

BAB IV

PERANCANGAN SIMULASI JARINGAN

4.1 Umum

Dalam dunia nyata, evaluasi terhadap performansi suatu rancangan model jaringan merupakan hal yang sangat penting. Proses evaluasi ini, merupakan tugas yang kompleks dalam skenario nyata. Untuk mengatasi tantangan tersebut, berbagai simulator digunakan untuk menyimulasikan model jaringan dari perspektif yang berbeda. Salah satunya adalah *Optimized Network Engineering Tool* (OPNET) Modeler yang dirancang oleh OPNET Technologies Inc. OPNET Modeler memiliki fitur beragam dan komprehensif yang memudahkan proses mendesain skenario jaringan di dunia nyata kedalam suatu model simulasi jaringan.

4.2 Instalasi OPNET Modeler v.14.5

Pada bagian ini akan dibahas mengenai cara instalasi OPNET Modeler v.14.5 pada sistem operasi Windows XP. Sebelum tahap instalasi dilakukan, perlu diketahui bahwa terdapat spesifikasi minimum yang diperlukan oleh OPNET Modeler v.14.5 agar dapat bekerja dengan baik. Tabel 4.1 di bawah ini menunjukkan spesifikasi minimum bagi OPNET Modeler v.14.5.

Tabel 4.1 Spesifikasi minimum untuk OPNET Modeler v.14.5

Nama	Spesifikasi
<i>Supported platform for microsoft</i>	Windows XP Professional
<i>Required System Patches for microsoft</i>	Service Pack 1 (diperlukan) Service Pack 2 (Namun usahakan menggunakan SP2, sebab untuk instalasi compiler, VS2005, memerlukan SP2)
<i>System Configuration</i>	RAM : minimal 512 MB, 1-2 GB (disarankan) System File Space : 3 GB Working File Space : (100 MB or more for temporary and log files)
<i>Supporting software (compiler)</i>	Microsoft Visual C/C++ 6.x, Visual Studio .NET 2003, atau Visual Studio 2005

(sumber: <http://www.opnet.com>, 2012)



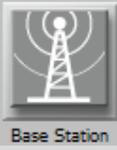
4.3 Konfigurasi Jaringan VoIP melalui *mobile* WiMAX

Pada konfigurasi jaringan VoIP melalui *mobile* WiMAX akan ditentukan komponen-komponen jaringan, karakteristik trafik yang akan dibangkitkan serta penentuan parameter-parameter simulasi yang diimplementasikan dalam model jaringan yang akan dirancang untuk mengetahui performansi VoIP melalui *mobile* WiMAX.

4.3.1 Komponen Jaringan

Pada proses simulasi VoIP melalui *mobile* WiMAX pada OPNET Modeler diperlukan model-model jaringan yang merupakan representasi dari kondisi jaringan sebenarnya yang disebut dengan *node model*. Dalam *node model* tersebut telah terdapat konfigurasi-konfigurasi yang disesuaikan dengan fungsi masing-masing *node model* dan telah disesuaikan dengan standar *mobile* WiMAX 802.16e. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai komponen-komponen jaringan (*node models*) yang akan digunakan dalam simulasi menggunakan OPNET Modeler:

Tabel 4.2 Komponen-komponen Jaringan yang Digunakan Dalam Simulasi

No	Nama	Fungsi	Simbol
1.	Wimax_bs_ethernet 4_slip4_router	model yang digunakan untuk merepresentasikan <i>Base Station</i> (BS) pada WiMAX. BS tipe ini memiliki 4 <i>interface</i> ethernet dan 4 <i>interface</i> Serial Line IP (SLIP)	 Base Station
2.	Wimax_ss_wkstn	model yang digunakan untuk merepresentasikan <i>Mobile Station</i> (MS) sebagai sumber dan tujuan dengan menggunakan aplikasi TCP/IP	 Mobile Station
3.	Router_slip64_dc	model yang digunakan untuk merepresentasikan gateway yang menghubungkan dengan jaringan internet	 IP backbone
4.	Profile Config	model yang digunakan untuk menentukan perilaku yang akan terjadi pada <i>user</i> atau disebut (<i>user profile</i>)	 Profile Config
5.	Application Config	model yang digunakan untuk menentukan jenis aplikasi atau layanan yang akan berlangsung pada <i>user</i> , dalam skripsi ini berupa layanan VoIP	 Application Config
6.	WiMAX Config	model yang digunakan untuk melakukan pengaturan konfigurasi parameter-parameter jaringan WiMAX	 WiMAX

No	Nama	Fungsi	Simbol
7.	Mobility Config	model yang digunakan untuk menentukan kecepatan, arah pergerakan, jarak, dan hal lain terkait dengan pergerakan/mobilitas <i>user</i> .	
8.	PPP	<i>Point-to-Point Protocol (duplex link)</i> adalah sebuah protokol enkapsulasi paket jaringan yang banyak digunakan pada <i>wide area network</i> (WAN)	

4.3.2 Parameter-parameter Jaringan WiMAX

Agar diperoleh hasil simulasi yang mendekati kondisi nyata, maka konfigurasi model-model dalam simulasi harus sesuai dengan parameter-parameter jaringan *mobile* WiMAX 802.16e. Tabel 4.3 menunjukkan data-data yang akan digunakan pada simulasi ini adalah :

Tabel 4.3 Parameter *Mobile* WiMAX 802.16e Dalam Simulasi

No	Parameter	Nilai
1.	Frekuensi Kerja	2300 MHz
2.	Metode Transmisi	TDD
3.	Teknik Transmisi	OFDMA
4.	Bandwidth	5 MHz
5.	Teknik Modulasi	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
6.	Durasi <i>Cyclic Prefix</i>	1/8
7.	Jumlah <i>Subcarrier</i>	512
8.	Tinggi BS	32 meters
9.	Daya Maksimum BS	35 dBm
10.	Gain Antena BS	16 dBi
11.	Tinggi MS	1,5 meters
12.	Daya Maksimum MS	23 dBm
13.	Gain Antena MS	0 dBi

(Sumber : WiMAX Forum, 2006)

Data dalam Tabel 4.3 merupakan parameter-parameter yang mempengaruhi proses simulasi terhadap performansi VoIP melalui *mobile* WiMAX yakni *delay end to end*, *packet loss* dan *throughput*. Sedangkan untuk parameter-parameter lain yang tidak secara langsung berpengaruh dalam performansi VoIP melalui *mobile* WiMAX, akan digunakan data-data sesuai dengan standar WiMAX 802.16e.

Parameter dalam Tabel 4.3 akan diimplementasikan ke dalam model-model yang telah ditentukan sebelumnya, antara lain pada model *Wimax_bs_ethernet4_slip4_router* (yang berfungsi sebagai representasi Base Station), model *Wimax_ss_wkstn* (yang berfungsi sebagai representasi Mobile Station) dan model *WiMAX_Config* (merupakan konfigurasi global dari jaringan WiMAX, antara lain meliputi tipe layanan dan PHY *profile*)

4.4 Desain Simulasi

Sebelum dapat memulai tahap simulasi performansi VoIP melalui *mobile* WiMAX pada simulator OPNET Modeler, diperlukan konfigurasi jaringan WiMAX kedalam network model simulasi. Langkah-langkah dalam melakukan konfigurasi jaringan WiMAX, antara lain menentukan topologi jaringan yang akan digunakan, konfigurasi mobilitas MS, menambahkan trafik dalam model jaringan WiMAX, dan konfigurasi parameter WiMAX ke dalam model jaringan.

4.4.1 Topologi Jaringan

Membangun topologi untuk jaringan WiMAX memiliki kesamaan dengan membangun topologi pada jaringan yang lain. Pada OPNET Modeler terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk membuat topologi jaringan WiMAX, dan dalam penelitian ini digunakan metode *Wireless Network Deployment* (WND). Menu tersebut memberikan kemudahan dalam membangun dan melakukan konfigurasi jaringan *wireless*, dan pada OPNET Modeler v.14.5 telah mendukung beberapa teknologi jaringan termasuk jaringan WiMAX.



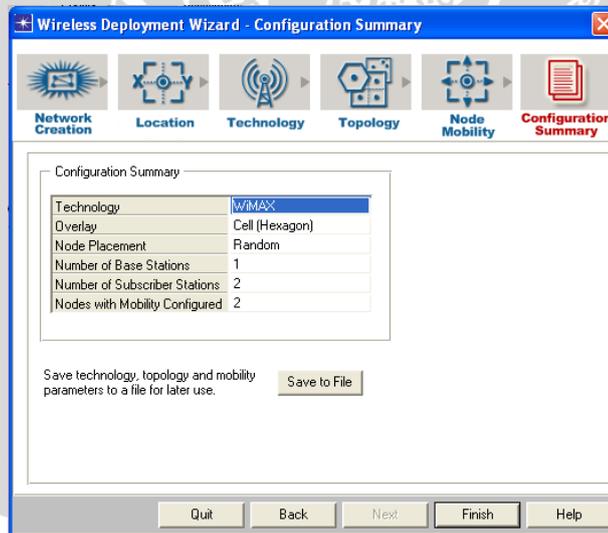
Gambar 4.1 Menu *Wireless Network Deployment* (WND) Opnet Modeler

Tabel 4.4 menunjukkan beberapa parameter yang digunakan dalam pembuatan topologi jaringan WiMAX menggunakan menu WND.

Tabel 4.4 Parameter dalam pembuatan topologi jaringan WiMAX

No	Parameter	Value
1.	Daya Maksimum BS	35 dBm (3,16 W)
2.	Daya Maksimum MS	23 dBm (0,20 W)
3.	Model <i>Pathloss</i> dan <i>Multipath</i>	<i>Pedestrian</i>
4.	Jumlah <i>Cell</i>	1
5.	<i>Cell</i> Radius	1 mil = 1,60934 km
6.	Bentuk <i>Cell</i>	Persegi 6 (<i>hexagon</i>)
7.	Penempatan MS	Acak (<i>random</i>)
8.	Kecepatan MS	0,5 m/s
9.	Area pergerakan MS	Dalam <i>Cell</i>
10.	Ketinggian MS	1,5 m
11.	Mobilitas MS	Acak (<i>random</i>)

Setelah seluruh parameter telah sesuai maka topologi jaringan WiMAX siap diimplementasikan ke dalam lembar kerja. Gambar 4.2 menunjukkan tahap akhir dalam menentukan konfigurasi topologi jaringan WiMAX.



Gambar 4.2 Konfigurasi topologi jaringan WiMAX menggunakan menu WDN

Gambar 4.3 di bawah ini menunjukkan hasil pembuatan topologi jaringan WiMAX yang telah dirancang menggunakan menu WDN.



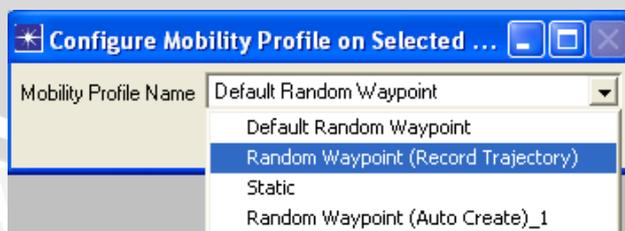
Gambar 4.3 Topologi Jaringan WiMAX Dalam Simulasi

4.4.2 Konfigurasi Mobilitas *Mobile Station*

Pada standar *mobile* WiMAX 802.16e, *user* tetap dapat memperoleh layanan WiMAX walaupun sedang dalam kondisi bergerak (*mobile*). Pergerakan *user* ini dapat terjadi baik di dalam *cell* maupun pergerakan *user* dari satu *cell* ke *cell* lain yang berbeda. Dalam simulasi ini, *user* akan diwakili oleh *node model* MS, dan mobilitas dari MS akan dibatasi hanya terjadi di dalam *cell*. Pergerakan MS akan ditetapkan secara acak, dengan menggunakan menu *random mobility*.

Selama simulasi berlangsung, MS akan secara acak memilih tujuan dalam satu *cell* dengan kecepatan yang telah ditetapkan yakni 0,5 m/s. Setelah mencapai tujuannya, akan mengulangi proses sebelumnya dengan arah yang berbeda.

Atur *random mobility* dengan memilih menu *auto create*, dengan fitur *record trajectory* yang telah diaktifkan. Pengaturan ini membuat pergerakan MS akan secara otomatis di simpan, dan pergerakan MS dapat diulangi lagi pada simulasi selanjutnya. Gambar 4.4 menunjukkan menu konfigurasi mobilitas *Mobile Station*.

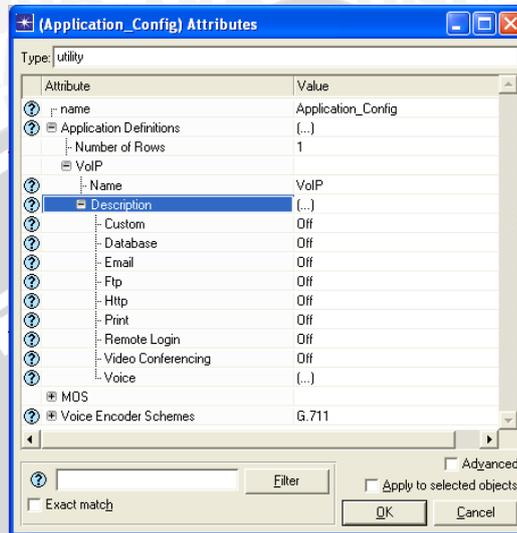


Gambar 4.4 Menu konfigurasi mobilitas *Mobile Station*

4.4.3 Implementasi VoIP dalam Jaringan WiMAX

Jenis aplikasi yang akan digunakan dalam simulasi ini adalah layanan VoIP dengan memanfaatkan jaringan WiMAX. Untuk mengimplementasikan aplikasi

tersebut dalam OPNET Modeler, digunakan *node model* Application Config. Dalam *node model* tersebut terdapat aplikasi-aplikasi standar yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Selain VoIP beberapa aplikasi lain yang tersedia pada OPNET Modeler, yaitu http, email, video, FTP, voice, database, dan sebagainya. Gambar 4.5 menunjukkan konfigurasi pada *node model* Application Config.

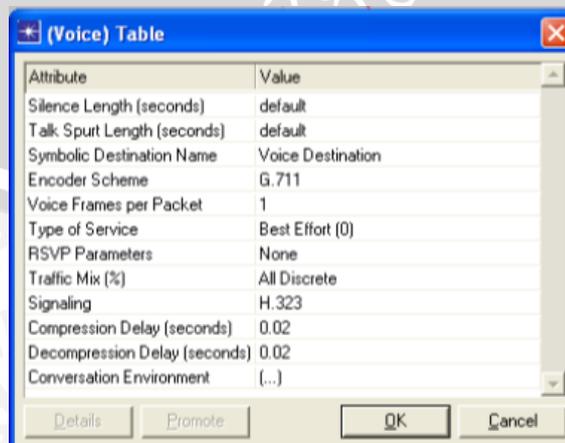


Gambar 4.5 Konfigurasi pada atribut model Application Config

Parameter yang digunakan dalam layanan untuk aplikasi VoIP dalam simulasi ini adalah :

- *audio codec* yang digunakan adalah standar G.711 dengan *bit rate* 64 Kbps dan *frame size* 10 ms
- protokol yang digunakan adalah H.323
- *Type of Service (ToS)* berupa *best effort*

Konfigurasi parameter VoIP dirancang dengan menentukan Tabel *Voice* seperti yang terlihat pada Gambar 4.6 di bawah ini.



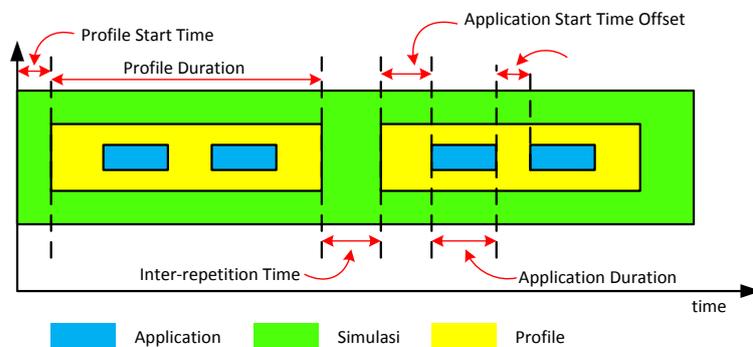
Gambar 4.6 Konfigurasi parameter VoIP pada (Voice) Table

Setelah konfigurasi pada *node model* Application Config, perlu dilakukan konfigurasi pada Profile Config untuk menentukan perilaku *user* pada layanan yang akan dirancang. Dalam simulasi, panggilan menggunakan VoIP akan dibangkitkan 10 detik setelah simulasi dimulai.

Waktu pembangkitan = *profile start time* (detik) + *application start time* (detik)

$$\begin{aligned} \text{VoIP} &= 5 \text{ detik} + 5 \text{ detik} \\ &= 10 \text{ detik} \end{aligned}$$

Masing-masing simulasi akan dilakukan selama 5 menit (300 detik), sehingga durasi terjadinya panggilan adalah selama 290 detik. Prosedur ini akan dilakukan terus menerus selama simulasi berlangsung. Gambar 4.7 di bawah ini menunjukkan konfigurasi waktu dalam simulasi.



Gambar 4.7 Konfigurasi waktu dalam simulasi
(sumber : opnet tutorial)

Perilaku *user* yang telah ditentukan di atas, diimplementasikan ke dalam *node model* Profile Config yang akan digunakan selama proses simulasi berlangsung, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 4.8 berikut:

Attribute	Value
name	Profile Config
Profile Configuration	(...)
Number of Rows	1
VoIP	
Profile Name	VoIP
Applications	(...)
Number of Rows	1
VoIP	
Name	VoIP
Start Time Offset (seconds)	constant (5)
Duration (seconds)	constant (590)
Repeatability	Once at Start Time
Operation Mode	Simultaneous
Start Time (seconds)	constant (5)
Duration (seconds)	End of Last Application
Repeatability	Once at Start Time

Gambar 4.8 Konfigurasi parameter perilaku *user* pada Profile Config

4.4.4 Konfigurasi Parameter Jaringan WiMAX ke dalam Model Jaringan

Tahap terakhir dalam desain simulasi VoIP melalui *mobile* WiMAX yaitu mengimplementasikan parameter jaringan WiMAX ke dalam model jaringan. Parameter dalam konfigurasi ini mengacu pada Tabel 4.2 dan parameter-parameter lain yang sesuai dengan standar *mobile* WiMAX 802.16e. Seluruh konfigurasi ini dilakukan di dalam *node model* WiMAX_Config.

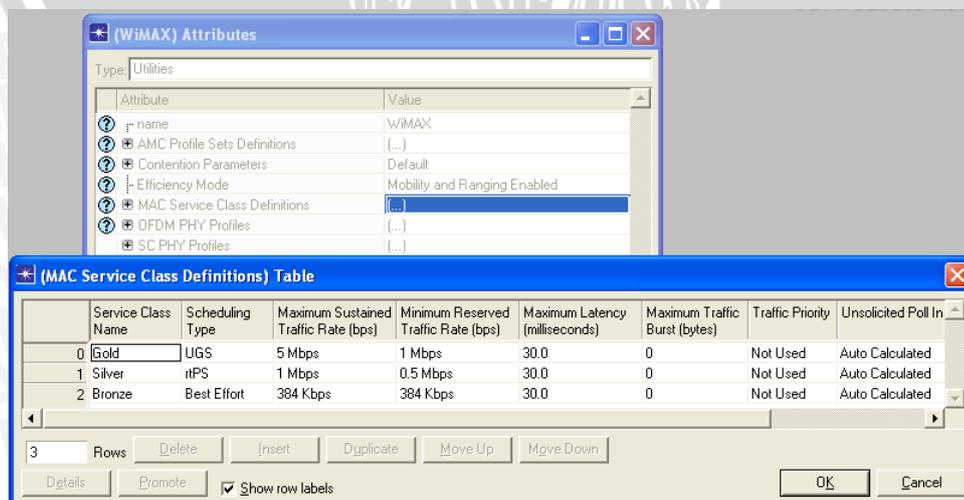
a. Kelas-Kelas Layanan

Suatu kelas layanan (*Service Class*) digunakan untuk mengelompokkan kebutuhan QoS sesuai dengan prioritas pengguna. Kelas-kelas layanan tersebut didefinisikan dalam *MAC Service Class Definition*. Secara *default*, terdiri dari tiga kelas layanan, yakni *Gold*, *Silver*, dan *Bronze*. *Maximum sustained traffic rate* menunjukkan puncak laju trafik yang datang dari layer yang lebih tinggi menuju 802.16 MAC, sedangkan *minimum reserved traffic rate* menunjukkan laju data minimum yang dapat dijamin dalam *service flow* untuk kelas tersebut. Tabel 4.5 menunjukkan nilai-nilai dari Parameter *MAC Service Class*.

Tabel 4.5 Parameter *MAC Service Class*

Service Class	Type	Maximum Sustained Traffic Rate	Minimum Reserved Traffic Rate
Gold	UGS	5 Mbps	1 Mbps
Silver	ertPS	1 Mbps	0.5 Mbps
Bronze	BE	384 Kbps	384 Kbps

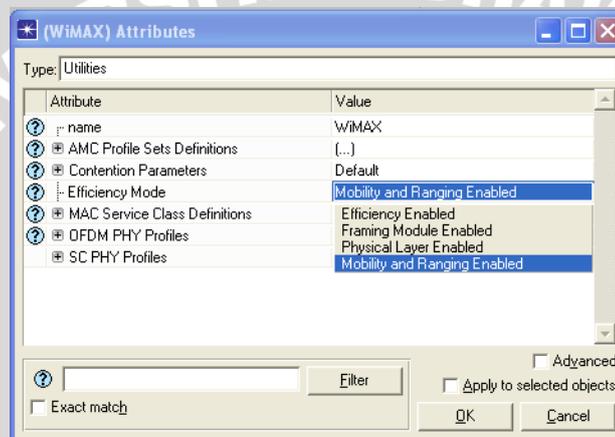
selanjutnya data-data tersebut diimplementasikan dalam tabel *MAC Service Class Definition* seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.9 Tabel *MAC Service Class Definition*

b. Mode Efisiensi

Mode efisiensi (*Efficiency Mode*) merupakan fitur didalam *node model* WiMAX_Config yang berfungsi untuk memberikan batasan kemampuan jaringan WiMAX yang akan disimulasikan. Pada simulasi ini, mode efisiensi yang digunakan adalah *Mobility and Ranging mode*, karena keseluruhan fitur WiMAX dapat aktif sehingga hasil simulasi diharapkan semakin mendekati pada kondisi nyata. Fitur-fitur yang aktif antara lain *physical layer effects*, *frame modeling*, *ARQ*, *mobility* dan *ranging*. Selain itu, penggunaan mode tersebut dapat memberikan hasil *delay* yang lebih akurat. Gambar 4.10 menunjukkan konfigurasi mode efisiensi dalam *node model* WiMAX_Config.



Gambar 4.10 Konfigurasi efisiensi mode *Mobility and Ranging Enabled*

c. Service Flow

Setelah melakukan konfigurasi terhadap kelas-kelas layanan dalam jaringan WiMAX, kelas-kelas layanan tersebut dapat ditambahkan ke dalam *service flow* yang dibangun antara MS dengan BS. *Uplink* mengacu pada *service flow* dari MS ke BS, sebaliknya *downlink* mengacu pada dari BS ke MS. Pada simulasi ini kedua jenis *service flow* akan menggunakan kelas layanan *Silver*, hal ini berkaitan dengan tipe QoS yang dibutuhkan dalam aplikasi VoIP yakni ertPS.

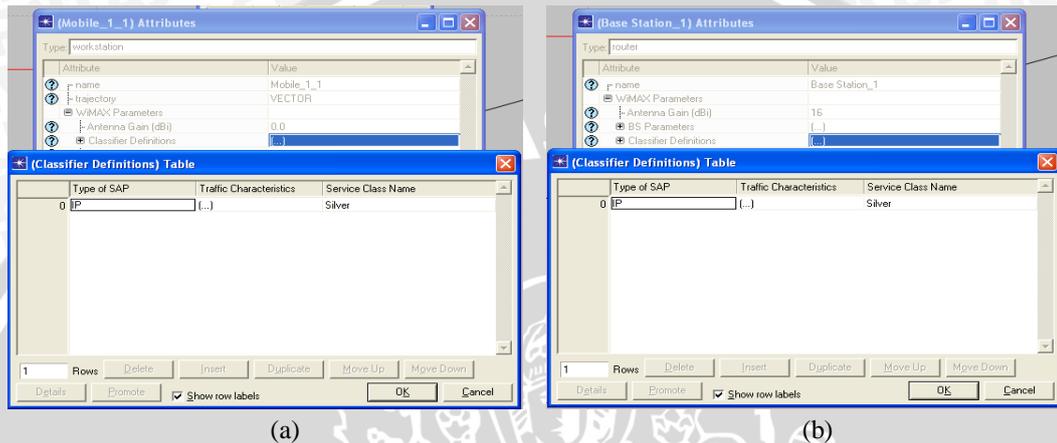
(Downlink Service Flows) Table					
	Service Class Name	Modulation and Coding	Average SDU Size (bytes)	Activity Idle Timer (seconds)	Buffer Size (bytes)
0	Silver	Adaptive	1500	60	64 KB

(Uplink Service Flows) Table					
	Service Class Name	Modulation and Coding	Average SDU Size (bytes)	Activity Idle Timer (seconds)	Buffer Size (bytes)
0	Silver	Adaptive	1500	60	64 KB

Gambar 4.11 Konfigurasi *service flow* (UL/DL)

d. Menetapkan Trafik pada *Service Classes*

Service flow antara MS dan BS dapat dikonfigurasi dengan menggunakan *service class* tertentu. Konfigurasi ini dilakukan pada kedua node, baik MS maupun BS. Untuk *uplink* konfigurasi dilakukan pada sisi MS, sedangkan untuk *downlink* konfigurasi dilakukan pada sisi BS. Dalam simulasi ini akan digunakan tipe *service class Silver*. Gambar 4.13 (a) dan (b) menunjukkan konfigurasi trafik pada *service classes* pada MS dan BS.



Gambar 4.12 (a) Konfigurasi trafik pada *service classes* pada MS dan (b) pada BS

e. Konfigurasi Parameter *Physical Layer*

Parameter konfigurasi *Physical Layer* yang akan dilakukan pada node BS dan MS, tercantum dalam Tabel 4.2. *Node model* MS digunakan untuk merepresentasikan karakteristik dari *user* yang *mobile*. Konfigurasi dilakukan dengan mengedit atribut pada *Wimax_ss_wkstn*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.13 berikut ini :

Attribute	Value
name	Mobile_1_8
trajectory	Final Simulasi-z_10_QPSK 12-Office Net...
WMAX Parameters	
Antenna Gain (dB)	0.0
Classifier Definitions	(...)
MAC Address	Auto Assigned
Maximum Transmission Power (W)	0.2
PHY Profile	WirelessOFDMA 20 MHz
PHY Profile Type	OFDM
SS Parameters	(...)
BS MAC Address	Distance Based
Downlink Service Flows	(...)
Uplink Service Flows	(...)
Multipath Channel Model	ITU Pedestrian A
Pathloss Parameters	(...)
Pathloss Model	Suburban Fixed (Ercog)
Terrain Type (Suburban Fixed)	Terrain Type B
Shadow Fading Standard Deviat...	9.6
Ranging Power Step (mW)	0.25
Timers	Default
Contention Ranging Retries	16
Mobility Parameters	Default
HARQ Parameters	(...)
Piggyback BW Request	Enabled
CQICH Period	3
Contention-Based Reservation Tim...	16
Request Retries	16

Gambar 4.13 Konfigurasi pada *node model Mobile Station*

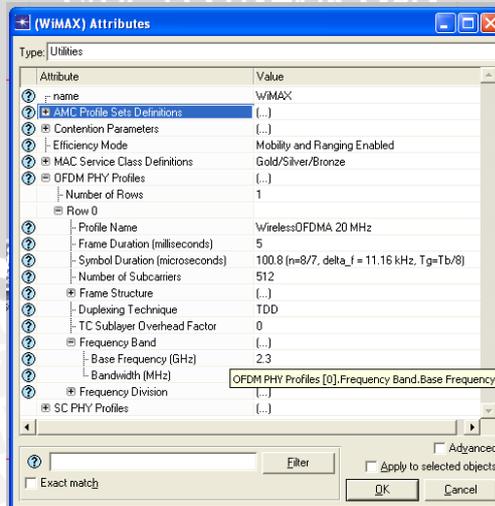
Sedangkan untuk melakukan konfigurasi dalam *node model* BS, dapat dilakukan dengan mengedit atribut pada *Wimax_bs_ethernet4_slip4_router*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.14 berikut ini :

Attribute	Value
--name	Base Station_1
WIMAX Parameters	
Antenna Gain (dBi)	16
BS Parameters	(...)
Maximum Number of SS Nodes	100
Received Power Tolerance	(...)
Minimum Power Density (dBm/su...)	-88
Maximum Power Density (dBm/s...	-73
CDMA Codes	(...)
Backoff Parameters	(...)
Mobility Parameters	(...)
Channel Quality Averaging Parameter	4/16
Number of Transmitters	SISO
ASN Gateway IP Address	Disabled
DL AMC Profile Set	Default DL Burst Profile Set
UL AMC Profile Set	Default UL Burst Profile Set
CQICH Period	Accept SS Configured Value
Reserved DL Subframe Capacity (%)	25%
Reserved UL Subframe Capacity (%)	25%
Classifier Definitions	(...)
MAC Address	Auto Assigned
Maximum Transmission Power (W)	3.16
PHY Profile	WirelessOFDMA 20 MHz
PHY Profile Type	OFDM
PermBase	0

Gambar 4.14 Konfigurasi pada *node model* Base Station

f. Konfigurasi *Node Model* WiMAX

Node model WiMAX merupakan model yang digunakan untuk melakukan pengaturan konfigurasi parameter-parameter jaringan WiMAX. Konfigurasi ini mengacu pada parameter yang terdapat pada Tabel 4.3 yang telah disesuaikan dengan standar *mobile* WiMAX 802.16e. Gambar 4.15 menunjukkan konfigurasi pada *node model* WiMAX :

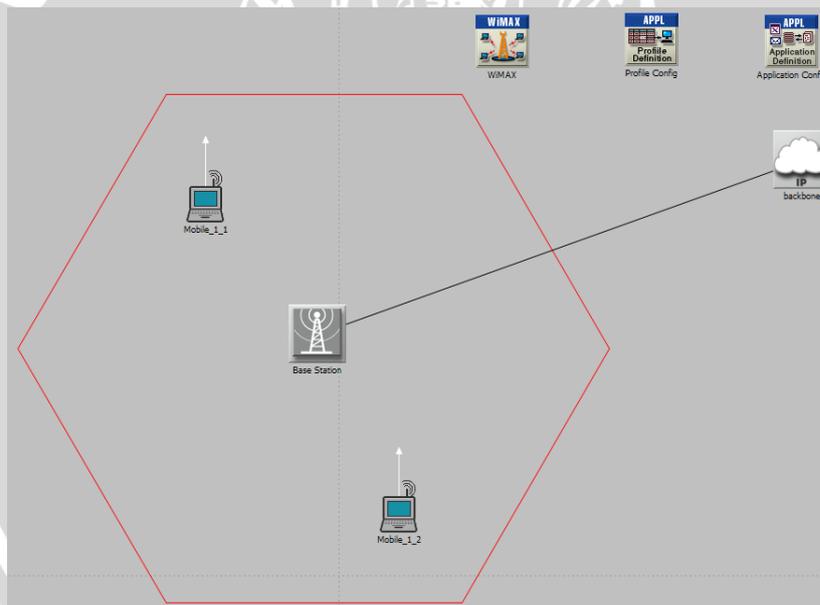


Gambar 4.15 Konfigurasi pada *node model* WiMAX

4.4.5 Skenario Perbedaan Tipe Modulasi

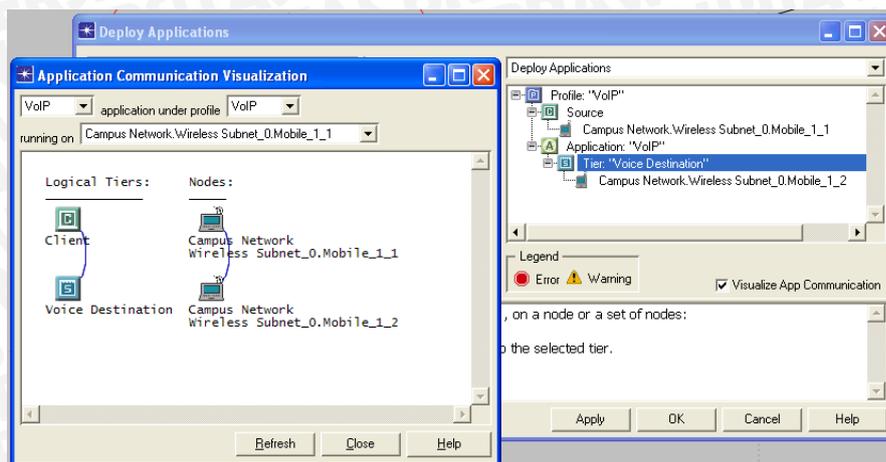
Pada bagian ini akan dirancang skenario simulasi performansi VoIP melalui *mobile* WiMAX dengan menggunakan tipe-tipe modulasi yang berbeda. Tipe modulasi yang akan diimplementasikan dalam simulasi adalah QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM. Parameter yang akan diamati dalam simulasi ini adalah *delay end to end*, probabilitas *packet loss* dan *throughput*.

Jaringan pada Gambar 4.18 dibangun dengan menggunakan OPNET Modeler v.14.5. Untuk melakukan analisis terhadap parameter *delay end to end*, probabilitas *packet loss* dan *throughput* akan dilakukan enam simulasi berbeda sesuai dengan jenis modulasi dan pengkodean. Mengacu pada Tabel 2.5, digunakan 6 jenis modulasi dan pengkodean yang akan diimplementasikan dalam simulasi, yaitu QPSK $\frac{1}{2}$, QPSK $\frac{3}{4}$, 16-QAM $\frac{1}{2}$, 16-QAM $\frac{3}{4}$, 64-QAM $\frac{2}{3}$, dan 64-QAM $\frac{3}{4}$. Gambar 4.16 menunjukkan skenario simulasi dengan menggunakan jenis modulasi dan pengkodean QPSK $\frac{1}{2}$, yang telah diimplementasikan aplikasi layanan VoIP.



Gambar 4.16 Skenario simulasi perbedaan Tipe Modulasi dan Pengkodean pada layanan VoIP melalui *Mobile* WiMAX

Pada simulasi ini digunakan dua MS yakni Mobile_1 dan Mobile_2 yang bertindak sebagai sumber dan tujuan panggilan. Gambar 4.17 menunjukkan konfigurasi sumber dan tujuan panggilan pada simulasi.



Gambar 4.17 Konfigurasi sumber dan tujuan panggilan pada simulasi

Kedua MS tersebut berada di dalam jangkauan sebuah BS (terdapat dalam satu *cell*) dan mobilitas kedua MS hanya terjadi di dalam *cell* tersebut. BS dan *operator backbone network* dihubungkan dengan menggunakan medium kabel *Point-to-Point Protocol* (PPP). Durasi simulasi dilaksanakan selama 300 detik pada masing-masing tipe modulasi.

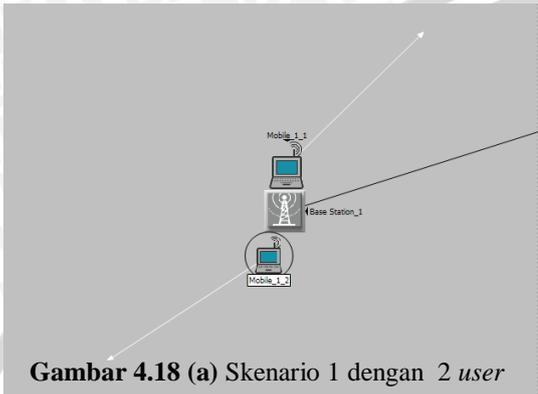
4.4.6 Skenario Penambahan Jumlah User

Pada bagian ini akan dirancang skenario simulasi performansi VoIP melalui *mobile WiMAX* dengan melakukan penambahan jumlah *user* yang terdapat dalam jangkauan 1 *cell Base Station*. Parameter yang akan diamati dalam simulai ini adalah *delay end to end*, probabilitas *packet loss* dan *throughput*. Sama seperti pada skenario sebelumnya, skenario ini menggunakan modulasi QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM. Skenario penambahan jumlah *user* dilakukan berdasarkan pada Tabel 4.6 dibawah ini:

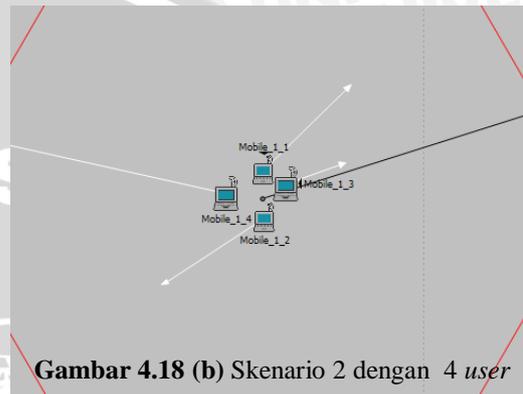
Tabel 4.6 Skenario penambahan jumlah *user*

Skenario	Kecepatan User	Durasi panggilan tiap user	Jumlah user
1	0,5 m/s	300 detik	2
2	0,5 m/s	300 detik	4
3	0,5 m/s	300 detik	8
4	0,5 m/s	300 detik	12
5	0,5 m/s	300 detik	16
6	0,5 m/s	300 detik	20

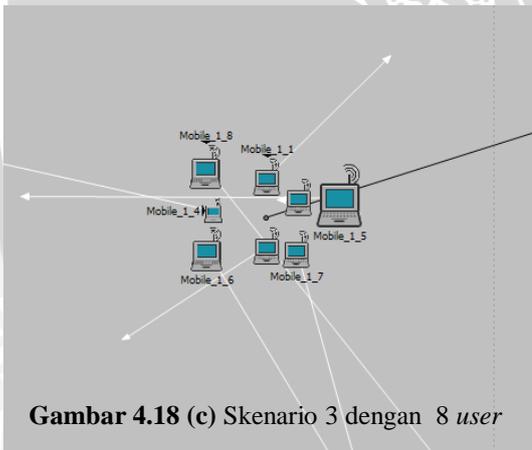
Penempatan lokasi *user* dan mobilitas dari masing-masing *user* dilakukan secara acak (*random*) melalui pengaturan pada OPNET Modeler v.14.5. Pada skenario ini, dari jumlah *user* yang terdapat dalam *cell* tersebut akan dibagi dua yakni sebagian bertindak sebagai sumber panggilan dan sebagian sebagai tujuan panggilan. Konfigurasi simulasi skenario penambahan jumlah *user* pada Tabel 4.6 ditunjukkan pada Gambar 4.18 di bawah ini :



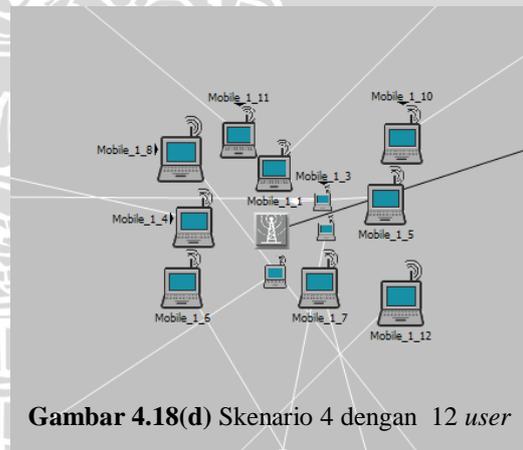
Gambar 4.18 (a) Skenario 1 dengan 2 *user*



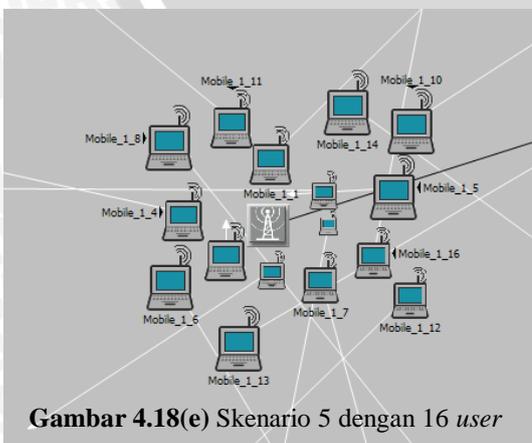
Gambar 4.18 (b) Skenario 2 dengan 4 *user*



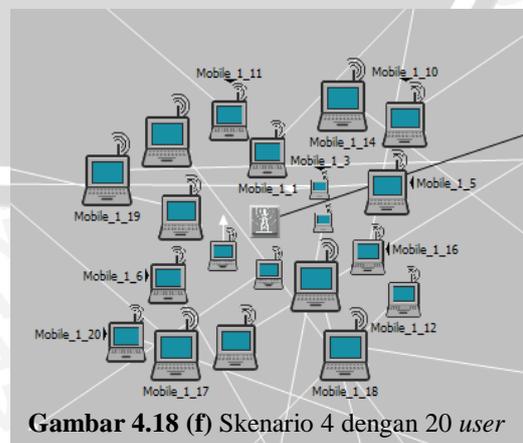
Gambar 4.18 (c) Skenario 3 dengan 8 *user*



Gambar 4.18(d) Skenario 4 dengan 12 *user*



Gambar 4.18(e) Skenario 5 dengan 16 *user*



Gambar 4.18 (f) Skenario 4 dengan 20 *user*

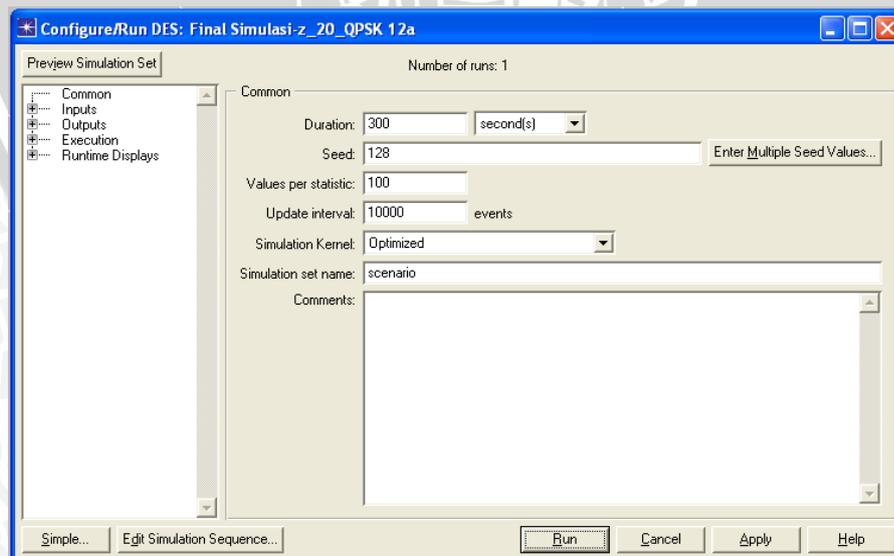
4.5 Pelaksanaan Simulasi

Simulasi adalah proses merancang model dari suatu sistem yang sebenarnya, beserta kondisi sekelilingnya dengan tujuan menggambarkan sifat-sifat karakteristik kunci dari perilaku sistem fisik tertentu. Selama proses simulasi, digunakan media laptop yang telah memenuhi standar minimum yang dibutuhkan agar *network simulator* tersebut dapat bekerja dengan baik. Tabel 4.7 menunjukkan spesifikasi laptop yang digunakan selama proses simulasi.

Tabel 4.7 Spesifikasi laptop yang digunakan selama proses simulasi

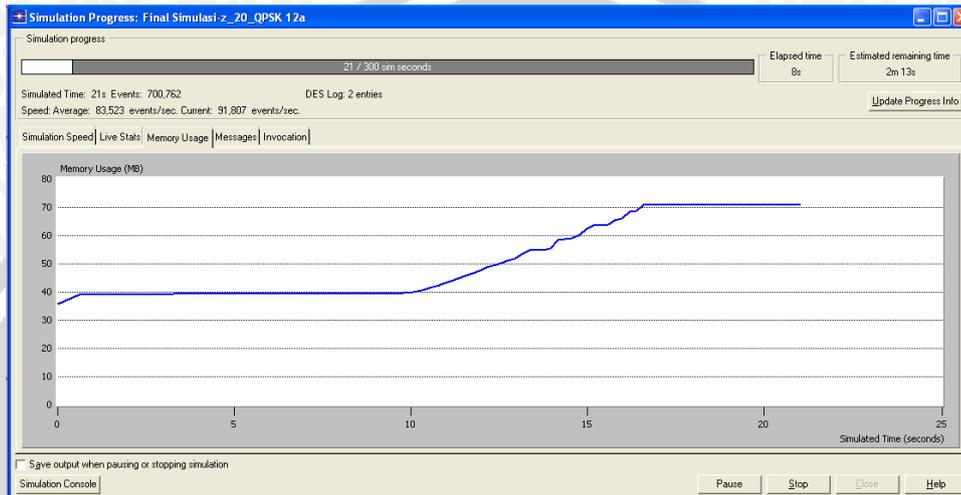
Nama	Spesifikasi
<i>Merk Laptop</i>	AXIOO NEON MNC
<i>Operating system</i>	Microsoft Windows XP Professional (Service Pack 3)
<i>Processor</i>	Intel ® Pentium ® Dual CPU T2410 @ 2.00 GHz
<i>Memory</i>	RAM : 1918 MB
<i>System File Space</i>	5 GB
<i>Working File Space</i>	lebih dari 100 MB
<i>Display Resolution</i>	1280 x 800 (32 bit) (60 Hz)
<i>Supporting software</i>	Visual Studio 2005 (<i>compiler</i>)

Setelah tahap desain simulasi selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah menjalankan simulasi. Model simulasi yang digunakan adalah *Discrete event simulation* (DES). Gambar 4.19 di bawah ini adalah tampilan dari *Discrete event simulation* OPNET Modeler :



Gambar 4.20 Tampilan menu *Discrete event simulation* OPNET Modeler

Tetapkan durasi simulasi selama 300 detik, sesuai dengan pengaturan yang dilakukan sebelumnya. Pada tahap ini juga diatur format laporan yang diinginkan, dalam hal ini format laporan yang digunakan adalah dalam bentuk *website report*. Pada menu report output, centang “Generate web report for simulation results” untuk mengaktifkan *website report* menu. Setelah konfigurasi selesai, klik Run untuk memulai simulasi.



Gambar 4.20 Screenshot *Simulation Progress* saat simulasi berlangsung

Gambar 4.20 di atas menunjukkan proses saat simulasi sedang berlangsung. Sedangkan pada Gambar 4.21 di bawah ini menunjukkan laporan hasil simulasi dalam format *website report*.



Gambar 4.21 Tampilan laporan hasil simulasi dalam format *website report*