

**PERANCANGAN DAN SIMULASI JARINGAN WiMAX
802.16D DAN 802.16E DI KABUPATEN SLEMAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik.



Oleh:

Nama : Isra' Nuur Darmawan

No. Mahasiswa : 11 524 085

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2014

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PERANCANGAN DAN SIMULASI JARINGAN WiMAX

802.16D DAN 802.16E DI KABUPATEN SLEMAN

TUGAS AKHIR

Oleh:

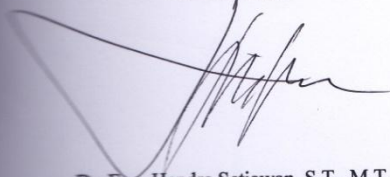
Nama : Isra' Nuur Darmawan

No. Mahasiswa : 11 524 085

Yogyakarta, 15 April 2014

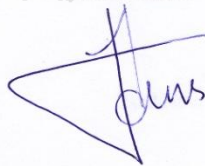
Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.

Pembimbing II



Firdaus, S.T., M.T.

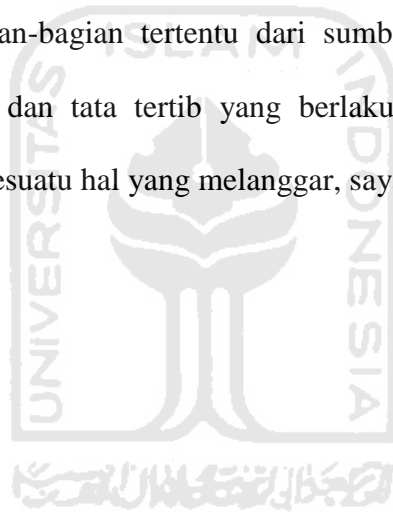
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Isra' Nuur Darmawan

No. Mahasiswa : 11 524 085

Menyatakan dengan jujur bahwa tugas akhir ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, tanpa adanya niat untuk menjiplak atau melakukan plagiat dari karya orang lain. Adapun bagian-bagian tertentu dari sumber referensi saya ambil, sesuai dengan ketentuan dan tata tertib yang berlaku dalam penulisan karya ilmiah. Jika terbukti ada sesuatu hal yang melanggar, saya siap bertanggung jawab sepenuhnya.



Yogyakarta, April 2014

Isra' Nuur Darmawan

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PERANCANGAN, SIMULASI JARINGAN WiMAX
802.16D DAN 802.16E DI KABUPATEN SLEMAN
TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : Isra' Nuur Darmawan

No. Mahasiswa : 11 524 085

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Sebagai Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Mei 2014

Tim Penguji,

Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.
Ketua

Tito Yuwono, S.T., M.Sc.
Anggota I

Firdaus, S.T., M.T.
Anggota II



[Handwritten signatures and initials]

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro
Universitas Islam Indonesia



[Handwritten signature]
Tito Yuwono, S.T., M.Sc.

HALAMAN PERSEMBAHAN

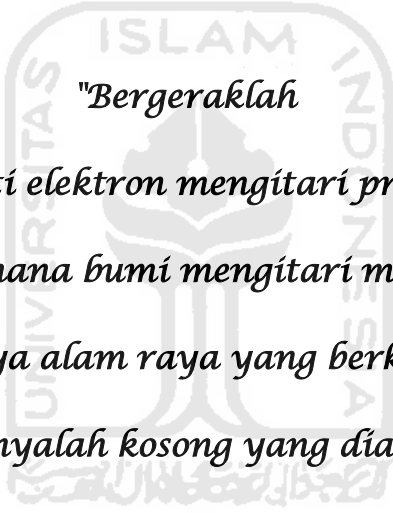
Kupersembahkan karya ini untuk:

Ibu dan Bapakku yang hingga kini masih tabah menantikan anak sulungnya untuk meraih gelar sarjana, karya ini adalah jawaban dari do'a yang telah kalian panjatkan



HALAMAN MOTTO

*“Always be yourself and never be anyone else even if they
look better than you.”*



*"Bergeraklah
seperti elektron mengitari proton
sebagaimana bumi mengitari matahari
selayaknya alam raya yang berkembang
hanyalah kosong yang diam
sebagaimana pikiran yang kosong
tidak berguna"*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, rasa syukur tiada terkira kehadiran Allah SWT atas karunia dan nikmat yang telah diberikan sehingga Tugas Akhir dengan judul "Perancangan dan Simulasi Jaringan WiMAX 802.16D dan 802.16E di Kabupaten Sleman", ini selesai dengan baik dan lancar. Tidak lupa shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW, yang menjadi uswatun khasanah bagi umatnya.

Melalui Tugas Akhir ini penulis berharap semoga karya ini bisa memberikan manfaat bagi seluruh pembaca. Banyak kesan suka dan duka yang mengiringi dalam proses Tugas Akhir ini. Alhamdulillah semuanya dapat penulis lewati dengan usaha, do'a dan ikhtiar.

Rasa terima kasih juga penulis haturkan kepada seluruh pihak yang terlibat dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini. Atas dukungan, bimbingan, kerjasama, fasilitas, saya ucapkan rasa terima kasih ini kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T. selaku Pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing dan mendampingi selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
2. Bapak Firdaus, S.T., M.T. selaku Pembimbing yang selalu memberikan support dan tak henti-hentinya mengingatkan serta mendampingi selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Tito Yuwono, S.T, M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Dwi Ana Ratna Wati, S.T, M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.

5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro, terimakasih atas bimbingan selama kuliah di Jurusan Teknik Elektro.
6. Mbak Puji yang selalu membantu memberi arahan administrasi di kampus.
7. Mas Heri, Mbak Aroh, Mas Handri, Mas Dian, yang selalu menyediakan tempat dan bantuannya di laboratorium.
8. Teman-teman Elektro: Rois, Fahri, Hilal, Putty, Putri, Esa, Ifan, Arif, Syakban, Didit, Dhani, Deby, Etika, Maryonid, Okhie, Arman, Alfian dan teman-teman elektro lainnya yang telah memberikan dukungan.
9. Ibu dan ayah tercinta, dek Anis yang tak henti-hentinya selalu memberikan doa dan segala dukungan.
10. Dan banyak pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan, yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna, masih banyak kekurangan - kekurangan karena keterbatasan ilmu yang dimiliki. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik, saran yang membangun dan solutif demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga apa yang telah didapat dari Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat baik bagi para pembaca dan penggunanya. Aamiin...

Yogyakarta, April 2014

Penulis

ABSTRAKSI

Salah satu teknologi akses nirkabel pita lebar (*wireless broadband*) yang diperkirakan banyak digunakan dimasa depan adalah WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Acces*). WiMAX memiliki jangkauan yang lebih jauh dan dapat digunakan dalam kondisi *non line of sigh* (NLoS) sehingga sangat sesuai untuk transmisi pada daerah rural. Pada penelitian ini digunakan standar IEEE 802.16d dan IEEE 802.16e dengan empat skenario untuk setiap standar, menggunakan *software* simulasi OPNET 14.5 dengan obyek penelitian wilayah kabupaten Sleman. Persebaran *single subscriber* (SS) berdasar pada kepadatan penduduk tiap kecamatan. Setelah hasil simulasi didapatkan maka dilakukan pengamatan pada QoS (*Quality of Service*) yaitu *delay*, *jitter*, *throughput*, *packet loss* dengan mengacu pada standar TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) dengan obyek yang diukur yaitu *voice*, *video*, dan *http*. Pada pengujian WiMAX IEEE 802.16d untuk layanan *video* secara umum *delay* berkualitas jelek, *packet loss* berkualitas jelek karena diatas 25%. Pengujian pada layanan *voice* secara umum *delay* berkualitas jelek, *jitter* berkualitas bagus, *packet loss* berkualitas jelek. Pengujian pada layanan *http* secara umum *delay* berkualitas sangat bagus karena dibawah 150ms, *packet loss* berkualitas sedang. Pada pengujian WiMAX IEEE 802.16e untuk layanan *video* secara umum *delay* berkualitas jelek, *packet loss* berkualitas jelek. Pengujian pada layanan *voice* secara umum *delay* berkualitas jelek, *jitter* berkualitas bagus, dan *packet loss* berkualitas jelek. Pengujian pada layanan *http* secara umum *delay* berkualitas sangat bagus, *packet loss* berkualitas sedang. Berdasar hasil pengamatan secara umum, tidak semua layanan dapat berjalan dengan bagus. Berdasarkan hasil pengamatan layanan HTTP yang dapat berjalan dengan bagus karena memiliki kualitas *delay* sangat bagus dan kualitas *packet loss* sedang.

Kata kunci: WiMAX, OPNET, *packet loss*, *delay*, *jitter*, Sleman

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
HALAMAN MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAKSI.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Metodologi Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 WiMAX.....	8
2.2 Standarisasi WiMAX.....	10
2.3 Spektrum Frekuensi dan Band WiMAX.....	13
2.4 Elemen Perangkat WiMAX.....	14
2.5 ARSITEKTUR WiMAX.....	15
2.5.1 Lapisan <i>Physical</i> (PHY).....	16
2.5.2 Lapisan <i>Medium Access Control</i> (MAC).....	20
2.6 ARSITEKTUR <i>SCEHEDULING</i> PADA WiMAX.....	22
2.6.1 <i>First Input First Output</i> (FIFO).....	23
2.6.2 <i>Priority Queue</i> (PQ).....	24
2.8.3 <i>Weighted Fair Queuing</i> (WFQ).....	25
2.7 LAYANAN APLIKASI.....	27
2.7.1 HTTP (<i>HyperText Tranfer Protocol</i>).....	27
2.7.2 <i>Video Streaming</i>	27

2.7.3 VoIP (<i>Voice of Internet Protocol</i>).....	29
2.7.4 Parameter Pengukur QoS (<i>Quality of Service</i>).....	30
2.7.5 Menentukan <i>Bit rate, Receive Signal Level, Coverage</i> , Luas sel dan aspek-aspek lainnya.	33
2.8 OPNET.....	36
BAB III PERANCANGAN SISTEM	38
3.1 Perancangan Sistem	38
3.2 Demografis Kabupaten Sleman.....	39
3.2.1 Letak Wilayah	39
3.2.2 Luas Wilayah	39
3.3 Perhitungan <i>Coverage WiMAX</i>	40
3.4 Penentuan Letak <i>Base Station (BS)</i>	43
3.5 Penentuan jumlah <i>client</i>	51
3.6 Simulasi dengan OPNET	53
3.6.1 Skenario Simulasi WiMAX	53
3.6.2 Topologi	55
3.7 Kebutuhan <i>Hardware</i> dan <i>Software</i>	58
3.7.1 Kebutuhan Perangkat Keras.....	59
3.7.2 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	59
3.7.3 Instalasi Perangkat Lunak	60
3.8 Penentuan Spesifikasi Parameter	60
3.8.1 Layanan Aplikasi	61
3.8.2 <i>User Profile</i>	62
3.8.3 Parameter <i>MAC Service Class</i> Yang Digunakan Pada WiMAX.....	62
3.8.4 Parameter <i>Physical Layer</i> yang Digunakan Pada WiMAX	63
3.9 Konfigurasi Simulasi Jaringan WiMAX.....	63
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	77
4.1 Pengujian layanan pada WiMAX standar IEEE 802.16d	77
4.1.1 Layanan <i>Video</i> pada WiMAX IEEE 802.16d	77
4.1.2 Layanan <i>Voice</i> pada WiMAX IEEE 802.16d	81
4.1.3 Layanan HTTP pada WiMAX IEEE 802.16d	85
4.2 Pengujian layanan pada WiMAX standar IEEE 802.16e.....	87
4.2.1 Layanan <i>Video</i> pada WiMAX IEEE 802.16e	87
4.2.2 Layanan <i>Voice</i> pada WiMAX IEEE 802.16e.....	88

4.2.3 Layanan HTTP pada WiMAX IEEE 802.16e.....	89
BAB V PENUTUP.....	90
5.1 Kesimpulan	90
5.2 Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA	93



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Base Station</i> WiMAX	14
Gambar 2.2 Tipe Antena	15
Gambar 2.3 Struktur Lapisan OSI.....	16
Gambar 2.4 <i>Symbol time</i> dan pembagian <i>carrier</i> pada OFDM 256 FFT.....	19
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	38
Gambar 3.2 Lokasi titik tiap <i>base station</i> di kabupaten Sleman.....	44
Gambar 3.3 Skenario WiMAX di kabupaten Sleman pada OPNET 14.5	58
Gambar 3.4 Tahapan Pembuatan Desain Jaringan WiMAX	64
Gambar 3. 5 Desain <i>Deploy Wireless Network</i>	65
Gambar 3.6 Memasukan Jumlah <i>Cell</i>	65
Gambar 3.7 Konfigurasi Aplikasi	67
Gambar 3.8 Konfigurasi <i>Profile</i>	67
Gambar 3.9 Konfigurasi <i>MAC Service</i>	68
Gambar 3.10 Konfigurasi <i>Server</i>	68
Gambar 3.11 Konfigurasi <i>Base Station</i>	69
Gambar 3.12 Konfigurasi SS WiMAX Parameters	70
Gambar 3.13 Konfigurasi SS UP dan DL	71
Gambar 3.14 Konfigurasi <i>Service Profile</i>	72
Gambar 3.15 Konfigurasi SS <i>Destination Preference</i>	73
Gambar 3.16 Skenario Dengan <i>Scheduling</i>	74
Gambar 3.17 Statistik Global Pada OPNET Modeler 14.5.....	75
Gambar 4.1 Grafik pengukuran <i>delay</i> pada aplikasi <i>video</i>	78
Gambar 4.2 Grafik pengukuran <i>packet loss</i> pada aplikasi <i>video</i>	79
Gambar 4. 3 Grafik pengukuran <i>throughput</i> pada aplikasi <i>video</i>	81
Gambar 4.4 Grafik pengukuran <i>delay</i> pada fitur <i>voice</i>	81
Gambar 4.5 Grafik pengukuran <i>jitter</i> pada fitur <i>voice</i>	83
Gambar 4.6 Grafik pengukuran <i>packet loss</i> pada fitur <i>voice</i>	84
Gambar 4.7 Grafik pengukuran <i>throughput</i> pada aplikasi <i>voice</i>	85
Gambar 4.8 Grafik pengukuran <i>delay</i> pada fitur HTTP	85
Gambar 4. 9 Grafik pengukuran <i>packet loss</i> pada fitur http	86
Gambar 4.10 Grafik pengukuran <i>throughput</i> pada aplikasi http	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan perkembangan beberapa teknologi <i>wireless</i>	9
Tabel 2.2 Perbandingan Standarisasi WiMAX	12
Tabel 2.3 Tabel Bobot Prioritas Di OPNET 14.5	26
Tabel 2.4 <i>Packet loss</i> versi TIPHON	32
Tabel 2.5 <i>Jitter</i> versi TIPHON	33
Tabel 2.6 WiMAX teknik OFDM 256 FFT	33
Tabel 2.7 Nilai Parameter yang berbeda untuk SUI medan model.....	36
Tabel 3.1 Jumlah penduduk kabupaten Sleman menurut kecamatan tahun 2011.	39
Tabel 3.2 Hasil perhitungan <i>link budget</i> untuk daerah rural	43
Tabel 3.3 Rekap koordinat masing-masing <i>base station</i> (BTS)	51
Tabel 3.4 Rekap jumlah pelanggan tiap <i>base station</i>	52
Tabel 3.5 Model objek pada WiMAX.....	56
Tabel 3.6 Kebutuhan perangkat keras untuk menjalankan Opnet Modeler 14.5 ..	59
Tabel 3.7 Parameter layanan <i>voice</i> (VoIP)	61
Tabel 3.8 Parameter layanan <i>Video</i>	62
Tabel 3.9 Parameter layanan HTTP	62
Tabel 3.10 <i>User Profile</i> pada OPNET 14.5	62
Tabel 3.11 Parameter MAC	63
Tabel 3.12 Parameter PHY <i>Layer</i> WiMAX.....	63
Tabel 3.13 Duplikat Skenario	73
Tabel 4.1 Parameter <i>delay</i> TIPHON	78
Tabel 4.2 Hasil simulasi berdasar standar TIPHON	79
Tabel 4.3 Standar <i>Packet Loss</i>	80
Tabel 4.4 Parameter <i>delay</i> TIPHON	82
Tabel 4. 5 Tabel hasil <i>delay</i> pada layanan <i>voice</i>	82
Tabel 4.6 Parameter <i>jitter</i> TIPHON	83
Tabel 4.7 Hasil <i>jitter</i> pada simulasi fitur <i>voice</i>	84
Tabel 4.8 Rekap hasil pengamatan tiap layanan WiMAX 802.16 dan 802.16e	89

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Telekomunikasi nirkabel (*wireless*) berkembang sangat pesat, baik untuk aplikasi bergerak (*mobile*) maupun tetap. Sedikit demi sedikit permintaan teknologi nirkabel merangkak naik menyamai bahkan meninggalkan jauh permintaan teknologi berbasis kabel. Menurut laporan *The International Telecommunication Union* di akhir 2009, mencapai 4,6 milyar akun. Jumlah ini 3,3 milyar lebih banyak dibandingkan *fixed line*. Hal ini dapat dimaklumi karena teknologi nirkabel memiliki keunggulan dari segi pengembangan jaringan, pemeliharaan (*maintenance*) perangkat dan kepraktisan. Teknologi nirkabel yang tadinya hanya digunakan di daerah - daerah tertentu yang tidak terjangkau kabel, kini telah mampu untuk bersaing dengan teknologi kabel. Hal ini dapat dilihat dari meningkatnya jumlah permintaan yang cukup pesat untuk semua tipe layanan aplikasi nirkabel dan juga semakin berkembangnya teknologi nirkabel. Setiap saat selalu muncul teknologi baru yang dibutuhkan untuk melayani permintaan pasar yang semakin beragam pula. Peningkatan permintaan yang tinggi untuk semua tipe layanan (meliputi suara, data dan *video*) membutuhkan peningkatan teknologi dari segi kapasitas (*capacity*) dan laju data (*data rate*). Oleh karena itu, diperlukan teknologi akses yang lebih baik dibanding dengan WLAN atau populer sebagai Wi-Fi (*wireless fidelity*) yang dikenal dengan standar IEEE 802.11.

Salah satu teknologi akses *wireless broadband* yang diperkirakan banyak digunakan untuk masa sekarang dan masa depan adalah WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*). WiMAX memiliki jangkauan yang lebih jauh dan dapat digunakan dalam kondisi Non-LOS (*Line of Sight*) sehingga sangat sesuai untuk transmisi pada daerah *rural*. WiMAX dapat digunakan untuk mengatasi implementasi komunikasi yang menggunakan *wireline* dan implementasi berbasis WLAN. Solusi WiMAX sangat cocok diimplementasikan di Indonesia untuk mengatasi "*divide-gap*" dan mempercepat penetrasi internet.

Sampai saat ini perkembangan WiMAX khususnya untuk jangkauannya telah dapat memberikan fasilitas koneksi internet dengan kecepatan tinggi kepada area yang terletak sejauh 50 km dengan LOS. Dengan jangkauan ini WiMAX dapat diimplementasikan pada perkotaan sehingga menjadikannya sebagai WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*).

Selain itu, WiMAX juga dapat menangani trafik tidak hanya data tapi juga trafik *voice* dan *video*. Dengan kemampuan ini, diharapkan dapat mengganti sistem jaringan yang sudah ada. WiMAX juga dapat diimplentasikan pada jaringan selular dimana antena WiMAX dapat saling berbagi dengan suatu BTS selular tanpa mengganggu satu sama lain. Hal ini dapat memudahkan pemasangan/implementasi jaringan selular yang sudah ada.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka muncul ide untuk merencanakan suatu jaringan internet berupa (WMAN) dengan menggunakan teknologi WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) yang dapat

mencakup kabupaten Sleman dengan metode sistem penataan sel-sel dan membatasi jumlah menara-menara yang ada, sehingga dapat mengurangi adanya interferensi antar ISP (*Internet Service Provider*) di kabupaten Sleman. Perencanaan sel-sel ini mencakup seluruh wilayah kabupaten Sleman, dengan pertimbangan daerah kabupaten Sleman memiliki pertumbuhan penduduk yang semakin padat dan kebutuhan akan komunikasi data (*internet*) juga semakin meningkat. Pada penelitian ini untuk mengetahui performansi rancangan jaringan WiMAX di kabupaten Sleman disimulasikan menggunakan *software* simulasi OPNET Modeler 14.5.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka perumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana merancang topologi jaringan dan jumlah BTS dengan menitikberatkan pada tingkat kepadatan penduduk di Kabupaten Sleman.
- b. Bagaimana merancang parameter teknis WiMAX meliputi *coverage* untuk disimulasikan dengan menggunakan OPNET Modeler 14.5 dengan standar teknis IEEE 802.16d dan IEEE 802.16e
- c. Bagaimana cara mengevaluasi kinerja arsitektur *scheduling* yang dirancang pada jaringan WiMAX. Ada beberapa perbandingan yang akan dilakukan terhadap kinerja jaringan WiMAX yaitu membandingkan kinerja jaringan WiMAX tanpa menggunakan arsitektur *scheduling (default)* OPNET Modeler 14.5 dan dengan menggunakan beberapa jenis arsitektur *scheduling* yaitu *First*

Input First Output (FIFO), Weighted Fair Queuing (WFQ) dan Priority Queuing (PQ).

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Pengukuran performansi dilakukan dengan menggunakan simulasi OPNET Modeler 14.5
2. Pendekatan yang dipakai untuk menentukan jumlah BTS adalah potensi pengguna internet berdasar tingkat kepadatan penduduk di kabupaten Sleman.
3. Standar WiMAX IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) yang digunakan adalah 802.16d dan 802.16e
4. Aplikasi pada jaringan WiMAX yang akan dianalisis *voice, video* dan *http*.
5. Standar QoS (*Quality of Service*) yang digunakan adalah versi TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*).
6. Jenis skenario penjadwalan yang digunakan adalah skenario *default*, skenario FIFO, skenario WFQ dan skenario PQ.
7. Parameter pengukuran performansi yang disimulasikan adalah *packet loss, delay, jitter* dan *throughput*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dan manfaat yang diharapkan dari penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah:

1. Merancang WiMAX dengan standar teknis IEEE 802.16d dan IEEE 802.16e dengan skenario FIFO, WFQ dan PQ.
2. Mengetahui hasil simulasi dari perancangan WiMAX menggunakan OPNET Modeler 14.5 dengan parameter meliputi *packet loss*, *delay*, *jitter* dan *throughput*.
3. Menganalisis hasil total pengujian dari simulasi perancangan jaringan WiMAX di kabupaten Sleman.

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini dilakukan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Tahapan ini mempelajari teori-teori dasar yang menunjang, yaitu tentang jaringan WiMAX, hal-hal yang berpengaruh terhadap jaringan WiMAX, juga tentang perancangan performansi jaringan WiMAX menggunakan *Software OPNET modeler 14.5*

2. Pengambilan data kependudukan

Pada tahap ini pengambilan data kependudukan Kabupaten Sleman dengan rincian data kepadatan penduduk per kecamatan.

3. Perumusan dan Perhitungan Jumlah BTS, alokasi *bandwidth*, *link budget*,

Perhitungan luas Sel.

Tahapan ini membuat perumusan dan perhitungan jumlah BTS, alokasi *bandwidth*, *link budget*, serta perhitungan luas sel yang akan dirancang di kabupaten Sleman.

4. Pengujian Simulasi dan Analisis pada *software* OPNET modeler 14.5

Pada tahapan ini dilakukan pengujian terhadap keseluruhan sistem yang telah dibuat untuk melihat perubahan pada parameter-parameter yang telah diberikan dan tingkat keberhasilan dari proses performansi jaringan WiMAX menurut kepadatan penduduk daerah kabupaten Sleman.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika penulisan dan pembahasan laporan tugas akhir ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan tentang judul, latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi penelitian dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini diuraikan mengenai teori-teori yang mendukung dalam pelaksanaan serta penyelesaian perancangan sistem.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini diuraikan tentang perancangan dan simulasi jaringan WiMAX berdasar kepadatan penduduk daerah Kabupaten Sleman.

BAB IV PENGUJIAN, ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang analisa hasil dari perancangan WiMAX menggunakan *software* OPNET MODELER 14,5

BAB V PENUTUP

Pada bab ini memuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilaksanakan serta saran-saran yang disampaikan berdasarkan hasil pengujian perancangan yang telah dibuat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 WiMAX

WiMAX adalah sebuah standar sertifikasi untuk produk-produk yang lulus uji kelayakan dengan standar IEEE 802.16. WiMAX merupakan teknologi *nirkabel* yang menyediakan hubungan jalur pita lebar dalam jarak jauh. WiMAX merupakan teknologi *broadband* yang memiliki kecepatan akses yang tinggi dan jangkauan yang luas. WiMAX juga merupakan evolusi dari teknologi BWA (*Broadband Wireless Access*) sebelumnya dengan fitur-fitur yang lebih menarik [1]. Teknologi WiMAX secara umum dapat mendukung jaringan pita lebar nirkabel bagi pelanggan yang bersifat tetap (*fixed*) maupun yang bersifat nomaden (*nomadic*) dan yang memiliki pergerakan yang tinggi (*mobile*). WiMAX selain mampu memberikan kecepatan data yang tinggi, juga membawa isu *open standar*. Komunikasi perangkat WiMAX di antara beberapa *vendor* yang berbeda tetap bisa dilakukan. Dengan kecepatan data yang besar mencapai 70Mbps, WiMAX layak diaplikasikan untuk *broadband connections, backhaul* dan *high-speed enterprise*.

Perbandingan perkembangan beberapa karakteristik dari teknologi *wireless* yang digambarkan oleh First Boston [1], sesuai pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan perkembangan beberapa teknologi *wireless*

	WiFi 802.11g	WiMAX 802.16d	WiMAX 802.16e	CDMA2000 1x EV-DO	WCDMA/ UMTS
<i>Approximate max reach (dependent on many factors)</i>	100 meter	8 Km	5 Km	12 Km	12 Km
<i>Maximum throughput</i>	54 Mbps	75 Mbps (20 MHz band)	30 Mbps (10 MHz band)	2.4 Mbps (higher for EV-DO)	2 Mbps (10+Mbps for HSDPA)
<i>Typical Frequency bands</i>	2.4 GHz	2-11 GHz	2-6 GHz	400, 800, 900, 1700, 1800, 1900, 2100 MHz	1800, 1900, 2100 MHz
<i>Application</i>	<i>Wireless LAN</i>	<i>Fixed Wireless Broadband (egg- DSL alternative)</i>	<i>Portable Wireless Broadband</i>	<i>Mobile Wireless Broadband</i>	<i>Mobile Wireless Broadband</i>

Jaringan WiMAX terdiri dari dua bagian yaitu BS (*Base Station*) dan WiMAX receiver CPE (*Costumer Premise Equipment*) atau SS (*Subscriber Station*). Saat user mengirim data maka BS akan mengirimkan *signal-signal* data tersebut ke dalam jaringan WiMAX, disebut *uplink*. Ketika BS mengirim data ke user disebut *downlink*. Data yang dikirim dibagi menjadi beberapa data *stream* dan ditransmisikan melalui kanal yang berbeda, tetapi dalam selang waktu yang sama maka disebut OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). Cara data *downlink* dan *uplink* tersebut diatur dalam komunikasi data dua arah yang dikenal *duplexing*. Ada dua skema *duplexing* yaitu TDD (*Time Division Duplex*) dan FDD (*Frequency Division Duplex*). FDD memerlukan dua kanal untuk mengirim data pada selang waktu yang sama, ada 2 dukungan FDD yaitu *full duplex* yaitu user dapat mengirim dan menerima data secara bersamaan dan *half duplex* tidak dapat bersamaan. FDD kurang efisien untuk menangani layanan data yang asimetris karena trafik data hanya

menempati bagian kecil dari sebuah kanal *bandwidth* pada jangka waktu tertentu maka ada TDD yang hanya membutuhkan satu kanal dalam rentang waktu sekali pengiriman. TDD lebih fleksibel juga dalam melayani data asimetris maupun simetris karena rasio *downlink* dan *uplink* dapat diatur secara dinamis. Jaringan WiMAX biasanya menggunakan TDD karena lebih hemat *bandwidth* dan biasanya didominasi oleh data asimetris.

Keunggulan WiMAX:

- Akan memberikan kemurahan dan kecepatan transfer data dengan kecepatan akses internet jalur lebar (*broadband*).
- Standar IEEE 802.16 memberikan kemudahan dalam akses internet untuk area metropolitan dengan menerapkan beberapa *Base Station* (BS) yang dapat meng-coverage jutaan *Subscriber Station* (SS).
- Teknologi WiMAX merupakan solusi untuk dapat mengembangkan teknologi informasi dalam suatu kota atau pedesaan karena jangkauannya mencapai 50 km.

2.2 Standarisasi WiMAX

Teknologi WiMAX telah melalui beberapa tahap pengembangan dan standarisasi seperti dijelaskan pada tabel 2.2. Standar awal WiMAX yaitu IEEE 802.16 kemudian berkembang menjadi standar 802.16a, 802.16c, 802.16d, 802.16e, 802.16f dan 802.16g.

1. Standar 802.16

Standar ini mengatur pemanfaatan di band frekuensi 10 – 60 GHz. Aplikasi yang mampu didukung baru sebatas dalam kondisi LOS.

2. Standar 802.16a

Pada standar ini frekuensi yang digunakan adalah 2 – 11 GHz, dapat digunakan untuk lingkungan NLOS. Standar ini didefinisikan pada januari 2003. Terdapat 3 spesifikasi pada *physical layer* didalam standar 802.16a ini yaitu :

- a. *Wireless MAN-SC* menggunakan format modulasi *single carrier*.
- b. *Wireless MAN-OFDM* menggunakan OFDM dengan 256 *point FFT*. Modulasi ini bersifat *mandatory* untuk *non-licensed band*.
- c. *Wireless MAN-OFDMA* dengan 2048 *point FFT*.

3. Standar 802.16c

Tujuan standar ini adalah untuk mengembangkan profil sistem 10-66 GHz.

4. Standar 802.16d atau 802.16-2004

Standar ini disebut juga sebagai *fixed WiMAX* dan mendukung frekuensi 2-11 GHz. Operasi transmisi yang mendukung standar ini adalah TDD (*Time Devision Duplex*) dan FDD (*Frequency Devision Duplex*)

5. Standar 802.16e

Standar ini disebut juga *mobile WiMAX* dan telah difinalisasi pada akhir tahun 2005. Standar ini juga memberikan mobilitas atau portabilitas pada lapisan MAC dan PHYnya, tapi tidak untuk lapisan yang lebih tinggi. Sistem ini memerlukan *hardware* tambahan pada modul pelanggan dan perubahan pada BS (*Base Station*).

Tabel 2.2 Perbandingan Standarisasi WiMAX

Varian dan Status	802.16	802.16-2004	802.16e-2005
	Lengkap Desember 2001	Lengkap Juni 2004	Lengkap Desember 2005
Lebar Frekuensi	10GHz–66GHz	2GHz–11GHz	2GHz-11GHz untuk aplikasi <i>fixed</i> ; 2GHz-6GHz untuk aplikasi <i>mobile</i>
Aplikasi	<i>Fixed</i> LOS	<i>Fixed</i> NLOS	<i>Fixed</i> and <i>mobile</i> NLOS
Arsitektur MAC	<i>Point-to-multipoint, Mesh</i>	<i>Point-to-multipoint, mesh</i>	<i>Point-to-multipoint, mesh</i>
Sistem Transmisi	<i>Single carrier only</i>	<i>Single carrier, 256 OFDM</i> atau 2.048 OFDM	<i>Single carrier, 256 OFDM</i> atau <i>scalable OFDM</i> dengan 128, 512, 1.024, atau 2.048 <i>subcarriers</i>
Modulasi	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Bit Rate	32Mbps–134,4Mbps	1Mbps–75Mbps	1Mbps–75Mbps
Multiplexing	<i>Burst</i> TDM/TDMA	<i>Burst</i> TDM/TDMA/ OFDMA	<i>Burst</i> TDM/TDMA/ OFDMA
Duplexing	TDD dan FDD	TDD dan FDD	TDD dan FDD
Bandwidths Kanal	20MHz, 25MHz, 28MHz	1,75MHz, 3,5MHz, 7MHz, 14MHz, 1,25MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 8,75MHz	1,75MHz, 3,5MHz, 7MHz, 14MHz, 1,25MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 8,75MHz
Perencanaan Air Interface	<i>Wireless</i> MAN-SC	<i>Wireless</i> MAN-Sca, <i>Wireless</i> MAN OFDM, <i>Wireless</i> MAN-OFDMA, <i>Wireless</i> HUMANa	<i>Wireless</i> MAN-Sca, <i>Wireless</i> MAN-OFDM, <i>Wireless</i> MAN-OFDMA, <i>Wireless</i> HUMANa
Peralatan WiMAX	Tidak ada	256 - OFDM as <i>Fixed</i> WiMAX	<i>Scalable</i> OFDMA as <i>Mobile</i> WiMAX
Mobilitas	Perangkat <i>wireless</i> tetap	Perangkat <i>wireless</i> tetap dan <i>portable</i>	<i>Nomadic</i> mobility (sampai 120 km/h)
Radius Per Cell	2-5 km	7-10 km dengan kemampuan maksimal hingga 50 km	2-5 km
Maximum Throughput	32-143 Mbps (28 MHz)	75 Mbps (20 MHz <i>band</i>)	30 Mbps (10 MHz <i>band</i>)

6. Standar 802.16f

Pada standar ini ditambahkan group baru yaitu *Mesh Ad Hoc Committee* untuk melakukan penelitian tentang metode peningkatan cakupan *base station*. Dengan *mesh networking* atau jaringan jala memungkinkan data meloncat dari suatu titik ke titik yang lainnya untuk menghindari halangan misalnya seperti gunung atau bukit. Hanya satu *meshing* diperlukan untuk meningkatkan cakupan yang sangat luas pada satu *base station* tunggal.

7. Standar 802.16g

Standar ini mempunyai kemampuan untuk mendukung mobilitas pada lapisan yang lebih tinggi dan melewati *backhaul*. Tapi sampai saat ini tangga standarisasi masih belum ditentukan. Bila standarisasi ini telah berlangsung akan menspesifikasikan pada OFDM atau OFDMA yang menggabungkan teknik akses jamak pembagian waktu dan penghitungan frekuensi untuk dapat menggunakan spektrum secara lebih efisien [2].

2.3 Spektrum Frekuensi dan Band WiMAX

WiMAX forum menetapkan WiMAX menjadi 2 *band*, yaitu:

1. *Fixed* WiMAX

Frekuensi utama pada profil sertifikasi untuk *fixed* WiMAX *band* 3,5GHz dan 5,8GHz. WiMAX dirancang untuk dapat memberikan layanan *Point To Multipoint* (PMP) dengan kemampuan pengiriman data hingga 10 Mbps/*user*.

2. Mobile WiMAX

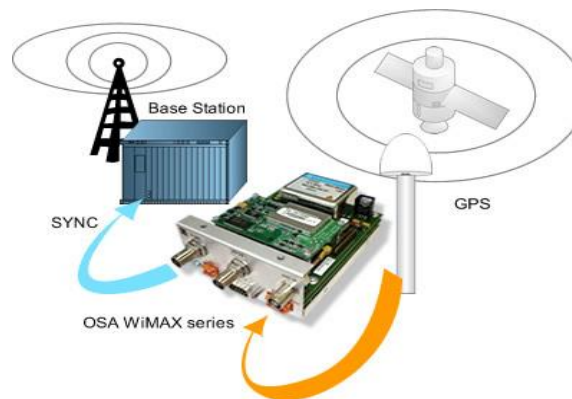
Mobile WiMAX ditetapkan 4 band frekuensi pada sistem profil, yaitu *band* 2,5GHz, 2,5GHz, 3,3GHz, dan 3,5GHz [1].

2.4 Elemen Perangkat WiMAX

Elemen atau perangkat-perangkat dari WiMAX secara umum terdiri dari *Base Station* (BS) dari sisi pusat dan *Subscriber Station* (SS) dari sisi pelanggan. Namun masih banyak lagi komponen pendukung untuk membuat sebuah jaringan WiMAX antaralain:

1. Base Station (BS)

BS (*Base Station*) merupakan perangkat *transceiver* (*transmitter* dan *receiver*) yang biasanya dipasang satu lokasi dengan jaringan IP (*Internet Protokol*). Dari *base station* akan disambungkan ke beberapa *subscriber station* dengan media *interface* gelombang radio (RF) yang mengikuti standar WiMAX seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Base Station WiMAX
(Sumber: <http://www.oscilloquartz.com>)

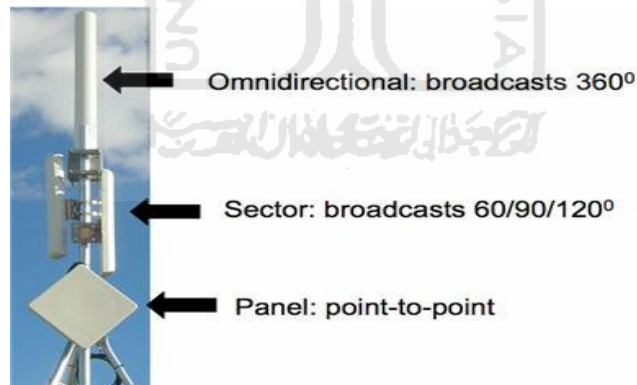
2. *Subscriber Station (SS)*

Secara umum *subscriber station* terdiri dari *outdoor unit (ODU)* dan *indoor unit (IDU)*, perangkat radionya memiliki macam-macam ada yang terintegrasi dan terpisah dengan antena.

3. Antena WiMAX

Antena WiMAX didesain untuk mengoptimalkan kinerja terhadap penerimaan sinyal. Ada 3 tipe utama yang biasanya digunakan untuk penerapan di WiMAX seperti pada gambar 2.2, antara lain:

- a. *Omni-directional antenna*.
- b. *Antenna sectoral*
- c. *Antenna panel*. Biasanya antena jenis ini memiliki fungsi khusus.[1]

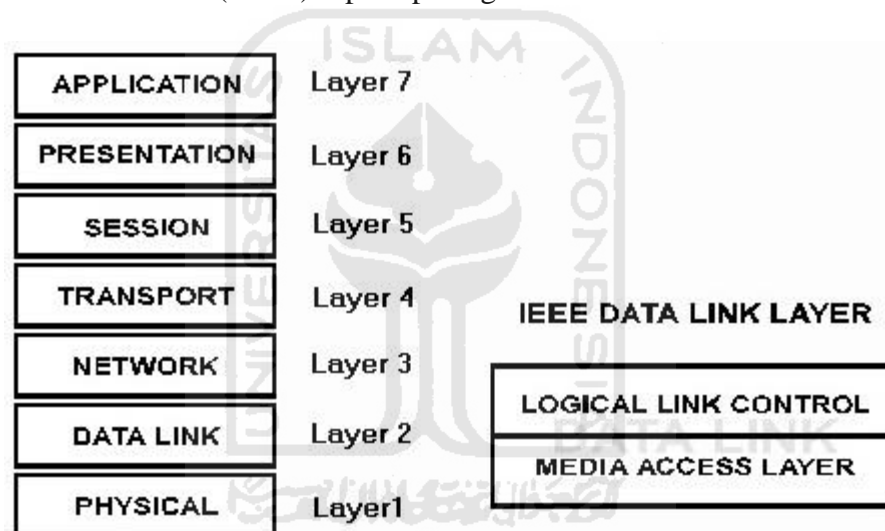


Gambar 2.2 Tipe Antena
(Sumber: <http://www.goingwimax.com>)

2.5 ARSITEKTUR WiMAX

Arsitektur WiMAX pada dasarnya terdiri atas *base station* yang berkomunikasi dengan semua stasiun atau titik akses. Setiap sektor menyediakan

konektivitas bidang lebar ke semua *client*. WiMAX masih dapat dihubungkan ke satu atau lebih titik akses untuk dihubungkan kembali ke *client* baik dengan menggunakan *wireless* atau dengan *ethernet standard* yang terhubung ke komputer atau LAN. Standard IEEE 802.16 yang ada di dalam WiMAX hanya mencakup dua lapisan terbawah dari lapisan OSI (*open system interconnection*) yaitu *physical layer* dan *data link*. *Data link* dibagi menjadi dua sublapisan yaitu *logical link control* (LLC) dan *medium access control* (MAC) seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur Lapisan OSI
(Sumber: <http://eprints.undip.ac.id>)

2.5.1 Lapisan *Physical* (PHY)

Fungsi lapisan fisik atau *physical layer* adalah membangun hubungan fisik di antara dua sisi alat komunikasi yaitu pemancar dan penerima dan biasanya memulai dua jalur komunikasi *uplink* dan *downlink*. WiMAX merupakan teknologi digital sehingga lapisan fisik bertanggung jawab dalam pentransmisi urutan bit. Lapisan ini juga menentukan jenis sinyal yang digunakan, jenis modulasi dan demodulasi,

daya transmisi dan jenis karakteristik fisik lainnya. Lapisan fisik ditetapkan bekerja pada frekuensi berkisar antara 10GHz – 66GHz dengan propagasi *Line Of Sight* dan *Non Line Of Sight* pada rentang 2GHz – 11 GHz [3].

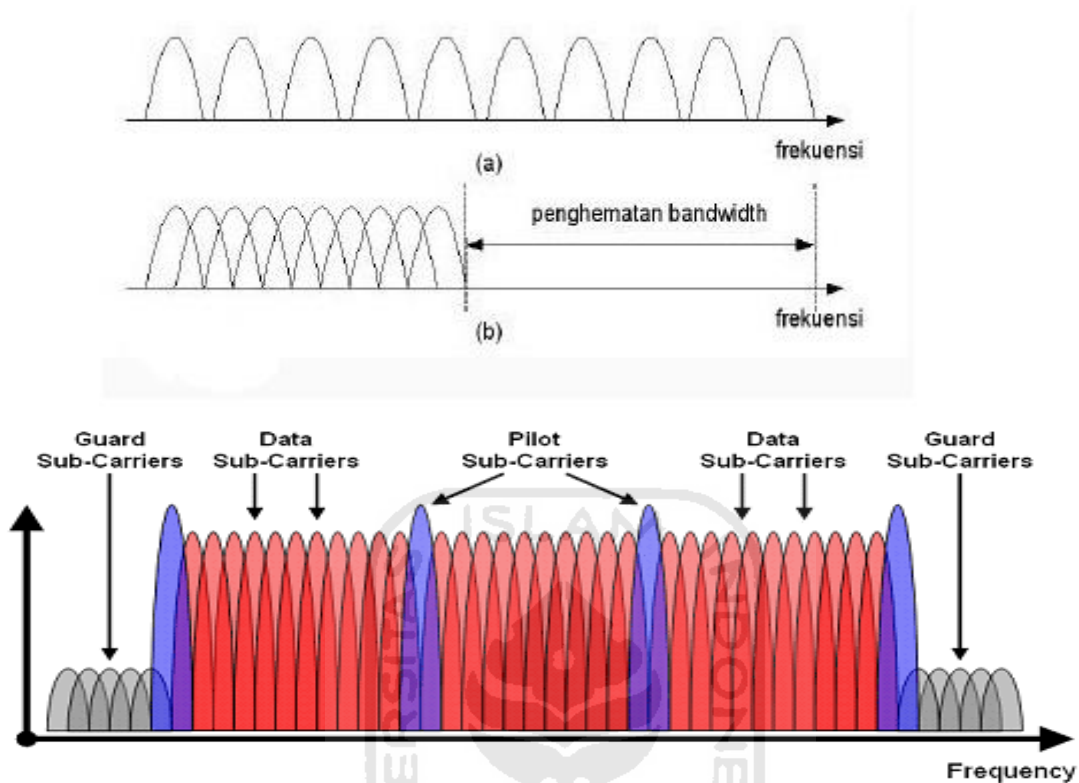
1. OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*)

Prinsip teknologi lapisan fisik di WiMAX adalah *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). OFDM adalah metode modulasi *multicarrier* atau kombinasi dari modulasi dan *multiplexing*. Pada OFDM sinyal-sinyal dipisahkan ke dalam beberapa kanal, lalu dimodulasi yang dapat berupa BPSK, QPSK, QAM atau yang lain, tapi ketiga teknik tersebut sering digunakan pada OFDM dan di *multiplex* untuk membentuk OFDM *carrier*. *Multiplexing* adalah teknik yang memungkinkan media untuk membawa berbagai aliran informasi pada waktu yang bersamaan. *Multiplexing* dapat dilakukan dalam domain frekuensi yaitu FDM (*frequency division multiplex*) atau waktu yaitu TDM (*time division multiplex*) dan kode atau CDM (*code division multiplex*). Pada FDM, frekuensi yang berbeda disebut *carrier* yang digunakan untuk membawa informasi dan masing-masing frekuensi digunakan untuk *user* yang berbeda. Pada prinsipnya OFDM menggunakan mekanisme yang sama dengan FDM namun lebih efisien karena spasi kanal pada OFDM dibuat sangat dekat bahkan tumpang tindih. *Individual carrier* disebut *subcarrier* dan kombinasi semua *subcarrier* disebut OFDM *carrier*. Beberapa *subcarrier* pada OFDM harus *orthogonal*.

Ortogonalitas memberikan transmisi secara simultan pada *subcarrier* yang banyak dalam ruang frekuensi yang sempit tanpa saling berinterferensi. Dengan

demikian, hal tersebut memungkinkan dapat menumpangkan lalu lintas data dengan kepadatan yang tinggi dalam berbagai kanal tersebut.

Sistem WiMAX pada standar IEEE 802.16-2004 atau 802.16Revd menggunakan OFDM 256 FFT. Untuk versi ini FFT *fixed* di 256 dengan 192 *subcarrier* yang digunakan untuk membawa data, 8 yang digunakan untuk pilot *subcarrier*. OFDM sendiri adalah kombinasi dari modulasi dan *multiplexing*. Pada OFDM, sinyal-sinyal dipisahkan ke dalam beberapa *subcarrier*, kemudian dimodulasi dan di-*multiplex* untuk membentuk OFDM *carrier*. *Subcarrier* dapat di-*multiplex* menggunakan FDM (*Frequency Division Multiplex*) disebut transmisi *multicarrier*. Beberapa *subcarrier* pada OFDM harus *orthogonal*. Ortogonalitas memberikan transmisi secara simultan pada *subcarrier* yang banyak dalam ruangan frekuensi yang sempit tanpa saling berinterferensi. Dengan demikian, memungkinkan dapat menumpangkan lalu lintas data dengan kepadatan yang tinggi dalam berbagai *subcarrier* tersebut. Gambar 2.4 menunjukkan perbandingan FDM, OFDM dan struktur OFDM.



Gambar 2.4 *Symbol time* dan pembagian *carrier* pada OFDM 256 FFT

Symbol OFDM yang terdiri dari *subcarrier*, jumlahnya menentukan FFT yang digunakan, di sini ada 3 tipe *subcarrier*:

- a. Data *subcarrier*, untuk transmisi data dan untuk mengurangi interferensi.

Jumlahnya 192 data *subcarriers* pada OFDM 256 FFT.

- b. Pilot *subcarrier*, untuk berbagai tujuan estimasi atau referensi selama transmisi.

Jumlahnya 8 *pilot subcarriers*.

- c. Null *subcarrier*, tidak ada transmisi sama sekali, untuk *guard band*, *subcarrier* yang tidak aktif. Jumlahnya 58 Null (1 Null untuk *centre carrier*, 28 null untuk *lower frequency* dan 27 null untuk *higher frequency guard carrier*).

2. Modulasi QPSK

Modulasi adalah proses perubahan suatu gelombang periodik sehingga menjadikan suatu sinyal mampu membawa suatu informasi. Dengan proses modulasi, suatu informasi yang biasanya berfrekuensi rendah bisa dimasukkan kedalam suatu gelombang pembawa (*carrier*), biasanya berupa gelombang sinus dengan frekuensi yang tinggi. Terdapat tiga parameter kunci pada suatu gelombang *sinusoidal* yaitu *amplitudo*, *fase* dan frekuensi. Ketiga parameter tersebut dapat dimodifikasi sesuai dengan sinyal informasi yang berfrekuensi rendah untuk membentuk sinyal yang termodulasi. Peralatan yang digunakan untuk proses modulasi yaitu modulator, sedangkan peralatan yang digunakan untuk memperoleh informasi-informasi awal atau kebalikan dari proses modulasi yaitu demodulator dan peralatan yang melakukan kedua proses tersebut adalah modem [4]. Ada tiga metode dasar untuk modulasi, yaitu ASK (*Amplitude Shift Keying*), FSK (*Frequency Amplitude Keying*) dan PSK (*Phase Shift Keying*). Dengan modulasi orde tinggi memungkinkan untuk menyandikan lebih banyak bit per simbol.

QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) adalah teknik modulasi yang digunakan pada IEEE 802.16 atau WiMAX yang juga digunakan pada teknologi nirkabel IEEE 802.11 atau WiFi dan 3G [2].

2.5.2 Lapisan *Medium Access Control* (MAC)

Lapisan MAC merupakan sublapisan kedua dari lapisan data link. Lapisan ini pada WiMAX bersifat *connection oriented*. Saat telah terkoneksi ke BS, SS akan

membuat satu atau lebih koneksi ke BS sesuai dengan jenis data yang akan di transmisikan. Lapisan MAC pada WiMAX dibagi atas tiga sublapisan yaitu:

1. *Convergen Sublayer*

Convergen sublayer (CS) merupakan sublapisan paling atas dari lapisan MAC yang bersifat *connection oriented*. Pada standar IEEE 802.16-2004 didefinisikan dua spesifikasi CS, yaitu *Asynchronous Transfer Mode* (ATM) CS dan Paket CS. ATM CS didesain untuk menerima paket ATM dari lapisan ATM di atasnya sedangkan Paket CS didesain untuk dapat menerima paket data dari lapisan atas yang menggunakan protocol yang berbasis paket contohnya adalah Internet protocol (IP), *Point to point protocol* (PPP) dan Ethernet

2. *Common Part Sublayer*

Common Part Sublayer (CPS) adalah sublapisan kedua pada lapisan MAC pada WiMAX. Sublapisan ini mempunyai tanggung jawab atas tiga hal yaitu pengalokasian lebar pita, pembentukan koneksi dan pengaturan koneksi antar terminal BS dan SS. CPS menjalankan beberapa fungsi diantaranya adalah pembentukan *frame*, penjadwalan, pengaturan lebar pita radio dan manajemen QoS. Algoritma *scheduling* atau penjadwalan juga diterapkan di *sublayer* ini. Penjadwalan merupakan mekanisme menangani paket data agar terjadi distribusi lebar pita yang adil bagi semua pengguna pada WiMAX. Tujuan dilakukannya penjadwalan adalah agar setiap pelanggan sebisa mungkin memperoleh layanan yang sesuai dengan aplikasi yang dijalankan. Penjadwalan yang diterapkan di BS mengalokasikan sejumlah lebar pita yang dibutuhkan oleh tiap-tiap aplikasi yang

meminta alokasi lebar pita. Setiap koneksi berelasi dengan sebuah *service flow* dan setiap *service flow* memiliki parameter QoS yang berisis jenis kelas QoS yang dipakai.

3. *Security Sublayer*

Seluruh sistem nirkabel menggunakan kanal radio sebagai media transmisi data. Kanal radio merupakan kanal terbuka dimana paket-paket data yang lewat dapat ditangkap dan dibaca oleh siapapun. Oleh sebab itu aspek keamanan sangat penting. *Security sublayer* pada jaringan WiMAX berada pada lapisan MAC yang mempunyai beberapa fungsi yaitu sebagai autentifikasi, pertukaran kunci keamanan, dan integritas kontrol [3].

Secara Umum tugas utama lapisan *Medium Access Control* (MAC) adalah memberikan antar muka lapisan *transport* yang lebih tinggi dengan lapisan fisik. Lapisan MAC mengambil paket dari lapisan di atasnya, paket ini dinamakan MAC *service data unit* (MSDU) untuk transmisi melalui udara. Untuk transmisi yang diterima, lapisan MAC melakukan hal sebaliknya.

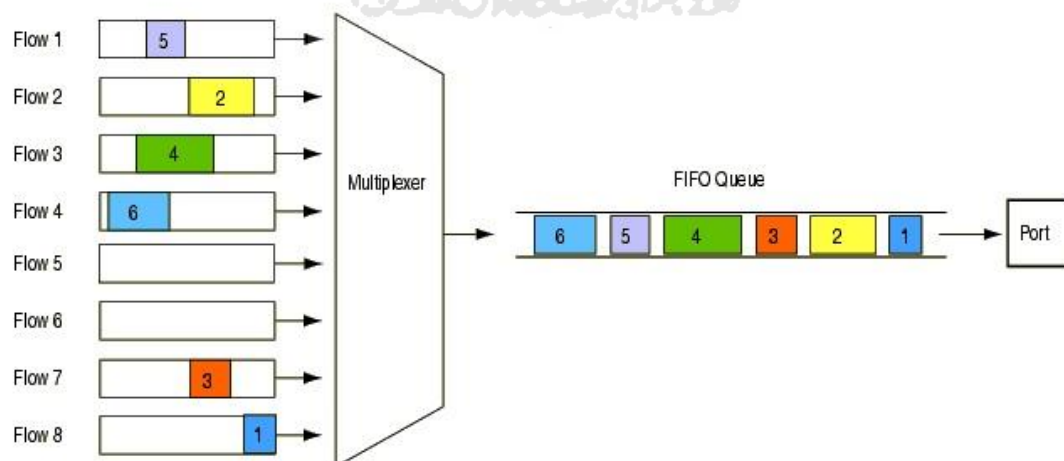
2.6 ARSITEKTUR *SCEHEDULING* PADA WiMAX

Arsitektur *scheduling* diimplementasikan di BS (*Base Station*) dan SS (*Subscriber Station*). Sebuah *scheduling algorithm* dibutuhkan oleh SS untuk mendistribusikan alokasi *bandwidth* dari BS selama koneksi tersambung. Alokasi *bandwidth* yang rata dapat dicapai dengan menggunakan *scheduling algorithm* yang tepat. Sehingga trafik yang dihasilkan bisa terjaga dan stabil. Tujuan

lainnya adalah untuk mengontrol *delay* dan *jitter* dimana merupakan hal yang penting untuk membangun aplikasi-aplikasi yang *real time*. Tujuan lain dari *scheduling algorithm* adalah menghindari kongesti atau kemacetan.

2.6.1 First Input First Output (FIFO)

FIFO merupakan metode dasar *antrean first-in-first-out* dengan maksud paket yang pertama datang, maka paket tersebut akan ditransmisikan seperti dijelaskan pada gambar 2.5. Algoritma *scheduling* ini menggunakan prinsip kerja yang sangat sederhana. Teknik antrean FIFO meletakkan semua paket dalam antrean tunggal dengan paket-paket yang berada dalam urutan antrean dan akan diproses apabila sudah tiba. Ketika antrean terlalu panjang atau antrean dibanjiri terlalu banyak paket yang menunggu melebihi kapasitas penyimpanan sementara maka paket yang baru tiba tersebut akan dibuang.



Gambar 2.5 Cara Kerja *First Input First Output* (FIFO)
(Sumber: Jupiter Network,inc , 2001)

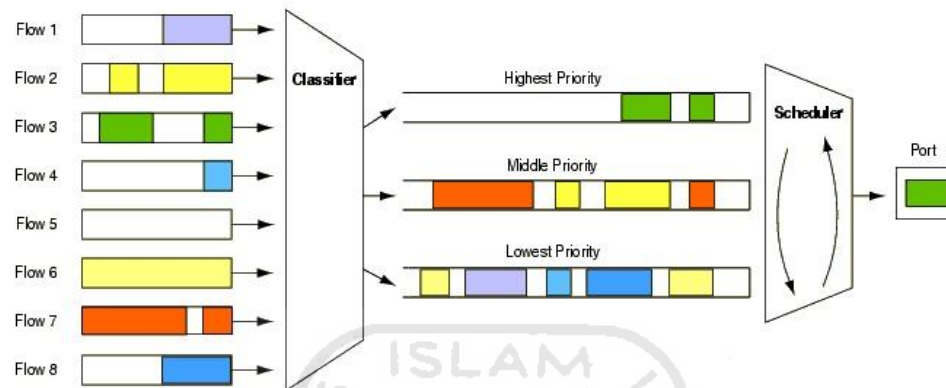
Teknik antrean FIFO sangat sederhana bila dibandingkan dengan yang lainnya lebih mengurai secara jelas. Antrean ini merupakan antrean standar, dalam antrean FIFO tidak terdapat permintaan paket kembali dan tidak tersedia batas maksimal paket yang berada dalam antrean sehingga tidak diketahui beberapa paket yang ada didalamnya, hal ini membuat waktu penundaan yang lama. Pada antrean ini tidak akan terjadi kemacetan apabila paket yang berada pada antrean tidak penuh karena teknik antrean ini sangat sederhana. Gambar 2.5 menggambarkan bagaimana cara kerja teknik *scheduling* FIFO.

Disisi lain antrean ini memiliki kelemahan yaitu semua paket yang berada dalam antrean yang sama, tidak dapat menangani banyak paket dengan karakteristik layanan yang berbeda. Oleh karena itu waktu penundaan meningkat, ditandai dengan kongesti atau kemacetan dalam jaringan.

2.6.2 Priority Queue (PQ)

Teknik antrean *priority queuing* membedakan paket berdasarkan kelas prioritas. Masing-masing prioritas mempunyai antreannya sendiri. Paket dengan antrean prioritas tertinggi akan diproses terlebih dahulu, sedangkan yang rendah akan diproses terakhir. Sistem tidak akan memproses antrean hingga antreannya habis. Teknik ini lebih baik dibandingkan FIFO karena antrean dengan prioritas *traffic* yang tinggi seperti multimedia dapat sampai ketujuan dengan *delay* yang rendah. Namun memiliki kekurangan jika aliran data secara terus menerus pada antrean prioritas tertinggi, maka paket pada antrean prioritas terendah tidak akan

pernah berkesempatan untuk diproses. Kondisi ini disebut *starvation* seperti di jelaskan pada gambar 2.6.

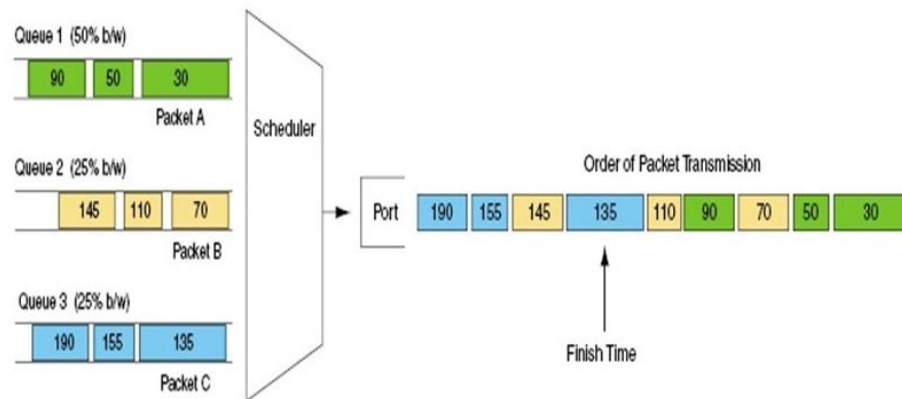


Gambar 2.6 Cara kerja *Priority Queuing* (PQ)
(Sumber: <http://www.softwareopal.com/qos/images/ds-lb-231.gif>)

2.8.3 *Weighted Fair Queuing* (WFQ)

WFQ merupakan pengembangan dari antrean FQ (*Fair Queuing*) dan antrean prioritas yaitu dengan menambahkan bobot bagi masing-masing antrean. Paket-paket antrean WFQ tidak ada yang kekurangan bandwidth, tetapi terdapat beberapa antrean yang memiliki bobot yang sangat berat dengan maksud antrean-antrean tersebut membutuhkan layanan yang lebih. Pemberian bobot dalam setiap antrean inilah yang membedakan dengan prioritas antrean.

Pada gambar 2.7 terlihat cara kerja pada WFQ. Pertama-tama, aliran trafik yang masuk dikelompokkan oleh *packet classifier* menjadi *queue* (antrean). Masing-masing antrean memiliki bobot tersendiri berdasarkan *type of service*, *protocol*, *port* ataupun DSCP. Pada penelitian kali ini, bobot yang ada di WFQ diambil berdasarkan *default* dari *Software Opnet Modeler 14.5* dengan urutan nilai terdapat pada tabel 2.3.



Gambar 2.7 Cara kerja *Weighted Fair Queuing* (WFQ)
(Sumber: Jupiter Network,inc , 2001)

Tabel 2.3 Tabel Bobot Prioritas Di OPNET 14.5

Tos	Bobot
<i>Best Effort</i>	0
<i>Background</i>	1
<i>Standard</i>	2
<i>Exelent Effort</i>	3
<i>Streaming Multimedia</i>	4
<i>Interactive Multimedia</i>	5
<i>Interactive Voice</i>	6
<i>Reserved</i>	7

Setelah dilakukan pembobotan, maka masing-masing antrean akan mendapatkan alokasi *bandwidth* yang sesuai dengan bobotnya. Antrean yang mempunyai bobot lebih tinggi akan mendapatkan alokasi *bandwith* yang lebih tinggi pula. Total *bandwidth* yang ada di masing-masing antrean harus sama dengan *bandwidth* di *output*. Setelah dilakukan pengalokasian *bandwidth*, Langkah selanjutnya yang dilakukan scheduler adalah menghitung *virtual finish* untuk masing-masing antrean. Antrean yang memiliki *virtual finish* paling sedikit akan terlebih dahulu dikirimkan.

2.7 LAYANAN APLIKASI

2.7.1 HTTP (*HyperText Tranfer Protocol*)

Hypertext Tranfer Protocol adalah sebuah protokol jaringan lapisan aplikasi yang digunakan untuk sistem informasi terdistribusi, kolaboratif dan menggunakan hipermedia. Pengambilannya banyak pada pengambilan sumber daya yang saling terhubung dengan tautan, yang disebut dengan dokumen hiperteks yang kemudian membentuk WWW (*World Wide Web*) pada tahun 1990. Hingga kini, ada dua versi dari protokol HTTP, yakni HTTP/1.0 yang menggunakan koneksi terpisah untuk setiap dokumen, dan HTTP/1.1 yang dapat menggunakan koneksi yang sama untuk melakukan transaksi. Dengan demikian, HTTP/1.1 bisa lebih cepat karena memang tidak perlu membuang waktu untuk membuat koneksi berulang-ulang [5].

Sebuah *client* HTTP seperti *web browser*, biasanya memulai sebuah permintaan dengan membuat hubungan TCP/IP ke *port* tertentu di tempat yang jauh biasanya umum digunakan *port* 80. Sebuah *server* HTTP yang mendengarkan di *port* tersebut menunggu *client* mengirim kode permintaan (*request*) yang akan meminta halaman yang sudah ditentukan, diikuti dengan pesan MIME yang memiliki beberapa informasi kode kepala yang menjelaskan aspek dari permintaan tersebut, diikuti dengan badan dari data tertentu.

2.7.2 *Video Streaming*

Streaming sendiri maksudnya adalah suatu teknologi untuk memainkan file *audio* dan *video* secara langsung *real time* maupun dengan rekaman atau *prerecord* dari sebuah mesin *server* (*web server*). Kemudian *video streaming* adalah suatu

teknologi yang memungkinkan pengguna memainkan *file video* yang berisi data *audio* maupun visual tanpa harus melakukan *download* terlebih dahulu melalui jaringan internet. *File audio* atau *video* yang terletak pada sebuah *server* dapat secara langsung dijalankan pada komputer *client* sesaat setelah ada permintaan dari pengguna sehingga proses *download file* tersebut yang menghabiskan waktu cukup lama dapat dihindari [6].

Cara kerja lebih lanjutnya yaitu, data dari sumber akan ditangkap dan disimpan pada sebuah *buffer* yang berada di memori komputer *client* kemudian di *encode* sesuai format yang diinginkan proses ini juga dapat digunakan *user* untuk mengompresi data agar data yang diterima tidak terlalu besar. Setelah *buffer* terisi dalam waktu hitungan detik, maka secara otomatis *file video* ataupun *audio* akan dijalankan oleh sistem. Sistem akan membaca informasi dari *buffer* sambil tetap melakukan proses *download file* sehingga proses *streaming* tetap berlangsung ke mesin *client*. Sedangkan pada proses *streaming* yang menggunakan jaringan, data sudah dikompresi sebelumnya hal untuk mengantisipasi adanya keterbatasan *bandwidth*. Sesudah di-*encode* baru dikirim ke *user* lain dan untuk melihat tampilan pada layar *user* akan melakukan *decode*. Sehingga konsep dasar dari *video streaming* adalah membagi paket *video* ke dalam beberapa bagian, mentransmisikan paket tersebut, kemudian pada pihak penerima (*client*) dapat men-*decode* dan memainkan potongan paket *file video* tanpa harus menunggu seluruh *file* terkirim ke mesin penerima.

1. Kualitas Performansi *Video Streaming*

Pada *video streaming* 3 ukuran yang digunakan untuk mengetahui performansi hasil transmisi video yaitu:

- a. *End to end delay*, rata-rata waktu transmit atau pengiriman. Nilai rata-rata= <400ms, idealnya = <150ms.
- b. *Video packet jitter*, variasi waktu kedatangan paket. Nilai rata-rata= <60ms, idealnya = <20ms.
- c. *Throughput*, minimum *end to end* laju transmisi. Nilainya antara 10 kbps-5 Mbps.

2.7.3 VoIP (*Voice of Internet Protocol*)

VoIP (*Voice of Internet Protocol*) adalah teknologi yang memungkinkan percakapan suara jarak jauh melalui media internet. Data suara diubah menjadi kode digital dan dialirkan melalui jaringan yang mengirimkan paket-paket data melalui IP (*Internet Protocol*) [11]. Jaringan IP sendiri merupakan jaringan komunikasi data yang berbasis *packet switched*. Jaringan *packet switched* yaitu jaringan yang masing-masing paket harus mencari *route* sendiri untuk sampai tujuannya, dan masing-masing paket dilengkapi dengan informasi yang berupa IP *address source* dan *destination*. Jaringan IP adalah jaringan global, tidak berdasarkan zona sehingga bisa menekan biaya percakapan.

Cara kerjanya yaitu sinyal suara analog, seperti yang biasanya didengar ketika berkomunikasi di telepon diubah menjadi data digital dan dikirimkan melalui jaringan berupa paket-paket data secara *real time*. Dalam komunikasi VoIP, pengguna

melakukan hubungan telepon melalui terminal yang berupa PC atau telepon biasa. Bentuk paling sederhana dalam sistem VoIP adalah dua buah komputer terhubung dengan internet. Syarat dasar untuk mengadakan koneksi VoIP adalah komputer yang terhubung ke internet mempunyai kartu suara yang dihubungkan dengan speaker dan mikrofon. Dengan dukungan perangkat lunak khusus, kedua pemakai komputer bisa saling terhubung dalam koneksi VoIP satu sama lain [7].

1. Kualitas Performansi VoIP

Parameter-parameter penentu kualitas VoIP adalah:

- a. *Delay* lamanya waktu tunda, waktu yang dibutuhkan untuk mengirim data dari sumber ke tujuan. *Delay* maksimum yang direkomendasikan oleh ITU untuk aplikasi suara adalah 150 ms, dan yang masih bisa diterima pengguna adalah 250 ms [8].
- b. *Jitter* adalah variasi *delay* dari sebuah paket yang berasal dari aliran data yang sama. *Jitter* yang tinggi artinya perbedaan waktu *delay*nya besar, sedangkan *jitter* yang rendah artinya perbedaan waktu *delay*nya kecil.
- c. *Packet loss* (paket yang hilang), dan *out of order packets* ketika hal ini terjadi *missing* paket digantikan oleh paket terakhir yang diterima dengan sukses sehingga akan menimbulkan kualitas suara tidak seperti sebelumnya.

2.7.4 Parameter Pengukur QoS (*Quality of Service*)

Pada jaringan *packet switched* dan komputer, QoS adalah suatu mekanisme kontrol yang dapat memberikan suatu prioritas berbeda kepada *client* dalam hal aliran

data atau jaminan level performansi dari aliran data menurut permintaan program aplikasi. Jaminan QoS sangat penting bila kapasitas dari jaringan sangat terbatas terutama dalam hal fasilitas yang dapat dinikmati seperti VoIP dan *streaming* karena layanan ini sangat sensitif terhadap *delay* dan *bit rate* yang konstan. Sehingga dapat didefinisikan bahwa QoS merupakan suatu ukuran dari kepuasan *client* pada suatu sistem.

Berdasarkan atas permasalahan pengiriman paket, ada beberapa parameter yang dapat digunakan dalam mengukur QoS suatu jaringan yaitu:

1. *Delay*

Delay adalah lama waktu yang dibutuhkan keseluruhan paket yang diminta untuk menuju *client* (tujuan) atau rata-rata waktu yang digunakan untuk pengiriman.

2. *Throughput*

Throughput adalah jumlah data yang secara nyata dapat dikirimkan melalui kanal komunikasi. Nilai *throughput* diukur dalam bits/sec. Nilai *throughput* maksimum apabila paket yang masuk pada input *switch* sama dengan paket yang keluar pada *output*-nya dihitung perdetiknya.

3. *Packet Loss*

Loss adalah banyaknya paket yang turun atau *drop*. *Packet loss* didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket IP mencapai tujuannya. Kegagalan paket tersebut mencapai tujuan, dapat disebabkan oleh beberapa kemungkinan, diantaranya yaitu: terjadinya *overload* trafik didalam jaringan, tabrakan (*congestion*) dalam jaringan, *error* yang terjadi pada media fisik, kegagalan yang

terjadi pada sisi penerima antara lain bisa disebabkan karena *overflow* yang terjadi pada *buffer*. Secara umum terdapat empat kategori penurunan performansi jaringan berdasarkan nilai *packet loss* sesuai dengan versi TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization over Networks*) yaitu seperti tampak pada tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 *Packet loss* versi TIPHON

No	Kategori <i>Packet loss</i>	Persentase
1	Sangat bagus	0 %
2	Bagus	3 %
3	Jelek	15 %
4	Sangat jelek	25 %

$$\text{Rumus: } \textit{packet loss} = \frac{\textit{packet sent} - \textit{packet receive}}{\textit{packet sent}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.1)$$

4. Jitter

Variasi waktu kedatangan paket atau variasi *delay* dari seluruh paket yang dikirimkan untuk sampai ditujuan. Besarnya nilai *jitter* dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan besarnya tumbukan antar paket (*congestion*). Semakin besar beban trafik didalam jaringan akan menyebabkan semakin besar pula peluang terjadinya *congestion* dengan demikian nilai *jitter*-nya semakin besar. Semakin besar nilai *jitter* akan mengakibatkan nilai QoS akan semakin turun jadi harus dijaga seminimum mungkin. Pada tabel 2.5 menampilkan standar *jitter* versi TIPHON.

Tabel 2.5 *Jitter* versi TIPHON

No	Katagori	<i>Peak Jitter</i>
1	Sangat bagus	0 ms
2	Bagus	75 ms
3	Jelek	125 ms
4	Sangat jelek	225 ms

2.7.5 Menentukan *Bit rate*, *Receive Signal Level*, *Coverage*, Luas sel dan aspek-aspek lainnya.

A. *Bit rate*

Bit rate sistem dapat diperhitungkan berdasarkan beberapa standar telekomunikasi di dunia. Setiap standar mempunyai beberapa karakteristik frekuensi dan *bit rate*. WiMAX menggunakan teknik OFDM 256 FFT. Pada tabel 2.6 dapat dilihat beberapa parameter yang digunakan dalam perhitungan dengan menggunakan nilai 256 FFT.

Tabel 2.6 WiMAX teknik OFDM 256 FFT

No	Nama Standar	<i>Bandwidth</i> Kanal (MHz)	Frekuensi Sampling
1	MMDS	1,5, 3,0, 6,0, 12,0, 24,0	86/75
2	ETSI	1,75, 3,5, 7,0, 14,0, 28,0	8/7
3	WCS	2,50, 5,0, 10,0, 15,0	144/145

B. *RSL (Receive Signal Level)*

Received Signal Level (RSL) merupakan level daya yang terjadi pada *receiver*. RSL dapat menggunakan persamaan SOM (*System Operation Margin*) [10], persamaannya adalah sebagai berikut:

$$RSL = SOM - Rx \text{ Sensitivity} \quad (2.2)$$

Dimana :

SOM = *System Operating Margin*

Rx Sensitivity = *Receiver Sensitivity*

SOM adalah suatu margin sistem operasi agar aman dari gangguan radio seperti *fading* dan *multipath*. Agar sistem dapat bekerja dengan baik maka sebaiknya nilai SOM minimal 15 dB.

C. Coverage

Coverage merupakan suatu besaran yang menyatakan cakupan area dimana sinyal dari sebuah *base station* masih dapat diterima dengan baik. *Coverage* berhubungan dengan seberapa besar cakupan layanan dari suatu *Base Station*. Sedangkan kapasitas berhubungan dengan seberapa banyak *user* yang bisa diakomodir oleh sistem dalam satu satuan waktu tertentu. Perhitungan *coverage* melibatkan level daya sinyal minimal yang bisa diterima oleh suatu *subscriber station* (SS) dari suatu *Base Station* (BS) tertentu agar tetap dapat meneruskan komunikasi sinyal radio antara SS dan BS (*Link Budget*). *Coverage* merupakan radius jangkauan suatu *Base Station* sesuai dengan parameter yang telah dispesifikasikan seperti daya pancar BTS (Pr), *gain* antena BTS (Gt), *gain* antena penerima (Gr), redaman *free space*, faktor koreksi frekuensi, faktor koreksi tinggi antena, konstanta permukaan, faktor efek *shadowing*, *path loss exponent*. Perhitungan *coverage* ditentukan oleh besar *Path Loss*, yaitu perbedaan antara daya yang ditransmisikan dan daya yang diterima dalam dB. *Path loss* dapat dihitung dengan rumus [10]:

$$Path Loss (dB) = P_{tx} + G_{tx} + G_{rx} - L_{tx} - L_{rx} - Rx\ sensitivity \quad (2.3)$$

Dimana:

Ptx = Daya pancar (dBm)

Ltx = rugi – rugi antenna pemancar

Gtx = Gain antena pemancar (dB)

Lrx = rugi – rugi antenna penerima

Grx = Gain antena penerima (dB)

Rx *sensitivity* = *Sensitivitas receiver*

(dBm)

Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan dengan standard IEEE, yaitu IEEE 802.16.3c/29r4 yang dikenal sebagai "Channel Models for Fixed Wireless Applications by Erceg et al" yang diadopsi dari pendekatan AT&T Wireless Model yang diberikan oleh:

$$PL = A + 10 \gamma \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + s + \Delta PL_h + \Delta PL_f \text{ untuk } d > d_0 \quad (2.4)$$

$$A = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d_0}{\lambda} \right) \quad (2.5)$$

$$\gamma = (a - b \cdot hb + c/hb) \quad (2.6)$$

$$\Delta PL_f = 6 \log (f/2000) \quad (2.7)$$

$$\Delta PL_h = -10,8 \log (hr/2) \quad (2.8)$$

$$d = \left(10^{\frac{L_{pat} - A - s - \Delta PL_f - \Delta PL_h}{10\gamma}} \right) d_0 \quad (2.9)$$

Dimana:

PL = *Path loss* (dB)

γ = *path loss exponent* (m)

d = Radius jari – jari sel (m)

d0 = Jarak acuan pengukuran (m)

s	= Faktor efek <i>shadowing</i> (8,6 s/d 10,2)	(dB)
ΔPLh	= Faktor koreksi tinggi antenna <i>remote</i>	(dB)
A	= Redaman <i>free space</i>	(dB)
ΔPLf	= Faktor koreksi frekuensi	(dB)
f	= Frekuensi kerja	(GHz)
hb	= Tinggi antenna BS	(m)
hr	= Tinggi <i>receiver</i>	(m)
a,b,c	= Konstanta SUI (tergantung kategori <i>terrain</i>)	

Salah satu parameter dalam *link budget* adalah faktor koreksi yang ditentukan oleh 3 kategori permukaan (*terrain*) yang dikembangkan oleh *Standford University Interim* (SUI) adalah:

1. *Terrain A* = pohon yang berbukit bukit dengan kerapatan sedang sampai berat.
2. *Terrain B* = sebagian besar pohonnya datar sampai berat.
3. *Terrain C* = dataran datar dengan kerapatan yang rendah.

Tabel 2.7 Nilai Parameter yang berbeda untuk SUI medan model

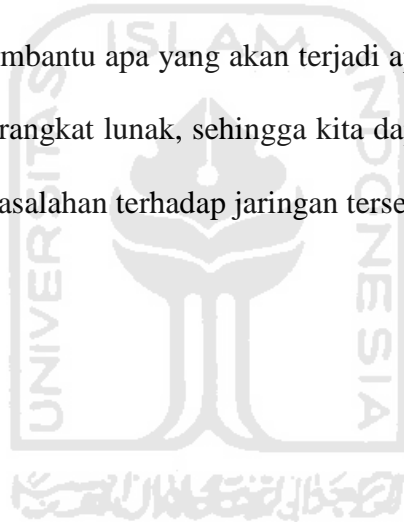
Model Parameter	<i>Terrain A</i>	<i>Terrain B</i>	<i>Terrain C</i>
a	4,6	4,0	3,6
b (1/m)	0,0075	0,0065	0,005
c (1/m)	12,6	17,1	20

2.8 OPNET

OPNET (*Optimized Network Engineering Tools*) adalah salah satu *software* untuk *network modelling* yang sering digunakan dalam mendesain atau optimasi suatu jaringan. OPNET memiliki banyak modul yang disesuaikan dengan *equipment* dari

banyak *vendor* yang digunakan pada banyak perusahaan. Dukungan ini yang mempermudah para desainer dalam merancang dan melakukan optimasi suatu jaringan.

OPNET Modeler 14.5 sangat membantu para desainer jaringan untuk merancang dan menganalisis skenario yang sudah dirancang. Opnet memberikan simulasi yang mendekati sebenarnya, sehingga dapat dilakukan analisis pada jaringan tersebut sesuai dengan yang aslinya. Simulasi pada perancangan sangat penting diperlukan karena dapat membantu apa yang akan terjadi apabila ada perubahan pada perangkat keras maupun perangkat lunak, sehingga kita dapat mengantisipasi apabila terjadi kerusakan atau permasalahan terhadap jaringan tersebut.

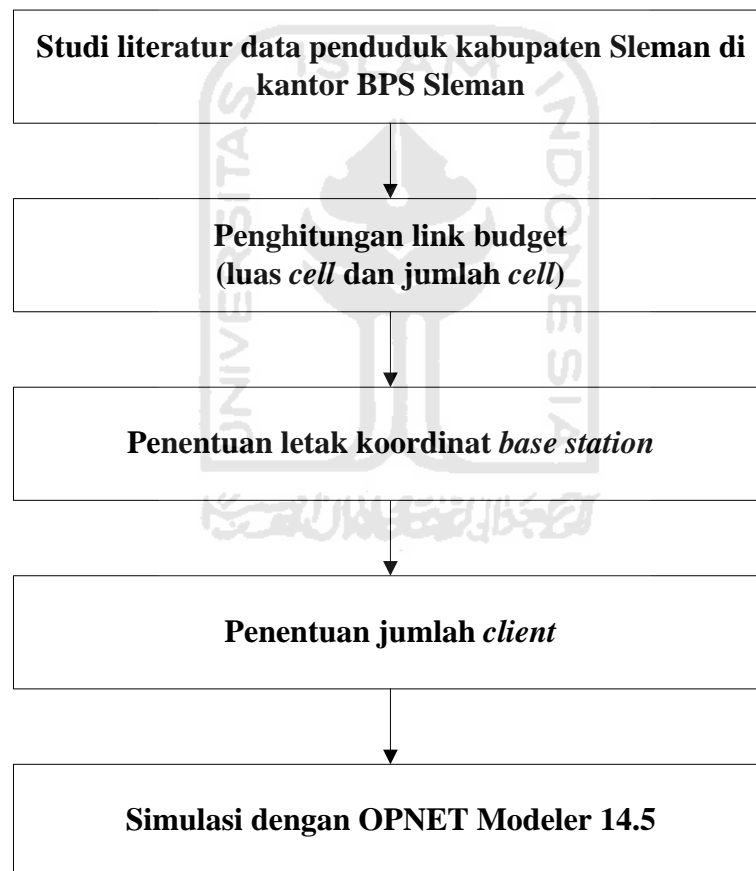


BAB III

PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan Sistem

Tahapan perancangan dan simulasi jaringan WiMAX 802.16d dan 802.16e di kabupaten Sleman, ditampilkan dalam diagram alir gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Demografis Kabupaten Sleman

3.2.1 Letak Wilayah

Secara geografis kabupaten Sleman terletak diantara $110^{\circ} 33' 00''$ dan $110^{\circ} 13' 00''$ bujur timur, $7^{\circ} 34' 51''$ dan $7^{\circ} 47' 30''$ lintang selatan. Wilayah kabupaten Sleman sebelah utara berbatasan dengan kabupaten Boyolali, propinsi Jawa Tengah, sebelah timur berbatasan dengan kabupaten Klaten, Propinsi Jawa Tengah, sebelah barat berbatasan dengan kabupaten Kulon Progo, propinsi DIY dan kabupaten Magelang, propinsi Jawa Tengah dan sebelah selatan berbatasan dengan kota Yogyakarta, kabupaten Bantul dan kabupaten Gunung Kidul, propinsi D.I.Yogyakarta.

3.2.2 Luas Wilayah

Tabel 3.1 Jumlah penduduk kabupaten Sleman menurut kecamatan tahun 2011

Nomor	Kecamatan	Luas Wilayah (Km ²)	Banyak Penduduk
1	Moyudan	27,62	31.003
2	Minggir	27,27	29.318
3	Seyegan	26,63	45.360
4	Godean	26,84	66.765
5	Gamping	29,25	98.486
6	Mlati	28,52	102.812
7	Depok	35,55	182.705
8	Berbah	22,99	51.899
9	Prambanan	41,35	47.115
10	Kalasan	35,84	77.625
11	Ngemplak	35,71	59.936
12	Ngaglik	38,52	104.430
13	Sleman	31,32	63.492
14	Tempel	32,49	49.515
15	Turi	43,09	33.291
16	Pakem	43,84	35.171
17	Cangkringan	47,99	28.381
Jumlah		574,82	1.107.304

Luas wilayah kabupaten Sleman adalah 57.482 Ha atau 574,82 Km² atau sekitar 18% dari luas propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta 3.185,80 Km². Jarak

terjauh utara–selatan 32 Km, timur–barat 35 Km. Secara administratif terdiri 17 wilayah kecamatan, 86 desa, dan 1.212 dusun. Data jumlah penduduk berdasar berdasar luas wilayah untuk setiap kecamatan di kabupaten Sleman seperti pada tabel 3.1 diatas.

3.3 Perhitungan Coverage WiMAX

Perhitungan *coverage* WiMAX ditentukan oleh besar *path loss* yaitu perbedaan antara daya yang ditransmisikan dan daya yang diterima dalam dB.

Path loss dapat dihitung dengan rumus[10]:

$$Path Loss (dB) = Ptx + Gtx + Grx - Ltx - Lrx - Rx \text{ sensitivity} \quad (3.1)$$

$$Path Loss (dB) = 30 \text{ dBm} + 15 \text{ dB} + 15 \text{ dB} - 0 \text{ dB} - 0,5 \text{ dB} - (-92 \text{ dBm})$$

$$Path Loss (dB) = 151,5 \text{ dB}$$

Dimana:

Ptx = Daya pancar (dBm) Ltx = rugi – rugi antenna pemancar

Gtx = Gain antenna pemancar (dB) Lrx = rugi – rugi antenna penerima

Grx = Gain antenna penerima (dB) $Rx \text{ sensitivity} = \text{Sensitivitas receiver}$
(dBm)

Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan dengan standard IEEE, yaitu IEEE 802.16.3c/29r4 yang dikenal sebagai ”*Channel Models for Fixed Wireless Applications by Erceg et al*” yang diadopsi dari pendekatan AT&T *Wireless*. Sementara perhitungan *path loss* (PL) berdasar model *Stanford University Interim* (SUI) adalah sebagai berikut[10]:

$$PL = A + 10 \gamma \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + s + \Delta PLh + \Delta PLf \text{ untuk } d > d_0 \quad (3.2)$$

Dimana: $A = \text{Redaman Free Space (dB)} = A = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d_0}{\lambda} \right)$

$\gamma = \text{path loss exponent}$

keterangan:

- d = jari-jari sel s = faktor efek *shadowing*
 d_0 = jarak antara antenna pengirim dengan penerima ΔPLh = faktor koreksi antenna
 ΔPLf = faktor koreksi frekuensi
 λ = panjang gelombang

Rincian perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\lambda = c/f = 299792458/2300000000 = 0,13 \text{ m}$$

$$A = 20 \log_{10} \left(\frac{4 \times 3,14 \times 100}{0,13} \right)$$

$$A = 20 \log_{10} \left(\frac{1256}{0,13} \right)$$

$$A = 20 \log_{10} (9661,5)$$

$$A = 79,7 \text{ dB}$$

$\gamma = (a - b \times hb + c/hb)$ nilai a, b, c adalah nilai konstanta SUI dan hb

adalah tinggi antenna seperti di jelaskan pada tabel 3.2

$$\gamma = (3,6 - 0.005 \times 30 + 20/30)$$

$$\gamma = (3,6 - 0,15 + 0,7)$$

$$\gamma = 4,15 \text{ m}$$

Perhitungan faktor koreksi frekuensi (ΔPLf)

$$\Delta PLf = 6 \log (f/2000)$$

$$\Delta PLf = 6 \log (2300/2000)$$

$$\Delta PLf = (6 \log 1,15)$$

$$\Delta PLf = 0,36419 \text{ dB}$$

Perhitungan faktor koreksi antena penerima (ΔPLh)

$$\Delta PLh = -20 \log (hr/2) \quad \text{hr adalah tinggi antena penerima.}$$

ΔPLh bernilai 0 dB dikarenakan jarak antara BS ke SS belum diketahui.

Radius sel dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$d = \left(10^{\frac{L_{pat} - A - s - \Delta PLf - \Delta PLh}{10\gamma}} \right) d_0 \quad (3.3)$$

Maka radius sel adalah:

$$d = \left(10^{\frac{L_{pat} - A - s - \Delta PLf - \Delta PLh}{10\gamma}} \right) d_0$$

$$d = \left(10^{\frac{151,5 - 79,7 - 8,6 - 0,36419 - 0}{10 \times 4,15}} \right) \times 100$$

$$d = \left(10^{\frac{62,8}{41,5}} \right) \times 100$$

$$d = \left(10^{1,51} \right) \times 100$$

$$d = 3235,9 \text{ m}$$

$$d = 3,2 \text{ km}$$

Kemudian untuk menghitung luas sel maka harus mengasumsikan bentuk sel. Pada tugas akhir ini menggunakan bentuk sel *hexagonal*, dengan persamaan:

$$\text{Luas sel} = 2,598 (d)^2$$

$$\text{Luas sel} = 2,598 \times 3,2^2$$

$$\text{Luas sel} = 26,6 \text{ Km}^2$$

Tabel 3.2 menjelaskan tentang semua hasil perhitungan *link budget* untuk daerah *rural*.

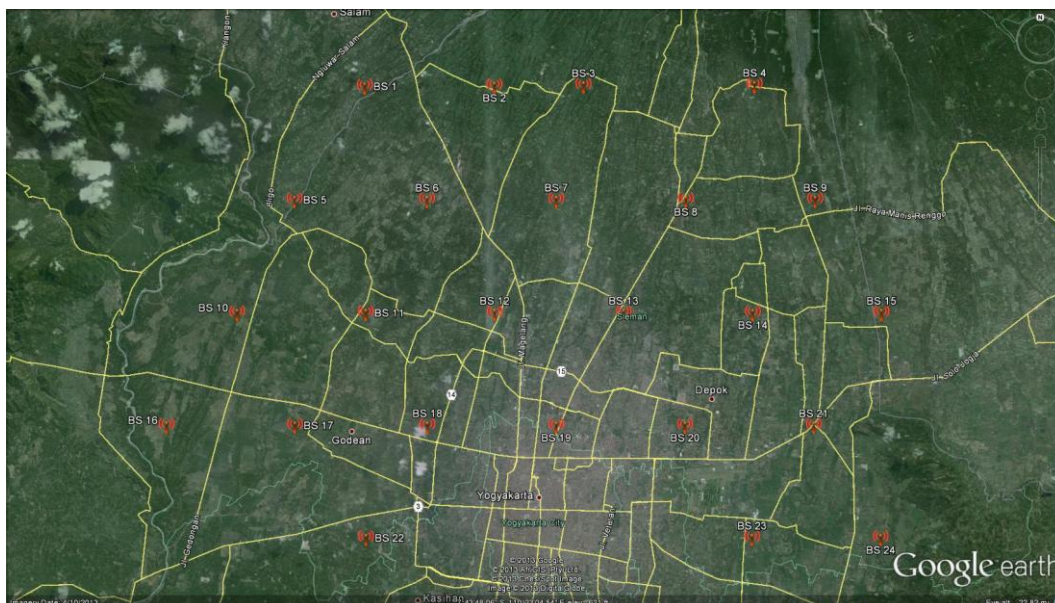
Tabel 3.2 Hasil perhitungan *link budget* untuk daerah rural

No	Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
1	d_0	100	m	Jarak antara antena pengirim dengan penerima
2	d	3,2	Km	Jari-jari sel
3	A	3,6	-	Konstanta SUI (terrain C)*
4	B	0,005	-	Konstanta SUI (terrain C)*
5	C	20	-	Konstanta SUI (terrain C)*
6	ΔPL_f	0,36419	dB	Faktor koreksi frekuensi
7	ΔPL_h	0	dB	Faktor koreksi antena
8	S	8,6	dB	Faktor efek <i>shadowing</i>
9	γ	4,15	m	rugi-rugi eksponen
10	Hb	30	m	Tinggi antena
11	Hr	0	m	Tinggi <i>receiver</i>
12	f	2,3 GHz	Hz	Frekuensi
11	Luas Sel	26,6	km ²	Luas <i>sell</i>
12	<i>Path loss</i>	151,5	dB	<i>Path loss</i>
13	Gt	15	dB	<i>Gain antenna</i> pemancar
14	Gr	15	dB	<i>Gain antenna</i> penerima

Terrain C = dataran datar dengan kerapatan yang rendah.

3.4 Penentuan Letak *Base Station* (BS)

Daerah kabupaten Sleman terletak pada 7° 34' 51"- 7° 47' 3" lintang selatan dan 107° 15'3"- 110° 29'30" bujur timur dengan luas daerah 574,82 km². Daerah di kabupaten Sleman banyak terdapat pemukiman dan industri menengah dan besar, sehingga dalam penentuan daerah layanan akan memperhitungkan pada kebutuhan *bandwidth* per sel yang faktor terbesarnya adalah perumahan dan industri. Untuk menjangkau seluruh kabupaten Sleman maka akan memerlukan 24 sel [13], adapun pembagian daerahnya seperti pada gambar 3.2:



Gambar 3.2 Lokasi titik tiap *base station* di kabupaten Sleman

1. Sel Sleman 1

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}39'2''$ LS dan $110^{\circ}18'22''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri, sekolah, instansi pemerintah dan sarana kesehatan di daerah Tempel. Sel ini akan mencakup desa Lumbungrejo, Margorejo, Mororejo, Pondokrejo dan Sumberrejo.

2. Sel Sleman 2

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}39'2''$ LS dan $110^{\circ}21'10''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri, sekolah, perumahan, instansi pemerintah dan sarana kesehatan di daerah Turi, dan sekolah di kecamatan Tempel. Sel ini akan mencakup desa Lumbungrejo, Margorejo, Trihargo, Trimulyo, Donokerto, Merdikorejo, Bangunkerto.

3. Sel Sleman 3

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}39'2''$ LS dan $110^{\circ}23'5''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau sekolah di daerah Turi, sekolah dan sarana kesehatan di daerah Pakem. Sel ini akan mencakup desa Donokerto, Purwobinangun, Candi Binangun dan Harjo Binangun.

4. Sel Sleman 4

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}39'2''$ LS dan $110^{\circ}26'45''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau sekolah di daerah Pakem, sekolah dan sarana kesehatan dan instansi di daerah Cangkringan. Sel ini akan mencakup desa Pakem Binangun, Argomulyo, Wukirsari, Umbulharjo, dan Kepuh Harjo.

5. Sel Sleman 5

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}41'27,5''$ LS dan $110^{\circ}16'50''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau sekolah dan sarana kesehatan di daerah Tempel, dan sarana kesehatan di daerah Sayegan. Sel ini akan mencakup desa Tambak Rejo, Sumberrejo, Banyurejo, Margoagung, Margokaton, Sendang Sari, Sendangrejo.

6. Sel Sleman 6

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}41'27,5''$ LS dan $110^{\circ}19'42,5''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri, sekolah di kecamatan Sleman. Sekolah dan industri di kecamatan Mlati. Sekolah di kecamatan Tempel. Sel ini akan mencakup desa Tambakrejo, Mororejo, Caturharjo, Triharjo, Moroagung, Sumberadi, Tridadi.

7. Sel Sleman 7

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}41'27,5$ LS dan $110^{\circ}22'30''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau sekolah, industri, sarana kesehatan di kecamatan Sleman, sekolah, perumahan di daerah Ngaglik,

perumahan di kecamatan Turi. Sel ini akan mencakup desa Donokerto, Purwobinangun, Trimulyo, Donoharjo, Pandowoharjo, Sardoharjo.

8. Sel Sleman 8

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}41'27,5$ LS dan $110^{\circ}25'17,5''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau sekolah, instansi di kecamatan Pakem, perumahan di kecamatan Ngaglik, perumahan di kecamatan Turi. Sel ini akan mencakup desa Candi Binangun, Pakem Binangun, Harjo Binangun, Sukoharjo, Umbul Martani.

9. Sel Sleman 9

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}41'27,5$ LS dan $110^{\circ}28'5''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau sekolah, instansi, sarana kesehatan di kecamatan Ngemplak, sarana kesehatan di kecamatan Cangkringan. Sel ini akan mencakup desa Widomartani, Umbul Martani, Argo Mulyo, Sindu Martani, Bimo Martani.

10. Sel Sleman 10

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}43'52,5''$ LS dan $110^{\circ}15'35''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri, sekolah, instansi, sarana kesehatan di kecamatan Minggir, sekolah di kecamatan Ngemplak. Sel ini akan mencakup desa Sendangmulyo, Sendangarum, Sumberagung, Sidorejo, Sendangagung, Sendangsari, Sendangrejo, Margokaton.

11. Sel Sleman 11

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}43'52,5''$ LS dan $110^{\circ}18'22,5''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau perumahan di

kecamatan Mlati, sekolah, sarana kesehatan, instansi di kecamatan Seyegan, sentra industri di kecamatan Srandakan. Sel ini akan mencakup desa Margokaton, Margoagung, Margodadi, Margoluwih, Tirtoadi, Tlogoadi, Sumberadi.

12. Sel Sleman 12

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}43'52,5''$ LS dan $110^{\circ}21'10''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri di kecamatan Gamping, sekolah di kecamatan Sleman, sekolah di kecamatan Mlati, sekolah di kecamatan Gamping, instansi di balaikota Sleman. Sel ini akan mencakup desa Sumberadi, Tridadi, Sendangadi, Tirtoadi, Trihanggo.

13. Sel Sleman 13

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}43'52,5''$ LS dan $110^{\circ}23'57,5''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri, perumahan, sekolah di kecamatan Ngaglik, industri di kecamatan Gamping, perumahan, perguruan tinggi di kecamatan Depok, sekolah di kecamatan Ngemplak, sekolah di kecamatan Kalasan. Sel ini akan mencakup desa Sardonoharjo, Sunduharjo, Sariharjo, Minomartani, Condongcatur, Wedomartani.

14. Sel Sleman 14

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}43'52,5''$ LS dan $110^{\circ}26'45''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri, perumahan, sekolah di kecamatan Kalasan, perumahan, sekolah, sarana kesehatan di kecamatan

Ngemplak, perumahan di kecamatan Depok. Sel ini akan mencakup desa Wedomartani, Widodomartani, Purwomartani, Selomartani, Condongcatur.

15. Sel Sleman 15

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}43'52,5''$ LS dan $110^{\circ}29'32,5''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau sekolah di kecamatan kalasan, sekolah, sentra industri, dan sarana kesehatan di kecamatan Nanggulan. Sel ini akan mencakup desa Bimomartani, Sindumartani, Selomartani, Tamanmartani, Tirtomartani, Bokoharjo.

16. Sel Sleman 16

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}46'17,5''$ LS dan $110^{\circ}14'2,5''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri, sekolah, instansi di kecamatan Moyudan, industri, sekolah di kecamatan Nanggulan. Sel ini akan mencakup desa Sendangmulyo, Sendangarum, Sumberagung, Sumberarum, Sumberrahayu, Sumpersari.

17. Sel Sleman 17

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}46'17,5''$ LS dan $110^{\circ}16'50''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri di kecamatan Mlati, industri, sekolah, instansi, sarana kesehatan di kecamatan Godean, sekolah di kecamatan Moyudan. Sel ini akan mencakup desa Sidorejo, Sidoluhur, Sidomulyo, Sumpersari, Sidokarto, Sidoagung, Margoluwih, Argomulyo.

18. Sel Sleman 18

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}46'17,5''$ LS dan $110^{\circ}19'42,5''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri di

kecamatan Mlati, industri, perumahan, sekolah, perguruan tinggi, sarana kesehatan di kecamatan Gamping, industri, perumahan, sekolah, perguruan tinggi, instansi, sarana kesehatan di kecamatan Godean. Sel ini akan mencakup desa Margoluwih, Sidomulyo, Sidoarum, Sidokarto, Trihanggo, Nogotirto, Banturaden, Balecatur.

19. Sel Sleman 19

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}46'17,5''$ LS dan $110^{\circ}22'30''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri, perumahan, sekolah, perguruan tinggi, instansi di kecamatan Depok, industri, perumahan, sekolah, perguruan tinggi, sarana kesehatan di kecamatan Mlati. Sel ini akan mencakup desa Sendangadi, Sinduadi, Condongcatur, Caturtunggal, Kricak, Beper, Karangwaru, Cokrodingratan, Terban, Tegalrejo, Jetis, Bumijo, Gowongan, Pringgokusuman, Suryatmajan, Gedongtengen, Tegalpanggung, Bausasran, Baciro, Ngupasan, Purwokinanti, Demangan, Kotabaru, Klitren, Depok, Caturtunggal.

20. Sel Sleman 20

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}46'17,5''$ LS dan $110^{\circ}25'17,5''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri, perumahan, sekolah, perguruan tinggi, sarana kesehatan di kecamatan Depok. Sel ini akan mencakup desa Condong Catur, Catur Tunggal, Depok, Maguwoharjo, Purwokinanti.

21. Sel Sleman 21

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}46'17,5''$ LS dan $110^{\circ}28'5''$ BT. Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri, perumahan, sekolah, perguruan tinggi, instansi, sarana kesehatan di kecamatan Kalasan, industri, sekolah, sarana kesehatan di kecamatan Prambanan, industri di kecamatan Depok, perumahan, sarana kesehatan di kecamatan Berbah, perumahan di kecamatan Kasihan. Sel ini akan mencakup desa Tirtomartani, Purwomartani, Maguwoharjo, Kalitirto, Madurejo, Bokoharjo.

22. Sel Sleman 22

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}48'42,5''$ LS dan $110^{\circ}18'22,5''$ BT Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri, sekolah, perguruan tinggi, instansi, sarana kesehatan di kecamatan Gamping, perguruan tinggi, perumahan di kecamatan Kasihan Sel ini akan mencakup desa Balecatur, Ambarketawang, Tamantirto, Bangunjiwo.

23. Sel Sleman 23

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}48'42,5''$ LS dan $110^{\circ}26'45''$ BT Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau industri, perumahan, sekolah, instansi, sarana kesehatan di kecamatan Berbah. Sel ini akan mencakup desa Maguwoharjo, Berbah, Sendangtirto, Kalitirto, Jogotirto, Pontorono, Srimulyo.

24. Sel Sleman 24

Base station (BS) pada daerah ini terletak pada $7^{\circ}48'42,5''$ LS dan $110^{\circ}29'32,5''$ BT Sel ini akan diutamakan untuk menjangkau sekolah di

kecamatan Prambanan. Sel ini akan mencakup desa Jogotirto, Kalitirto, Madurrejo, Sumberharjo, Sambirejo, Wukirharjo, Srimulyo, Srimartani.

Berikut tabel rekap koordinat masing-masing *base station* WiMAX di kabupaten Sleman seperti pada tabel 3.3:

Tabel 3.3 Rekap koordinat masing-masing *base station* (BTS)

Nama Sel	Letak Koordinat
Sel Sleman 1	7°39'2" LS dan 110°18'22" BT
Sel Sleman 2	7°39'2" LS dan 110°21'10" BT
Sel Sleman 3	7°39'2" LS dan 110°23'5" BT
Sel Sleman 4	7°39'2" LS dan 110°26'45" BT
Sel Sleman 5	7°41'27,5" LS dan 110°16'50" BT
Sel Sleman 6	7°41'27,5" LS dan 110°19'42,5" BT
Sel Sleman 7	7°41'27,5" LS dan 110°22'30" BT
Sel Sleman 8	7°41'27,5" LS dan 110°25'17,5" BT
Sel Sleman 9	7°41'27,5" LS dan 110°28'5" BT
Sel Sleman 10	7°43'52,5" LS dan 110°15'35" BT
Sel Sleman 11	7°43'52,5" LS dan 110°18'22,5" BT
Sel Sleman 12	7°43'52,5" LS dan 110°21'10" BT
Sel Sleman 13	7°43'52,5" LS dan 110°23'57,5" BT
Sel Sleman 14	7°43'52,5" LS dan 110°26'45" BT
Sel Sleman 15	7°43'52,5" LS dan 110°29'32,5" BT
Sel Sleman 16	7°46'17,5" LS dan 110°14'2,5" BT
Sel Sleman 17	7°46'17,5" LS dan 110°16'50" BT
Sel Sleman 18	7°46'17,5" LS dan 110°19'42,5" BT
Sel Sleman 19	7°46'17,5" LS dan 110°22'30" BT
Sel Sleman 20	7°46'17,5" LS dan 110°25'17,5" BT
Sel Sleman 21	7°46'17,5" LS dan 110°28'5" BT
Sel Sleman 22	7°48'42,5" LS dan 110°18'22,5" BT
Sel Sleman 23	7°48'42,5" LS dan 110°26'45" BT
Sel Sleman 24	7°48'42,5" LS dan 110°29'32,5" BT

3.5 Penentuan jumlah *client*

Penentuan jumlah *client* (pelanggan) pada penelitian ini berdasarkan asumsi dari jumlah prosentase cakupan *base station* pada suatu kecamatan dikalikan dengan jumlah penduduk setiap kecamatan, dibagi dengan 1000. Sebagai contoh: pada *base station*17 yang mencakup kecamatan Godean dan Moyudan jumlah penduduk = [(prosentase cakupan Moyudan × jumlah penduduk

$$\text{Moyudan) + (prosentase cakupan Godean} \times \text{jumlah penduduk Godean)] /1000 =$$

$$[(45\% \times 31000) + (45\% \times 67000)] / 1000 = 44$$

jadi pada base station 17 melayani pelanggan sejumlah 47 pelanggan. Tabel 3.4 menampilkan jumlah pelanggan untuk setiap *base station*.

Tabel 3.4 Rekap jumlah pelanggan tiap *base station*

<i>Base Station</i>	Hitungan	Hasil kali prosentase cakupan BS dengan jumlah penduduk dibagi 1000	Jumlah Pelanggan
1	(35%×50)	17	17
2	(60%×34) + (10%×50)	20 + 5	25
3	(60%×36) + (20%×34)	22 + 7	29
4	(70%×29)	20	20
5	(35%×50) + (5%×46)	17 + 3	20
6	(50%×64) + (20%×50) + (5%×46)	32 + 10 + 2	44
7	(40%×64) + (25%×105) + (20%×36) + (20%×34)	26 + 26 + 7 + 7	66
8	(25%×60) + (30%×105) + (20%×36) + (10%×29)	32 + 15 + 7 + 3	57
9	(35%×60) + (20%×29)	21 + 6	27
10	(80%×30) + (5%×31)	24 + 1	25
11	(80%×46) + (10%×30) + (5%×103)	37 + 3 + 5	45
12	(50%×103) + (25%×99) + (10%×64)	52 + 25 + 6	83
13	(35%×105) + (20%×183) + (10%×103)	37 + 37 + 10	84
14	(35%×60) + (10%×105) + (20%×78) + (5%×183)	21 + 10 + 16 + 9	56
15	(40%×78) + (5%×60)	31 + 3	34
16	(50%×31) + (10%×10)	5 + 15	20
17	(45%×67) + (45%×31)	14 + 30	44
18	(55%×67) + (40%×99) + (10%×46) + (5%×103)	37 + 40 + 4 + 5	86
19	(30%×103) + (30%×183)	31 + 55	86
20	(40%×183)	73	73
21	(40%×78) + (25%×52) + (25%×48) + (5%×183)	31 + 12 + 13 + 9	65
22	(35%×99)	35	35
23	(70%×52) + (5%×183)	36 + 9	45
24	(75%×48) + (5%×52)	36 + 3	39
JUMLAH			1124

3.6 Simulasi dengan OPNET

3.6.1 Skenario Simulasi WiMAX

Desain jaringan sederhana yang akan dibuat dalam penelitian ini adalah membuat jaringan WiMAX dengan menggunakan perangkat lunak Opnet Modeler 14.5. Topologi yang akan digunakan yaitu *point to multipoint* (PMP) dengan menggunakan perangkat WiMAX yang berstandar IEEE 802.16d dan IEEE 802.16e yaitu *Fixed* WiMAX dan *Mobile* WiMAX. Ada beberapa model objek jaringan yang akan digunakan yaitu 3 buah *server*, 1 buah *router*, 24 buah *base station*, 1124 buah *subscriber station fixed* dan 1124 buah *subscriber station mobile* WiMAX yang akan menjalankan aplikasi HTTP, *voice* dan *video* dan kabel DS3 dengan *data rate* 44,736 Mbps untuk koneksi dari *server* ke *router* dan ke *base station*.

Skenario yang akan dibuat ada 4 buah yaitu membuat jaringan WiMAX tanpa menggunakan *scheduling* (*default* OPNET Modeler 14.5), skenario WiMAX dengan menggunakan *scheduling* FIFO, skenario WiMAX dengan menggunakan *scheduling* WFQ dan skenario WiMAX dengan menggunakan *scheduling* PQ. Dalam skenario ini digunakan tiga layanan aplikasi yaitu layanan *voice*, layanan *video* dan layanan HTTP.

A. Skenario WiMAX Tanpa Menggunakan *Scheduling* (*Default Opnet Modeler 14.5*)

Pada skenario ini tidak menggunakan teknik antrean dengan kata lain skenario ini menggunakan *scheduling default Opnet Modeler 14.5*. Layanan aplikasi yang akan dijalankan adalah *voice*, *video* dan HTTP. Maksud dari

skenario ini adalah untuk melihat performansi jaringan dalam pengiriman paket-paket data yang ditransmisikan tanpa menggunakan *scheduling*. Parameter performansi yang digunakan adalah *traffic received* dan *traffic sent* pada layanan aplikasi HTTP, paket *delay variation*, *paket end to end delay*, *traffic received* dan *traffic sent* pada aplikasi *voice* dan *video*, serta *delay*, *load* dan *throughput* pada jaringan WiMAX.

B. Skenario WiMAX Dengan Menggunakan *Scheduling* FIFO

Skenario pengujian model ini menggunakan teknik *scheduling* FIFO dalam desain jaringan WiMAX yang dibuat. Layanan aplikasi yang dijalankan adalah *voice*, *video* dan HTTP. Paket-paket data layanan aplikasi ini diteruskan menuju penerima dengan menggunakan antrean FIFO, paket-paket data harus menunggu giliran terhadap paket data yang telah lebih dahulu mengantre dan kemudian ditransmisikan lewat antrean tersebut. Maksud dari skenario ini adalah untuk melihat performansi pengiriman paket-paket data yang ditransmisikan menggunakan *scheduling* FIFO, serta melihat *object response time*, *page response time* di dalam layanan aplikasi HTTP, paket *delay variation*, *paket end to end delay* pada *Voice* dan *Video* serta melihat *delay*, *load* dan *throughput* pada jaringan WiMAX.

C. Skenario WiMAX Dengan Menggunakan *Scheduling* PQ

Teknik antrean *priority queuing* membedakan paket berdasarkan kelas prioritas. Masing-masing prioritas mempunyai antreannya sendiri. Paket dengan antrean prioritas tertinggi akan diproses terlebih dahulu, sedangkan yang rendah akan diproses terakhir. Sistem tidak akan memproses antrean hingga antreannya

habis. Maksud dari skenario ini adalah untuk melihat performansi pengiriman paket-paket data pada jaringan WiMAX yang menggunakan *scheduling* PQ. Parameternya adalah *object response time*, *page response time* di dalam layanan aplikasi HTTP, paket *delay variation*, *paket end to end delay* pada *voice* dan *video* serta melihat *delay*, *load* dan *throughput* di jaringan WiMAX dalam simulasi pengujian.









D. Skenario WiMAX Dengan Menggunakan *Scheduling* WFQ

Pada skenario pengujian ini menggunakan teknik antrean WFQ dengan *Type of service based* (TOS based) dalam desain jaringan yang dibuat pada jaringan WiMAX. Dalam pengujian *scheduling* yang menggunakan TOS based ini untuk menentukan paket-paket data yang masuk dan dilakukan pembobotan antrean yang digunakan adalah jenis layanan aplikasi yang berjalan pada lalulintas jaringan. Maksud dari skenario ini adalah untuk melihat pengaruh terhadap paket-paket data yang terdapat pada layanan aplikasi yang ditransmisikan menggunakan *scheduling* WFQ serta melihat *object response time*, *page response time* didalam layanan aplikasi HTTP, paket *delay variation*, *paket end to end delay* pada *voice* dan *video* serta melihat *delay*, *load* dan *throughput* di jaringan WiMAX.

3.6.2 Topologi

Dalam pembuatan topologi jaringan WiMAX di OPNET Modeler 14.5 ini penulis menggunakan model objek jaringan dan konfigurasi seperti pada tabel 3.5 sebagai berikut:

Tabel 3.5 Model objek pada WiMAX

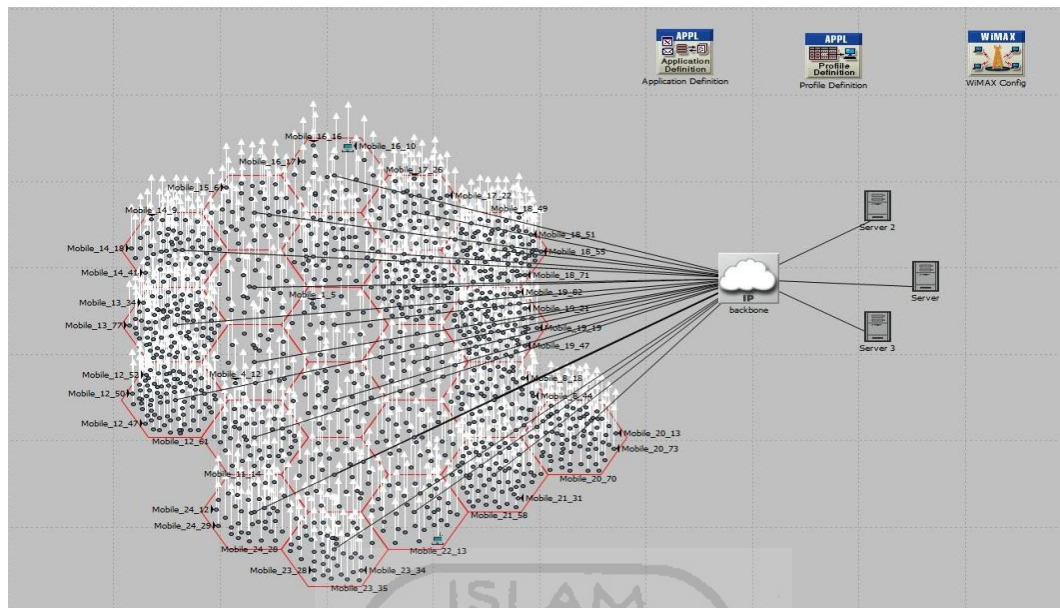
Nama	Model	Jumlah
WiMAX Config		1
Application Definition		1
Profile Defintion		1
PPP Server		3
Router		1
wimax_bs_ethernet4_slip4_router_adv		24
Wimax_ss_wkstn_adv		1124
PPP_DS3		27

Keterangan:

1. *Application configuration* digunakan untuk mendefinisikan jenis aplikasi yang akan digunakan dalam layanan atau menspesifikasikan standar dan *costum* aplikasi yang digunakan disimulasi seperti *traffic* dan Parameter QoS.
2. *Profile configuration* digunakan untuk menspesifikasikan pola aktifitas dari *user* atau sekelompok *user* diaplikasi selama waktu tertentu atau mengatur profil dari aplikasi yang sudah didefinisikan sebelumnya pada *application config*.

3. WiMAX *configuration* untuk mengatur tipe Qos, mengatur *layer* fisiknya seperti OFDM atau OFDMA-nya, dan mode *efficiency*-nya. Untuk mode *efficiency*-nya semua diatur *mobility and ranging enable* karena mendukung semua model WiMAX yang diutamakan.
4. *Server* digunakan untuk menentukan jenis aplikasi yang akan dilayani.
5. IP *clouds* pada umumnya digunakan untuk menggambarkan *connectivity* dari internet.
6. *Base Station* digunakan sebagai pemancar atau *workstation*.
7. *Subscriber Station* digunakan sebagai *client* yang akan menerima layanan.
8. Kabel PPP_DS3 model dari link atau penghubung *point to point* dengan *data rate* mencapai 44,736 Mbps yang dapat dihubungkan dengan 2 node yang *run* di IP.

Desain yang akan dibuat adalah jaringan WiMAX dengan menggunakan topologi *point to multipoint* (PMP) dengan radius rata-rata cell 3,2 Km. Objek yang digunakan dalam penelitian ini bisa dilihat dalam tabel 3.5. Pada penelitian ini digunakan 3 layanan aplikasi untuk membandingkan tingkat kualitas dan kinerja jaringan WiMAX yang biasanya umum digunakan yaitu HTTP, *video* dan *voice*. Tampilan rancangan jaringan WiMAX di kabupaten Sleman seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Skenario WiMAX di kabupaten Sleman pada OPNET 14.5

3.7 Kebutuhan *Hardware* dan *Software*

Analisis kebutuhan sistem sangat diperlukan untuk memperoleh data-data yang akan digunakan dalam perancangan dan analisis kinerja arsitektur *scheduling* pada jaringan WiMAX dengan menggunakan Opnet Modeler 14.5. Analisis kebutuhan ini diperlukan untuk mengetahui apa saja yang akan diperlukan untuk merancang dan mensimulasikan jaringan WiMAX. Sehingga dapat dibuat sebuah skenario yang akan mensimulasikan bagaimana kinerja jaringan WiMAX dengan menggunakan arsitektur *scheduling* dan yang tidak, sehingga pada akhirnya didapat kesimpulan tentang kinerja jaringan WiMAX yang paling baik diantara beberapa skenario yang akan dibuat.

3.7.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras yang dibutuhkan untuk menjalankan Opnet Modeler 14,5 dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Kebutuhan perangkat keras untuk menjalankan Opnet Modeler 14.5

Perangkat keras yang di perlukan	Minimum	Rekomendasi
CPU	2,0 GHz untuk Windows	3.0 + GHz menggunakan x86, EM64T, AND x86, atau AMD64(dual-core)
RAM	2 GB	4-8 GB
<i>System File Space</i>	3 GB	5 GB
<i>Working File Space</i>	100 MB	>100 MB
Resolusi layar	1024x728 pixel	>1024x728 pixel

3.7.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Kebutuhan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem Operasi

Microsoft Windows 7 Profesional (32 bit atau 64 bit), Windows Vista Business (32 bit atau 64 bit), Windows XP Profesional (32 bit atau 64 bit).

2. Perangkat Lunak Pendukung

a. Untuk windows dibutuhkan: *microsoft Visual Studio .NET 2010, Microsoft Visual C++ 2010 Express Edition, Microsoft Visual Studio.NET 2008, Microsoft Visual c++ 2008 Express Edition, Microsoft Visual Studio .NET 2005, Microsoft Visual Studio .NET 2003 (Opnet, 2011).*

b. OPNET Modeler 14.5

3.7.3 Instalasi Perangkat Lunak

Pada tahapan ini akan dilakukan instalasi perangkat lunak yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan penelitian tentang perancangan dan simulasi jaringan WiMAX yaitu dengan menggunakan perangkat lunak OPNET Modeler 14.5 sehingga akan diketahui kinerja jaringan WiMAX yang maksimal dalam melayani aplikasi dalam setiap teknik *scheduling* yang digunakan. Berikut ini merupakan beberapa tahapan yang digunakan penulis dalam melakukan instalasi OPNET Modeler 14.5:

1. Sistem Operasi yang digunakan adalah *Windows XP service pack 2* atau *Windows 7 Ultimate*.
2. Instalasi Perangkat Lunak Pendukung yaitu *Microsoft Visual Studio 2010*.
3. Instalasi OPNET Modeler 14.5 dan juga menginstal lisensinya.
4. Instalasi *Environment* pada sistem operasi *Windows XP* atau *Windows*

3.8 Penentuan Spesifikasi Parameter

Ada beberapa parameter yang akan simulasikan dalam perancangan jaringan WiMAX. Parameter-parameter ini membantu untuk mendukung dan memudahkan dalam pengambilan data untuk dianalisis sehingga dapat menghasilkan analisis yang akurat.

3.8.1 Layanan Aplikasi

Layanan Aplikasi berisi tentang beberapa jenis parameter aplikasi yang akan dijalankan di jaringan WiMAX yang akan disimulasikan. Jenis aplikasi yang akan dijalankan ada 3 jenis yaitu *voice*, *video*, dan *hypertext transfer protocol (HTTP)*.

A. Voice (VoIP)

Protokol lapisan *transport* yang digunakan untuk aplikasi ini adalah UDP. Aplikasi suara yang digunakan memakai skema *encoder G.711* dengan *bit rate* 64 Kbps. Selain itu *voice frame per paket* yang digunakan 1 *frame per paket*. Sedangkan *type of service (ToS)* diatur dengan menggunakan *Interactive voice* dengan bobot 6. Parameter layanan VoIP dapat dilihat dalam tabel 3.7.

Tabel 3.7 Parameter layanan *voice (VoIP)*

Parameter Layanan <i>voice (VoIP)</i>	Value
<i>Encoder Scheme</i>	G.711
<i>Voice Frames per Packet</i>	1
<i>Type of Service</i>	<i>Interactive Voice (6)</i>
<i>Compression Delay (seconds)</i>	0,02
<i>Decompression Delay</i>	0,02

B. Video

Sebuah aplikasi *video* memungkinkan pengguna untuk mentransfer *frame streaming video* pada jaringan. UDP adalah protocol yang digunakan untuk lapisan *transport* standar *video*. Parameter yang digunakan dalam simulasi ini adalah *video high resolution* yaitu *frame* waktu antar kedatangan sebesar 30 *frame per detik*, dengan ukuran *frame* 352×240 pixel. Sedangkan *Type of service (ToS)* yang digunakan *streaming media* dengan bobot 4. Tabel 3.8 menjelaskan bahwa layanan aplikasi *video* yang digunakan pada simulasi ini adalah aplikasi *video konferensi (video)*.

Tabel 3.8 Parameter layanan *Video*

Parameter Layanan Video	Value
<i>Frame Interarrival Time Information</i>	30frames/sec
<i>Frame Size Information (bytes)</i>	352×240 pixels
<i>Type of Service</i>	Streaming Multimedia (4)

C. Hypertext Transfer Protocol (HTTP)

Tabel 3.9 Parameter layanan HTTP

Parameter Layanan HTTP	Value
<i>HTTP Specification</i>	HTTP 1.1
<i>Page Interarrival Time (seconds)</i>	Exponential (60)
<i>Page Properties</i>	Constant (5), Medium Image
<i>Type of Service</i>	Best Effort (0)

Tabel 3.9 menjelaskan bahwa layanan aplikasi HTTP adalah *web browsing*. Pengguna mengunduh halaman dari *server*. Halaman yang diunduh ini berisi data teks dan informasi grafis. TCP adalah *protocol transport* untuk HTTP. Spesifikasi HTTP yang digunakan adalah HTTP versi 1.1, *page interval time exponential* 60. *Page properties* menunjukkan properti dari halaman *web*. Satu *web* berisi dengan ukuran *Medium image* sebanyak 5 buah.

3.8.2 User Profile

Tabel 3.10 *User Profile* pada OPNET 14.5

No	Jenis User Profile	Value
1	Voice	voice
2	Video	video
3	HTTP	HTTP

Tabel 3.10 menjelaskan *setting an* pada *user profile* pada OPNET Modeler 14.5

3.8.3 Parameter MAC Service Class Yang Digunakan Pada WiMAX

Parameter MAC pada tabel 3.11 ini berisi tentang jenis-jenis *service class* yang ada pada QoS WiMAX. Ada 3 *service class* yang akan diterapkan

dalam simulasi ditugas akhir ini yaitu *service class gold*, *service class silver* dan *service class bronze*.

Tabel 3.11 Parameter MAC

No.	Parameter MAC	Value		
		Gold	Silver	Bronze
1	<i>Tipe scheduling</i>	UGS	rtPS	<i>Best Effort</i>
2	<i>Maximum sustained traffic rate</i>	5 Mbps	1 Mbps	384 Mbps
3	<i>Maximum reserved traffic rate</i>	1 Mbps	0,5 Mbps	384 Mbps
4	<i>Maximum Latency</i>	30 <i>miliseconds</i>	30 <i>miliseconds</i>	30 <i>miliseconds</i>
5	<i>Maximum traffic burst</i>	0	0	0
6	<i>Unsolicited Poll Interval</i>	<i>Auto Calculated</i>	<i>Auto Calculated</i>	<i>Auto Calculated</i>

3.8.4 Parameter *Physical Layer* yang Digunakan Pada WiMAX

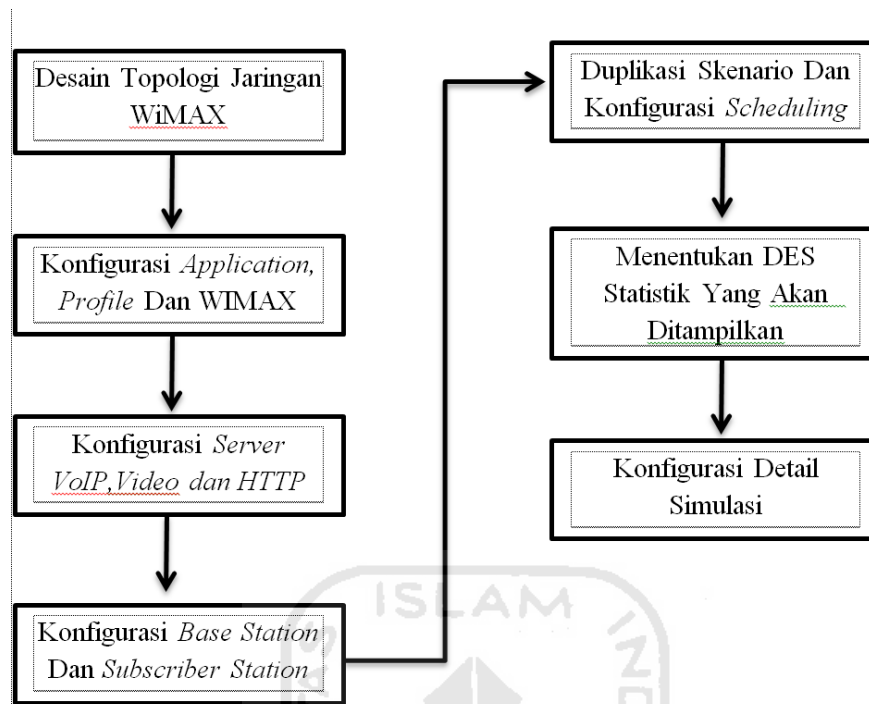
Tabel 3.12 menunjukkan beberapa fungsi penting yang diatur dalam PHY layer pada standar WiMAX yaitu OFDM, *Duplex System*, *Adaptive Antenna System (AAS)*, *Variable Error Correction* dan *Adaptive Modulation*. Semua fungsi-fungsi ini secara bersama-sama memberikan keunggulan dibandingkan dengan BWA *existing*.

Tabel 3.12 Parameter PHY Layer WiMAX

Parameter PHY Layer	Value
<i>Frame duration</i>	5ms
<i>Symbol duration</i>	102,86 <i>microseconds</i>
<i>Number of Subcarriers</i>	2048
<i>Duplexing Technique</i>	TDD
<i>Base Frequency</i>	2,3GHz
<i>Bandwith</i>	20 MHz

3.9 Konfigurasi Simulasi Jaringan WiMAX

Dalam konfigurasi simulasi jaringan WiMAX ada beberapa langkah dalam perncangan topologi yang akan diuji coba pada tugas akhir ini bisa dilihat pada Gambar 3.4 di bawah ini.



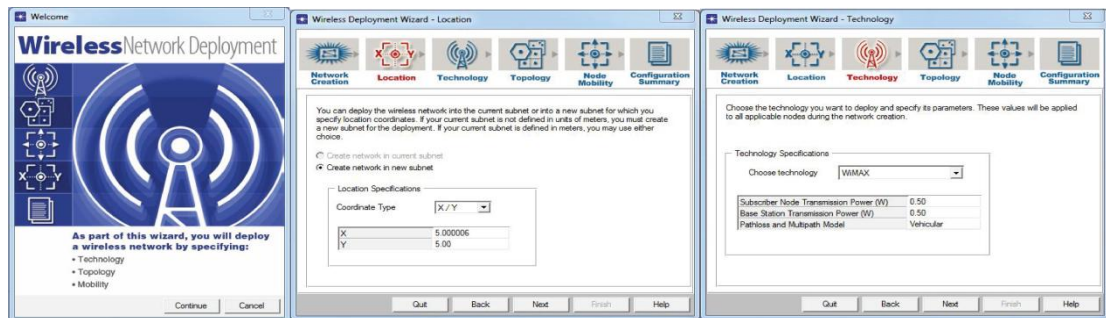
Gambar 3.4 Tahapan Pembuatan Desain Jaringan WiMAX

Berikut ini adalah penjelasan dari tahapan-tahapan pembuatan desain jaringan WiMAX:

1. Pembuatan Desain Topologi Jaringan WiMAX

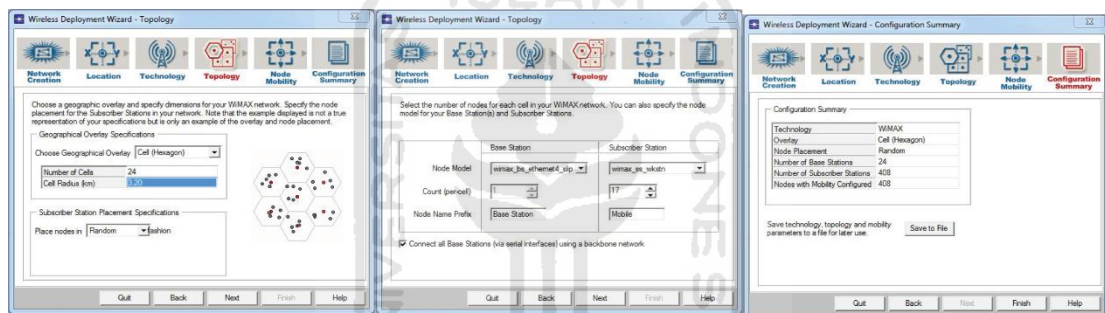
Dalam simulasi jaringan ini penulis menggunakan fasilitas yang ada pada OPNET Modeler 14.5 yaitu dengan menggunakan *template network* yaitu dengan *Deploy Wireless Network*.

- a. Seperti dijelaskan pada gambar 3.5, pilih menu ***Topology >>Deploy Wireless Network >> Continue >> pilih membuat file baru >> tentukan lokasi***



Gambar 3.5 Desain Deploy Wireless Network

- b. Memilih teknologi yang akan dipakai, **Choose Technology >> WiMAX >> pilih bentuk cell = hexagon, jumlah cell = 24, radius = 3,2 Km >> dan letak station = random**, seperti dijelaskan pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Memasukan Jumlah Cell

- c. Tentukan model yang akan dipakai dalam jaringan, **base station = wimax_bs_ethernet4_slip4_router_adv >> subscriber station = wimax_ss_wkstn_adv = 17 >>next >> finish.**

2. Konfigurasi Application , Profile dan WiMAX

Yang pertama menambahkan model-model yang dibutuhkan yaitu *application definition, profile definition* dan WiMAX. Dengan cara pilih menu **Topology >> Open Object Palette >> Wimax_adv = application definition, Profile definition, Wimax config.**

a. Konfigurasi Aplikasi

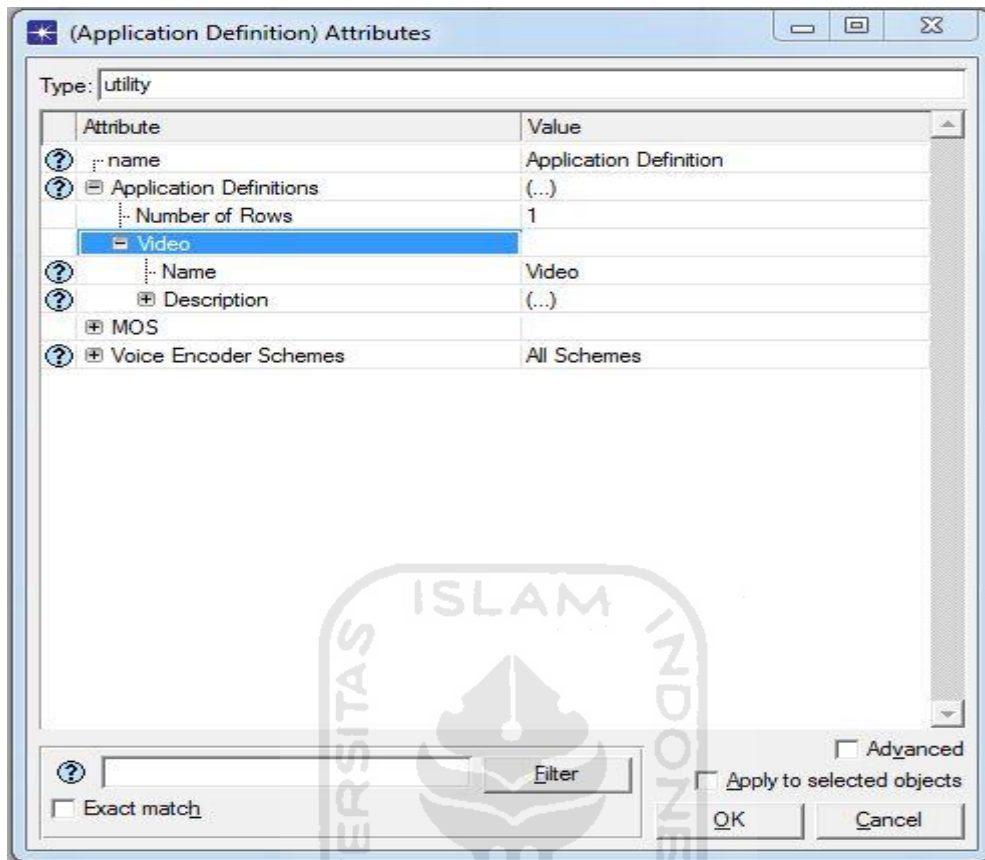
Disini peneliti menkonfigurasi parameter layanan aplikasi yang akan digunakan dalam simulasi yaitu HTTP *Video* dan VoIP dengan cara klik kanan ***Layanan_Aplikasi >> Edit Attribute >> Application Definition >> Number of Row = 1 >> Http, Video dan Voice***, seperti dijelaskan pada gambar 3.7

b. Konfigurasi Profil

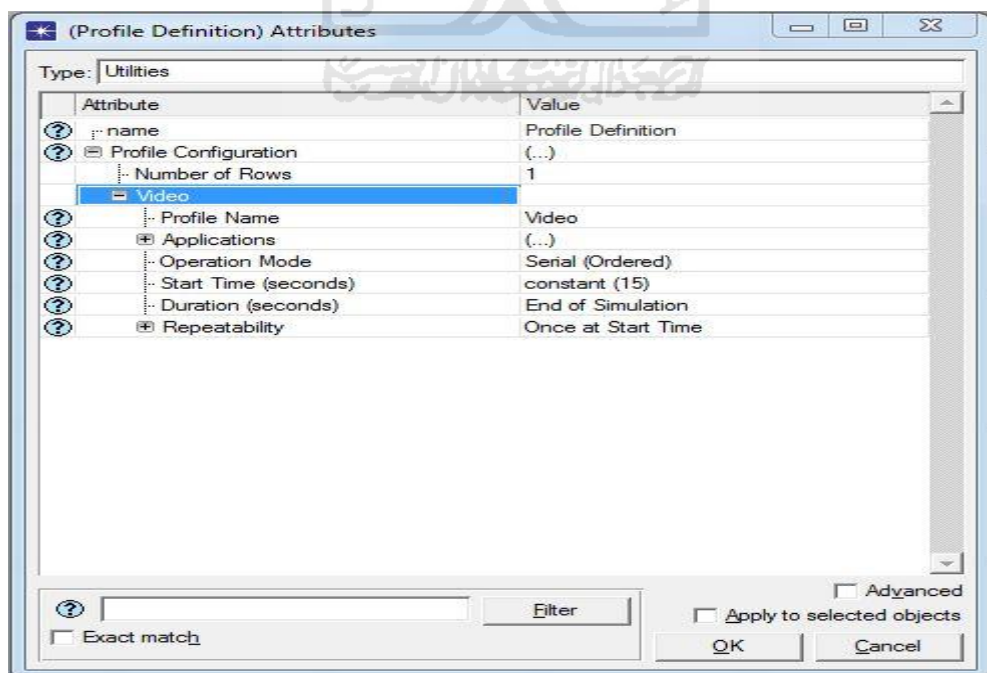
Dalam tahapan ini memasukan *user profile* ada 3 profil yaitu HTTP, Video VoIP. Berikut ini adalah konfigurasinya. Klik kanan pada ***Profile_Config >> Edit attribute >> Number of Row = 3 >> Http, Video dan Voice***, seperti dijelaskan pada gambar 3.8

c. Konfigurasi WiMAX

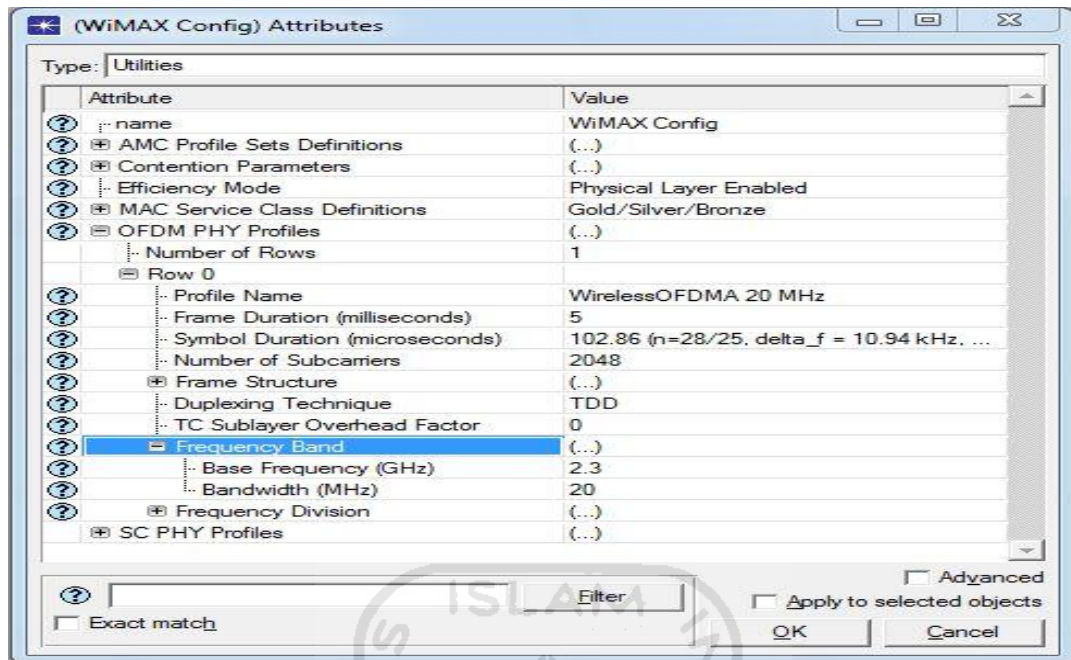
Pada konfigurasi WiMAX config ini ada dua hal yang perlu diperhatikan yaitu MAC *service* dan PHY *layer* karena kedua hal ini yang akan dikonfigurasi pada tahapan ini. Yang pertama mengkonfigurasi MAC *service* yaitu tentang QoS caranya adalah klik kanan pada ***WiMAX_config >> Edit Attribute >> Efficiency Mode = Physical Enable >> MAC Service Class Definition >> Number of Row =3 >> isi dengan Service Class Gold, Silver dan Bronze***, seperti dijelaskan pada gambar 3.9



Gambar 3.7 Konfigurasi Aplikasi



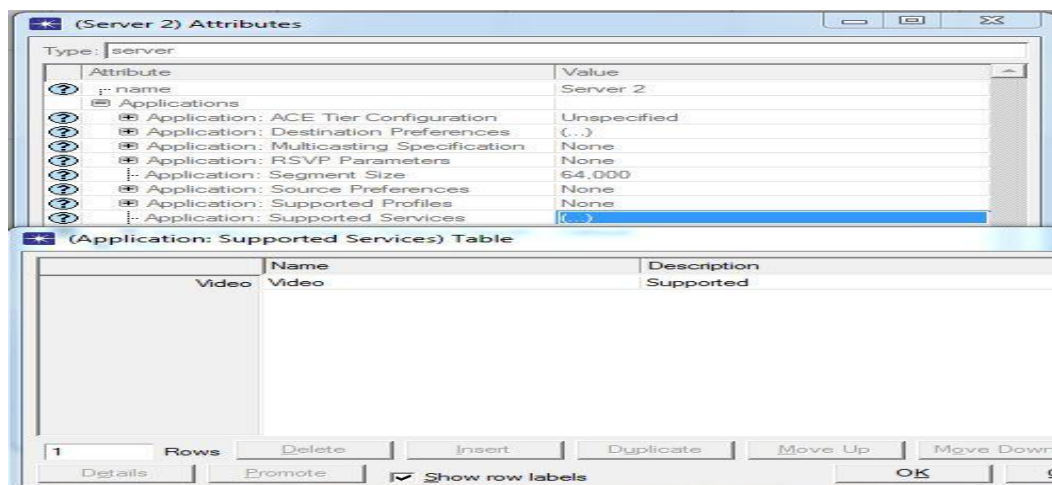
Gambar 3.8 Konfigurasi Profile



Gambar 3.9 Konfigurasi MAC Service

3. Konfigurasi Server HTTP, Server Video dan Server Voice

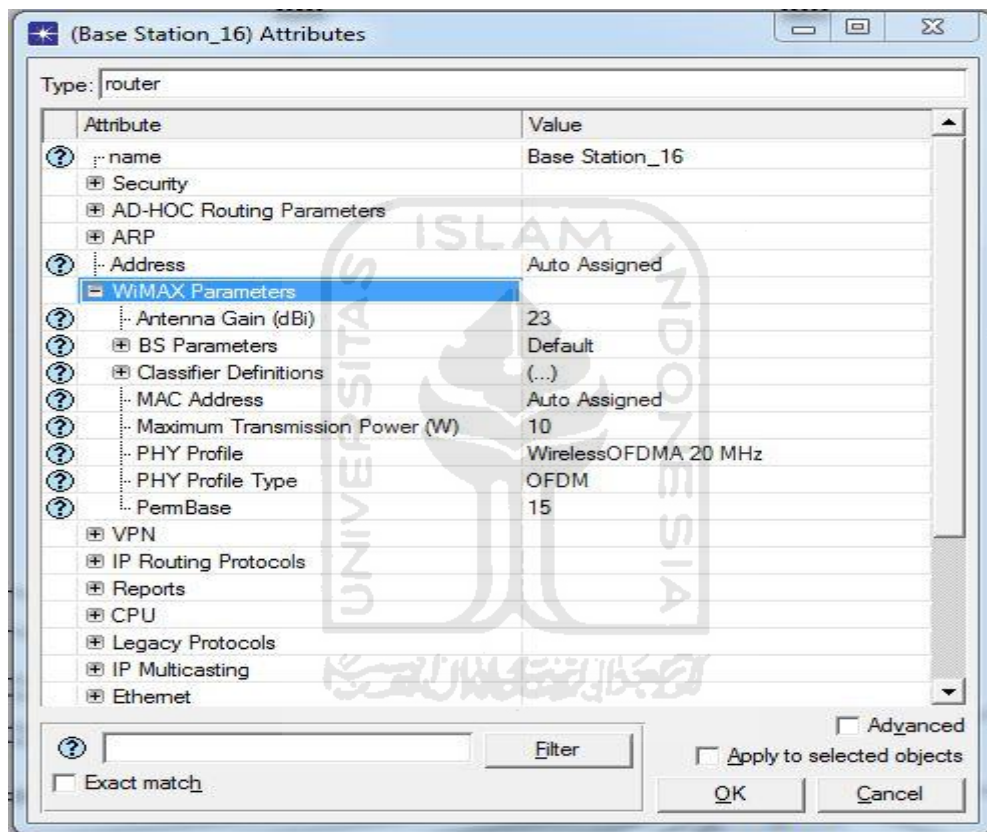
Pada tahapan ini dimasing-masing *server* harus menetapkan aplikasi layanan yaitu HTTP, Video dan VoIP. Yaitu dengan cara klik kanan pada *Server_name* >> *Edit Attribute* >> *Application* >> *Application: Supported Service* >> *Number of Row 1* >> isi dengan jenis server yang ada HTTP, Video dan Voice, seperti dijelaskan pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Konfigurasi Server

4. Base Station

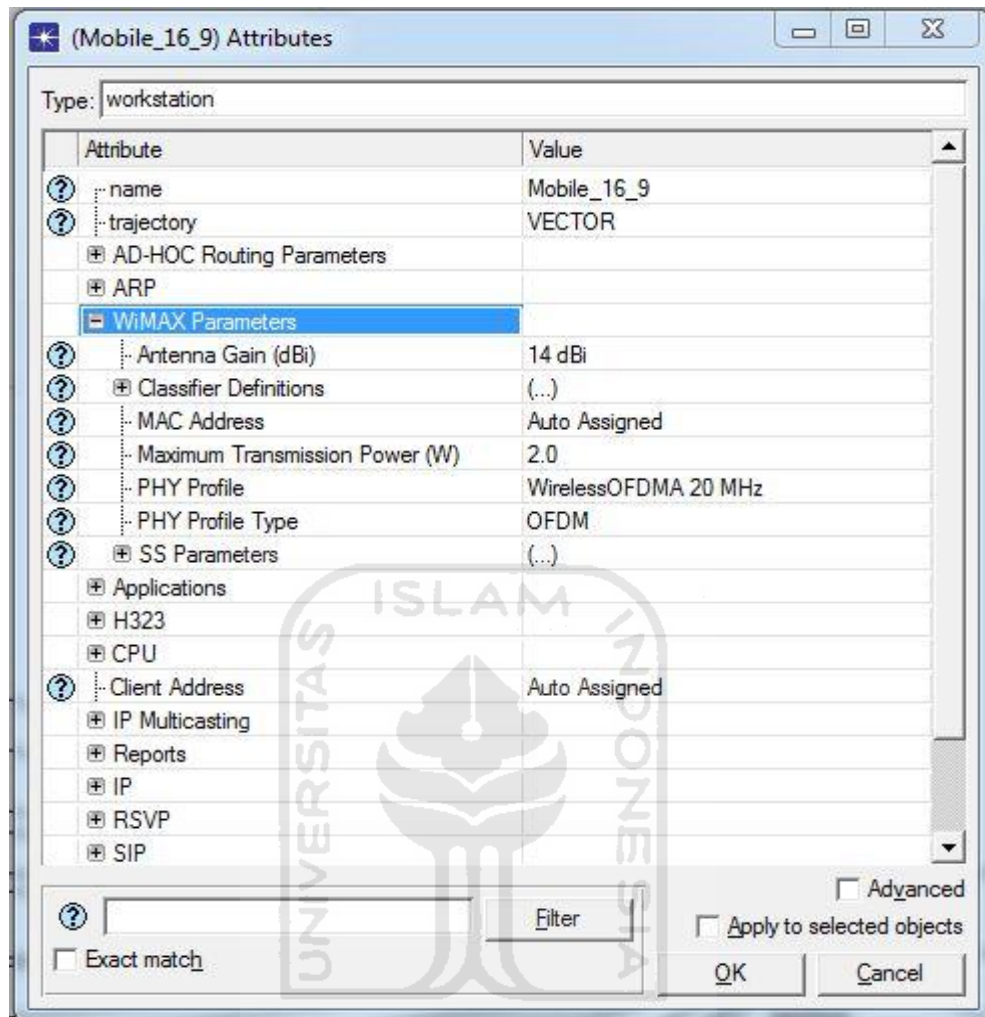
Dalam konfigurasi BS ini hanya diatur hal-hal yang berpengaruh pada daya pancaran yaitu *maximum transmission power* yang diatur sebesar 10 watt. Sedangkan antenna gain diatur sebesar 23 dBi sesuai dengan Motorola WiMAX WAP 450 Seris *Access Point*. Terlihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Konfigurasi *Base Station*

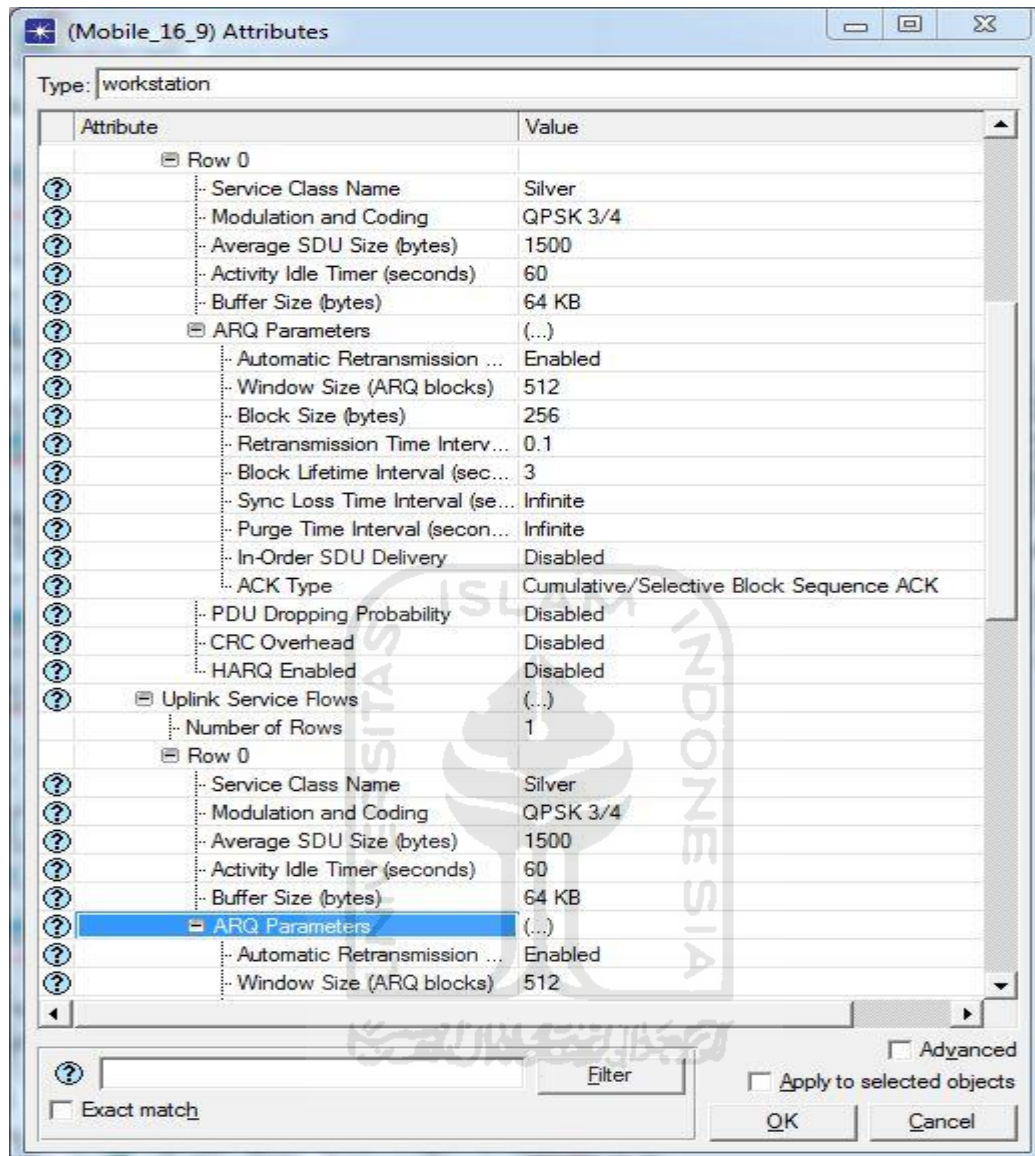
5. Subscriber Station

SS adalah perangkat WiMAX yang berada pada sisi pelanggan. Dalam konfigurasi SS ini diatur daya pancaran yaitu *maximum transmission power* sebesar 3 watt. Sedangkan *antenna gain* diatur sebesar 14 dBi sesuai dengan Motorola Wi4 WiMAX CPEo 450 Series. Terlihat pada Gambar 3.12.



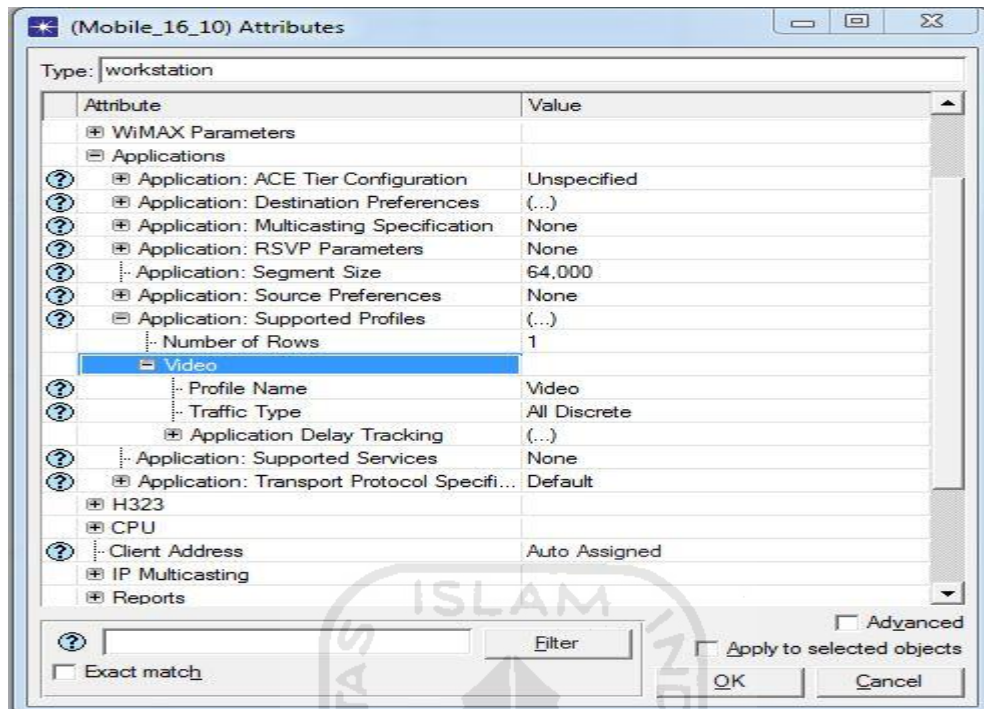
Gambar 3.12 Konfigurasi SS WiMAX Parameters

Pada konfigurasi SS selanjutnya yaitu menentukan jenis QoS *class* pada semua *subscriber station* yang ada yaitu dengan cara klik kanan *Subscriber Station* >> *Edit Attribute* >> *WiMAX Parameter* >> *SS Parameters* >> *Downlink Service Flow dan Uplink Service Flow* >> *Number Of Row = 3* >> **Isi Dengan Jenis Layanan Pada Mac Service Class**, seperti dijelaskan pada gambar 3.13



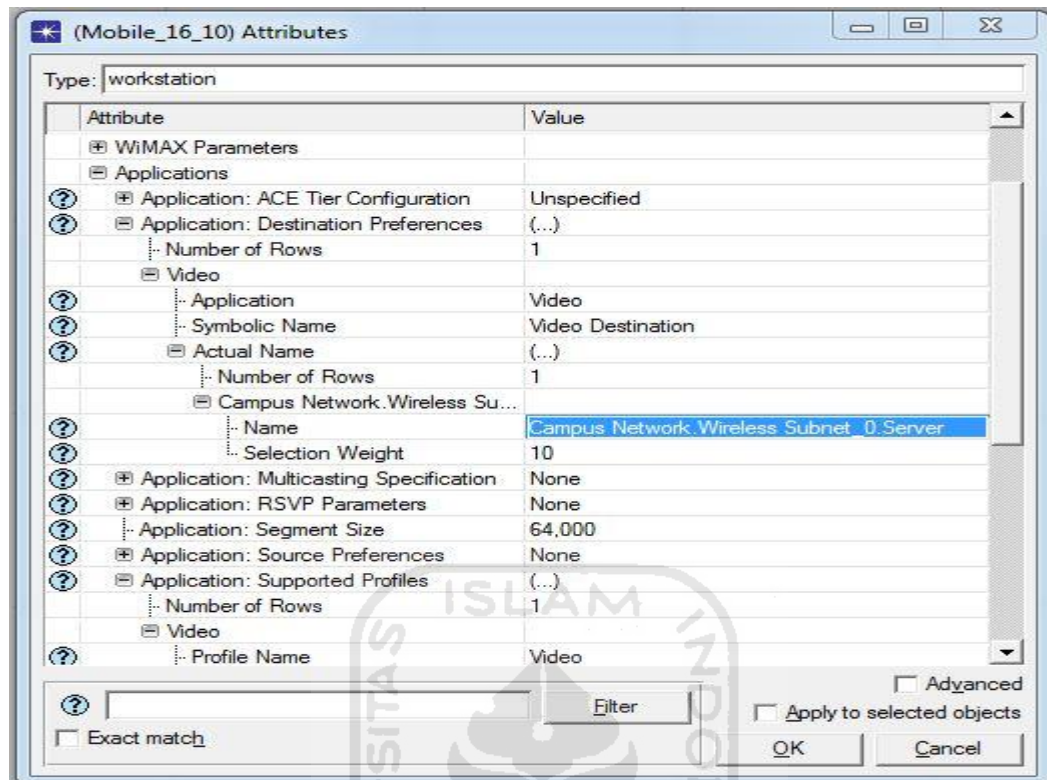
Gambar 3.13 Konfigurasi SS UP dan DL

Pada konfigurasi *Subscriber Station* ini menentukan layanan aplikasi yang digunakan pada semua *Subscriber Station* yaitu dengan cara *Subscriber Station* >> *Edit Attribute* >> *Application: Supported Profile* >> *Number of Row = 3* >> isi dengan jenis aplikasi yaitu **Http, Video dan Voice**, seperti dijelaskan pada gambar 3.14



Gambar 3.14 Konfigurasi *Service Profile*

Selain mengkonfigurasi layanan aplikasi *subscriber station* juga harus menentukan *destination preferences* bertujuan untuk menghubungkan *subscriber station* menuju *server* layanan aplikasi. Caranya yaitu klik kanan **Subscriber Station** >> **Edit Attribute** >> **Application: Destination Preferences** >> **Number of Row =1** >> isi dengan jenis layanan Aplikasi >> **Actual Name** >> **Number of Row =1** >> isi dengan server tujuan, seperti dijelaskan pada gambar 3.15



Gambar 3.15 Konfigurasi SS *Destination Preference*

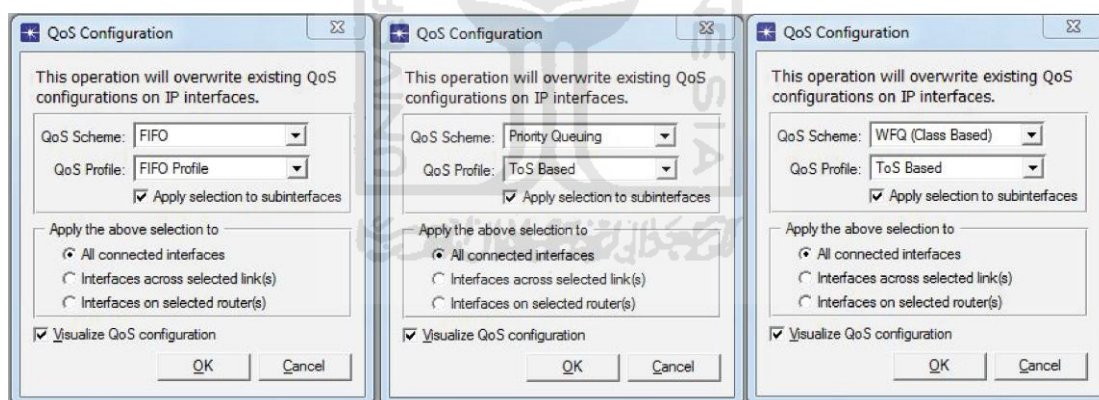
6. Membuat Dupliaksi Skenario Dan Konfigurasi *Scheduling*

Setelah semua konfigurasi dalam pembuatan desain skenario telah selesai maka untuk membuat duplikasi skenario yang akan dipakai dengan menerapkan *scheduling* seperti pada tabel 3.13. Pada menu **bar >> Scenario >> Duplicate Scenario >> Beri Nama Tipe Skenario**. Untuk melihat skenario yang dipakai dalam simulasi ini dengan cara pada menu **Bar >> Scenario >> Manage Scenario**.

Tabel 3.13 Duplikat Skenario

Nama skenario	Keterangan
scenario_scheduling_FIFO	Menggunakan <i>scheduling</i> FIFO
scenario_scheduling_PQ	Menggunakan <i>scheduling</i> PQ
scenario_scheduling_WFQ	Menggunakan <i>scheduling</i> WFQ

1. Untuk menentukan skenario dengan menggunakan *scheduling* FIFO dengan cara sebagai berikut pilih beberapa link pada *network*, pada **menu bar klik Protocol >> IP >> QoS >> Configur QoS >> kemudian pilih tipe scheduling yaitu FIFO sebagai skema QoSnya.**
2. Pada skenario PQ, berikut pilih beberapa *link* pada *network*, pada **menu bar klik Protocol >> IP >> QoS >> Configur QoS >> kemudian pilih tipe scheduling yaitu PQ sebagai skema QoSnya.**
3. Pada skenario WFQ, berikut pilih beberapa link *pada network*, pada **menu bar klik Protocol >> IP >> QoS >> Configur QoS >> kemudian pilih tipe scheduling yaitu WFQ sebagai skema QoSnya**, seperti dijelaskan pada gambar 3.16

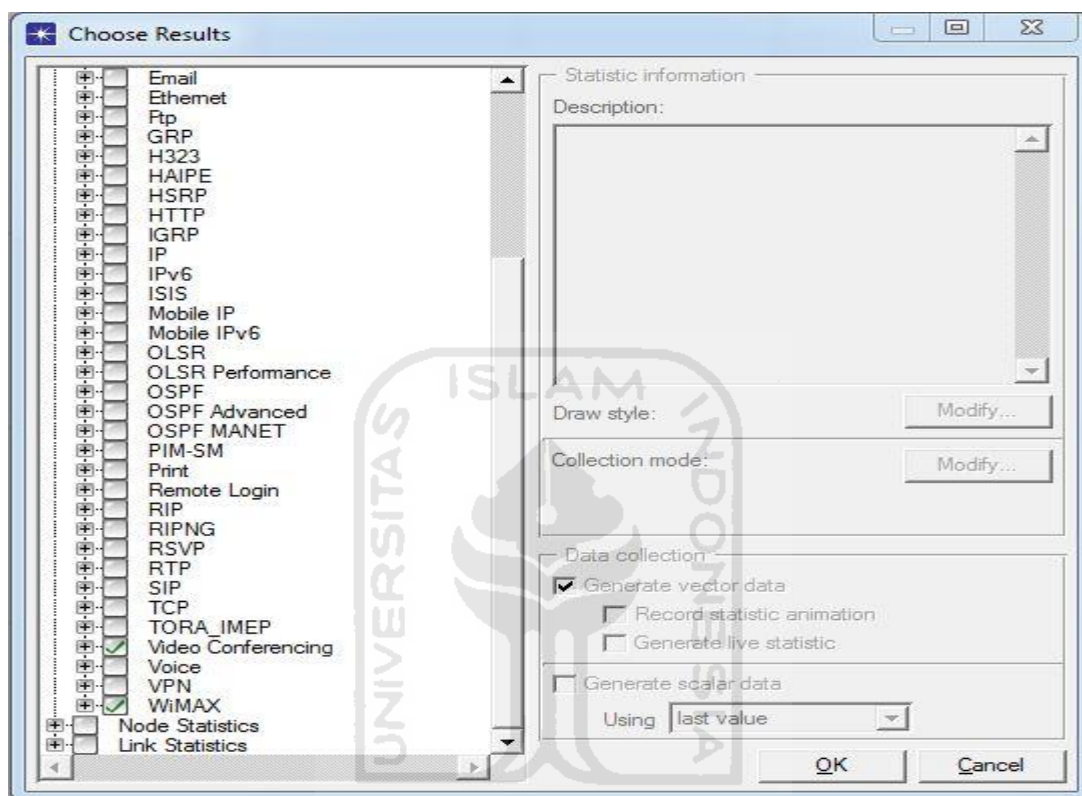


Gambar 3.16 Skenario Dengan *Scheduling*

7. Memilih DES (*Discrete Event Simulation*) Statistik Yang Akan Ditampilkan

Sebelum menjalankan simulasi jaringan WiMAX didalam OPNET MODELER 14.5 untuk memilih hasil statistik yang akan ditampilkan. Hasil statistik pada tiap skenario berguna sebagai parameter pembanding antar skenario. Untuk memilih hasil statistik yang akan ditampilkan caranya adalah klik kanan pada

menu bar klik DES >> Choose Individual Statistics >> Global Statistics >> kemudian pilih parameter HTTP, Video Conferencing, Voice dan WiMAX, seperti dijelaskan pada gambar 3.17



Gambar 3.17 Statistik Global Pada OPNET Modeler 14.5

DES merupakan simulasi dengan perubahan status dari model simulasi menjadi titik-titik waktu yang diskret yang dipicu oleh kejadian. Dibawah ini penjelasan dari beberapa statistik yang dipilih pada tiap skenario:

a. *Object Response Time (seconds)*

Object Response Time merupakan waktu respon object pada web, dan trafik yang diterima dalam satu detik.

b. *Page Response Time (seconds)*

Page Response Time merupakan waktu respon halaman web, dan trafik yang diterima dalam satu detik.

c. *Traffic Send (byte/seconds)*

Jumlah lalu lintas data yang dikirim oleh suatu node dalam satuan *byte/seconds*.

d. *Traffic Receive (byte/seconds)*

Jumlah lalu lintas data yang diterima oleh suatu node dalam satuan *byte/seconds*.

e. *Jitter*

Waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya dalam satuan detik atau selisih antara *delay* pertama dengan *delay* selanjutnya.

f. *Delay (seconds)*

Tengah waktu yang dibutuhkan mulai mengirim data sampai dengan data diterima dalam satu detik.

g. *Packet Loss*

Banyaknya paket yang hilang selama proses transmisi dari sumber ke tujuan.


h. *Load*

Statistik jumlah total permintaan bytes pada saluran komunikasi WiMAX.

i. *Throughput (bytes/sec)*

Statistik ini merupakan jumlah rata-rata bytes yang berhasil diterima atau dikirimkan pada saluran komunikasi WiMAX.

8. Menjalankan Simulasi Pada Opnet Modeler 14.5

Untuk *running* simulasi klik ikon  dibawah menu bar, tetapkan waktu 10 menit atau 360 detik.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas hasil layanan pada jaringan WiMAX standar IEEE 802.16d dan IEEE 802.16e yang telah dilakukan menggunakan 4 skenario *schedulling* (tanpa skenario *schedulling*, FIFO, PQ, WFQ). Analisa performansi meliputi: *delay*, *jitter* (untuk layanan *voice*), *pakcet loss* dan *throughput* ketika layanan tersebut digunakan secara bersamaan atau terpisah di jaringan WiMAX 802.16d dan 802.16e. Hasilnya dapat digunakan sebagai pertimbangan bila akan membangun suatu jaringan WiMAX di kabupaten Sleman maupun tempat lainnya.

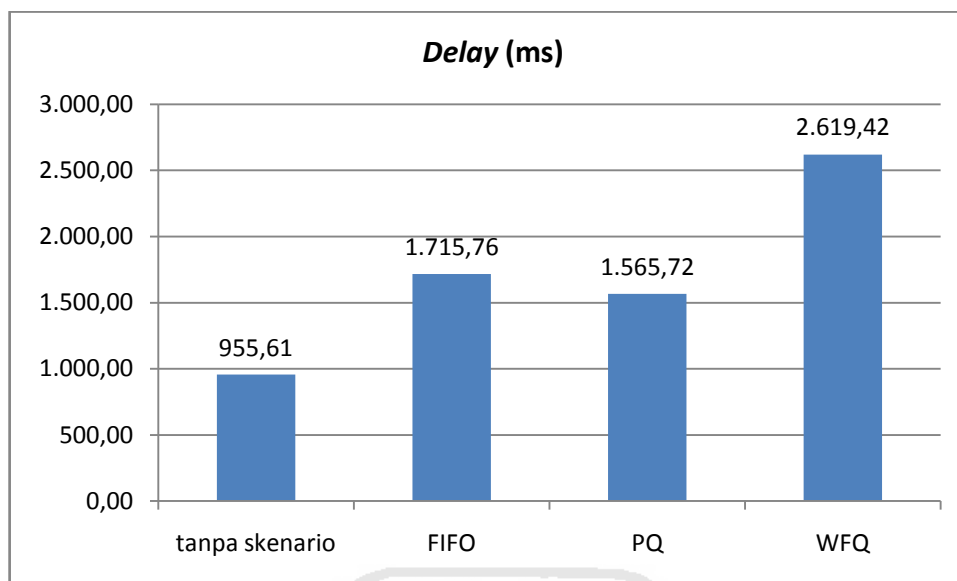
4.1 Pengujian layanan pada WiMAX standar IEEE 802.16d

4.1.1 Layanan *Video* pada WiMAX IEEE 802.16d

Hasil pengujian pada fitur *video* merupakan hasil pengujian dengan cara merata-ratakan performansi secara keseluruhan di kabupaten Sleman per skenario *schedulling*. Hasil pengujian disajikan untuk setiap data *video*.

A. Delay video

Delay merupakan tenggang waktu yang dibutuhkan pada saat mulai mengirim data sampai dengan data diterima. Hasil pengukuran *delay* pada fitur *video* dari keempat skenario *schedulling* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik pengukuran *delay* pada aplikasi *video*

Dari gambar 4.1 bisa dilihat nilai *delay* dari setiap skenario *scheduling* yang sudah dijalankan terhadap aplikasi *video*, dari hasil tersebut didapatkan hasil yang bervariasi dari keempat skenario, untuk hasil *delay* terendah pada *scheduling* tanpa skenario yaitu 955,61 milidetik. Selanjutnya hasil *delay* yang rendah adalah pada *scheduling* PQ yaitu 1.565,72 milidetik. *Delay* pada skenario FIFO sebesar 1.715,76 milidetik dan *delay* tertinggi pada skenario WFQ 2.619,42 milidetik.

Untuk mengetahui apakah aplikasi *video* yang berjalan ini layak atau tidak kualitasnya maka dilakukan perbandingan terhadap standarisasi dari TIPHON. Berikut parameter *delay* menurut versi TIPHON seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Parameter *delay* TIPHON

Kategori <i>Delay</i>	Besar <i>Delay</i>	Indeks
Sangat Bagus	< 150 ms	4
Bagus	150 - 300 ms	3
Sedang	300 - 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

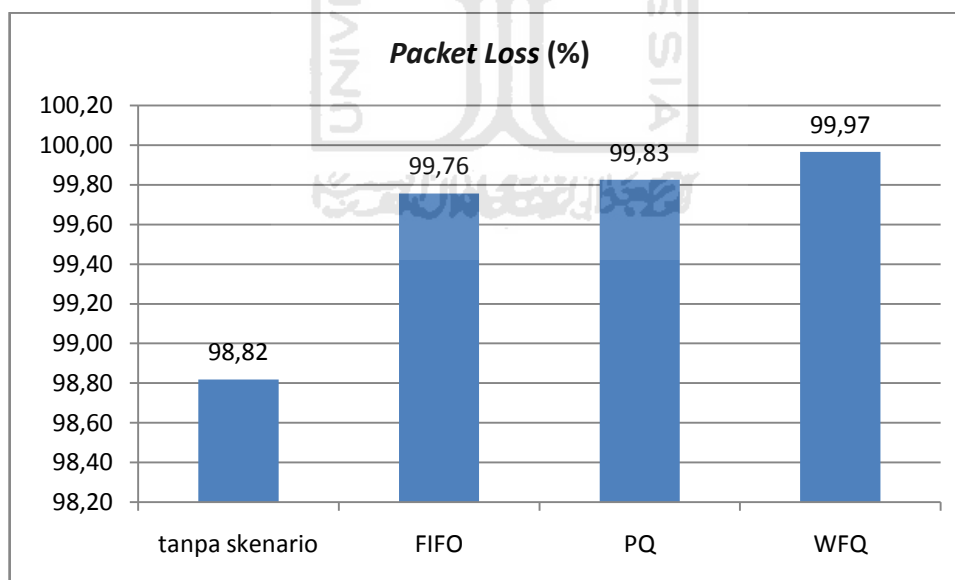
Pada tabel 4.2 bisa dilihat bahwa semua skenario semua *delay* memiliki kualitas yang jelek berdasarkan standarisasi TIPHON karena diatas 450 ms.

Tabel 4.2 Hasil simulasi berdasar standar TIPHON

Skenario	<i>Delay</i> (ms)	Kualitas
Tanpa Skenario	955,61	Jelek
FIFO	1715,76	Jelek
PQ	1565,72	Jelek
WFQ	2619,42	Jelek

B. *Packet Loss video*

Packet Loss adalah banyaknya paket yang hilang selama proses transmisi dari sumber ke tujuan pada layanan aplikasi *video*. Hasil pengukuran *packet loss* pada fitur *video* dari keempat skenario *scheduling* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik pengukuran *packet loss* pada aplikasi *video*

Dari gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa *packet loss* dari semua skenario *scheduling* yang disimulasikan pada layanan aplikasi *video* memiliki kualitas yang jelek bila dibandingkan dengan standarisasi yang telah ditentukan oleh

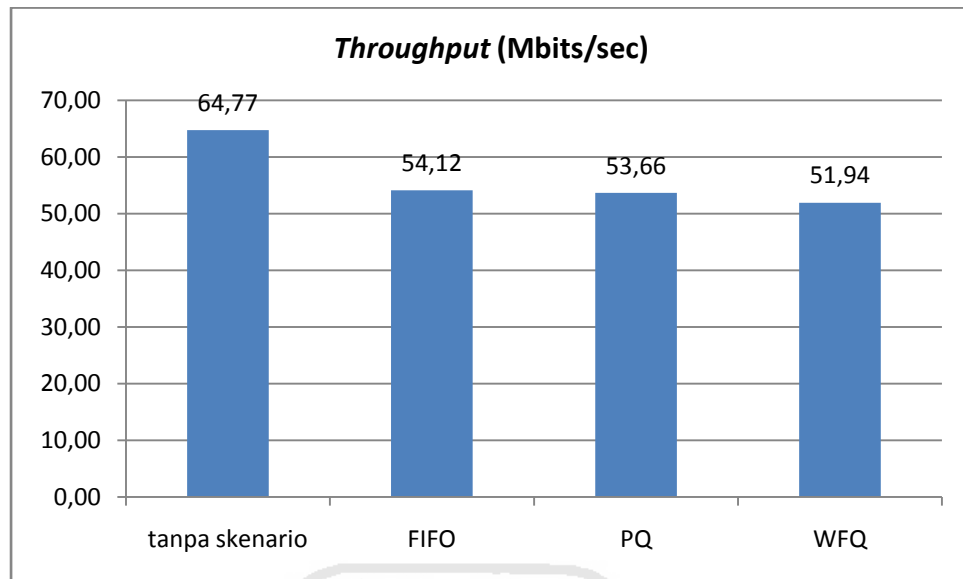
Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) yang terdapat pada tabel 4.3. pada standar TIPHON kualitas yang jelek hanya memiliki 25% *packet loss* sedangkan pada hasil penelitian ini semua skenario yang disimulasikan pada aplikasi video memiliki *packet loss* diatas 50%. Itu disebabkan karena ketidak mampuan jaringan WiMAX menyediakan alokasi data *transfer rate (bandwidth)* untuk mengirimkan *packet-packet* data dari aplikasi *video* selain itu dipengaruhi oleh proses modulasi dan demodulasi pada saat data dikirimkan.

Tabel 4.3 Standar *Packet Loss*

Kategori	<i>Packet Loss</i>	Indeks
Sangat Bagus	0 %	4
Bagus	3 %	3
Sedang	15 %	2
Jelek	25 %	1

C. *Throughput*

Throughput adalah kecepatan transfer data efektif, yang diukur dalam bps yang merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut. Hasil pengukuran *throughput* pada fitur video dari keempat skenario *schedulling* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.3.

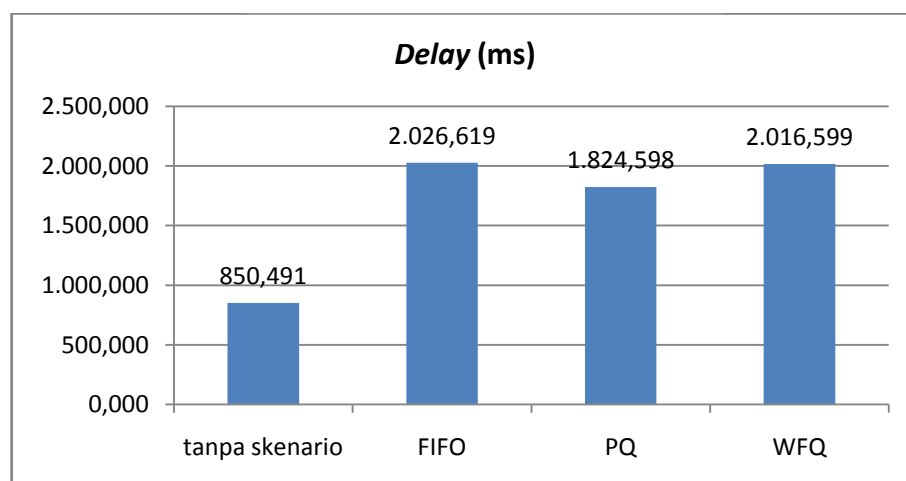


Gambar 4.3 Grafik pengukuran *throughput* pada aplikasi *video*

4.1.2 Layanan *Voice* pada WiMAX IEEE 802.16d

Hasil pengujian pada fitur *voice* merupakan hasil pengujian dengan cara merata-ratakan performansi secara keseluruhan di kabupaten Sleman per skenario *schedulling*. Hasil pengujian disajikan untuk setiap data *voice*.

A. *Delay*



Gambar 4.4 Grafik pengukuran *delay* pada fitur *voice*

Pada gambar 4.4 terlihat waktu *delay* pada semua skenario *scheduling* untuk layanan aplikasi *voice* memiliki nilai yang bervariasi antara 850,491 - 2.026,619 milidetik, dengan *delay* terbaik pada *scheduling* tanpa skenario 850,491 milidetik. Untuk membandingkan apakah aplikasi *voice* yang berjalan ini layak atau tidak kualitasnya maka dilakukan perbandingan dengan standarisasi TIPHON. Perbandingan hasil simulasi dengan standarisasi TIPHON terlihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5

Tabel 4.4 Parameter *delay* TIPHON

Kategori <i>Delay</i>	Besar <i>Delay</i>	Indeks
Sangat Bagus	< 150 ms	4
Bagus	150 - 300 ms	3
Sedang	300 - 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

Pada tabel 4.5 bisa dilihat bahwa semua skenario semua *delay* memiliki kualitas yang bagus berdasarkan standarisasi TIPHON karena diatas 450 ms.

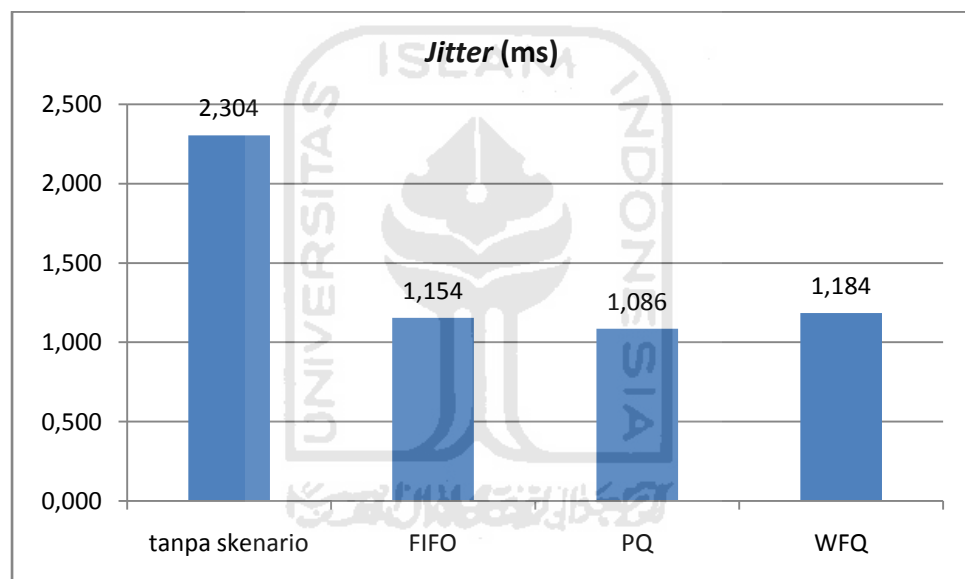
Tabel 4.5 Tabel hasil *delay* pada layanan *voice*

Skenario	<i>Delay</i> (ms)	Kualitas
Tanpa Skenario	850,491	Jelek
FIFO	2.026,619	Jelek
PQ	1.824,598	Jelek
WFQ	2.016,599	Jelek

B. *Jitter*

Jitter merupakan variasi waktu kedatangan paket atau variasi *delay* dari seluruh paket yang dikirimkan untuk sampai tujuan. Pada gambar 4.5 terlihat bahwa nilai *jitter* yang paling kecil terdapat pada *scheduling* PQ dengan waktu 1,086 milidetik itu disebabkan karena teknik antrean yang digunakan oleh *scheduling* PQ adalah menggunakan teknik prioritas, dengan prioritas untuk

aplikasi *voice* bobot 6 pada paket-paketnya. Berbeda jauh dengan scheduling tanpa skenario yang memiliki waktu *jitter* 2,304 milidetik karena menggunakan teknik pembagian *bandwidth* berdasarkan bobot prioritas pada paket-paket datanya, walaupun *type of service* dari layanan *voice* sama memiliki bobot 6 namun karena pembagian *bandwidth* secara adil pada setiap paket maka *jitter* nya semakin lama. sedangkan *scheduling* FIFO dan WFQ memiliki waktu *jitter* yaitu 1,154 milidetik dan 1,184 milidetik.



Gambar 4.5 Grafik pengukuran *jitter* pada fitur *voice*

Tabel 4.6 Parameter *jitter* TIPHON

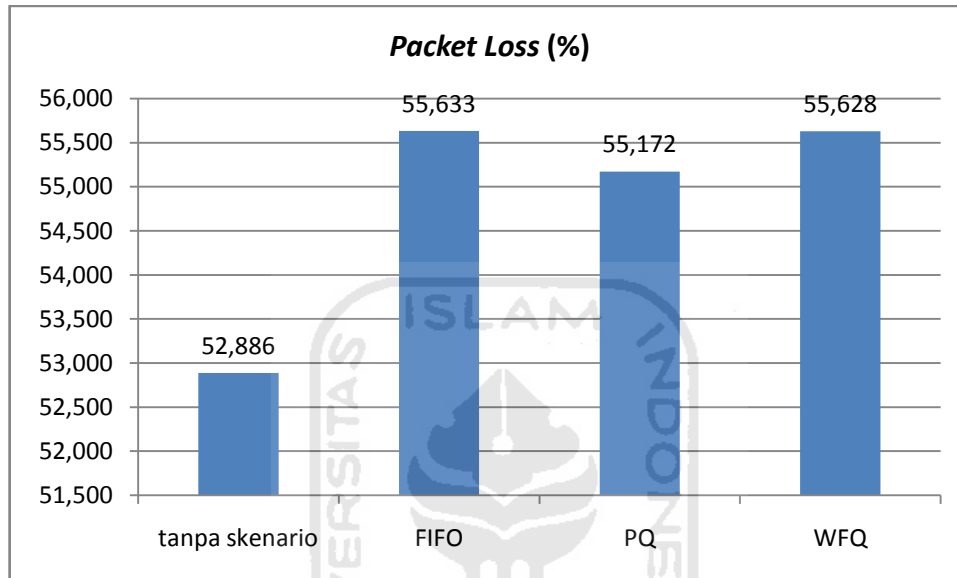
Kategori <i>Jitter</i>	Besar <i>Jitter</i>	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0 - 75 ms	3
Sedang	75 - 125 ms	2
Jelek	125 - 225 ms	1

Pada tabel 4.7 dari semua skenario yang dilakukan memiliki *jitter* yang termasuk dalam kategori bagus menurut TIPHON karena masih dibawah 75 milidetik.

Tabel 4.7 Hasil *jitter* pada simulasi fitur *voice*

Skenario	<i>Jitter</i> (ms)	Kualitas
Tanpa Skenario	2,304	Bagus
FIFO	1,154	Bagus
PQ	1,086	Bagus
WFQ	1,184	Bagus

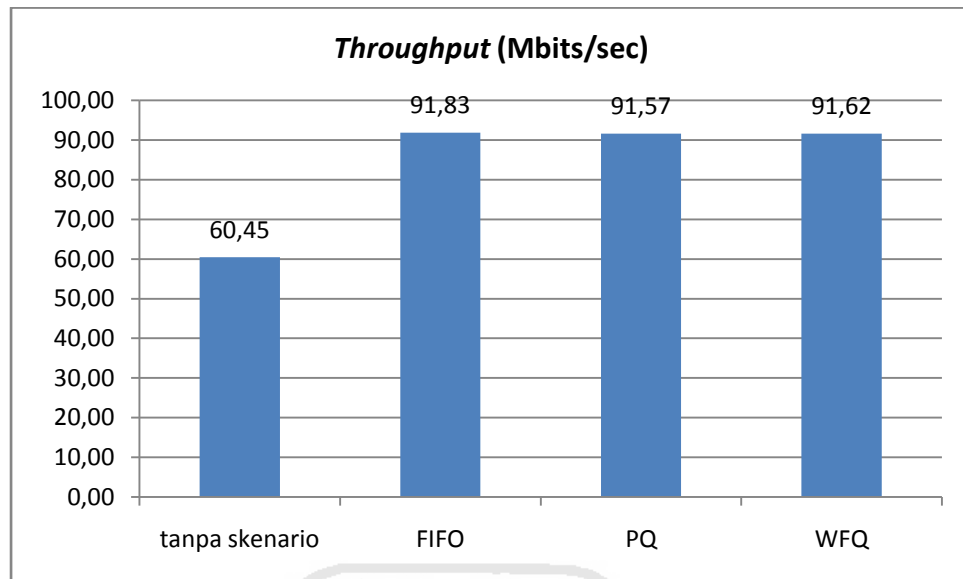
C. Packet Loss

**Gambar 4.6** Grafik pengukuran *packet loss* pada fitur *voice*

Dari gambar 4.6 bisa disimpulkan bahwa *packet loss* dari semua skenario yang disimulasikan pada layanan aplikasi *voice* memiliki kualitas yang jelek karena *packet loss* diatas 25% berdasarkan standarisasi TIPHON terdapat pada tabel 4.3.

D. Throughput

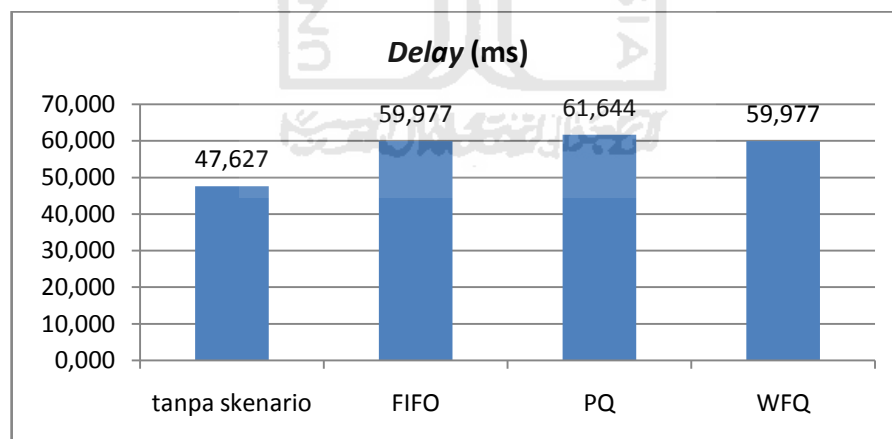
Hasil pengukuran *throughput* pada fitur *voice* dari keempat skenario *schedulling* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik pengukuran *throughput* pada aplikasi *voice*

4.1.3 Layanan HTTP pada WiMAX IEEE 802.16d

A. Delay

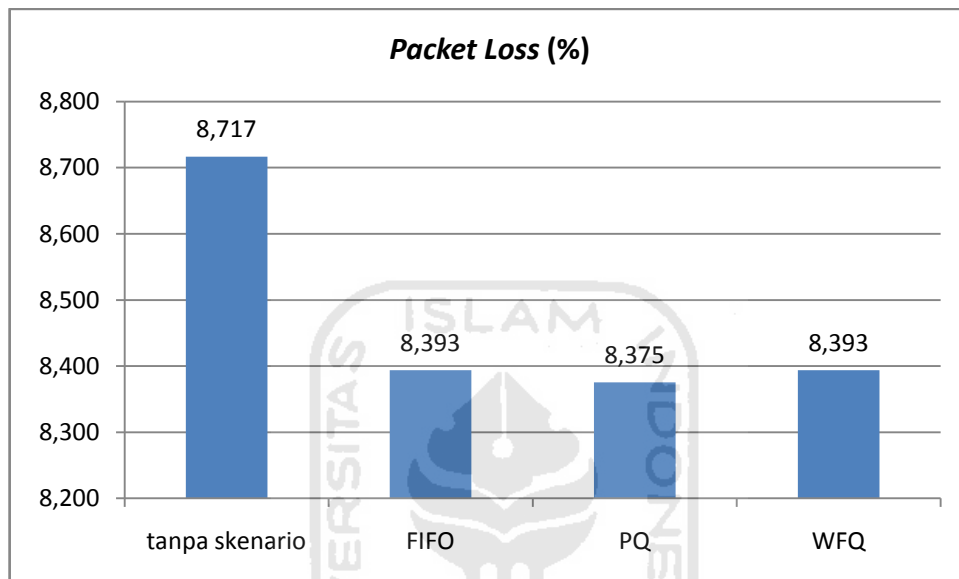


Gambar 4.8 Grafik pengukuran *delay* pada fitur HTTP

Pada gambar 4.8 bisa dilihat nilai dari *delay* setiap skenario *scheduling* yang sudah dijalankan terhadap aplikasi http. Dari hasil tersebut terdapat dua *scheduling* yang memiliki *delay* yang sama yaitu FIFO dan WFQ dengan *delay*

59,977 milidetik. Namun yang paling rendah adalah *scheduling* tanpa skenario 47,627 milidetik sedangkan *delay* dari *scheduling* PQ adalah 61,644 milidetik menjadi *delay* yang paling lama.

B. Packet Loss

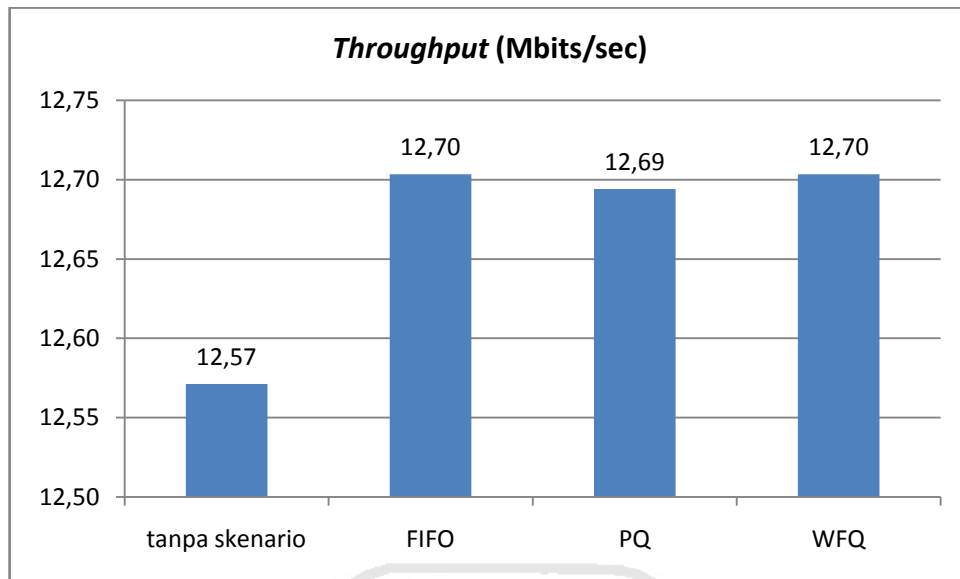


Gambar 4. 9 Grafik pengukuran *packet loss* pada fitur http

Dari gambar 4.9 hasil simulasi fitur *packet loss*, terlihat dari semua skenario *scheduling* yang disimulasikan pada layanan http memiliki kualitas sedang jika dibandingkan dengan standar yang ditentukan oleh TIPHON sesuai pada tabel 4.3. pada standar TIPHON yang paling buruk memiliki prosentase *packet loss* sebesar 25%, sedangkan pada simulasi ini semua skenario memiliki *packet loss* dibawah 15%.

C. Throughput

Hasil pengukuran *throughput* pada fitur http dari keempat skenario *scheduling* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik pengukuran *throughput* pada aplikasi http

4.2 Pengujian layanan pada WiMAX standar IEEE 802.16e

4.2.1 Layanan *Video* pada WiMAX IEEE 802.16e

A. *Delay*

Berdasar parameter versi TIPHON seperti pada tabel 4.1 tersebut hasil dari simulasi secara umum masih dapat dikatakan berkualitas jelek karena lebih dari 450 ms. Dari hasil pengukuran *delay* diperoleh 1.128,551 milidetik.

B. *Packet Loss*

Berdasar parameter versi TIPHON seperti pada tabel 4.3 tersebut hasil dari simulasi dapat dikatakan berkualitas jelek, karena lebih dari 25%. Dari grafik pengukuran *packet loss* diperoleh 99,448%.

C. *Throughput*

Hasil pengukuran *throughput* pada fitur *video* didapatkan 60,023 Mb/detik.

4.2.2 Layanan Voice pada WiMAX IEEE 802.16e

A. Delay

Hasil *delay* yang didapat pada skenario *schedulling* yang sudah dijalankan terhadap aplikasi *voice*, dari hasil simulasi didapat *delay* 3.643,609 milidetik yang dapat di kategorikan jelek sesuai dengan standar TIPHON pada tabel 4.1.

B. Jitter

Berdasar parameter versi TIPHON seperti pada tabel 4.6 tersebut hasil dari simulasi dapat dikatakan berkualitas bagus, karena berada diantara 0-75 ms. Dari grafik pengukuran *jitter* diperoleh 0,5538 milidetik.

C. Packet Loss

Hasil simulasi fitur *packet loss* didapatkan 65,954% , terlihat adanya *packet loss* pada skenario yang melebihi parameter *Packet Loss* versi TIPHON seperti pada tabel 4.3.

Berdasar parameter tersebut hasil dari simulasi secara umum dapat dikategorikan berkualitas jelek, karena dari skenario ini didapatkan hasil lebih dari 25 %.

D. Throughput

Hasil pengukuran *throughput* pada fitur *video* didapatkan 67,515 Mbits/detik.

4.2.3 Layanan HTTP pada WiMAX IEEE 802.16e

A. Delay

Nilai dari *delay* pada skenario *schedulling* yang sudah dijalankan terhadap aplikasi http, dari hasil simulasi didapat *delay* 69,2607 milidetik yang dapat di kategorikan sangat bagus sesuai dengan standar TIPHON pada tabel 4.1.

B. Throughput

Hasil pengukuran *throughput* pada fitur video didapatkan 12,462 Mbits/detik.

C. Packet Loss

Hasil simulasi fitur *packet loss* didapatkan 8,743% , terlihat adanya *packet loss* pada skenario berada dalam parameter *Packet Loss* versi TIPHON seperti pada tabel 4.3. Berdasar parameter tersebut hasil dari simulasi secara umum dapat dikategorikan berkualitas sedang, karena dari skenario didapatkan hasil dibawah dari 15 %. Dari seluruh hasil pengamatan tiap layanan WiMAX 802.16d dan 802.16e berikut hasil rekapitulasi hasil pengamatan, sesuai dengan tabel 4.8.

Tabel 4.8 Rekap hasil pengamatan tiap layanan WiMAX 802.16d dan 802.16e

Layanan	Parameter QoS	IEEE 802.16d				IEEE 802.16e
		Tanpa Skenario	FIFO	PQ	WFQ	
HTTP	<i>delay</i> (ms)	47,627	59,977	61,644	59,977	69,26
	<i>throughput</i> (Mbps)	12,57	12,70	12,69	12,70	12,462
	<i>packet loss</i> (%)	8,717	8,393	8,375	8,393	8,743
Voice	<i>delay</i> (ms)	850,491	2.026,619	1.824,598	2.016,599	3.643,609
	<i>jitter</i>	2,304	1,154	1,086	1,184	0,5538
	<i>throughput</i> (Mbps)	60,45	91,83	91,57	91,62	67,515
	<i>packet loss</i> (%)	52,886	55,633	55,172	55,628	65,954
Video	<i>delay</i> (ms)	955,61	1.715,76	1.565,72	2.619,42	1.128,551
	<i>throughput</i> (Mbps)	64,77	54,12	53,66	51,94	60,023
	<i>packet loss</i> (%)	98,82	99,76	99,83	99,97	99,448

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pengujian, analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini telah dirancang jaringan WiMAX di kabupaten Sleman menggunakan standar IEEE 802.16d dan 802.16e dengan layanan HTTP, Video, dan Voice dibutuhkan 3 server, 1 router dan 24 base station.
2. Pengujian layanan video pada WiMAX IEEE 802.16d didapatkan nilai delay berdasar standar TIPHON dari 4 skenario dihasilkan dengan kualitas jelek, dengan nilai delay terendah pada skenario default dan nilai tertinggi pada skenario WFQ. Hasil pengujian packet loss dari keempat skenario didapatkan hasil yang jelek karena hasil simulasi lebih dari 25%.
3. Pengujian layanan video pada WiMAX IEEE 802.16e didapat delay dengan nilai 1.128,551 ms dapat dikategorikan jelek karena lebih dari 450 ms. Untuk hasil pengujian packet loss didapatkan 99,448% dengan kualitas jelek.
4. Pengujian layanan voice pada WiMAX IEEE 802.16d didapatkan nilai delay dengan kualitas jelek, dengan nilai tertinggi pada skenario WFQ dan nilai terendah pada skenario default, untuk hasil pengujian jitter didapatkan dengan kualitas bagus karena masih di bawah 75 ms, untuk nilai tertinggi terdapat pada skenario default dan nilai terendah pada skenario PQ, untuk pengujian packet loss dari keempat skenario didapatkan hasil yang jelek,

dengan nilai terendah pada skenario *default* dan nilai tertinggi pada skenario FIFO.

5. Pengujian layanan *voice* pada WiMAX IEEE 802.16e didapatkan nilai *delay* 3.643,609 ms dan dikatehorikan kualitas jelek, untuk *jitter* didapatkan nilai 0,5538 ms dan dikatehorikan kualitas bagus, *packet loss* didapatkan nilai 65,954% dan dikategorikan jelek.
6. Pengujian layanan HTTP pada WiMAX IEEE 802.16d didapatkan *delay* dengan kategori sangat bagus, karena berada dibawah 150 ms dengan nilai terendah pada skenario *default* dan nilai tertinggi pada skenario PQ, *packet loss* didapatkan hasil dengan kategori sedang karena dibawah 15% sesuai standar TIPHON, dengan nilai tertinggi diperoleh pada skenario *default* dan nilai terendah pada skenario PQ.
7. Pengujian layanan HTTP pada WiMAX IEEE 802.16e didapat nilai *delay* dengan nilai 69,2607 ms dengan kategori sangat bagus, untuk *packet loss* didapat nilai 8,743% dengan kategori sedang karena dibawah 15%.
8. Berdasar hasil pengamatan secara umum, tidak semua layanan dapat berjalan dengan bagus. Berdasarkan hasil pengamatan layanan HTTP yang dapat berjalan dengan bagus karena memiliki kualitas *delay* sangat bagus dan kualitas *packet loss* sedang.

5.2 Saran

Berikut saran-saran yang dapat penulis rekomendasikan:

1. Adanya perbandingan teknologi lain selain WiMAX.
2. Adanya variasi model dan variasi frekuensi WiMAX lainnya.
3. Adanya variasi jumlah *server* dalam rancangan jaringan WiMAX.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahana Komputer. (2009). *Kupas Tuntas Teknologi WiMAX*. Semarang: C.V ANDI OFFSET.
- [2] Widodo, T. S. (2008). *Teknologi WiMAX Untuk Komunikasi Digital Nirkabel Bidang Lebar*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [3] Utomo, C. (2012). *Evaluasi Kinerja Penjadwalan Modified Deficit Round Robin (MDRR) Dan Round Robin (RR) Pada Jaringan Mobile WiMAX*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [4] Modulasi. (2013, April 6). Retrieved 11 06, 2013, from id.wikipedia.org: <http://id.wikipedia.org/wiki/Modulasi>
- [5] id.wikipedia.org. (2013, April 05). *id.wikipedia.org/wiki/Voice_over_IP*. Retrieved Agustus 29, 2013, from id.wikipedia.org: http://id.wikipedia.org/wiki/Voice_over_IP
- [6] Apostolopoulos, J. G., Tan, W.-t., & Lee, S. J. (2002, September 8). *HP Invent*. Retrieved Agustus 28, 2013, from Video Streaming: Concepts, Algorithms, and Systems: <http://www.hpl.hp.com/techreports/2002/HPL-2002-260.pdf>.
- [7] Sugeng, W. (2008). *Membangun Telepon Berbasis VoIP*. Bandung: Informatika.
- [8] HP, W., Susilawati, H., & K.Noviandono, R. (2010). *Analisis Performansi VoIP (Voice over Internet Protocol) pada Jaringan WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) di Wilayah DKI Jakarta*. ejurnal.akatelps.ac.id/index.php/infotel/article/view/29/22.
- [9] Andrews, J. G., Ghosh, A., & Muhamed, R. (2007). *Fundamentals of WiMAX Understanding Broadband Wireless Networking*. Westford, Massachusetts: Pearson Education, Inc.

[10] Joyoboyo, Sumantri,. 2005. *Perancangan sistem wireless metropolitan area network dengan menggunakan teknologi worldwide interoperability for microwave access (WIMAX) pada wilayah daerah istimewa Yogyakarta*. Tugas akhir, tidak diterbitkan. Bandung: Jurusan Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.

[11]id.wikipedia.org.(2013,Mei04). id.wikipedia.org/wiki/Protokol_Transfer_Hiperteks. Dipetik Agustus 28, 2013, dari id.wikipedia.org:
<http://www.id.wikipedia.org>

