



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA  
TRAFFIC SCHEDULER  
WEIGHTED ROUND ROBIN (WRR) DAN  
TEMPORARY REMOVAL SCHEDULER\_ROUND ROBIN  
(TRS\_RR) PADA WiMAX**

**TESIS**

**HUSNI SAFRUDDIN  
0706173723**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM PASCA SARJANA BIDANG ILMU TEKNIK  
DEPOK  
JULI 2009**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA  
TRAFFIC SCHEDULER  
WEIGHTED ROUND ROBIN (WRR) DAN  
TEMPORARY REMOVAL SCHEDULER\_ROUND ROBIN  
(TRS\_RR) PADA WiMAX**

**TESIS**


**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik**

**HUSNI SAFRUDDIN  
0706173723**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
KEKHUSUSAN JARINGAN INFORMASI DAN MULTIMEDIA  
DEPOK  
JULI 2009**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama** : **Husni Safruddin**  
**NPM** : **0706173723**  
**Tanda Tangan** :   
**Tanggal** : **13 Juli 2009**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Husni Safruddin  
NPM : 0706173723  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Tesis : Analisis Perbandingan Kinerja Traffic Scheduler  
Weighted Round Robin (WRR) dan  
Temporary Removal Scheduler\_Round Robin (TRS\_RR)  
pada WiMAX

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Bagio Budiardjo, MSc. (.....)  
Penguji : Dr. Ir. Kalamullah Ramli, M.Eng. (.....)  
Penguji : Dr. Ir. Anak Agung Putri Ratna, M.Eng. (.....)  
Penguji : Muhammad Salman, ST., MIT. (.....)

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 13 Juli 2009

## **KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH**

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Prof. Dr. Ir. Bagio Budiardjo, MSc, selaku dosen pembimbing yang telah dengan sangat baik menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (2) Orang tua, saudara kandung, Istri dan Anak-anak saya yang senantiasa menjadi spirit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini; dan
- (3) Sahabat-sahabat saya : Kamal, Amry, Dewi, Dede, Rendy, Fauzan, Fauzi atas dukungan dan bantuannya dalam rangka penyelesaian tugas akhir ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 13 Juli 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Husni Safruddin  
NPM : 0706173723  
Program Studi : Teknik Elektro  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Tesis

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Analisis Perbandingan Kinerja Traffic Scheduler Weighted Round Robin (WRR) dan Temporary Removal Scheduler\_Round Robin (TRS\_RR) pada WiMAX**


beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 13 Juli 2009

Yang menyatakan

  
( Husni Safruddin)

## ABSTRAK

Nama : Husni Safruddin  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Analisis Perbandingan Kinerja Traffic Scheduler  
Weighted Round Robin (WRR) dan Temporary Removal  
Scheduler\_Round Robin (TRS\_RR) pada WiMAX

Kebutuhan terhadap *Broadband Wireless Access* (BWA) menjadi sangat penting dalam sistem komunikasi saat ini dan masa depan. BWA menawarkan solusi yang fleksibel, efisien dan sangat efektif dari sisi biaya (*cost-effective solution*) dalam mengatasi problem pengembangan komunikasi pada area pedesaan.

WiMAX adalah salah satu teknologi BWA masa depan yang didesain untuk melayani berbagai jenis trafik. WiMAX dapat memenuhi permintaan QoS pada berbagai aplikasi dan informasi melalui jaringan komunikasi. WiMAX juga dirancang untuk dapat menerapkan berbagai algoritma penjadwalan guna meningkatkan pelayanan terhadap permintaan kelas QoS yang berbeda. Algoritma penjadwalan sangat penting dalam WIMAX guna pemakaian sumber daya radio secara efisien.

Pada tesis ini penulis melakukan simulasi untuk membandingkan kinerja algoritma penjadwalan *Weighted Round Robin (WRR) scheduler* dan *the Temporary Removal Scheduler* yang dikombinasikan dengan *Round Robin (TRS\_RR)* pada kelas *QoS rtPS* dengan menggunakan *Network Simulator (NS-2)*. Simulasi dilakukan pada beberapa modulasi. Berdasarkan pengamatan terhadap *throughput* dan *jitter*, ternyata WRR memiliki besaran *throughput* dan *jitter* yang sedikit lebih baik daripada TRS\_RR pada berbagai modulasi yang disimulasikan.

Kata Kunci : BWA, WiMAX, QoS, WRR, TRS\_RR, rtPS, NS-2, *throughput*,  
*jitter*

## **ABSTRACT**

Name : Husni Safruddin  
Study Program : *Electrical Engineering*  
Title : *Performance Comparison Analisis of the Weighted Round Robin (WRR) and the Temporary Removal Scheduler\_Round Robin (TRS\_RR) Traffic Scheduler on WiMAX*

*The demand for Broadband Wireless Access (BWA) becomes more and more important for current and future communication systems. BWA offers a flexible, efficient and cost-effective solution especially to deploy in remote areas.*

*WiMAX is the next generation of BWA technology that was designed to serve all kind of traffic. Therefore, WiMAX is required to fulfill QoS requirements of any applications and information passing over the network. WiMAX enable to use any scheduling algorithms to improve their service on different QoS class. Scheduling algorithms are of utmost importance in WiMAX for efficient use of radio resources.*

*The focuss of this paper is to compare the performance between the Weighted Round Robin (WRR) scheduler and the Temporary Removal Scheduler that combined with Round Robin (TRS\_RR) on the real-time Polling Service (rtPS) QoS class using the Network Simulator (NS-2). The simulation running in several modulation. Base on the throughput and jitter, WRR scheduler posses throughput and jitter small better compare with TRS-RR on overall simulation modulation.*

*Keywords : BWA, WiMAX, QoS, WRR, TRS\_RR, rtPS, NS-2, throughput, jitter*



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL ... ..</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN .....	2
1.3 PEMBATASAN MASALAH .....	2
1.4 METODOLOGI PENELITIAN .....	3
1.5 SISTEMATIKA PEMBAHASAN .....	3
<b>BAB II TEORI DASAR .....</b>	<b>5</b>
2.1 PERKEMBANGAN WIRELESS .....	5
2.2 BROADBAND WIRELESS ACCES .....	6
2.3. WIMAX .....	7
2.3.1. Standarisasi WiMAX .....	9
2.3.2. Struktur Layer .....	12
2.3.3. Quality of Service (QOS) .....	15
2.3.4. Algoritma Penjadwalan .....	18
2.3.5. Parameter Kinerja .....	20

2.4. NS 2.29 .....	20
2.4.1. Komponen Pembangun NS-2 .....	21
2.4.2. Hubungan Antar Komponen Pembangun NS-2 .....	22
2.4.3. Cara Membuat dan Menjalankan Script NS .....	23
2.4.4 File Trace.....	24
<b>BAB III PERANCANGAN SIMULASI JARINGAN .....</b>	<b>25</b>
3.1. APLIKASI YANG DIGUNAKAN .....	25
3.1.1. VMWare .....	26
3.1.2. Linux .....	26
3.1.3 NS-2 Versi 2.29 .....	27
3.2. PENETAPAN TRAFIK .....	27
3.2.1. Jenis Trafik .....	27
3.2.2. QoS .....	27
3.2.3. Scheduling .....	28
3.2.4 Parameter Kinerja yang diukur.....	28
3.2.5 Skenario Simulasi .....	28
3.3 PEMBANGUNAN SIMULASI .....	28
3.4 PEMBUATAN SIMULASI .....	28
3.5 RENCANA IMPLEMENTASI .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA .....</b>	<b>31</b>
4.1. PARAMETER UTAMA DALAM SIMULASI .....	31
4.2. MENJALANKAN SIMULASI .....	32
4.3. PERBANDINGAN DAN ANALISA HASIL SIMULASI .....	34
4.3.1. NAM .....	34
4.3.2. <i>Throughput</i> .....	35
4.3.3. <i>Jitter</i> .....	40
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>46</b>
<b>DAFTAR ACUAN.....</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Posisi Wimax diantara Jaringan Nirkabel .....	7
Gambar 2.2. Point to Point WiMAX .....	9
Gambar 2.3. Point to Multi Point WiMAX Network Topology .....	9
Gambar 2.4. Evolusi Standar WiMAX .....	10
Gambar 2.5. Evolusi Kemampuan Mobilitas WiMAX .....	10
Gambar 2.6. Struktur Layer WiMAX .....	12
Gambar 2.7. Orthogonal Frequency Division Multiplexing .....	15
Gambar 2.8. Radius Relatif Terhadap Modulasi dan Matrik Kecepatan Data ...	18
Gambar 2.9. Paket Antrian untuk Algoritma Penjadwalan WRR .....	19
Gambar 2.10. Simplified User's View of NS .....	21
Gambar 2.11. C++ and OTcl: The Duality .....	22
Gambar 2.12. Hubungan Antar Komponen Pembangun NS-2 .....	22
Gambar 2.13. Contoh script dari NS-2 .....	23
Gambar 2.14. Contoh Simulasi Topologi Jaringan .....	23
Gambar 2.15. Flowchart pada 'ns filename.tcl' .....	24
Gambar 3.1. Topologi jaringan .....	25
Gambar 3.2. Interaksi pemakai dan UNIX .....	26
Gambar 3.3. Tahapan Kerja Implementasi Penelitian .....	30
Gambar 4.1. Gambar Animasi dari Topologi yang berhasil dibangun .....	34
Gambar 4.2. Grafik Perbandingan <i>Throughput WRR</i> pada berbagai Modulasi .	35
Gambar 4.3. Grafik Perbandingan <i>Throughput TRS_RR</i> pada berbagai Modulasi .....	36
Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Throughput WRR dan TRS_RR pada Modulasi QPSK 3/4 .....	37
Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Throughput WRR dan TRS_RR pada Modulasi 16 QAM 3/4.....	38
Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Throughput WRR dan TRS_RR pada Modulasi 64 QAM 3/4.....	39
Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Jitter WRR pada berbagai Modulasi .....	40
Gambar 4.8. Grafik Perbandingan Jitter TRS_RR pada berbagai Modulasi .....	41
Gambar 4.9. Grafik Perbandingan Jitter WRR dan TRS_RR pada Modulasi QPSK 3/4 .....	42
Gambar 4.10. Grafik Perbandingan Jitter WRR dan TRS_RR pada Modulasi 16 QAM 3/4 .....	43
Gambar 4.11. Grafik Perbandingan Jitter WRR dan TRS_RR pada Modulasi 64 QAM 3/4 .....	44

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Perbandingan Jenis Jaringan Nirkabel .....	6
Tabel 2.2. Perbandingan Perkembangan Teknologi Wireless .....	7
Tabel 2.3. Perbandingan Standar WiMAX .....	11
Tabel 2.4. Aplikasi WiMAX .....	11
Tabel 2.5. Skema Modulasi pada Kanal .....	13
Tabel 2.6. Perbandingan Class QoS .....	17
Tabel 4.1. Parameter Utama dalam Simulasi .....	31

## DAFTAR SINGKATAN

ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
DL	<i>Down Link</i>
FDD	<i>Frequency Division Duplexing</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>
Nam	<i>Network Animator</i>
NS	<i>Network Simulator</i>
NS-2	NS versi 2
OFDM	<i>Orthogonal Frekuensi Division Multiplexing</i>
Otcl	<i>Object Tcl</i>
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
QPSK	<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
Tcl	<i>Tool command language</i>
Tclcl	<i>Tcl/C++ Interface</i>
TDD	<i>Time Division Duplexing</i>
TDM	<i>Time Division Multiplexing</i>
TDMA	<i>Time Division Multiplexing Access</i>
Tk	<i>Tool kit</i>
UL	<i>Up Link</i>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jaringan nirkabel (*wireless*) memainkan peran yang sangat penting dalam kehidupan manusia di tempat kerja, di rumah dan di tempat-tempat umum<sup>[1]</sup>. Jaringan nirkabel ini memungkinkan orang untuk dapat berkomunikasi serta mengakses berbagai komunikasi dan informasi tanpa kabel (nirkabel). Kondisi ini tentu saja memberikan kebebasan bergerak bagi penggunanya.

Sejalan dengan semakin tingginya kebudayaan manusia, maka kebutuhan terhadap perangkat telekomunikasi akan semakin kompleks. Saat ini kebutuhan telekomunikasi tidak hanya terbatas pada komunikasi suara, melainkan juga sudah merambah kepada komunikasi data, gambar dan video. Komunikasi multimedia sudah menjadi keharusan dan hal ini dimungkinkan karena telah terjadi konvergensi beberapa layanan seperti data, suara, gambar dan video<sup>[2]</sup>.

Berbagai aplikasi layanan tersebut dimungkinkan karena adanya perkembangan yang terus menerus dalam teknologi telekomunikasi. Apabila semula, komunikasi dipancarkan dengan teknologi yang bersifat *narrowband*, yaitu jalur pita sempit dengan kemampuan rendah (baik transfer datanya maupun jumlah kanal yang dibawa), maka sekarang telah menggunakan *broadband*, yaitu jalur pita lebar dengan kemampuan tinggi (transfer data lebih cepat dengan jumlah kanal lebih banyak). Hal ini sangat tepat diterapkan untuk komunikasi multimedia.

Pada jaringan wireless, hal ini dikenal dengan *Broadband Wireless Access* (BWA), yaitu teknologi wireless yang mampu memberikan layanan data kecepatan tinggi dengan bandwidth yang terbatas. WiMAX (*Wireless Interoperability for Microwave Access*) adalah salah satu teknologi *Broadband Wireless Access* paling populer saat ini <sup>[3]</sup>. WiMAX ini menggunakan standar IEEE 802.16.

Banyak keunggulan yang ditawarkan WiMAX, seperti akses kecepatan tinggi (sampai 75 mbps) dan jarak jangkauan sampai 30 mil pada kondisi NLOS, 32 – 134 mbps dan jarak jangkauan 1-3 mil pada kondisi LOS. Keunggulan lainnya adalah WiMAX menawarkan QoS yang berbeda sesuai dengan aplikasi yang diinginkan

*user*, seperti *class* UGS (VoIP), rtPS (*streaming* video atau audio), ertPS (VoIP dengan *detection activity*), nrtPS (*file transfer protocol*) dan BE (transfer data, web, browsing)<sup>[4]</sup>.

Disamping itu, WiMAX juga memungkinkan diterapkannya algoritma penjadwalan guna mengantisipasi keterbatasan sumber daya radio yang ada. Dengan algoritma penjadwalan ini, efisiensi pemanfaatan sumberdaya radio dapat ditingkatkan dalam rangka meningkatkan pelayanan kepada user sesuai QoS yang diinginkan. Standard WiMAX tidak menetapkan algoritma penjadwalan tertentu, sehingga operator dapat menentukan sendiri algoritma penjadwalan yang dipakai, sesuai kebijakannya<sup>[5]</sup>.

Dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi jaringan WIMAX menggunakan NS-2, dengan fokus utama pada kelas QoS rtPS dan menggunakan algoritma penjadwalan WRR dan TRS\_RR. Adapun parameter kinerja yang akan dianalisa adalah *throughput* dan *jitter*.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam Tesis ini adalah :

1. Merancang simulasi jaringan WiMAX yang dijalankan pada Network Simulator (NS-2).
2. Mengimplementasikan dan mensimulasikan trafik pada kelas rtPS dengan menggunakan algoritma penjadwalan WRR dan TRS\_RR.
3. Mengimplementasikan dan mensimulasikan trafik pada kelas rtPS dengan menggunakan tipe modulasi yang berbeda.
4. Menganalisa pengaruh algoritma penjadwalan WRR dan TRS\_RR pada modulasi yang berbeda terhadap besarnya *throughput* dan *Jitter* pada rtPS class.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada simulasi rtPS *class* dengan memakai algoritma penjadwalan WRR dan TRS\_RR. Simulasi tersebut dijalankan pada *Network Simulator 2* (NS-2) versi 2.29 dengan menggunakan modul *patch-QoS-WiMAX\_prerelease-10-27-2008*<sup>[6]</sup> dan *QoS-includedWiMAX\_27.10.2008.tar.gz*<sup>[7]</sup>. Sedangkan parameter yang diukur adalah *throughput* dan *jitter*.

#### 1.4 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metodologi sebagai berikut :

##### a Studi literatur

Melakukan studi literatur terhadap bahan-bahan yang didapat baik dari internet, bahan-bahan kuliah maupun buku-buku bacaan, sebagai landasan teori yang digunakan berkaitan dengan masalah penelitian.

##### b Penetapan Jenis QoS dan Algoritma Penjadwalan

Melakukan pemilihan jenis QoS yang akan dianalisa serta algoritma penjadwalan yang akan digunakan dan menyusun skenario simulasi.

##### c Pemodelan Sistem

Membuat topologi jaringan yang akan digunakan untuk mensimulasikan jenis QoS *class* dan algoritma penjadwalan yang telah ditentukan dan membangun system simulasi yang direncanakan.

#### 1.5 Sistematika Pembahasan

Tesis ini terdiri dari 5 bab, dimana masing-masing bab mempunyai hubungan satu dengan yang lainnya.

##### BAB 1 PENDAHULUAN

Menjelaskan secara singkat latar belakang, tujuan penelitian, pembatasan masalah dan metodologi penelitian

##### BAB 2 DASAR TEORI

Menjelaskan teori dasar untuk penyelesaian penelitian ini. Teori dasar yang diberikan meliputi sejarah perkembangan Wireless, BWA, Teknologi WiMax dan beberapa spesifikasinya (varian WiMAX, QoS, algoritma penjadwalan, teknik modulasi, parameter kinerja), Network simulator (NS-2).

##### BAB 3 PERANCANGAN SIMULASI JARINGAN

Menjelaskan topologi jaringan, aplikasi yang digunakan dalam membangun simulasi, penetapan trafik, pembangunan simulasi dan rencana implementasi

##### BAB 4 HASIL DAN ANALISA

Bab ini menjabarkan hasil penelitian yang dilakukan dan analisa terhadap hasil yang diperoleh dari simulasi.



## BAB 5 KESIMPULAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan akhir dari penelitian ini.

## BAB II TEORI DASAR

### 2.1 Perkembangan Wireless

Jaringan *wireless* memungkinkan orang melakukan komunikasi dan mengakses aplikasi dan informasi tanpa kabel (nirkabel). Hal ini dapat memberikan kebebasan bergerak dan kemampuan memperluas aplikasi ke berbagai bagian gedung, kota dan bahkan hampir seluruh tempat di dunia.

Seperti jaringan yang berbasis kabel, jaringan nirkabel membawa informasi di antara perangkat-perangkat komputer. Informasi tersebut bisa berupa pesan e-mail, file, halaman web, rekaman database, bahkan streaming video ataupun suara. Jaringan nirkabel memanfaatkan baik gelombang radio maupun sinar inframerah untuk berkomunikasi antara pengguna, server dan database<sup>[1]</sup>.

Beberapa jenis jaringan nirkabel dapat dikelompokkan sebagai berikut guna memenuhi kebutuhan pengguna yang berbeda-beda<sup>[1]</sup>:

- *Personal-Area Network* (PAN) nirkabel, memiliki jangkauan relatif pendek (sekitar 15 meter) dan hanya efektif untuk memenuhi kebutuhan dalam ruang yang sempit atau lingkup pribadi. Performa PAN nirkabel termasuk sedang, dengan kecepatan transfer data mencapai 2 Mbps.
- *Local-Area Network* (LAN) nirkabel, memiliki jangkauan dalam suatu area terbatas, seperti di dalam atau di sekitar gedung perkantoran, pabrik dan perumahan. Performa LAN nirkabel termasuk tinggi dengan kecepatan transfer data mencapai 54 Mbps.
- *Metropolitan-Area Network* (MAN) nirkabel, mencakup wilayah seukuran kota. Dalam berbagai kasus, beberapa aplikasi mengharuskan sambungan tetap (*fixed connectivity*), namun beberapa implementasi memungkinkan mobilitas. Performa MAN nirkabel beragam. Koneksi yang menggunakan sinar inframerah di antara gedung-gedung dapat mencapai 100 Gbps, sedangkan sambungan radio yang menjangkau 20 mil hanya mampu menghasilkan 100 kbps. Namun performa sesungguhnya tergantung pada pemilihan jenis teknologi dan komponennya.

- *Wide-Area Network* (WAN) nirkabel, menawarkan aplikasi mobile yang menjangkau wilayah luas, seperti negara atau benua. Performa WAN nirkabel relatif rendah dengan kecepatan data mencapai 170 kbps sedangkan kecepatan normalnya adalah 56 kbps.

Tabel 2.1. memperlihatkan perbandingan ringkas bentuk-bentuk jaringan nirkabel tersebut. Setiap jenis jaringan nirkabel memiliki sifat yang saling memenuhi kebutuhan-kebutuhan yang berlainan.

Tabel 2.1. Perbandingan Jenis Jaringan Nirkabel <sup>[1]</sup>

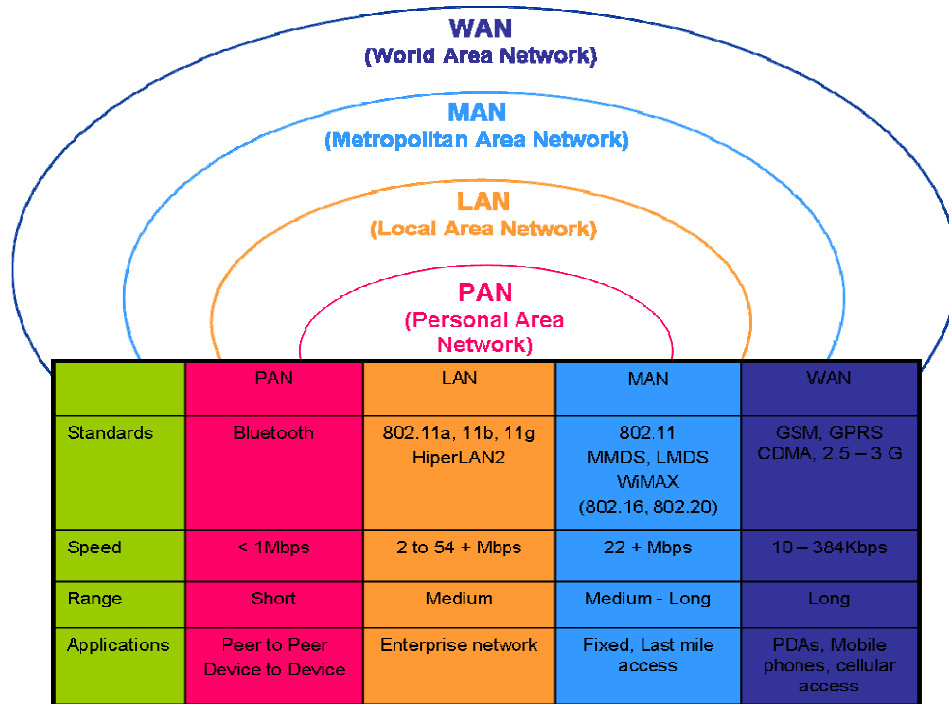
Jenis	Jangkauan	Performa	Standar	Aplikasi
PAN nirkabel	Dalam jangkauan perorangan	Sedang	Bluetooth, IEEE 802.15, IrDA	Menggantikan kabel pada periperal
LAN nirkabel	Di dalam/sekitar gedung	Tinggi	IEEE 802.11, Wi-Fi, dan HiperLAN	Perluasan mobile pada jaringan berkabel
MAN nirkabel	Dalam Kota	Tinggi	Paten, IEEE 802.16 dan WiMAX	Nirkabel tertentu di antara perumahan dan tempat bisnis serta internet
WAN nirkabel	Seluruh Dunia	Rendah	CDPD dan Selular 2G, 2,5G, 3G	Akses mobile ke Internet dari ruang outdoor

## 2.2. Broadband Wireless Access

Broadband Wireless Access (BWA) atau akses nirkabel pita lebar adalah teknologi akses yang dapat menawarkan akses data/internet berkecepatan tinggi dan berkemampuan menyediakan layanan kapan dan dimanapun (*anywhere anytime*) dengan menggunakan layanan nirkabel<sup>[8]</sup>. Teknologi BWA sangat fleksibel, efisien dan solusi yang sangat efektif dari sisi biaya (*cost-effective solution*) dalam mengatasi problem akses broadband kabel (pada area pedesaan)<sup>[3]</sup>.

Teknologi BWA terkini adalah WiMAX (*Worldwide Interporability for Microwave Access*). WiMAX adalah teknologi broadband yang sangat menjanjikan di masa kini dan mendatang<sup>[2]</sup>. Standar BWA yang saat ini umum diterima dan secara luas digunakan adalah standar yang dikeluarkan oleh Institute of Electrical and Electronics Engineering (IEEE), seperti standar 802.15 untuk

Personal Area Network (PAN), 802.11 untuk jaringan Wireless Fidelity (WiFi), dan 802.16 untuk jaringan Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX).



Gambar 2.1. Posisi Wimax diantara Jaringan Nirkabel <sup>[9]</sup>

### 2.3. WiMAX

WiMAX merupakan evolusi dari teknologi BWA sebelumnya dengan fitur-fitur yang lebih menarik. WiMAX merupakan sebuah standar untuk *Wireless Metropolitan Area Network* (WMAN) yang merupakan *air interface* untuk aplikasi BWA sebagai landasan untuk teknologi *wireless multimedia* generasi (4G)<sup>[4]</sup>.

Tabel 2.2. Perbandingan Perkembangan Teknologi Wireless <sup>[10]</sup>

	WiFi 802.11g	WiMAX 802.16- 2004*	WiMAX 802.16e	CDMA2000 1x EV-DO	WCDMA/ UMTS
Approximate max reach (dependent on many factors)	100 Meters	8 Km	5 Km	12 Km	12 Km
Maximum	54 Mbps	75 Mbps	30 Mbps	2.4 Mbps	2 Mbps (10+

<i>throughput</i>		(20 MHz band)	(10 MHz band)	(higher for EV-DV)	Mbps for HSDPA)
Typical Frequency bands	2.4 GHz	2-11 GHz	2-6 GHz	400,800,900,1700,1800,1900,2100 MHz	1800,1900,2100 MHz
Application	Wireless LAN	Fixed Wireless Broadband (eg-DSL alternative)	Portable Wireless Broadband	Mobile Wireless Broadband	Mobile Wireless Broadband

WiMAX memiliki kecepatan akses yang tinggi dengan jangkauan yang luas. WiMAX dapat melayani para subscriber, baik dalam posisi *Line Of Sight* - LOS (posisi perangkat-perangkat yang ingin berkomunikasi masih berada dalam jarak pandang yang lurus dan bebas dari penghalang apa pun di depannya) dengan BTS, maupun dalam posisi *Non-Line Of Sight* - NLOS.

WiMAX menyediakan transmisi non line-of-sight (NLOS) sampai 6-10 km (4-6 miles) untuk *Customer Premise Equipment (CPE) fixed*. Kemampuan NLOS pada WiMAX ditunjang oleh penerapan beberapa inovasi teknologi antara lain.<sup>[9]</sup>

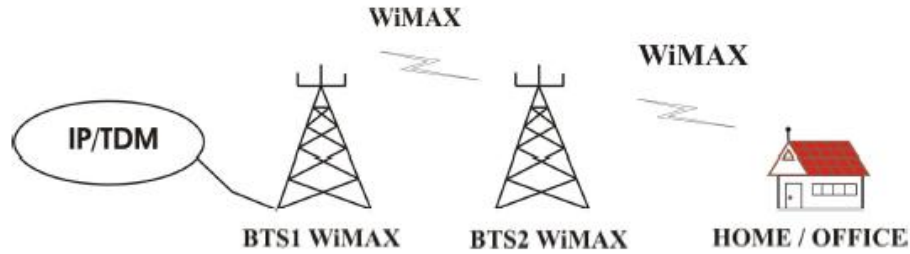
- Teknologi OFDM dan sub-kanalisis (*sub-channelization*)
- Antena direksional (*directional antenna*)
- Diversitas pada transmitter dan receiver
- Modulasi adaptif dan teknik *error correction*
- Pengendalian daya

WiMAX juga merupakan teknologi dengan open standar. Dalam arti komunikasi perangkat WiMAX diantara beberapa vendor yang berbeda tetap dapat dilakukan (tidak *proprietary*).

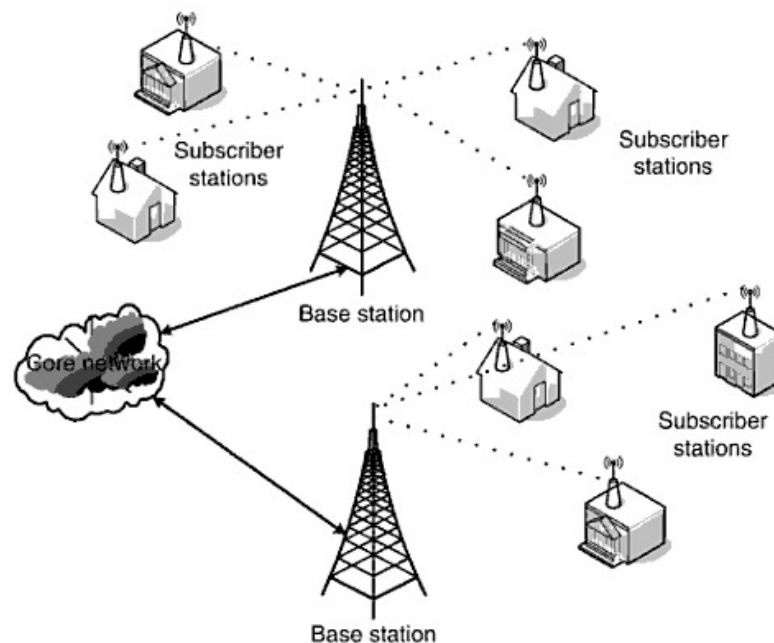
### Topologi Jaringan

802.16 terbagi dalam 2 (dua) jaringan topologi WiMAX, yaitu *Point to Point* (PTP) dan *Point to Multipoint* (PMP). PTP merujuk kepada koneksi antara dua *node* yaitu terminal *Base Station Subscriber*. Pemakaian PTP ini tidak efisien dan sangat mahal, oleh karena itu hanya digunakan untuk melayani konsumen khusus yang memerlukan bandwidth yang amat sangat tinggi<sup>[3]</sup>. Dalam topologi ini keseluruhan bandwidth yang tersedia digunakan untuk satu koneksi saja.

Pada PMP sekelompok terminal *Subscriber* terhubung secara sendiri-sendiri kepada terminal *Base Station*. Hal ini merupakan pilihan terbaik bagi pelanggan yang tidak memerlukan keseluruhan bandwidth yang disediakan *Base Station*.



Gambar 2.2 Point to Point WiMAX



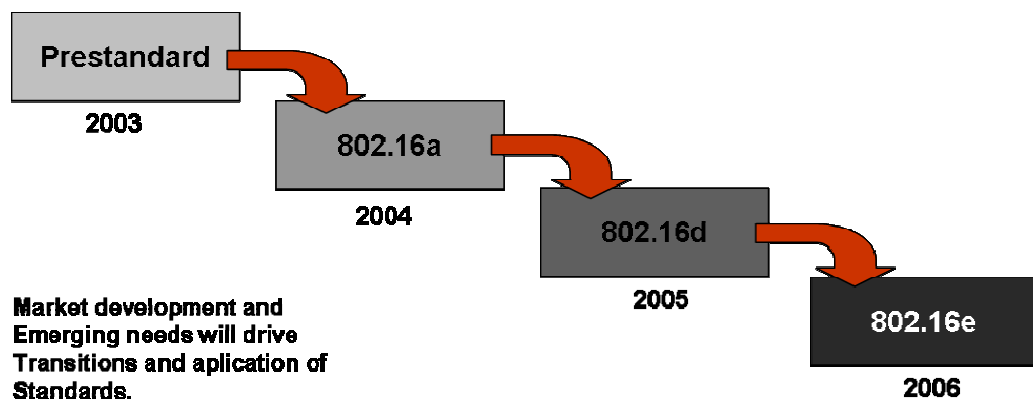
Gambar 2.3 Point to Multi Point WiMAX Network Topology <sup>[3]</sup>

### 2.3.1. Standarisasi WiMAX

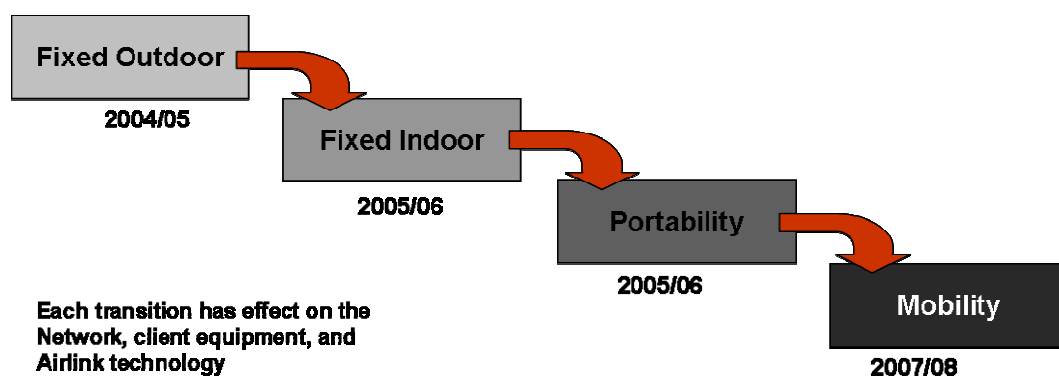
WiMAX merupakan standar internasional BWA yang mengacu kepada standar IEEE 802.16. Standar ini kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh forum gabungan antar perusahaan-perusahaan dunia terkait (produsen produk-produk wireless, produsen chip, operator selular). Tujuan pengembangan standarisasi ini adalah membantu industri dalam menyediakan peralatan yang kompatibel dan dapat dioperasikan lintas segmen broadband dan mengkomersialkan produk-produk WiMAX<sup>[3]</sup>.

Pengembangan teknologi WiMAX terjadi secara evolutif dalam beberapa tahap. Standar IEEE 802.16 terbagi lagi dalam beberapa kategori yaitu : (i) IEEE 802.16a yaitu untuk standar BWA yang belum *open standard* atau biasa disebut dengan *Pre-WiMAX*. Selanjutnya standard ini mengalami pembaruan, menjadi versi 802.16b, 802.16c dan terakhir 802.16d (2004) untuk WiMAX *fixed/nomadic* yang telah open standard. Sedangkan perkembangan WiMAX terakhir adalah IEEE 802.16e yang telah diratifikasi pada tahun 2005 serta mendukung *portability* dan *mobility*. *Mobile WiMAX* (IEEE 802.16e) mempunyai kemampuan dalam mengoptimalkan kanal radio nirkabel yang dinamis<sup>[11]</sup>.

Berikut gambaran tentang evolusi dan perbandingan kemampuan standard WiMAX tersebut.



Gambar 2.4. Evolusi Standar WiMAX <sup>[9]</sup>



Gambar 2.5. Evolusi Kemampuan Mobilitas WiMAX <sup>[9]</sup>

Tabel 2.3. Perbandingan Standar WiMAX<sup>[4]</sup>

	802.16	802.16a	802.16 - 2004	802.16e
Frequency range	10 – 66 GHz	2 – 11 GHz	2 – 11, 10 – 66 GHz	2 – 6 GHz
Channel conditions	LOS only	NLOS	NLOS	NLOS
Channel BW	20, 25 and 28 MHz	1,25 – 28 MHz	1,25 – 28 MHz	1,25 – 20 MHz
Modulasi scheme	QPSK, 16QAM, 64 QAM	OFDM, QPSK, 16 QAM, 64 QAM	OFDM, QPSK, 16 QAM, 64 QAM	OFDM, QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Network architecture supported	PTP, PMP	PTP, PMP, mesh	PTP, PMP, mesh	PTP, PMP, mesh
Bit rate	32 – 134 Mbps	Up to 75 Mbps	Up to 75 Mbps	Up to 15 Mbps
Mobility	Fixed	Fixed	Fixed	Pedestrian, mobility – regional roaming, maximum mobility support 125 km/h
Typical cell radius	1 – 3 miles	Max range is 30 miles	Max range is 30 miles	1 - 3 miles
Application	Replacement of E1/ T1 services for enterprises, backhaul for hot spots, residential broadband access, SOHO (small office/home office)	Alternative to E1/T1, DSL, cable backhaul for cellular and WiFi, VoIP, internet connection	802.16 + 802.16a applications.	802.16 – 2004 + fixed VoIP, QoS based applications, and enterprise networking

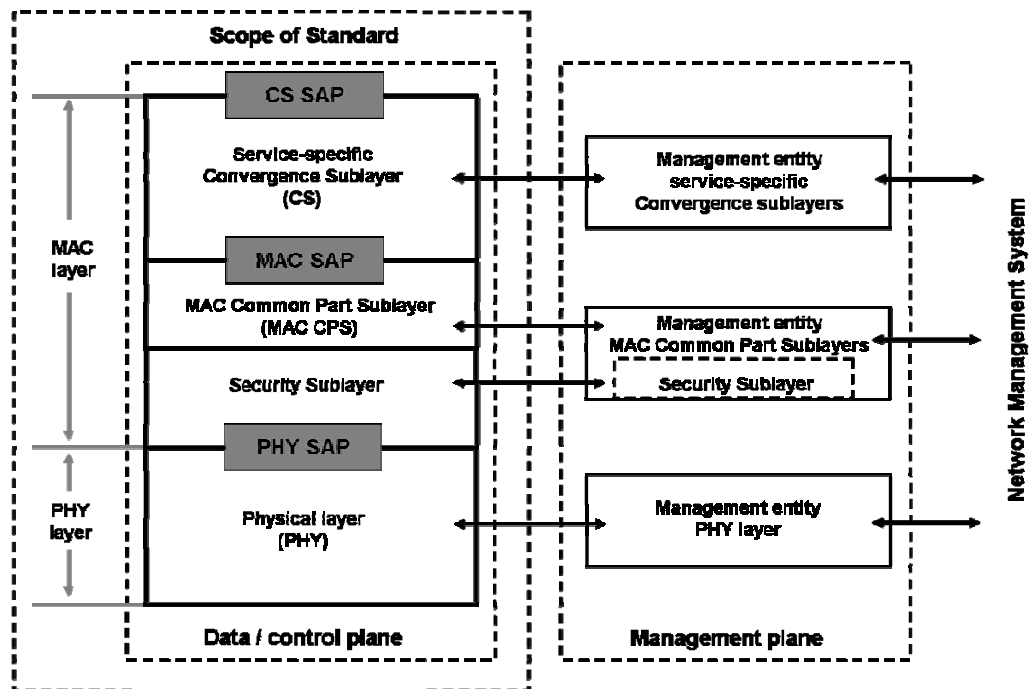
Tabel 2.4. Aplikasi WiMAX<sup>[4]</sup>

Class description	Application type	Bandwidth	Latency	Jitter	Packet loss
Interactive gaming	Interactive gaming	50 – 85 kbps	< 25 msec	N/A (not applicable)	0
VoIP, Video conference	VoIP	4 – 64 kbps	160 msec	< 50 msec	< 1 %
	Video phone	32 – 384 kbps	160 msec	< 50 msec	< 1 %
Streaming Media	Music / speech	5 – 126 kbps	N/A	< 100 msec	< 1 %
	Video clips	20 – 384 kbps		< 100 msec	audio,
	Movies streaming	> 2 Mbps		< 100 msec	< 2 % video
Information Technology	Instant messaging	< 250 byte messages	N/A	N/A	0
	Web browsing	> 500 kbps			
	Email (with attachment)	> 500 kbps			
Media content download	Bulk data, movie download Peer to peer	> 1 Mbps > 500 kbps	N/A	N/A	< 10 <sup>-8</sup>



### 2.3.2. Struktur Layer

Karakteristik standar WiMAX ditentukan oleh spesifikasi teknis dari *PHY Layer* dan *MAC Layer*. *PHY Layer* menjalankan fungsi mengalirkan data di level fisik. Sedangkan *MAC Layer* berfungsi sebagai penterjemah protokol-protokol yang ada di atasnya seperti ATM dan IP. Perbedaan karakteristik kedua layer ini juga akan membedakan varian-variannya<sup>[9]</sup>.



Gambar 2.6. Struktur Layer WiMAX

#### - PHY Layer

Pada PHY Layer ini, fungsi-fungsi penting yang diatur adalah OFDM, sistem *duplex*, *adaptive modulation*, *variable error correction* dan *adaptive antenna system* (AAS). Teknologi OFDM memungkinkan komunikasi berlangsung dalam kondisi *multipath* LOS dan NLOS antara SS dan BS. Fitur PHY untuk sistem duplex pada standar WiMAX bisa diterapkan hanya FDD, TDD atau keduanya (FDD dan TDD). Penggunaan kanalnya dari 1.7 MHz sampai dengan 20 MHz.

#### - MAC

Protokol pada MAC didisain untuk aplikasi PMP (*Point to Multi Point*), dimana mekanisme pengalokasiannya dipersiapkan untuk menangani ratusan

terminal per kanal dan setiap terminal dimungkinkan lagi untuk penggunaan secara bersama (*sharing*) dengan beberapa pengguna akhir (*end user*). Digunakan dua jalur data berkecepatan tinggi untuk komunikasi dua arah antara BS (*Base Station*) dan SS (*Subscriber Station*), yaitu *Up Link* (UL) untuk komunikasi menuju BS dan *Down Link* (DL) untuk komunikasi dari BS.

MAC Layer memiliki peran penting dalam menentukan QoS dan algoritma penjadwalan. WiMAX MAC *Layer* dirancang untuk mendukung berbagai aplikasi dan servis yang mensyaratkan QoS *class* yang berbeda<sup>[5]</sup>.

MAC pada WiMax menggunakan metode akses yang berbasis algoritma penjadwalan (*scheduling algorithm*). Dengan algoritma penjadwalan ini, maka bila setelah sebuah terminal mendapat garansi untuk memperoleh sejumlah sumber daya (seperti *timeslot*), maka jaringan nirkabel akan terus memberikan sumber daya ini selama terminal membutuhkannya.

### Teknologi Modulasi

IEEE 802.16 menggunakan skema *single-carrier modulation* dimana keseluruhan paket ditransmisikan secara *sequensial* melalui sebuah *single frequensi carrier*. Terdapat tiga skema modulasi yang didukung : QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*), 16 QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) dan 64 QAM<sup>[3]</sup>.

Tabel 2.5. Skema Modulasi pada Kanal

Bit Rates and Channel Sizes			
Channel Size (MHz)	Bit Rate (Mbps)		
	QPSK	16 QAM	64 QAM
20	32	64	96
25	40	80	120
28	44.8	89.6	134.4

Source : Reprinted with permission from IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16 : Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, () IEEE 2002.

### ***Phase Shift-Keying (PSK)***

PSK membuat sedikit perubahan pada interval sinyal pembawa (melakukan pergeseran interval) – meskipun frekuensinya konstan - untuk menghadirkan informasi supaya dapat dirambatkan melalui udara<sup>[1]</sup>.

### ***Quadrature phase-shift keying (QPSK)***

QPSK ini sering dikenal sebagai *quaternary or quadriphase PSK*, 4-PSK, or 4-QAM. QPSK menggunakan 4 kode pada diagram konstelasi. Dengan 4 phase ini, QPSK bisa meng-encode *2 bits per symbol*<sup>[1]</sup>.

### ***Quadrature Amplitude Modulation (QAM)***

QAM menyebabkan amplitudo dan interval sinyal pembawa berubah dalam penggambaran pola data yang sering disebut juga simbol. Kelebihan QAM adalah kemampuannya untuk merepresentasikan sejumlah besar bit sebagai amplitudo tunggal maupun kombinasi interval<sup>[1]</sup>.

Di UK, 16 QAM dan 64 QAM saat ini digunakan pada *digital terrestrial television*<sup>[12]</sup>.

### ***Teknologi Duplexing***

IEEE 802.16 mendukung *Frequency Division Duplexing (FDD)* dan *Time Division Duplexing (TDD)*. FDD mensyaratkan dua kanal : satu untuk transmisi dan satu untuk penerima. TDD memakai satu kanal yang digunakan bersama untuk *Uplink* dan *Downlink* tetapi dipisahkan oleh *time slots* yang berbeda. FDD dirancang untuk trafik simetris dengan spektrum efisiensi yang rendah dan mahal tapi *delay* paling kecil. TDD mendukung trafik simetris maupun asimetris, paling baik dalam memakai frekuensi, tetapi tidak dapat mengirim dan menerima dalam waktu yang sama. FDD cocok untuk digunakan pada trafik suara, sedangkan TDD untuk transfer data<sup>[3]</sup>.

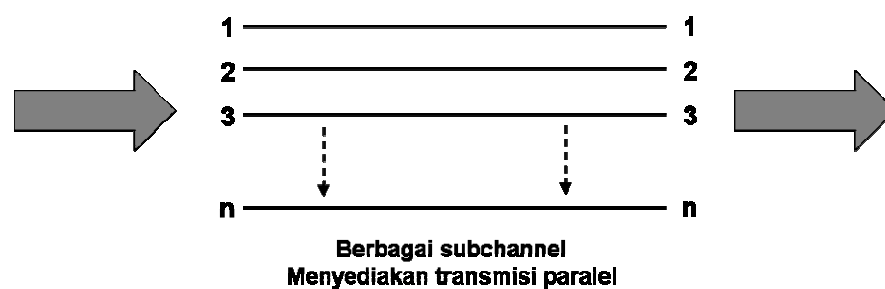
### ***Teknologi Multiplexing***

Teknologi *Multiplexing* yang digunakan IEEE 802.16 adalah *Time Division Multiplexing (TDM)* untuk kanal *Downlink* dan *Time Division Multiplexing Access (TDMA)* untuk kanal *Uplink*. Dalam TDM, *subscriber* berbagi frekuensi

*band* yang sama tetapi dialokasikan pada *time slots* yang berbeda. TDMA merupakan skema *multiple access* yang fleksible, dimana *time slots* bisa dialokasikan kepada *subscribers* sesuai dengan moda tetap atau *contention*<sup>[3]</sup>.

### Teknologi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM)

OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) adalah kombinasi *multiplexing* dan modulasi. OFDM adalah teknik transmisi yang menggunakan beberapa frekuensi (*multicarrier*) yang saling tegak lurus (*orthogonal*). Masing-masing sub-carrier (*narrowband*) kemudian dimodulasi dengan FSK, PSK atau QAM untuk menempati kanal tertentu. Pemakaian frekuensi yang saling orthogonal ini memungkinkan overlap antar frekuensi tanpa menimbulkan interferensi satu sama lain. OFDM populer untuk transmisi kecepatan tinggi<sup>[1]</sup>.



Gambar 2.7. Orthogonal Frequency Division Multiplexing

Keunggulan OFDM adalah<sup>[9]</sup>:

- Efisiensi yang tinggi dalam penggunaan spektrum, dimana data kecepatan tinggi mampu dibawa oleh spektrum yang sangat sempit;
- Resistensi yang tinggi terhadap multipath dan frekuensi selektif fading sehingga sangat sesuai untuk kondisi NLOS

#### 2.3.3. Quality of Service (QoS)

Pada WiMAX untuk mengatur QoS dapat dijalankan oleh *Medium Access Control* (MAC). MAC dapat menjalankan QoS dengan berbagai kebutuhan *bandwidth* dan aplikasi. Sebagai contoh aplikasi voice dan video memerlukan latency yang rendah tetapi masih dapat mentolerir beberapa error. Tetapi pada aplikasi pengiriman data berlaku sebaliknya, latency dapat ditoleransi tetapi tidak

dapat mentoleransi untuk error data. Kemampuan pengalokasian besarnya bandwidth pada suatu kanal frekuensi pada saat yang tepat pada WiMAX Merupakan mekanisme penting untuk menurunkan frekuensi dan meningkatkan QoS.

Terdapat 4 tipe service class yang disediakan oleh WiMAX (*by default*), dan pada varian 802.16e ditambahkan satu *class of service* lagi yaitu erTPS sehingga ada 5 *class* QoS. Empat tipe yang dimaksud meliputi sebagai berikut :

**a. UGS (*Unsolicited Grant Service*)**

UGS digunakan untuk layanan yang membutuhkan jaminan transfer data dengan prioritas paling utama. UGS ini memiliki karakteristik :

- Seperti halnya layanan CBR (*Constant Bit Rate*) pada ATM, yang dapat memberikan transfer data secara periodik dalam ukuran yang sama (*burst*).
- Untuk layanan-layanan yang membutuhkan jaminan *real-time*.
- Efektif untuk layanan yang sensitif terhadap *throughput*, *latency* dan *jitter* seperti layanan pada TDM (*Time Division Multiplexing*).
- Maximum dan minimum bandwidth yang ditawarkan sama.

**b. Real Time Polling Service (*rtps*)**

- Efektif untuk layanan yang sensitif terhadap *throughput* dan *latency* namun dengan toleransi yang lebih longgar bila dibandingkan dengan UGS.
- Untuk *real-time service flows*, *periodic variable size data packets* (*variable bit rate*).
- Garansi *rate* dan syarat *delay* telah ditentukan.

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

- Efektif untuk aplikasi yang membutuhkan *throughput* yang intensif dengan garansi minimal pada *latency*-nya.
- Layanan *non real-time* dengan *regular variable size burst*.
- Layanan mungkin dapat di-*expand* sampai *full bandwidth* namun dibatasi pada kecepatan maksimum yang telah ditentukan.
- Garansi *rate* diperlukan namun *delay* tidak digaransi.

#### d. Best Effort (BE)

- Untuk trafik yang tidak membutuhkan jaminan kecepatan data (*best effort*).
- Tidak ada jaminan (*requirement*) pada *rate* atau *delay*-nya.

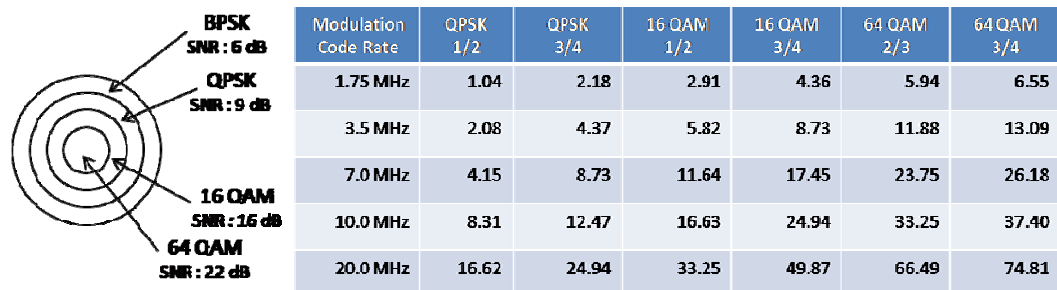
Tabel 2.6. Perbandingan Class QoS <sup>[4]</sup>

QoS Category	Applications	QoS Specifications
<b>UGS</b> Unsolicited Grant Service	VoIP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximum Sustained Rate</li> <li>• Maximum Latency Tolerance</li> <li>• <i>Jitter</i> Tolerance</li> </ul>
<b>rtPS</b> Real-Time Polling Service	Streaming Audio or Video	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimum Reserved Rate</li> <li>• Maximum Sustained Rate</li> <li>• Maximum Latency Tolerance</li> <li>• Traffic Priority</li> </ul>
<b>ErtPS</b> Extended Real-Time Polling Service	Voice with Activity Detection (VoIP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimum Reserved Rate</li> <li>• Maximum Sustained Rate</li> <li>• Maximum Latency Tolerance</li> <li>• <i>Jitter</i> Tolerance</li> <li>• Traffic Priority</li> </ul>
<b>nrtPS</b> Non Real-Time Polling Service	File Transfer Protocol (FTP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimum Reserved Rate</li> <li>• Maximum Sustained Rate</li> <li>• Traffic Priority</li> </ul>
<b>BE</b> Best Effort	Data Transfer, Web Browsing, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximum Sustained Rate</li> <li>• Traffic Priority</li> </ul>

Aspek lain yang tersedia pada QoS yang terdapat di WiMAX adalah *data rate manageability* dimana ditentukan oleh analisis link (*link by link basis*) antara *Base Station* dan *Subscriber Station*. Kuat sinyal antara *Base Station* dan *Subscriber Station* akan menentukan jumlah *data rate* yang mampu di-*deliver* ke sisi pelanggan. Besar kecilnya *data rate* tersebut didasarkan pada jenis modulasi yang tersedia (apakah 64 QAM, 16 QAM atau QPSK). Biasanya semakin jauh pelanggan (*subscriber*) dari *Base Station*, maka *data rate*-nya akan semakin kecil. Modulasi 64 QAM merupakan modulasi terbaik untuk mendukung *data rate* yang paling besar.

Adaptive modulation, secara efektif dapat mengatur keseimbangan kebutuhan bandwidth dan kualitas sambungan (*link quality*) atau biasanya diukur dengan Signal to Noise Ratio (SNR). Jika kualitas sinyal cukup baik, maka digunakan modulasi yang lebih tinggi untuk memberikan kapasitas bandwidth yang lebih besar. Jika kualitas link menurun, system modulasi digeser menjadi lebih rendah untuk menjaga kestabilan dan kualitas sambungan. Perpindahan modulasi dapat

diatur secara dinamis dari 64 QAM, 16 QAM, QPSK dan BPSK<sup>[13]</sup>. Gambar 2.8. memperlihatkan hubungan relative antara radius jangkauan dengan system modulasi yang digunakan serta matrik kecepatan data pada berbagai kondisi pilihan system modulasi dan coding rate.



Gambar 2.8. Radius Relatif Terhadap Modulasi dan Matrik Kecepatan Data<sup>[13]</sup>

### 2.3.4. Algoritma Penjadwalan

Algoritma Penjadwalan pada WiMAX ditentukan pada MAC. Standard IEEE 802.16 tidak menetapkan secara khusus algoritma penjadwalan yang akan digunakan. Operator dan vendor dapat memilih berbagai teknik penjadwalan umum yang telah ada, bahkan bisa mempersiapkan algoritma penjadwalannya sendiri yang diperuntukkan untuk WiMAX<sup>[5]</sup>.

Algoritma penjadwalan yang telah dikenal secara umum contohnya *Weighted Round Robin* (WRR), sedangkan algoritma penjadwalan yang khusus dipersiapkan untuk WiMAX contohnya *Temporary Removal Scheduler* (TRS)<sup>[14]</sup>.

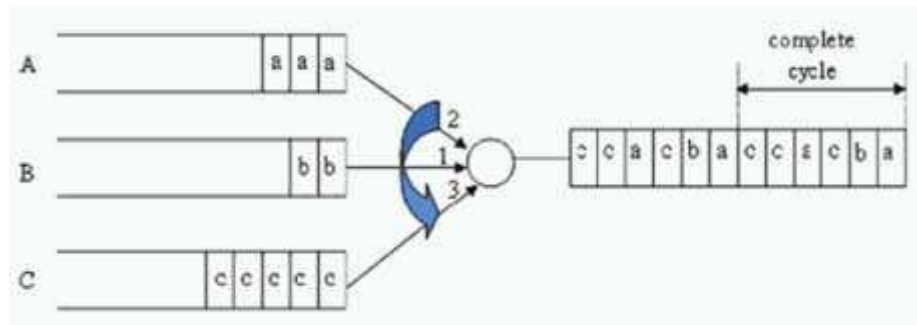
#### a. *Weighted Round Robin* (RR)

*Weighted Round Robin* (WRR) merupakan pengembangan dari algoritma RR.

WRR merupakan algoritma penjadwalan yang berdasarkan *static weight*.

Sebuah contoh algoritma WRR dapat dilihat pada Gambar 2.8. dibawah ini :

- 3 antrian A, B dan C
- Bobot ke tiga antrian A, B dan C sama yaitu 2, 1 dan 3 berturut-turut.



Gambar 2.9. Paket Antrian untuk Algoritma Penjadwalan WRR

Pada WiMAX, koneksi mempunyai parameter QoS yang berbeda dan Subscriber memakai MCS (Modulation and Coding Scheme) yang berbeda. Di samping itu, subscriber biasanya tidak memiliki trafik yang sama. Karena itu, koneksi tidak memerlukan pemakaian resources yang sama besar. Pemakaian WRR ini dianggap tepat diterapkan pada WiMAX karena nilai beban yang berbeda dapat ditentukan kepada antrian yang berbeda dengan mempertimbangkan permintaan layanan yang berbeda<sup>[5]</sup>.

#### b. *Temporary Removal Scheduler (TRS)*

*Temporary Removal Scheduler (TRS)* adalah salah satu algoritma penjadwalan yang dipersiapkan untuk WiMAX. TRS meliputi identifikasi *packet call power*, tergantung pada kondisi *radio*, dan kemudian secara temporer memindahkannya dari daftar penjadwalan pada *time period*  $T_R$  yang tepat. Daftar penjadwalan terdiri dari semua SS yang dapat dilayani pada frame berikutnya.

Ketika waktu  $T_R$  telah lewat, *temporarily removed packet* di cek kembali. Jika kondisi kanal radio telah membaik, paket akan di *topped up* dalam daftar penjadwalan sekali lagi, jika tidak proses diulang pada durasi  $T_R$  yang lain. Dalam kondisi yang kurang baik, keseluruhan proses akan diulang sampai  $L$  kali, *removel packet* ditambahkan pada daftar penjadwalan, tergantung pada kondisi kanal radio.

TRS ini dapat dikombinasikan dengan RR sehingga menjadi penjadwalan TRS\_RR. Jika ada  $k$  *packet calls* dan hanya ada satu yang dipindah secara temporer, maka setiap *packet calls* memiliki porsi  $= 1/(k-1)$  dari keseluruhan kanal yang tersedia<sup>[5]</sup>.



### 2.3.5. Parameter Kinerja

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kualitas performa layanan pada rtPS dengan algoritma penjadwalan WRR dan TRS\_RR. Karena itu, dibutuhkan parameter-parameter QoS yang mendukung. Parameter yang akan diukur adalah *Throughput* dan *Jitter*.

#### a. *Throughput*

*Throughput* memiliki artian jumlah kerja yang dapat diselesaikan dalam satu unit waktu. Cara untuk mengekspresikan *throughput* adalah dengan jumlah job pemakai yang dapat dieksekusi dalam satu unit/interval waktu. Dalam sasaran penjadwalan proses, *throughput* adalah memaksimalkan jumlah job yang diproses per satu interval waktu. Lebih tinggi angka *throughput*, lebih banyak kerja yang dilakukan sistem<sup>[15]</sup>.

*Throughput* dinyatakan dalam rumus :

$$\text{Throughput} = \sum_{i=t_n}^{i=t_{n+1}} \text{packetSize}; 0 \leq n \leq t \quad \dots\dots\dots 2.1.$$

#### b. *Jitter*

*Jitter* adalah gangguan pada komunikasi digital maupun analog yang disebabkan oleh perubahan sinyal karena referensi posisi waktu. Adanya *jitter* dapat mengakibatkan hilangnya data, terutama pada pengiriman data dengan kecepatan tinggi<sup>[15]</sup>.

Rumus *Jitter* dapat dilihat pada rumus dibawah ini <sup>[16]</sup>:

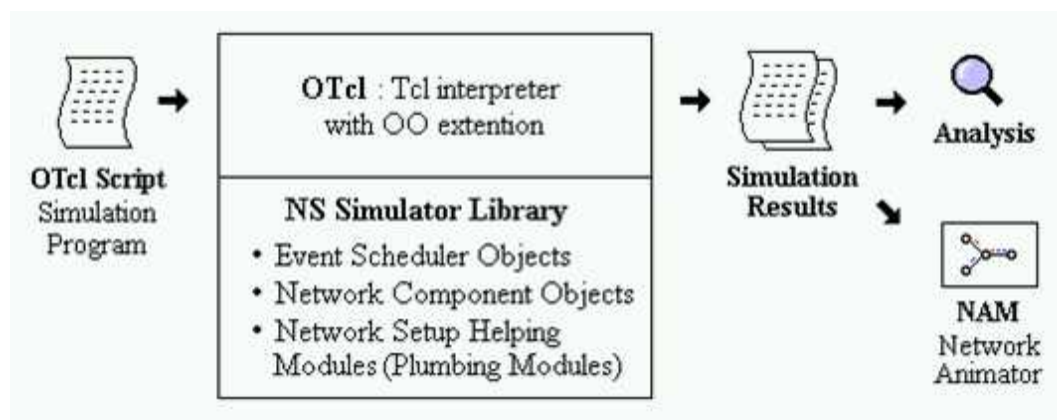
$$J(i) = J(i-1) + ( |D(i-1,i)| - J(i-1) )/16 \quad \dots\dots\dots 2.2.$$

## 2.4. NS 2.29

*Network Simulator-2* (NS-2) dikembangkan pertama kali tahun 1995 di *University of California Berkeley* yang didukung oleh DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*). NS-2 adalah aplikasi yang dapat mensimulasikan suatu jaringan sesuai dengan keadaan yang sebenarnya yang berjalan diatas *operating system* Unix/Linux.

Pada dasarnya NS-2 adalah *interpreter* Otcl dengan *objek library network simulation*. Simulator ini mendukung hirarki *class* dalam C++ (*compiled hierarchy*) dan hierarki *class* yang serupa pada *interpreter Otcl (interpreted hierarchy)*. Dua hierarki ini saling terkait satu sama lain. *Root* dari hierarki ini adalah TclObject. *User* membuat obyek simulator (dari *class Simulator*) baru melalui *interpreter*, dan dicerminkan dengan obyek sebanding pada *compiled hierarchy*. Setelah obyek simulator dibuat, maka metode-metode untuk membuat topologi, node, dan komponen jaringan lainnya dipanggil.

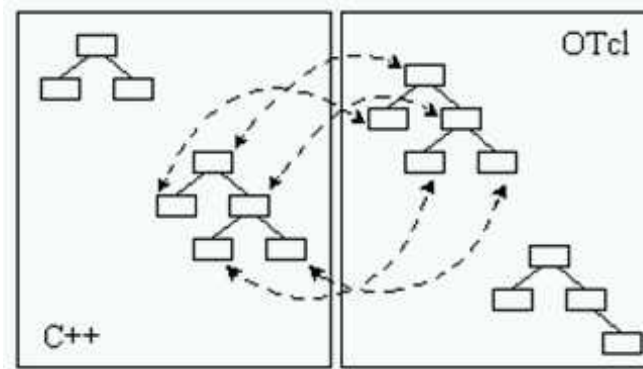
NS-2 juga merupakan simulator yang dipicu oleh event (*event-driven simulator*). Scheduler berjalan dengan cara mengeksekusi event berikutnya yang paling dahulu sampai selesai, kemudian kembali menjalankan event berikutnya. Walaupun jaringan berkomunikasi dengan melewati paket, namun itu tidak menghabiskan banyak waktu. Jika komponen yang dibuat memerlukan delay, maka digunakan event scheduler untuk menerbitkan event untuk paket tersebut dan menunggu event berhenti sebelum event berikutnya dijalankan. Flowchart sistem kerja NS secara global dapat dilihat pada gambar 2.9. dibawah ini.



Gambar 2.10. *Simplified User's View of NS* <sup>[17]</sup>

#### 2.4.1. Komponen Pembangun NS-2

Pengetahuan tentang komponen pembangun NS dan letaknya akan sangat berguna dalam membangun simulasi. Komponen pembangun NS dapat dilihat pada gambar 2.10.



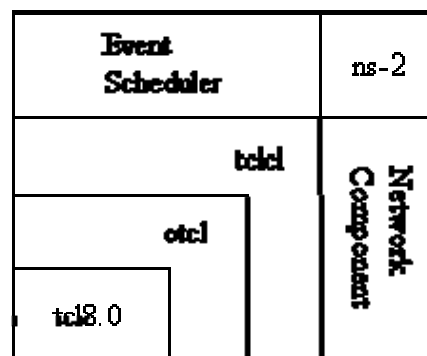
**Keterangan :**

Tcl : Tool command language	Tclcl : Tcl/C++ Interface
Otcl : Object Tcl	NS-2 : NS versi 2
Tk : Tool Kit	Nam : Network Animator

Gambar 2.11. C++ and OTcl: The Duality <sup>[17]</sup>

#### 2.4.2. Hubungan Antar Komponen Pembangun NS-2

Deskripsi dibawah ini menunjukkan struktur umum hubungan antar komponen pembangun NS.



Gambar 2.12. Hubungan Antar Komponen Pembangun NS-2<sup>[18]</sup>

Berdasarkan deskripsi pada gambar 3, pengguna NS-2 berada pada pojok kiri bawah, melakukan desain dan menjalankan simulasi dalam bahasa Tcl. Dalam simulasi, pengguna NS memanggil dan menggunakan objek simulator pada *library Otcl*. *Event scheduler* dan sebagian besar *network component* ini diakses oleh Otcl melalui Otcl *linkage* yang diimplementasikan dengan menggunakan Tclcl.

Contoh script dari NS-2 dapat dilihat seperti dibawah ini.

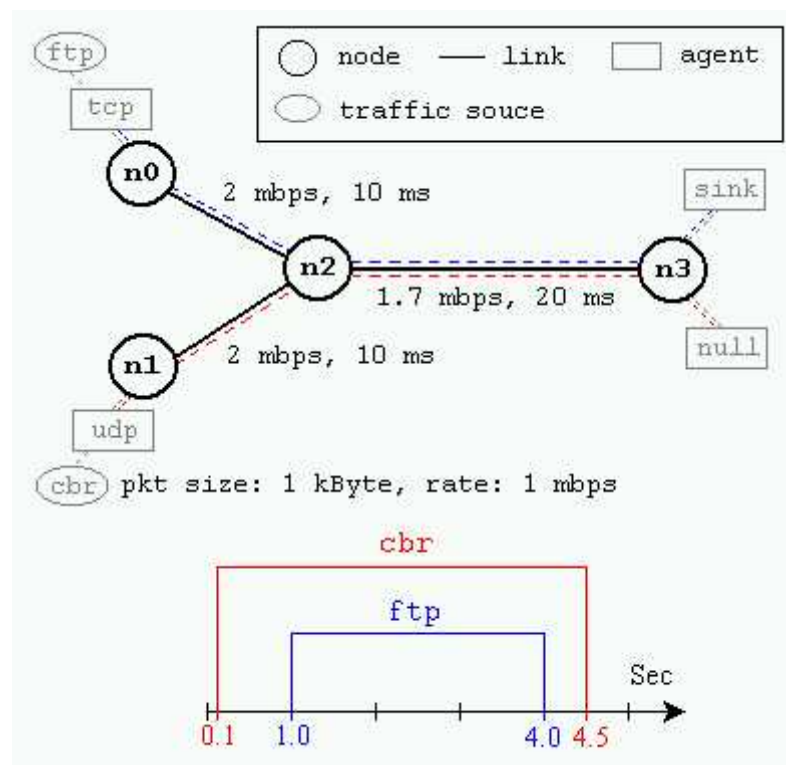
```

# Membuat node
set n0 [$ns node]
set n1 [$ns node]
set n2 [$ns node]
set n3 [$ns node]
# Menambahkan link
$ns duplex-link $n0 $n2 2Mb 10ms DropTail
$ns duplex-link $n1 $n2 2Mb 10ms DropTail
$ns duplex-link $n3 $n2 1.7Mb 20ms DropTail
# layout
$ns duplex-link-op $n0 $n2 orient right-down
$ns duplex-link-op $n1 $n2 orient right-up
$ns duplex-link-op $n2 $n3 orient right
# right(0), right-up(45), right-down(315), left(180),
# left-up(135),left-down(225), up(90), down(270)

```

Gambar 2.13. Contoh script dari NS-2

Kemudian dari script itu apabila dilihat di simulasi NS-2, maka hasilnya akan tampak seperti Gambar 2.13. berikut.

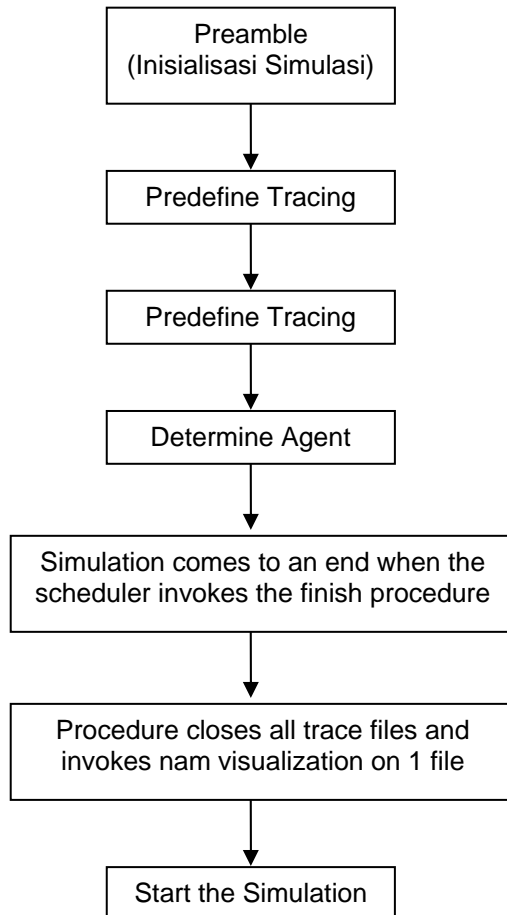


Gambar 2.14. Contoh Simulasi Topologi Jaringan <sup>[18]</sup>

### 2.4.3. Cara Membuat dan Menjalankan Script NS

*Script* simulasi dibuat dengan menggunakan program teks editor dan disimpan dalam folder dengan nama file *extensoin* .tcl (contoh : tcp.tcl). Untuk menjalankan *script* yang telah dibuat, user harus masuk ke dalam folder tersebut dan mengetikkan "ns" serta nama file tcl simulasi yang ingin dijalankan. Jika

dilakukan perintah `'ns filename.tcl'` (contoh: `#ns Tcp.tcl`, maka NS akan melakukan eksekusi terhadap file `'filename.tcl'` dengan flowchart seperti terlihat pada gambar 2.14. dibawah ini



Gambar 2.15. Flowchart pada `'ns filename.tcl'` [18]

#### 2.4.4. File Trace

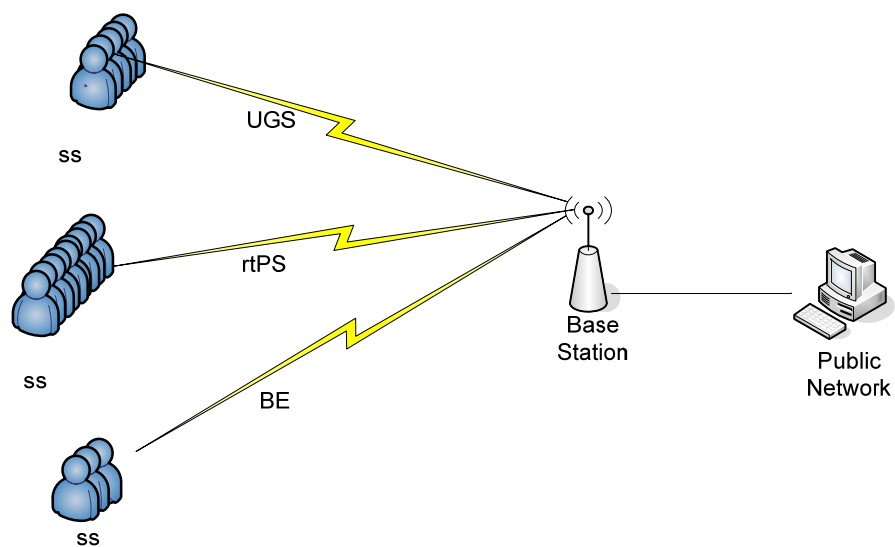
*File trace* merupakan pencatatan seluruh *event* (kejadian) yang dialami oleh suatu simulasi paket pada simulasi yang dibangun. Pembuatan *file trace* dilakukan dengan memanggil obyek *trace* pada *library*. Sama seperti file *nam*, pembuatan output *trace file* dinyatakan pada inisialisasi simulasi.

Agar hasil simulasi dapat dianalisa dan ditampilkan dalam bentuk grafik, maka dapat dilakukan *record* atau parsing terhadap *trace file* untuk mengambil data yang benar-benar diperlukan.

## BAB III

### PERANCANGAN SIMULASI JARINGAN

Pada penelitian ini dilakukan simulasi yang terdiri dari terdiri dari SS, BS dan Public Network sebagai Sink Node. Terdapat 19 *node* yang akan dibangun, yaitu 5 *node* untuk UGS, 9 *node* untuk rtPS dan 3 *node* untuk BE serta 1 *node* untuk BS dan 1 *node* untuk sink node. Topologi yang akan digunakan secara umum adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1. Topologi jaringan

Perangkat keras yang akan digunakan dalam simulasi memiliki spesifikasi :

- Intel Pentium 4 2,26 GHz
- 1,96 GB DDR1
- 37,2 GB HDD

#### 3.1. Aplikasi yang Digunakan

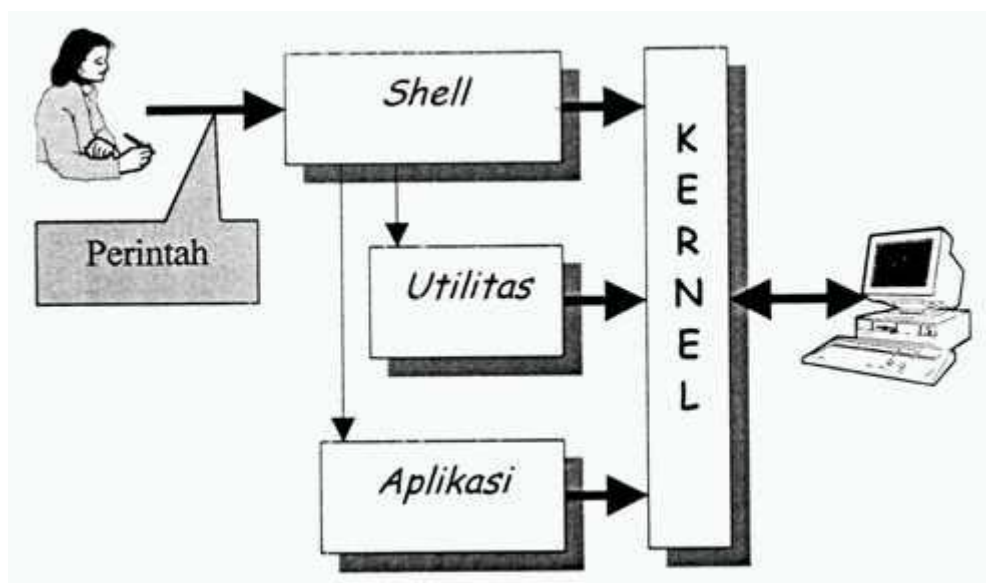
Simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan aplikasi NS-2 versi 2.29 yang dijalankan pada Linux Kernel 2.6. Untuk menjalankan Linux Kernel 2.6, digunakan VMWare<sup>[12]</sup>.

### 3.1.1. VMWare

VMware merupakan software virtualisasi PC dalam komputer. Sehingga dalam 1 PC, seakan-akan memiliki dua buah PC. Virtualisasi memungkinkan kita untuk dapat menjalankan berbagai mesin virtual dalam sebuah mesin fisik, berbagi *resources* antar lingkungan dalam setiap mesin virtual tersebut. Setiap mesin virtual dapat dijalankan dengan system operasi yang berbeda dan berbagai macam aplikasi yang berbeda dalam satu computer yang sama. Jadi dengan VMware, kita bisa memasang Linux di dalam Windows atau sebaliknya bisa memasang Windows di dalam Linux.<sup>[19]</sup>

### 3.1.2. Linux

Unix adalah sebuah system operasi yang asal mulanya dikembangkan pada laboratorium Bell, AT&T<sup>[17]</sup>. Linux merupakan system operasi turunan dari Unix. Di dalam Linux semua perintah dasar yang digunakan adalah perintah Unix<sup>[20]</sup>. Gambar 3.2. menunjukkan struktur perangkat lunak pada Unix dan hubungannya dengan perangkat keras.



Gambar 3.2. Interaksi pemakai dan UNIX<sup>[17]</sup>

Shell adalah software penerjemah pada sistem UNIX, yang menjadi jembatan antara pemakai dan sistem UNIX. Utilitas adalah program yang disediakan sistem UNIX untuk melaksanakan tugas tertentu. Aplikasi adalah program-program yang dibuat oleh pemakai untuk memenuhi kebutuhannya sendiri. Kernel adalah inti

dari sistem UNIX, yang mengontrol perangkat keras dan membentuk berbagai fungsi tingkat rendah<sup>[17]</sup>.

## **Fedora**

Fedora dibuat oleh *fedora project* dan disponsori oleh RedHat. Fedora dulu lebih dikenal dengan Fedora Core adalah salah satu distribusi Linux yang mengedepankan kebebasan dan seluruhnya terdiri dari aplikasi serta perangkat lunak yang bersifat bebas (*free as speech*). Fedora dibuat melalui kontribusi berbagai pengembang perangkat lunak dari seluruh dunia sebagai distribusi yang terdepan dalam penerapan teknologi terkini<sup>[21]</sup>.

### **3.1.3. NS-2 Versi 2.29**

NS-2 yang digunakan adalah versi 2.29. Dalam simulasi ini digunakan modul *WiMAX patch-QoS-WiMAX prerelease-10-27-2008* dan *QoS-includedWiMAX 27.10.2008.tar.gz*. Dalam modul ini telah ditambahkan berbagai scheduling yang umum dipakai maupun yang khusus dipersiapkan untuk WiMAX. Disamping itu, juga telah mendukung penerapan QoS Class<sup>[14]</sup>.

## **NAM**

Nam adalah sebuah Tcl/TK yang berdasarkan tool animasi untuk melihat *network simulation traces* dan *world packet traces* yang nyata. NAM mendukung *topology layout*, *packet level animasi*, dan berbagai data *inspection tools*<sup>[22]</sup>.

Nam ini sudah terintegrasi dalam program NS-2, untuk menunjukkan animasi dari topologi node yang telah dibuat dalam *script* NS-2.

## **3.2. Penetapan Trafik**

### **3.2.1. Jenis Trafik**

Jenis trafik yang akan dibangkitkan adalah CBR (*Constant Bit Rate*) untuk kelas UGS, VBR (*Variable Bit Rate*) pada kelas rtPS dan FTP (*File Transfer Protocol*) pada kelas BE.

### **3.2.2. QoS**

Kelas QoS yang akan dianalisa difokuskan pada performansi kelas rtPS. Kelas rtPS ini dapat digunakan untuk menjalankan aplikasi video streaming<sup>[4]</sup>.



### 3.2.3. Scheduling

Dalam penelitian ini akan digunakan 2 macam algoritma penjadwalan yaitu *Weighted Round Robin* (WRR) dan *Temporary Removal Scheduler\_Round Robin* (TRS\_RR). Pemilihan jenis penjadwalan ini dikarenakan WRR merupakan jenis penjadwalan yang bersifat umum, sedangkan TRS\_RR merupakan penjadwalan yang khusus dipersiapkan untuk WiMAX<sup>[14]</sup>. Kedua algoritma penjadwalan tersebut, juga dianggap tepat untuk trafik *uplink* maupun *downlink* pada WiMAX<sup>[5]</sup>.

### 3.2.4. Parameter Kinerja yang diukur

Parameter kinerja yang diukur pada simulasi ini adalah :

- **Throughput** : jumlah kerja yang dapat diselesaikan dalam satu unit waktu
- **Jitter** : gangguan pada komunikasi yang disebabkan oleh perubahan sinyal karena referensi posisi waktu.

### 3.2.5. Skenario Simulasi

Pada simulasi ini terdapat 5 UGS, 9 rtPS dan 3 BE serta 1 BS dan 1 Sink Node. Analisa difokuskan pada kelas rtPS. Simulasi dilakukan dengan mengirim trafik menggunakan algoritma penjadwalan WRR dan TRS\_RR. Selanjutnya dibandingkan parameter kinerja (*throughput* dan *jitter*) dari kedua algoritma tersebut.

## 3.3 Pembangunan Simulasi

Simulasi akan dimulai dengan menginstal NS-2.29 dengan menggunakan modul *QoS-includedWiMAX 27.10.2008.tar.gz* yang telah ditambahkan dengan modul *WiMAX patch-QoS-WiMAX prerelease-10-27-2008*. NS-2.29 akan diinstalasi dalam Linux Kernel 2.6<sup>[12]</sup>. Pada modul tersebut telah ditambahkan beberapa algoritma penjadwalan dan QoS parameter oleh Aymen Belghith<sup>[14]</sup>.

## 3.4 Pembuatan Simulasi

Proses pembuatan simulasi dalam NS-2 dapat dijelaskan seperti langkah langkah berikut:

**Langkah 1.** *Inisialisasi Simulasi*

Untuk memulai membuat simulasi sederhana, dengan cara menuliskan script Tcl dimana script ini merupakan inisialisasi simulasi dan harus ada dalam setiap simulasi yang ada.

Contoh script:

```
Set ns [new Simulator]
#memanggil simulator object
Set nf [open out.nam w]
$ns namtrace-all $nf
#open file handle untuk simulasi nam trace data
```

**Langkah 2.** *Pembuatan topologi*

Topologi dibangun oleh node dan link;

**Node**

Sebuah objek pada NS didefinisikan dengan command \$ns node.

Perintah pembuatan NS adalah sebagai berikut:

```
Set node [$ns node]
```

**Link**

Ada dua jenis link yang biasa digunakan pada NS, yaitu *simplex link* dan *duplex link*

1. *simplex link*

```
$ns simplex link<node1><node2><bw><delay><qtype>
```

```
#Link satu arah dari<node1>ke<node2>
```

2. *duplex link*

```
$ns-duplex-link<node1><node2><bw><delay><qtype>
```

```
#Link dua arah dari<node1>ke <node2> dan sebaliknya
```

Pada link tersebut kita tentukan bandwidth, delay dan model antriannya, dimana jenis model antrian yang digunakan FIFO atau First In First Out (DropTail)

**Langkah 3.** *Sending Data*

Sebelum proses sending dilakukan maka kita harus menentukan traffic yang akan dibangkitkan (**FTP/Telnet**), routing yang dipakai pada simulasi NS, kemudian membuat transport agent dan aplikasi

atasnya. Transport agent dibuat berpasangan, satu berfungsi sebagai sumber data dan pasangannya berfungsi sebagai tujuan. Jenis transport agentnya yaitu TCP (Transport Control Protocol).

**Langkah 4.** Traffic yang dibangkitkan

Traffic yang akan dibangkitkan pada simulasi ini adalah CBR untuk UGS, VBR pada rtPS dan FTP pada BE.

### 3.5 Rencana Implementasi

Rencana implementasi penelitian dibagi menjadi 5 tahap, yaitu tahap studi literatur, tahap Perancangan Simulasi Jaringan, Penetapan Jenis Trafik, tahap pembangunan simulasi, dan tahap analisa hasil.



Gambar 3.3. Tahapan Kerja Implementasi Penelitian

Studi Literatur	:	Januari 2009
Perancangan Simulasi Jaringan	:	Maret 2009
Penetapan Jenis Trafik	:	April 2009
Pembangunan Simulasi	:	Mei 2009
Analisa Hasil	:	Mei-Juni 2009

## BAB IV HASIL DAN ANALISA

Penelitian ini dilaksanakan untuk menganalisa pengaruh algoritma penjadwalan yang berbeda pada kelas rtPS. Algoritma penjadwalan yang digunakan pada kelas rtPS adalah WRR dan TRS\_RR. Simulasi ini dilakukan dengan membangkitkan beberapa jenis trafik, yaitu cbr pada UGS, vbr pada rtPS dan FTP pada BE. Pengaruh penjadwalan akan diamati dengan melihat nilai *throughput* dan *jitter* pada masing-masing penjadwalan.

### 4.1. Parameter Utama dalam Simulasi

Untuk melaksanakan simulasi ini, beberapa parameter telah ditentukan dalam script sebagai berikut :

Tabel 4.1. Parameter Utama dalam Simulasi

Characteristic	V a l u e s
Frame duration Mac/802_16 set frame_duration_ 0.020	20 ms
Propagation Model set opt(prop) Propagation/TwoRayGround ;# radio- propagation model	Two Ray Ground
Antenna Model set opt(ant) Antenna/OmniAntenna ;# antenna model	Omni antenna
Transmit power Phy/WirelessPhy set Pt_ 0.025 ;#transmit power	0.025
Receive power threshold Phy/WirelessPhy set RXThresh_ 2.025e-12 ;#500m radius	$2025e^{-12}$
Carrier sense power threshold Phy/WirelessPhy set CStresh_ [expr 0.9*[Phy/WirelessPhy set RXThresh_]]	0.9*Receive power threshold

Simulasi diset, sehingga trafik dimulai pada detik ke 7 dan berakhir pada detik ke 80.

## 4.2. Menjalankan Simulasi

Pada simulasi ini, UGS diset mendapat prioritas utama, kemudian algoritma penjadwalan WRR dan TRS\_RR akan diterapkan pada rtPS, sedangkan BE menggunakan algoritma penjadwalan sederhana yaitu RR. Simulasi dijalankan dengan skenario sebagai berikut :

1. rtPS menggunakan algoritma penjadwalan WRR :
  - a. simulasi memakai modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$ ,
  - b. simulasi memakai modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$ , dan
  - c. simulasi memakai modulasi 64 QAM  $\frac{3}{4}$ .
2. rtPS menggunakan algoritma penjadwalan TRS\_RR :
  - a. simulasi memakai modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$ ,
  - b. simulasi memakai modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$ , dan
  - c. simulasi memakai modulasi 64 QAM  $\frac{3}{4}$ .

Selanjutnya *throughput* dan *jitter* yang dihasilkan dari masing-masing skenario akan diperbandingkan.

Untuk menjalankan simulasi dengan skenario tersebut diatas, dilaksanakan dengan mengetikkan command sebagai berikut :

### Skenario 1 (WRR – RR) :

#### a. QPSK $\frac{3}{4}$ :

- Command:  
ns datarate.tcl OFDM\_QPSK\_3\_4 0.03125 WRR RR
- *Throughput*  
perl datarateThroughput.pl datarate.tr 0.0 0 1 1 1000 > WRR1-Throughput.tr
- *Jitter*  
awk -f instantJitter1.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > WRR1-Jitter1.tr  
awk -f instantJitter2.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > WRR1-Jitter2.tr  
awk -f instantJitter3.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > WRR1-Jitter3.tr  
awk -f instantJitter4.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > WRR1-Jitter4.tr

#### b. 16 QAM $\frac{3}{4}$ :

- Command:  
ns datarate.tcl OFDM\_16QAM\_3\_4 0.03125 WRR RR
- *Throughput*  
perl datarateThroughput.pl datarate.tr 0.0 0 1 1 1000 > WRR2-Throughput.tr

- *Jitter*

```
awk -f instantJitter1.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > WRR2-Jitter1.tr
awk -f instantJitter2.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > WRR2-Jitter2.tr
awk -f instantJitter3.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > WRR2-Jitter3.tr
awk -f instantJitter4.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > WRR2-Jitter4.tr
```

c. 64 QAM  $\frac{3}{4}$  :

- *Command:*

```
ns datarate.tcl OFDM_64QAM_3_4 0.03125 WRR RR
```

- *Throughput*

```
perl datarateThroughput.pl datarate.tr 0.0 0 1 1 1000 > WRR3-Throughput.tr
```

- *Jitter*

```
awk -f instantJitter1.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > WRR3-Jitter1.tr
awk -f instantJitter2.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > WRR3-Jitter2.tr
awk -f instantJitter3.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > WRR3-Jitter3.tr
awk -f instantJitter4.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > WRR3-Jitter4.tr
```

**Skenario 2 (TRS\_RR – RR) :**

a. QPSK  $\frac{3}{4}$  :

- *Command:*

```
ns datarate.tcl OFDM_QPSK_3_4 0.03125 TRS_RR RR
```

- *Throughput*

```
perl datarateThroughput.pl datarate.tr 0.0 0 1 1 1000 > TRS_RR1-Throughput.tr
```

- *Jitter*

```
awk -f instantJitter1.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > TRS_RR1-Jitter1.tr
awk -f instantJitter2.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > TRS_RR1-Jitter2.tr
awk -f instantJitter3.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > TRS_RR1-Jitter3.tr
awk -f instantJitter4.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > TRS_RR1-Jitter4.tr
```

b. 16QAM  $\frac{3}{4}$  :

- *Command:*

```
ns datarate.tcl OFDM_16QAM_3_4 0.03125 TRS_RR RR
```

- *Throughput*

```
perl datarateThroughput.pl datarate.tr 0.0 0 1 1 1000 > TRS_RR2-Throughput.tr
```

- *Jitter*

```
awk -f instantJitter1.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > TRS_RR2-Jitter1.tr
awk -f instantJitter2.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > TRS_RR2-Jitter2.tr
awk -f instantJitter3.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > TRS_RR2-Jitter3.tr
awk -f instantJitter4.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > TRS_RR2-Jitter4.tr
```

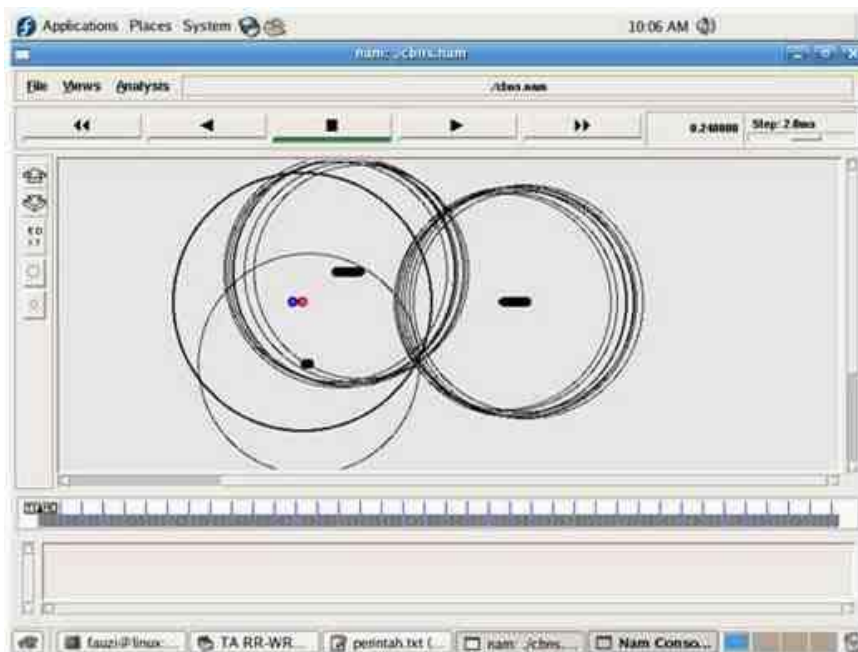
b. 64QAM  $\frac{3}{4}$  :

- **Command:**  
`ns datarate.tcl OFDM_64QAM_3_4 0.03125 TRS_RR RR`
- **Throughput**  
`perl datarateThroughput.pl datarate.tr 0.0 0 1 1 1000 > TRS_RR3-Throughput.tr`
- **Jitter**  
`awk -f instantJitter1.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > TRS_RR3-Jitter1.tr`  
`awk -f instantJitter2.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > TRS_RR3-Jitter2.tr`  
`awk -f instantJitter3.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > TRS_RR3-Jitter3.tr`  
`awk -f instantJitter4.awk flow=1 src=0 pkt=1000 datarate.tr > TRS_RR3-Jitter4.tr`

### 4.3. Perbandingan dan Analisa Hasil Simulasi

#### 4.3.1. NAM

Dari eksekusi command pada setiap skenario untuk menjalankan network simulator melalui perintah “ns” terhadap script WiMAX yang dibuat (file `datarate.tcl`) tersebut diatas, maka akan dibangun suatu topologi berdasarkan script yang dibuat yang hasilnya akan ditunjukkan melalui Network Animator (NAM). Output dari NAM tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1. di bawah ini.



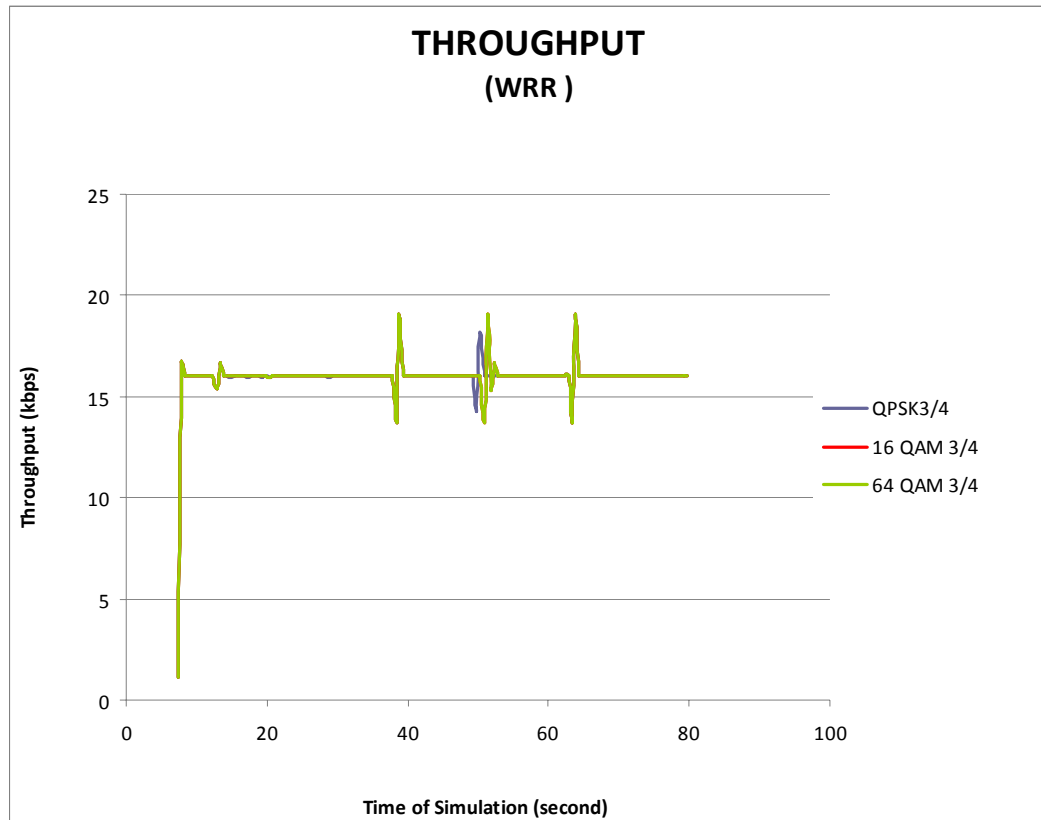
Gambar 4.1. Gambar Animasi dari Topologi yang berhasil dibangun

### 4.3.2. Throughput

Berdasarkan perintah untuk mendapatkan *throughput* pada setiap skenario, maka diperoleh grafik *Throughput* sebagai berikut :

a. Pada skenario pertama :

- WRR



Gambar 4.2. Grafik Perbandingan *Throughput* WRR pada berbagai Modulasi

Hasil dari simulasi dengan algoritma penjadwalan WRR yang dilakukan pada modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$ , 16 QAM  $\frac{3}{4}$  dan 64 QAM  $\frac{3}{4}$  dibandingkan sebagaimana terlihat pada Gambar 4.2. Berdasarkan gambar grafik *throughput* tersebut diatas, diperoleh nilai rata-rata *throughput* sebagai berikut :

WRR (QPSK $\frac{3}{4}$ ) : 15,9174707 kbps

WRR (16QAM $\frac{3}{4}$ ) : 15,9203679 kbps

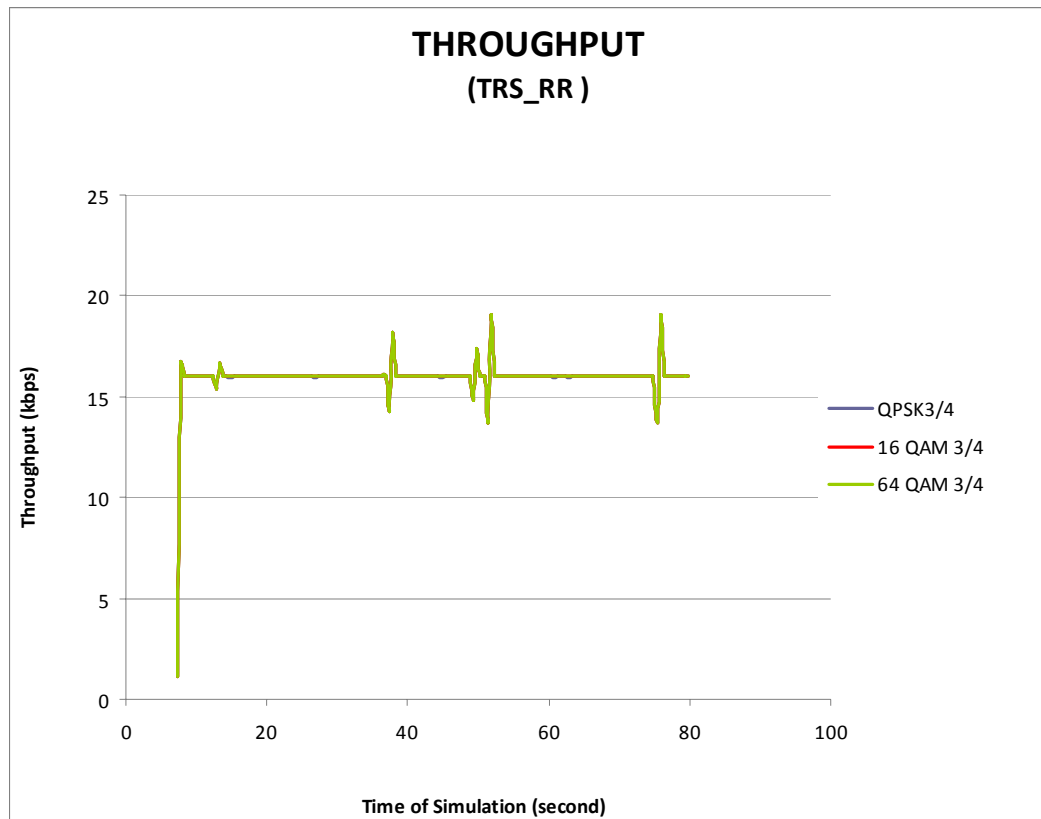
WRR (64QAM $\frac{3}{4}$ ) : 15,9203659 kbps

Berdasarkan nilai tersebut, terlihat bahwa dengan semakin tinggi modulasi yang digunakan, rata-rata *throughput* juga cenderung semakin besar. Rata-rata *throughput* tertinggi pada algoritma penjadwalan WRR adalah pada saat menggunakan modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$ , yaitu sebesar 15,9203679 kbps.



b. Pada skenario kedua :

- TRS\_RR :



Gambar 4.3. Grafik Perbandingan *Throughput* TRS\_RR pada berbagai Modulasi

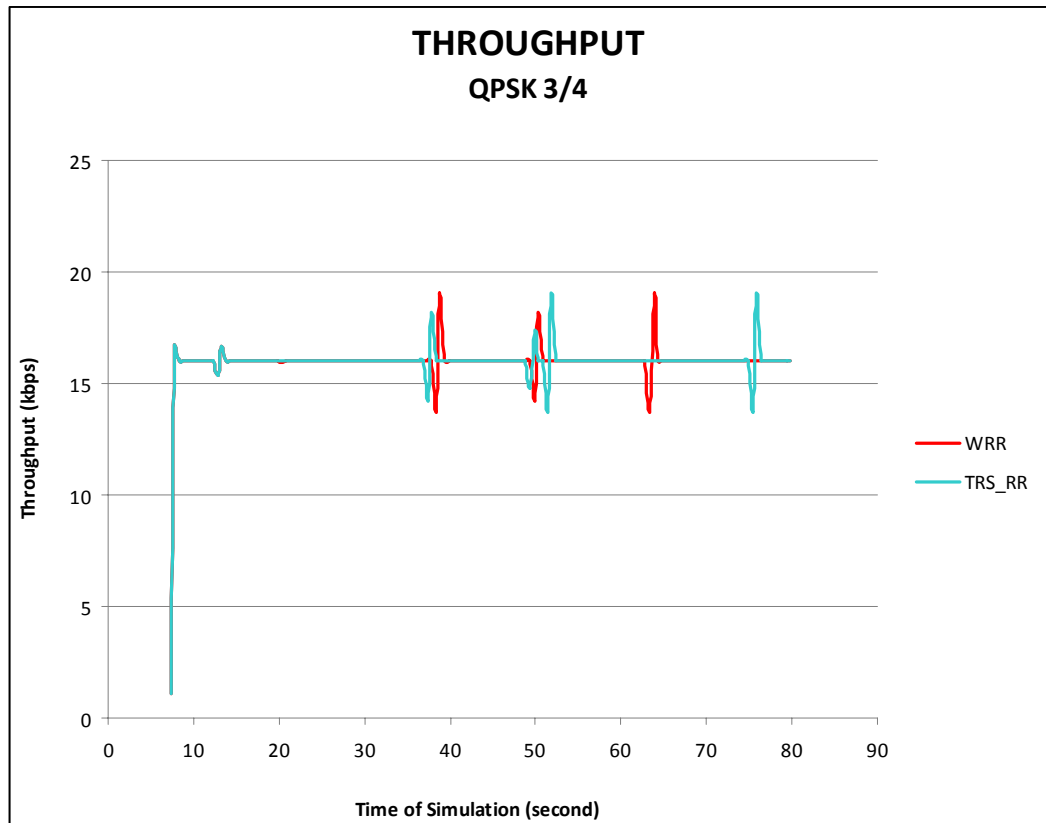
Hasil dari simulasi dengan algoritma penjadwalan TRS\_RR yang dilakukan pada modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$ , 16 QAM  $\frac{3}{4}$  dan 64 QAM  $\frac{3}{4}$  dibandingkan sebagaimana terlihat pada Gambar 4.3. Berdasarkan gambar grafik *throughput* tersebut diatas, diperoleh nilai rata-rata *throughput* sebagai berikut :

TRS_RR (QPSK $\frac{3}{4}$ )	:	15,918944 kbps
TRS_RR (16QAM $\frac{3}{4}$ )	:	15,9189905 kbps
TRS_RR (64QAM $\frac{3}{4}$ )	:	15,919 kbps

Berdasarkan nilai tersebut, terlihat bahwa dengan semakin tinggi modulasi yang digunakan, rata-rata *throughput* juga cenderung semakin besar. Dimana rata-rata *throughput* tertinggi pada algoritma penjadwalan TRS\_RR adalah pada saat menggunakan modulasi 64 QAM  $\frac{3}{4}$ , yaitu sebesar 15,919 kbps.

c. Jika *throughput* WRR dan TRS\_RR dibandingkan pada modulasi yang sama :

- Modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$  :



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan *Throughput* WRR dan TRS\_RR pada Modulasi QPSK 3/4

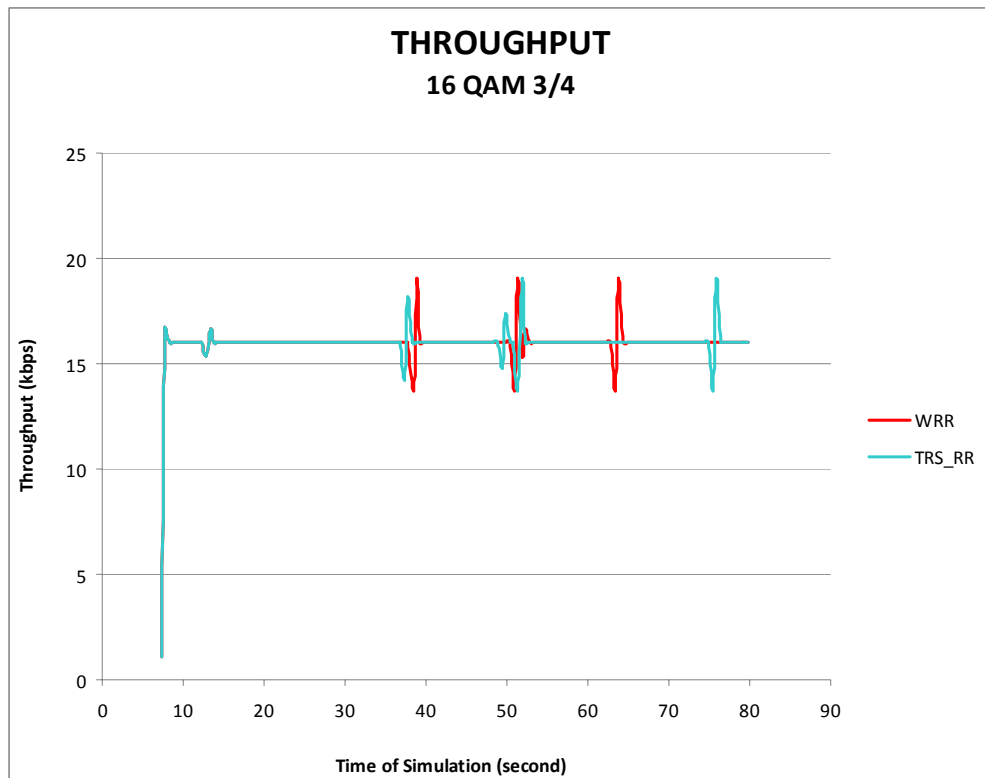
Hasil dari simulasi dengan algoritma penjadwalan WRR dan TRS\_RR pada modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$  dibandingkan sebagaimana terlihat pada Gambar 4.4. Berdasarkan gambar grafik *throughput* tersebut diatas, diperoleh nilai rata-rata *throughput* sebagai berikut :

WRR (QPSK3/4) : 15,9174707 kbps

TRS\_RR (QPSK3/4) : 15,918944 kbps

Berdasarkan nilai tersebut, terlihat bahwa pada modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$  TRS\_RR memiliki rata-rata *throughput* lebih tinggi daripada WRR, yaitu sebesar 15,918944 kbps.

- Modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$  :



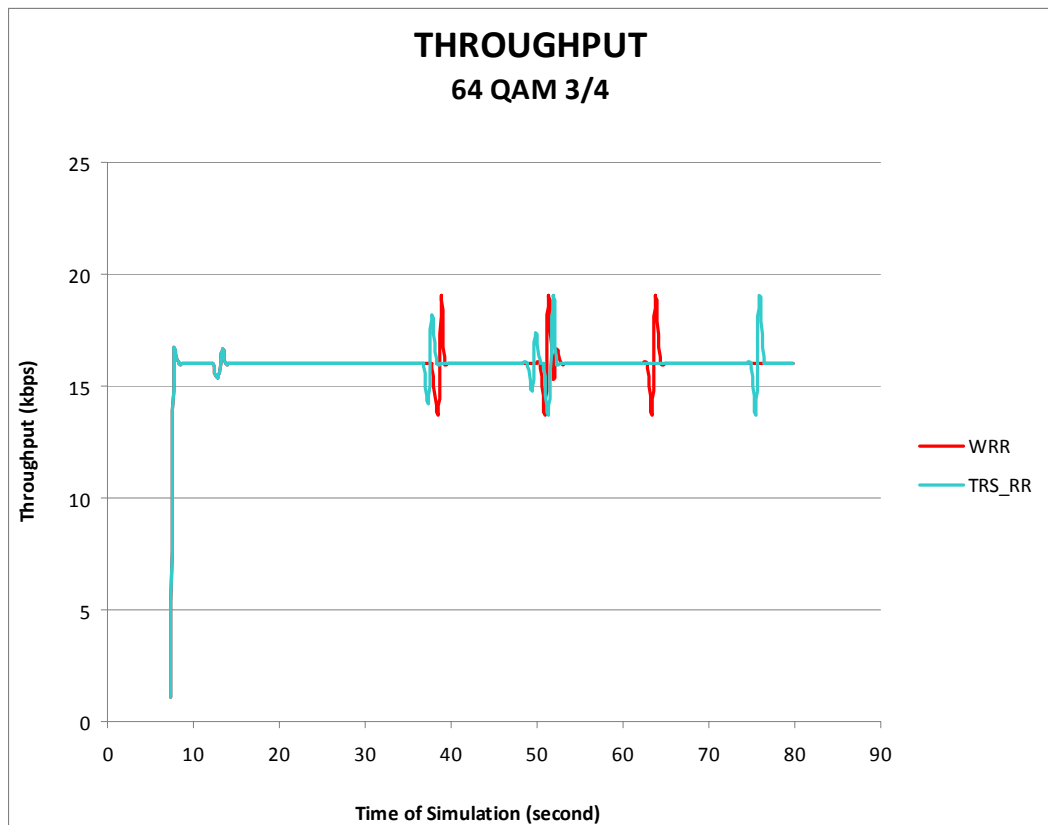
Gambar 4.5. Grafik Perbandingan *Throughput* WRR dan TRS\_RR pada Modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$

Hasil dari simulasi dengan algoritma penjadwalan WRR dan TRS\_RR pada modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$  dibandingkan sebagaimana terlihat pada Gambar 4.5. Berdasarkan gambar grafik *throughput* tersebut diatas, diperoleh nilai rata-rata *throughput* sebagai berikut :

WRR (16QAM $\frac{3}{4}$ ) : 15,9203679 kbps.  
 TRS\_RR (16QAM $\frac{3}{4}$ ) : 15,918905 kbps.

Berdasarkan nilai tersebut, terlihat bahwa pada modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$  WRR memiliki rata-rata *throughput* lebih tinggi daripada TRS\_RR, yaitu sebesar 15,9203679 kbps.

- Modulasi 64 QAM  $\frac{3}{4}$  :



Gambar 4.6. Grafik Perbandingan *Throughput* WRR dan TRS\_RR pada Modulasi 64 QAM  $\frac{3}{4}$

Hasil dari simulasi dengan algoritma penjadwalan WRR dan TRS\_RR pada modulasi 64 QAM  $\frac{3}{4}$  dibandingkan sebagaimana terlihat pada Gambar 4.6. Berdasarkan gambar grafik *throughput* tersebut diatas, diperoleh nilai rata-rata *throughput* sebagai berikut :

WRR (64QAM $\frac{3}{4}$ ) : 15,9203659 kbps.  
 TRS\_RR (64QAM $\frac{3}{4}$ ) : 15,919 kbps.

Berdasarkan nilai tersebut, terlihat bahwa pada modulasi 64 QAM  $\frac{3}{4}$  WRR memiliki rata-rata *throughput* lebih tinggi daripada TRS\_RR, yaitu sebesar 15,9203659 kbps.

Berdasarkan pengamatan terhadap keseluruhan grafik *throughput* tersebut diatas, dapat dilihat bahwa :

Berdasarkan nilai rata-rata *throughput*, terlihat bahwa :

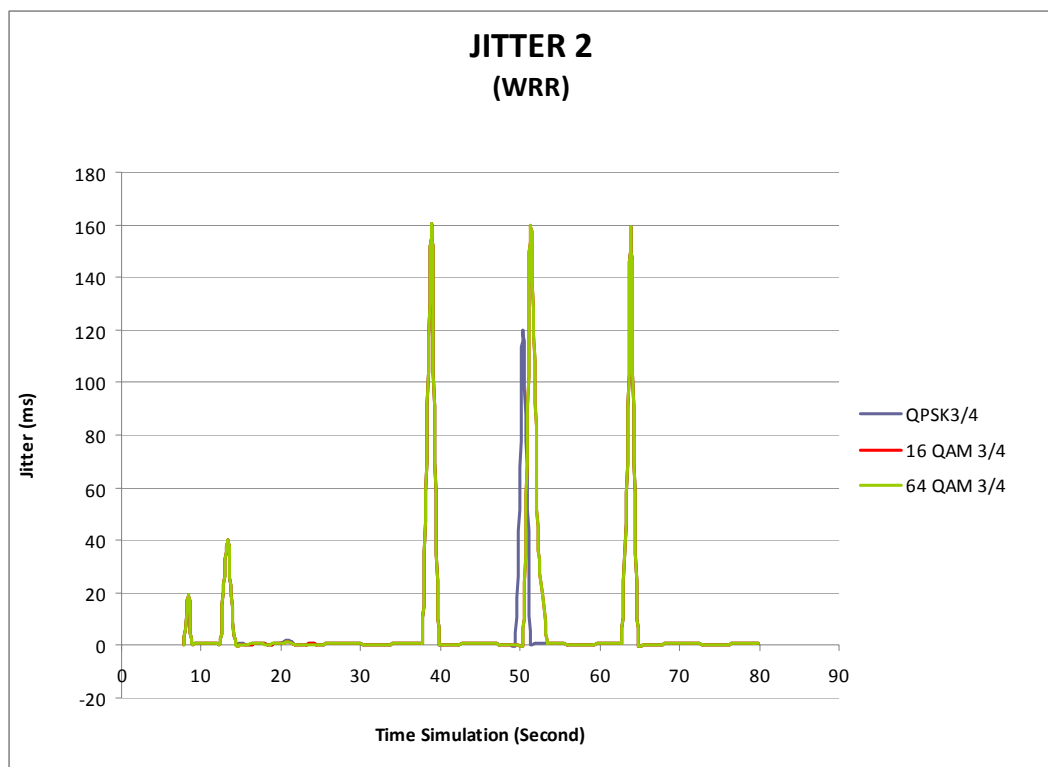
- Semakin tinggi modulasi yang digunakan, nilai rata-rata *throughput* pada algoritma penjadwalan WRR maupun TRS-RR cenderung semakin besar;
- algoritma penjadwalan WRR memiliki nilai *throughput* tertinggi pada modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$  yaitu sebesar 15,9203679 kbps;
- algoritma penjadwalan TRS-RR memiliki nilai *throughput* tertinggi pada modulasi 64 QAM  $\frac{3}{4}$  yaitu sebesar 15,919 kbps;
- Namun, terlihat bahwa semakin tinggi modulasi yang digunakan, ternyata rata-rata *throughput* WRR lebih baik dibandingkan TRS-RR.

#### 4.3.3. Jitter

Untuk menganalisa nilai jitter, diambil jitter 2 sebagai sampel. Berdasarkan perintah untuk mendapatkan *jitter* pada setiap skenario, maka diperoleh grafik *Jitter* sebagai berikut :

a. Pada skenario pertama :

- WRR



Gambar 4.7. Grafik Perbandingan *Jitter* WRR pada berbagai Modulasi

Hasil dari simulasi dengan algoritma penjadwalan WRR yang dilakukan pada modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$ , 16 QAM  $\frac{3}{4}$  dan 64 QAM  $\frac{3}{4}$  dibandingkan sebagaimana

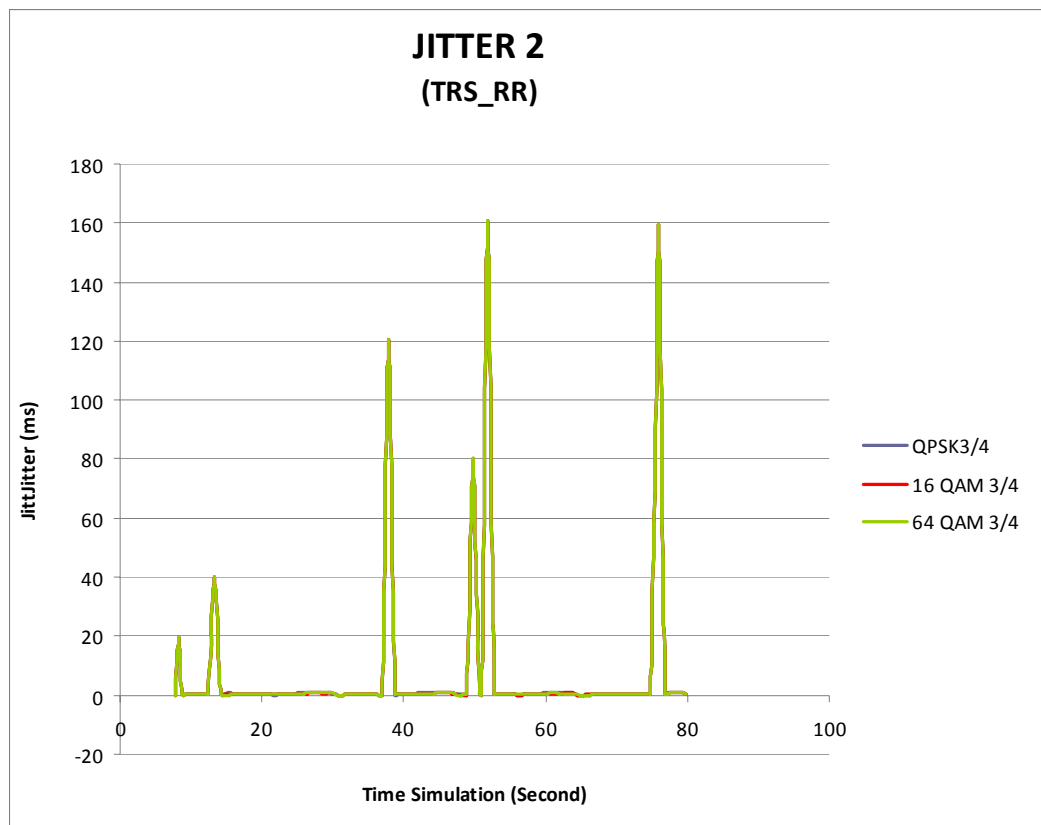
terlihat pada Gambar 4.7. Berdasarkan gambar grafik *jitter* tersebut diatas, diperoleh nilai rata-rata *jitter* sebagai berikut :

WRR (QPSK $\frac{3}{4}$ ) : 7,215041 ms.  
 WRR (16QAM $\frac{3}{4}$ ) : 8,269179 ms.  
 WRR (64QAM $\frac{3}{4}$ ) : 8,266724 ms.

Berdasarkan nilai tersebut, terlihat bahwa rata-rata *jitter* paling besar pada algoritma penjadwalan WRR adalah pada saat menggunakan modulasi 64 QAM  $\frac{3}{4}$ , yaitu mencapai 8,269179 ms.

b. Pada skenario kedua :

- TRS\_RR :



Gambar 4.8. Grafik Perbandingan *Throughput* TRS\_RR pada berbagai Modulasi

Hasil dari simulasi dengan algoritma penjadwalan TRS\_RR yang dilakukan pada modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$ , 16 QAM  $\frac{3}{4}$  dan 64 QAM  $\frac{3}{4}$  dibandingkan sebagaimana terlihat pada Gambar 4.8. Berdasarkan gambar grafik *jitter* tersebut diatas, diperoleh nilai rata-rata *jitter* sebagai berikut :

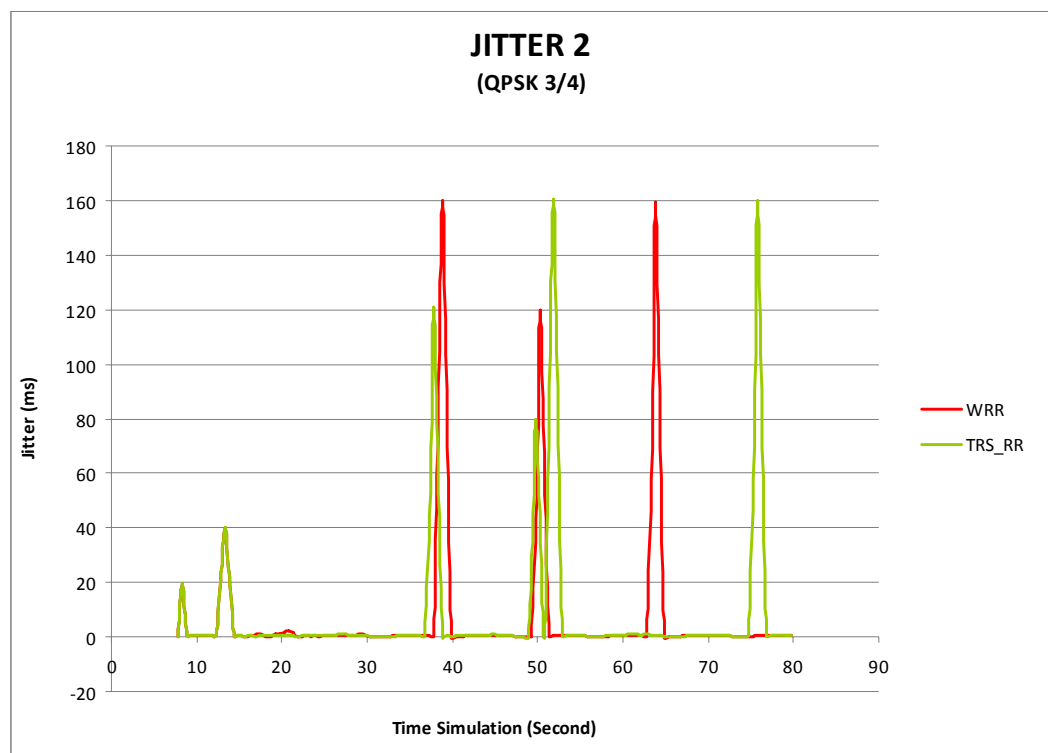
Average *Jitter 2* :

TRS_RR (QPSK3/4)	:	8,321758621 ms.
TRS_RR (16QAM3/4)	:	8,29469 ms.
TRS_RR (64QAM3/4)	:	8,291731 ms.

Berdasarkan nilai tersebut, terlihat bahwa rata-rata *jitter* paling besar pada algoritma penjadwalan TRS\_RR adalah pada saat menggunakan modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$ , yaitu mencapai 8,321758621 ms.

c. Jika *jitter* WRR dan TRS\_RR diperbandingkan pada modulasi yang sama :

- Modulasi QPSK 3/4



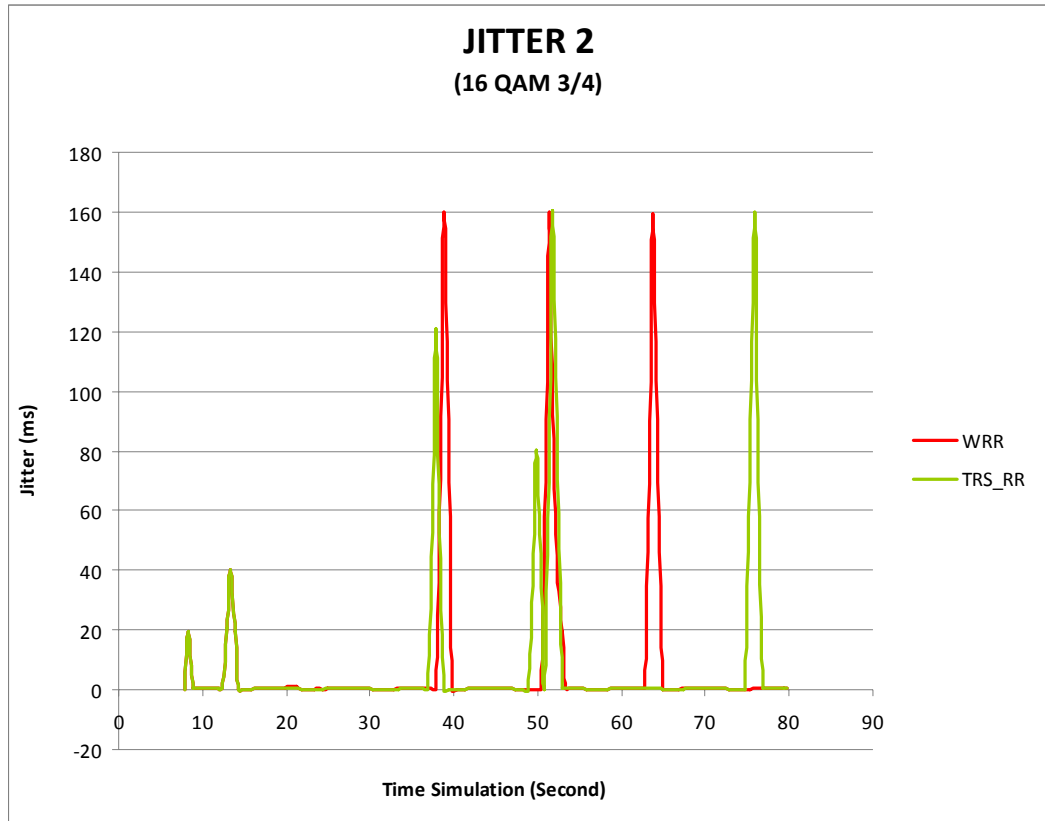
Gambar 4.9. Grafik Perbandingan *Jitter* WRR dan TRS\_RR pada Modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$

Hasil dari simulasi dengan algoritma penjadwalan WRR dan TRS\_RR pada modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$  dibandingkan sebagaimana terlihat pada Gambar 4.9. Berdasarkan gambar grafik *jitter* tersebut diatas, diperoleh nilai rata-rata *jitter* sebagai berikut :

WRR (QPSK3/4)	:	7,215041 ms.
TRS_RR (QPSK3/4)	:	8,321758621 ms.

Berdasarkan nilai tersebut, terlihat bahwa pada modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$  TRS\_RR memiliki rata-rata *jitter* lebih tinggi daripada WRR, yaitu sebesar 8,321758621 ms.

- Modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$



Gambar 4.10. Grafik Perbandingan *Jitter* WRR dan TRS\_RR pada Modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$

Hasil dari simulasi dengan algoritma penjadwalan WRR dan TRS\_RR pada modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$  dibandingkan sebagaimana terlihat pada Gambar 4.10. Berdasarkan gambar grafik *jitter* tersebut diatas, diperoleh nilai rata-rata *jitter* sebagai berikut :

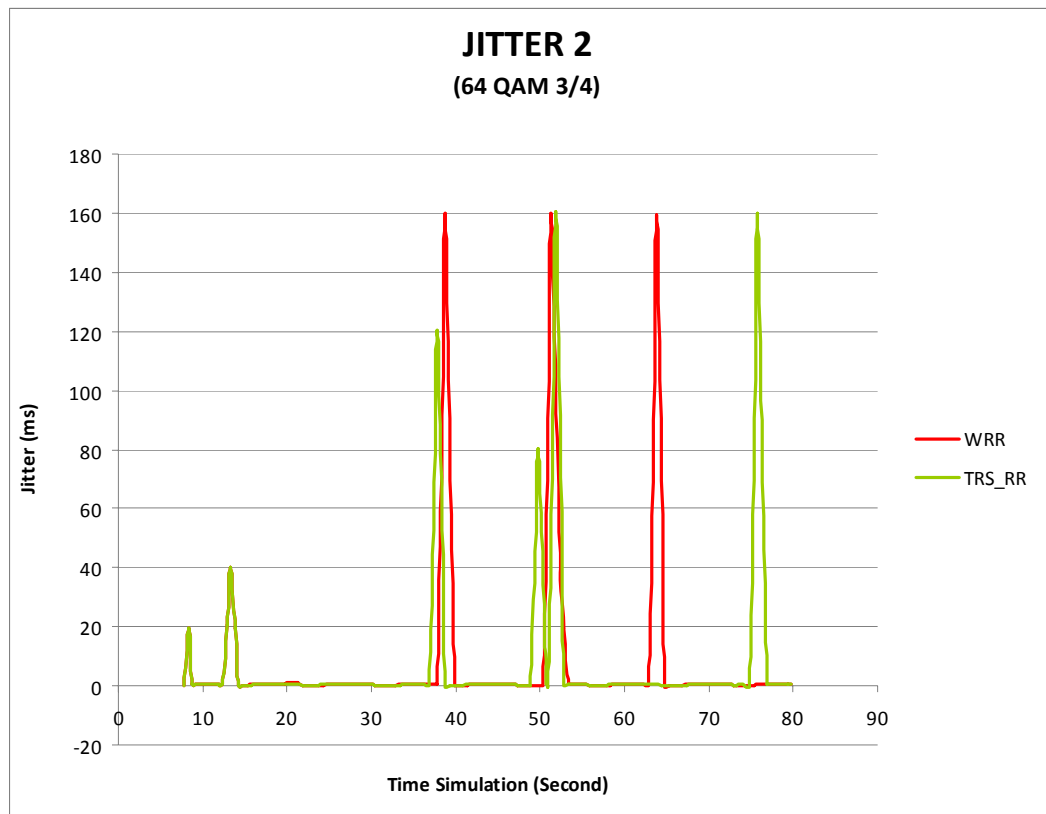
WRR (16QAM $\frac{3}{4}$ ) : 8,269179 ms.

TRS\_RR (16QAM $\frac{3}{4}$ ) : 8,29469 ms.

Berdasarkan nilai tersebut, terlihat bahwa rata-rata *jitter* pada modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$  TRS\_RR memiliki rata-rata *jitter* lebih tinggi daripada WRR, yaitu mencapai 8,29469 ms.



- Modulasi 64 QAM 3/4



Gambar 4.11. Grafik Perbandingan *Jitter* WRR dan TRS\_RR pada Modulasi 64 QAM 3/4

Hasil dari simulasi dengan algoritma penjadwalan WRR dan TRS\_RR pada modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$  dibandingkan sebagaimana terlihat pada Gambar 4.11. Berdasarkan gambar grafik *jitter* tersebut diatas, diperoleh nilai rata-rata *jitter* sebagai berikut :

WRR (64QAM3/4) : 8,266724 ms.

TRS\_RR (64QAM3/4) : 8,291731 ms.

Berdasarkan nilai tersebut, terlihat bahwa pada modulasi 64 QAM  $\frac{3}{4}$  TRS\_RR memiliki rata-rata *jitter* lebih tinggi daripada WRR, yaitu mencapai 8,291731 ms.

Berdasarkan pengamatan terhadap nilai rata-rata *jitter*, terlihat bahwa :

- Semakin tinggi modulasi yang digunakan, ternyata memberikan pengaruh yang berbeda terhadap algoritma penjadwalan WRR dan TRS-RR. Pada algoritma WRR, semakin tinggi modulasi yang digunakan, rata-rata *jitter* juga

cenderung semakin besar. Sebaliknya pada TRS\_RR, semakin tinggi modulasi yang digunakan, rata-rata *jitter*nya cenderung semakin menurun;

- algoritma penjadwalan WRR memiliki nilai *jitter* tertinggi pada modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$  yaitu sebesar 8,269179 ms;
- algoritma penjadwalan TRS\_RR memiliki nilai *jitter* tertinggi pada modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$  yaitu sebesar 8,321758621 ms;
- Meskipun pada modulasi yang semakin tinggi, rata-rata *jitter* TRS\_RR semakin menurun, namun secara keseluruhan terlihat bahwa nilai rata-rata *jitter* TRS-RR selalu lebih tinggi daripada WRR pada setiap modulasi.

## BAB V

### KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan dan penilaian terhadap hasil simulasi dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin tinggi modulasi yang digunakan, nilai rata-rata *throughput* pada algoritma penjadwalan WRR maupun TRS-RR cenderung semakin besar;
2. Algoritma penjadwalan WRR memiliki nilai *throughput* tertinggi pada modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$  yaitu sebesar 15,9203679 kbps;
3. Algoritma penjadwalan TRS-RR memiliki nilai *throughput* tertinggi pada modulasi 64 QAM  $\frac{3}{4}$  yaitu sebesar 15,919 kbps;
4. Namun, terlihat bahwa semakin tinggi modulasi yang digunakan, ternyata rata-rata *throughput* WRR lebih baik dibandingkan TRS-RR;
5. Semakin tinggi modulasi yang digunakan, ternyata memberikan pengaruh yang berbeda terhadap algoritma penjadwalan WRR dan TRS-RR. Pada algoritma WRR, semakin tinggi modulasi yang digunakan, rata-rata *jitter* juga semakin besar. Sebaliknya pada TRS-RR, semakin tinggi modulasi yang digunakan, rata-rata *jitter*nya justru semakin menurun;
6. Algoritma penjadwalan WRR memiliki nilai *jitter* tertinggi pada modulasi 16 QAM  $\frac{3}{4}$  yaitu sebesar 8,269179 ms;
7. Algoritma penjadwalan TRS-RR memiliki nilai *jitter* tertinggi pada modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$  yaitu sebesar 8,321758621 ms;
8. Meskipun pada modulasi yang semakin tinggi, rata-rata *jitter* TRS-RR semakin menurun, namun terlihat bahwa nilai rata-rata *jitter* TRS-RR selalu lebih tinggi daripada WRR pada setiap modulasi.
9. Berdasarkan nilai rata-rata *throughput* dan *jitter* dari simulasi tersebut, algoritma penjadwalan WRR menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan TRS-RR. Hal ini ditunjukkan dari rata-rata *throughput* yang lebih tinggi dan rata-rata *jitter* yang lebih rendah pada setiap modulasi.

## DAFTAR ACUAN

- [1] Geier, Jim. (2005). *Wireless Networks : First-step* (Tim Penerjemah Andi, Penerjemah). Yogyakarta : Penerbit ANDI
- [2] Wibisono, G., & Hantoro, G.D. (2008). *Mobile Broadband, Tren Teknologi Wireless Saat ini dan Masa Datang*. Bandung : Penerbit Informatika.
- [3] Taylor & Francis Group. *WiMAX: Technologies, Performance Analysis, and QoS*. Edited by S. Ahson, Mohammad Ilyas. CRC Press.
- [4] ITTelkom (2008, December 22) *Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)*. Diakses 1 Mei 2009  
[http://www.ittelkom.ac.id/library/index.php?view=article&catid=17%3Asistem-komunikasi-bergerak&id=370%3Aworldwide-Interoperability-for-microwave-access-wimax&tmpl=component&print=1&page=&option=com\\_content&Itemid=15](http://www.ittelkom.ac.id/library/index.php?view=article&catid=17%3Asistem-komunikasi-bergerak&id=370%3Aworldwide-Interoperability-for-microwave-access-wimax&tmpl=component&print=1&page=&option=com_content&Itemid=15)
- [5] Maode, M. (n.d.) *Current Technology Developments of Wimax Systems*. Springerblink. Diakses 11 Mei 2009  
<http://books.google.co.id/books?id=Hok7rMAtpvcC&pg=PR3&dq=Curent+Technology+Developments+of+Wimax+Systems>
- [6] [http://www.cristal-lab.net/belghith/tools/patch-QoS-WiMAX\\_prerelease-10-27-2008](http://www.cristal-lab.net/belghith/tools/patch-QoS-WiMAX_prerelease-10-27-2008), Diakses 5 April 2009
- [7] <http://ndsl.csie.cgu.edu.tw/ns-allinone-2.29.tar.gz> Diakses 5 April 2009
- [8] Dwi Hantoro, G. (2009). *Mempelajari WiMAX secara Tutorial dan Visual*. Bandung : Penerbit Informatika.
- [9] Wibisono, G., Dwi Hantoro, G., Meganjaya, M, &. Pram, Y. (2007) *WiMAX : Peluang dan Tantangan Bisnis di Indonesia*. Bandung : Penerbit Informatika.
- [10] *WiMAX*. Diakses 12 Mei 2009  
<http://id.wikipedia.org/wiki/WiMAX>
- [11] *Technology Beyond : Mobile WiMAX*. (2007, September 19). Diakses 11 Mei 2009  
<http://hartomanullang.wordpress.com/2007/09/19/mobile-wimax/>

- [12] Fauzi, F., Nurhaida, I., Taryudi, Fitri Sari, R. (2009). Performance Comparison rtPS QoS Class on mSIR and WRR Scheduling Algorithms for WiMAX Environment. Department of Electrical Engineering, University of Indonesia
- [13] Wibisono, G. dan Dwi Hantoro, G. (2006) WiMAX : Teknologi Broadband Wireless Access (BWA) Kini dan Masa Depan. Bandung : Penerbit Informatika.
- [14] Belghith, A., & Nuaymi, L. (2008, June 22-25). Comparison of WiMAX Scheduling Algorithms and Proposal for the rtPS QoS Class. 1-6. Journal of 14<sup>th</sup> European Wireless 2008, EW 2008.
- [15] Febrian, J. (2007). Kamus Komputer & Teknologi Informasi. Bandung : Penerbit Informatika.
- [16] Toncar, V. (n.d.). VoIP Basics: About *Jitter*. Diakses 12 Juni 2009.  
[http://toncar.cz/Tutorials/VoIP/VoIP\\_Basics\\_Jitter.html](http://toncar.cz/Tutorials/VoIP/VoIP_Basics_Jitter.html).
- [17] Kadir, A. (2002). Pengenalan Unix dan Linux. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- [18] Chung, J., & Claypool, M. (n.d.) WPI : Worcester Polytechnic Institute. Computer Science : NS by Example. Diakses 5 April 2009  
<http://nile.wpi.edu/NS/>
- [19] Setiawan, A. (2006, September 27). Memperbesar Kapasitas Hard Disk di VMWare. Diakses 1 Juni 2009.  
<http://andri.cisco.or.id/blogs/2006/09/27/memperbesar-kapasitas-hard-disk-di-vmware/>.
- [20] Nugroho, B. (2005). Windows & Linux : Instalasi & Konfigurasi Jaringan. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- [21] Fedora Indonesia. (n.d.). fedora : freedom | friends | features | first. Diakses 2 Juni 2009.  
<http://fedora.linux.or.id/>
- [22] Network Animator. Diakses 23 Maret 2009  
<http://www.isi.edu/nsnam/nam/>

LAMPIRAN 1 : Output Data Throughput

Algoritma Penjadwalan WRR

QPSK 3/4		16 QAM 3/4		64 QAM 3/4	
Time Simulation	Throughput	Time Simulation	Throughput	Time Simulation	Throughput
(second)	(kbps)	(second)	(kbps)	(second)	(kbps)
7.34267	1.08952	7.34267	1.08952	7.34267	1.08952
7.82276	16.6635	7.82276	16.6635	7.82276	16.6635
8.32244	16.0103	8.32244	16.0103	8.32244	16.0103
8.82267	15.9927	8.82267	15.9927	8.82267	15.9927
9.32235	16.0103	9.32235	16.0103	9.32235	16.0103
9.82267	15.9897	9.82267	15.9897	9.82267	15.9897
10.3224	16.0103	10.3224	16.0103	10.3224	16.0103
10.8227	15.9897	10.8227	15.9897	10.8227	15.9897
11.3224	16.0103	11.3224	16.0103	11.3224	16.0103
11.8227	15.9897	11.8227	15.9897	11.8227	15.9897
12.3224	16.0103	12.3224	16.0103	12.3224	16.0103
12.8427	15.3751	12.8427	15.3751	12.8427	15.3751
13.3228	16.6635	13.3228	16.6635	13.3228	16.6635
13.8227	16.0029	13.8227	16.0029	13.8227	16.0029
14.3228	15.9971	14.3228	15.9971	14.3228	15.9971
14.8234	15.9795	14.823	15.9912	14.8229	15.9971
15.3233	16.0044	15.323	16.0015	15.323	15.9956
15.8229	16.0117	15.8228	16.0059	15.8227	16.0088
16.3233	15.9883	16.323	15.9927	16.323	15.9897
16.8229	16.0132	16.8227	16.0117	16.8226	16.0147
17.3233	15.9853	17.323	15.9883	17.3229	15.9897
17.8229	16.0117	17.8227	16.0103	17.8226	16.0103
18.3229	16.0015	18.3228	15.9971	18.3228	15.9941
18.8225	16.0132	18.8225	16.0103	18.8224	16.0117
19.323	15.9839	19.3229	15.9883	19.3228	15.9868
19.8225	16.0161	19.8225	16.0117	19.8224	16.0117
20.3235	15.9693	20.3231	15.981	20.3229	15.9839
20.8224	16.0353	20.8224	16.0235	20.8224	16.0191
21.3227	15.9897	21.3227	15.9897	21.3227	15.9897
21.8228	15.9971	21.8228	15.9971	21.8228	15.9971
22.3227	16.0029	22.3227	16.0029	22.3227	16.0029
22.823	15.9897	22.8229	15.9941	22.8228	15.9956
23.3232	15.9941	23.3231	15.9912	23.3229	15.9985
23.8228	16.0132	23.8228	16.0117	23.8228	16.0029
24.3226	16.0059	24.3226	16.0059	24.3226	16.0059
24.8228	15.9941	24.8228	15.9941	24.8228	15.9941
25.3224	16.0103	25.3224	16.0103	25.3224	16.0103
25.8227	15.9927	25.8227	15.9927	25.8227	15.9927
26.3224	16.0103	26.3224	16.0103	26.3224	16.0103
26.8227	15.9897	26.8227	15.9897	26.8227	15.9897
27.3224	16.0103	27.3224	16.0103	27.3224	16.0103
27.8227	15.9897	27.8227	15.9897	27.8227	15.9897
28.3224	16.0103	28.3224	16.0103	28.3224	16.0103

## LAMPIRAN 1 : (lanjutan)

28.8228	15.9853	28.8227	15.9897	28.8227	15.9883
29.3224	16.0147	29.3224	16.0103	29.3224	16.0117
29.8227	15.9897	29.8227	15.9897	29.8227	15.9897
30.3228	15.9971	30.3228	15.9971	30.3228	15.9971
30.8227	16.0029	30.8227	16.0029	30.8227	16.0029
31.3228	15.9971	31.3228	15.9971	31.3228	15.9971
31.8227	16.0029	31.8227	16.0029	31.8227	16.0029
32.3228	15.9971	32.3228	15.9971	32.3228	15.9971
32.8226	16.0059	32.8226	16.0059	32.8226	16.0059
33.3228	15.9941	33.3228	15.9941	33.3228	15.9941
33.8224	16.0103	33.8224	16.0103	33.8224	16.0103
34.3227	15.9927	34.3227	15.9927	34.3227	15.9927
34.8224	16.0103	34.8224	16.0103	34.8224	16.0103
35.3227	15.9897	35.3227	15.9897	35.3227	15.9897
35.8224	16.0103	35.8224	16.0103	35.8224	16.0103
36.3227	15.9897	36.3227	15.9897	36.3227	15.9897
36.8224	16.0103	36.8224	16.0103	36.8224	16.0103
37.3227	15.9897	37.3227	15.9897	37.3227	15.9897
37.8224	16.0103	37.8224	16.0103	37.8224	16.0103
38.4026	13.7866	38.4026	13.7866	38.4026	13.7866
38.8228	19.0414	38.8228	19.0414	38.8228	19.0414
39.3227	16.0029	39.3227	16.0029	39.3227	16.0029
39.8228	15.9971	39.8228	15.9971	39.8228	15.9971
40.3227	16.0029	40.3227	16.0029	40.3227	16.0029
40.8228	15.9971	40.8228	15.9971	40.8228	15.9971
41.3226	16.0059	41.3226	16.0059	41.3226	16.0059
41.8228	15.9941	41.8228	15.9941	41.8228	15.9941
42.3224	16.0103	42.3224	16.0103	42.3224	16.0103
42.8227	15.9927	42.8227	15.9927	42.8227	15.9927
43.3224	16.0103	43.3224	16.0103	43.3224	16.0103
43.8227	15.9897	43.8227	15.9897	43.8227	15.9897
44.3224	16.0103	44.3224	16.0103	44.3224	16.0103
44.8227	15.9897	44.8227	15.9897	44.8227	15.9897
45.3224	16.0103	45.3224	16.0103	45.3224	16.0103
45.8227	15.9897	45.8227	15.9897	45.8227	15.9897
46.3224	16.0103	46.3224	16.0103	46.3224	16.0103
46.8227	15.9897	46.8227	15.9897	46.8227	15.9897
47.3228	15.9971	47.3228	15.9971	47.3228	15.9971
47.8227	16.0029	47.8227	16.0029	47.8227	16.0029
48.3228	15.9971	48.3228	15.9971	48.3228	15.9971
48.8227	16.0029	48.8227	16.0029	48.8227	16.0029
49.3228	15.9971	49.3228	15.9971	49.3228	15.9971
49.8827	14.2881	49.8226	16.0059	49.8226	16.0059
50.3228	18.178	50.3228	15.9941	50.3228	15.9941
50.8224	16.0103	50.9026	13.7964	50.9026	13.7964
51.3227	15.9927	51.3227	19.0455	51.3227	19.0455
51.8224	16.0103	51.8424	15.3914	51.8424	15.3914
52.3227	15.9897	52.3227	16.6587	52.3227	16.6587
52.8224	16.0103	52.8224	16.0103	52.8224	16.0103

## LAMPIRAN 1 : (lanjutan)

53.3227	15.9897	53.3227	15.9897	53.3227	15.9897
53.8224	16.0103	53.8224	16.0103	53.8224	16.0103
54.3227	15.9897	54.3227	15.9897	54.3227	15.9897
54.8224	16.0103	54.8224	16.0103	54.8224	16.0103
55.3227	15.9897	55.3227	15.9897	55.3227	15.9897
55.8228	15.9971	55.8228	15.9971	55.8228	15.9971
56.3227	16.0029	56.3227	16.0029	56.3227	16.0029
56.8228	15.9971	56.8228	15.9971	56.8228	15.9971
57.3227	16.0029	57.3227	16.0029	57.3227	16.0029
57.8228	15.9971	57.8228	15.9971	57.8228	15.9971
58.3226	16.0059	58.3226	16.0059	58.3226	16.0059
58.8228	15.9941	58.8228	15.9941	58.8228	15.9941
59.3224	16.0103	59.3224	16.0103	59.3224	16.0103
59.8227	15.9927	59.8227	15.9927	59.8227	15.9927
60.3224	16.0103	60.3224	16.0103	60.3224	16.0103
60.8227	15.9897	60.8227	15.9897	60.8227	15.9897
61.3224	16.0103	61.3224	16.0103	61.3224	16.0103
61.8227	15.9897	61.8227	15.9897	61.8227	15.9897
62.3224	16.0103	62.3224	16.0103	62.3224	16.0103
62.8227	15.9897	62.8227	15.9897	62.8227	15.9897
63.4024	13.7996	63.4024	13.7996	63.4024	13.7996
63.8227	19.0352	63.8227	19.0352	63.8227	19.0352
64.3228	15.9971	64.3228	15.9971	64.3228	15.9971
64.8227	16.0029	64.8227	16.0029	64.8227	16.0029
65.3228	15.9971	65.3228	15.9971	65.3228	15.9971
65.8227	16.0029	65.8227	16.0029	65.8227	16.0029
66.3228	15.9971	66.3228	15.9971	66.3228	15.9971
66.8226	16.0059	66.8226	16.0059	66.8226	16.0059
67.3228	15.9941	67.3228	15.9941	67.3228	15.9941
67.8224	16.0103	67.8224	16.0103	67.8224	16.0103
68.3227	15.9927	68.3227	15.9927	68.3227	15.9927
68.8224	16.0103	68.8224	16.0103	68.8224	16.0103
69.3227	15.9897	69.3227	15.9897	69.3227	15.9897
69.8224	16.0103	69.8224	16.0103	69.8224	16.0103
70.3227	15.9897	70.3227	15.9897	70.3227	15.9897
70.8224	16.0103	70.8224	16.0103	70.8224	16.0103
71.3227	15.9897	71.3227	15.9897	71.3227	15.9897
71.8224	16.0103	71.8224	16.0103	71.8224	16.0103
72.3227	15.9897	72.3227	15.9897	72.3227	15.9897
72.8228	15.9971	72.8228	15.9971	72.8228	15.9971
73.3227	16.0029	73.3227	16.0029	73.3227	16.0029
73.8228	15.9971	73.8228	15.9971	73.8228	15.9971
74.3227	16.0029	74.3227	16.0029	74.3227	16.0029
74.8228	15.9971	74.8228	15.9971	74.8228	15.9971
75.3226	16.0059	75.3226	16.0059	75.3226	16.0059
75.8228	15.9941	75.8228	15.9941	75.8228	15.9941
76.3224	16.0103	76.3224	16.0103	76.3224	16.0103
76.8227	15.9927	76.8227	15.9927	76.8227	15.9927
77.3224	16.0103	77.3224	16.0103	77.3224	16.0103



## LAMPIRAN 1 : (lanjutan)

77.8227	15.9897	77.8227	15.9897	77.8227	15.9897
78.3224	16.0103	78.3224	16.0103	78.3224	16.0103
78.8227	15.9897	78.8227	15.9897	78.8227	15.9897
79.3224	16.0103	79.3224	16.0103	79.3224	16.0103
79.8227	15.9897	79.8227	15.9897	79.8227	15.9897

**Algoritma Penjadwalan TRS\_RR**

QPSK 3/4		16 QAM 3/4		64 QAM 3/4	
Time Simulation	Throughput	Time Simulation	Throughput	Time Simulation	Throughput
(second)	(kbps)	(second)	(kbps)	(second)	(kbps)
7.34267	1.08952	7.34267	1.08952	7.34267	1.08952
7.82276	16.6635	7.82276	16.6635	7.82276	16.6635
8.32244	16.0103	8.32244	16.0103	8.32244	16.0103
8.82267	15.9927	8.82267	15.9927	8.82267	15.9927
9.32235	16.0103	9.32235	16.0103	9.32235	16.0103
9.82267	15.9897	9.82267	15.9897	9.82267	15.9897
10.3224	16.0103	10.3224	16.0103	10.3224	16.0103
10.8227	15.9897	10.8227	15.9897	10.8227	15.9897
11.3224	16.0103	11.3224	16.0103	11.3224	16.0103
11.8227	15.9897	11.8227	15.9897	11.8227	15.9897
12.3224	16.0103	12.3224	16.0103	12.3224	16.0103
12.8427	15.3751	12.8427	15.3751	12.8427	15.3751
13.3228	16.6635	13.3228	16.6635	13.3228	16.6635
13.8227	16.0029	13.8227	16.0029	13.8227	16.0029
14.3228	15.9971	14.3228	15.9971	14.3228	15.9971
14.8234	15.9795	14.823	15.9912	14.8229	15.9971
15.3232	16.0059	15.323	16	15.3229	15.9971
15.8229	16.0103	15.8228	16.0088	15.8227	16.0073
16.323	15.9971	16.3229	15.9941	16.3229	15.9956
16.8228	16.0073	16.8226	16.0103	16.8226	16.0088
17.3229	15.9941	17.3228	15.9941	17.3228	15.9941
17.8226	16.0103	17.8225	16.0088	17.8225	16.0088
18.3229	15.9912	18.3228	15.9912	18.3228	15.9912
18.8227	16.0073	18.8225	16.0088	18.8225	16.0088
19.3229	15.9927	19.3229	15.9897	19.3228	15.9912
19.8227	16.0073	19.8225	16.0103	19.8225	16.0088
20.3229	15.9912	20.3228	15.9912	20.3228	15.9912
20.8226	16.0103	20.8225	16.0088	20.8225	16.0088
21.3229	15.9912	21.3228	15.9912	21.3228	15.9912
21.8231	15.9941	21.8229	15.9956	21.8229	15.9956
22.3229	16.0059	22.3228	16.0044	22.3228	16.0044
22.8231	15.9941	22.8229	15.9956	22.8229	15.9956
23.3229	16.0059	23.3229	16.0029	23.3228	16.0044
23.8231	15.9941	23.8229	15.9971	23.8229	15.9956
24.3228	16.0088	24.3228	16.0059	24.3227	16.0073
24.8231	15.9912	24.8229	15.9941	24.8229	15.9927
25.3227	16.0132	25.3226	16.0103	25.3225	16.0117
25.823	15.9897	25.8229	15.9927	25.8228	15.9912
26.3225	16.0161	26.3224	16.0132	26.3224	16.0132
26.823	15.9839	26.8229	15.9868	26.8228	15.9883
27.3226	16.0132	27.3225	16.0117	27.3224	16.0103
27.823	15.9868	27.8229	15.9883	27.8228	15.9883
28.3226	16.0132	28.3225	16.0103	28.3224	16.0117

## LAMPIRAN 1 : (lanjutan)

28.823	15.9868	28.8229	15.9897	28.8229	15.9868
29.3227	16.0103	29.3225	16.0117	29.3224	16.0132
29.823	15.9897	29.8229	15.9883	29.8228	15.9883
30.323	15.9985	30.3229	15.9985	30.3229	15.9985
30.823	16.0015	30.8229	16.0015	30.8228	16.0015
31.323	15.9985	31.3229	15.9985	31.3229	15.9985
31.8228	16.0073	31.8228	16.0044	31.8228	16.0029
32.3229	15.9971	32.3229	15.9971	32.3228	15.9985
32.8229	16.0015	32.8228	16.0029	32.8227	16.0044
33.323	15.9956	33.3229	15.9941	33.3229	15.9941
33.8228	16.0073	33.8226	16.0103	33.8226	16.0088
34.3229	15.9956	34.3228	15.9941	34.3228	15.9941
34.8227	16.0073	34.8225	16.0088	34.8225	16.0088
35.3229	15.9927	35.3229	15.9897	35.3228	15.9912
35.8227	16.0073	35.8225	16.0103	35.8225	16.0088
36.3229	15.9927	36.3228	15.9912	36.3228	15.9912
36.8227	16.0073	36.8225	16.0088	36.8225	16.0088
37.383	14.2775	37.3829	14.2775	37.3828	14.2787
37.8226	18.1989	37.8224	18.1989	37.8224	18.1951
38.3228	15.9927	38.3228	15.9897	38.3227	15.9912
38.823	15.9927	38.8229	15.9941	38.8229	15.9956
39.3229	16.0044	39.3228	16.0044	39.3228	16.0029
39.8231	15.9941	39.8229	15.9956	39.8229	15.9971
40.3229	16.0059	40.3228	16.0044	40.3228	16.0029
40.8231	15.9941	40.8229	15.9956	40.8229	15.9956
41.3228	16.0088	41.3228	16.0059	41.3227	16.0073
41.8231	15.9912	41.8229	15.9941	41.8229	15.9927
42.3227	16.0132	42.3226	16.0103	42.3225	16.0117
42.823	15.9883	42.8229	15.9927	42.8228	15.9912
43.3226	16.0132	43.3225	16.0103	43.3224	16.0117
43.8229	15.9912	43.8228	15.9927	43.8227	15.9912
44.3225	16.0132	44.3224	16.0103	44.3224	16.0103
44.8229	15.9853	44.8228	15.9883	44.8228	15.9883
45.3226	16.0103	45.3225	16.0103	45.3224	16.0103
45.823	15.9883	45.8229	15.9883	45.8228	15.9883
46.3226	16.0117	46.3225	16.0103	46.3224	16.0117
46.823	15.9883	46.8229	15.9897	46.8228	15.9883
47.3231	15.9971	47.3229	15.9985	47.3229	15.9985
47.8229	16.0044	47.8229	16.0015	47.8228	16.0015
48.323	15.9971	48.3229	15.9985	48.3229	15.9971
48.823	16.0015	48.8229	16.0015	48.8228	16.0029
49.3629	14.8186	49.3628	14.8161	49.3628	14.8161
49.8227	17.3965	49.8227	17.3965	49.8226	17.3965
50.3229	15.9941	50.3229	15.9941	50.3229	15.9927
50.8228	16.0044	50.8226	16.0073	50.8225	16.0103
51.403	13.7877	51.4029	13.7866	51.4028	13.7866
51.8227	19.0622	51.8225	19.0643	51.8225	19.0622
52.3229	15.9927	52.3229	15.9897	52.3228	15.9897
52.8227	16.0073	52.8225	16.0103	52.8225	16.0103

## LAMPIRAN 1 : (lanjutan)

53.3229	15.9912	53.3229	15.9897	53.3228	15.9912
53.8227	16.0088	53.8225	16.0103	53.8225	16.0088
54.3229	15.9912	54.3228	15.9912	54.3228	15.9912
54.8227	16.0088	54.8225	16.0088	54.8225	16.0088
55.3229	15.9912	55.3229	15.9897	55.3228	15.9912
55.8229	16.0015	55.8229	16	55.8228	15.9985
56.3228	16.0029	56.3228	16.0029	56.3227	16.0029
56.823	15.9927	56.8229	15.9956	56.8229	15.9956
57.3229	16.0029	57.3229	16.0015	57.3228	16.0029
57.8231	15.9956	57.8229	15.9971	57.8229	15.9956
58.3229	16.0073	58.3228	16.0059	58.3227	16.0073
58.8231	15.9927	58.8229	15.9941	58.8229	15.9927
59.3227	16.0132	59.3226	16.0117	59.3225	16.0117
59.823	15.9897	59.8229	15.9912	59.8228	15.9912
60.3226	16.0132	60.3225	16.0103	60.3224	16.0117
60.823	15.9853	60.8229	15.9897	60.8228	15.9883
61.3226	16.0132	61.3225	16.0103	61.3224	16.0117
61.8229	15.9912	61.8228	15.9927	61.8227	15.9912
62.3225	16.0132	62.3224	16.0103	62.3224	16.0088
62.8229	15.9853	62.8228	15.9883	62.8228	15.9897
63.3226	16.0117	63.3225	16.0103	63.3225	16.0088
63.8229	15.9883	63.8229	15.9883	63.8228	15.9897
64.3229	16	64.3229	16	64.3229	15.9985
64.823	15.9985	64.8229	16	64.8228	16.0015
65.323	15.9985	65.3229	15.9971	65.3229	15.9985
65.823	16.0015	65.8229	16.0029	65.8228	16.0015
66.323	15.9985	66.3229	15.9985	66.3229	15.9985
66.8229	16.0044	66.8228	16.0044	66.8227	16.0044
67.323	15.9971	67.3229	15.9956	67.3229	15.9956
67.8226	16.0132	67.8225	16.0117	67.8226	16.0088
68.3228	15.9927	68.3228	15.9927	68.3228	15.9941
68.8227	16.0044	68.8225	16.0088	68.8224	16.0103
69.3229	15.9912	69.3228	15.9897	69.3228	15.9897
69.8227	16.0088	69.8225	16.0088	69.8225	16.0088
70.3229	15.9912	70.3229	15.9897	70.3228	15.9912
70.8227	16.0088	70.8225	16.0103	70.8225	16.0088
71.3229	15.9912	71.3228	15.9912	71.3228	15.9912
71.8227	16.0088	71.8225	16.0088	71.8225	16.0088
72.3229	15.9912	72.3229	15.9897	72.3228	15.9897
72.8231	15.9956	72.8229	15.9971	72.8229	15.9985
73.3229	16.0059	73.3228	16.0059	73.3227	16.0059
73.823	15.9971	73.8229	15.9971	73.8229	15.9941
74.3228	16.0059	74.3228	16.0029	74.3227	16.0044
74.823	15.9941	74.8229	15.9956	74.8229	15.9956
75.4029	13.7942	75.4029	13.7942	75.4027	13.7964
75.8231	19.0414	75.8229	19.0435	75.8229	19.0393
76.3227	16.0117	76.3226	16.0103	76.3225	16.0117
76.823	15.9912	76.8229	15.9927	76.8228	15.9927
77.3226	16.0132	77.3225	16.0117	77.3224	16.0103

## LAMPIRAN 1 : (lanjutan)

77.823	15.9868	77.8229	15.9883	77.8228	15.9883
78.3226	16.0132	78.3225	16.0117	78.3224	16.0117
78.823	15.9868	78.8229	15.9883	78.8228	15.9883
79.3226	16.0117	79.3225	16.0103	79.3224	16.0117
79.8229	15.9912	79.8228	15.9927	79.8227	15.9912

### Algoritma Penjadwalan WRR

QPSK 3/4		16 QAM 3/4		64 QAM 3/4	
Time Simulation (second)	Jitter (ms)	Time Simulation (second)	Jitter (ms)	Time Simulation (second)	Jitter (ms)
7.82387	0	7.82387	0	7.82387	0
8.32355	19.587	8.32355	19.587	8.32355	19.587
8.82378	0.55	8.82378	0.55	8.82378	0.55
9.32346	0.55	9.32346	0.55	9.32346	0.55
9.82378	0.642	9.82378	0.642	9.82378	0.642
10.3235	0.642	10.3235	0.642	10.3235	0.642
10.8238	0.642	10.8238	0.642	10.8238	0.642
11.3235	0.642	11.3235	0.642	11.3235	0.642
11.8238	0.642	11.8238	0.642	11.8238	0.642
12.3235	0.642	12.3235	0.642	12.3235	0.642
12.8438	20.642	12.8438	20.642	12.8438	20.642
13.3239	40.229	13.3239	40.229	13.3239	40.229
13.8238	19.816	13.8238	19.816	13.8238	19.816
14.3239	0.184	14.3239	0.184	14.3239	0.184
14.8245	0.549	14.8241	0.183	14.824	0.001
15.3244	0.778	15.3241	0.321	15.3241	0.047
15.824	0.23	15.8239	0.138	15.8238	0.413
16.3244	0.734	16.3241	0.414	16.3241	0.596
16.824	0.78	16.8238	0.597	16.8237	0.78
17.3244	0.872	17.3241	0.734	17.324	0.78
17.8241	0.826	17.8238	0.688	17.8237	0.642
18.324	0.321	18.3239	0.412	18.3239	0.505
18.8236	0.366	18.8236	0.411	18.8235	0.551
19.3241	0.916	19.324	0.686	19.3239	0.779
19.8236	1.008	19.8236	0.732	19.8236	0.778
20.3246	1.466	20.3242	0.961	20.3241	0.87
20.8235	2.062	20.8235	1.328	20.8235	1.1
21.3238	1.421	21.3238	1.054	21.3238	0.917
21.8239	0.229	21.8239	0.229	21.8239	0.229
22.3238	0.184	22.3238	0.184	22.3238	0.184
22.8241	0.413	22.824	0.275	22.8239	0.229
23.3243	0.138	23.3242	0.092	23.324	0.091
23.8239	0.595	23.8239	0.641	23.8239	0.137
24.3237	0.228	24.3237	0.182	24.3237	0.093
24.8239	0.368	24.8239	0.368	24.8239	0.368
25.3236	0.505	25.3236	0.505	25.3236	0.505
25.8238	0.55	25.8238	0.55	25.8238	0.55
26.3235	0.55	26.3235	0.55	26.3235	0.55
26.8238	0.642	26.8238	0.642	26.8238	0.642
27.3235	0.642	27.3235	0.642	27.3235	0.642
27.8238	0.642	27.8238	0.642	27.8238	0.642
28.3235	0.642	28.3235	0.642	28.3235	0.642

## LAMPIRAN 2 : (lanjutan)

28.8239	0.779	28.8238	0.642	28.8238	0.688
29.3235	0.916	29.3235	0.642	29.3235	0.734
29.8238	0.779	29.8238	0.642	29.8238	0.688
30.3239	0.229	30.3239	0.229	30.3239	0.229
30.8238	0.184	30.8238	0.184	30.8238	0.184
31.3239	0.184	31.3239	0.184	31.3239	0.184
31.8238	0.184	31.8238	0.184	31.8238	0.184
32.3239	0.184	32.3239	0.184	32.3239	0.184
32.8237	0.276	32.8237	0.276	32.8237	0.276
33.3239	0.368	33.3239	0.368	33.3239	0.368
33.8235	0.505	33.8235	0.505	33.8235	0.505
34.3238	0.55	34.3238	0.55	34.3238	0.55
34.8235	0.55	34.8235	0.55	34.8235	0.55
35.3238	0.642	35.3238	0.642	35.3238	0.642
35.8235	0.642	35.8235	0.642	35.8235	0.642
36.3238	0.642	36.3238	0.642	36.3238	0.642
36.8235	0.642	36.8235	0.642	36.8235	0.642
37.3238	0.642	37.3238	0.642	37.3238	0.642
37.8235	0.642	37.8235	0.642	37.8235	0.642
38.4037	80.596	38.4037	80.596	38.4037	80.596
38.8239	160.137	38.8239	160.137	38.8239	160.137
39.3238	79.77	39.3238	79.77	39.3238	79.77
39.8239	0.184	39.8239	0.184	39.8239	0.184
40.3238	0.184	40.3238	0.184	40.3238	0.184
40.8239	0.184	40.8239	0.184	40.8239	0.184
41.3237	0.276	41.3237	0.276	41.3237	0.276
41.8239	0.368	41.8239	0.368	41.8239	0.368
42.3235	0.505	42.3235	0.505	42.3235	0.505
42.8238	0.55	42.8238	0.55	42.8238	0.55
43.3235	0.55	43.3235	0.55	43.3235	0.55
43.8238	0.642	43.8238	0.642	43.8238	0.642
44.3235	0.642	44.3235	0.642	44.3235	0.642
44.8238	0.642	44.8238	0.642	44.8238	0.642
45.3235	0.642	45.3235	0.642	45.3235	0.642
45.8238	0.642	45.8238	0.642	45.8238	0.642
46.3235	0.642	46.3235	0.642	46.3235	0.642
46.8238	0.642	46.8238	0.642	46.8238	0.642
47.3239	0.229	47.3239	0.229	47.3239	0.229
47.8238	0.184	47.8238	0.184	47.8238	0.184
48.3239	0.184	48.3239	0.184	48.3239	0.184
48.8238	0.184	48.8238	0.184	48.8238	0.184
49.3239	0.184	49.3239	0.184	49.3239	0.184
49.8838	59.816	49.8237	0.276	49.8237	0.276
50.3239	119.816	50.3239	0.368	50.3239	0.368
50.8235	59.587	50.9037	79.678	50.9037	79.678
51.3238	0.55	51.3238	159.816	51.3238	159.816
51.8235	0.55	51.8436	99.725	51.8436	99.725
52.3238	0.642	52.3238	39.542	52.3238	39.542
52.8235	0.642	52.8235	19.45	52.8235	19.45

## LAMPIRAN 2 : (lanjutan)

53.3238	0.642	53.3238	0.642	53.3238	0.642
53.8235	0.642	53.8235	0.642	53.8235	0.642
54.3238	0.642	54.3238	0.642	54.3238	0.642
54.8235	0.642	54.8235	0.642	54.8235	0.642
55.3238	0.642	55.3238	0.642	55.3238	0.642
55.8239	0.229	55.8239	0.229	55.8239	0.229
56.3238	0.184	56.3238	0.184	56.3238	0.184
56.8239	0.184	56.8239	0.184	56.8239	0.184
57.3238	0.184	57.3238	0.184	57.3238	0.184
57.8239	0.184	57.8239	0.184	57.8239	0.184
58.3237	0.276	58.3237	0.276	58.3237	0.276
58.8239	0.368	58.8239	0.368	58.8239	0.368
59.3235	0.505	59.3235	0.505	59.3235	0.505
59.8238	0.55	59.8238	0.55	59.8238	0.55
60.3235	0.55	60.3235	0.55	60.3235	0.55
60.8238	0.642	60.8238	0.642	60.8238	0.642
61.3235	0.642	61.3235	0.642	61.3235	0.642
61.8238	0.642	61.8238	0.642	61.8238	0.642
62.3235	0.642	62.3235	0.642	62.3235	0.642
62.8238	0.642	62.8238	0.642	62.8238	0.642
63.4035	79.404	63.4035	79.404	63.4035	79.404
63.8238	159.45	63.8238	159.45	63.8238	159.45
64.3239	79.817	64.3239	79.817	64.3239	79.817
64.8238	0.184	64.8238	0.184	64.8238	0.184
65.3239	0.184	65.3239	0.184	65.3239	0.184
65.8238	0.184	65.8238	0.184	65.8238	0.184
66.3239	0.184	66.3239	0.184	66.3239	0.184
66.8237	0.276	66.8237	0.276	66.8237	0.276
67.3239	0.368	67.3239	0.368	67.3239	0.368
67.8235	0.505	67.8235	0.505	67.8235	0.505
68.3238	0.55	68.3238	0.55	68.3238	0.55
68.8235	0.55	68.8235	0.55	68.8235	0.55
69.3238	0.642	69.3238	0.642	69.3238	0.642
69.8235	0.642	69.8235	0.642	69.8235	0.642
70.3238	0.642	70.3238	0.642	70.3238	0.642
70.8235	0.642	70.8235	0.642	70.8235	0.642
71.3238	0.642	71.3238	0.642	71.3238	0.642
71.8235	0.642	71.8235	0.642	71.8235	0.642
72.3238	0.642	72.3238	0.642	72.3238	0.642
72.8239	0.229	72.8239	0.229	72.8239	0.229
73.3238	0.184	73.3238	0.184	73.3238	0.184
73.8239	0.184	73.8239	0.184	73.8239	0.184
74.3238	0.184	74.3238	0.184	74.3238	0.184
74.8239	0.184	74.8239	0.184	74.8239	0.184
75.3237	0.276	75.3237	0.276	75.3237	0.276
75.8239	0.368	75.8239	0.368	75.8239	0.368
76.3235	0.505	76.3235	0.505	76.3235	0.505
76.8238	0.55	76.8238	0.55	76.8238	0.55
77.3235	0.55	77.3235	0.55	77.3235	0.55



## LAMPIRAN 2 : (lanjutan)

77.8238	0.642	77.8238	0.642	77.8238	0.642
78.3235	0.642	78.3235	0.642	78.3235	0.642
78.8238	0.642	78.8238	0.642	78.8238	0.642
79.3235	0.642	79.3235	0.642	79.3235	0.642
79.8238	0.642	79.8238	0.642	79.8238	0.642

**Algoritma Penjadwalan TRS\_RR**

QPSK 3/4		16 QAM 3/4		64 QAM $\frac{3}{4}$	
Time Simulation	Jitter	Time Simulation	Jitter	Time Simulation	Jitter
(second)	(ms)	(second)	(ms)	(second)	(ms)
7.82387	0	7.82387	0	7.82387	0
8.32355	19.587	8.32355	19.587	8.32355	19.587
8.82378	0.55	8.82378	0.55	8.82378	0.55
9.32346	0.55	9.32346	0.55	9.32346	0.55
9.82378	0.642	9.82378	0.642	9.82378	0.642
10.3235	0.642	10.3235	0.642	10.3235	0.642
10.8238	0.642	10.8238	0.642	10.8238	0.642
11.3235	0.642	11.3235	0.642	11.3235	0.642
11.8238	0.642	11.8238	0.642	11.8238	0.642
12.3235	0.642	12.3235	0.642	12.3235	0.642
12.8438	20.642	12.8438	20.642	12.8438	20.642
13.3239	40.229	13.3239	40.229	13.3239	40.229
13.8238	19.816	13.8238	19.816	13.8238	19.816
14.3239	0.184	14.3239	0.184	14.3239	0.184
14.8245	0.549	14.8241	0.183	14.824	0.001
15.3243	0.824	15.3241	0.275	15.3241	0.001
15.824	0.138	15.8239	0.275	15.8238	0.321
16.3241	0.413	16.3241	0.458	16.324	0.366
16.8239	0.321	16.8237	0.504	16.8237	0.412
17.3241	0.412	17.3239	0.504	17.3239	0.459
17.8237	0.504	17.8236	0.458	17.8236	0.459
18.324	0.596	18.3239	0.55	18.3239	0.55
18.8238	0.504	18.8236	0.55	18.8236	0.55
19.324	0.458	19.324	0.596	19.3239	0.55
19.8238	0.458	19.8236	0.642	19.8236	0.55
20.3241	0.504	20.3239	0.596	20.3239	0.55
20.8237	0.596	20.8236	0.55	20.8236	0.55
21.324	0.596	21.3239	0.55	21.3239	0.55
21.8242	0.092	21.8241	0.137	21.824	0.138
22.324	0.366	22.3239	0.276	22.3239	0.274
22.8242	0.366	22.8241	0.276	22.824	0.274
23.324	0.366	23.324	0.23	23.3239	0.274
23.8242	0.366	23.8241	0.184	23.824	0.274
24.3239	0.458	24.3239	0.275	24.3238	0.366
24.8242	0.55	24.8241	0.366	24.824	0.458
25.3238	0.687	25.3237	0.504	25.3236	0.596
25.8241	0.733	25.824	0.55	25.8239	0.642
26.3236	0.825	26.3236	0.641	26.3235	0.687
26.8241	1.008	26.824	0.824	26.8239	0.779
27.3237	0.917	27.3236	0.778	27.3236	0.688
27.8241	0.826	27.824	0.732	27.8239	0.687
28.3237	0.826	28.3236	0.687	28.3236	0.732
28.8241	0.826	28.824	0.642	28.824	0.778
29.3238	0.734	29.3236	0.687	29.3236	0.824

## LAMPIRAN 2 : (lanjutan)

29.8241	0.642	29.824	0.732	29.8239	0.778
30.3241	0.275	30.324	0.32	30.324	0.32
30.8241	0.092	30.824	0.092	30.8239	0.092
31.3241	0.092	31.324	0.092	31.324	0.092
31.8239	0.276	31.8239	0.183	31.8239	0.137
32.324	0.322	32.324	0.228	32.3239	0.136
32.824	0.138	32.8239	0.182	32.8238	0.182
33.3241	0.184	33.3241	0.274	33.324	0.32
33.8239	0.367	33.8237	0.504	33.8237	0.458
34.324	0.366	34.3239	0.504	34.3239	0.459
34.8238	0.366	34.8236	0.458	34.8236	0.459
35.324	0.458	35.324	0.596	35.3239	0.55
35.8238	0.458	35.8236	0.642	35.8236	0.55
36.324	0.458	36.3239	0.596	36.3239	0.55
36.8238	0.458	36.8236	0.55	36.8236	0.55
37.3841	60.55	37.384	60.596	37.3839	60.55
37.8237	120.734	37.8235	120.733	37.8235	120.596
38.3239	60.642	38.3239	60.733	38.3238	60.596
38.8241	0.001	38.8241	0.138	38.824	0.138
39.324	0.368	39.3239	0.321	39.3239	0.228
39.8242	0.321	39.8241	0.276	39.824	0.182
40.324	0.366	40.3239	0.276	40.3239	0.182
40.8242	0.366	40.8241	0.276	40.824	0.228
41.3239	0.458	41.3239	0.321	41.3238	0.366
41.8242	0.55	41.8241	0.366	41.824	0.458
42.3238	0.687	42.3237	0.504	42.3236	0.596
42.8241	0.779	42.824	0.55	42.8239	0.642
43.3237	0.78	43.3236	0.55	43.3235	0.641
43.824	0.688	43.8239	0.551	43.8238	0.641
44.3236	0.687	44.3235	0.551	44.3235	0.596
44.8241	0.87	44.8239	0.687	44.8239	0.688
45.3237	0.779	45.3236	0.686	45.3235	0.688
45.8241	0.688	45.824	0.686	45.8239	0.687
46.3237	0.734	46.3236	0.687	46.3235	0.732
46.8241	0.734	46.824	0.642	46.8239	0.732
47.3242	0.276	47.324	0.275	47.324	0.32
47.8241	0.228	47.824	0.092	47.8239	0.092
48.3241	0.229	48.324	0.092	48.324	0.138
48.8241	0.138	48.824	0.092	48.8239	0.184
49.364	39.908	49.3639	40	49.3639	40.047
49.8238	79.999	49.8238	80.091	49.8237	80.093
50.324	40.32	50.324	40.32	50.324	40.367
50.8239	0.32	50.8237	0.412	50.8236	0.55
51.4041	80.366	51.404	80.504	51.4039	80.596
51.8238	160.55	51.8236	160.642	51.8236	160.595
52.324	80.55	52.324	80.688	52.3239	80.64
52.8238	0.458	52.8236	0.642	52.8236	0.64
53.3241	0.504	53.324	0.642	53.3239	0.595
53.8238	0.55	53.8236	0.642	53.8236	0.55

## LAMPIRAN 2 : (lanjutan)

54.3241	0.55	54.3239	0.596	54.3239	0.55
54.8238	0.55	54.8236	0.55	54.8236	0.55
55.3241	0.55	55.324	0.596	55.3239	0.55
55.824	0.321	55.824	0.321	55.8239	0.23
56.3239	0.046	56.3239	0.091	56.3238	0.136
56.8241	0.322	56.824	0.228	56.824	0.228
57.3241	0.322	57.324	0.183	57.3239	0.228
57.8242	0.229	57.8241	0.138	57.824	0.228
58.324	0.366	58.3239	0.275	58.3238	0.366
58.8242	0.458	58.8241	0.366	58.824	0.458
59.3238	0.641	59.3237	0.55	59.3236	0.596
59.8241	0.733	59.824	0.642	59.8239	0.642
60.3237	0.734	60.3236	0.596	60.3235	0.641
60.8241	0.872	60.824	0.642	60.8239	0.732
61.3237	0.872	61.3236	0.642	61.3235	0.732
61.824	0.688	61.8239	0.551	61.8238	0.641
62.3236	0.687	62.3235	0.551	62.3235	0.55
62.8241	0.87	62.8239	0.687	62.8239	0.596
63.3237	0.825	63.3236	0.686	63.3236	0.596
63.8241	0.734	63.824	0.686	63.8239	0.595
64.3241	0.367	64.324	0.366	64.324	0.274
64.8241	0.046	64.824	7.11E-12	64.8239	0.092
65.3241	0	65.3241	0.092	65.324	0.092
65.8241	0.092	65.824	0.184	65.8239	0.092
66.3241	0.092	66.324	0.138	66.324	0.092
66.824	0.184	66.8239	0.183	66.8238	0.183
67.3241	0.23	67.324	0.274	67.324	0.274
67.8237	0.505	67.8236	0.504	67.8237	0.412
68.3239	0.642	68.3239	0.597	68.3239	0.459
68.8238	0.366	68.8236	0.505	68.8235	0.505
69.3241	0.412	69.3239	0.595	69.3239	0.642
69.8238	0.55	69.8236	0.595	69.8236	0.596
70.3241	0.55	70.324	0.596	70.3239	0.55
70.8238	0.55	70.8236	0.642	70.8236	0.55
71.3241	0.55	71.3239	0.596	71.3239	0.55
71.8238	0.55	71.8236	0.55	71.8236	0.55
72.3241	0.55	72.324	0.596	72.3239	0.595
72.8242	0.138	72.8241	0.229	72.824	0.274
73.324	0.32	73.3239	0.275	73.3238	0.229
73.8241	0.275	73.824	0.274	73.824	0.366
74.3239	0.276	74.3239	0.182	74.3238	0.32
74.8241	0.368	74.824	0.228	74.824	0.274
75.4041	79.77	75.404	79.817	75.4038	79.726
75.8242	159.817	75.8241	159.862	75.824	159.68
76.3238	79.497	76.3237	79.587	76.3236	79.45
76.8241	0.641	76.824	0.55	76.8239	0.597
77.3237	0.688	77.3236	0.595	77.3235	0.551
77.8241	0.826	77.824	0.732	77.8239	0.687

## LAMPIRAN 2 : (lanjutan)

78.3237	0.826	78.3236	0.732	78.3235	0.732
78.8241	0.826	78.824	0.732	78.8239	0.732
79.3237	0.78	79.3236	0.687	79.3235	0.732
79.824	0.642	79.8239	0.551	79.8238	0.641