

**SKRIPSI**

**PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP PADA FREKUENSI  
2.3GHz**

*Disusun Dan Diajukan Oleh :*

**MUHAMMAD DAFFA FAISHAL**

**D041 17 1527**



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

**SKRIPSI**

**PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP PADA FREKUENSI  
2.3GHz**

*Disusun Dan Diajukan Oleh :*

**MUHAMMAD DAFFA FAISHAL**

**D041 17 1527**



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

### LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

#### PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP PADA FREKUENSI 2.3 GHZ

Disusun dan diajukan oleh :

**MUHAMMAD DAFFA FAISHAL**

**D041 17 1527**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 20 Januari 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



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



Merna Baharuddin, S.T., M.Tel.Eng., Ph.D.  
NIP. 19751205 200501 2 002

Ketua Program Studi



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

## PERNYATAAN KEASLIAN

### PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Daffa Faishal

NIM : D041171527

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : SI

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Perancangan Antena Mikrostrip Pada Frekuensi 2.3 GHz”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitnya.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 24 Februari 2022

Yang Menyatakan



(Muhammad Daffa Faishal)

## ABSTRAK

Perkembangan teknologi *wireless* sangat berpengaruh terhadap meningkatnya kebutuhan manusia akan sistem komunikasi yang mempunyai transfer data berkecepatan tinggi dan efisien. Teknologi 4G merupakan teknologi yang digunakan hingga saat ini. Namun, dengan adanya kebutuhan *data rate* dan pertumbuhan pengguna yang terus meningkat mengakibatkan tuntutan untuk kesediaan *bandwidth* semakin tinggi. Untuk teknologi *wireless* terbaru yang masih dalam masa pengembangan yaitu teknologi 5G, diharapkan mampu meningkatkan kecepatan data dan memiliki kapasitas jaringan yang lebih tinggi. Antena merupakan salah satu komponen pendukung sistem telekomunikasi. Meningkatkan transfer data secara cepat menggunakan antena MIMO. Tujuan dari skripsi ini adalah merancang antena MIMO yang bekerja pada frekuensi 2.3 GHz. Antena dirancang pada *substrate* FR-4 dengan ketebalan 1.6mm. *Patch* antena diletakkan diatas *groundplane* dan *substrate* dan menggunakan teknik *probe feeding* pada antena. Kemudian antena di simulasi menggunakan *software* CST Studio Suite 2019 untuk mendapatkan nilai *S11*, *VSWR*, *bandwidth*, dan *gain*. Pengukuran menunjukkan hasil *S11 port 1, port 2, port 3, dan port 4* sebesar -17.53dB, -12.37dB, -17.84dB, -13.04dB. Untuk nilai *bandwidth* yang didapatkan pada hasil pengukuran pada *port 1, port 2, port 3, dan port 4* didapatkan sebesar 186 MHz, 152 MHz, 211.5 MHz, dan 172 MHz. Sedangkan untuk hasil pengukuran *gain* pada *port 1, port 2, port 3, port 4* didapatkan sebesar 3.76 dB, 2.91 dB, 4.17dB, dan 2.69dB.

**Kata Kunci:** MIMO, *S11*, *Bandwidth*, *Gain*

## **ABSTRACT**

*The development of wireless technology is very influential on the increasing human need for communication systems that have high speed and efficient data transfer. 4G technology is the technology used today. However, with the ever-increasing demand for data rates and user growth, demands for bandwidth availability are getting higher and higher. The latest wireless technology that is still under development, namely 5G technology, is expected to increase data speeds and have a higher network capacity. Antenna is one of the supporting components of the telecommunications system. Increase data transfer quickly using MIMO antennas. This thesis aims to design a MIMO antenna that works at a frequency of 2.3 GHz. The antenna is designed on an FR-4 substrate with a thickness of 1.6mm. The patch antenna is placed on the ground plane and substrate and uses a probe feeding technique on the antenna. Then the antenna is simulated using the CST Studio Suite 2019 software to get the S11, VSWR, bandwidth, and gain values. Measurements show the results of S11 port 1, port 2, port 3, and port 4 of -17.53dB, -12.37dB, -17.84dB, -13.04dB. The bandwidth values obtained from the measurement results on port 1, port 2, port 3, and port 4 are 186 MHz, 152 MHz, 211.5 MHz, and 172 MHz. Meanwhile, the gain measurement results on port 1, port 2, port 3, port 4 are 3.76 dB, 2.91 dB, 4.17dB, and 2.69dB.*

**Keywords: MIMO, S11, Bandwidth, Gain**

## **KATA PENGANTAR**

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya. Tak lupa juga shalawat bagi junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Perancangan Antena Mikrostrip Pada Frekuensi 2.3 GHz". 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 di kemudian hari.

Skripsi ini dibuat dengan tujuan memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) bagi mahasiswa program S1 di program studi Teknik Elektro Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini tidak mudah dan banyak kendala yang dihadapi. Berkat pertolongan Allah SWT melalui bantuan dan berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun material baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai. Maka, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Ir. Baso Halik, Ibunda Hadriana Y, Kakak Hanifah Nurul Mufliha S.Tr.Stat, dan Adik Faadiyah Nur Fitriyyah beserta keluarga tercinta yang tidak pernah berhenti memberikan doa serta dukungan dalam bentuk apapun sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr.Eng. Dewiani, S.T., M.T. selaku Pembimbing I dan Ibu Merna Baharuddin, S.T., M.Tel.Eng.,Ph.D. selaku Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, saran, dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof.Dr.Ir. Syafruddin Syarif, M.T. selaku Penguji I dan Bapak Dr.Eng.Ir. Wardi, M.T. selaku Penguji II yang selalu memberikan saran, koreksi, dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Dr.Eng. Dewiani, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Ikhlas Kitta, S.T., M.T. selaku Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Prof.Dr.Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A. selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
7. Bapak/Ibu Dosen dan Staff Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak memberikan ilmu yang tidak terbatas dan bantuan selama kami menempuh pendidikan dan juga membantu dalam kelancaran proses penyusunan skripsi ini.

8. Kepada rekan-rekan EQUAL17ER angkatan 2017 Teknik Elektro Universitas Hasanuddin yang sejak pertama menginjakkan kaki di Universitas Hasanuddin hingga saat ini berjuang bersama penulis untuk menuntut ilmu di kampus tercinta ini.
9. Teman-Teman Lab Riset Antena dan Propagasi (Al Khofid, Neo, Khusnul, Tari, dan Reski) yang selalu memberikan dorongan dan motivasi dalam mengerjakan skripsi.
10. Sahabat-sahabat penulis Aghnia Ihsan, Gagah Aryasamba, Fauzi Hadiyanto, Farhan Fadillah, Rivaldi Dharmawan, Riyan Kurniawan, yang selalu memberi motivasi dan dukungan selama penyusunan skripsi ini.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini namun tidak bisa disebutkan satu persatu pada kesempatan ini.

Akhir kata penulis mengucapkan Jazakumullahu khairan kepada seluruh pihak. Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini dikarenakan keterbatasan ilmu pengetahuan, wawasan, dan pengalaman. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Makassar, 24 Februari 2022

Muhammad Daffa Faishal

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB I.....	1
I.1    Latar Belakang .....	1
I.2    Rumusan Masalah .....	3
I.3    Tujuan Penelitian .....	4
I.4    Manfaat Penulisan.....	4
I.5    Batasan Masalah.....	5
I.6    Metode Penelitian .....	5
I.7    Sistematika Penulisan .....	6
BAB II .....	8
II.1    Gelombang Radio .....	8
II.2    Antena .....	9
II.2.1    Pola Radiasi .....	10
II.2.2    Diagram Radiasi .....	11
II.2.3    Radiation Pattern Lobes .....	13
II.2.4    Polarisasi .....	14
II.2.5    Direktivitas dan Gain.....	15
II.2.6 <i>Scattering Parameters</i> dan <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> (VSWR) .....	16
II.2.7 <i>Bandwidth</i> .....	17
II.3    Antena Mikrostrip .....	18
II.4 <i>Multiple-Input Multiple-Output</i> (MIMO) .....	19
II.5    Teknologi 5G .....	19
II.6 <i>Mutual Coupling</i> .....	20
BAB III.....	22

III.1	Perangkat yang Digunakan.....	22
III.2	Spesifikasi Antena .....	23
III.3	Diagram Alir Perancangan .....	24
III.4	Penjelasan Diagram Alir.....	25
III.5	Desain Antena.....	26
III.5.1	Penentuan Desain Antena .....	26
III.5.2	Modifikasi Desain Antena .....	31
BAB IV	.....	38
HASIL DAN ANALISIS	.....	38
IV.1	Hasil Simulasi Desain Antena .....	38
IV.1.1	<i>S11</i> .....	38
IV.1.2	<i>VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)</i> .....	41
IV.1.3	<i>Gain</i> .....	42
IV.1.4	<i>Bandwidth</i> .....	44
IV.1.5	<i>Mutual Coupling/Isolasi</i> .....	45
IV.2	Hasil Fabrikasi dan Pengukuran .....	47
IV.2.1	Hasil Pengukuran <i>S11, VSWR, Bandwidth</i> Pada Port Antena 1 .....	48
IV.2.2	Hasil Pengukuran <i>S11, VSWR, Bandwidth</i> Pada Port Antena 2 .....	50
IV.2.3	Hasil Pengukuran <i>S11, VSWR, Bandwidth</i> Pada Port Antena 3.....	52
IV.2.4	Hasil Pengukuran <i>S11, VSWR, Bandwidth</i> Pada Port Antena 4.....	54
IV.2.5	Hasil Pengukuran <i>Gain</i> .....	55
IV.3	Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran .....	60
BAB V	.....	64
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	64
V.1	Kesimpulan.....	64
V.2	Saran .....	65
DAFTAR PUSTAKA	.....	66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Sistem Koordinat Untuk Analisis Antena .....	10
Gambar II.2. Diagram Radiasi Tiga Dimensi dari Antenna Dipole.....	12
Gambar II.3. Radiation Lobes dan Beamwidth pada Pola Radiasi .....	13
Gambar II.4. Polarisasi Linear .....	14
Gambar II.5. Polarisasi Eliptis .....	15
Gambar II.6. <i>Mutual Coupling</i> pada Antena.....	20
Gambar III.1. Diagram Alir Perancangan Antena.....	24
Gambar III.2. Desain Awal Antena.....	28
Gambar III.3. Nilai <i>S11</i> dan <i>Mutual Coupling</i> Sebelum Modifikasi .....	31
Gambar III.4. Hasil Modifikasi Antena .....	33
Gambar III.5. Nilai <i>S11</i> dan <i>Mutual Coupling</i> Setelah Modifikasi .....	36
Gambar IV.1. Hasil Simulasi <i>S11</i> . .....	40
Gambar IV.2. Hasil Simulasi VSWR .....	41
Gambar IV.3. Hasil Simulasi <i>Gain</i> .....	43
Gambar IV.4. Hasil Simulasi <i>Bandwidth</i> .....	44
Gambar IV.5. Hasil Simulasi <i>Mutual Coupling</i> .....	46
Gambar IV.6. Tampak Depan dan Tampak Belakang Antena Fabrikasi ....	47
Gambar IV.7. Hasil Pengukuran Pada <i>Port</i> Antena 1.....	49
Gambar IV.8. Hasil Pengukuran Pada <i>Port</i> Antena 2.....	51
Gambar IV.9. Hasil Pengukuran Pada <i>Port</i> Antena 3.....	53
Gambar IV.10. Hasil Pengukuran Pada <i>Port</i> Antena 4.....	55
Gambar IV.11. Hasil Pengukuran <i>Gain</i> Pada <i>Port</i> 1 .....	56
Gambar IV.12. Hasil Pengukuran <i>Gain</i> Pada <i>Port</i> 2.....	57
Gambar IV.13. Hasil Pengukuran <i>Gain</i> Pada <i>Port</i> 3.....	58
Gambar IV.14. Hasil Pengukuran <i>Gain</i> Pada <i>Port</i> 4.....	59

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel III.1. Optimasi Antena MIMO Frekuensi 2.3 GHz.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabel IV.1. Perbandingan Hasil Simulasi <i>S11</i>.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabel IV.2. Perbandingan Hasil Simulasi VSWR.....</b>	<b>41</b>
<b>Tabel IV.3. Perbandingan Hasil Simulasi <i>Mutual Coupling</i> .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabel IV.4. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran .....</b>	<b>60</b>

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Seiring dengan meningkatnya perkembangan teknologi pada teknologi wireless sangat berpengaruh terhadap meningkatnya kebutuhan manusia akan sistem komunikasi yang mempunyai transfer data berkecepatan tinggi, efisien, handal, dan berkualitas. Teknologi komunikasi yang berkembang saat ini adalah teknologi 5G. [1].

Teknologi komunikasi nirkabel menjadi teknologi yang paling berkembang dan yang paling banyak digunakan saat ini. Dalam beberapa tahun saja, teknologi nirkabel mengalami beberapa kali perkembangan. Dimulai dari teknologi 1G yang membangun konektivitas seluler tanpa batas yang memperkenalkan layanan suara seluler. Teknologi 1G ini mulai diperkenalkan pada tahun 1980. Kemudian ada teknologi 2G yang mulai diperkenalkan pada awal tahun 1990-an menggantikan teknologi sebelumnya. Teknologi 3G menjadi teknologi selanjutnya yang menggantikan teknologi 2G dan mulai diperkenalkan pada akhir tahun 1990-an. Kemudian ada teknologi 4G yang masih digunakan hingga sekarang ini. Teknologi 5G menjadi teknologi terbaru yang sedang dikembangkan dan sudah digunakan di beberapa negara [2].

Teknologi 5G sekarang ini banyak dilakukan penelitian dan riset untuk implementasi teknologi ini. Teknologi ini sedang dikembangkan untuk meningkatkan kecepatan trafik komunikasi dan kebutuhan komunikasi yang sudah

meningkat secara drastis, terutama diantara perangkat seluler. Dengan munculnya berbagai aplikasi multimedia yang membutuhkan kecepatan transfer data yang tinggi, keterbatasan *bitrate* semakin terasa dan semakin diperlukan adanya banyak perbaikan. Kebutuhan *data rate* dan pertumbuhan pengguna yang terus meningkat, mengakibatkan tuntutan untuk kesediaan *bandwidth* semakin tinggi dan keterbatasan frekuensi pada pita yang tersedia saat ini semakin terasa. Dikarenakan teknologi 4G tidak dapat lagi memenuhi kebutuhan pengguna teknologi nirkabel, maka teknologi 5G diharapkan dapat memiliki kapasitas jaringan yang lebih tinggi dan memberikan kecepatan data yang meningkat juga[3].

Pengaplikasian teknologi komunikasi tersebut membutuhkan komponen telekomunikasi yang dapat mendukung teknologi tersebut. Salah satu komponen pendukung telekomunikasi adalah antenna. Jenis antenna bermacam-macam diantaranya adalah antenna mikrostrip[4]. Antena mikrostrip merupakan salah satu antenna yang populer, ini disebabkan karena antenna mikrostrip sangat cocok digunakan untuk perangkat telekomunikasi, selain itu antenna ini mudah dibuat, mudah untuk diinstalasi, dan biaya yang rendah[5].

Dalam jurnal penelitian Youngki Lee, Deukhyeon Ga, dan Jaehoon Choi. Antena yang diusulkan adalah antenna *multi-input multi-output* (MIMO). Antena yang difabrikasi dapat memenuhi 10dB pada *S11* pada *long-term evolution* (LTE) *band* 40 dari 2,3 GHz ke 2,4 GHz[6].

Dalam jurnal penelitian Angga Budiawan Adipurnama, Heroe Wijanto, Yuyu Wahyu. Jurnal ini membahas perancangan antenna mikrostrip 4x4 MIMO untuk Wifi yang bekerja di frekuensi 5,180-5,220 GHz. Memiliki VSWR  $\leq 1.5$  dan *mutual coupling*  $\leq -20\text{dB}$ . Peletakkan port antenna saling memiliki sudut  $90^\circ$  memberikan nilai *mutual coupling* yang lebih kecil dibanding lainnya, karena polarisasi antar antenna menjadi saling tegak lurus sehingga interferensi antar antenna kecil[7].

Dari rujukan penelitian di atas, penulis dapat mengetahui bahwa antenna MIMO akan sangat efisien dan menjanjikan jika diimplementasikan pada teknologi 5G.

Oleh karena itu, pada tugas akhir ini penulis akan merancang sebuah antenna mikrostrip yang mampu bekerja di frekuensi kerja 2.3GHz dan dapat diimplementasikan di teknologi 5G. Adapun judul Tugas Akhir ini adalah **PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP PADA FREKUENSI 2.3GHz.**

## **I.2 Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana merancang dan merealisasikan antenna mikrostrip MIMO yang dapat bekerja pada frekuensi kerja 2.3GHz?
2. Bagaimana hasil pengukuran parameter antenna dengan simulasi menggunakan software CST?
3. Bagaimana hasil pengukuran antenna yang telah direalisasikan?

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

### **I.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk merealisasikan sebuah antenna mikrostrip MIMO yang dapat bekerja pada frekuensi kerja 2.3GHz. Adapun tujuan yang ingin di capai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan merealisasikan antenna mikrostrip MIMO yang dapat bekerja pada frekuensi kerja 2.3GHz.
2. Mengetahui hasil pengukuran parameter antenna dengan simulasi menggunakan software CST.
3. Mengetahui hasil pengukuran antenna yang telah direalisasikan.
4. Mengetahui perbandingan hasil pengukuran antenna yang direalisasikan dengan hasil simulasi.

### **I.4 Manfaat Penulisan**

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat seperti yang diuraikan berikut ini:

1. Bagi penulis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi evaluasi untuk mengukur kemampuan diri sendiri/ Serta dapat menerapkan disiplin ilmu teori dan aplikasi yang telah didapatkan selama masa perkuliahan.
2. Bagi masyarakat dan mahasiswa, penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk menambah wawasan dan menjadi acuan untuk mengembangkan penelitian serupa di masa yang akan datang.
3. Bagi institusi, penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi ilmiah untuk mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan topik antenna.

## **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 antena adalah 2.3GHz.
3. Parameter antena yang akan diukur meliputi VSWR, *S11* (S11), Isolasi (S12), dan *Bandwidth*.
4. Tidak akan membahas teknologi wireless secara mendalam.

## **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 yang berkaitan dengan masalah-masalah yang ada pada Tugas Akhir ini, baik berupa artikel, buku referensi, internet, dan sumber-sumber lainnya. Pada tahap ini akan dipelajari secara mendalam mengenai antena secara umum, desain antena mikrostrip, serta parameter-parameter yang ada di antena.

2. Perancangan dan Simulasi

Tahap kedua dari penelitian ini yaitu 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

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**, berisi tentang proses perancangan desain antena.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi hasil dan analisis simulasi meliputi parameter-parameter yang telah dijelaskan di batasan masalah.

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

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Gelombang Radio**

Gelombang radio adalah gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan ke ruang bebas dari sebuah pemancar radio ke penerima. Gelombang elektromagnetik, sesuai namanya, adalah kombinasi dari medan listrik dan medan magnetik. Kunci dari gelombang elektromagnetik adalah arus yang berubah-ubah pada suatu ruang bebas akan mengakibatkan medan listrik yang berubah-ubah juga. Medan listrik yang berubah-ubah akan menginduksi medan magnetik yang juga berubah-ubah, kemudian keduanya akan merambat menjauh dari sumber.

Terdapat beberapa parameter dalam gelombang radio, antara lain, frekuensi, periode dan panjang gelombang. Frekuensi adalah banyaknya gelombang atau sinyal yang telah melalui satu putaran penuh, dari amplitudo nol ke maksimum, kembali ke nol, ke amplitudo minimum, dan kembali lagi ke nol dalam satu satuan waktu dan mempunyai satuan Hertz (Hz). Periode didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan suatu gelombang untuk menyelesaikan satu putaran penuh. Satuan dari periode adalah sekon (s). Periode adalah kebalikan dari frekuensi. Panjang gelombang didefinisikan sebagai jarak atau panjang dari sebuah gelombang yang merambat dalam satu putaran penuh. Hubungan antara frekuensi dan periode dinyatakan dalam persamaan:

$$f = 1/T \tag{2.1}$$

Sedangkan, hubungan antara panjang gelombang dengan frekuensi dinyatakan dalam persamaan:

$$f = c/\lambda \quad (2.2)$$

Di mana  $f$  adalah frekuensi dalam Hertz(Hz),  $c$  adalah kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$ ) dalam meter/sekon, dan  $\lambda$  adalah lambda[8].

## II.2 Antena

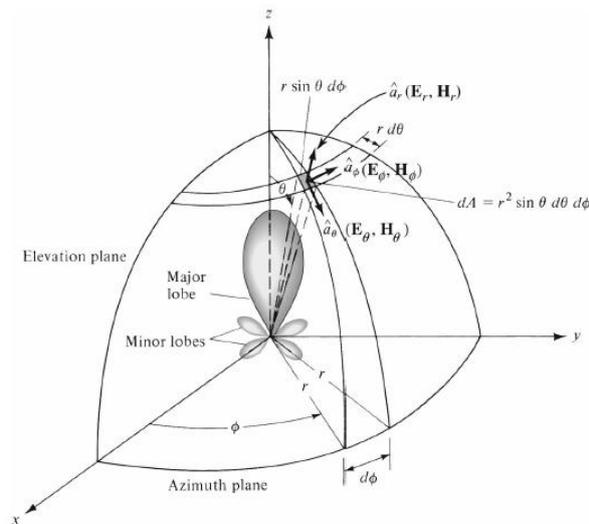
Antena adalah sebuah perangkat penting yang ada pada setiap sistem telekomunikasi tanpa kabel. Antena dirancang untuk bisa memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetik. Antena sebagai alat pemancar adalah sebuah transduser (pengubah) elektromagnetis, yang digunakan untuk mengubah gelombang di dalam saluran transmisi kabel, menjadi gelombang yang merambat di ruang bebas (“*free-space*”)[9].

Kata *free-space* menggunakan tanda petik dikarenakan pada praktiknya, akan selalu ada interaksi dengan sekitar. Jadi, kondisi *free-space* atau kondisi ruang bebas tidak dapat dicapai di kehidupan nyata. Pada pemancar, antenna menerima energi dari sebuah saluran transmisi dan meradiasikannya ke udara, dan pada sisi penerima, sebuah antena mengumpulkan energi dari gelombang tertentu dan mengirimkannya ke saluran transmisi. Ketika membahas tentang antenna, biasanya sifat antena dideskripsikan sebagai suatu pemancar. Namun secara teori bolak-balik, diketahui bahwa pola arah radiasi dari antenna penerima identik dengan arah pola radiasi dari antenna pemancar, sehingga tidak perlu ada perbedaan yang dibuat secara fungsi pemancar dan pengirim dari antena dalam

karakteristik radiasi. Namun harus diketahui juga bahwa teori timbal balik tidak berarti bahwa distribusi arus antenna sama pada pemancar dan penerima[10].

### II.2.1 Pola Radiasi

Pola radiasi suatu antenna dapat diartikan sebagai sebuah fungsi matematis atau sebuah representasi grafik dari sifat radiasi antenna sebagai sebuah fungsi dari koordinat ruang. Pada banyak kasus, pola radiasi ini direpresentasikan sebagai fungsi dari koordinat arah. Sifat dari suatu radiasi meliputi kepadatan daya fluks, intensitas radiasi, kekuatan medan, arah, fasa, dan polarisasi. Sifat antenna yang paling penting adalah distribusi spasial dua atau tiga dimensi dari energi yang diradiasikan sebagai sebuah fungsi dari posisi pengamat sepanjang jalan atau permukaan dari radius yang konstan. Pengaturan koordinat yang mudah ditunjukkan pada oleh gambar II.1.



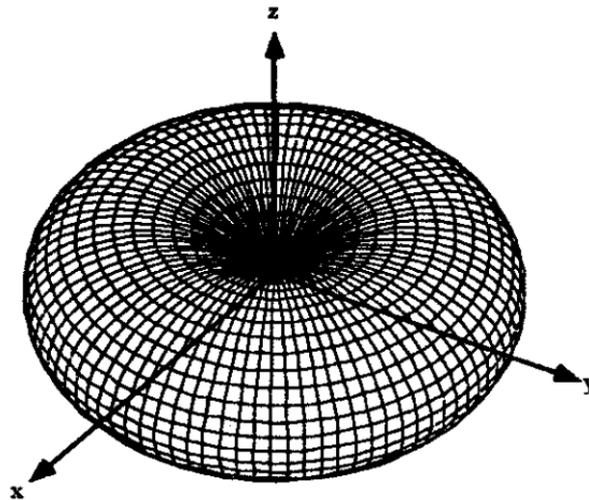
Gambar II.1. Sistem Koordinat Untuk Analisis Antena

Jejak dari suatu medan listrik (magnetik) pada suatu radius yang konstan dinamakan pola amplitudo medan. Pada sisi lain, sebuah grafik dari variasi spasial dari intensitas daya sepanjang radius yang konstan dinamakan pola amplitudo daya.

Biasanya pola medan dan daya dapat dinormalkan berdasarkan nilai maksimumnya. Begitu juga pola daya biasanya diplot pada skala logaritma atau biasanya dalam desibel (dB). Skala logaritma berguna untuk menonjolkan nilai parameter yang sangat kecil, atau biasa disebut *minor lobes*. Pada sebuah antenna, pola daya dalam skala linier biasanya merepresentasikan sebuah plot dari besarnya medan listrik atau medan magnetik sebagai fungsi dari ruang angular, pola daya dalam skala linear biasanya merepresentasikan sebuah plot dari kuadrat besar medan listrik atau magnetik sebagai fungsi dari ruang angular, pola daya dalam merepresentasikan besarnya medan listrik atau magnetik dalam desibel, sebagai fungsi dari ruang angular[11].

## II.2.2 Diagram Radiasi

Salah satu besaran yang penting pada antenna adalah diagram radiasi. 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  $\theta$  dan  $\phi$ . 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.2. Diagram radiasi tiga dimensi dari antenna dipol

Antena ini mempunyai diagram pancar secara tiga dimensi seperti yang terlihat di gambar II.2. Sebuah bentuk konsentrasi energi yang seperti bentuk donat.

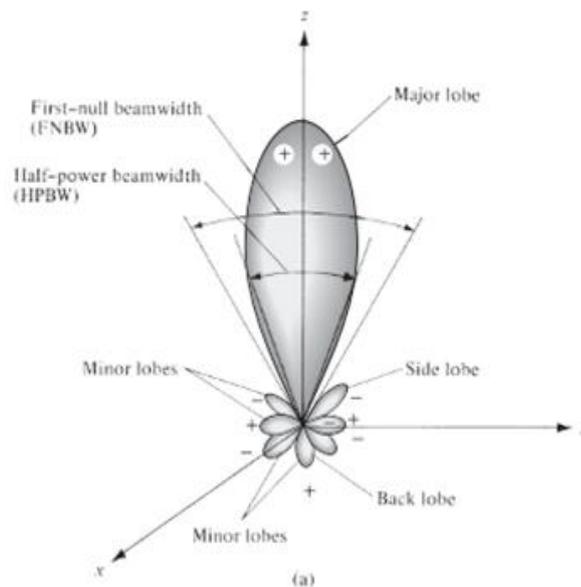
Bentuk ini didapat dengan melakukan perhitungan atau pengukuran di atas titik-titik pengamatan yang terletak di atas sebuah bola (fiktif) dengan radius  $r$ . Jarak ini,  $r$ , harus cukup besar sehingga titik-titik ini berada di medan jauh antena. Untuk batasan jarak  $r$ , yaitu:

$$r > \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2.3)$$

$D$  adalah dimensi terbesar antenna dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang pada frekuensi yang digunakan. 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[9].

### II.2.3 Radiation Pattern Lobes

Salah satu bagian dari pola radiasi dikenal sebagai lobes, yang mana dapat diklasifikasikan menjadi lobe utama, minor, sisi, dan lobe belakang. Radiation Lobe adalah bagian dari suatu pola radiasi yang dibatasi oleh daerah yang memiliki intensitas radiasi yang relatif lemah.



Gambar II.3. Radiation Lobes dan Beamwidth pada Pola Radiasi

Gambar II.3. menggambarkan sebuah pola radiasi tiga dimensi yang simetris dengan beberapa *radiation lobes*. Beberapa diantaranya memiliki intensitas radiasi yang lebih besar dibandingkan dengan yang lainnya, tetapi semua tetap diklasifikasikan menjadi suatu *lobes*. Lobe utama atau biasa disebut berkas utama, didefinisikan sebagai lobe radiasi yang mempunyai arah radiasi yang maksimal. Sementara itu, dalam beberapa antena, bisa saja terdapat lebih dari satu lobe utama. Salah satunya adalah *minor lobe*. Sedangkan *side lobe* dapat didefinisikan sebagai suatu lobe radiasi di segala arah selain lobe utama. *Back*

*Lobe* adalah suatu lobe radiasi yang memiliki sudut  $180^\circ$  terhadap arah datangnya radiasi dari suatu antena[11].

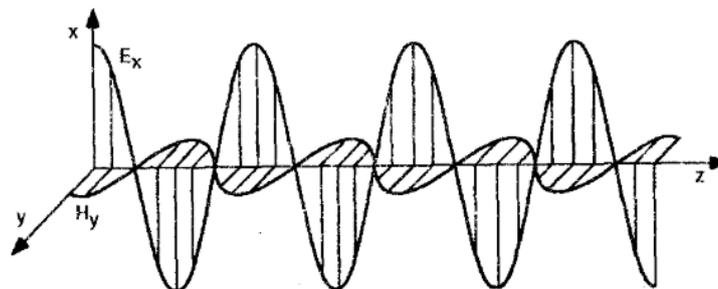
#### II.2.4 Polarisasi

Polarisasi dari suatu antena biasanya menunjukkan ke arah mana suatu medan listrik memiliki orientasi dalam perambatannya.

Ada dua macam polarisasi, yaitu:

1. Polarisasi Linear

Polarisasi ini memiliki arah medan listrik tidak berubah dengan waktu, yang berubah hanya orientasi negatifnya saja (positif-negatif).

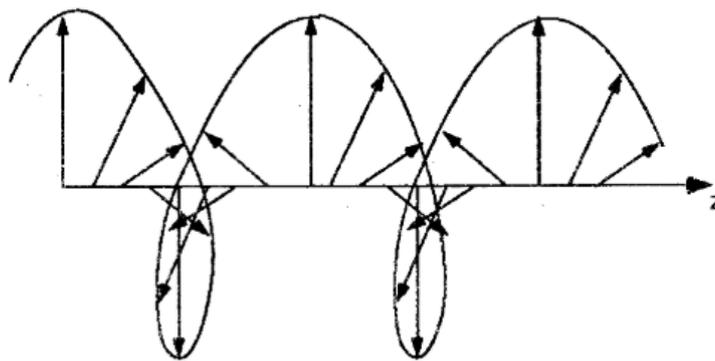


Gambar II.4. Polarisasi Linear

Gambar II.4 menunjukkan sebuah gelombang yang memiliki polarisasi linier yang vertikal. Medan listrik terletak secara vertikal. Polarisasi ini bisa dihasilkan dengan antena dipol yang vertikal. Gelombang yang memiliki polarisasi linier vertikal ini juga harus diterima dengan antena yang bisa menghasilkan polarisasi vertikal.

## 2. Polarisasi Eliptis

Polarisasi yang memiliki medan listrik yang melakukan putaran dengan ujung-ujung panahnya terletak pada sebuah permukaan silinder dengan penampang elips. Polarisasi ini digunakan dengan tujuan mengantisipasi kemungkinan penerimaan sinyal yang tidak diketahui polarisasinya[9].



Gambar II.5. Polarisasi Eliptis

### II.2.5 Direktivitas dan Gain

Direktivitas pada suatu antena didefinisikan sebagai rasio dari suatu intensitas radiasi dari suatu antena pada arah tertentu ke intensitas radiasi yang rata-rata ke semua arah. Dengan kata lain, direktivitas dari sumber non-isotropik sama dengan rasio dari intensitas radiasi pada arah tertentu, jika dibandingkan dengan sumber isotropik.

Gain sebagai suatu parameter pengukuran arah suatu antena yang diberikan. Antena dengan gain yang rendah akan memancarkan radiasi dengan daya yang hampir sama di semua arah, sedangkan antena dengan gain yang tinggi akan memancarkan radiasi ke arah tertentu. Pada dasarnya, gain, gain direktif,

atau gain daya pada antena didefinisikan sebagai rasio dari suatu intensitas (daya per unit permukaan) yang diradiasikan oleh antena pada arah tertentu pada suatu jarak yang berubah-ubah dibagi dengan intensitas yang diradiasikan pada jarak yang sama oleh antena isotropik[12].

## II.2.6 *Scattering Parameters* dan *Voltage Standing Wave Ratio*(VSWR)

*Scattering Parameters* atau biasa disingkat *S-parameters* merupakan hubungan antara suatu *input* dan *output* antara masing-masing *port* atau terminal pada suatu sistem elektrik. *S-parameters* dipresentasikan pada umumnya sebagai *S11* untuk antena yang memiliki *single port*. *S11* ini biasanya mengindikasikan seberapa banyak antena merefleksikan daya dari antenna itu sendiri, sehingga *S11* dapat juga disebut sebagai *S11*. Untuk nilai minimum dari *S11* yang harus dicapai agar antenna dapat bekerja dengan maksimal yakni dibawah -10 dB sebagaimana persamaan dibawah ini.

$$return\ loss = 20 \log \Gamma = dB \quad (2.4)$$

Sehingga nilai -10 dB merupakan nilai minimum yang harus dicapai antena agar refleksinya tidak melebihi 10% dari daya yang ditransfer.

Untuk VSWR masih memiliki keterkaitan antara *S11*. VSWR merupakan fungsi dari *S11*. Nilai VSWR selalu real dan positif. Semakin kecil nilai VSWR yang dihasilkan oleh antena maka semakin baik pula performa dari antena tersebut. Nilai minimum dari VSWR adalah 2 dimana pada kondisi tersebut tidak ada *power* yang direfleksikan sama sekali dari antena[13].

## II.2.7 Bandwidth

*Bandwidth* atau lebar pita suatu frekuensi dari antenna didefinisikan sebagai besar rentang frekuensi kerja dari suatu antenna, dimana kinerja antenna yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti *beamwidth*, *gain*, VSWR, *S11*) memenuhi spesifikasi standar. Nilai *bandwidth* dapat diketahui apabila nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas dari suatu antenna sudah diketahui. Frekuensi bawah adalah nilai frekuensi awal dari frekuensi kerja suatu antenna, sedangkan frekuensi atas merupakan nilai frekuensi akhir dari frekuensi kerja antenna.

*Bandwidth* dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Bandwidth} = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2.5)$$

$$f_c = \frac{f_2 + f_1}{2} \quad (2.6)$$

*BW* = Bandwidth (%)

$f_2$  = Frekuensi tertinggi (GHz)

$f_1$  = Frekuensi terendah (GHz)

$f_c$  = Frekuensi tengah (GHz)

*Bandwidth* antenna biasanya ditulis dalam bentuk persentase *bandwidth* karena bersifat relatif lebih konstan terhadap frekuensi[14].

### II.3 Antena Mikrostrip

Definisi antena menurut IEEE *Standart Definition of Term Antennas* (IEEE Std 145-1983) adalah suatu alat untuk meradiasikan atau menerima gelombang radio. Selain itu, antena dapat juga digunakan untuk mengoptimalkan energi radiasi pada arah tertentu dan menekan pada arah yang lain. Hal ini kemudian yang menyebabkan antena memiliki berbagai bentuk dan desain yang bermacam-macam untuk memenuhi kebutuhan tersebut[15].

Antena mikrostrip adalah antenna yang terdiri atas elemen radiasi (konduktor) yang sangat tipis yang diletakkan di *ground plane*, dimana antara patch dan *ground plane* dipisahkan oleh substrat dielektrik[16]. Antena ini memiliki bentuk dan ukuran yang kecil sehingga antena ini dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi yang membutuhkan spesifikasi antena yang berdimensi kecil sehingga dapat mudah dibawa dan dapat diintegrasikan dengan rangkaian elektronik lainnya. Namun, antena ini juga mempunyai kekurangan seperti memiliki efisiensi yang rendah dan juga *bandwidth* yang sempit[17].

Rumus untuk menghitung dimensi patch dari antena adalah:

$$\text{Width} : \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_R + 1}{2}}} \quad (2.7)$$

$$\text{Length} : \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2.8)$$

#### **II.4 Multiple-Input Multiple-Output (MIMO)**

Sistem *Multiple-Input Multiple-Output* adalah sistem yang tersusun dari sejumlah antena pengirim dan penerima. Sistem MIMO memiliki keunggulan dibanding sistem antena konvensional yaitu dapat bekerja dengan sangat baik pada komponen *multipath*. Sistem MIMO dapat memanfaatkan keberadaan *multipath* untuk menciptakan sejumlah kanal ekuivalen yang seolah-olah terpisah satu sama lain, dimana pada kondisi normal keberadaan *multipath* justru merugikan karena akan menimbulkan suatu *fading*[18].

Teknik dari sistem MIMO ini sangat berguna untuk teknologi 5G dikarenakan teknik dari sistem MIMO ini dapat meningkatkan kapasitas saluran suatu jaringan dan juga meningkatkan efisiensi spektrum dari suatu saluran[19].

#### **II.5 Teknologi 5G**

Teknologi 5G merupakan suatu teknologi komunikasi *wireless* generasi ke-5. Teknologi ini akan menghadirkan konektivitas broadband, *low latency* yang ekstrim, dan juga jaringan yang masif serta *Internet of Things*(IOT). Teknologi ini juga dipersiapkan untuk menyediakan layanan untuk berbagai perangkat jaringan heterogen yang terus bertambah yang mampu berkomunikasi satu sama lain. Dengan kata lain, *Internet Of Things* (IOT) 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[20]. Teknologi ini masih dalam tahap pengembangan namun di beberapa negara sudah diimplementasikan. Teknologi 5G ini menawarkan

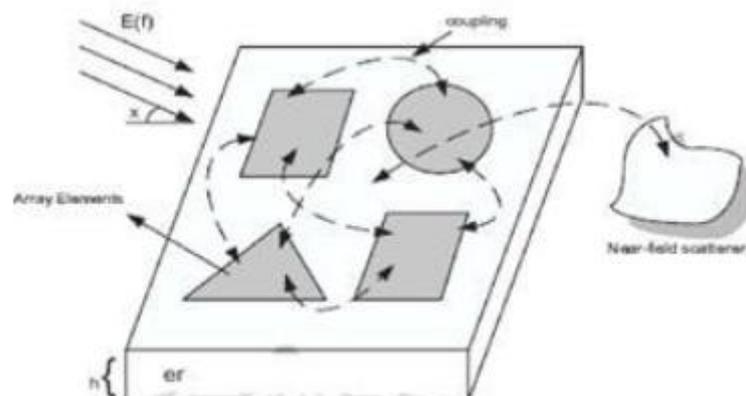
beberapa keunggulan dibanding teknologi komunikasi *wireless* sebelumnya[22].

Adapun beberapa keunggulan yang ditawarkan teknologi ini adalah:

1. Kecepatan transfer data yang tinggi (hingga 1Gbps)
2. Tingkat latensi yang cukup rendah (<1ms)
3. Konsumsi daya yang rendah
4. Memiliki kapasitas yang tinggi sehingga memungkinkan lebih banyak konektivitas perangkat bersamaan dan instan[23].

## II.6 Mutual Coupling

*Mutual coupling* adalah efek yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas parameter antenna karena adanya interferensi elektromagnetik dari dua antenna atau lebih yang jaraknya terlalu berdekatan. Efek ini dapat menyebabkan perubahan pada parameter antenna baik *gain*, *return loss*, dan pola radiasi yang diinginkan. Pada sistem MIMO, pengaruh *mutual coupling* diusahakan seminimal mungkin karena memengaruhi performa setiap antenna[23].



Gambar II.6. *Mutual Coupling* pada Antena

*Mutual coupling* dapat merubah besaran arus, fase, dan distribusi pada setiap elemen sehingga pola radiasi keseluruhan antenna berbeda dibandingkan dengan yang tidak mengalami *coupling*[24].

Penyebab dari *mutual coupling* salah satunya adalah gelombang permukaan. Apabila jarak antar elemen semakin berdekatan, efek *mutual coupling* akan semakin meningkat. Jarak antar elemen antenna diperlukan agar mengurangi efek *mutual coupling*. Akan tetapi, jarak antar antenna juga dapat diminimalkan untuk mengurangi ukuran antenna, dengan syarat tetap memenuhi kondisi mutual coupling[25]. Besar kecilnya dampak *mutual coupling* terhadap performansi antenna juga tergantung pada:

1. Jenis antenna pada parameter desain seperti impedansi elemen dan koefisien refleksi.
2. Letak posisi elemen-elemen pada antenna.
3. Pencatu dari antenna susun[24].