

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PENGESAHAN TESIS .....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
ABSTRAK.....	xviii
<i>ABSTRACT</i> .....	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah .....	5
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	6
1.4.1 Tujuan Penelitian.....	6
1.4.2 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Kontribusi Penelitian.....	7
1.6 Sistematika Penelitian.....	7
BAB II .....	9
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Tinjauan Pustaka .....	9
2.1.1 Keaslian Penelitian.....	9
2.2 Landasan Teori.....	13
2.2.1 OFDM dan <i>LTE</i> .....	13
2.2.2 Optimalisasi.....	28

2.2.3 Teori Antena.....	38
2.2.4 Model Propagasi <i>Okumura-Hata</i> .....	56
2.2.5 Koordinat.....	59
2.2.5.1 Flattening (perataan).....	59
2.2.6 Menentukan <i>Downtilt</i> Antena .....	63
2.2.7 <i>Drive Test</i> dan Analisanya .....	66
BAB III .....	68
METODE PENELITIAN .....	68
3.1 Tempat Penelitian .....	68
3.2 Peralatan Penelitian.....	68
3.3 Perancangan Penelitian .....	68
3.4 Prosedure Penelitian.....	69
3.4.1 Studi Pustaka .....	69
3.4.2 Metode Pengumpulan Data .....	69
3.5 Tahap Pelaksanaan Penelitian.....	70
3.5.1 <i>Drive Test</i> Dan Analisa Awal Sebelum Optimalisasi .....	72
3.5.2 Pengumpulan Data Parameter .....	76
3.5.3 Menghitung Koordinat .....	76
3.5.4 Menentukan Ketinggian Kontur Tanah Suatu Koodinat.....	76
3.5.5 Menentukan <i>Downtilt</i> Antena Untuk Optimalisasi .....	78
3.5.6 Memasukkan Hasil <i>Drive Test</i> Sebelum Optimalisasi ke Dalam Atoll	82
3.5.7 Seting Perangkat Lunak Atoll dan Simulasi.....	83
3.5.8 Implementasi Hasil Perhitungan Dan <i>Drive Test</i> Setelah Optimalisasi	88
3.5.9 Analisa Data Setelah Optimalisasi .....	88
3.5.10 Perbandingan Dan Analisa .....	88
BAB IV .....	90
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	90
4.1 Hasil <i>Drive Test</i> Dan Analisa Sebelum Optimalisasi .....	90
4.2 Hasil Pengumpulan Data Parameter .....	94
4.3 Hasil <i>Tool</i> Bantu Dengan <i>MS Office</i> Untuk Menghitung Koordinat .....	95
4.4 Hasil Menentukan dan Mencari Ketinggian Kontur Tanah.....	96
4.5 Hasil Analisa Menentukan <i>Downtilt</i> Antena Untuk Optimalisasi .....	96

4.6 Memasukkan Hasil <i>Drive Test</i> Sebelum Optimalisasi ke Dalam <i>Atoll</i> .....	103
4.7 Hasil Seting Perangkat Lunak <i>Atoll</i> .....	104
4.8 Implementasi Hasil Perhitungan Dan <i>Drive Test</i> Setelah Optimalisasi.....	106
4.9 Hasil Analisa Data Setelah Optimalisasi .....	107
4.10 Hasil Perbandingan Dan Analisa .....	111
BAB V .....	114
KESIMPULAN DAN SARAN .....	114
5.1 Kesimpulan .....	114
5.2 Saran.....	114
DAFTAR PUSTAKA.....	116

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	12
Tabel 2.2 Daftar Jumlah RB dan Lebar Pita Kanalnya [22].....	27
Tabel 2.3 Deskripsi Tiap-tiap Nilai CQI [24].....	33
Tabel 2.4 Efektif <i>Aperture</i> , Direktivitas, Tinggi Efektif [25].....	47
Tabel 2.5 <i>Gain</i> , <i>VBW</i> , <i>HBW</i> Antena <i>LTE</i> 850 MHz [28].....	56
Tabel 2.6 Perhitungan <i>EIRP Up Link Budget LTE</i> .....	57
Tabel 2.7 Perhitungan <i>EIRP Down Link Budget LTE</i> .....	58
Tabel 2.8 Perhitungan <i>Rx Up Link</i> .....	58
Tabel 2.9 Perhitungan <i>Rx Down Link</i> .....	59
Tabel 2.10 Jenis <i>Flattening</i> [32].....	60
Tabel 3.1 Perhitungan Koordinat (lat2, long2).....	76
Tabel 3.2 Nilai Kontur Tanah Hasil Olahan <i>Vertical Mapper</i> di <i>Mapinfo</i> .....	78
Tabel 3.3 Nilai Kontur dari Perhitungan.....	78
Tabel 3.4 Perhitungan Simulasi <i>Downtilt</i> Antena.....	80
Tabel 3.5 Perhitungan <i>Downtilt</i> tiap Sektor Antena.....	81
Tabel 4.1 Antena <i>eNodeB</i> Yang Perlu <i>Downtilt</i> .....	91
Tabel 4.2 Nilai <i>Overshoot</i> , <i>RSRP</i> , <i>SINR</i> , <i>Throughput</i> Sebelum Optimalisasi.....	93
Tabel 4.3 Data Eksisting Parameter <i>eNodeB</i> .....	94
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Koordinat (Satu Sample Lokasi F081).....	95
Tabel 4.5 Hasil Nilai Kontur Tanah Tiap arah Sektor Antena.....	96
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan <i>Downtilt</i> Antena.....	97
Tabel 4.7 Perhitungan <i>Downtilt</i> Antena Yang Memperhitungkan Kontur dan Yang Tidak Memperhitungkan Kontur.....	102
Tabel 4.8 Sample <i>RSRP</i> Hasil <i>Drivetest</i> Sebelum Optimalisasi.....	103
Tabel 4.9 Nilai Seting <i>Class Clutter</i> Dan Tambahan <i>Losses Atoll</i> .....	104
Tabel 4.10 Data Parameter <i>eNodeB</i> Setelah Optimalisasi.....	106
Tabel 4.11 Nilai <i>Overshoot</i> , <i>RSRP</i> , <i>SINR</i> , <i>Throughput</i> Setelah Optimalisasi.....	111
Tabel 4.12 Kenaikan Nilai <i>Overshoot</i> , <i>RSRP</i> , <i>SINR</i> , <i>Throughput</i> .....	112

Tabel L.1 Sample 150 Data <i>RSRP</i> Sebelum Optimalisasi.....	119
Tabel L.2 Sample 150 Data <i>SINR</i> Sebelum Optimalisasi.....	120
Tabel L.3 Sample 150 Data <i>Throughput</i> Sebelum Optimalisasi.....	121
Tabel L.4 Sample 150 Data <i>PCI</i> Sebelum Optimalisasi.....	122
Tabel L.5 Sample 150 Data <i>RSRP</i> Setelah Optimalisasi.....	123
Tabel L.6 Sample 150 Data <i>SINR</i> Setelah Optimalisasi.....	124
Tabel L.7 Sample 150 Data <i>Throughput</i> Setelah Optimalisasi.....	125
Tabel L.8 Sample 150 Data <i>PCI</i> Setelah Optimalisasi.....	126
Tabel L.9 Rencana Time Skedule Penelitian dan Tesis.....	127

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Problem <i>Overshoot</i> Sinyal di Semarang Timur.....	3
Gambar 1.2 <i>Tool</i> Perhitungan <i>Downtilt</i> Tidak Menghitung Kontur Tanah.....	4
Gambar 2.1 Distribusi Kanal Pada FDM Klasik dan OFDM [21] .....	14
Gambar 2.2 Prinsip OFDM [21].....	14
Gambar 2.3 Proses <i>Modulasi</i> dan <i>Demodulasi</i> OFDM [21].....	15
Gambar 2.4 Mode Akses Multipleks Berbasis OFDM [21].....	18
Gambar 2.5 Diagram Frekuensi Waktu OFDM Alokasi <i>Subcarrier</i> Tetap [21]...	18
Gambar 2.6 Skema FH-OFDM [21].....	19
Gambar 2.7 <i>Modulasi</i> DFTS-OFDM [21].....	20
Gambar 2.8 Transmisi Simbol DFTS-OFDM [21].....	21
Gambar 2.9 Skema <i>modulasi</i> DFTS-OFDM Terpusat dan Terdistribusi [21] .....	21
Gambar 2.10 Spektrum Sinyal di- <i>modulasi</i> DFTS-OFDM Terdistribusi [21].....	22
Gambar 2.11 DFTS-OFDM Berbasis FDMA [21].....	22
Gambar 2.12 DFTS-OFDM Berbasis Terpusat dan Terdistribusi FDMA [21] .....	23
Gambar 2.13 Arsitektur E-UTRAN [22] .....	23
Gambar 2.14 Pembagian Fungsional antara E-UTRAN dan EPC [22].....	25
Gambar 2.15 Struktur Sumber Fisik dari Slot <i>Downlink</i> [22].....	25
Gambar 2.16 Struktur Sumber Daya Fisik dari Slot <i>Uplink</i> [22].....	26
Gambar 2.17 Ilustrasi <i>Resource Block</i> [22].....	26
Gambar 2.18 <i>LTE</i> Struktur <i>Frame</i> [22].....	27
Gambar 2.19 Power <i>LTE</i> Dalam Sebaran Frekuensi dan Waktu [22].....	28
Gambar 2.20 <i>User</i> 1 Menerima Sinyal Serving <i>RSRP</i> Dari Site [24].....	30
Gambar 2.21 Perbedaan Interferensi dan <i>Noise</i> [24].....	32
Gambar 2.22 RSSI Dalam Rentang Frekuensi Tertentu [24].....	32
Gambar 2.23 <i>Flowchart</i> Optimisasi Jaringan [23] .....	34
Gambar 2.24 Lingkaran Bila Dilihat Dari Pusat Lingkaran Akan Membentuk Suatu Sudut [25] .....	39
Gambar 2.25 Koordinat <i>Spherical</i> [25] .....	40
Gambar 2.26 <i>Crosssection Patern</i> Daya Simetris Antena [25] .....	40

Gambar 2.27 Skema Antenna Dipole Yang Diterminasi $Z_T$ [25] .....	44
Gambar 2.28 Radiasi dari <i>Aperture A</i> [25] .....	46
Gambar 2.29 Komunikasi Antena Pemancar ke Antena Penerima [25] .....	48
Gambar 2.30 Referensi dBi dan dBd Yang Berbeda [26] .....	49
Gambar 2.31 <i>Pattern</i> Sebuah Antena [25] .....	50
Gambar 2.32 <i>Patern</i> Antena <i>Omnidirectional</i> [25].....	50
Gambar 2.33 <i>Patern</i> Antena <i>Directional</i> [26].....	51
Gambar 2.34 <i>Coverage</i> Mekanikal <i>Downtilt</i> [13] .....	51
Gambar 2.35 <i>Coverage</i> Elektrikal <i>Downtilt</i> [13] .....	52
Gambar 2.36 Perbandingan <i>Downtilt</i> Elektrikal dan Mekanikal [27].....	53
Gambar 2.37 <i>Dipole</i> Yang Miring dan Gelombang Elektromagnetik [26].....	53
Gambar 2.38 Dipoles 1/2 Panjang Gelombang [26].....	54
Gambar 2.39 Antena <i>Folded</i> Dipole 1/2 Panjang Gelombang [26] .....	54
Gambar 2.40 Lebar- <i>Beam</i> 3db [26].....	54
Gambar 2.41 <i>Coverage</i> 3db BTS 3 Sektor dengan <i>Beam</i> 65° 90° 105° [26].....	55
Gambar 2.42 <i>Vertical Beam Width</i> 3db [26] .....	55
Gambar 2.43 Pola Radiasi Vertikal Antena LDXX dan CSX [28] .....	55
Gambar 2.44 Lintasan Sinyal BTS ke dari MS [3].....	58
Gambar 2.45 Trigonometri Koordinat [31] .....	59
Gambar 2.46 Lingkaran Dengan Jari-jari $a$ Yang Dikompresi ke Elips [32].....	60
Gambar 2.47 Lingkaran Jari-jari $a$ Dikompresi ke <i>Ellipsoid Oblate</i> [32] .....	60
Gambar 2.48 Trigonometri Koordinat Pada Bumi Didatarkan [33].....	63
Gambar 2.49 Skema Mekanikal <i>Downtilt</i> [1].....	64
Gambar 2.50 Ilustrasi Pola Radiasi Horisontal pada <i>Downtilt</i> Mekanis [1].....	65
Gambar 2.51 Batas <i>Inner</i> dan <i>Outer Cell Radius</i> DT [7].....	65
Gambar 2.52 Skenario Saat <i>Drive Test Outdoor</i> [6] .....	66
Gambar 2.53 Tampilan Perangkat Lunak <i>Tems Investigation v16.3</i> .....	67
Gambar 3.1 Hubungan Variabel Optimalisasi Performansi <i>Coverage</i> .....	69
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian .....	72
Gambar 3.3 Memunculkan Gambar Plot <i>RSRP</i> .....	73
Gambar 3.4 Memunculkan Hasil <i>Average</i> dan <i>Attempt RSRP</i> .....	73

Gambar 3.5 Memunculkan Plot <i>SINR</i> .....	74
Gambar 3.6 Memunculkan Hasil <i>Average</i> dan <i>Attempt SINR</i> .....	74
Gambar 3.7 Memunculkan Gambar Plot Sinyal <i>Overshoot</i> .....	75
Gambar 3.8 Memunculkan Gambar Plot <i>Download Throughput Data</i> .....	75
Gambar 3.9 Memunculkan Hasil <i>Average</i> dan <i>Attempt Download Throughput</i> ...	75
Gambar 3.10 Koordinat Hasil Perhitungan Ditampilkan Dalam <i>Mapinfo</i> .....	77
Gambar 3.11 Mencari Nilai Kontur Tanah dengan <i>Vertical Mapper</i> .....	77
Gambar 3.12 <i>Export</i> Hasil Pengecekan Kontur ke File csv .....	78
Gambar 3.13 Simulasi <i>Downtilt</i> Antena.....	79
Gambar 3.14 Cara Menentukan Jarak DT ke <i>eNodeB</i> Tetangga.....	81
Gambar 3.15 DT = 5Km bila Jarak ke <i>eNodeB</i> >5Km.....	82
Gambar 3.16 Jarak DT bila Terdapat Kontur Penghalang diDepannya .....	82
Gambar 3.17 Prediksi <i>Atoll</i> dan Hasil <i>Drive Test</i> .....	83
Gambar 3.18 Seting <i>Legend</i> Untuk Sinyal Hasil <i>Drive Test</i> .....	83
Gambar 3.19 Peta Semarang Timur.....	84
Gambar 3.20 Rumus <i>Okumura-Hata</i> Dalam <i>Atoll</i> .....	85
Gambar 3.21 Prediksi <i>Coverage</i> Pemancar .....	86
Gambar 3.22 Prediksi <i>Coverage</i> level sinyal .....	86
Gambar 3.23 Plot <i>Histogram</i> .....	87
Gambar 3.24 Seting <i>Legend</i> Untuk Prediksi Level Sinyal <i>Coverage</i> .....	87
Gambar 3.25 Prediksi <i>Coverage Throughput</i> DL.....	87
Gambar 3.26 Prediksi <i>Coverage Throughput</i> UL.....	88
Gambar 4.1 Hasil Plot Sinyal <i>Overshoot</i> Sebelum Optimalisasi .....	90
Gambar 4.2 Hasil Plot <i>RSRP</i> Sebelum Optimalisasi.....	91
Gambar 4.3 Hasil <i>Histogram RSRP</i> Sebelum Optimalisasi .....	91
Gambar 4.4 Hasil Plot <i>SINR, Weak Spot</i> Sebelum Optimalisasi.....	92
Gambar 4.5 Hasil <i>Histogram SINR</i> Sebelum Optimalisasi .....	92
Gambar 4.6 Hasil Plot <i>Throughput</i> Sebelum Optimalisasi .....	93
Gambar 4.7 Hasil <i>Histogram Throughput</i> Sebelum Optimalisasi.....	93
Gambar 4.8 Titik Koordinat Hasil Perhitungan.....	96
Gambar 4.9 Penentuan DT (Jarak target <i>coverage</i> ).....	98



Gambar 4.10 Hasil Simulasi <i>Downtilt</i> Antena (Sample lokasi F632).....	98
Gambar 4.11 <i>Downtilt</i> Lokasi F272 Alfa yang Memperhatikan Kontur.....	99
Gambar 4.12 <i>Downtilt</i> Lokasi F272 Alfa Tidak Memperhatikan Kontur .....	99
Gambar 4.13 <i>Downtilt</i> F272 Alfa Apabila Nilai <i>Downtilt</i> Tidak Memperhatikan Kontur Diimplementasikan.....	99
Gambar 4.14 <i>Downtilt</i> Lokasi F654 Gama yang Memperhatikan Kontur .....	100
Gambar 4.15 <i>Downtilt</i> Lokasi F654 Gama Tidak Memperhatikan Kontur .....	100
Gambar 4.16 <i>Downtilt</i> F654 Gama Apabila Nilai <i>Downtilt</i> Tidak Memperhatikan Kontur Diimplementasikan.....	101
Gambar 4.17 Simulasi <i>Downtilt</i> Lokasi F319 .....	101
Gambar 4.18 Simulasi <i>Downtilt</i> F319 sektor1 Revisi karena <i>Obstacle</i> .....	101
Gambar 4.19 Hasil Simulasi Dan <i>Drive Test Area</i> Kota Semarang.....	105
Gambar 4.20 Hasil Simulasi Dan <i>Drive Test Area</i> Kota Temanggung .....	105
Gambar 4.21 Hasil Simulasi Dan Hasil <i>Drive Test Area</i> Tayu .....	105
Gambar 4.22 Hasil Simulasi <i>RSRP</i> Dengan <i>Downtilt</i> Hasil Optimalisasi.....	107
Gambar 4.23 Hasil Plot Sinyal <i>Overshoot</i> Setelah Optimalisasi.....	108
Gambar 4.24 Hasil Plot <i>RSRP</i> Setelah Optimalisasi .....	108
Gambar 4.25 Hasil <i>Histogram RSRP</i> Setelah Optimalisasi.....	109
Gambar 4.26 Hasil Plot <i>SINR, Weak Spot</i> Setelah Optimalisasi .....	109
Gambar 4.27 Hasil <i>Histogram SINR</i> Setelah Optimalisasi .....	110
Gambar 4.28 Hasil Plot <i>Throughput</i> Setelah Optimalisasi.....	110
Gambar 4.29 Hasil <i>Histogram Throughput</i> Setelah Optimalisasi.....	111

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Sample 150 Data <i>RSRP</i> Sebelum Optimalisasi .....	119
LAMPIRAN 2 Sample 150 Data <i>SINR</i> Sebelum Optimalisasi .....	120
LAMPIRAN 3 Sample 150 Data <i>Throughput</i> Sebelum Optimalisasi.....	121
LAMPIRAN 4 Sample 150 Data <i>PCI</i> Sebelum Optimalisasi .....	122
LAMPIRAN 5 Sample 150 Data <i>RSRP</i> Setelah Optimalisasi.....	123
LAMPIRAN 6 Sample 150 Data <i>SINR</i> Setelah Optimalisasi .....	124
LAMPIRAN 7 Sample 150 Data <i>Throughput</i> Setelah Optimalisasi.....	125
LAMPIRAN 8 Sample 150 Data <i>PCI</i> Setelah Optimalisasi .....	126
LAMPIRAN 9 Jadwal Penelitian .....	127