

PENGANTAR

Alhamdulillah, segenap puji dan syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Performansi VoIP (*Voice over Internet Protocol*) melalui *Mobile WiMAX 802.16e* Menggunakan OPNET Modeler v.14.5” yang diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Tidak lupa pula shalawat serta salam selalu penulis sampaikan kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita menuju ke jalan yang terang.

Sungguh hanya melalui Pertolongan dan Perlindungan Allah SWT semata sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan seizin Allah SWT, Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian skripsi ini, yaitu :

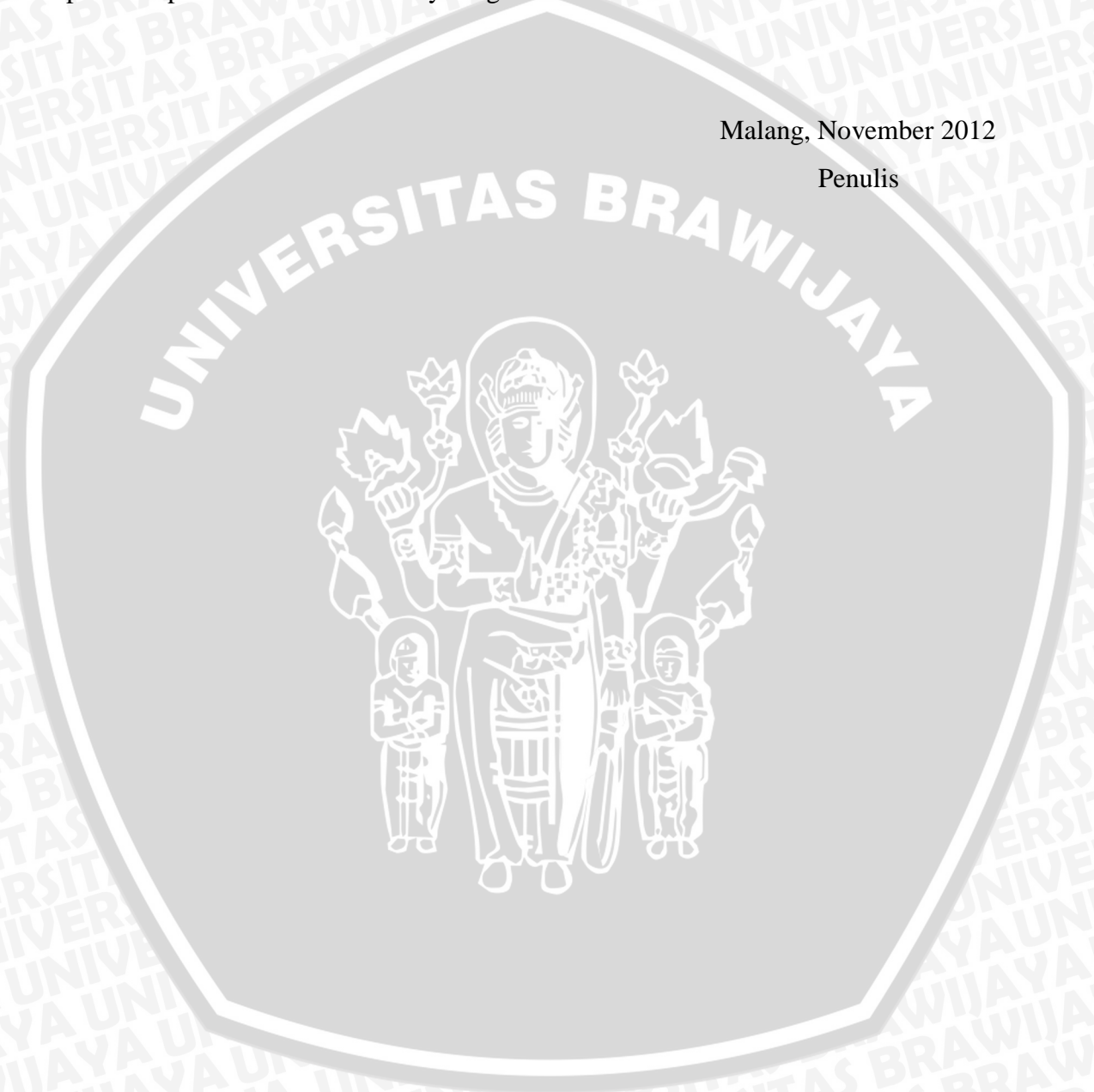
1. Keluarga tercinta,
Ibunda Noer Wachidatin Widjajati, Ayahanda Roznan, kakak Fatiha Anugrahana, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, semangat, dukungan dan kepercayaan yang tiada akhir hingga hari ini.
2. Ibu Ir. Endah Budi Purnomowati, MT. dan Bapak Gaguk Asmungi, ST., MT. selaku dosen pembimbing skripsi yang dengan sabar telah meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Bapak M. Aziz Muslim, ST. MT., Ph.D, selaku sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak M. Fauzan Edy Purnomo, ST., MT. selaku Ketua Laboratorium Telekomunikasi dan Bapak Iswanto, ST. selaku laboran.
5. Bapak dan Ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro.
6. Keluarga besar angkatan 2008 “Concordes” terima kasih atas persahabatan, semangat dan untuk segalanya.
7. Rekan-rekan asisten Laboratorium Telekomunikasi ‘07, ‘08, ‘09, dan ‘10, terima kasih telah memberi kesempatan, pelajaran, dan pengalaman hidup bagi saya, serta sebagai saran dan motivasinya.
8. Sahabat-sahabat setia yang selalu memberikan nasehat dan motivasi dikala senang maupun sedih.
9. Dan untuk semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan ketulusan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini dengan melimpahkan rahmat dan karunia-Nya.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari adanya kekurangan dan ketidak sempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kelengkapan dan kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi rekan-rekan mahasiswa.

Malang, November 2012

Penulis



DAFTAR ISI

halaman

PENGANTAR i

DAFTAR ISI iii

DAFTAR GAMBAR vii

DAFTAR TABEL x

DAFTAR LAMPIRAN xi

ABSTRAK xii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Ruang Lingkup 2

1.4 Tujuan 3

1.5 Sistematika Penulisan 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1 VoIP (*Voice over Internet Protocol*) 5

2.2 Komponen VoIP 5

2.2.1 *User Agent* 5

2.2.2 *Proxy* 7

2.2.3 *Protocol* 8

2.2.4 *Codec* 8

2.3 Format Paket VoIP 9

2.4 Cara Kerja VoIP 10

2.5 *Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) 802.16e* 11

2.5.1 *Broadband Wireless Access (BWA)* 11

2.5.2 *Mobile Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)* 11

2.5.3 Standar WiMAX 802.16e 12

2.5.4 Konfigurasi Jaringan WiMAX 13

2.5.5 Prinsip Kerja WiMAX 14



2.5.6	Topologi Jaringan WiMAX	14
2.5.6.1	Topologi <i>Point to Point</i> (PtP)	15
2.5.6.2	Topologi <i>Point to Multi Point</i> (PtMP)	15
2.5.6.3	Topologi Pengembangan	16
2.5.7	Kelebihan dan Kelemahan WiMAX 802.16e	17
2.5.8	Protokol IEEE 802.16e	18
2.5.8.1	<i>Physical Layer</i> (PHY)	19
2.5.8.2	<i>Media Access Control Layer</i> (MAC)	21
2.5.8.3	<i>Quality of Service</i> (QoS)	23
2.5.9	<i>Orthogonal Frequency Division Multiple Access</i> (OFDMA)	24
2.5.10	Teknik Modulasi dan Pengkodean	26
2.5.10.1	<i>Phase Shift Keying</i> (PSK)	26
2.5.10.2	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i> (QAM)	29
2.5.10.3	<i>Coding Rate</i>	31
2.5.11	Performansi VoIP melalui <i>Mobile WiMAX IEEE 802.16 rev. E</i>	32
2.5.11.1	Perhitungan <i>Bandwidth</i>	32
2.5.11.2	Perhitungan <i>Path Loss</i>	32
2.5.11.3	Perhitungan <i>Signal to Noise Ratio</i>	33
2.5.11.4	Perhitungan kapasitas kanal	34
2.5.11.5	Perhitungan jarak jangkauan	34
2.5.11.6	Probabilitas <i>Packet Los</i>	36
2.5.11.7	<i>Throughput</i>	38
2.5.11.8	<i>Delay end-to-end</i>	38
2.6	<i>Optimized Network Engineering Tool</i> (OPNET) Modeler versi 14.5	43
2.6.1	Kelebihan OPNET Modeler v.14.5	44
2.6.2	<i>Discrete event simulation</i> (DES)	45

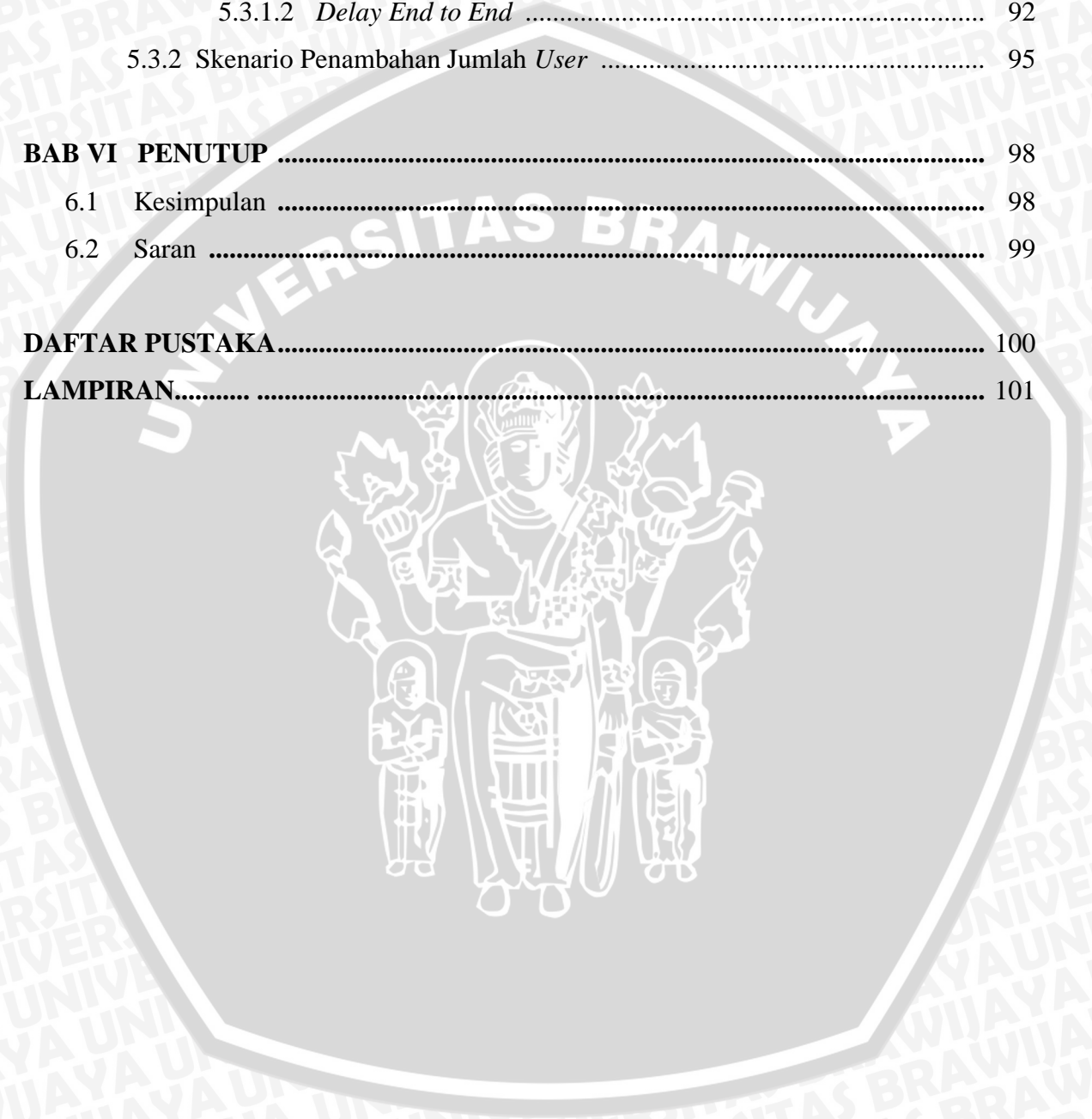
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	47
3.1	Studi Literatur	47
3.2	Pengambilan Data	48
3.2.1	Parameter VoIP	48
3.2.2	Parameter <i>mobile WiMAX</i>	48
3.3	Simulasi dan Analisis Data	49
3.3.1	Diagram Alir Perhitungan	49



3.3.2	Diagram Alir Simulasi Perbedaan Tipe Modulasi	50
3.3.3	Diagram Alir Simulasi Penambahan Jumlah <i>User</i>	51
3.4	Pengambilan Kesimpulan dan Saran	51
BAB IV PERANCANGAN SIMULASI JARINGAN		52
4.1	Umum	52
4.2	Instalasi OPNET Modeler v.14.5	52
4.3	Konfigurasi Jaringan VoIP melalui <i>mobile</i> WiMAX	53
4.3.1	Komponen Jaringan	53
4.3.2	Parameter-parameter Jaringan WiMAX	54
4.4	Desain Simulasi	55
4.4.1	Topologi Jaringan	55
4.4.2	Konfigurasi Mobilitas <i>Mobile Station</i>	57
4.4.3	Implementasi VoIP dalam Jaringan WiMAX	57
4.4.4	Konfigurasi Parameter Jaringan WiMAX ke dalam Model Jaringan	60
4.4.5	Skenario Perbedaan Tipe Modulasi	64
4.4.6	Skenario Penambahan Jumlah <i>User</i>	65
4.5	Pelaksanaan Simulasi	67
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		69
5.1	Umum	69
5.2	Analisis perhitungan VoIP melalui <i>Mobile</i> WiMAX	69
5.2.1	Analisis Paket Data Aplikasi VoIP	69
5.2.2	Analisis <i>Path Loss</i>	70
5.2.3	Analisis <i>Signal to noise ratio</i> (SNR)	70
5.2.4	Analisis Kapasitas Kanal	75
5.2.5	Analisis jarak jangkau <i>base station</i> ke <i>subscriber station</i>	76
5.2.6	Analisis performansi VoIP melalui <i>mobile</i> WiMAX	77
5.2.6.1	Analisis <i>energy Bit to Noise</i>	77
5.2.6.2	Probabilitas bit salah pada teknik modulasi QPSK	78
5.2.6.3	Probabilitas bit salah pada teknik modulasi 16 QAM	79
5.2.6.4	Probabilitas bit salah pada teknik modulasi 64 QAM	79
5.2.6.5	Analisis <i>delay end to end</i>	80



5.2.6.6 Analisis <i>Throughput</i>	87
5.3 Analisis Simulasi VoIP melalui <i>Mobile WiMAX</i>	88
5.3.1 Skenario Perbedaan Tipe Modulasi	88
5.3.1.1 <i>Throughput</i>	88
5.3.1.2 Probabilitas <i>Packet Loss</i>	91
5.3.1.2 <i>Delay End to End</i>	92
5.3.2 Skenario Penambahan Jumlah <i>User</i>	95
BAB VI PENUTUP	98
6.1 Kesimpulan	98
6.2 Saran	99
DAFTAR PUSTAKA	100
LAMPIRAN	101



DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1 <i>X-Lite softphone</i> yang digunakan sebagai <i>user agent</i>	6
Gambar 2.2 <i>IP-Phone</i> tipe KX-NT400	6
Gambar 2.3 <i>USB-Phone</i> tipe US Robotics 9601A	6
Gambar 2.4 <i>Internet Telephony Gateway</i> Tipe ITG-800	7
Gambar 2.5 <i>Analog Telephone Adapter</i> tipe Linksys PAP2T	7
Gambar 2.6 <i>Mobile phone</i> yang mendukung layanan WiMAX	7
Gambar 2.7 Format Paket VoIP	9
Gambar 2.8 Desain arsitektur jaringan VoIP	10
Gambar 2.9 Konfigurasi Jaringan WiMAX.....	13
Gambar 2.10 Prinsip kerja WiMAX.	14
Gambar 2.11 Topologi <i>point to point</i> (PtP)	15
Gambar 2.12 Topologi <i>point to multi point</i> (PtMP)	16
Gambar 2.13 Topologi <i>mesh</i>	16
Gambar 2.14 Topologi gabungan PtP dengan PtMP.	17
Gambar 2.15 <i>Multipath</i> (lintasan jamak) pada sistem komunikasi <i>wireless</i>	18
Gambar 2.16 Protokol IEEE 802.16/16e	18
Gambar 2.17 Perbandingan FDD dan TDD	20
Gambar 2.18 Hubungan radius jangkauan dengan sistem modulasi	20
Gambar 2.19 Sinyal OFDMA dilihat dalam domain frekuensi dan domain waktu	24
Gambar 2.20 <i>Inter Carrier Interference</i> (ICI)	25
Gambar 2.21 Efisiensi penggunaan <i>bandwidth</i> pada OFDMA	25
Gambar 2.22 Perbandingan sinyal OFDM dan sinyal OFDMA dilihat dalam domain frekuensi dan domain waktu.	26
Gambar 2.23 <i>Quadrature Phase Shift Keying</i> (QPSK) <i>constellation</i>	27
Gambar 2.24 Bentuk sinyal pada <i>Quadrature Phase Shift Keying</i> (QPSK)	28
Gambar 2.25 (a) Bentuk konstelasi 16-QAM	29
Gambar 2.25 (b) Bentuk konstelasi 64-QAM	29
Gambar 2.26 Tampilan awal OPNET Modeler 14.5 – <i>Educational Version</i>	43
Gambar 2.27 OPNET <i>Graphic Editors</i> untuk <i>Network, Node, and Process Models</i>	44
Gambar 2.28 Tampilan proses simulasi dengan menggunakan OPNET Modeler	45
Gambar 2.29 Distribusi event pada <i>timeline</i> simulasi	46

Gambar 3.1	Diagram alir penyusunan skripsi	47
Gambar 3.2	Diagram alir metode analisis perhitungan	49
Gambar 3.3	Diagram alir simulasi perbedaan tipe modulasi	50
Gambar 3.4	Diagram Alir simulasi penambahan jumlah <i>user</i>	51
Gambar 4.1	Menu <i>Wireless Network Deployment</i> (WND) Opnet Modeler	55
Gambar 4.2	Konfigurasi topologi jaringan WiMAX menggunakan menu WDN	56
Gambar 4.3	Topologi Jaringan WiMAX Dalam Simulasi	57
Gambar 4.4	Menu konfigurasi mobilitas <i>Mobile Station</i>	57
Gambar 4.5	Konfigurasi pada atribut model <i>Application Config</i>	58
Gambar 4.6	Konfigurasi parameter VoIP pada (<i>Voice</i>) <i>Table</i>	58
Gambar 4.7	Konfigurasi Waktu Dalam Simulasi	59
Gambar 4.8	Konfigurasi parameter perilaku <i>User</i> pada <i>Profile Config</i>	59
Gambar 4.9	Tabel <i>MAC Service Class Definition</i>	60
Gambar 4.10	Konfigurasi Efisiensi Mode <i>Mobility and Ranging Enabled</i>	61
Gambar 4.11	Konfigurasi <i>service flow</i> (UL/DL)	61
Gambar 4.12	Konfigurasi trafik pada <i>service classes</i> pada MS dan BS	62
Gambar 4.13	Konfigurasi Pada <i>Node Model Mobile Station</i>	62
Gambar 4.14	Konfigurasi Pada <i>Node Model Base Station</i>	63
Gambar 4.15	Konfigurasi pada node model WiMAX	63
Gambar 4.16	Skenario Simulasi Perbedaan Tipe Modulasi dan Pengkodean pada Layanan VoIP Melalui <i>Mobile WiMAX</i>	64
Gambar 4.17	Konfigurasi sumber dan tujuan panggilan pada simulasi	65
Gambar 4.18	Konfigurasi simulasi scenario penambahan jumlah <i>user</i>	66
Gambar 4.19	Tampilan menu <i>Discrete event simulation</i> OPNET Modeler	67
Gambar 4.20	<i>Simulation Progress</i> saat simulasi berlangsung	68
Gambar 4.21	Tampilan laporan hasil simulasi dalam format <i>website report</i>	68
Gambar 5.1	Grafik beban panggilan yang dibangkitkan oleh <i>Mobile_1</i>	89
Gambar 5.2	Grafik <i>throughput</i> fungsi waktu yang diterima <i>Mobile_2</i>	89
Gambar 5.3	Grafik rata-rata <i>delay end to end</i> fungsi waktu hasil simulasi dengan menggunakan tipe modulasi berbeda	93
Gambar 5.4	Grafik hubungan antara laju data dengan prosentase <i>throughput</i>	95
Gambar 5.5	Grafik <i>throughput</i> fungsi jumlah <i>user</i> pada masing-masing tipe modulasi	96
Gambar 5.6	Grafik Probabilitas <i>Packet Loss</i> fungsi jumlah <i>user</i> pada masing-masing	



tipe modulasi 97

Gambar 5.7 Grafik *delay end to end* fungsi jumlah *user* pada masing-masing

tipe modulasi 97

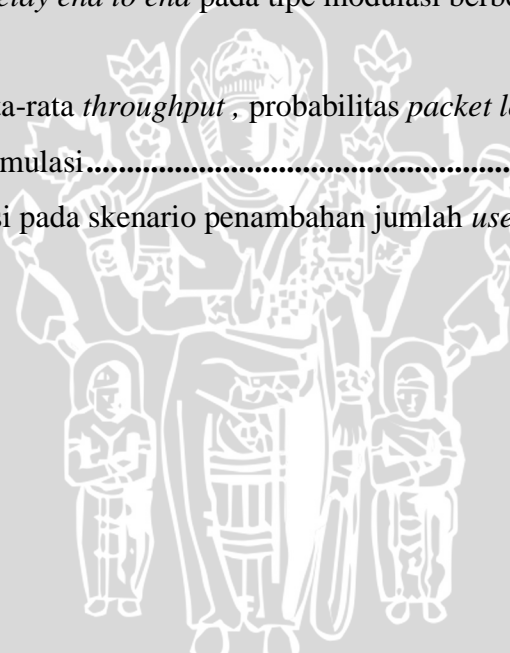


DAFTAR TABEL

	halaman	
Tabel 2.1	Standarisasi kompresi suara menurut ITU-T	9
Tabel 2.2	Varian Standar IEEE 802.16	12
Tabel 2.3	Koordinat Sinyal QPSK	28
Tabel 2.4	Laju data pada tiap-tiap tipe modulasi pada kanal 5 MHz	31
Tabel 2.5	Daya penerima minimum pada <i>bandwidth</i> kanal 5 MHz	33
Tabel 2.5	Model parameter 802.16 rev. E untuk tipe <i>Terrain</i> yang berbeda	35
Tabel 2.5	Pengelompokan waktu tunda berdasarkan ITU-T G.114	39
Tabel 4.1	Spesifikasi minimum untuk OPNET Modeler v.14.5	52
Tabel 4.2	Komponen-komponen Jaringan yang Digunakan Dalam Simulasi	53
Tabel 4.3	Parameter <i>Mobile</i> WiMAX 802.16e Dalam Simulasi	54
Tabel 4.4	Parameter dalam pembuatan topologi jaringan WiMAX	56
Tabel 4.5	Parameter MAC <i>Service Class</i>	60
Tabel 4.6	Skenario penambahan jumlah <i>user</i>	65
Tabel 4.7	Spesifikasi laptop yang digunakan selama proses simulasi	67
Tabel 5.1	Hasil perhitungan <i>path loss</i>	70
Tabel 5.2	Hasil analisis laju data dari <i>subcarrier</i> 512	71
Tabel 5.3	Hasil durasi dari <i>subcarrier</i> 512	71
Tabel 5.4	Hasil durasi <i>cylic prefix</i> dari <i>subcarrier</i> 512	72
Tabel 5.5	Hasil durasi symbol OFDMA dari <i>subcarrier</i> 512	72
Tabel 5.6	Hasil <i>bandwidth</i> dari <i>subcarrier</i> 512	73
Tabel 5.7	Hasil <i>bandwidth</i> sistem dari <i>subcarrier</i> 512	74
Tabel 5.8	Hasil <i>noise</i> dari <i>subcarrier</i> 512	74
Tabel 5.9	Hasil <i>signal to noise ratio</i> dari <i>subcarrier</i> 512	75
Tabel 5.10	Hasil <i>signal to noise ratio</i> sistem dari <i>subcarrier</i> 512	75
Tabel 5.11	Hasil kapasitas kanal dari <i>subcarrier</i> 512	76
Tabel 5.12	Hasil jarak jangkauan antara <i>base station</i> dan <i>subscriber station</i> untuk <i>subcarrier</i> 512	77
Tabel 5.13	Hasil <i>energy bit to noise</i> $\frac{E_b}{N_0}$ dari <i>subcarrier</i> 512	78
Tabel 5.14	Hasil probabilitas bit yang salah dari <i>subcarrier</i> 512	80



Tabel 5.15	Hasil <i>delay</i> proses dari <i>subcarrier</i> 512	83
Tabel 5.16	Hasil <i>delay</i> propagasi dari <i>subcarrier</i> 512	84
Tabel 5.17	Hasil <i>delay</i> transmisi dari <i>subcarrier</i> 512	85
Tabel 5.18	Hasil <i>delay</i> antrian dari <i>subcarrier</i> 512	86
Tabel 5.19	Hasil <i>delay</i> MAN dari <i>subcarrier</i> 512	86
Tabel 5.20	Hasil <i>delay end to end</i> dari <i>subcarrier</i> 512	87
Tabel 5.21	Hasil <i>throughput</i> dari <i>subcarrier</i> 512	88
Tabel 5.22	<i>Throughput</i> pada tipe modulasi yang berbeda hasil simulasi	90
Tabel 5.23	Prosentase <i>throughput</i> pada tipe modulasi yang berbeda	90
Tabel 5.24	<i>Packet loss</i> yang terjadi pada tipe modulasi yang berbeda hasil simulasi.....	91
Tabel 5.25	Probabilitas <i>packet loss</i> pada tipe modulasi yang berbeda	92
Tabel 5.26	Rata-rata <i>delay end to end</i> pada tipe modulasi berbeda hasil simulasi	93
Tabel 5.27	Analisis rata-rata <i>throughput</i> , probabilitas <i>packet loss</i> , dan <i>delay end to end</i> hasil simulasi.....	94
Tabel 5.28	Performansi pada skenario penambahan jumlah <i>user</i>	96



DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran 1 Tampilan web report hasil simulasi scenario perbedaan tipe modulasi	101
Lampiran 2 Tampilan web report hasil simulasi scenario penambahan jumlah <i>user</i>	103

