

SKRIPSI

RANCANG BANGUN ANTENA MIMO UNTUK TEKNOLOGI 5G



*Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan
program Strata Satu Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik*

Universitas Hasanuddin

Makassar

Disusun Oleh:

NITA AMELIA L

D411 16 001

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2020

HALAMAN JUDUL

RANCANG BANGUN ANTENA MIMO UNTUK TEKNOLOGI 5G

OLEH :

NITA AMELIA L

D411 16 001

*Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan
program Strata Satu Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik*

Universitas Hasanuddin

Makassar

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2020

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Rancang Bangun Antena MIMO Untuk Teknologi 5G

Disusun Oleh:

Nita Amelia L

D411 16 001

Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan

Program Strata Satu Program Studi Teknik Elektro

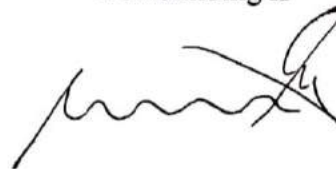
Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Gowa, 23 November 2020

Disahkan Oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.
19691026 199412 2 001

Dr. Elyas Palantei, ST., M.Eng.
19690201 199412 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.
19691026 199412 2 001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini, nama Nita Amelia L, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “RANCANG BANGUN ANTENA MIMO UNTUK TEKNOLOGI 5G”, adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain yang telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggung jawabkan segala resiko.

Gowa, 23 November 2020

Yang membuat pernyataan,

A yellow postage stamp with a black vertical bar on the left. The text on the stamp includes "METERAI TEMPEL", "23AHF737747490", and "6000 RUPIAH". There is a signature written over the stamp.

Nita Amelia L

NIM : D411 16 001

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya, kesehatan serta petunjuk serta kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Antena MIMO untuk Teknologi 5G”. Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam isi tugas akhir ini sehingga semua kritik dan saran akan sangat bermanfaat untuk penulis agar dapat lebih baik lagi dikemudian hari.

Pembuatan laporan ini berdasarkan perkembangan dunia telekomunikasi yang semakin hari semakin pesat di dunia dan MIMO merupakan salah satu bagian dari perkembangan tersebut. Tujuan penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat kelulusan pada Pendidikan Strata Satu (S1) Fakultas Teknik Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan, dukungan, dan doanya. Penulis mengucapkan terima kasih antara lain kepada:

1. Kedua Orang tua penulis yang tak pernah lelah memberikan dukungan, bantuan, dan doa.
2. Kak Nurfitriani dan Kak Rayvaldo Stefan yang telah senantiasa memberikan waktu, ilmu, dan masukan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. selaku pembimbing 1 dan Bapak Dr. Elyas Palentei, S.T., M.Eng. selaku Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, saran, dukungan, dan motivasinya dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Ibu Merna Baharuddin S.T., M.Tel.Eng.,Ph.D. selaku Penguji 1, dan Ibu Andini Achmad, S.T., M.T. selaku Penguji 2 yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini.

5. Saudara Cahya Rezky Prihatmoko yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan membantu saat melakukan fabrikasi antena.
6. Saudari Dhea Mursyid dan Firda Zhafirah yang senantiasa berbagi waktu, ilmu, maupun motivasi selama masa-masa perkuliahan.
7. Bapak/Ibu dosen dan staff Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak memberikan ilmu yang tidak terbatas selama kuliah dan membantu untuk kelancaran proses penyusunan skripsi ini.
8. Saudari Mutiah Rayhana yang telah senantiasa berbagi waktu dan memberikan dukungan selama melaksanakan kegiatan riset di Lab Antena Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
9. Teman-teman VIBRATE yang selalu menemani dan memberikan motivasi dari awal masuk perkuliahan sampai akhir perkuliahan.
10. Teman-teman Fidas Squad yaitu Amin, Aidil, dan, Adnan yang turut membantu tugas akhir ini
11. Seluruh teman-teman EXCITER'16 yang selalu berbagi kebahagiaan, waktu, dan kesedihan selama berproses menjadi mahasiswa.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis, dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan

Makassar, 23 November 2020

Nita Amelia L

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan Penulisan	4
I.4 Manfaat Penulisan	4
I.5 Batasan Masalah	5
I.6 Metode Penelitian.....	5
I.7 Sistematika Penulisan	7
BAB II	8
II.1 Antena.....	8
II.1.1 Pola Radiasi.....	9
II.1.2 Diagram Radiasi	11
II.1.3 Radiation Pattern Lobes	13
II.1.4 Direktivitas dan Gain.....	14
II.1.5 Polarisasi	15
II.1.6 <i>Scattering Parameter</i> dan <i>Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)</i>	18
II.1.7 <i>Bandwidth</i>	18
II.2 <i>Plannar Inverted F-Antenna (PIFA)</i>	19
II.3 <i>Multiple Input Multiple Output (MIMO)</i>	20

II.4 Antena Array	22
II.5 Self-Phased Feeding Network.....	22
II.6 Mutual Coupling	23
II.7 Jarak Antar Elemen	24
II.8 Stripline sebagai Saluran Pencatu.....	25
II.9 Teknologi 5G.....	28
BAB III.....	29
III.1 Perangkat yang Digunakan	29
III.2 Spesifikasi Antena.....	30
III.3 Diagram Alir Perancangan.....	31
III.4 Penjelasan Diagram Alir	32
III.5 Desain Antena	33
III.5.1 Penentuan Desain Awal Antena	33
III.5.2 Penentuan Desain Awal MIMO Array	35
III.5.2.1 Modifikasi Desain Antena MIMO Array.....	37
III.5.3 Penentuan Desain Casing Antena.....	43
III.5.4 Penentuan Desain <i>Human Hand</i> terhadap Antena.....	44
III.5.4.1 Desain <i>Human Hand</i> menutupi Port 1	45
III.5.4.2 Desain <i>Human Hand</i> menutupi Port 2	48
III.5.4.3 Desain <i>Human Hand</i> menutupi bagian Tengah Antena	50
III.5.5 Desain Akhir Antena	52
BAB IV	62
IV.1 Hasil Fabrikasi	62
IV.2 Hasil Pengukuran.....	62
IV.2.1 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> VSWR, <i>Mutual Coupling</i> di <i>Free Space</i>	63
IV.2.2 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> ,VSWR, <i>Mutual Coupling</i> saat menggunakan <i>Casing</i>	70
IV.2.3 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> , VSWR, <i>Mutual Coupling</i> pada <i>Human</i> <i>Hand Port 1</i>	76
IV.2.4 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> , VSWR, <i>Mutual Coupling</i> pada <i>Human</i> <i>Hand Port 2</i>	82

IV.2.5 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> , <i>VSWR</i> , <i>Mutual Coupling</i> pada <i>Human Hand</i> Tengah Antena	87
IV.2.6 Hasil Pengukuran Pola Radiasi, dan <i>Gain</i>	94
IV.2.7 Hasil Simulasi Menggunakan Mikrokontroller	117
IV.3 Analisis Hasil Pengukuran	120
IV.3.1 Analisis <i>Return Loss</i>	120
IV.3.2 Analisis Pola Radiasi dan <i>Gain</i>	121
IV.3.3 Nilai <i>Error</i>	121
BAB V PENUTUP	125
V.1 Simpulan.....	125
V.2 Saran	126
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRAN.....	129

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Koordinat Bola	9
Gambar II. 2. Pola Radiasi 3D	10
Gambar II. 3. Radiasi plot kutub	10
Gambar II. 4. Plot persegi panjang dari pola radiasi	11
Gambar II. 5. Diagram radiasi tiga dimensi dari antena dipole	12
Gambar II. 6. (a) <i>Radiation Lobes</i> dan <i>Beamwidth</i> pada Pola Radiasi. (b) Plot linear dari pola radiasi serta <i>lobe</i> dan <i>beamwidth</i> nya[9]	14
Gambar II. 7. Polarisasi Linier	16
Gambar II. 8. Polarisasi Melingkar	17
Gambar II. 9. Polarisasi <i>Elips</i>	17
Gambar II. 10. <i>Bandwith</i>	19
Gambar II. 11. Desain Antena PIFA	20
Gambar II. 12. Sistem MIMO	21
Gambar II. 13. Efek <i>Mutual Coupling</i> pada antena <i>array</i>	23
Gambar II. 14. Saluran pencatu	25
Gambar II. 15. Rangkaian <i>Divider T-Junction</i>	26
Gambar III. 1. Desain awal patch Antena (a) Tampak Atas, (b) Tampak Samping, (c) Tampak Belakang	35
Gambar III. 2. Desain Awal Antena MIMO <i>Array</i> (a) Tampak Depan, (b) Tampak Belakang, (c) Dimensi <i>T-Junction</i>	37
Gambar III. 3. <i>T-Junction</i> Sebelum di Modifikasi	38
Gambar III. 4. Nilai <i>Return Loss</i> sebelum Modifikasi (a) <i>Return Loss Port 1</i> , (b) <i>Return Loss Port 2</i>	38
Gambar III. 5. Desain antena setelah modifikasi (a) Jarak antar elemen, (b) <i>Groundplane</i> dan <i>Substrate</i>	40
Gambar III. 6. Nilai <i>Return Loss</i> setelah Modifikasi (a) <i>Return Loss Port 1</i> , (b) <i>Return Loss Port 2</i>	41
Gambar III. 7. Dimensi <i>T-junction</i> setelah modifikasi	41
Gambar III. 8. Nilai <i>Return Loss</i> setelah Modifikasi (a) <i>Return Loss Port 1</i> , (b) <i>Return Loss Port 2</i>	42

Gambar III. 9. Desain <i>Casing</i> Antena.....	43
Gambar III. 10. (a) Nilai <i>Return Loss port 1</i> , (b) Nilai <i>Return Loss port 2</i>	44
Gambar III. 11. Desain <i>Human Hand di Port 1</i> (a) Tampak Depan, (b) Tampak Belakang, (c) Tampak Samping.....	47
Gambar III. 12. (a) Nilai <i>Return Loss Port 1</i> , (b) Nilai <i>Return Loss Port 2</i>	47
Gambar III. 13. Desain <i>Human Hand di Port 2</i> (a) Tampak Depan, (b) Tampak Belakang, (c) Tampak Samping.....	49
Gambar III. 14. (a) Nilai <i>Return Loss Port 1</i> , (b) Nilai <i>Return Loss Port 2</i>	49
Gambar III. 15. Desain <i>Human Hand</i> di tengah antena (a) Tampak Depan, (b) Tampak Belakang, (c) Tampak Samping.....	51
Gambar III. 16. (a) Nilai <i>Return Loss Port 1</i> , (b) Nilai <i>Return Loss Port 2</i>	52
Gambar III. 17. Desain Antena MIMO Array (a) Tampak Depan Keseluruhan, (b) Tampak Belakang, (c) Tampak Depan Patch, (d) Tampak Samping.....	54
Gambar III. 18. Hasil akhir simulasi antena MIMO Array.....	55
Gambar III. 19. Nilai VSWR pada, (a) <i>Port 1</i> , (b) <i>Port 2</i>	57
Gambar III. 20. Animasi <i>H-Field</i> dari Antena MIMO Array (a) <i>Port 1</i> dan (b) <i>Port 2</i>	59
Gambar III. 21. Pola Radiasi Antena <i>Port 1</i> Dalam Bentuk Polar (a) Φ 0/ θ (b) Φ 90/ θ	60
Gambar III. 22. Pola Radiasi Antena <i>Port 2</i> Dalam Bentuk Polar (a) Φ 0/ θ (b) Φ 90/ θ	60
Gambar III. 23. Pola Radiasi Antena Dalam Bentuk 3D (a) <i>Port 1</i> (b) <i>Port 2</i>	61
Gambar IV. 1. Antena yang Telah Difabrikasi	62
Gambar IV. 2. Konfigurasi Pengukuran, (a) <i>Return Loss</i> dan VSWR, (b) <i>Mutual Coupling</i>	64
Gambar IV. 3. Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> (a) <i>Port 1</i> (b) <i>Port 2</i>	65
Gambar IV. 4. Perbandingan <i>Return Loss</i> Pengukuran dan Simulasi (a) <i>Port 1</i> (b) <i>Port 2</i>	66
Gambar IV. 5. Grafik VSWR dari antena yang telah diukur, (a) <i>Port 1</i> , (b) <i>Port 2</i>	67

Gambar IV. 6. Grafik <i>Mutual Coupling</i> dari antenna yang telah diukur, (a) <i>Port 1</i> , (b) <i>Port 2</i>	68
Gambar IV. 7. Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> (a) <i>Port 1</i> (b) <i>Port 2</i>	71
Gambar IV. 8. Perbandingan <i>Return Loss</i> Pengukuran dan Simulasi (a) <i>Port 1</i> (b) <i>Port 2</i>	72
Gambar IV. 9. Grafik <i>VSWR</i> dari antenna yang telah diukur, (a) <i>Port 1</i> , (b) <i>Port 2</i>	73
Gambar IV. 10. Grafik <i>Mutual Coupling</i> dari antenna yang telah diukur, (a) <i>Port 1</i> , (b) <i>Port 2</i>	74
Gambar IV. 11. Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> (a) <i>Port 1</i> (b) <i>Port 2</i>	77
Gambar IV. 12. Perbandingan <i>Return Loss</i> Pengukuran dan Simulasi (a) <i>Port 1</i> (b) <i>Port 2</i>	78
Gambar IV. 13. Grafik <i>VSWR</i> dari antenna yang telah diukur, (a) <i>Port 1</i> ,(b) <i>Port 2</i>	79
Gambar IV. 14. Grafik <i>Mutual Coupling</i> dari antenna yang telah diukur, (a) <i>Port 1</i> , (b) <i>Port 2</i>	80
Gambar IV. 15. Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> (a) <i>Port 1</i> (b) <i>Port 2</i>	83
Gambar IV. 16. Perbandingan <i>Return Loss</i> Pengukuran dan Simulasi (a) <i>Port 1</i> (b) <i>Port 2</i>	84
Gambar IV. 17. Grafik <i>VSWR</i> dari antenna yang telah diukur, (a) <i>Port 1</i> , (b) <i>Port 2</i>	85
Gambar IV. 18. Grafik <i>Mutual Coupling</i> dari antenna yang telah diukur, (a) <i>Port 1</i> , (b) <i>Port 2</i>	86
Gambar IV. 19. Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> (a) <i>Port 1</i> (b) <i>Port 2</i>	88
Gambar IV. 20. Perbandingan <i>Return Loss</i> Pengukuran dan Simulasi (a) <i>Port 1</i> (b) <i>Port 2</i>	89
Gambar IV. 21. Grafik <i>VSWR</i> dari antenna yang telah diukur, (a) <i>Port 1</i> , (b) <i>Port 2</i>	91
Gambar IV. 22. Grafik <i>Mutual Coupling</i> dari antenna yang telah diukur, (a) <i>Port 1</i> , (b) <i>Port 2</i>	92
Gambar IV. 23. Konfigurasi Pengukuran Pola Radiasi dan <i>Gain</i>	94

Gambar IV. 24. Pola Radiasi pada <i>Port 1</i> di <i>Free Space</i> (a) $\Phi 90/\Theta$, (b) $\Phi 0/\Theta$ dan Normalisasi <i>Gain</i> (c) $\Phi 90/\Theta$, (d) $\Phi 0/\Theta$	97
Gambar IV. 25. Pola Radiasi pada <i>Port 2</i> di <i>Free Space</i> (a) $\Phi 90/\Theta$, (b) $\Phi 0/\Theta$ dan Normalisasi <i>Gain</i> (c) $\Phi 90/\Theta$, (d) $\Phi 0/\Theta$	99
Gambar IV. 26. Pola Radiasi pada <i>Port 1</i> di <i>Casing</i> (a) $\Phi 90/\Theta$, (b) $\Phi 0/\Theta$ dan Normalisasi <i>Gain</i> (c) $\Phi 90/\Theta$, (d) $\Phi 0/\Theta$	101
Gambar IV. 27. Pola Radiasi pada <i>Port 2</i> di <i>Casing</i> (a) $\Phi 90/\Theta$, (b) $\Phi 0/\Theta$ dan Normalisasi <i>Gain</i> (c) $\Phi 90/\Theta$, (d) $\Phi 0/\Theta$	103
Gambar IV. 28. Pola Radiasi pada <i>Port 1</i> di <i>Human Hand Port 1</i> (a) $\Phi 90/\Theta$, (b) $\Phi 0/\Theta$ dan Normalisasi <i>Gain</i> (c) $\Phi 90/\Theta$, (d) $\Phi 0/\Theta$	105
Gambar IV. 29. Pola Radiasi pada <i>Port 2</i> di <i>Human Hand Port 1</i> (a) $\Phi 90/\Theta$, (b) $\Phi 0/\Theta$ dan Normalisasi <i>Gain</i> (c) $\Phi 90/\Theta$, (d) $\Phi 0/\Theta$	107
Gambar IV. 30. Pola Radiasi pada <i>Port 1</i> di <i>Human Hand Port 2</i> (a) $\Phi 90/\Theta$, (b) $\Phi 0/\Theta$ dan Normalisasi <i>Gain</i> (c) $\Phi 90/\Theta$, (d) $\Phi 0/\Theta$	109
Gambar IV. 31. Pola Radiasi pada <i>Port 2</i> di <i>Human Hand Port 2</i> (a) $\Phi 90/\Theta$, (b) $\Phi 0/\Theta$ dan Normalisasi <i>Gain</i> (c) $\Phi 90/\Theta$, (d) $\Phi 0/\Theta$	111
Gambar IV. 32. Pola Radiasi pada <i>Port 1</i> di <i>Human Hand Port Tengah</i> (a) $\Phi 90/\Theta$, (b) $\Phi 0/\Theta$ dan Normalisasi <i>Gain</i> (c) $\Phi 90/\Theta$, (d) $\Phi 0/\Theta$	113
Gambar IV. 33. Pola Radiasi pada <i>Port 2</i> di <i>Human Hand Port Tengah</i> (a) $\Phi 90/\Theta$, (b) $\Phi 0/\Theta$ dan Normalisasi <i>Gain</i> (c) $\Phi 90/\Theta$, (d) $\Phi 0/\Theta$	115
Gambar IV. 34. Konfigurasi Simulasi menggunakan Mikrokontroler	118

DAFTAR TABEL

Tabel IV. 1. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran di <i>Free Space</i> pada <i>port 1</i>	69
Tabel IV. 2. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran di <i>Free Space</i> pada <i>port 2</i>	69
Tabel IV. 3. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran di <i>Casing</i> pada <i>port 1</i>	75
Tabel IV. 4. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran di <i>Casing</i> pada <i>port 2</i>	75
Tabel IV. 5. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran di <i>Human Hand Port 1</i> pada <i>port 1</i>	81
Tabel IV. 6. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran di <i>Human Hand Port 1</i> pada <i>port 2</i>	81
Tabel IV. 7. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran di <i>Human Hand Port 2</i> pada <i>port 1</i>	87
Tabel IV. 8. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran di <i>Human Hand Port 2</i> pada <i>port 2</i>	87
Tabel IV. 9. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran di <i>Human Hand</i> Tengah pada <i>port 1</i>	92
Tabel IV. 10. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran di <i>Human Hand</i> Tengah pada <i>port 2</i>	93
Tabel IV. 11. Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran <i>Gain</i>	116
Tabel IV. 12. Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran <i>Beamwidth</i> .	117

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ANTENA MIMO UNTUK TEKNOLOGI 5G

Teknik MIMO merupakan antenna yang memiliki lebih dari satu penerima dan pengirim sehingga cocok diterapkan dalam teknologi 5G. Antena *array* dibuat agar meningkatkan *gain* yang ada. Tujuan dari skripsi ini adalah merancang antenna mimo *array* yang bekerja pada pita frekuensi 5G. Antena dirancang pada *substrate* FR4 dengan $h = 1,6\text{mm}$ dan konstanta dielektrik $\epsilon_r = 4,3$. Jalur antenna *array T-junction* disusun diatas *substarate* antenna .Kemudian antenna di simulasi dalam kondisi menggunakan *casing* dan *human hand* agar dapat dilihat pengaruhnya terhadap parameter antenna. Pengukuran menunjukkan hasil *return loss port 1* dan *port 2* pada *free space* sebesar -39,125dB dan -34,309dB, *return loss port 1* dan *port 2* pada *casing* sebesar -30,755dB dan -30,046dB, *return loss port 1* dan *port 2* pada *human hand port 1* sebesar -22,046dB dan -30,046dB, *return loss port 1* dan *port 2* pada *human hand port 2* sebesar -30,7556dB dan -22,178dB, *return loss port 1* dan *port 2* pada *human hand port* tengah sebesar -21,791dB dan -24,773dB. Antena hasil pengukuran di *port 1* dan *port 2* pada *free space* memiliki *gain* sebesar 5,567dB dan 5,688dB, hasil pengukuran di *port 1* dan *port 2* pada *casing* memiliki *gain* sebesar 5,769dB dan 5,762dB, hasil pengukuran di *port 1* dan *port 2* pada *human hand port 1* memiliki *gain* sebesar 7,565dB dan 5,945dB, hasil pengukuran di *port 1* dan *port 2* pada *human hand port 2* memiliki *gain* sebesar 5,857dB dan 6,883dB, hasil pengukuran di *port 1* dan *port 2* pada *human hand* tengah memiliki *gain* sebesar 5,078dB dan 5,822dB.

Kata kunci— planar, *inverted F*, MIMO, *array*, *return loss*, *gain*, pola radiasi.

ABSTRACT

A MIMO ANTENNA DESIGN FOR 5G TECHNOLOGY

The MIMO technique is an antenna that has more than one receiver and sender so it is suitable for application in 5G technology. The antenna array is made to increase the existing gain. The purpose of this thesis is to design a mimo array antenna that works on the 5G frequency band. The antenna is designed on the FR4 substrate with $h = 1.6\text{mm}$ and dielectric constant $\epsilon_r = 4.3$. The path of the T-junction array antenna is arranged on top of the antenna substrate. Then the antenna is simulated using a casing and a human hand so that the effect can be seen on the antenna parameters. The measurement shows the results of port 1 and port 2 return loss in free space of -39.125dB and -34.309dB , return loss of port 1 and port 2 on the casing of -30.755dB and -30.046dB , return loss port 1 and port 2 on the human hand port 1 is -22.046dB and -30.046dB , return loss port 1 and port 2 on human hand port 2 are -30.755dB and -22.178dB , return loss port 1 and port 2 on the middle human hand port is -21.791dB and -24.773dB . Antennas measured at port 1 and port 2 in free space have a gain of 5.567dB and 5.688dB , the measurement results on port 1 and port 2 on the casing have a gain of 5.769dB and 5.762dB , measurement results on port 1 and port 2 on human hand port 1 has a gain of 7.565dB and 5.945dB , the measurement results at port 1 and port 2 on human hand port 2 have a gain of 5.857dB and 6.883dB , the measurement results on port 1 and port 2 on the middle human hand have a gain of 5.078 dB and 5.822dB .

Keywords— planar, inverted F, MIMO, array, return loss, gain, radiation pattern.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi telekomunikasi telah berkembang pesat diiringi oleh kebutuhan pengguna yang semakin menuntut sistem komunikasi yang handal sebagai penunjang kelancaran aktivitas sehari-hari maupun dalam hal pekerjaan. Pada titik ini teknologi sistem telekomunikasi telah berkembang sampai pada tahap 4th generation (4G). Perkembangan dan transisi antara satu teknologi jaringan dari satu generasi ke generasi berikutnya dimaksudkan dengan tujuan untuk menutupi kekurangan dan mengembangkan teknologi dari generasi pendahulunya, sebagai contoh transisi dari 2nd Generation (2G) ke 3rd Generation (3G) dimaksudkan untuk memungkinkan adanya fungsi transmisi data melalui jaringan internet pada perangkat mobile station (MS) *Mobile Communication* merupakan salah satu teknologi nirkabel yang paling banyak digunakan saat ini. Beberapa dari pengguna layanan telekomunikasi sudah memiliki lebih dari satu perangkat komunikasi yang terhubung ke jaringan. Sehingga tentunya dibutuhkan suatu sistem teknologi transmisi data yang mumpuni yang sanggup menangani setiap proses komunikasi dari pengguna ke jaringan pusat tanpa ada hambatan. Berdasarkan hal ini lahirlah teknologi *5th Generation* (5G). Riset untuk teknologi 5G sudah dilakukan sejak tahun 2012 oleh *European Commission* dan diikuti oleh berbagai vendor besar seperti *Ericsson*, *Huawei*, *NSN*, dan *Samsung* yang nantinya direncanakan akan dapat

digunakan sekitar tahun 2020. Generasi 5G nantinya akan menjadi sistem teknologi tercepat yang menawarkan banyak fitur kepada pengguna [1].

Meningkatnya kebutuhan transfer data cepat dan dalam jumlah yang banyak pada pengguna Wifi mendorong munculnya teknologi dan standar baru. Salah satu cara untuk menghadapi tuntutan tersebut adalah menerapkan teknik MIMO. Teknik MIMO adalah penggunaan lebih dari satu antena pada pengirim maupun penerima. Teknik ini menjadi salah satu solusi kebutuhan transfer data yang lebih cepat dan lebih besar, serta mengatasi *multipath fading*. Agar antar antena tidak saling mempengaruhi, setiap antena harus diberi jarak agar nilai *mutual coupling* kecil. Semakin jauh jarak antena, *mutual coupling* semakin kecil, namun dimensi antenna keseluruhan akan menjadi besar dan sulit diterapkan pada perangkat pengguna [2].

Dalam jurnal penelitian yang dibuat oleh Al-Tarifi MA, Sharawi MS, Shamim A [3]. Antena dengan sistem 72 port (288 antena) yang berbentuk segitiga dengan teknologi *Massive Multi-Input-Multi-Output (mMIMO)* dirancang untuk bekerja di teknologi 5G dimana setiap portnya memiliki 3 lapisan antena dan berisi 24 port. Bandwidth yang dihasilkan oleh antena mMIMO *array* ini sebesar 100MHz dengan rentang frekuensi 3,45GHz-3,55Gz, sedangkan gain yang terukur setiap portnya adalah sebesar 9,41dB.

Dalam jurnal penelitian Yixin Li, Chow-Yen-Desmond Sim, Senior Member, IEEE, Yong Luo, dan Guangli Yang, Member, IEEE [4]. Antena MIMO yang diusulkan beroperasi pada *Long Term Evolution (LTE)* 42 (3400-3600 MHz), LTE *band* 43 (3600-3800 MHz), dan LTE *band* 46 (5150-5925 MHz). Secara total, delapan elemen antena digunakan untuk merancang 8×8 MIMO pada LTE *band*

42/43, dan enam elemen antena dirancang untuk 6×6 MIMO pada LTE *band* 46. Kemudian diperoleh *return loss* berturut-turut lebih baik dari -6 dB dan -12 dB. Efisiensi setiap elemen 40% untuk LTE *band* 42/43 dan 45% untuk LTE *band* 46.

Dalam jurnal penelitian Jong-Hyuk Lim, Zhe-Jun Jin, Chang-Wook Song, dan Tae-Yeoul Yun, Member, IEEE [5]. Antena MIMO yang dikonfigurasi dengan dua saluran untuk tiga frekuensi m-WiMAX, untuk menekan *mutual coupling* mereka memasukkan garis slot berlekuk pada desain antena, *return loss* yang dihasilkan pada antena ini sebesar -25dB.

Dari rujukan penelitian di atas, penulis dapat mengetahui bahwa antena MIMO dapat sangat efisien dan menjanjikan untuk diimplementasikan di teknologi 5G,

Oleh karena itu, pada tugas akhir ini penulis akan merancang sebuah antena MIMO yang mampu bekerja di frekuensi kerja yaitu 4,8GHz untuk diimplementasikan di teknologi 5G. Adapun judul Tugas Akhir ini adalah **RANCANG BANGUN ANTENA MIMO UNTUK TEKNOLOGI 5G.**

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan merealisasikan antena MIMO untuk teknologi 5G?
2. Bagaimana hasil pengukuran parameter antena lewat simulasi menggunakan *software* CST?
3. Bagaimana hasil pengukuran antena yang telah direalisasikan?

4. Bagaimana perbandingan hasil pengukuran antenna yang direalisasikan dan hasil simulasi?

I.3 Tujuan Penulisan

Penelitian ini bertujuan untuk merealisasikan rancang bangun antenna mimo untuk teknologi 5G. Adapun tujuan yang ingin di capai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan merealisasikan antenna MIMO untuk teknologi 5G.
2. Memperoleh dan menganalisis hasil pengukuran parameter antenna lewat simulasi menggunakan software CST.
3. Memperoleh dan menganalisis hasil pengukuran antenna yang telah direalisasikan.
4. Memperoleh dan menganalisis perbandingan hasil pengukuran antenna yang direalisasikan dan hasil simulasi.

I.4 Manfaat Penulisan

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat seperti yang di uraikan di bawah ini :

1. Bagi penulis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi tolak ukur kemampuan penulis, serta menjadi bahan evaluasi mengenai penerapan teori yang ada di perkuliahan.
2. Bagi masyarakat, penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan juga kemampuan berpikir di masyarakat, serta menjadi acuan bagi yang ingin melakukan penelitian serupa.

3. Bagi Institusi Pendidikan Departemen Teknik Elektro & pada bidang Teknologi Telekomunikasi dan Informasi, penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi ilmiah untuk mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan topik antena.

I.5 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan tugas akhir ini akan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Pembuatan desain dan simulasi antena menggunakan *software CST Studio Suite*.
2. Frekuensi kerja 4,8GHz.
3. Parameter antena yang akan diukur meliputi VSWR, *gain*, *return Loss* (S11), pola radiasi, *bandwidth*, dan *mutual coupling*.
4. Pengukuran dilakukan di ruang *chamber* kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

I.6 Metode Penelitian

Adapun metode Penelitian yang digunakan dalam penulisan ini guna menyelesaikan masalah, antara lain :

1. Studi Literatur

Tahap pertama adalah pengumpulan literatur-literatur berupa konsep dan teori, baik berupa artikel, buku referensi, internet, dan sumber-sumber lainnya.

2. Perancangan dan Simulasi

Tahap kedua dari penelitian ini yaitu melakukan perancangan desain antena dan melakukan simulasi untuk mendapatkan parameter-parameter yang diinginkan.

3. Realisasi dan Pengukuran

Setelah tahap kedua selesai, maka tahap ketiga adalah melakukan realisasi dari rancangan antena yang telah dibuat. Kemudian mengukur parameter-parameter yang diinginkan.

4. Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran

Setelah tahap ketiga selesai, maka dilakukan perbandingan dari hasil simulasi yang didapatkan dengan hasil pengukuran di lapangan untuk kemudian dianalisis lebih lanjut.

5. Penarikan simpulan

Tahap akhir dari penelitian ini ialah menarik simpulan dari analisis data mengenai semua masalah yang dibahas. Hal ini berguna untuk menjawab semua masalah yang telah diuraikan sebelumnya.

I.7 Sistematika Penulisan

Agar pembahasan yang disajikan lebih sistematis, maka Tugas Akhir ini akan dibagi ke dalam lima bab. Isi masing-masing dari bab diuraikan secara singkat dibawah ini:

BAB I PENDAHULUAN, berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi tentang teori dasar yang menunjang dan berhubungan dalam penulisan laporan ini.

BAB III METODE PERANCANGAN DAN REALISASI, berisi tentang proses perancangan desain antena yang kemudian akan direalisasikan menjadi sebuah antena MIMO

BAB IV HASIL DAN ANALISIS, berisi hasil dan analisis simulasi dan pengukuran secara langsung di lapangan, meliputi parameter-parameter yang telah dijelaskan di batasan masalah.

BAB V PENUTUP, berisi simpulan dan saran-saran dari penulis yang perlu di tingkatkan dalam penelitian di kemudian hari.

BAB II

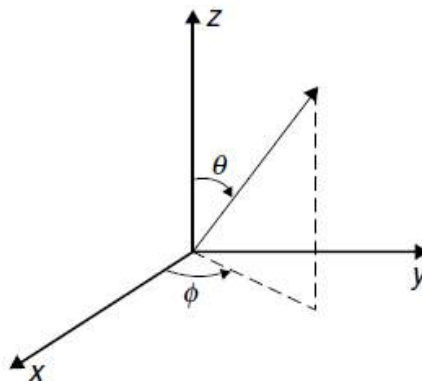
TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Antena

Antena merupakan perangkat yang digunakan untuk mentransfer gelombang elektromagnetik ke dalam media tanpa batas, seperti free space. Antena sangat bergantung pada frekuensi, oleh karena itu antena dirancang dengan pita frekuensi tertentu [6]. Antena bertindak sebagai perangkat antar muka antara gelombang terpandu (*guided wave*) dan gelombang ruang bebas (*free space wave*). Karakteristik antena yang paling penting adalah sifatnya yang terarah, yaitu kemampuannya untuk memusatkan daya ke arah tertentu[7]. Kondisi free-space atau ruang bebas tidak dapat dicapai di kehidupan nyata. Pada sisi pemancar, antena akan menerima energi dari sebuah saluran transmisi kemudian meradiasikannya ke udara, dan pada sisi penerima, antena akan mengumpulkan energi dari gelombang tertentu dan mengirimkannya ke saluran transmisi. Jika berbicara tentang antena, seseorang biasanya mendiskripsikan sifatnya sebagai sebuah antena pemancar. Namun dalam teori timbal-balik, kita tahu bahwa pola arah radiasi dari antena penerima identik dengan pola arah radiasi dari antena pemancar, sehingga tidak perlu ada perbedaan yang dibuat antara fungsi pemancar dan pengirim dari antena dalam analisis karakteristik radiasi. Tetapi harus diketahui juga bahwa teori timbal-balik tidak berarti bahwa distribusi antena sama dengan pemancar dan penerima[8].

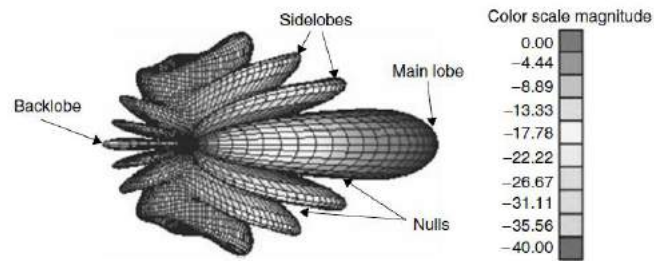
II.1.1 Pola Radiasi

Pola radiasi didefinisikan sebagai sebuah fungsi matematika atau representasi grafik dalam fungsi koordinat ruang dari sifat radiasi antenna. Sifat radiasi dapat meliputi kerapatan flux, intensitas radiasi, kuat medan, atau polarisasi. Biasanya sifat dari radiasi yang sangat penting ialah persebaran secara tiga dimensi atau dua dimensi dari energi yang diradiasikan antenna [9]. Pola radiasi adalah representasi grafis dari distribusi daya elektromagnetik di ruang bebas. Juga, pola-pola ini dapat dianggap mewakili kekuatan medan relatif dari medan yang diradiasikan oleh antenna. Bidang diukur dalam sistem koordinat bola, seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.1 dalam arah θ dan ϕ .



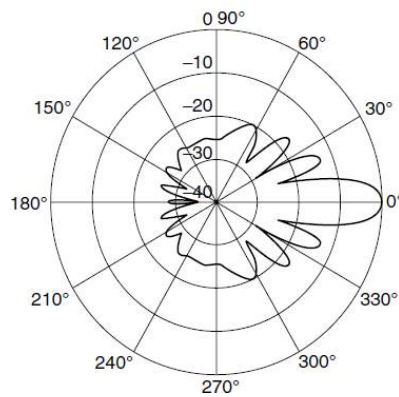
Gambar II. 1 Koordinat Bola

Untuk dipol biasa, ini akan menjadi toroid. Pola radiasi antenna biasanya diwakili oleh grafik tiga dimensi (3D), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.2, atau plot kutub dari penampang horizontal dan vertikal. Grafik harus menunjukkan sidelob dan backlobes.



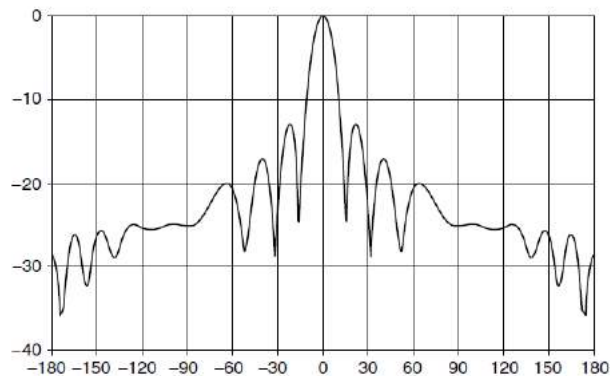
Gambar II. 2. Pola Radiasi 3D

Plot kutub dapat dianggap sebagai potongan planer dari pola radiasi 3D, seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.3.



Gambar II. 3. Radiasi plot kutub

Pola yang sama dapat disajikan dalam sistem koordinat persegi panjang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.4

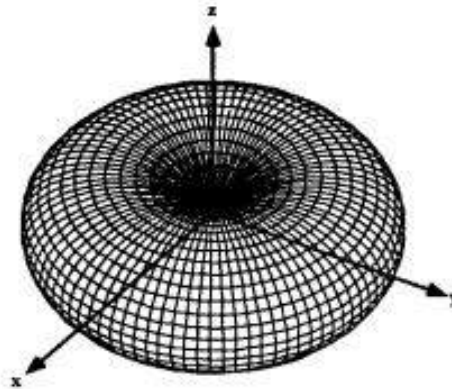


Gambar II. 4. Plot persegi panjang dari pola radiasi

Kita harus menunjukkan bahwa pola-pola ini dinormalisasi ke puncak pola, yang ditunjukkan ke $\theta = 0$ dalam kasus ini dan diberikan dalam decibel [4].

II.1.2 Diagram Radiasi

Diagram radiasi adalah besaran yang paling penting pada antenna. Diagram radiasi menggambarkan distribusi energi yang dipancarkan oleh antenna di ruang. Besaran ini diukur/dihitung pada medan jauh (far-field) dengan jarak yang konstan ke antenna, dan divariasikan terhadap sudut, biasanya sudut θ dan ϕ . Sehingga bisa dibedakan antenna-antenna yang mempunyai sifat pancar isotrop, yang hanya ada secara fiktif, antenna omnidireksional, yang bersifat isotrop hanya di suatu bidang potong tertentu, dan antenna direksional, yang bisa mengonsentrasikan energinya ke arah sudut tertentu.

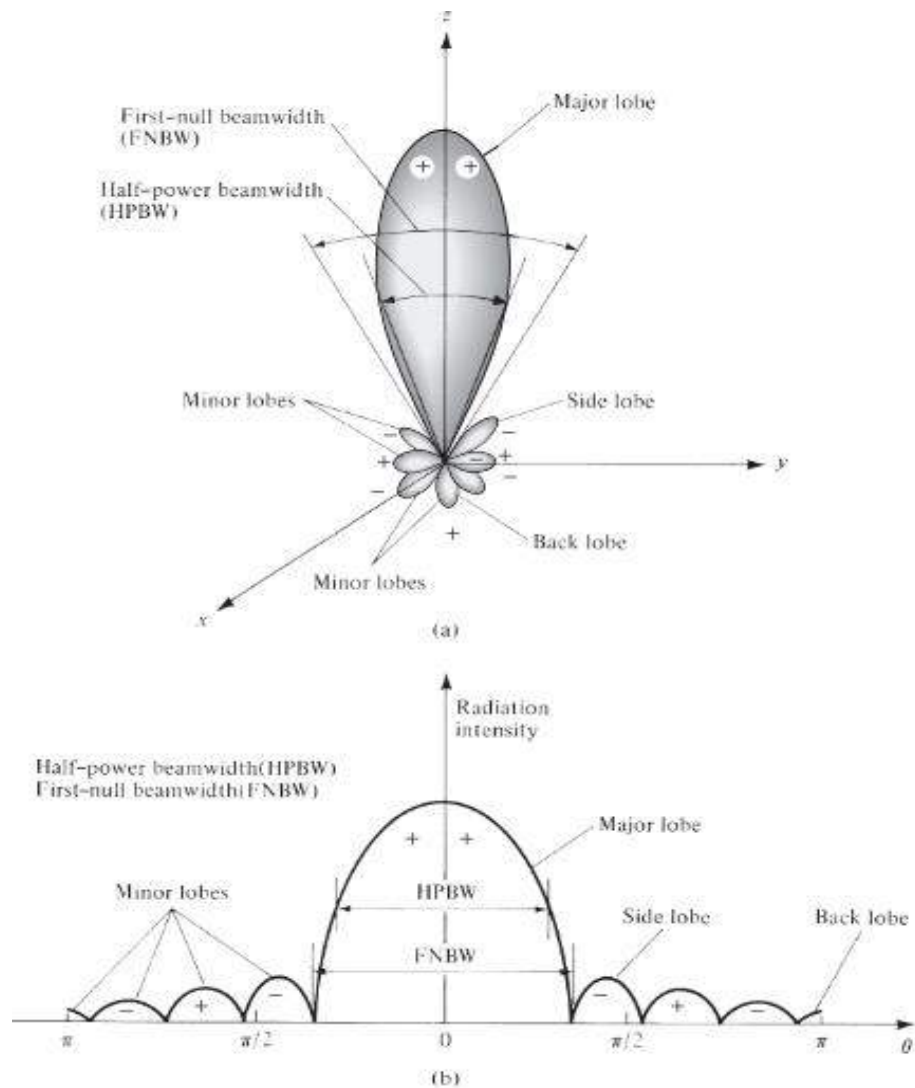


Gambar II. 5. Diagram radiasi tiga dimensi dari antenna dipole

Antena ini mempunyai diagram pancar secara tiga dimensi seperti yang terlihat di gambar II.5. Sebuah bentuk konsentrasi energi yang seperti bentuk donat. Bentuk ini didapat dengan melakukan perhitungan atau pengukuran di atas titik-titik pengamatan yang terletak di atas sebuah bola (fiktif) dengan radius r . Jarak ini, r , harus cukup besar sehingga titik-titik ini berada di medan jauh antena. Diagram radiasi antena secara tiga dimensi adalah diagram radiasi yang lengkap, namun seringkali diagram radiasi 3D tidak praktis digunakan. Sebagai pengganti dipakai diagram radiasi 2D yang didapat dari pengamatan di bidang horizontal dan vertikal [10].

II.1.3 Radiation Pattern Lobes

Berbagai bagian dari pola radiasi dikenal sebagai *lobes*, yang diklasifikasikan menjadi *lobe* utama, minor, sisi, dan *lobe* belakang. *Radiation Lobe* adalah “bagian dari pola radiasi yang dibatasi oleh wilayah yang memiliki intensitas radiasi yang lemah. Gambar II.6a mendemonstrasikan sebuah pola radiasi tiga dimensi yang simetris dengan beberapa *radiation lobes*. Beberapa memiliki intensitas radiasi yang lebih besar dari yang lain, namun semuanya tetap disebut dengan *radiation lobes*. Gambar II.6b mengilustrasikan sebuah pola dua dimensi linear (satu ruang dengan gambar II.6a) di mana karakteristik polanya identik satu sama lain [9]. *Lobe* utama (disebut juga berkas utama) didefinisikan sebagai sebuah *lobe* radiasi yang memiliki arah radiasi maksimum. Dalam beberapa antena, biasanya terdapat lebih dari satu *lobe* utama. *Lobe* minor adalah *lobe* lain selain *lobe* utama. *Lobe* sisi adalah *lobe* yang arahnya adalah *lobe* radiasi di segala arah selain arah berkas utama. *Lobe* belakang adalah *lobe* yang memiliki sudut 180 derajat terhadap arah tembakan radiasi dari antena.



Gambar II. 6. (a) *Radiation Lobes* dan *Beamwidth* pada Pola Radiasi.
 (b) Plot linear dari pola radiasi serta *lobe* dan *beamwidth* nya[9]

II.1.4 Direktivitas dan Gain

Direktivitas antenna telah didefinisikan sebagai "*rasio intensitas radiasi dalam arah tertentu dari antenna ke intensitas radiasi rata-rata di semua arah.*" Dengan kata lain, directivity dari sumber isotropik sama dengan rasio intensitas radiasi dalam arah yang diberikan, dibandingkan dengan sumber isotropik. [6].

Gain sebagai parameter mengukur arah antenna yang diberikan. Antenna dengan gain rendah memancarkan radiasi dengan daya yang hampir sama di semua arah, sedangkan antenna gain tinggi akan memancarkan radiasi ke arah tertentu. Secara khusus, penguatan, penguatan direktif, atau penguatan daya antenna didefinisikan sebagai rasio intensitas (daya per unit permukaan) yang dipancarkan oleh antenna dalam arah tertentu pada jarak sewenang-wenang dibagi dengan intensitas yang dipancarkan pada jarak yang sama dengan antenna lossless isotropik hipotetis [6].

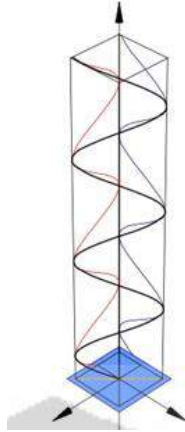
II.1.5 Polarisasi

Polarisasi antenna adalah polarisasi dari gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan oleh antenna. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah *gain* maksimum. Pada prakteknya, polarisasi dari energi yang teradiasi bervariasi dengan arah dari tengah antenna, sehingga bagian lain dari pola radiasi mempunyai polarisasi yang berbeda [11].

Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnet yang menggambarkan arah dan magnitudo vektor medan elektrik yang bervariasi menurut waktu. Selain itu, polarisasi juga dapat didefinisikan sebagai gelombang yang diradiasikan dan diterima oleh antenna pada suatu arah tertentu [11].

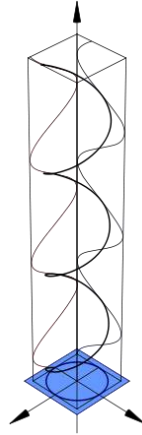
Polarisasi dapat diklasifikasikan sebagai *linear* (linier), *circular* (melingkar), atau *elliptical* (elips). Polarisasi linier (Gambar 11.7) terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik di ruang memiliki vektor medan

elektrik (atau magnet) pada titik tersebut selalu berorientasi pada garis lurus yang sama pada setiap waktu [11].



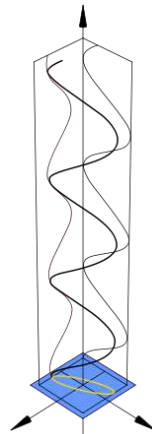
Gambar II. 7. Polarisasi Linier

Polarisasi melingkar (Gambar II.8) terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik memiliki vektor medan elektrik (atau magnet) pada titik tersebut berada pada jalur lingkaran sebagai fungsi waktu. Polarisasi melingkar dibagi menjadi dua, yaitu *Left Hand Circular Polarization (LHCP)* dan *Right Hand Circular Polarization (RHCP)*. *LHCP* terjadi ketika $\delta = +\pi/2$, sebaliknya *RHCP* terjadi ketika $\delta = -\pi/2$ [11]



Gambar II. 8. Polarisasi Melingkar

Polarisasi elips (Gambar II.10) terjadi ketika gelombang yang berubah menurut waktu memiliki vektor medan (elektrik atau magnet) berada pada jalur kedudukan elips pada ruang [11].



Gambar II. 9. Polarisasi *Elips*

II.1.6 Scattering Parameter dan Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Disingkat *S-parameters* merupakan relasi antara *input* dan *output* antara masing-masing *port* atau *terminals* pada sistem elektrik. *S-parameters* direpresentasikan pada umumnya sebagai S11 untuk antenna yang memiliki *single port*. S11 mengindikasikan seberapa banyak antenna merefleksikan *power* dari antenna itu sendiri, sehingga S11 dapat juga di sebut sebagai *reflection coefficient* atau *return loss*. Nilai minimum S11 yang harus diraih agar antenna dapat bekerja dengan baik yakni dibawah -10 dB sebagaimana persamaan dibawah ini [1]

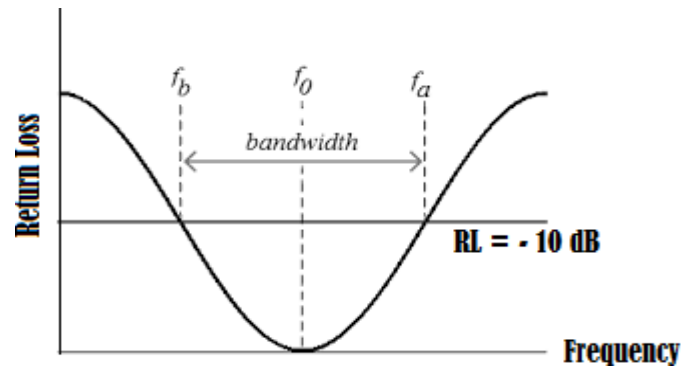
$$\text{return loss} = 20 \log \Gamma = \text{dB} \quad (2.1)$$

Sehingga nilai -10 dB merupakan nilai minimum yang harus dicapai antenna agar refleksinya tidak melebihi 10% *power* yang ditransfer [1].

VSWR masih memiliki keterkaitan antara *reflection coefficient*. VSWR merupakan fungsi dari *reflection coefficient*. Nilai VSWR selalu *real* dan positif. Semakin kecil nilai VSWR yang dihasilkan oleh antenna maka semakin baik pula performa dari antenna tersebut. Nilai minimum dari VSWR adalah 2 dimana pada kondisi tersebut tidak ada *power* yang direfleksikan sama sekali dari antenna [1].

II.1.7 Bandwidth

Bandwidth adalah lebar frekuensi antara frekuensi tertinggi dengan frekuensi terendah antenna dimana antenna tersebut bekerja masih bekerja dengan baik, *bandwidth* ini dibatasi oleh besarnya $\text{return loss} \leq 10 \text{ dB}$ [12].



Gambar II. 10. *Bandwith*

Lebar bandwidth dapat dihitung dengan persamaan:

$$Bandwidth = \frac{f_a - f_b}{f_0} \quad (2.2)$$

f_a = frekuensi atas

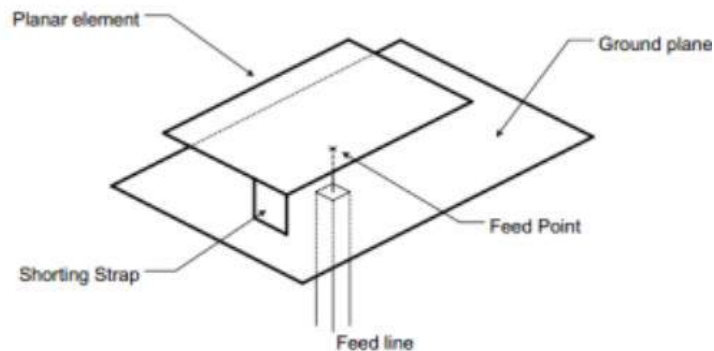
f_b = frekuensi bawah

f_c = frekuensi tengah

II.2 *Plannar Inverted F-Antenna (PIFA)*

Plannar Inverted F-Antenna (PIFA) adalah salah satu jenis dari Linier Inverted - F Antenna (IFA) yang banyak digunakan pada perangkat mobile karena sifat hemat ruangnya. PIFA digunakan untuk sirkuit nirkabel yang diimplementasikan ke microstrip. Format microstrip adalah format pilihan untuk elektronik RF modern. Hal ini dapat digunakan untuk mengimplementasikan komponen RF elemen terdistribusi yang dibutuhkan seperti filter, sementara pada saat yang sama menjadi ekonomis karena metode produksi massal yang sama digunakan seperti untuk papan sirkuit tercetak. Pada umumnya, PIFA tersusun atas sebuah rectangular plannar element yang terletak diatas ground plane, sebuah shorting pin, dan sebuah

mekanisme feeding untuk planar element. Karena bentuknya yang kompak dan mendukung operasi multiband dan wideband, antena PIFA dapat diaplikasikan dalam berbagai macam hal seperti komunikasi mobile dan radio [13].



Gambar II. 11. Desain Antena PIFA

Antena PIFA memiliki beberapa keunggulan, yaitu:

1. Karena dimensinya yang kecil, PIFA lebih sesuai diterapkan di perangkat mobile dibandingkan dengan antena whip/rod/helix.
2. Mengurangi radiasi gelombang elektromagnetik terhadap kepala pengguna.
3. Menunjukkan gain yang tinggi pada polarisasi vertikal dan horizontal [13].

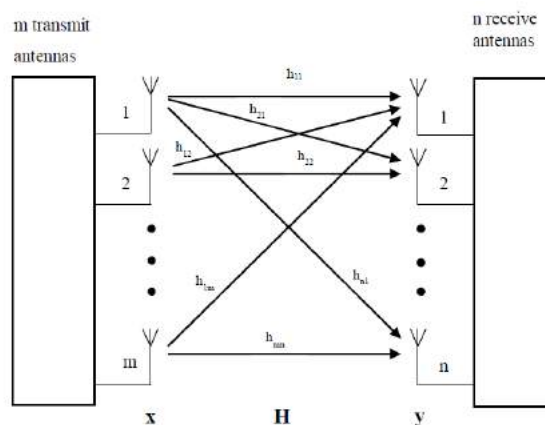
II.3 Multiple Input Multiple Output (MIMO)

Multiple Input Multiple Output (MIMO) merupakan suatu sistem yang menggunakan antena lebih dari satu baik pada sisi pemancar maupun pada sisi penerima. Sistem ini menggunakan sejumlah M antena pemancar dan sejumlah N antena penerima. Sehingga sering ditulis dengan sistem penulisan MIMO M x N.

Dengan demikian MIMO 2x2 menyatakan bahwa jumlah antenna pada sisi pemancar dan sisi penerima sama-sama berjumlah dua buah [2].

Teknologi MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) merupakan teknologi yang memanfaatkan banyak antenna baik antenna penerima maupun pengirim gelombang EM (multiantena). Kinerja sistem MIMO tergantung pada koefisien korelasi silang antara sinyal yang diterima oleh elemen antenna yang berbeda. Pada desain antenna untuk sistem MIMO, jarak antara antenna yang satu dengan antenna yang lain perlu diatur sehingga dapat meminimalisir koefisien korelasi antara elemen antenna agar meningkatkan kapasitas sistem tersebut [12].

Sistem *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) adalah sistem yang menggunakan multi antenna pada *transmitter* dan *receiver* untuk mengatasi kelemahan pada sistem komunikasi *wireless* konvensional diantaranya adalah *large scale fading*, *small scale fading*, *multipath fading* serta interferensi dari sinyal lain. Sistem MIMO memberikan penambahan efisiensi spektral yang didasarkan pada penggunaan *space diversity* pada *transmitter* dan *receiver* [13].



Gambar II. 12. Sistem MIMO

Sistem MIMO memiliki beberapa kelebihan, diantaranya:

1. Sinyal pantulan (*multi path*) sebagai penguat sinyal utama sehingga tidak saling menggagalkan.
2. Mempercepat koneksi *wireless* dan memperjauh jarak jangkauan.
3. Menghemat penggunaan *bandwidth* dan peningkatan kapasitas kanal.[13]

II.4 Antena Array

Antena *array* adalah susunan dari beberapa antena yang identik. Dalam antena PIFA, yang disusun secara *array* adalah bagian *patch* atau bagian *radiatornya*. Tujuan utama dibuat konfigurasi antena PIFA *array* adalah untuk meningkatkan efisiensi, direktivitas dan gain dari antena. Ini dikarenakan elemen tunggal memiliki karakteristik sudut beam yang besar, hal ini kurang cocok untuk komunikasi *point to point* yang membutuhkan gain besar. Oleh karena itu, elemen tunggal tidak direkomendasikan untuk komunikasi *point to point*. Polarisasi sirkular didapat dengan cara memberikan fasa yang berbeda 90° pada setiap antenna yang memiliki polarisasi linier. Sehingga dengan istilah penggabungan polarisasi linier ini didapat polarisasi sirkular [2]

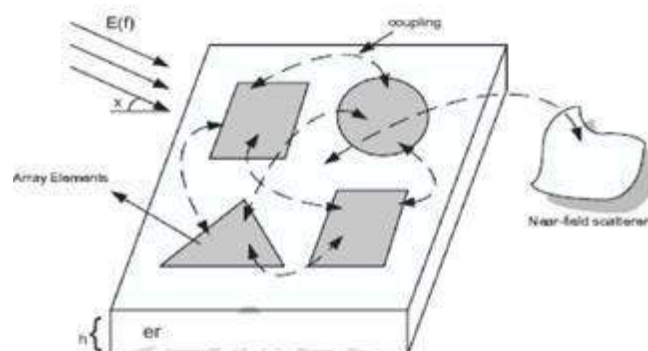
II.5 Self-Phased Feeding Network

Pada antena array dapat dibentuk polarisasi sirkular dengan cara memberikan fasa yang berbeda 90° pada setiap antena. Sehingga diperlukan catuan yang memiliki beda fasa 90° antar keempat antenna PIFA. Untuk membentuk beda fasa sebesar 90° , pada penelitian ini digunakan teknik *self-phased*. Pada teknik ini dilakukan modifikasi pada saluran pencatu (*feeding network*), pada *feeding network*

antenna PIFA pertama (PIFA-1) diatur memiliki dimensi lebih panjang $\frac{3}{4}$ panjang gelombang daripada panjang resonan, sedangkan pada PIFA-2 lebih panjang 1 panjang gelombang dari panjang resonan, dengan begitu masing-masing antenna PIFA memiliki beda fasa 90° dan berurutan [2].

II.6 Mutual Coupling

Mutual coupling adalah suatu efek gandingan yang terjadi pada antenna array. Salah satu penyebabnya adalah gelombang permukaan. *Mutual coupling* didefinisikan sebagai bagian dari energi datang pada satu atau kedua elemen antenna array yang dapat dihamburkan kembali pada arah yang berbeda seperti suatu *transmitter* yang baru. Hal ini menyebabkan kontribusi total ke daerah medan jauh tidak hanya tergantung pada eksitasi masing-masing catuan antenna tetapi juga dari eksitasi yang merugikan karena *mutual coupling*. Efek ini berpengaruh pada semakin meningkatnya nilai *standing wave*, koefisien refleksi, dan nilai transmisinya [2].



Gambar II. 13. Efek *Mutual Coupling* pada antenna array

Mutual coupling ini dapat merubah besaran arus, fase, dan distribusi pada tiap elemen sehingga pola radiasi keseluruhan antenna berbeda dibandingkan yang tidak mengalami *coupling*. Besar kecilnya dampak *mutual coupling* terhadap performansi antenna *array* tergantung pada:

1. Jenis antena pada parameter desainnya seperti impedansi elemen dan koefisien refleksi.
2. Letak posisi elemen-elemen pada antenna susunannya.
3. Pencatu dari antena susun.

II.7 Jarak Antar Elemen

Jarak antar elemen dalam perancangan antenna mikrostrip *array* perlu diatur agar sesama elemen yang berdekatan tidak saling tumpang tindih. Apabila jarak antar elemen terlalu dekat atau lebih kecil dari dua kali tebal substrat maka dikhawatirkan akan terjadi *electromagnetically coupled*. Sebaliknya jika jarak antar elemen terlalu jauh maka akan banyak rugi-rugi atau *loss* dan penggunaan dimensi substrat menjadi kurang efisiensi. Untuk itu jarak antar elemen diatur optimum agar tidak mengurangi kinerja antenna. Jarak antar elemen diukur dari titik pusat elemen ke titik pusat elemen yang berdekatan. Persamaan yang digunakan untuk menentukan jarak antar elemen yang diukur dari titik pusat elemen yang berdekatan yaitu [2].

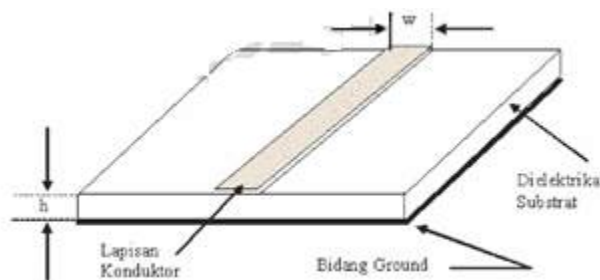
$$d = \frac{c}{2.f} \quad (2.3)$$

$$\text{Atau jarak antar sisi elemen } \hat{d} = d - W \quad (2.4)$$

II.8 Stripline sebagai Saluran Pencatu

Pada teknik ini, pencatuan dilakukan dengan cara menghubungkan *line* pencatuan dengan *patch*, dimana *patch* dan *line* pencatuan menggunakan bahan yang sama yang difabrikasi dengan cara di-*etching*-kan. Saluran transmisi stripline tersusun ini terdiri dari dua konduktor, yaitu sebuah *strip* dan lebar w dan bidang *ground plane*, keduanya dipisahkan oleh suatu substrat yang memiliki permitifitas relative ϵ_r dengan tinggi h .

Parameter utama yang penting untuk diketahui pada suatu saluran transmisi adalah impedansi karakteristiknya, Z_0 dari saluran mikrostrip ditentukan oleh lebar strip w dan tinggi substrat h . Berikut perancangan konstanta dielektrik dan impedansi karakteristik.



Gambar II. 14. Saluran pencatu.

Lebar saluran pencatu (w) tergantung dari impedansi (Z_0) yang diinginkan. Adapun rumus untuk menghitung lebar saluran mikrostrip diberikan persamaan berikut [2]

$$sl = \frac{k}{z} \times \frac{h}{\sqrt{\epsilon}} \quad (2.5)$$

Dimana :

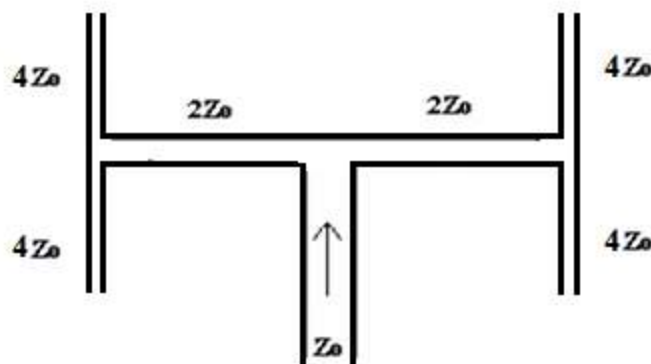
$k = \text{konstanta } 120\pi$

$z = \text{impedansi yang diinginkan}$

$h = \text{tebal substrat } 1,6 \text{ mm}$

$\epsilon_r = \text{Permittivitas relative substrat}$

Pada perancangan *microstrip line* pada tugas akhir ini akan menggunakan jenis *microstrip line T-Junction*.



Gambar II. 15. Rangkaian *Divider T-Junction*.

Gambar II.16 memperlihatkan rangkaian saluran devider impedansi yang didefinisikan sebagai pencatu saluran, dimana rangkaian menghasilkan pembagian impedansi secara paralel. Untuk Z_0 sebagai impedansi masukan terdistribusi dengan dua saluran keluaran yang masing-masing $2Z_0$. Jadi pada rangkaian *microstrip line* besarnya impedansi masukan ekuivalen dengan rangkaian paralel saluran keluaran.

Telah dijelaskan untuk mendapatkan beda fasa sebesar 90° untuk setiap antenna maka harus dibuat saluran (sl) yang memiliki panjang kelipatan dari $\lambda g/4$. Dimana λg merupakan panjang gelombang bahan dielektrik, dapat dihitung menggunakan rumus [2]

$$\lambda g = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon}} \quad (2.6)$$

II.9 Teknologi 5G

Teknologi 5G adalah generasi baru dari sistem radio dan arsitektur jaringan yang akan menghadirkan konektivitas broadband, ultra-robust, low latency yang ekstrim, dan jaringan masif untuk manusia dan *Internet of Things*. Lain halnya dengan sistem nirkabel single-purpose, 5G dipersiapkan untuk menyediakan segudang layanan untuk berbagai perangkat jaringan heterogen yang terus bertambah (atau disebut mesin) yang mampu berkomunikasi satu sama lain. Dengan kata lain, *Internet of Things* (IoT) dan komunikasi *Machine to Machine* (M2M) berskala besar akan memanfaatkan sistem nirkabel 5G. Hal ini tentunya akan menempatkan beragam persyaratan pada jaringan dalam hal konsumsi energi, biaya perangkat, latensi, kehandalan, dan sebagainya. *Big data* adalah area lain yang dapat menciptakan tantangan sekaligus peluang sistem nirkabel 5G. Aplikasi IoT dan M2M yang disebutkan di atas akan menghasilkan sejumlah besar volume data, sehingga menimbulkan tantangan teknis utama pada jaringan akses radio. *Software Defined Networking* (SDN) dan *Network Function Virtualization* (NFV) muncul dari kebutuhan menjalankan aplikasi big data, keduanya memiliki sinergi yang erat dengan komputasi awan (*cloud computing*). Teknologi ini pada titik tertentu akan bergabung membentuk *platform 5G* yang sangat kuat untuk layanan *big data*. 5G bertujuan untuk menyediakan akses informasi yang tak terbatas dan kemampuan untuk berbagi data dimanapun, kapanpun oleh siapapun dan apapun [14].