

## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul "PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP MIMO 4X4 *PATCH* SEGITIGA DENGAN *BUTLER MATRIX* UNTUK APLIKASI LTE 2.3 GHz" tepat pada waktunya. Maksud dari penyusunan proyek akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan program Studi Diploma III pada Jurusan Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Telkom Jakarta.

Dalam penyusunan proyek akhir ini, tidak terlepas dari dukungan beberapa pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang selalu memberikan kemudahan, kekuatan, kelancaran, dan kesehatan sehingga penulis mampu menyelesaikan proyek akhir ini.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan doa yang melimpah serta dukungan dalam pembuatan proyek akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Agus Achmad Suhendra, M.T selaku Rektor Institut Teknologi Telkom Jakarta.
4. Ibu Nadia Media Rizka, S.T., M.Eng selaku Dosen pembimbing atas segala bimbingan dan arahan yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini.
5. Bapak Muhammad Royhan, S.T., M.T selaku dosen wali penulis di kelas D3TT-19-001 yang selalu membantu dan mempermudah dalam proses pemberkasan kelulusan penulis.
6. Teman-teman D3-TT-19-001 yang selalu mendukung dan juga memberikan semangat kepada penulis.
7. Hapsari Juris, Zahra Ghina dan teman-teman seperjuangan antenna lainnya yang telah mendukung dan bertukar informasi sehingga penulis bisa menyelesaikan proyek akhir ini.
8. Bang Quraisyi dan Bang Arfan selaku alumni Institut Teknologi Telkom Jakarta yang telah membantu penulis memberikan arahan dalam pengerjaan proyek akhir ini.
9. Semua teman-teman penulis di Institut Teknologi Telkom Jakarta yang tidak bisa ditulis satu-persatu yang telah memberikan kontribusi untuk penyelesaian Proyek Akhir ini.
10. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting.*

Dalam penyusunan proyek akhir ini penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyajian tulisan ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan dalam penulisan proyek akhir ini. Semoga proyek akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya dan juga bermanfaat bagi penulis pada khususnya.

Tangerang, 15 September 2022



Cindy Alfianita Hasibuan

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR RUMUS</b> .....	xvi
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	xvii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 <b>Latar Belakang</b> .....	1
1.2 <b>Rumusan Masalah</b> .....	3
1.3 <b>Batasan Masalah</b> .....	3
1.4 <b>Tujuan Penelitian</b> .....	3
1.5 <b>Manfaat Penelitian</b> .....	4
1.6 <b>Metodologi Penelitian</b> .....	4
1.7 <b>Sistematika Penulisan</b> .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	6
2.1 <b><i>Long Term Evolution (LTE)</i></b> .....	6
2.2 <b>Antena</b> .....	6
2.2.1 <b>Antena Mikrostrip</b> .....	7
2.2.2 <b>Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segitiga</b> .....	9
2.3 <b>Antena <i>Array</i></b> .....	9
2.4 <b>MIMO (Multiple Input Multiple Output)</b> .....	10
2.5 <b>Metode <i>Butler matrix 4x4</i></b> .....	11
2.5.1 <b><i>Hybrid 90°</i></b> .....	12
2.5.2 <b><i>Phase shifter</i></b> .....	13
2.5.3 <b><i>Crossover Coupler</i></b> .....	13
2.6 <b>Parameter Antena Mikrostrip</b> .....	14
2.6.1 <b><i>Return loss (RL)</i></b> .....	14
2.6.2 <b><i>VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)</i></b> .....	14
2.6.3 <b>Lebar Pita (<i>Bandwidth</i>) Antena</b> .....	15
2.6.4 <b>Pola Radiasi</b> .....	16
2.6.5 <b>Penguatan (<i>Gain</i>) Antena</b> .....	17
2.7 <b>Teknik Pencatuan <i>Microstrip Line</i></b> .....	17
2.8 <b><i>Software AWR Design Environment</i></b> .....	18
<b>BAB III PERANCANGAN ANTENA DAN SIMULASI</b> .....	20

3.1	Studi Kasus.....	20
3.2	Alat dan Bahan Perancangan Antena.....	20
3.3	Diagram Alir Perancangan Antena.....	21
3.4	Spesifikasi Parameter Antena.....	23
3.5	Spesifikasi Bahan Antena.....	23
3.6	Perhitungan Dimensi Antena Mikrostrip.....	24
3.6.1	Perhitungan Dimensi Saluran Pencatu.....	24
3.6.2	Perhitungan Jarak Antar <i>Patch</i> Antena.....	27
3.6.3	Perhitungan Antena Mikrostrip MIMO 2x2.....	28
3.7	Perancangan Desain Antena.....	29
3.7.1	Perancangan Antena Mikrostrip <i>Single Patch</i> Segitiga.....	29
3.7.2	Hasil Simulasi Perancangan Antena Mikrostrip <i>Single Patch</i> Segitiga.....	32
3.7.3	Perancangan Antena Mikrostrip <i>Array 2x1</i> .....	34
3.7.4	Hasil Simulasi Perancangan Antena Mikrostrip <i>Array 2x1</i> .....	37
3.7.5	Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 2x2.....	39
3.7.6	Hasil Simulasi Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 2x2.....	41
3.7.7	Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4x4.....	45
3.7.8	Hasil Simulasi Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4x4.....	46
3.8	Perhitungan Dimensi <i>Butler matrix 4x4</i> .....	51
3.8.1	Perancangan <i>Butler matrix 4x4</i> .....	53
3.8.2	Hasil Simulasi Perancangan <i>Butler matrix 4x4</i> .....	54
3.9	Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4x4 dengan <i>Butler matrix 4x4</i> .....	59
3.10	Hasil Simulasi Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4x4 dengan <i>Butler Matrix 4x4</i> .....	61
<b>BAB IV HASIL OPTIMASI DAN PERBANDINGAN.....</b>		<b>64</b>
4.1	Umum.....	64
4.2	Rancangan Akhir Hasil Optimasi.....	64
4.3	Hasil Simulasi Optimasi Antena Mikrostrip MIMO 4x4 dengan <i>Butler Matrix 4x4</i>	66
4.4	Analisa Perbandingan Hasil Simulasi Antena Mikrostrip MIMO 4x4 Sebelum dan Sesudah Penambahan <i>Butler matrix 4x4</i> .....	73
4.4.1	Analisa Perbandingan VSWR.....	73
4.4.2	Analisa Perbandingan <i>Return loss</i> .....	73
4.4.3	Analisa Perbandingan <i>Bandwidth</i> .....	74
4.4.4	Analisa Perbandingan <i>Gain</i> .....	75
4.4.5	Analisa Perbandingan <i>Mutual coupling</i> .....	76
4.4.6	Analisa Perbandingan Koefisien Korelasi.....	76
4.4.7	Analisa Perbandingan Pola Radiasi.....	77

4.5	Tabel Hasil Akhir Perbandingan.....	78
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>		<b>80</b>
5.1	Kesimpulan.....	80
5.2	Saran.....	81
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>82</b>

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1	Konsep Dasar Antena [11].....	7
Gambar 2.2	Struktur Antena Mikrostrip [11].....	7

Gambar 2.3 Bentuk Patch Antena [11].....	8
Gambar 2.4 Sistem MIMO [2].....	11
Gambar 2.5 Skema Butler matrix 4x4 [13].....	12
Gambar 2.6 Hybrid coupler 90° [14].....	12
Gambar 2.7 Crossover Coupler [14].....	13
Gambar 2.8 Rentang Frekuensi Bandwidth [11].....	15
Gambar 2.9 Pola Radiasi Antena Unidirectional dan Omnidirectional [15].....	16
Gambar 2.10 Teknik Pencatua Feed line [13].....	18
Gambar 2.11 Software AWR Design Environment V.2009.....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Antena.....	22
Gambar 3.2 Nilai Lebar Saluran Pencatua Untuk Impedansi 50 $\Omega$ dengan PCAAD.....	25
Gambar 3.3 Nilai Lebar Saluran Pencatua Untuk Impedansi 100 $\Omega$ dengan PCAAD.....	26
Gambar 3.4 Nilai Lebar Saluran Pencatua Untuk Impedansi 70,71 $\Omega$ dengan PCAAD.....	27
Gambar 3.5 Desain Awal Antena Mikrostrip Single Patch Segitiga.....	30
Gambar 3.6 Rancangan Antena Single Patch Segitiga Setelah Optimasi.....	32
Gambar 3.7 Hasil VSWR Antena Single Patch.....	32
Gambar 3.8 Hasil Return loss Antena Single Patch.....	33
Gambar 3.9 Hasil Gain Antena Single Patch.....	34
Gambar 3.10 Pola Radiasi Antena Single Patch.....	34
Gambar 3.11 Rancangan Antena Mikrostrip Array 2x1.....	35
Gambar 3.12 Rancangan Antena Mikrostrip Array 2x1 Setelah Optimasi.....	37
Gambar 3.13 Hasil VSWR Antena Mikrostrip Array 2x1.....	37
Gambar 3.14 Hasil Return loss Antena Mikrostrip Array 2x1.....	38
Gambar 3.15 Hasil Gain Antena Mikrostrip Array 2x1.....	38
Gambar 3.16 Pola Radiasi Antena Mikrostrip Array 2x1.....	39
Gambar 3.17 Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 2x2.....	40
Gambar 3.18 Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 2x2 Setelah Optimasi.....	41
Gambar 3.19 Hasil VSWR Antena Mikrostrip MIMO 2x2.....	41
Gambar 3.20 Hasil Return loss Antena Mikrostrip MIMO 2x2.....	42
Gambar 3.21 Hasil Gain Antena Mikrostrip MIMO 2x2.....	43
Gambar 3.22 Hasil Mutual coupling Antena Mikrostrip MIMO 2x2.....	44
Gambar 3.23 Pola Radiasi Antena Mikrostrip MIMO 2x2 (a) Port 1 (b) Port 2.....	45
Gambar 3.24 Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4x4.....	45
Gambar 3.25 Hasil Simulasi VSWR Antena Mikrostrip MIMO 4x4.....	46
Gambar 3.26 Hasil Return loss Antena Mikrostrip MIMO 4x4.....	46
Gambar 3.27 Hasil Gain Antena Mikrostrip Antena MIMO 4x4.....	48
Gambar 3.28 Nilai Mutual coupling Antena Mikrostrip MIMO 4x4.....	49

Gambar 3.29 Pola Radiasi Antena Mikrostrip MIMO 4x4 (a) Port 1 (b) Port 2 (c) Port 3 (d) Port 4.....	51
Gambar 3.30 Perhitungan lebar saluran $Z_0 = 50 \Omega$ dengan PCAAD.....	52
Gambar 3.31 Perhitungan lebar saluran $Z_{02} = 35,35 \Omega$ dengan PCAAD.....	52
Gambar 3.32 Desain Hybrid $90^\circ$ .....	53
Gambar 3.33 Desain Phase Shifter $45^\circ$ .....	54
Gambar 3.34 Desain Butler Matrix 4x4.....	54
Gambar 3.35 Hasil Simulasi Return Loss Hybrid $90^\circ$ .....	55
Gambar 3.36 Hasil Simulasi VSWR Hybrid $90^\circ$ .....	55
Gambar 3.37 Hasil Simulasi Return Loss Phase Shifter $45^\circ$ .....	56
Gambar 3.38 Hasil Simulasi VSWR Phase Shifter $45^\circ$ .....	57
Gambar 3.39 Hasil Simulasi Return loss Rancangan Butler Matrix 4x4.....	58
Gambar 3.40 Hasil Simulasi VSWR Rancangan Butler Matrix 4x4.....	58
Gambar 3.41 Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4x4 dengan Butler Matrix 4x4.....	59
Gambar 3.42 Hasil VSWR Antena MIMO 4x4 dengan Butler Matrix 4x4.....	61
Gambar 3.43 Hasil Return loss Antena MIMO 4x4 dengan Butler Matrix 4x4.....	61
Gambar 3.44 Hasil Gain Antena MIMO 4x4 dengan Butler Matrix 4x4.....	63
Gambar 4.1 Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4x4 dengan Butler Matrix Setelah Optimasi.....	66
Gambar 4.2 Hasil Simulasi VSWR Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4x4 dengan Butler Matrix 4x4 Setelah Optimasi.....	66
Gambar 4.3 Hasil Simulasi Return loss Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4x4 dengan Butler Matrix 4x4 Setelah Optimasi.....	67
Gambar 4.4 Hasil Simulasi Gain Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4x4 dengan Butler matrix Setelah Optimasi.....	69
Gambar 4.5 Hasil Simulasi Mutual coupling Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4x4 dengan Butler Matrix 4x4 Setelah Optimasi.....	70
Gambar 4.6 Pola Radiasi Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 4x4 dengan Butler Matrix 4x4 Setelah Optimasi (a) Port 1 (b) Port 2 (c) Port 3 (d) Port 4.....	72
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan VSWR.....	73
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Return loss.....	74
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Bandwidth.....	75
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Gain.....	75
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Mutual coupling.....	76
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Koefisien Korelasi.....	77
Gambar 4.13 Perbandingan Pola Radiasi.....	77

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Parameter Antena.....	23
Tabel 3.2 Spesifikasi Bahan Antena.....	23
Tabel 3.3 Optimasi Rancangan Antena Single Patch Segitiga.....	30



Tabel 3.4 Hasil Simulasi Optimasi Rancangan Antena Single Patch Segitiga.....	31
Tabel 3.5 Dimensi Rancangan Antena Array 2x1 Sebelum Optimasi.....	35
Tabel 3.6 Ukuran Optimasi Rancangan Antena Array 2x1.....	36
Tabel 3.7 Hasil Simulasi Optimasi Antena Array 2x1.....	36
Tabel 3.8 Optimasi Rancangan Antena Mikrostrip MIMO 2x2.....	40
Tabel 3.9 Hasil Simulasi Optimasi Rancangan Antena Mikrostrip MIMO 2x2.....	40
Tabel 3.10 Hasil Simulasi Hybrid 90°.....	56
Tabel 3.11 Hasil Simulasi Phase Shifter 45°.....	57
Tabel 3.12 Hasil Simulasi Return loss Rancangan Butler Matrix 4x4.....	58
Tabel 3.13 Hasil Simulasi VSWR Rancangan Butler Matrix 4x4.....	59
Tabel 3.14 Dimensi Antena Mikrostrip MIMO 4x4 dengan Butler Matrix 4x4.....	60
Tabel 4.1 Optimasi Rancangan Antena Mikrostrip MIMO 4x4 dengan Butler matrix.....	64
Tabel 4.2 Hasil Simulasi Optimasi Rancangan Antena Mikrostrip MIMO 4x4 dengan Butler Matrix 4x4.....	65
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Simulasi Antena.....	79

## DAFTAR RUMUS

(2.1) Rumus Frekuensi Resonansi.....	9
--------------------------------------	---

(2.2) Rumus Frekuensi Resonansi dari Penerapan Mode Dominan $TM_{10}$ .....	9
(2.3) Rumus Panjang Segitiga Sama Sisi.....	9
(2.4) Rumus Jarak Antar <i>Patch</i> Antena.....	10
(2.5) Rumus Menghitung Koefisien Korelasi.....	11
(2.6) Rumus Menghitung Panjang Saluran.....	13
(2.7) Rumus Panjang Gelombang $\lambda_0$ .....	13
(2.8) Rumus Untuk <i>Return loss</i> .....	14
(2.9) Rumus Untuk VSWR.....	14
(2.10) Rumus Mencari VSWR dari koefisien refleksi ( $\Gamma$ ).....	15
(2.11) Rumus Untuk Mencari Nilai <i>Bandwidth</i> .....	15
(2.12) Rumus Untuk Mencari Nilai <i>Bandwidth</i> Dalam Persen.....	15
(2.13) Rumus Untuk <i>Gain</i> .....	17
(2.14) Rumus Untuk Impedansi Saluran.....	18
(2.15) Rumus Untuk Mencari Lebar Saluran Pencatu.....	18
(3.1) Perhitungan Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segitiga.....	24
(3.2) Perhitungan Nilai B Impedansi 50 Ohm.....	24
(3.3) Perhitungan Lebar Saluran Pencatu 50 Ohm.....	24
(3.4) Perhitungan Nilai B Impedansi 100 Ohm.....	25
(3.5) Perhitungan Lebar Saluran Pencatu 100 Ohm.....	26
(3.6) Perhitungan Nilai B Impedansi 70,71 Ohm.....	26
(3.7) Perhitungan Lebar Saluran Pencatu 70,71 Ohm.....	27
(3.8) Perhitungan Jarak Antar <i>Patch</i> Antena.....	28
(3.9) Perhitungan Panjang Gelombang.....	28
(3.10) Perhitungan Nilai Jarak <i>Linear Array Horizontal</i> .....	28
(3.11) Perhitungan Jarak Antena MIMO 2x2.....	28
(3.12) Perhitungan Panjang Gelombang.....	28
(3.13) Perhitungan Jarak Antar Elemen Antena.....	29

## DAFTAR SINGKATAN

LTE : *Long Term Evolution*

EDGE	: <i>Enhanced Data rates for GSM Evolution</i>
GSM	: <i>Global System for Mobile Communications</i>
HSPA	: <i>High-Speed Packet Access</i>
MIMO	: <i>Multiple-Input Multiple-Output</i>
VSWR	: <i>Voltage Standing Wave Ratio</i>
RL	: <i>Return loss</i>
GHz	: Giga Hertz
MHz	: Mega Hertz
Hz	: Hertz
3GPP	: <i>Third Generation Partnership Project</i>
UMTS	: <i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
WCDMA	: <i>Wideband Code-Division Multiple Access</i>
HSDPA	: <i>High-Speed Downlink Packet Access</i>
4G	: <i>four-generation</i>
3G	: <i>third-generation</i>
IPTV	: <i>Internet Protocol Television</i>
WLAN	: <i>Wireless Local Area Network</i>
PER/M.KOMINFO	: Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika
FR-4	: <i>Flame Retardant 4</i>
dB	: decibel
3D	: <i>three-dimensional</i>
PCAAD	: <i>Personal Computer Aided Antenna Design</i>
cm	: centimeter
mm	: millimeter
Mbps	: Megabit per second

## DAFTAR NOTASI

$\epsilon_r$	= Konstanta dielektrik relative
h	= Ketebalan substrat (mm)

$f_r$	= Frekuensi resonansi (GHz)
$c$	= Kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$ m/det)
$a$	= Panjang sisi segitiga sama sisi (mm)
$\mu_{eff}$	= Efektif permitivity bahan dielektrikum
$m, n$	= Notasi mode
$\rho$	= Koefisien korelasi
$\Gamma$	= Koefisien refleksi
$Z_1$	= Impedansi beban (load)
$Z_2$	= Impedansi saluran <i>lossless</i> .
$f_1$	= Frekuensi terendah (Hz)
$f_2$	= Frekuensi tertinggi (Hz)
$f_c$	= Frekuensi tengah (Hz)
$BW$	= <i>Bandwidth</i> (Hz)
$(G_{ot}) dB$	= <i>Gain</i> antenna <i>transmitter</i> (dB)
$(G_{or}) dB$	= <i>Gain</i> antenna <i>receiver</i> (dB)
$P_r$	= <i>Received power</i> (W)
$P_t$	= <i>Transmitted power</i> (W)
$R$	= Diagonal antenna (m)
$\lambda$	= Panjang gelombang (m)
$\tan \delta$	= Dielektrik <i>Loss Tangent</i>
$U_r$	= Konstanta Permeabilitas Relatif
$W_o$	= Lebar saluran pencatu (mm)
$Z_o$	= Impedansi karakteristik
$B$	= Impedansi pada saluran
$\pi$	= Phi
$S$	= <i>Scattering Parameters</i> ( <i>S-Parameters</i> )