

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	i
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	ii
HALAMAN BEBAS PLAGIARISME	iii
HALAMAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR RUMUS	xix
DAFTAR SINGKATAN	xxii
DAFTAR NOTASI	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penulisan	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Radar Cuaca	6
2.2 <i>X-band</i>	7
2.3 Antena Mikrostrip	7

2.3.1 Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i>	9
2.4 MIMO (<i>Multiple Input Multiple Output</i>).....	11
2.5 <i>Butler Matrix</i>	14
2.6 Parameter Antena	17
2.7 Teknik Pencatuan	19
2.8 <i>AWR Design Environment</i>	21
BAB III PERANCANGAN DAN SIMULASI	22
3.1 Metode Perancangan	22
3.2 Diagram Alir Perancangan Antena	22
3.3 Alat dan Bahan Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	24
3.3.1 Spesifikasi Bahan.....	24
3.3.2 Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	25
3.3.3 Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	25
3.4 Perhitungan Dimensi Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i>	25
3.4.1 Menentukan Dimensi <i>Patch</i> dan <i>Ground plane</i>	25
3.4.2 Menentukan Dimensi Saluran Pencatu.....	27
3.4.3 Menentukan Jarak Antar <i>Patch</i> (d)	31
3.5 Perhitungan Dimensi Antena Mikrostrip MIMO 4X4	32
3.6 Perhitungan Dimensi Antena Mikrostrip MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	32
3.6.1 Menentukan Dimensi Saluran <i>Hybrid 90°</i>	33
3.6.2 Menentukan <i>45° Phase Shifter</i>	35
3.7 Tahapan Simulasi Antena pada <i>Software AWR Design Environment 2009</i>	36
3.8 Proses Perancangan Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i>	43
3.8.1 Perancangan Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i> Satu Elemen	43
3.8.2 Hasil Simulasi Perancangan Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i> Satu Elemen	45
3.8.3 Perancangan Antena Mikrostrip <i>Array 2X1</i>	48
3.8.4 Hasil Simulasi Perancangan Antena Mikrostrip <i>Array 2X1</i>	50

3.8.5 Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 2X2	52
3.8.6 Hasil Simulasi Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 2X2	54
3.8.7 Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4X4	58
3.8.8 Hasil Simulasi Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4X4	60
3.8.9 Perancangan <i>Butler Matrix</i>	66
3.8.10 Hasil Simulasi Perancangan <i>Butler Matrix</i>	69
3.8.11 Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	78
3.8.12 Hasil Simulasi Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	82
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	89
4.1 Umum.....	89
4.2 Perancangan Akhir Optimasi Antena Mikrostrip MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i> . 89	
4.3 Hasil Simulasi Perancangan Akhir Optimasi Antena Mikrostrip MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	94
4.4 Hasil Perbandingan antara Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4X4 Sebelum dan Sesudah menggunakan Pencatu <i>Butler Matrix</i>	101
4.5 Analisa Perbandingan antara Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4X4 Sebelum dan Sesudah menggunakan Pencatu <i>Butler Matrix</i>	102
4.5.1 Analisa Perbandingan VSWR	102
4.5.2 Analisa Perbandingan <i>Gain</i>	103
4.5.3 Analisa Perbandingan <i>Return Loss</i>	104
4.5.4 Analisa Perbandingan <i>Bandwidth</i>	105
4.5.5 Analisa Perbandingan Pola Radiasi	106
4.5.6 Analisa Perbandingan <i>Mutual Coupling</i>	107
4.5.7 Analisa Perbandingan Koefisien Korelasi	108
4.6 Hasil Akhir Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya	109
BAB V PENUTUP	111
5.1 Kesimpulan	111
5.2 Saran	112

DAFTAR PUSTAKA113
LAMPIRAN115
DAFTAR RIWAYAT HIDUP120

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Substrat	24
Tabel 3.2 Spesifikasi Parameter Kerja	24
Tabel 3.3 Nilai Dimensi Antena	32
Tabel 3.4 Optimasi Desain Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i> Satu Elemen	44
Tabel 3.5 Hasil Simulasi Optimasi Desain Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i> Satu Elemen.....	44
Tabel 3.6 Optimasi Desain Antena Mikrostrip <i>Array 2x1</i>	48
Tabel 3.7 Hasil Simulasi Optimasi Desain Antena Mikrostrip <i>Array 2x1</i>	49
Tabel 3.8 Optimasi Desain Antena Mikrostrip MIMO 2X2	53
Tabel 3.9 Hasil Simulasi Optimasi Desain Antena Mikrostrip MIMO 2X2	53
Tabel 3.10 Optimasi Desain Antena Mikrostrip MIMO 4X4	58
Tabel 3.11 Hasil Simulasi Optimasi Desain Antena Mikrostrip MIMO 4X4	58
Tabel 3.12 Hasil Simulasi Desain <i>Hybrid 90°</i>	66
Tabel 3.13 Hasil Simulasi Desain <i>45° Phase Shifter</i>	67
Tabel 3.14 Optimasi Desain <i>Butler Matrix</i>	68
Tabel 3.15 Hasil Simulasi Optimasi Desain <i>Butler Matrix</i>	68
Tabel 3.16 Optimasi Desain MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	79
Tabel 3.17 Optimasi Desain MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	79
Tabel 3.18 Hasil Simulasi Optimasi Desain MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	80
Tabel 4.1 Optimasi Akhir Desain MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	90
Tabel 4.2 Optimasi Akhir Desain MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	90
Tabel 4.3 Hasil Simulasi Optimasi Akhir Desain MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	91
Tabel 4.4 Ukuran Dimensi Antena Mikrostrip MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	93

Tabel 4.5 Perbandingan Antena Mikrostrip MIMO 4X4 dengan Antena Mikrostrip MIMO 4X4 <i>Butler Matrix</i>	101
Tabel 4.6 Perbandingan Penelitian Saat Ini dengan Penelitian Sebelumnya.....	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Antena Mikrostrip	8
Gambar 2.2 Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i>	10
Gambar 2.3 Blok Gambar Sistem MIMO	12
Gambar 2.4 Blok Diagram <i>Butler Matrix 4X4</i>	14
Gambar 2.5 <i>Hybrid 90°</i>	14
Gambar 2.6 <i>Crossover</i>	15
Gambar 2.7 <i>45° Phase Shifter</i>	16
Gambar 2.8 Pola Radiasi Antena	19
Gambar 2.9 <i>Microstrip Line</i>	20
Gambar 2.10 <i>AWR Design Environment</i> Versi 2009	21
Gambar 3.1 Diagram Alir	23
Gambar 3.2 Penentuan Lebar Saluran Pencatu di PCAAD dengan Impedansi 50Ω	28
Gambar 3.3 Penentuan Lebar Saluran Pencatu di PCAAD dengan Impedansi 100Ω	29
Gambar 3.4 Penentuan Lebar Saluran Pencatu di PCAAD dengan Impedansi 70.71Ω ...	30
Gambar 3.5 Penentuan Lebar Saluran Pencatu di PCAAD dengan Impedansi 50Ω	33
Gambar 3.6 Penentuan Lebar Saluran Pencatu di PCAAD dengan Impedansi 35.35Ω ...	34
Gambar 3.7 Tampilan <i>New EM Structure</i>	36
Gambar 3.8 Tampilan <i>Enclosure</i>	37
Gambar 3.9 Tampilan <i>Material Definitions</i>	37
Gambar 3.10 Tampilan <i>Dielectric Layers</i>	37
Gambar 3.11 Tampilan Desain <i>Patch</i> dan Saluran Pencatu	38
Gambar 3.12 Tampilan Pengisian Frekuensi	38
Gambar 3.13 Tampilan <i>Measurement Type</i> VSWR	39

Gambar 3.14 Tampilan dari Grafik VSWR	39
Gambar 3.15 Tampilan <i>Measurement Type Gain</i>	40
Gambar 3.16 Tampilan dari Grafik <i>Gain</i>	40
Gambar 3.17 Tampilan <i>Measurement Type Return Loss</i>	41
Gambar 3.18 Tampilan dari Grafik <i>Return Loss</i>	41
Gambar 3.19 Tampilan <i>Measurement Type</i> Pola Radiasi untuk <i>EPhi</i>	42
Gambar 3.20 Tampilan <i>Measurement Type</i> Pola Radiasi untuk <i>ETheta</i>	42
Gambar 3.21 Tampilan dari Grafik Pola Radiasi	42
Gambar 3.22 Desain Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i> Satu Elemen.....	43
Gambar 3.23 Desain Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i> Satu Elemen Setelah Dilakukannya Optimasi	45
Gambar 3.24 VSWR Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i> Satu Elemen.....	45
Gambar 3.25 <i>Gain</i> Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i> Satu Elemen.....	46
Gambar 3.26 <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i> Satu Elemen.....	46
Gambar 3.27 Pola Radiasi <i>Unidirectional</i> Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i> Satu Elemen.....	47
Gambar 3.28 Desain Antena Mikrostrip <i>Array 2x1</i>	48
Gambar 3.29 Desain Antena Mikrostrip <i>Array 2x1</i> Setelah Dilakukannya Optimasi.....	49
Gambar 3.30 VSWR Antena Mikrostrip <i>Array 2x1</i>	50
Gambar 3.31 <i>Gain</i> Antena Mikrostrip <i>Array 2x1</i>	50
Gambar 3.32 <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip <i>Array 2x1</i>	51
Gambar 3.33 Pola Radiasi <i>Unidirectional</i> Antena Mikrostrip <i>Array 2x1</i>	52
Gambar 3.34 Desain Antena Mikrostrip MIMO 2X2.....	52
Gambar 3.35 Desain Antena Mikrostrip MIMO 2X2 Setelah Dilakukannya Optimasi	53
Gambar 3.36 VSWR Antena Mikrostrip MIMO 2X2.....	54
Gambar 3.37 <i>Gain</i> Antena Mikrostrip MIMO 2X2.....	54

Gambar 3.38 <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip MIMO 2X2.....	55
Gambar 3.39 Pola Radiasi <i>Unidirectional</i> Antena Mikrostrip MIMO 2X2.....	56
Gambar 3.40 <i>Mutual Coupling</i> Antena Mikrostrip MIMO 2X2.....	56
Gambar 3.41 Desain Antena Mikrostrip MIMO 4X4	58
Gambar 3.42 Desain Antena Mikrostrip MIMO 4X4 Setelah Dilakukannya Optimasi	59
Gambar 3.43 VSWR Antena Mikrostrip MIMO 4X4.....	60
Gambar 3.44 <i>Gain</i> Antena Mikrostrip MIMO 4X4.....	60
Gambar 3.45 <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip MIMO 4X4.....	61
Gambar 3.46 Pola Radiasi <i>Unidirectional</i> Antena Mikrostrip MIMO 4X4.....	63
Gambar 3.47 <i>Mutual Coupling</i> Antena Mikrostrip MIMO 4X4.....	63
Gambar 3.48 Desain <i>Hybrid 90°</i>	66
Gambar 3.49 Desain <i>45° Phase Shifter</i>	67
Gambar 3.50 Desain <i>Butler Matrix</i>	67
Gambar 3.51 Desain <i>Butler Matrix</i> Setelah Dilakukannya Optimasi.....	69
Gambar 3.52 VSWR <i>Hybrid 90°</i>	70
Gambar 3.53 <i>Gain Hybrid 90°</i>	70
Gambar 3.54 <i>Return Loss Hybrid 90°</i>	70
Gambar 3.55 Pola Radiasi <i>Unidirectional Hybrid 90°</i>	71
Gambar 3.56 VSWR <i>45° Phase Shifter</i>	71
Gambar 3.57 <i>Gain 45° Phase Shifter</i>	71
Gambar 3.58 <i>Return Loss 45° Phase Shifter</i>	72
Gambar 3.59 Pola Radiasi <i>Unidirectional 45° Phase Shifter</i>	72
Gambar 3.60 VSWR <i>Butler Matrix</i>	72
Gambar 3.61 <i>Gain Butler Matrix</i>	73
Gambar 3.62 <i>Return Loss Butler Matrix</i>	73

Gambar 3.63 Pola Radiasi <i>Unidirectional Butler Matrix</i>	78
Gambar 3.64 Desain Antena Mikrostrip MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	78
Gambar 3.65 Desain Antena Mikrostrip MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i> Setelah Dilakukannya Optimasi	81
Gambar 3.66 VSWR MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	82
Gambar 3.67 <i>Gain</i> MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	82
Gambar 3.68 <i>Return Loss</i> MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	83
Gambar 3.69 Pola Radiasi <i>Unidirectional</i> MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	85
Gambar 3.70 <i>Mutual Coupling</i> MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	86
Gambar 4.1 Desain Antena Mikrostrip MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i> Akhir Optimasi...92	
Gambar 4.2 VSWR MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	94
Gambar 4.3 <i>Gain</i> MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	95
Gambar 4.4 <i>Return Loss</i> MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	95
Gambar 4.5 Pola Radiasi <i>Unidirectional</i> MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i> pada <i>port</i> 1(a), <i>port</i> 2 (b), <i>port</i> 3 (c), <i>port</i> 4 (d).....	98
Gambar 4.6 <i>Mutual Coupling</i> MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	98
Gambar 4.7 Hasil Grafik Perbandingan VSWR.....	102
Gambar 4.8 Hasil Grafik Perbandingan <i>Gain</i>	103
Gambar 4.9 Hasil Grafik Perbandingan <i>Return Loss</i>	104
Gambar 4.10 Hasil Grafik Perbandingan <i>Bandwidth</i>	105
Gambar 4.11 Pola Radiasi Antena Mikrostrip MIMO 4X4.....	106
Gambar 4.12 Pola Radiasi Antena Mikrostrip MIMO 4X4 dengan <i>Butler Matrix</i>	106
Gambar 4.13 Hasil Grafik Perbandingan <i>Mutual Coupling</i>	107
Gambar 4.14 Hasil Grafik Perbandingan Koefisien Korelasi.....	108

DAFTAR RUMUS

(2.1) Rumus Lebar <i>Patch</i>	10
(2.2) Rumus Konstanta Dielektrik Efektif (ϵ_{reff}).....	10
(2.3) Rumus Penambahan Panjang ΔL	10
(2.4) Rumus Panjang dari <i>Patch</i> Efektif (L_{eff}).....	11
(2.5) Rumus Panjang <i>Patch</i>	11
(2.6) Rumus Lebar Substrat atau <i>Ground plane</i>	11
(2.7) Rumus Panjang Substrat atau <i>Ground plane</i>	11
(2.8) Rumus jarak Antar <i>Patch</i>	11
(2.9) Rumus jarak Antar Antena.....	13
(2.10) Rumus koefisien korelasi	13
(2.11) Rumus Lebar Saluran Transmisi	15
(2.12) Rumus Impedansi Saluran	15
(2.13) Rumus Panjang Saluran Transmisi	15
(2.14) Rumus Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_{reff}).....	15
(2.15) Rumus Jarak Antar Lengan.....	15
(2.16) Rumus <i>Matrix SCrossover</i>	16
(2.17) Rumus Nilai Fasa	16
(2.18) Rumus Panjang Gelombang Saluran	16
(2.19) Rumus Koefisien Refleksi	17
(2.20) Rumus VSWR	17
(2.21) Rumus <i>Gain</i>	18
(2.22) Rumus <i>Return Loss</i>	18
(2.23) Rumus <i>Bandwidth</i>	18

(2.24) Rumus Impedansi Saluran	20
(2.25) Rumus Lebar Saluran Pencatu	20
(2.26) Rumus Konstanta dielektrik efektif ($\epsilon_{\text{reff}} > 1$).....	20
(2.27) Rumus Konstanta dielektrik efektif ($\epsilon_{\text{reff}} < 1$).....	20
(2.28) Rumus Panjang Gelombang diudara bebas (m)	20
(2.29) Rumus Panjang Gelombang pada bahan substrat.....	20
(2.30) Rumus Panjang Saluran Pencatu	20
(3.1) Perhitungan Dimensi Lebar <i>Patch</i>	26
(3.2) Perhitungan Dimensi Konstanta Dielektrik Efektif (ϵ_{reff}).....	26
(3.3) Perhitungan Dimensi Panjang dari <i>Patch</i> Efektif (L_{eff}).....	26
(3.4) Perhitungan Dimensi Penambahan Panjang ΔL	26
(3.5) Perhitungan Dimensi Panjang <i>Patch</i>	27
(3.6) Perhitungan Dimensi Lebar Substrat atau <i>Ground plane</i>	27
(3.7) Perhitungan Dimensi Panjang Substrat atau <i>Ground plane</i>	27
(3.8) Perhitungan Dimensi Besar Impedansi Saluran 50Ω	27
(3.9) Perhitungan Dimensi Lebar Impedansi Saluran 50Ω	27
(3.10) Perhitungan Dimensi Konstanta dielektrik efektif ($\epsilon_{\text{reff}} > 1$) 50Ω	28
(3.11) Perhitungan Dimensi Panjang Gelombang Impedansi Saluran 50Ω	28
(3.12) Perhitungan Dimensi Panjang Gelombang Substrat Impedansi Saluran 50Ω	28
(3.13) Perhitungan Dimensi Panjang Saluran Pencatu 50Ω	28
(3.14) Perhitungan Dimensi Besar Impedansi Saluran 100Ω	28
(3.15) Perhitungan Dimensi Lebar Impedansi Saluran 100Ω	29
(3.16) Perhitungan Dimensi Konstanta dielektrik efektif ($\epsilon_{\text{reff}} < 1$) 100Ω	29
(3.17) Perhitungan Dimensi Panjang Gelombang Impedansi Saluran 100Ω	29
(3.18) Perhitungan Dimensi Panjang Gelombang Substrat Impedansi Saluran 100Ω	29

(3.19) Perhitungan Dimensi Panjang Saluran Pencatu 100Ω	30
(3.20) Perhitungan Dimensi Besar Impedansi Saluran 70.71Ω	30
(3.21) Perhitungan Dimensi Lebar Impedansi Saluran 70.71Ω	30
(3.22) Perhitungan Dimensi Konstanta dielektrik efektif ($\epsilon_{\text{reff}} > 1$) 70.71Ω	31
(3.23) Perhitungan Dimensi Panjang Gelombang Impedansi Saluran 70.71Ω	31
(3.24) Perhitungan Dimensi Panjang Gelombang Substrat Impedansi Saluran 70.71Ω	31
(3.25) Perhitungan Dimensi Panjang Saluran Pencatu 70.71Ω	31
(3.26) Perhitungan Jarak Antar <i>Patch</i>	31
(3.27) Perhitungan Jarak Antar Antena.....	32
(3.28) Perhitungan Dimensi Besar Impedansi Saluran 50Ω	33
(3.29) Perhitungan Dimensi Lebar Impedansi Saluran 50Ω	33
(3.30) Perhitungan Dimensi Konstanta dielektrik efektif 50Ω	33
(3.31) Perhitungan Dimensi Panjang Saluran Pencatu.....	33
(3.32) Perhitungan Dimensi Besar Impedansi Saluran 35.35Ω	34
(3.33) Perhitungan Dimensi Lebar Impedansi Saluran 35.35Ω	34
(3.34) Perhitungan Dimensi Konstanta dielektrik efektif 35.35Ω	35
(3.35) Perhitungan Dimensi Panjang Saluran Pencatu 35.35Ω	35
(3.36) Perhitungan Dimensi Panjang Antar Lengan.....	35
(3.37) Perhitungan Dimensi Panjang Gelombang Pada Elemen <i>Phase Shifter</i>	35
(3.38) Perhitungan Dimensi Pergeseran fasa.....	36

DAFTAR SINGKATAN

IEEE	: <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
MIMO	: <i>Multiple-input Multiple-output</i>
GHz	: <i>Gigahertz (GHz)</i>
VSWR	: <i>Voltage Standing Wave Ratio</i>
RL	: <i>Return Loss</i>
m	: <i>Meter</i>
BMKG	: <i>Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika</i>
EEC	: <i>Enterprise Electronics Corporation</i>
m/s	: <i>meter per second</i>
mm	: <i>milimeter</i>
Hz	: <i>Hertz</i>
SISO	: <i>Single-Input Single-Output</i>
dBi	: <i>decibel isotropic</i>
dB	: <i>decibel</i>
N	: <i>Jumlah</i>
EM	: <i>Gelombang Elektromagnetik</i>
MHz	: <i>Megahertz</i>
FR-4	: <i>Flame Retardant-4</i>
Cm	: <i>Centimeter</i>
PCAAD	: <i>Personal Computer Aided Antenna Design</i>

DAFTAR NOTASI

W	= Lebar <i>patch</i> atau Lebar saluran transmisi (mm)
ϵ_r	= Konstanta dielektrik relatif
c	= Kecepatan cahaya pada ruang hampa (3×10^8 m/s)
f	= Frekuensi resonansi atau frekuensi kerja pada antena (Hz)
L	= Panjang <i>patch</i> atau panjang saluran transmisi (mm)
ϵ_{eff}	= Konstanta dielektrik efektif (mm)
ΔL	= Penambahan panjang L (m)
L_{eff}	= Lebar dari <i>patch</i> efektif (mm)
h	= Tebal dari substrat (mm)
W_g	= Lebar substrat atau <i>ground plane</i> (mm)
L_g	= Panjang substrat atau <i>ground plane</i> (mm)
d	= Jarak antar antena (mm)
λ_0	= Panjang gelombang pada bahan substrat (mm)
ρ	= Koefisien korelasi
S_{11}	= Nilai <i>return loss</i> pada antena 1 (dB)
S_{22}	= Nilai <i>return loss</i> pada antena 2 (dB)
S_{12}	= Nilai <i>mutual coupling</i> antena 1 terhadap antena 2 (dB)
S_{21}	= Nilai <i>mutual coupling</i> antena 2 terhadap antena 1 (dB)
π	= Phi
B	= Besar impedansi saluran (mm)
\ln	= Logaritma natural
λ_0	= Panjang gelombang diudara bebas (mm)

L_f	= Panjang saluran pencatu (mm)
S	= <i>Scattering Parameters</i> atau S-parameter
φ	= Nilai fasa
Γ	= Koefisien refleksi
V_{o+}	= Tegangan yang dikirimkan
V_{o-}	= Tegangan yang direfleksikan
Z_L	= Impedansi beban
Z_o	= Impedansi saluran (Ω)
$ V _{\max}$	= Tegangan maksimum
$ V _{\min}$	= Tegangan minimum
G	= <i>Gain</i> antena (dB)
η	= Faktor efisiensi antena
D	= Direktivitas
BW	= <i>Bandwidth</i> (Hz)
f_u	= Frekuensi tinggi (Hz)
f_l	= Frekuensi rendah (Hz)
f_c	= Frekuensi tengah (Hz)
W_f	= Lebar saluran pencatu (mm)
U_r	= Konstanta permeabilitas relatif
$\tan \delta$	= Dielektrik <i>loss tangent</i> ($\tan \delta$)

DAFTAR LAMPIRAN

NO. LAMPIRAN	JUDUL LAMPIRAN
LAMPIRAN 1	HASIL LULUS TURNITIN BAB I
LAMPIRAN 2	HASIL LULUS TURNITIN BAB II
LAMPIRAN 3	HASIL LULUS TURNITIN BAB III
LAMPIRAN 4	HASIL LULUS TURNITIN BAB IV
LAMPIRAN 5	HASIL LULUS TURNITIN BAB V