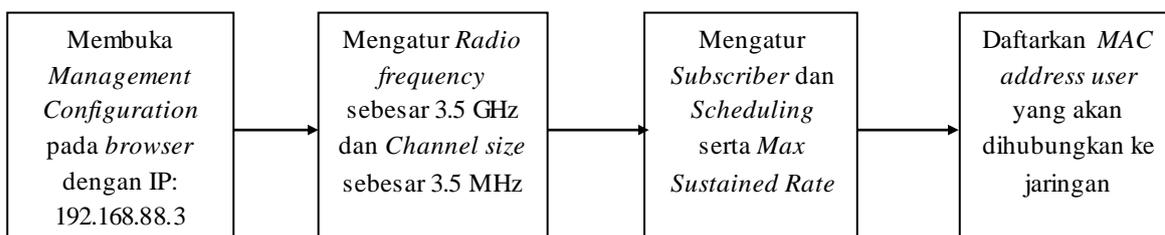
Spesifikasi	Keterangan
<i>System Capability</i>	<i>Line-of-Sight</i> (LOS), <i>non</i> LOS
<i>RF Band</i>	3,5 GHz
<i>Modulation</i>	64 QAM
<i>Channel Size</i>	3,5 MHz
<i>Range</i>	1 km
<i>Operating Temperature</i>	40°C to +60°C (-40°F to +140 °F)

#### 4.2.2 Pengaturan Perangkat

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah instalasi dan pengaturan perangkat pada. Pengaturan perangkat akan dilakukan sesuai dengan diagram blok konfigurasi sehingga dapat berfungsi sesuai yang diinginkan. Pengaturan perangkat meliputi perangkat lunak (*Software*) dan keras (*Hardware*).

##### 4.2.2.1 Pengaturan Perangkat Pada sisi Server

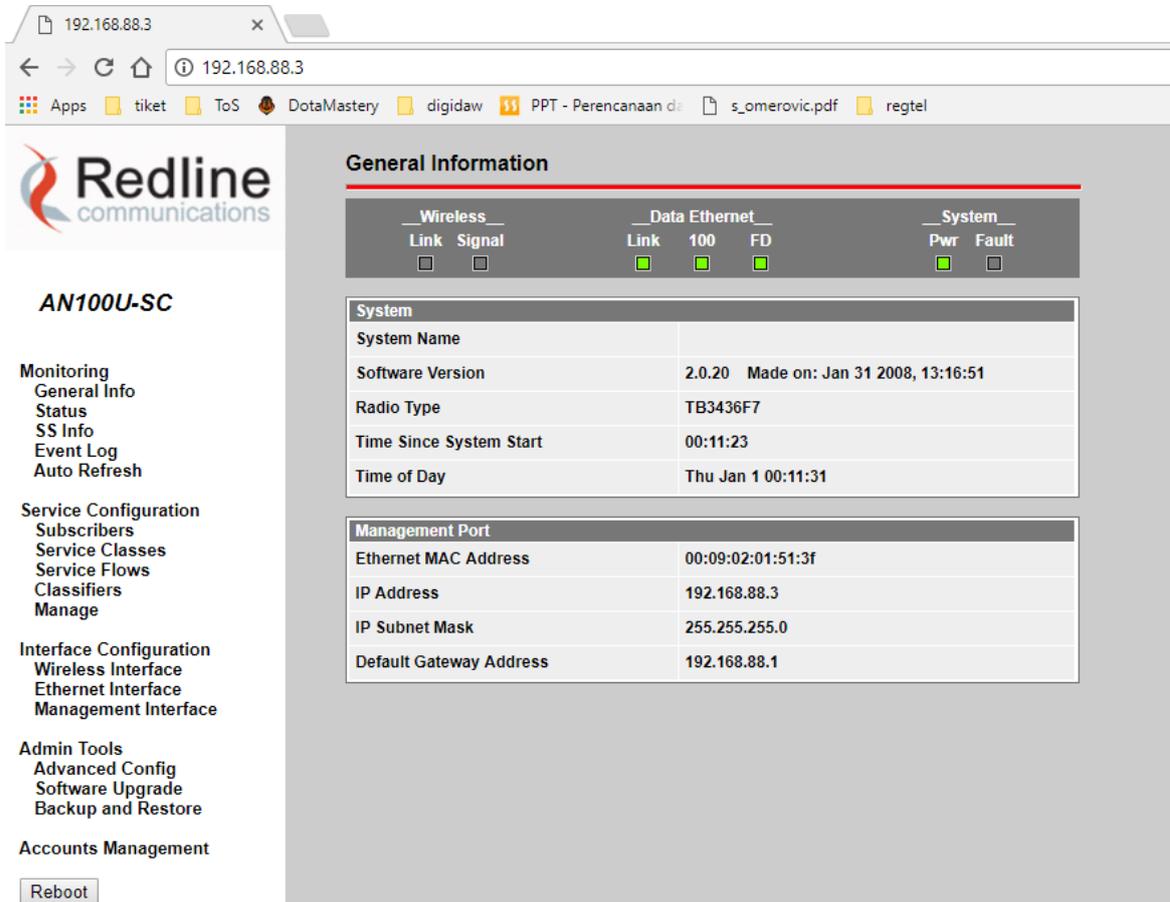
Pada perangkat keras, akan digunakan sebuah laptop sebagai *server*, sebuah antena sektoral 90° dan *IDU AN100U*. Masing-masing perangkat keras akan dihubungkan dengan media fisik berupa kabel UTP.

Gambar 4.6 Alur utama konfigurasi *Base Station*

Sumber : perancangan

Untuk perangkat lunak pada *server*, pengaturan dimulai dengan mengatur parameter pada *software* perangkat BS IDU. Pastikan laptop *server* tersambung dengan BS IDU untuk dapat mengakses *software* pada perangkat BS IDU. Langkah-langkah untuk mengatur BS IDU yaitu :

1. Buka aplikasi *internet browser*, kemudian ketik ip BS IDU 192.168.88.3 pada kolom URL, kemudian operator akan diminta *log in* dengan mengisi *username* dan *password*. Setelah *log in* maka akan muncul tampilan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.7 Tampilan Utama *Software* IDU

Sumber : perancangan

2. Pilih menu *Interface Configuration* lalu pilih *Management Interface*. Kemudian akan muncul tampilan untuk melakukan *setting* pada *Management Interface*. Atur IP Address, Subnet Mask, dan Default Gateway yang ada sesuai dengan Gambar 4.7. Lalu pilih opsi "*SS should use the following DHCP server*". Setelah terisi, dilanjutkan dengan memilih *save*.

The screenshot displays the Redline Communications management interface for device AN100U-SC. The browser address bar shows 192.168.88.3. The left sidebar contains a navigation menu with categories: Monitoring (General Info, Status, SS Info, Event Log, Auto Refresh), Service Configuration (Subscribers, Service Classes, Service Flows, Classifiers, Manage), Interface Configuration (Wireless Interface, Ethernet Interface, Management Interface), Admin Tools (Advanced Config, Software Upgrade, Backup and Restore), and Accounts Management (Reboot). The 'Management Interface' sub-menu is highlighted. The main content area is titled 'Management Configuration' and contains three sections: 'IP Parameters' (with radio buttons for 'Obtain IP Parameters from DHCP Server' and 'Use the following IP Parameters:'), 'DHCP Relay Agent Parameters' (with radio buttons for 'SS's should use the same DHCP Server as SC' and 'SS's should use the following DHCP server:'), and 'VLAN Management' (with a checkbox for 'Enable Management with VLAN tagged traffic'). The 'Use the following IP Parameters:' section is highlighted with a red box and contains fields for IP Address (192.168.88.3), Subnet Mask (255.255.255.0), Default Gateway (192.168.88.1), Time Server (SNTP) (0.0.0.0), Time Zone (0:0), Daylight Savings (unchecked), and Syslog Server (0.0.0.0). The 'SS's should use the following DHCP server:' section is also highlighted with a red box and contains a field for DHCP Server (192.168.88.1). The 'VLAN Management' section has a 'VLAN ID' field set to 0 and a 'Save' button highlighted with a red box. Other buttons include 'Refresh Time', 'Cancel', and 'Default'.

Gambar 4.8 Tampilan submenu Management Interface

Sumber : perancangan

3. Kemudian pilih submenu *Interface Configuration* lalu pilih *Wireless Interface*. Isi parameter yang ada seperti pada Gambar 4.8.

192.168.88.3

192.168.88.3

Apps tiket ToS DotaMastery digidaw PPT - Perencanaan d s\_omerovic.pdf regtel

**Redline**  
communications

**AN100U-SC**

Monitoring  
General Info  
Status  
SS Info  
Event Log  
Auto Refresh

Service Configuration  
Subscribers  
Service Classes  
Service Flows  
Classifiers  
Manage

Interface Configuration  
**Wireless Interface**  
Ethernet Interface  
Management Interface

Admin Tools  
Advanced Config  
Software Upgrade  
Backup and Restore

Accounts Management

Reboot

### Wireless Interface Configuration

RF Parameters	Saved Values	Running Values
* RF DL Channel [KHz]	3550250	
* RF Channel Separation [KHz]	-100000	
Tx Output Power [dBm]	12	
SS Tx Power Control Enable	<input checked="" type="checkbox"/>	
Reference RSS [dBm]	-75	
Auto Rx Gain Enable	<input type="checkbox"/>	

### PHY Parameters

* Band Select [MHz]	Multiple of 1.75MHz
* Channel Size [MHz]	3.5
* Guard Interval	1/16

### MAC Parameters

Frame Profile	
* Frame Duration [ms]	10
DL Ratio [%]	75
* Synchronization Mode	No Synch
* Cell Range [Km]	5

Disable RF Save Cancel Default

\* Fields With Red Star Require System Reset In Order To Apply

Gambar 4.9 Tampilan submenu *Wireless Interface*

Sumber : perancangan

- Setelah mengisi parameter pada *Wireless Interface*, langkah berikutnya adalah mendaftarkan perangkat SS yang akan dihubungkan dengan BS melalui submenu *subscribers*. Pada kolom *Subscriber Mac* isi dengan *Mac Address* perangkat SS pada submenu *SS info*. Sedangkan pada kolom *Subscriber Name* isi sesuai keinginan. Selanjutnya, ubah kolom *Learning Enable* menjadi *Yes*, lalu pilih *Add*.

**Subscribers Configuration**

Subscriber Index	Subscriber Mac	Subscriber Name	Max Hosts Number	Learning Enabled
6	00:09:02:00:09:01	Subscriber	1	Yes
1	00:09:02:03:50:0a	Subscriber3	14	learning
2	00:09:02:04:28:4a	Subscriber4	14	learning
3	00:09:02:04:07:91	Subscriber2	14	learning
4	00:09:02:03:4c:c9	Subscriber1	14	learning
5	00:09:02:04:09:cd	Subscriber5	14	learning

Monitoring  
General Info  
Status  
SS Info  
Event Log  
Auto Refresh

Service Configuration  
**Subscribers**  
Service Classes  
Service Flows  
Classifiers  
Manage

Interface Configuration  
Wireless Interface  
Ethernet Interface  
Management Interface

Admin Tools  
Advanced Config  
Software Upgrade  
Backup and Restore

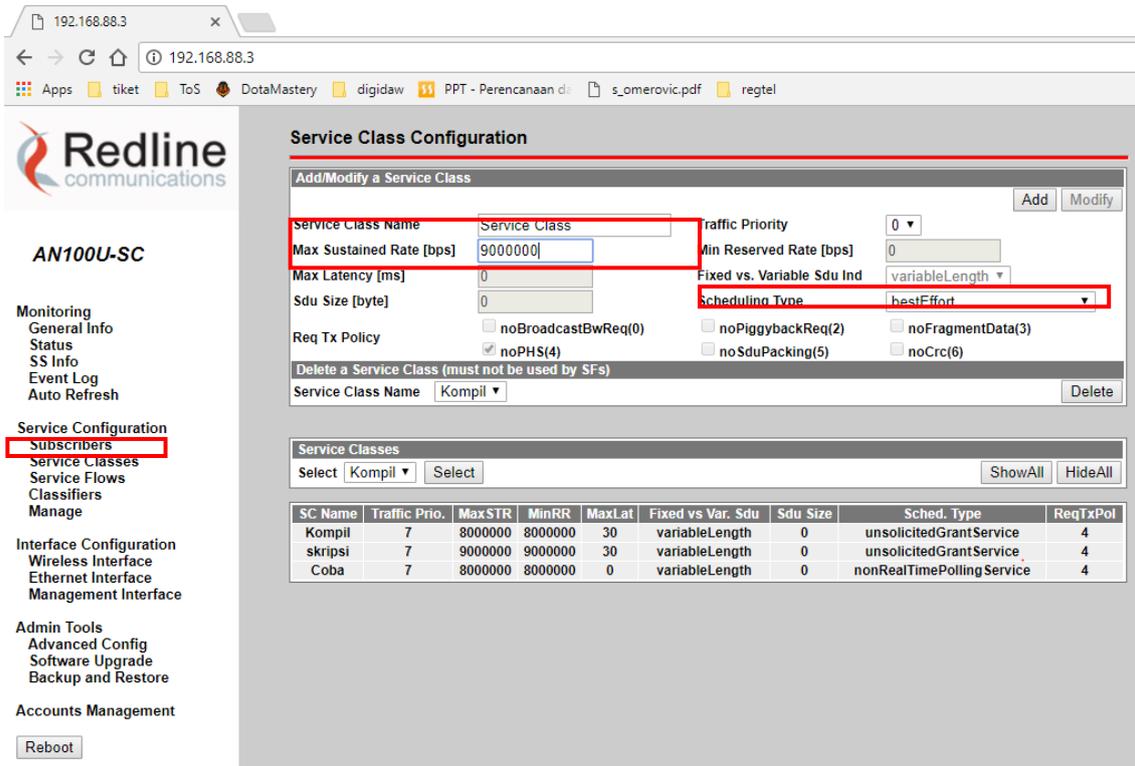
Accounts Management

Reboot

Gambar 4.10 Tampilan *Subscriber* yang telah ditambahkan

Sumber : perancangan

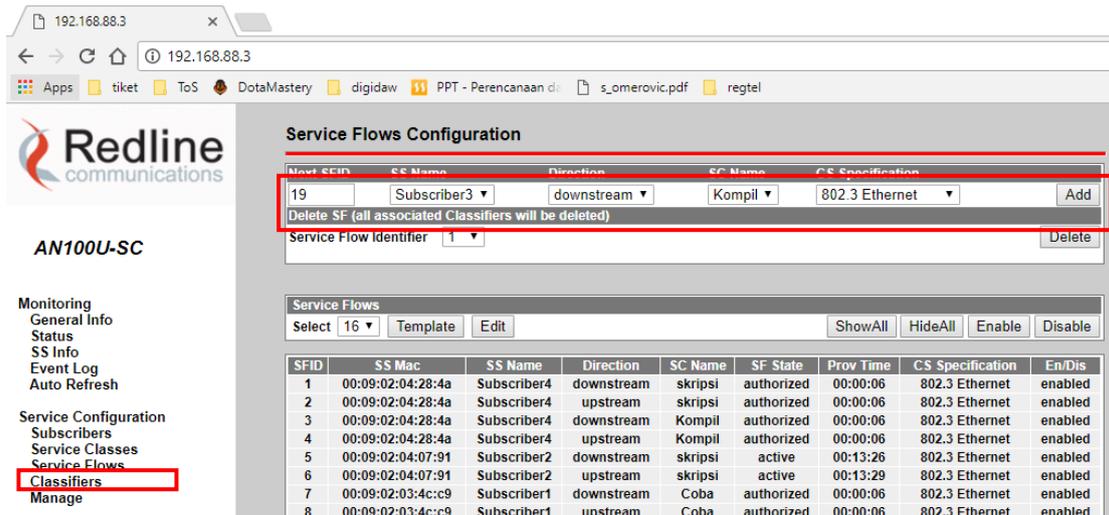
5. Tambah *Schedulling* pada submenu *Schedulling Type* dengan cara mengisi *Schedulling name*, *Max Sustained Rate*, dan *Scheduling Type*. Dalam skripsi ini, *Max Sustained Rate* di isi dengan nilai 9000000 bps sesuai dengan *standard minimum bitrate* untuk layanan VoD. Untuk tampilan pengisian parameter dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.11 Tampilan *Schedulling* yang telah ditambahkan

Sumber : perancangan

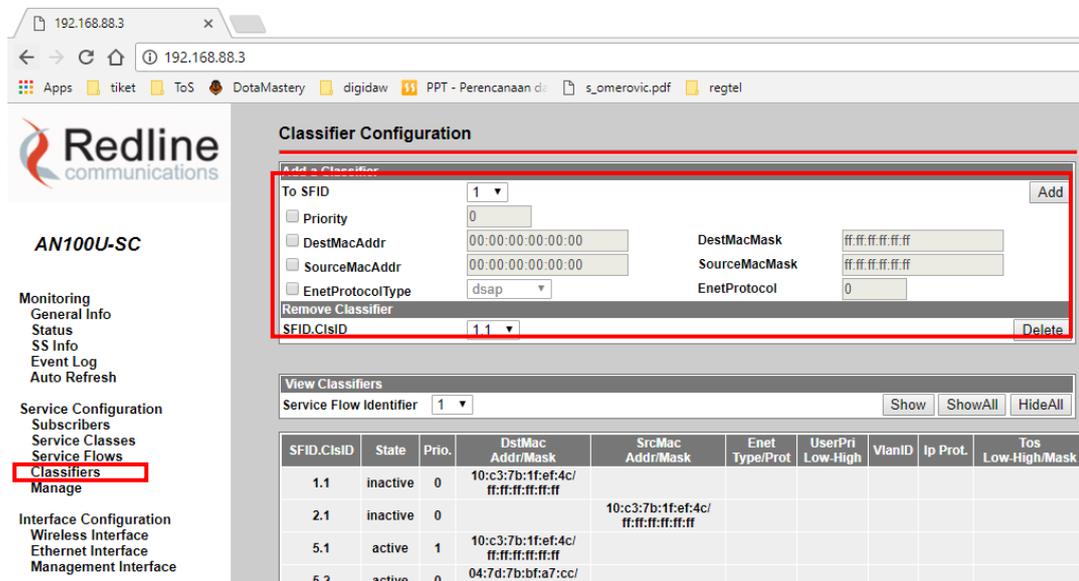
6. Tambahkan *Service Flow* dengan memilih *SS Name*, *Direction*, dan *SC Name* pada menu *Service Flows*. Tiap *subscriber* harus ditambahkan dua *Service Flow* untuk *Upstream* dan *Downstream*.



Gambar 4.12 Tampilan *Service Flow Configuration*

Sumber : perancangan

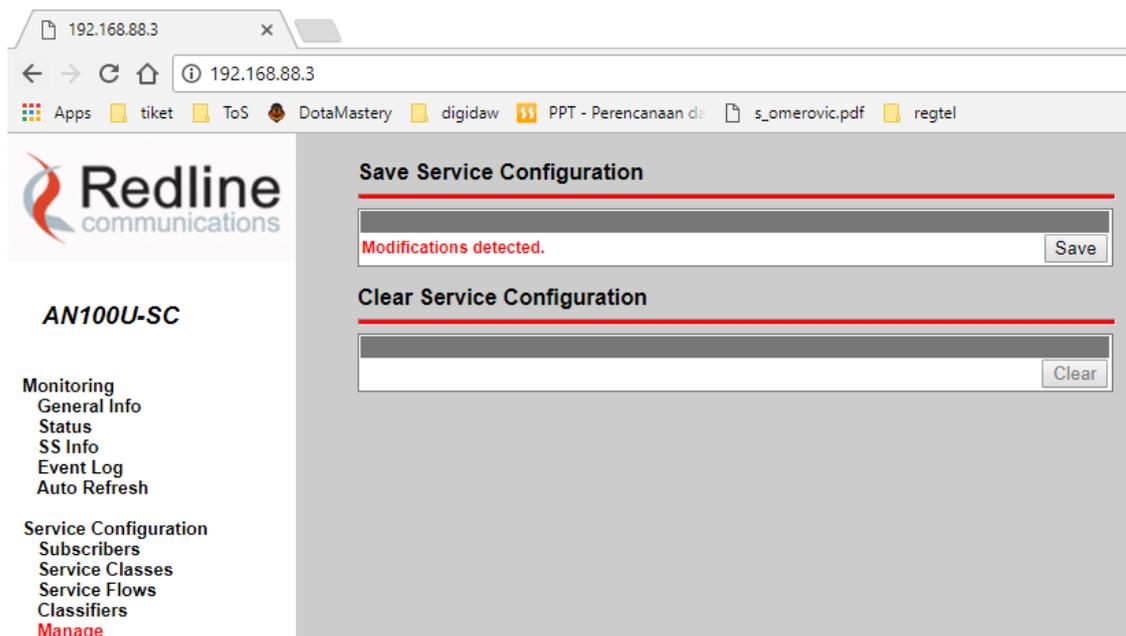
7. Langkah selanjutnya adalah menambahkan *Classifier* dengan memilih *Service Flow ID* (*SFID*) pada menu *Service Configuration Classifier*. Kemudian daftarkan *MAC Address PC Client* yang tersambung pada *Subscriber Service* dengan mengisi *DestMacAdd* sebagai *downlink* dan *SourceMacAdd* sebagai *uplink*. Tampilan *Setting Classifier* dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.13 Tampilan *Classifier Configuration*

Sumber : perancangan

8. Lakukan *Save* pada semua pengaturan yang telah dilakukan pada menu *Manage*. Tampilan dilihat pada Gambar 4.13.



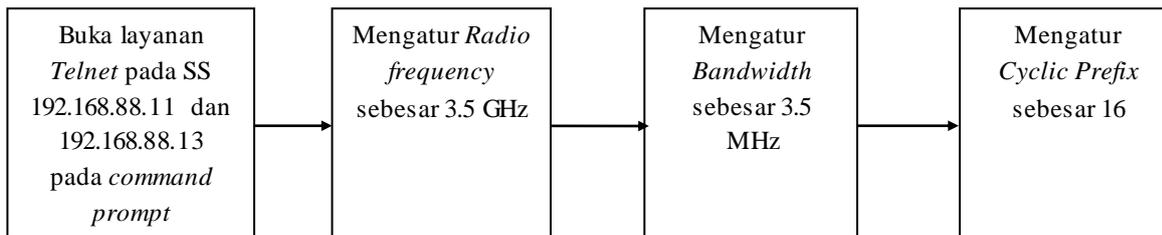
Gambar 4.14 Tampilan *Save Configuration*

Sumber : perancangan

Selain melakukan pengaturan pada software BS IDU, dilakukan pula instalasi sekaligus pengaturan pada laptop *server*. Instalasi yang dilakukan meliputi instalasi *software TFgen* dan *Unreal Media Server*.

#### 4.2.2.2 Pengaturan Perangkat Pada Sisi User

Perangkat keras yang digunakan pada sisi *user* adalah dua buah laptop dan dua buah SS. Masing-masing laptop akan terhubung melalui sebuah *switch* dengan satu SS menggunakan kabel UTP.



Gambar 4.15 Alur utama konfigurasi *Subscriber Station*

Sumber : perancangan

Untuk perangkat lunak, terdapat tiga pada sisi *user* yaitu *software* bawaan SS, *Wireshark*, dan *Unreal Streaming Media Player*. Pengaturan *Software* bawaan pada SS akan diatur dengan melakukan telnet via telnet ip dari SS menggunakan *Command Prompt*. Setelah melakukan *Log In* dengan mengisi *username* dan *password* maka pengaturan akan dilakukan dengan *command* sebagai berikut :

```
SUO#>
```

```
SUO#> set
```

```
SUO(set->)#> rfConfig LoRfFreq1 0
```

```
SUO(set->)#> rfConfig LoRfFreq1 3550250
```

```
SUO(set->)#> rfConfig HiRfFreq1 0
```

```
SUO(set->)#> rfConfig HiRfFreq1 3550250
```

```
SUO(set->)#> phyConfig Bandwidth 3500
```

```
SUO(set->)#> phyConfig CyclicPrefix 16
```

```
SUO(set->)#> ethTag Active 0
```

```
SUO(set->)#> managedSS 0
```

```

C:\ Telnet 192.168.88.13
Password:
admin, welcome to the SS CLI.

TIPS:
- Press '?' immediately after current typings will auto complete the current
parameter or command.
- Press '?' one or more space afterwards will display available parameters or
commands within the current context.
- Enter 'help co' or 'help ed' to learn more about available system commands
or editing hot-keys respectively !

SUO#> set
SUO(set ->)#> rfConfig LoRfFreq1 0
SUO(set ->)#> rfConfig LoRfFreq1 3550250
SUO(set ->)#> rfConfig HiRfFreq1 0
SUO(set ->)#> rfConfig HiRfFreq1 3550250
SUO(set ->)#> phyConfig Bandwidth 3500
SUO(set ->)#> phyConfig CyclicPrefix 16
SUO(set ->)#> ethTag Active 0
SUO(set ->)#> ManagedSS 0
      ^
Error: Bad command
SUO(set ->)#> managedSS 0
SUO(set ->)#>

```

Gambar 4.16 Tampilan *telnet* via *Command Prompt*

Sumber : perancangan

### 4.2.3 Pengujian Koneksi

Untuk mengetahui jaringan *Testbed WiMAX* yang telah di konfigurasi dapat saling berkomunikasi maka dilakukan uji koneksi antara *Server* dengan *User*. Sebelum pengujian dilakukan diperlukan pengaturan IP pada *user*, sehingga rincian semua IP *user* maupun perangkat yang terhubung dengan jaringan ini dapat dilihat dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7

Rincian IP yang terhubung dalam jaringan *Testbed WiMAX*

Perangkat	IP Address
Server	192.168.88.90
Base Station IDU	192.168.88.3
Subscriber Station 1	192.168.88.12
Subscriber Station 2	192.168.88.13
Client 1	192.168.88.100
Client 2	192.168.88.90

Selanjutnya pengujian dilakukan dengan mengirim perintah *ping* melalui *Command Prompt* pada windows dari *user* menuju *server*. Hasil pengujian koneksi dapat dilihat dalam Gambar 4.15.

```

Command Prompt
Microsoft Windows [Version 10.0.15063]
(c) 2017 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Ardyanda Putra>ping 192.168.88.80

Pinging 192.168.88.80 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.88.80: bytes=32 time=20ms TTL=128
Reply from 192.168.88.80: bytes=32 time=26ms TTL=128
Reply from 192.168.88.80: bytes=32 time=21ms TTL=128
Reply from 192.168.88.80: bytes=32 time=23ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.88.80:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 20ms, Maximum = 26ms, Average = 22ms

C:\Users\Ardyanda Putra>ping 192.168.88.100

Pinging 192.168.88.100 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.88.100: bytes=32 time=61ms TTL=128
Reply from 192.168.88.100: bytes=32 time=27ms TTL=128
Reply from 192.168.88.100: bytes=32 time=21ms TTL=128
Reply from 192.168.88.100: bytes=32 time=25ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.88.100:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 21ms, Maximum = 61ms, Average = 33ms

```

Gambar 4.17 Hasil Uji Koneksi Antara *User* dan *Server* Pada Jaringan *Testbed WiMAX*

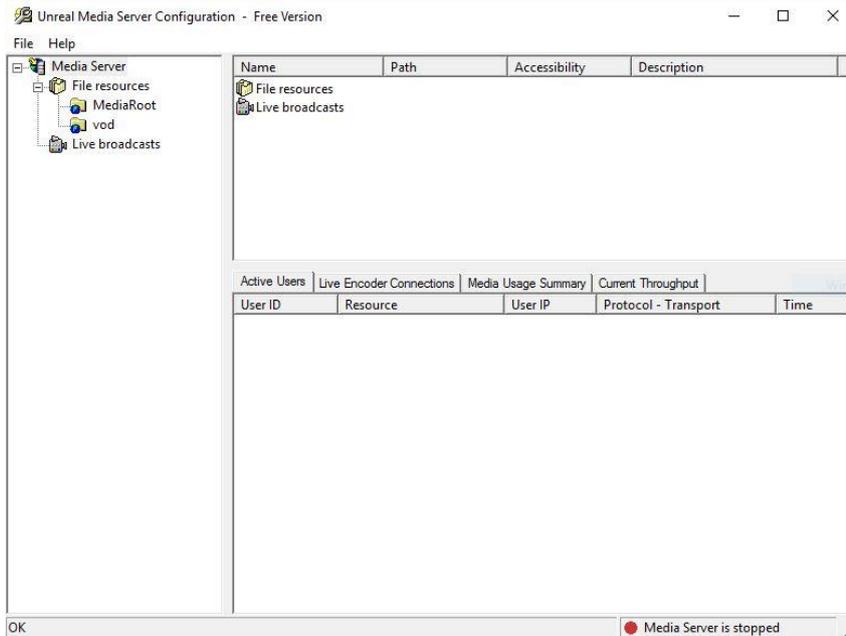
Sumber : perancangan

Gambar 4.15 menunjukkan bahwa hasil uji koneksi telah berhasil dan terhubung. Hal ini dibuktikan oleh *user* yang mampu mengirim ping ke *server* dan di-*reply* oleh *server* tanpa adanya *packet loss*.

#### 4.2.4 Pengujian Layanan VoD

Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah layanan VoD sudah dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan cara melakukan *streaming*, yaitu mengirimkan file *video* dari *server* menuju *user* lalu *user* akan langsung memainkan file tersebut. Langkah-langkah pengujian layanan VoD yang dilakukan adalah sebagai berikut :

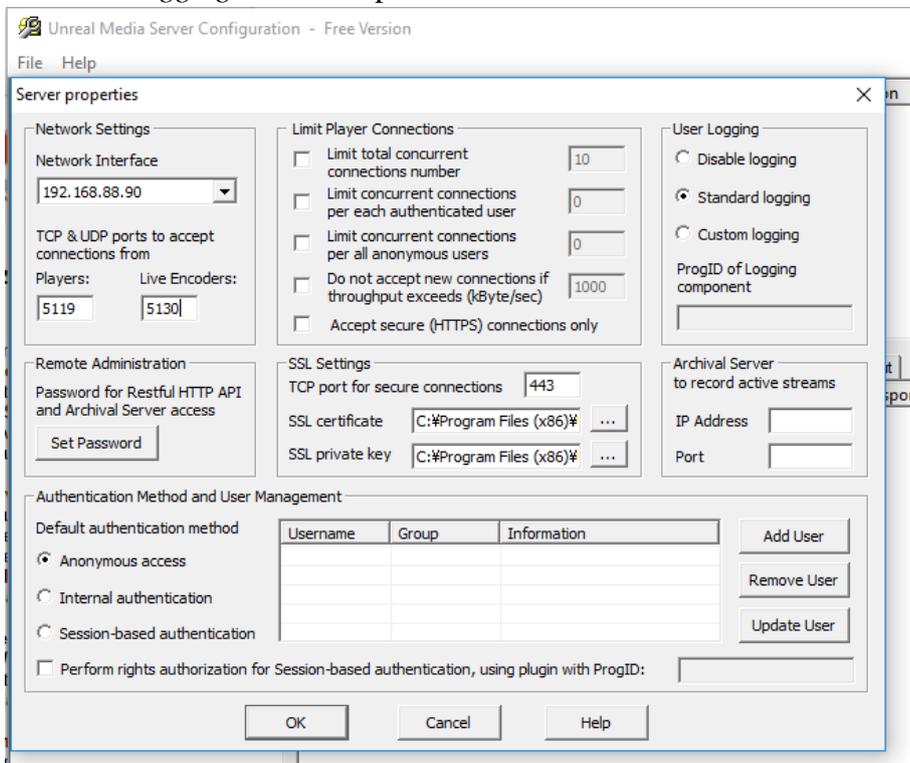
- a. Menghubungkan laptop *user* dengan perangkat *switch* yang terhubung dengan SS.
- b. Melakukan konfigurasi aplikasi *Unreal Media Server* pada *server* sebagai berikut :
  1. Buka aplikasi *Unreal Media Server*
  2. Klik kanan pada *File* lalu pilih *Properties*



Gambar 4.18 Tampilan *Unreal Media Server*

Sumber : perancangan

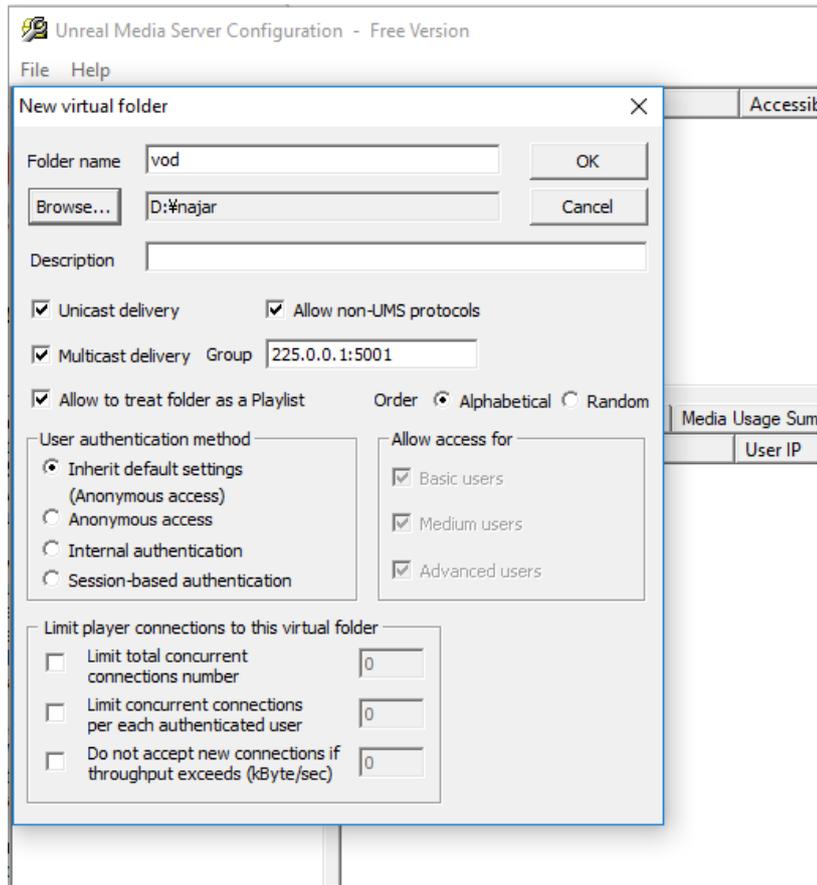
3. Pada Jendela *Server Properties*, atur IP Broadcast pada *Network Interface* dengan IP pada *server* yaitu 192.168.88.90. Kemudian atur *port firewall* pada *Players* dan *Live Servers*. Atur *User Logging* pada pengaturan *default* yaitu *Standar Logging* kemudian pilih *OK*.



Gambar 4.19 Tampilan pada *Server Properties*

Sumber : perancangan

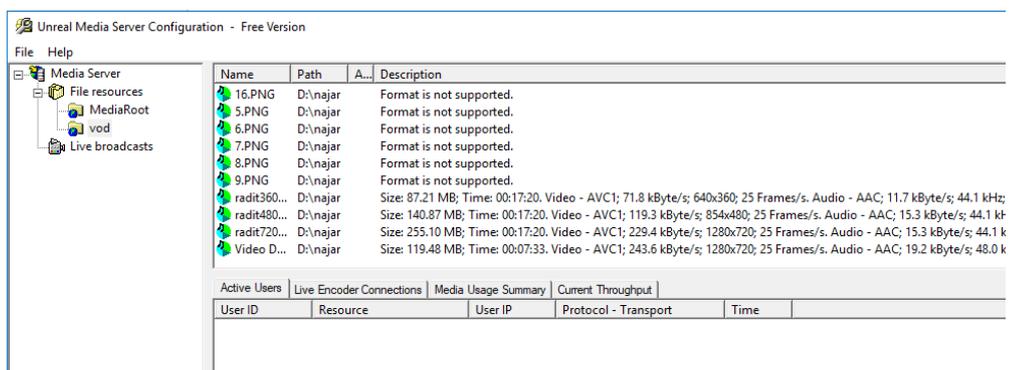
4. Kembali ke tampilan awal lalu klik kanan pada Media Server dan pilih *New Virtual Folder*.



Gambar 4.20 Penambahan *Virtual Folder*

Sumber : perancangan

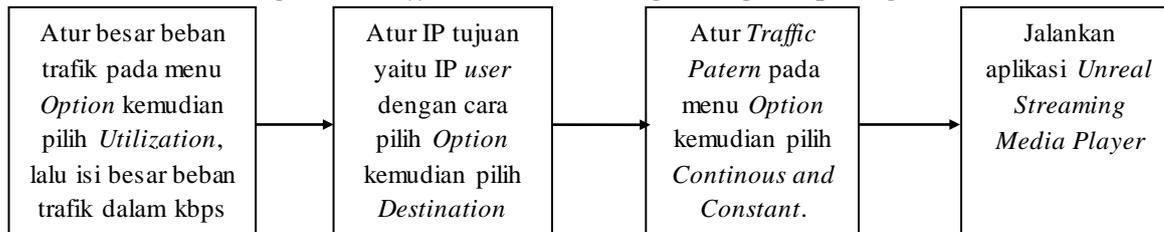
5. Isi Folder Name sesuai kebutuhan. Cari lokasi file yang akan dimainkan dengan *Unreal Streaming Media Player* dengan melakukan klik pada *Browse* lalu klik OK.
6. Maka akan muncul tampilan akhir *Unreal Media Server* dengan menampilkan beberapa file yang akan dimainkan.



Gambar 4.21 Tampilan akhir konfigurasi *Unreal Media Server*

Sumber : perancangan

c. Melakukan Konfigurasi *Traffic Generator* dengan langkah pada gambar 4.21

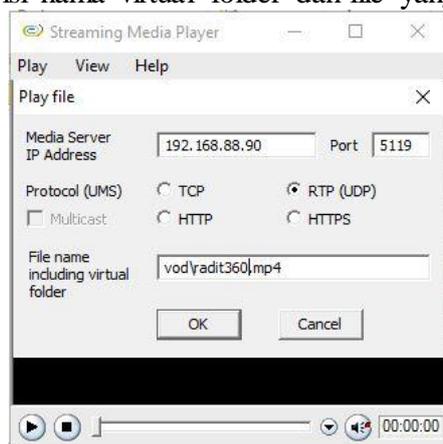


Gambar 4.22 Alur Pengaturan *Traffic Generator*

Sumber : perancangan

d. Melakukan konfigurasi aplikasi *Unreal Streaming Media Player* pada laptop user dengan langkah sebagai berikut :

1. Buka aplikasi *Unreal Streaming Media Player*
2. Klik *Play* pada *menubar* dan *Play File*. Kemudian Isi Media Server IP Address dengan IP server. Pilih protokol yang digunakan yaitu RTP(UDP). Setelah itu isi nama virtual folder dan file yang akan dimainkan. Lalu klik *OK*.



Gambar 4.23 Tampilan pengaturan *Play File*

Sumber : perancangan

3. Hasil tampilan *Unreal Streaming Media Player* layanan VoD

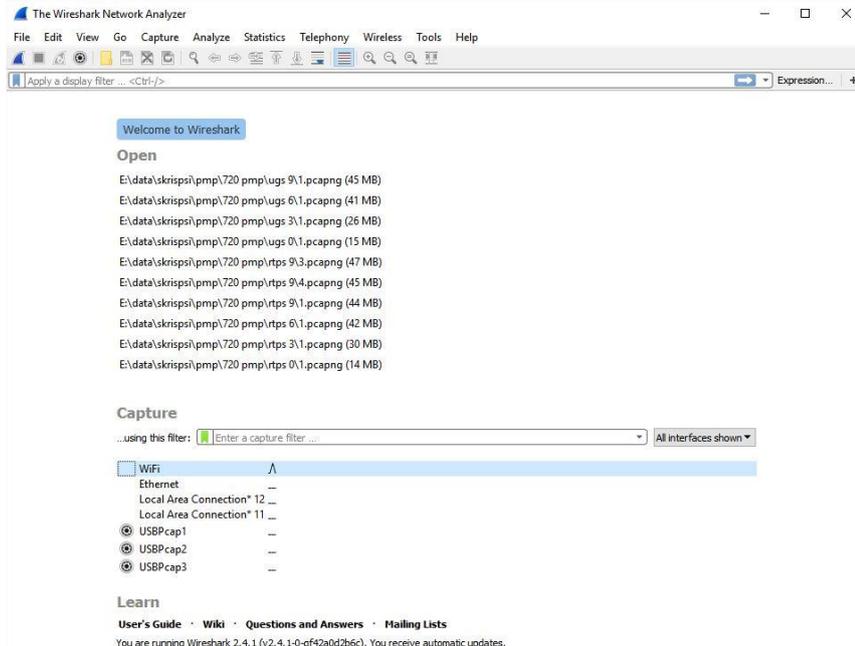


Gambar 4.24 Tampilan penayangan video

Sumber : perancangan

e. Melakukan konfigurasi pada aplikasi *Wireshark*

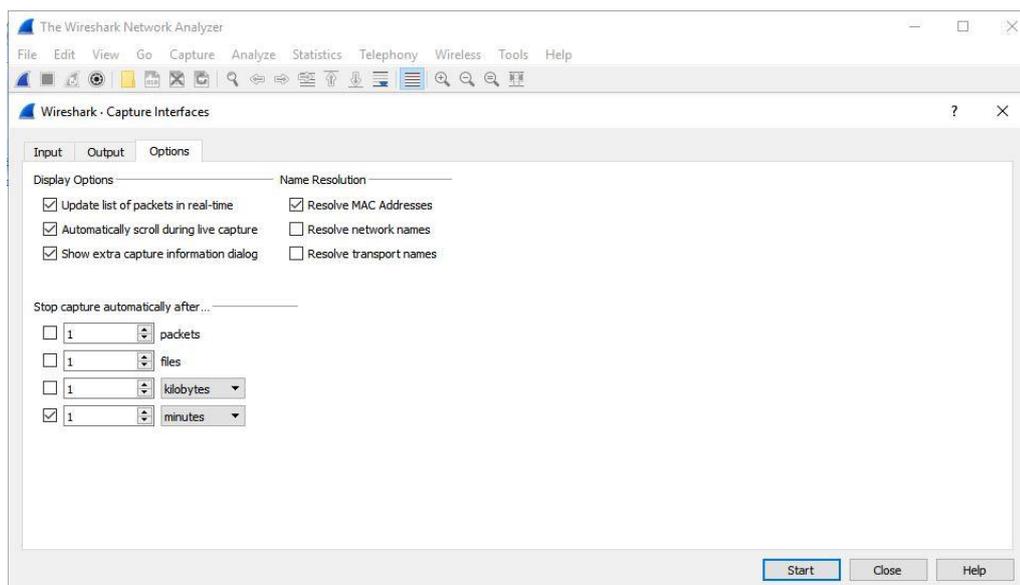
1. Buka aplikasi *Wireshark* pada laptop *user*
2. Pilih *Ethernet* dari menu *Capture Interface*, kemudian ketik UDP pada kolom *Capture Filter*.



Gambar 4.25 Tampilan pengaturan awal *Wireshark*

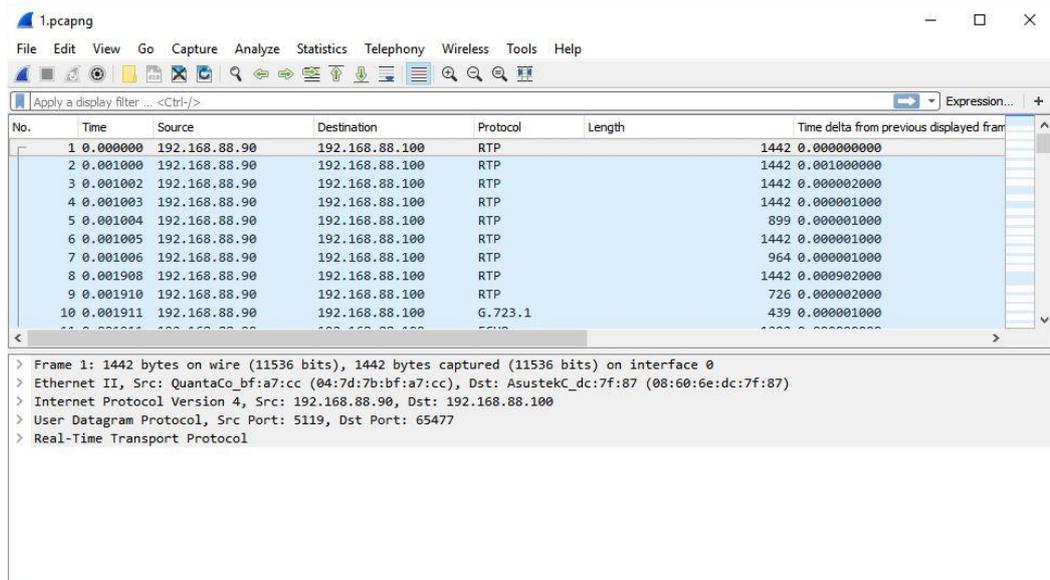
Sumber : perancangan

3. Pada *Menu Capture*, pilih *Option* lalu pilih tab *Option*, pada "*opsi stop capture automatically after*" klik kotak pada kolom waktu lalu isikan satu dan pilih satuan waktu *minutes*. Lalu klik *Start* sehingga proses *capturing* dimulai.



Gambar 4.26 Tampilan *Capture Option* pada *Wireshark*

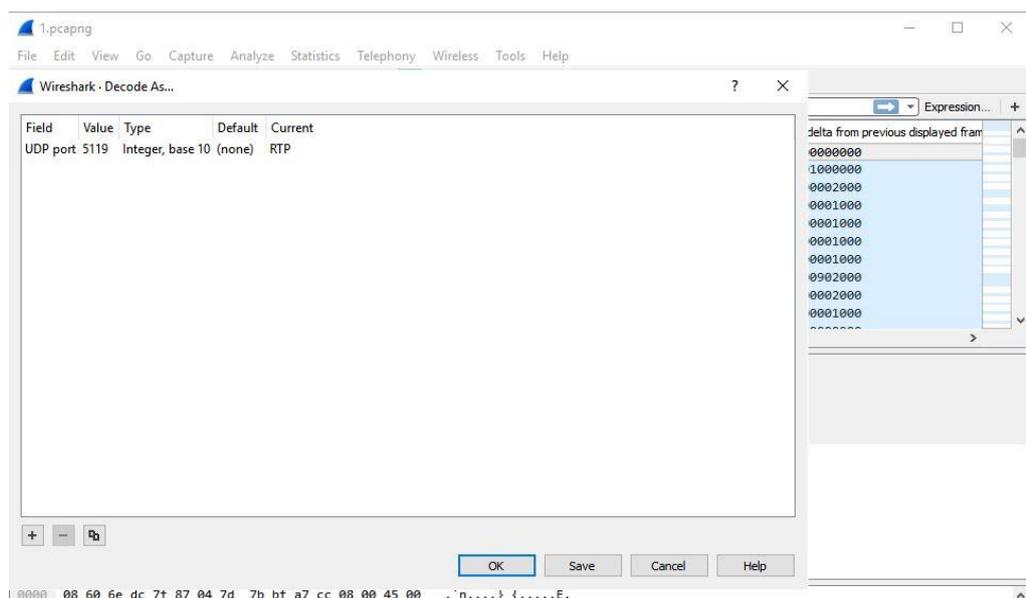
Sumber : perancangan



Gambar 4.27 Tampilan proses *capturing* pada *Wireshark*

Sumber : perancangan

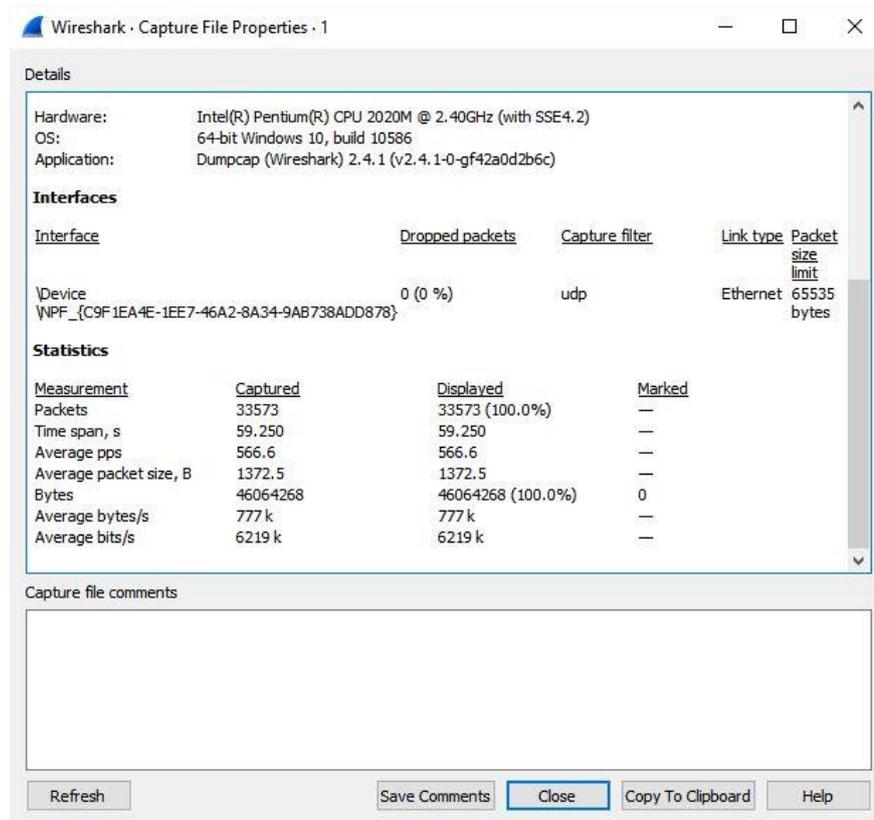
4. Setelah proses *capturing* selesai, maka dilakukan penyimpanan data dengan memilih menu *File* lalu pilih *Save As* dan simpan dengan *File Name* sesuai keinginan.
5. Lalu pilih menu *Analyze* selanjutnya pilih *Decode as*, akan muncul jendela seperti Gambar 4.23. Klik tanda *Plus* kemudian pada kolom *Field* pilih *UDP port*, pada *Value* pilih port 5119. Pada kolom *Current* pilih *RTP* lalu klik *Save* kemudian *OK*.



Gambar 4.28 Tampilan jendela *Decode As*

Sumber : perancangan

6. Untuk menampilkan parameter *Throughput* maka pada kolom *Apply a display filter* ketik RTP lalu klik panah. Pilih menu *Statistics* kemudian pilih *Capture File Properties*. Lihat nilai *Throughput* pada baris *Average bits/s* pada kolom *Displayed*.



Gambar 4.29 Tampilan parameter *Throughput* pada *Wireshark*

Sumber : perancangan

7. Lalu untuk menampilkan parameter *Delay* dan *Packet Loss* pilih menu *Telephony*. Kemudian Pilih RTP lalu *Stream Analysis* maka parameter *Packet Loss* akan terlihat pada baris *Lost*. Parameter *Delay* dapat didapatkan dengan membagi nilai dari baris *Duration* dengan nilai yang ditunjukkan baris *RTP Packets*.

The screenshot shows the Wireshark RTP Stream Analysis window. The left pane displays statistics for the stream, and the right pane shows a list of packets with their respective parameters.

**Forward Statistics:**

- SSRC: 0x19fc47ed
- Max Delta: 101.56 ms @ 6120
- Max Jitter: 0.00 ms
- Mean Jitter: 0.00 ms
- Max Skew: -50192.11 ms
- RTP Packets: 5165
- Expected: 6100
- Lost: 935 (15.33 %)
- Seq Errs: 195
- Start at: 0.000000 s @ 1
- Duration: 50.54 s
- Clock Drift: -50168 ms
- Freq Drift: 59 Hz (-99.27 %)

**Reverse Statistics:**

- SSRC: 0x00000000
- Max Delta: 0.00 ms @ 0
- Max Jitter: 0.00 ms
- Mean Jitter: 0.00 ms
- Max Skew: 0.00 ms
- RTP Packets: 0
- Expected: 1
- Lost: 1 (100.00 %)
- Seq Errs: 0
- Start at: 0.000000 s @ 0
- Duration: 0.00 s
- Clock Drift: 0 ms
- Freq Drift: 1 Hz (0.00 %)

**Packet List:**

Packet	Sequence	Delta (ms)	Jitter (ms)	Skew	Bandwidth	Marker	Status
1	5191	0.00	0.00	0.00	11.42	✓	
2	5192	0.00	0.00	0.00	22.85	✓	
3	5193	0.00	0.00	0.00	34.27	✓	
4	5194	0.00	0.00	0.00	45.70	✓	
5	5195	0.00	0.00	0.00	52.78	✓	
6	5196	0.00	0.00	0.00	64.20	•	✓
7	5197	0.00	0.00	0.00	71.80	✓	
8	5198	0.00	0.00	0.00	83.22	•	✓
9	5199	0.00	0.00	0.00	88.92	✓	
10	5200	0.00	0.02	-1.54	92.32	•	Payload changed to PT=4
16	5201	8.04	0.52	-9.45	95.94	•	✓
33	5202	10.99	1.16	-20.31	99.39	•	✓
42	5203	9.28	1.66	-29.46	102.90	•	✓
51	5204	19.23	2.75	-48.57	106.32	•	✓
68	5205	19.23	2.75	-48.57	117.74	•	Payload changed to PT=111
69	5206	19.23	2.75	-48.57	129.17	✓	
70	5207	19.23	2.75	-48.57	140.59	✓	
71	5208	19.23	2.75	-48.57	152.02	✓	
72	5209	19.23	2.75	-48.57	163.44	✓	
73	5210	19.23	2.75	-48.57	167.11	✓	
82	5211	19.23	2.75	-48.57	178.54	•	✓
83	5212	19.23	2.75	-48.57	184.42	✓	
84	5213	19.23	2.75	-48.57	195.84	•	✓
85	5214	19.23	2.75	-48.57	200.38	✓	
86	5215	0.00	2.61	-89.09	203.92	•	Payload changed to PT=4
95	5216	11.49	3.16	-100.46	207.66	•	✓

Gambar 4.30 Tampilan parameter *Delay* dan *Packet Loss* pada *Wireshark*

Sumber : perancangan

### 4.3 Hasil Pengamatan dan Analisis

Pada bagian ini akan dilakukan analisis pada hasil pengamatan yang didapatkan dari proses *capturing* oleh aplikasi *Wireshark*. Data yang digunakan sebagai hasil dengan kebutuhan yaitu tiap parameter diambil selama satu menit sebanyak lima kali dari *Wireshark*.

#### 4.3.1 *Throughput*

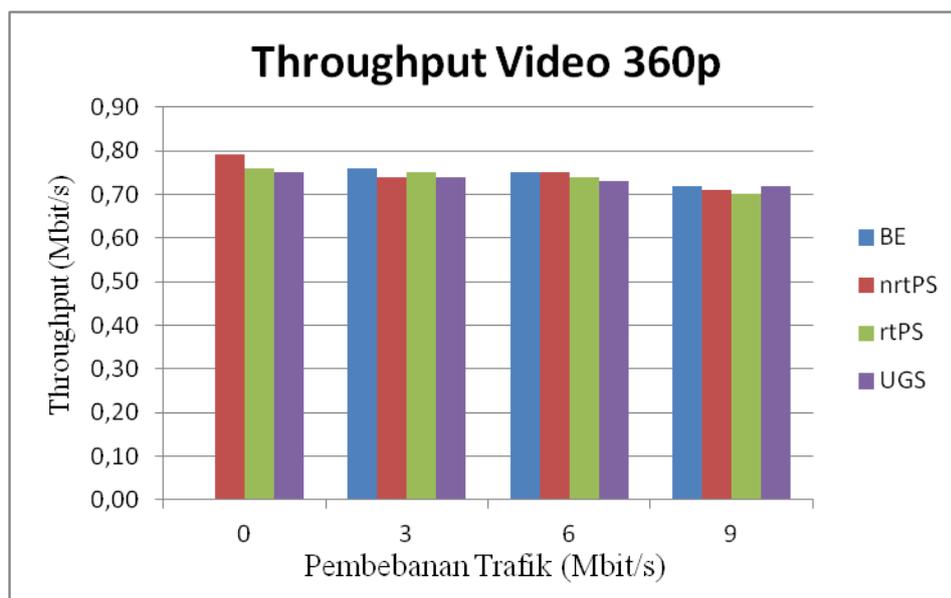
*Throughput* merupakan jumlah data yang diterima saat dilakukannya transmisi *downlink* maupun *uplink* dari *user* menuju *server* dengan benar selama kurun waktu tertentu. Nilai Parameter *Throughput* yang didapat merupakan rata-rata dari tiap detik waktu pengambilan data. Hasil dari pengamatan *Throughput* dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8

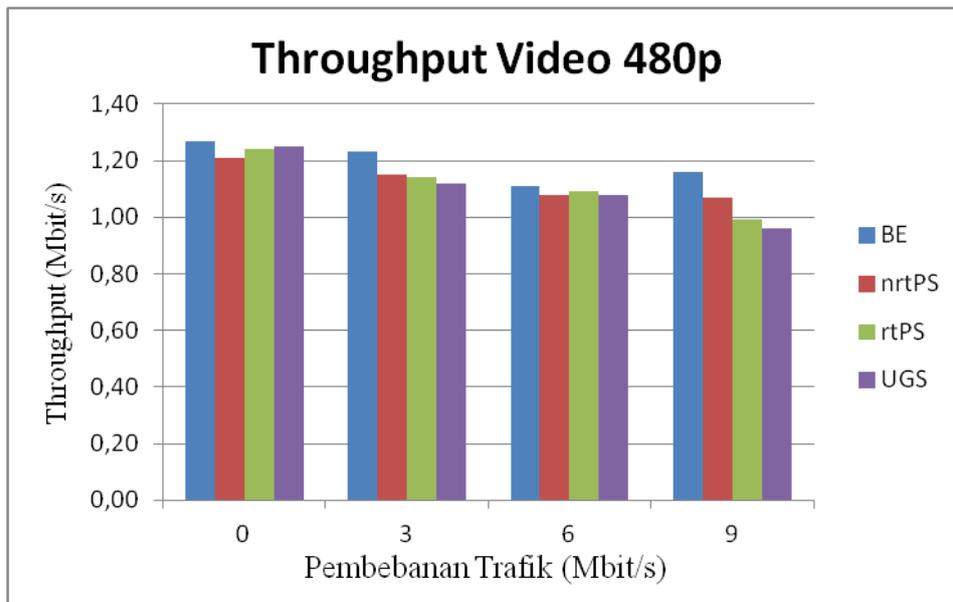
Hasil Pengamatan Nilai *Throughput* layanan VoD

No	Resolusi Video	<i>Schedulling</i>	Nilai <i>Throughput</i> (Mbit/s)				Rata-Rata
			Pembebanan Trafik				
			0	3	6	9	
1	360	be	0,75	0,76	0,75	0,72	0,75
		nrtps	0,79	0,74	0,75	0,71	0,75
		rtps	0,76	0,75	0,74	0,70	0,74
		ugs	0,75	0,74	0,73	0,72	0,74
Rata-Rata			0,76	0,75	0,74	0,71	
2	480	be	1,27	1,23	1,16	1,11	1,19
		nrtps	1,21	1,15	1,08	1,07	1,13
		rtps	1,24	1,14	1,09	0,99	1,12
		ugs	1,25	1,12	1,08	0,96	1,10
Rata-Rata			1,24	1,16	1,09	1,05	
3	720	be	2,23	1,94	1,64	1,23	1,76
		nrtps	2,20	2,10	1,95	0,55	1,70
		rtps	2,08	2,06	1,38	1,24	1,69
		ugs	2,21	2,01	1,32	1,13	1,67
Rata-Rata			2,18	2,03	1,57	1,04	

Data yang tertera pada Tabel 4.8 jika direpresentasikan menjadi grafik batang maka akan diuraikan menjadi tiga grafik yaitu Gambar 4.26, 4.27, dan 4.28 yang dipisah sesuai dengan resolusi *video*.

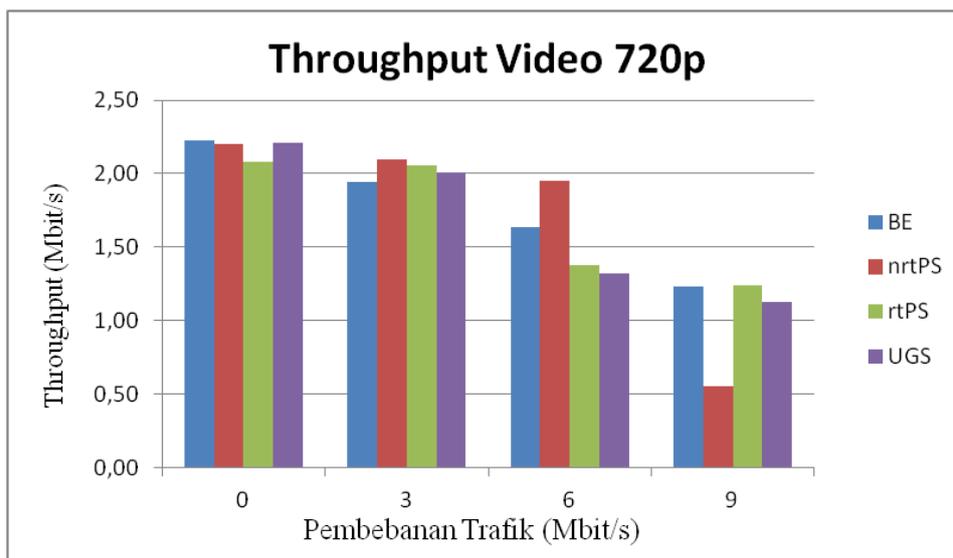
Gambar 4.31 Grafik *Throughput Video 360p*

Sumber : perancangan



Gambar 4.32 Grafik *Throughput Video 480p*

Sumber : perancangan



Gambar 4.33 Grafik *Throughput Video 720p*

Sumber : perancangan

Bedasarkan hasil pengamatan, terdapat perubahan nilai *Throughput* pada setiap perubahan resolusi *video*, pembebanan trafik serta *scheduling*. Tabel 4.8 menunjukkan terjadinya penurunan nilai *Throughput* seiring dengan penambahan nilai pembebanan trafik. Hal ini terjadi dikarenakan terdapat antrian dalam pengiriman paket data dari *video* dan *traffic generator*. Akibatnya semakin banyak paket data yang dikirim maka semakin padat pula antrian paket sehingga terjadi *packet drop* dimana paket dibatasi untuk ditransmisikan. Dampak dari paket yang dibatasi ini menyebabkan nilai *Throughput* turun. Saat nilai beban trafik dibawah nilai kapasitas *bandwidth* hanya mengalami sedikit

penurunan nilai *Throughput*. Perubahan yang signifikan terhadap penurunan nilai *Throughput* baru terjadi ketika trafik melayani beban trafik lebih dari kapasitas *bandwidth* yang telah ditentukan yaitu 9 Mbit/s.

Pada Tabel 4.8 juga ditunjukkan adanya peningkatan nilai *Throughput* seiring peningkatan resolusi *video* yang ditransmisikan karena besarnya *bitrate video* tersebut. Selain itu, pengaruh dari tipe *scheduling* yang digunakan mempengaruhi *Throughput* tiap resolusi *video*.

Dapat dilihat dari Tabel 4.8, nilai *Throughput* pada tipe *scheduling BE* dan *nrtPS* memiliki rata-rata nilai *Throughput* yang cenderung lebih tinggi daripada tipe *scheduling* lainnya karena memiliki karakteristik untuk mentransmisikan paket data dengan *bandwidth* maksimum. Sedangkan *UGS* memiliki *Throughput* yang cenderung stabil karena ukuran paket yang dikirim telah ditentukan sebelum ditransmisikan.

#### 4.3.1 Delay

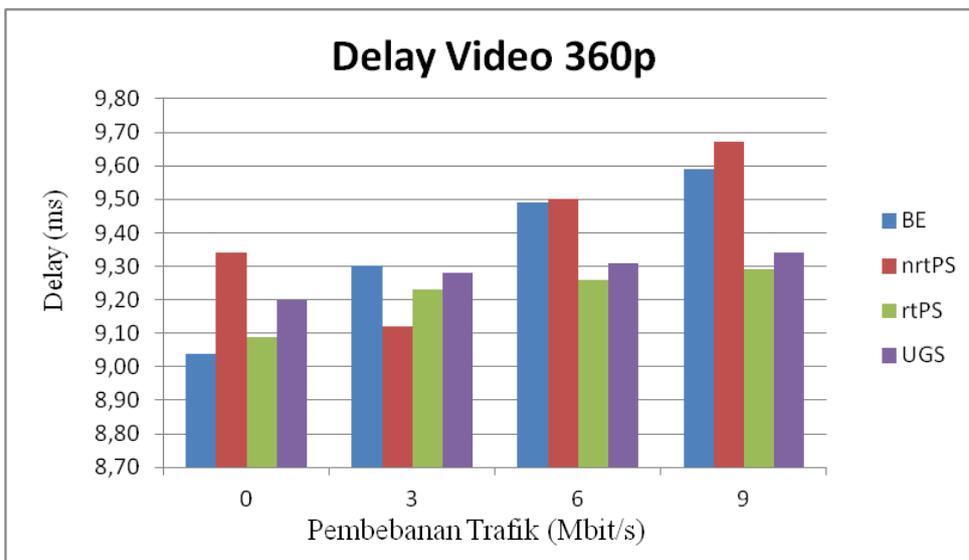
*Delay* merupakan besarnya waktu transmisi suatu paket data dari *server* menuju *user* (*end to end*). Nilai Parameter *Delay* yang didapat merupakan rata-rata dari seluruh *Delay* paket data dibagi dengan waktu pengambilan data. Hasil dari pengamatan *Delay* dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9

Hasil Pengamatan Nilai *Delay* layanan VoD

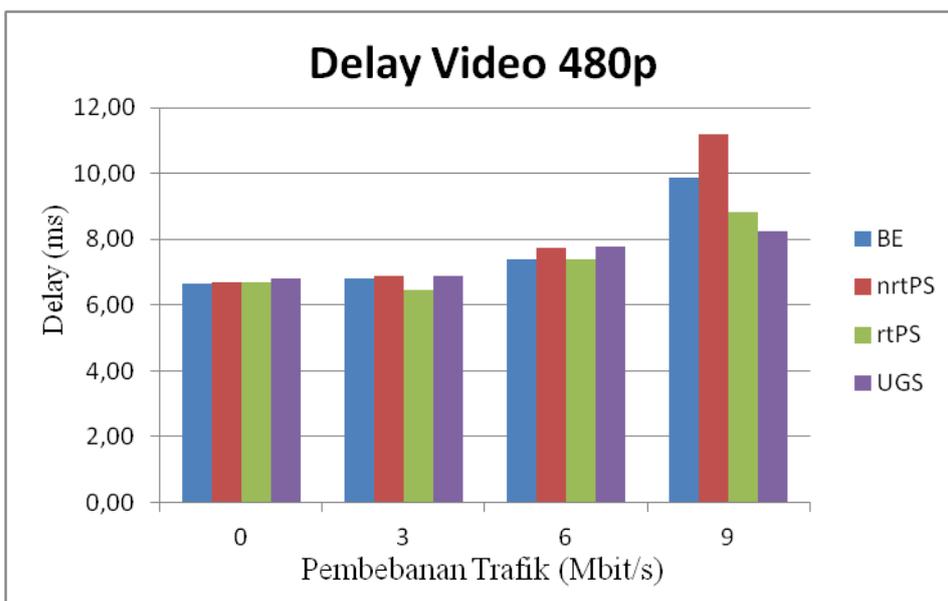
No	Resolusi Video	Scheduling	Nilai Delay (ms)				Rata-Rata
			Pembebanan Trafik				
			0	3	6	9	
1	360	be	9,04	9,30	9,49	9,59	9,36
		nrtps	9,04	9,12	9,50	9,67	9,41
		rtps	9,09	9,23	9,26	9,29	9,22
		ugs	9,20	9,28	9,31	9,34	9,28
Rata-Rata			9,17	9,23	9,39	9,47	
2	480	be	6,64	6,80	7,39	9,87	7,68
		nrtps	6,68	6,89	7,73	11,20	8,13
		rtps	6,68	6,47	7,40	8,82	7,34
		ugs	6,82	6,88	7,76	8,24	7,43
Rata-Rata			6,71	6,76	7,57	9,53	
3	720	be	4,25	4,83	8,52	12,20	7,45
		nrtps	4,35	4,49	4,71	20,22	8,44
		rtps	4,56	4,60	8,15	10,31	6,91
		ugs	4,30	4,66	8,56	11,10	7,16
Rata-Rata			4,37	4,65	7,49	13,46	

Seusai dengan data diatas, jika direpresentasikan menjadi sebuah grafik maka akan diuraikan menjadi tiga grafik yaitu Gambar 4.29, 4.30,dan 4.31. Masing-masing grafik dipisah sesuai dengan resolusi *video*.



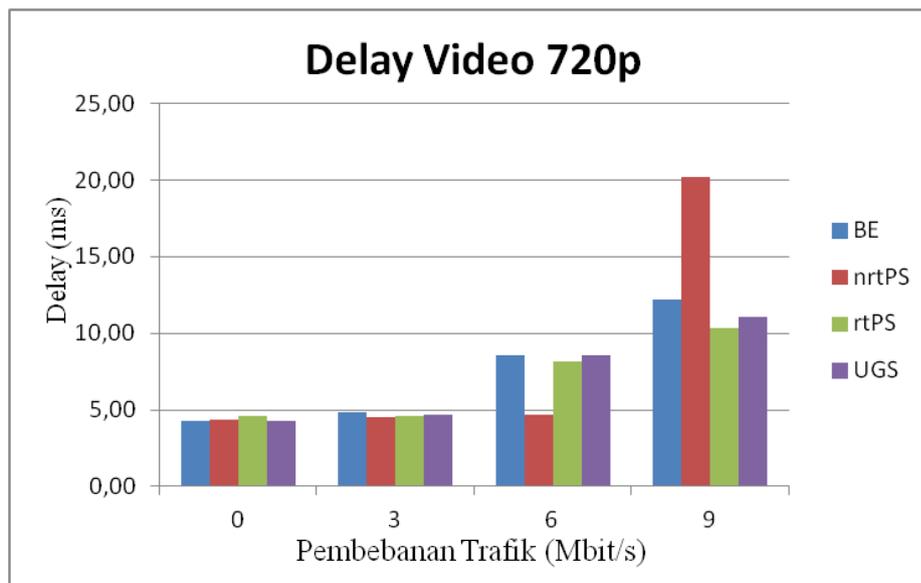
Gambar 4.34 Grafik *Delay Video 360p*

Sumber : perancangan



Gambar 4.35 Grafik *Delay Video 480p*

Sumber : perancangan



Gambar 4.36 Grafik *Delay Video 720p*

Sumber : perancangan

Hasil pengamatan pada Tabel 4.9 menunjukkan peningkatan nilai *Delay* seiring dengan dengan peningkatan beban trafik. Nilai dari *Delay* yang ditunjukkan masih dibawah standar ITU-T sebesar 150 ms sehingga *Delay* masih dapat ditoleransi.

Peningkatan nilai *Delay* diakibatkan oleh adanya waktu antrian dalam memproses paket data dan banyaknya paket data yang ditransmisikan. Namun hal tersebut dapat ditoleransi ketika *bandwidth* media transmisi masih mampu menampung aliran paket data sehingga peningkatan *Delay* tidak naik secara signifikan. Peningkatan *Delay* yang signifikan terjadi pada saat beban trafik nilainya sama dengan kapasitas *bandwidth* yang telah ditentukan karena paket data akan saling mengantri untuk dapat melalui media transmisi karena penuhnya kapasitas sehingga *Delay* semakin besar.

Nilai *Delay* juga terpengaruh dengan resolusi *video* yang digunakan, karena semakin tinggi resolusi *video* yang digunakan maka akan semakin besar pula nilai *Throughput* yang di transmisikan karena *bitrate video* yang besar. Akibatnya, nilai *Delay* menurun karena *bitrate video* yang digunakan semakin besar.

Penggunaan tipe *schedulling* juga berpengaruh terhadap nilai *Delay* seperti yang terlihat pada Tabel 4.9. rata-rata nilai *Delay* paling besar yaitu terjadi pada tipe *schedulling* *BE* dan *nrtps* karena sesuai dengan karakteristik keduanya yaitu tidak menjamin *Delay* yang terjadi.

### 4.3.3 Packet Loss

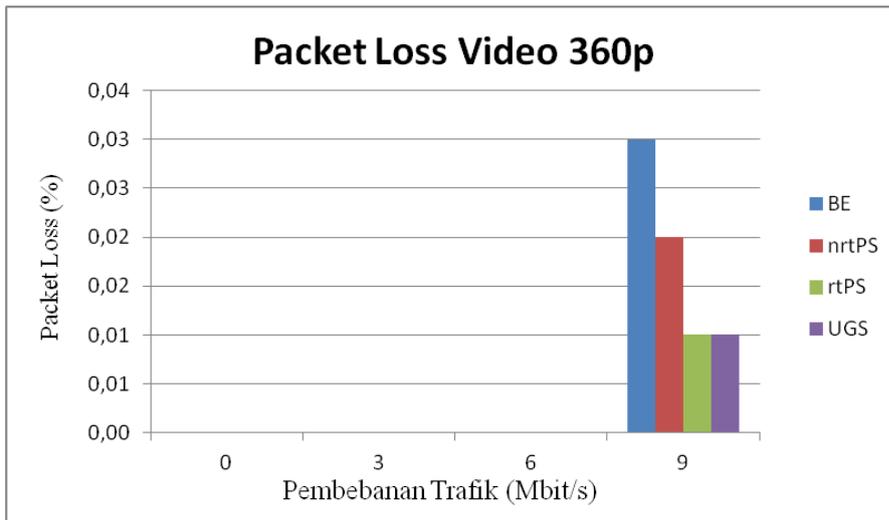
*Packet Loss* merupakan parameter yang menunjukkan rasio beberapa persen dari paket data yang hilang saat ditransmisikan. Tabel 4.10 menunjukkan nilai *Packet Loss* hasil pengamatan. Nilai tersebut merupakan rata-rata dari tiap pembebanan trafik.

Tabel 4.10

Hasil Pengamatan nilai *Packet Loss* layanan VoD

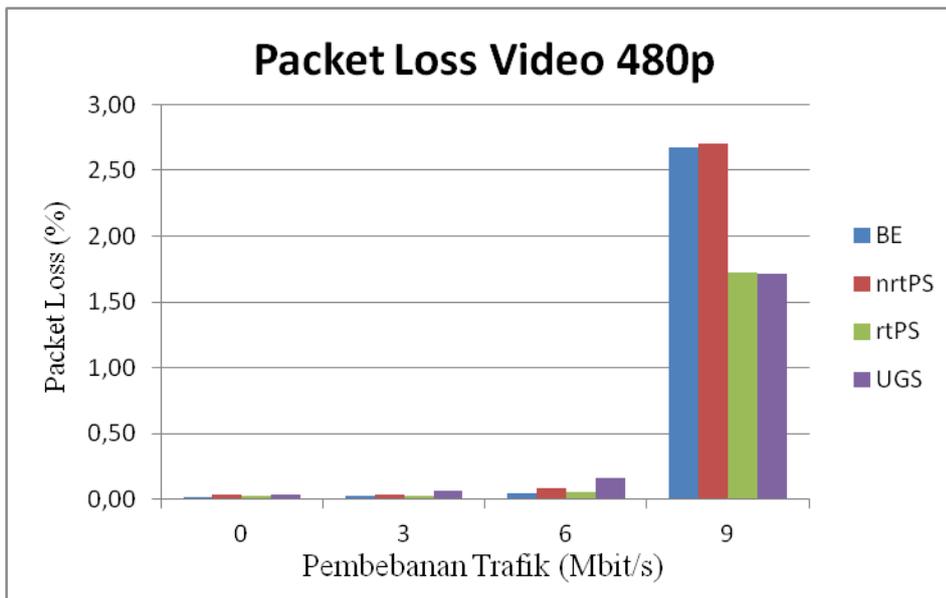
No	Resolusi Video	Schedulling	Nilai Packet Loss (%)				Rata-Rata
			Pembebanan Trafik				
			0	3	6	9	
1	360	be	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01
		nrtps	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01
		rtps	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
		ugs	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Rata-Rata			0,00	0,00	0,00	0,02	
2	480	be	0,02	0,03	0,05	2,67	0,69
		nrtps	0,04	0,04	0,08	2,70	0,72
		rtps	0,03	0,03	0,06	1,72	0,46
		ugs	0,04	0,07	0,16	1,71	0,50
Rata-Rata			0,03	0,04	0,09	2,20	
3	720	be	0,78	1,04	1,67	6,84	2,58
		nrtps	0,76	1,40	1,53	6,31	2,50
		rtps	0,82	0,91	1,08	5,79	2,15
		ugs	0,75	1,10	1,96	5,47	2,32
Rata-Rata			0,78	1,11	1,56	6,10	

Seusai dengan data diatas, jika direpresentasikan menjadi sebuah grafik maka akan diuraikan menjadi tiga grafik yaitu Gambar 4.32, 4.33, dan 4.34. Masing-masing grafik dipisah sesuai dengan resolusi *video*.



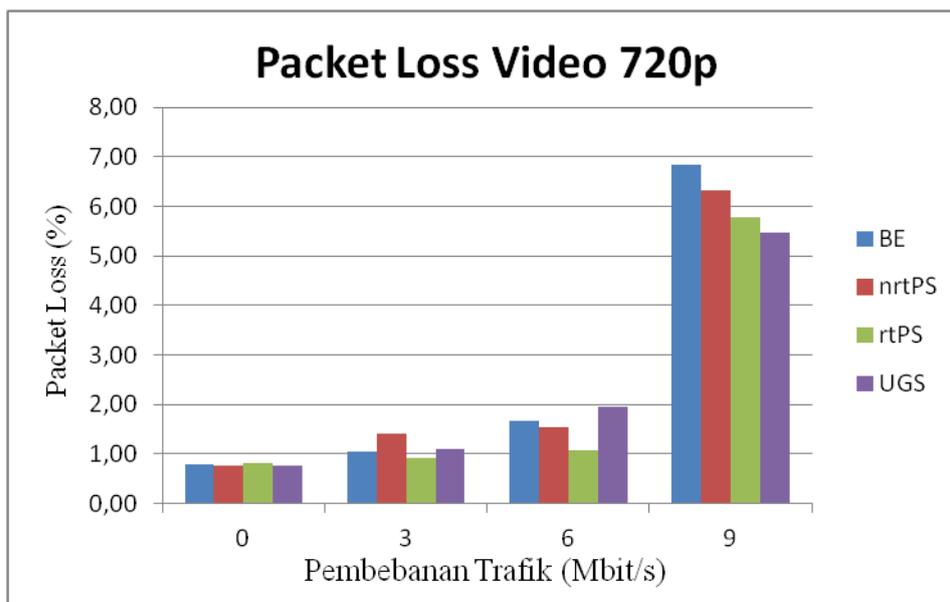
Gambar 4.37 Grafik *Packet Loss Video 360p*

Sumber : perancangan



Gambar 4.38 Grafik *Packet Loss Video 480p*

Sumber : perancangan



Gambar 4.39 Grafik *Packet Loss Video 720p*

Sumber : perancangan

Sesuai dengan Tabel 4.10, Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai *Packet Loss* mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan pembebanan trafik dan resolusi *video* yang digunakan. *Packet Loss* disebabkan karena besarnya antrian paket data berlebihan sehingga dengan terpaksa saat dilakukannya transmisi paket data beberapa paket harus dibuang oleh sistem.

Peningkatan nilai *Packet Loss* dapat ditoleransi ketika jumlah kapasitas *bandwidth* untuk mentransmisikan paket data layanan VoD dan pembebanan trafik di bawah kapasitas maksimal *bandwidth* transmisi. Namun terjadi peningkatan nilai *Packet Loss* secara signifikan pada saat nilai pembebanan trafik sama dengan kapasitas *bandwidth* yang ada. *Packet Loss* disebabkan karena besarnya antrian paket data melebihi kapasitas *bandwidth* sehingga dengan terpaksa beberapa paket harus dibuang lebih banyak oleh sistem.

Dapat dilihat juga pada Tabel 4.10 bahwa tipe *schedulling* mempengaruhi nilai *Packet Loss*. Tipe *schedulling be* memiliki rasio *Packet Loss* paling besar karena tidak menjamin *error* dalam pengiriman paket data. Sedangkan tipe *rtPS* memiliki nilai *Packet Loss* paling kecil dikarenakan memiliki ketelitian tinggi dan dapat meminimalisir *error*.

#### 4.4 Hasil Perhitungan Secara Teoritis

Pada subbab ini akan dilakukan perhitungan nilai masing-masing parameter QoS WiMAX IEEE 802.16d. yaitu *Throughput*, *Delay* en to end, dan *Packet Loss* secara teoritis sesuai dengan literatur.

#### 4.4.1 Perhitungan *Payload* Paket Data

*Payload* merupakan ukuran dari suatu paket data yang akan dikirimkan. *Payload* yang akan dikirim berupa *payload* paket data *video* dan *audio*. *Payload* tersebut didapat dari perhitungan antara *bitrate codec* dan *frame rate*. *Bitrate* yang digunakan pada perhitungan menggunakan resolusi *video* 360p didapat dari *codec video* AVC/H.264 dengan *bitrate* 574 Kbps dan *codec audio* AAC dengan *bitrate* 96 Kbps. *Frame rate* yang digunakan sebesar 40 ms. Untuk menghitungnya dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2-1 dan 2-2.

$$P_{A360p} = \text{Bitrate}_{\text{codec}} \times \text{frame rate} = (96. 10^3\text{bps}) \times (40. 10^{-3}) \text{ s} = 3840 \text{ bit}$$

$$P_{V360p} = \text{Bitrate}_{\text{codec}} \times \text{frame rate} = (512. 10^3\text{bps}) \times (40. 10^{-3}) \text{ s} = 20480 \text{ bit}$$

*Payload audio* maupun *video* kemudian dienkodakan agar dapat menentukan seberapa banyak paket data yang dapat dikirimkan per detik. *Payload* tersebut akan dibagi dengan *payload* maksimum per paket data. *Payload* maksimum *video* untuk *codec* AVC/H.264 sebesar 254 *byte* sedangkan *codec audio* sebesar 63 *byte*. Sehingga jumlah paket data *audio* dan *video* dapat diperoleh dengan persamaan 2-3 dan 2-4 .

$$P_A = \frac{P_{LA}}{P_{LA \max}} = \frac{3840}{1142 \times 8} = 2.24 \approx 2 \text{ paket}$$

$$P_V = \frac{P_{LV}}{P_{LV \max}} = \frac{20480}{254 \times 8} = 1.11 \approx 1 \text{ paket}$$

Sebelum ditransmisikan *payload audio* dan *video* ditambahkan dengan beberapa header sebagai berikut :

1. Panjang *header* IPv4 ( $L_{\text{Header IPv4}}$ ) = 20 *byte*/paket
2. Panjang *header* UDP ( $L_{\text{Header UDP}}$ ) = 8 *byte*/paket
3. Panjang *header* NALU ( $L_{\text{Header NALU}}$ ) = 1 *byte*/paket
4. Panjang *header* RTP ( $L_{\text{Header RTP}}$ ) = 12 *byte*/paket

Sehingga besarnya *payload audio* dan *video* setelah diencode dapat diperoleh dengan persamaan 2-5 dan 2-6.

$$\begin{aligned} P_{\text{audio encoded}} &= P_{LA} + (P_A \times (H_{RTP} + H_{UDP} + H_{IP} + \text{NALU})) \\ &= 3744 + (1 \times (96+64+160+8)) \text{ bit} \\ &= 4214.9 \text{ bit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{video encoded}} &= P_{LV} + (P_V \times (H_{RTP} + H_{UDP} + H_{IP} + \text{NALU})) \\ &= 22976 + (2 \times (96+64+160+8)) \text{ bit} \end{aligned}$$

$$= 21215.3 \text{ bit}$$

Untuk mengetahui ukuran paket data yang ditransmisikan pada sistem ini dapat dihitung dengan persamaan 2-7

$$\begin{aligned} P_{360p} &= P_{\text{audio encoded}} + P_{\text{video encoded}} \\ &= (4214.9 + 21215.3) \text{ bit} = 3178.8 \text{ byte} \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama, maka ukuran paket data lainnya dapat ditentukan dan diuraikan dalam Tabel 4.11.

Tabel 4.11

Hasil perhitungan *Payload* layanan VoD

No	Jenis Resolusi	<i>Payload</i> /frame (byte)
1	360p	3178,8
2	480p	6006,3
3	720p	11485,5

#### 4.4.2 Perhitungan *Bitrate Video*

*Bitrate Video* dapat dihitung dengan ukuran resolusi dari video yang digunakan. Terdapat beberapa parameter yang menentukan yaitu resolusi video, konstanta kompresi, *frame rate* dan *motion rank*. Pada perhitungan ini digunakan resolusi video 360p dengan panjang 640 *pixel* dan lebar 360 *pixel*. *Frame rate* yang digunakan adalah 25 frame/s. *Motion rank* yang digunakan sebesar 1.5 karena terjadi perubahan frame namun tidak intens. Kemudian dibutuhkan konstanta kompresi AVC/H.264 yang dapat diperoleh dengan persamaan (2-8) dan (2-9) :

$$K_{\text{kompresi}} = \frac{C_{\text{video}}}{W_{\text{video}} \times H_{\text{video}} \times FR \times CD}$$

$$K_{\text{kompresi}} = \frac{512000}{640 \times 360 \times 25 \times 32}$$

$$K_{\text{kompresi}} = 0.00288$$

Konstanta tersebut akan disubstitusikan ke dalam persamaan untuk mendapat nilai *Bitrate Video* seperti berikut :

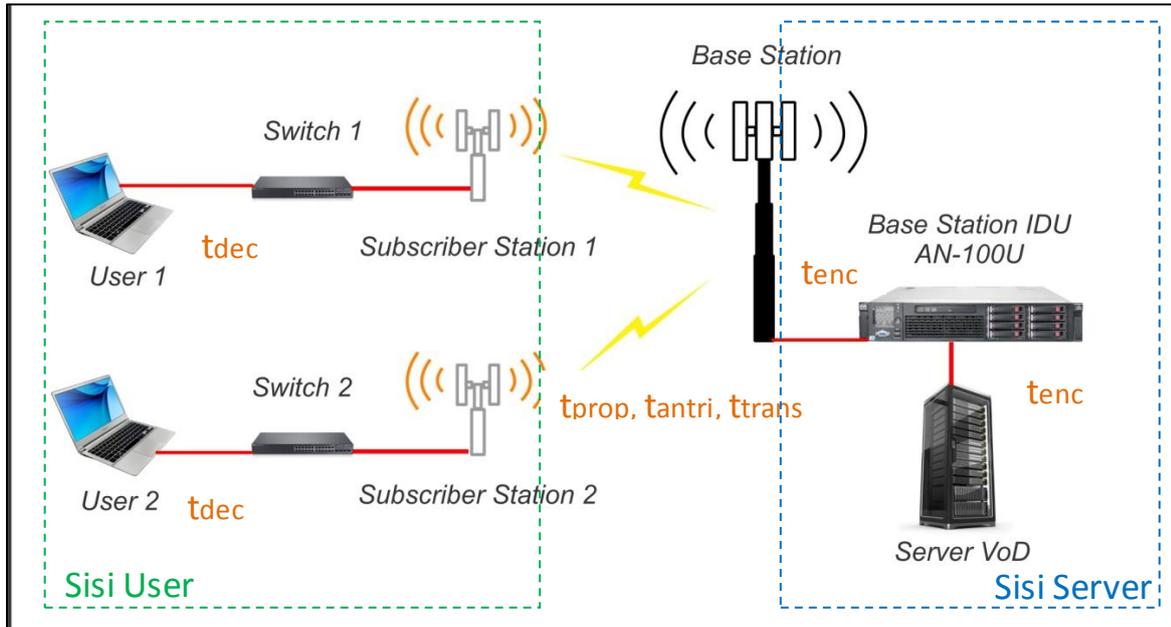
$$R_{\text{video}} = W_{\text{video}} \times H_{\text{video}} \times FR \times K_{\text{kompresi}} \times MR \times CD$$

$$R_{\text{video}} = 640 \times 360 \times 25 \times 0.00288 \times 1.5 \times 32$$

$$R_{\text{video}} = 768096 \text{ bps} = 768,096 \text{ Kbps}$$

#### 4.4.3 Perhitungan *Delay End To End*

*Delay end to end* merupakan hasil dari penjumlahan *Delay* propagasi, *Delay* transmisi, *Delay* antrian, *Delay* proses, dan *Delay* codec. Pada sisi server terjadi *Delay* Proses dimana paket dienkapsulasi, yaitu paket ditambahkan header tambahan. Pada saat paket di transmisikan, paket mengalami *delay* propagasi, antrian, dan transmisi. Setelah sampai ditujuan mengalami *delay* proses dimana paket didekapsulasi, yaitu header tambahan dilepas. Gambar 4.39 menunjukkan ilustrasi proses terjadinya *Delay end to end*



Gambar 4.40 *Delay end to end*

##### 4.4.3.1 *Delay* Propagasi

Jarak yang ditetapkan antara SS dan BS sebesar 10 meter. Karena media transmisi menggunakan listrik maka kecepatan rambat yang digunakan adalah kecepatan rambat cahaya sebesar  $3 \times 10^8$  m/s. Maka perhitungan *Delay* menggunakan persamaan (2-15) sebagai berikut :

$$t_{prop} = \frac{d}{c} = \frac{10}{3 \times 10^8} = 3,33 \times 10^{-8} \text{ s} = 0,000033 \text{ ms}$$

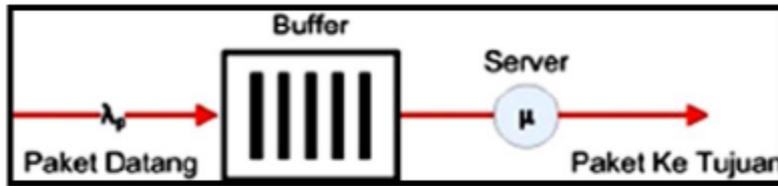
##### 4.4.3.2 *Delay* Transmisi

Perhitungan *delay* transmisi Kapasitas kanal *WiMAX* yang digunakan sebesar 9 Mbps. Sesuai dengan persamaan (2-16), maka perhitungan untuk resolusi video 360p dilakukan sebagai berikut :

$$t_{trans} = \frac{W_{packet} \times 8}{R_{video}} = \frac{972 \times 8}{0,76 \times 10^6} = 10,1 \times 10^{-3} \text{ s} = 10,1 \text{ ms}$$

#### 4.4.3.3 Delay Antrian

Nilai *Delay* didapatkan dari hasil penjumlahan nilai kecepatan kedatangan paket data dan nilai kecepatan pelayanan paket data dengan menggunakan model antrian M/M/1. Untuk mendapatkan nilai kecepatan kedatangan paket data dengan resolusi video 360p dan pembebanan trafik sebesar 0 Mbps dapat diperoleh dengan persamaan (2-17) berikut :



Gambar 4.41 Model antrian M/M/1

- Rata-rata total Paket yang dikirimkan (N) : 6724 paket
- Rata-rata waktu pengiriman paket ( $\tau$ ) : 60 sekon

$$\lambda_w = \frac{N}{\tau} = \frac{6724}{60} = 112 \text{ paket/s}$$

Sedangkan untuk menentukan kecepatan pelayanan paket dihitung dengan persamaan (2-18) :

$$\mu = \frac{C_{WiMAX}}{W_{paket}} = \frac{9 \times 10^6 \text{ bps}}{((979) \times 8) \text{ bit/paket}} = 1170 \text{ paket/s}$$

Lalu nilai *Delay* antrian dapat dihitung menggunakan persamaan (2-19) :

$$t_w = \frac{\lambda_w}{\mu(\mu - \lambda_w)} = \frac{112}{1170 \times (1170 - 112)} = 8,99 \times 10^{-5} \text{ s} = 0,0899 \text{ ms}$$

#### 4.4.3.4 Delay Proses

Header yang digunakan untuk transmisi melalui jaringan *WiMAX* antara lain sebagai berikut :

1. Ukuran header IPv4 ( $L_{IPv4}$ ) = 20 byte/paket
2. Ukuran header NALU ( $L_{NALU}$ ) = 1 byte/paket
3. Ukuran header UDP ( $L_{UDP}$ ) = 8 byte/paket
4. Ukuran header RTP ( $L_{RTP}$ ) = 12 byte/paket
5. Ukuran header Ethernet ( $L_{Ethernet}$ ) = 14 byte/paket
6. Ukuran header CRC ( $L_{CRC}$ ) = 4 byte/paket
7. Ukuran header MAC *WiMAX* ( $L_{MAC}$ ) = 6 byte/paket

Maka dari daftar diatas didapatkan ukuran total header yang akan dipasangkan pada setiap paket data sesuai persamaan (2-11) sebagai berikut :

$$L_{tot} = L_{IPv4} + L_{NALU} + L_{UDP} + L_{RTP} + L_{Ethernet} + L_{rMAC} + L_{CRC}$$

$$L_{tot} = (20 + 1 + 8 + 12 + 14 + 4 + 6) \times 8 \text{ bit}$$

$$L_{tot} = 528 \text{ bit}$$

Ukuran *header* tersebut kemudian dibagi dengan kecepatan proses per detik untuk mendapatkan *Delay* enkapsulasi dengan persamaan (2-12) dan (2-13):

$$C_{proses} = N_k \times 8 \times \text{frame rate}$$

$$C_{proses} = 3242.8 \times 8 \times 25$$

$$C_{proses} = 648.600 \text{ bps}$$

Maka,

$$t_{enc} = \frac{L_{tot}}{C_{proses}}$$

$$t_{enc} = \frac{528}{648.600}$$

$$t_{enc} = 0.808 \text{ ms}$$

Untuk *Delay* dekapsulasi dapat dihitung dengan cara yang sama dengan *Delay* enkapsulasi sesuai dengan persamaan :

$$t_{dec} = \frac{L_{tot}}{C_{proses}}$$

$$t_{dec} = \frac{528}{648.600}$$

$$t_{dec} = 0.808 \text{ ms}$$

Maka *Delay* proses dapat dihitung dengan menjumlahkan *Delay* enkapsulasi dan *Delay* dekapsulasi dengan persamaan (2-14) sebagai berikut :

$$t_{proses} = t_{enc} + t_{dec}$$

$$t_{proses} = 0.808 \text{ ms} + 0.808 \text{ ms}$$

$$t_{proses} = 1,616 \text{ ms}$$

Setelah nilai *Delay* proses, *Delay* antrian, *Delay* transmisi dan *Delay* propagasi didapatkan, Nilai-nilai tersebut akan ditampilkan dalam Tabel 4.11 berikut :

Tabel 4.12

Hasil Perhitungan *Delay*

<i>Delay proses (ms)</i>	<i>Delay transmisi (ms)</i>	<i>Delay propagasi (ms)</i>	<i>Delay antrian (ms)</i>
1,616	10,1	0,000033	0,918

Maka *Delay end to end* untuk resolusi 360p dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$t_{end-to-end} = 1,616 \text{ ms} + 10,1 \text{ ms} + 0,000033 \text{ ms} + 0,918 \text{ ms} = 12,6 \text{ ms}$$

#### 4.4.4 Perhitungan *Packet Loss*

Terdapat beberapa parameter yang menentukan besar nilai *packet loss* yang terjadi dalam suatu transmisi yaitu *Signal to Noise Ratio*, *Modulation Bitrate*, dan *Energy bit to Noise*.

##### 4.4.4.1 Perhitungan *Signal to Noise Ratio*

*Signal to Noise Ratio* adalah perbandingan daya pancar suatu transmitter terhadap *noise* saat proses propagasi. Untuk menentukan nilai SNR, maka diperlukan nilai daya pada receiver ( $P_r$ ) dan besar *thermal noise* ( $N_t$ ) yang timbul. Nilai  $P_r$  telah diatur pada SS sebesar -12 dBm (0,06 mW). Sedangkan untuk nilai ( $N_t$ ) dapat diperoleh menggunakan persamaan dan parameter untuk *Operating temperature* diperoleh dari Tabel . Pada skripsi ini temperatur sistem diasumsikan sebesar 45°C, sehingga perhitungan akan dilakukan dengan persamaan (2-25) sebagai berikut :

$$T = 45^\circ\text{C} + 273^\circ\text{C} = 318 \text{ K}$$

$$N_t = (10 \log kT + 10 \log B + NF)$$

$$N_t = (10 \log (1,308 \times 10^{-23} \times 318)) + (10 \log (3,5 \times 10^6)) + 3,2$$

$$N_t = -203,81 + 65,5 + 3,2$$

$$N_t = -135,21 \text{ dBm} = 3 \times 10^{-14} \text{ mW}$$

Maka nilai  $P_r$  dan  $N_t$  dapat disubstitusikan ke dalam persamaan (2-24) untuk mendapatkan SNR :

$$\text{SNR} = 10 \text{ Log } \frac{P_r}{N_t}$$

$$\text{SNR} = 10 \text{ Log } \frac{0.06}{3 \times 10^{-14}}$$

$$\text{SNR} = 123.21 \text{ dB}$$

Berdasarkan persamaan diperoleh nilai  $\text{SNR}_{\text{sys}}$  sebagai berikut:

$$\text{SNR}_{\text{sys}} = (1 - \alpha_{CP}) \times \text{SNR}$$

$$SNR_{sys} = \left(1 - \frac{1}{16}\right) \times 123,21$$

$$SNR_{sys} = 115,31 \text{ dB}$$

#### 4.4.4.2 Perhitungan *Bandwidth* Modulasi

Modulasi 64 QAM memiliki *Bandwidth* yang dipengaruhi oleh kontelasi bit sebesar 64 dan *bandwidth* kanal 3,5 MHz. Berdasarkan persamaan (2-26) besar nilai *Bandwidth* modulasi 64 QAM adalah sebagai berikut :

$$R = 2 \times B \times \log_2 n$$

$$R = 2 \times (3,5 \times 10^6) \times \log_2 64$$

$$R = 42 \times 10^6 \text{ Hz} = 42 \text{ MHz}$$

#### 4.4.4.3 Perhitungan *Energy Bit to Noise*

*Energy Bit to Noise* ( $E_b/N_o$ ) dapat diperoleh dengan beberapa parameter yaitu *Bitrate* modulasi, SNR, dan *bandwidth* yang digunakan. Sehingga melalui persamaan  $E_b/N_o$  dapat dihitung dengan persamaan (2-27) sebagai berikut :

$$\frac{E_b}{N_o} = SNR \times \log \frac{B}{R}$$

$$\frac{E_b}{N_o} = 115,31 \times \log \frac{3,5 \times 10^6}{42 \times 10^6}$$

$$\frac{E_b}{N_o} = 98,98 \text{ dB}$$

#### 4.4.4.4 Perhitungan Probabilitas *Packet Loss*

Probabilitas *Packet Loss* pada skripsi ini terdiri dari probabilitas *Bit Error Network* dan *Payload*. Keduanya akan dijumlahkan sehingga akan didapatkan nilai probabilitas *Packet Loss Total*.

Pada perhitungan *Bit Error Network*, modulasi yang digunakan adalah 64 QAM. sehingga sesuai dengan persamaan (2-23) perhitungan akan menjadi seperti berikut :

$$k = \log_2(64) = 6$$

$$P_{net} = \frac{3}{2k} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{k \cdot E_b}{10 N_o}} \right)$$

$$P_{net} = \frac{3}{2 \times 6} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{6}{10} \times 98,98} \right)$$

$$P_{net} = 1,179 \times 10^{-27}$$

Pada perhitungan probabilitas *Bit Error Payload*, besar suatu paket akan dikalikan dengan besar probabilitas BER sesuai dengan persamaan (2-22) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{va} &= \text{header} + (P_v + P_A) \\ &= (68 + 3178) \times 8 \\ &= 25974 \text{ bit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{payload}} &= P_{\text{size}} \times \rho_b \\ &= 25974 \times 10^{-7} \\ &= 2,59 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan probabilitas *Bit Error Network* dan *Payload* maka probabilitas *Packet Loss* dapat dihitung menggunakan persamaan (2-20) dan (2-21) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \rho_{\text{tot}} &= 1 - [(1 - \rho_{\text{net}})(1 - \rho_{\text{payload}})] \\ \rho_{\text{tot}} &= 1 - [(1 - (1,179 \times 10^{-27}))(1 - (2,59 \times 10^{-3}))] \\ \rho_{\text{tot}} &= 0,0026 \\ \rho_{\text{tot}} &= 0,26 \% \end{aligned}$$

#### 4.4.5 Perhitungan *Throughput*

*Throughput* merupakan parameter yang menunjukkan jumlah data yang diterima oleh pengguna dengan benar setelah melalui media transmisi. Perhitungan *throughput* menggunakan persamaan 2-27 yaitu:

$$\lambda = \frac{(1 - \rho)}{t_{\text{trans}} [1 + (\alpha - 1)\rho]}$$

Symbol  $\alpha$  merupakan konstanta *propagasi* dengan nilai:

$$\begin{aligned} \alpha &= \left( 3 + \frac{2t_{\text{prop}}}{t_{\text{paketisasi}}} \right) \\ \alpha &= \left( 3 + \frac{2 \times 3,33 \times 10^{-8}}{0,801 \times 10^{-3}} \right) \\ \alpha &= 3 \end{aligned}$$

Dengan nilai  $\alpha$  sebesar 3 maka nilai *throughput* adalah:

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{(1 - 0,0026)}{10,17 \times 10^{-3} \times [1 + (3 - 1) \times 0,0026]} \\ \lambda &= 98,7 \text{ paket per detik} \\ \lambda &= 756 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

#### 4.5 Perbandingan Perhitungan (Teori) dan Pengamatan (Praktek)

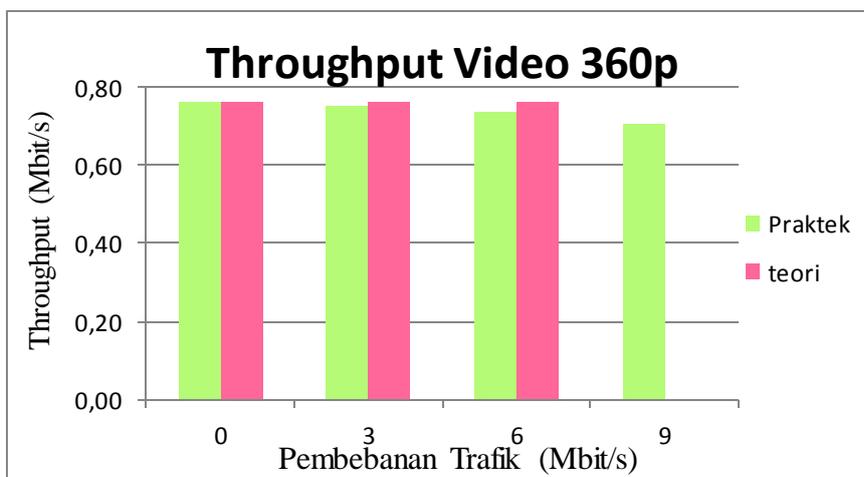
Pada sub bab ini akan ditampilkan perbandingan hasil antara pengamatan (Praktek) dan perhitungan (Teori) parameter *Delay End to End*, *Throughput*, dan *Packet Loss*. Nilai praktek yang akan dibandingkan merupakan rata-rata nilai dari semua metode *scheduling* yang digunakan pada besar pembebanan trafik tertentu. Perbandingan nilai parameter akan ditunjukkan dengan Tabel dan grafik sebagai berikut :

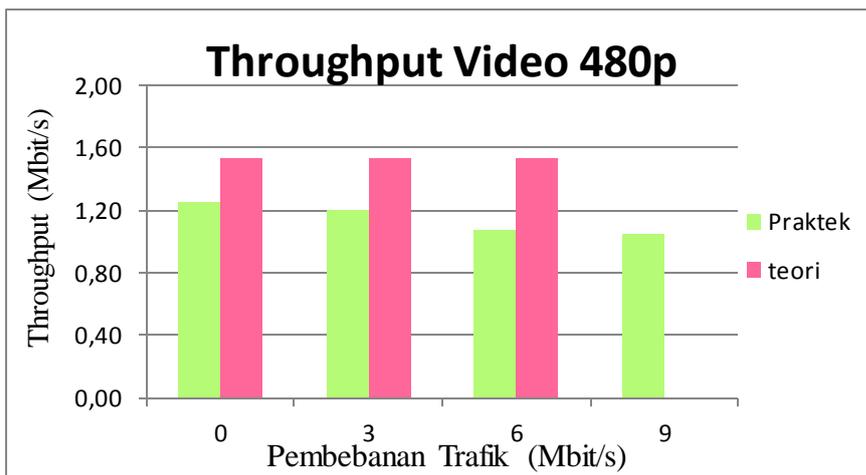
##### 1. *Throughput*

Tabel 4.13

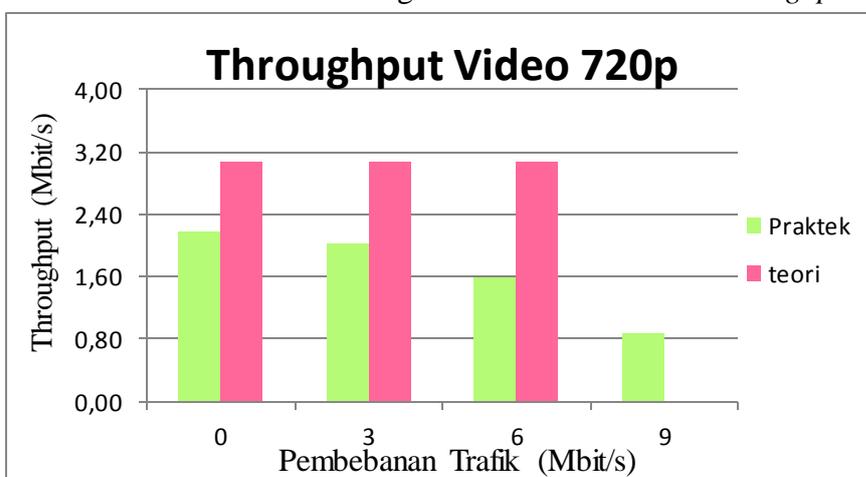
Tabel Perbandingan Nilai Teori dan Praktek *Throughput*

No	Resolusi Video	Nilai Throughput (Mbps)							
		Pembebanan Trafik (Mbps)							
		0		3		6		9	
		Praktek	Teori	Praktek	Teori	Praktek	Teori	Praktek	Teori
1	360p	0,76	0,76	0,75	0,76	0,74	0,76	0,71	0
2	480p	1,24	1,49	1,16	1,49	1,09	1,49	1,05	0
3	720p	2,18	2,97	2,03	2,97	1,57	2,97	1,04	0

Gambar 4.42 Grafik Perbandingan Teori Dan Praktek *Throughput* Video 360p



Gambar 4.43 Grafik Perbandingan Teori Dan Praktek *Throughput* Video 480p



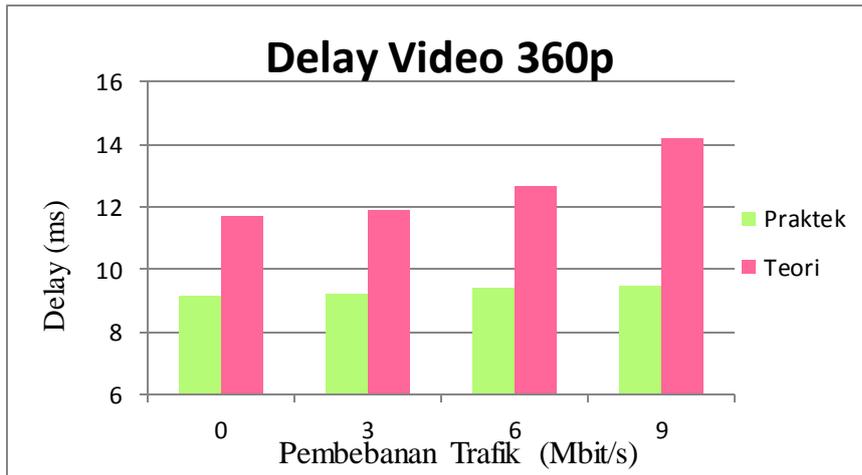
Gambar 4.44 Grafik Perbandingan Teori Dan Praktek *Throughput* Video 720p

## 2. Delay End to End

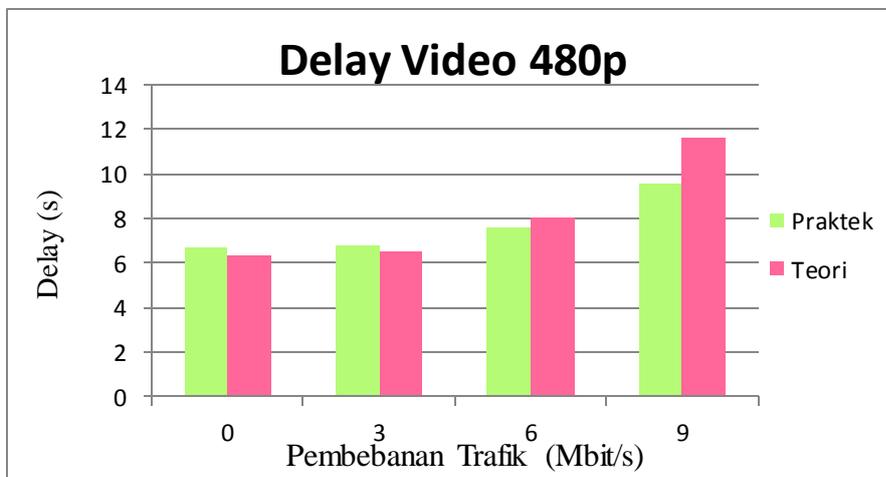
Tabel 4.14

Tabel Perbandingan Nilai Teori dan Praktek *Delay End to End*

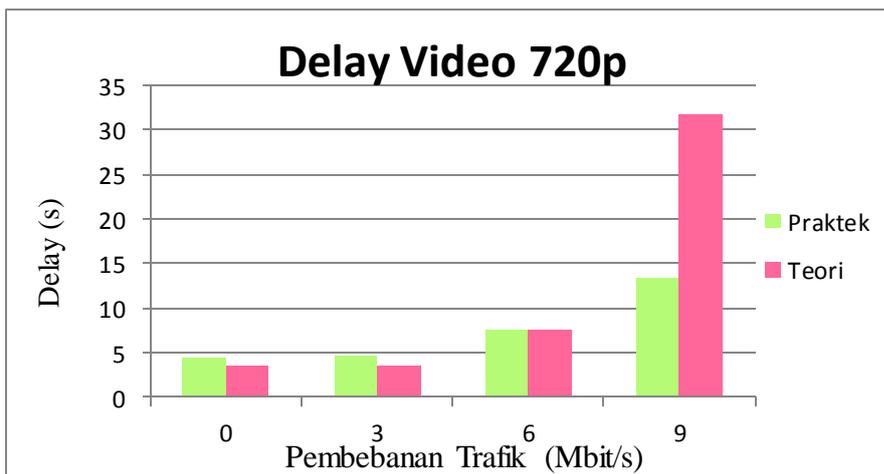
No	Resolusi Video	Nilai Delay (ms)							
		Pembebanan Trafik (Mbps)							
		0		3		6		9	
		Praktek	Teori	Praktek	Teori	Praktek	Teori	Praktek	Teori
1	360p	9,17	11,72	9,23	11,93	9,39	12,71	9,47	14,23
2	480p	6,71	6,34	6,76	6,54	7,57	8,05	9,53	11,64
3	720p	4,37	3,54	4,65	3,59	7,49	7,58	13,46	31,72



Gambar 4.45 Grafik Perbandingan Teori Dan Praktek *Delay End to End* Video 360p



Gambar 4.46 Grafik Perbandingan Teori Dan Praktek *Delay End to End* Video 480p



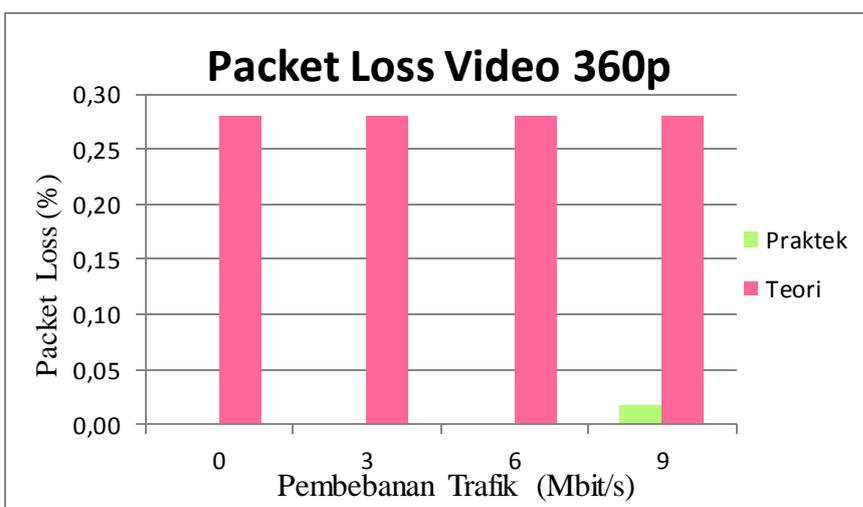
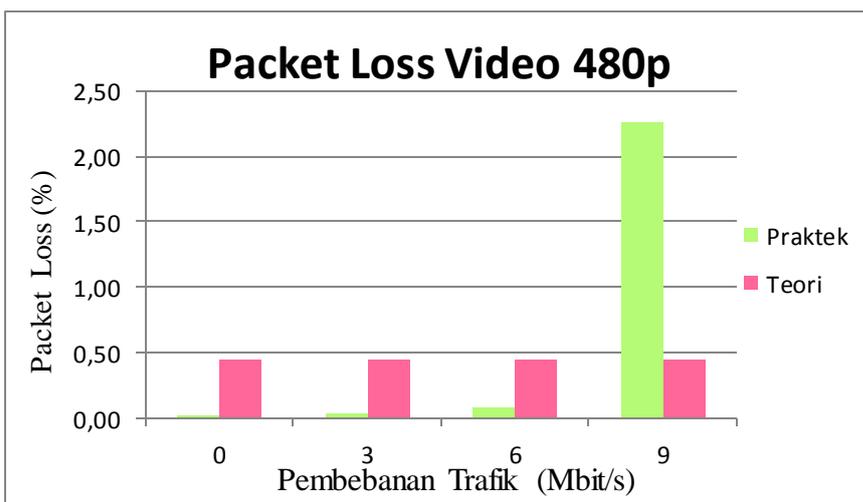
Gambar 4.47 Grafik Perbandingan Teori Dan Praktek *Delay End to End* Video 720p

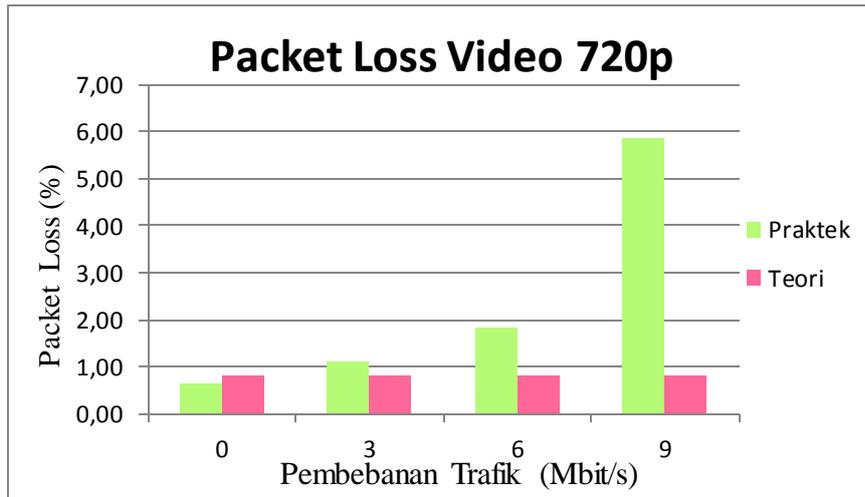
### 3. Packet Loss

Tabel 4.15

Tabel Perbandingan Nilai Teori dan Praktek *Packet Loss*

No	Resolusi Video	Nilai Packet Loss (%)							
		Pembebanan Trafik							
		0		3		6		9	
		Praktek	Teori	Praktek	Teori	Praktek	Teori	Praktek	Teori
1	360p	0,00	0,28	0,00	0,28	0,00	0,28	0,02	0,28
2	480p	0,03	0,45	0,04	0,45	0,09	0,45	2,20	0,45
3	720p	0,78	0,82	1,11	0,82	1,56	0,82	6,10	0,82

Gambar 4.48 Grafik Perbandingan Teori Dan Praktek *Packet Loss* Video 360pGambar 4.49 Grafik Perbandingan Teori Dan Praktek *Packet Loss* Video 480p



Gambar 4.50 Grafik Perbandingan Teori Dan Praktek *Packet Loss* Video 720p

Hasil perbandingan parameter menunjukkan perbedaan nilai antara hasil pengamatan secara praktek dan perhitungan teoritis. Hal tersebut dapat terjadi karena beberapa hal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.16

Tabel Alasan Perbedaan Hasil Antara Perhitungan Dan Pengamatan

No	Parameter	Pengamatan	Perhitungan
1	<i>Throughput</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nilai <i>bitrate</i> video yang digunakan mendekati nilai standar.</li> <li>• Nilai <i>Throughput</i> dipengaruhi oleh pembebanan trafik dan metode <i>schedulling</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nilai <i>bitrate</i> video yang digunakan untuk perhitungan sesuai nilai standar.</li> <li>• Perhitungan <i>Throughput</i> yang dilakukan tidak dipengaruhi oleh pembebanan trafik.</li> </ul>
2	<i>Delay end-to-end</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Delay</i> dipengaruhi oleh metode <i>schedulling</i> dari WiMAX.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perhitungan <i>Delay</i> dipengaruhi oleh besar ukuran paket.</li> </ul>
3	<i>Packet Loss</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nilai <i>packet loss</i> dipengaruhi oleh pembebanan trafik dan metode <i>schedulling</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perhitungan <i>packet loss</i> merupakan Probabilitas.</li> <li>• Perhitungan dilakukan dengan menggunakan parameter pengaturan <i>default</i> pada perangkat WiMAX.</li> </ul>

#### 4.6 QoS Layanan VoD pada WiMAX IEEE 802.16d

1. Besar nilai *Throughput* hasil pengamatan menunjukkan kenaikan nilai *throughput* seiring dengan penggunaan video resolusi tinggi. Namun ketika nilai pembebanan trafik bertambah *Throughput* akan berkurang namun tidak signifikan dikarenakan adanya *packet drop* dimana paket dibatasi untuk ditransmisikan. Metode *schedulling* BE dan nRTPS memberikan nilai *Throughput* yang lebih besar daripada metode *schedulling* lainnya.
2. Nilai rata-rata *Delay end to end* hasil pengamatan dan perhitungan teoritis dengan pembebanan trafik 0 Mbps, 3 Mbps, 6 Mbps, dan 9 Mbps untuk semua resolusi video memenuhi standar ITU-T G.114 dengan kualitas baik yaitu di bawah 150 ms. *Delay*

dengan nilai rata-rata paling besar terjadi saat menggunakan metode *scheduling* BE dan nRTPS.

3. Hasil pengamatan nilai *Packet Loss* ITU.T G.1010 untuk aplikasi VoD yang telah memenuhi standar karena memiliki *Packet Loss Ratio*  $\leq 1\%$  untuk komunikasi satu arah adalah sebagai berikut :
  - Pada resolusi video 360p nilai *Packet Loss* berkisar antara 0.00% - 0.02% mencakup semua variasi pembebanan trafik 0 Mbps sampai 9 Mbps.
  - Pada resolusi video 480p, nilai *Packet Loss* berkisar antara 0.03% - 0.09% pada pembebanan 0 Mbps sampai 6 Mbps.
  - Pada resolusi 720p, nilai *Packet Loss* sebesar 0.66% terjadi pada pembebanan 0 Mbps.
4. Pengaruh *scheduling* menunjukkan metode BE memiliki *Throughput* yang besar dibanding metode yang lainnya yaitu sebesar 0,75 Mbps untuk resolusi 360p, 1,19 Mbps untuk resolusi 480p, dan 1,76 Mbps untuk resolusi 720p. Untuk nilai *Delay*, metode *scheduling* rtPS memiliki *Delay* yang rendah dibanding metode yang lainnya yaitu sebesar 9,22 s untuk resolusi 360p, 7,34 s untuk resolusi 480p, dan 6,91 s untuk resolusi 720p. Sedangkan untuk nilai *packet loss*, metode rtPS memiliki *packet loss* yang rendah dibanding metode yang lainnya yaitu sebesar 0,00 % untuk resolusi 360p, 0,46 % untuk resolusi 480p, dan 2,15 % untuk resolusi 720p.