

SKRIPSI
PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP *PATCH RECTANGULAR*
***ARRAY 2X1* UNTUK TEKNOLOGI WIFI FREKUENSI 2,4 GHZ**

Disusun dan diajukan oleh:

MUHAMMAD AL KHOFID

D041171305



DEPARTEMEN ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2022

SKRIPSI
PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP *PATCH RECTANGULAR*
***ARRAY 2X1* UNTUK TEKNOLOGI WIFI FREKUENSI 2,4 GHZ**

Disusun dan diajukan oleh:

MUHAMMAD AL KHOFID

D041171305



DEPARTEMEN ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP PATCH RECTANGULAR ARRAY 2x1
UNTUK TEKNOLOGI WIFI FREKUENSI 2,4 GHZ**

Disusun dan diajukan oleh :

MUHAMMAD AL KHOFID

D041 17 1305

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 24 Januari 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Ir. Syafruddin Syarif, M.T
NIP. 19611125 198802 1 001



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

Ketua Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Muhammad Al Khofid

NIM : D041171305

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Perancangan Antena Mikrostrip *Patch Rectangular Array* 2x1 Untuk


Teknologi Wifi Frekuensi 2,4 Ghz

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi/tesis/disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Makassar, 3 Maret 2021

Yang Menyatakan


(Muhammad Al Khofid)

ABSTRAK

Antena *microstrip* adalah antena yang terdiri dari elemen radiasi (konduktor) yang sangat tipis yang ditempatkan di *ground plane*, di mana patch dan *ground plane* dipisahkan oleh substrat. Antena *microstrip* memiliki banyak karakteristik yang menguntungkan, seperti biaya yang murah, pemodelan dan pembuatan yang mudah, serta dapat memberikan kinerja yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang antena *microstrip array* dengan frekuensi operasi 2,4GHz. Antena dirancang pada substrate FR4 dengan $h = 1.6\text{mm}$ dan konstanta dielektrik $\epsilon_r = 4.3$. Aplikasi yang digunakan untuk merancang antena *microstrip* adalah CST Studio 2019. Nilai *gain*, *VSWR*, *return loss*, *bandwidth*, dan pola radiasi. Hasil simulasi *return loss* -37.42dB, *VSWR* 1.02, *gain* 4.40 dBi, dan *bandwidth* 103.3 MHz. Hasil Pengukuran menunjukkan hasil *return loss* -38.92 dB, *VSWR* 1.06, *gain* 5.78 dBi, dan *bandwidth* 96 MHz.

Kata kunci : *square*, *gain*, *return loss*, *array*, *gain*, pola radiasi

ABSTRACT

A microstrip antenna is an antenna consisting of a very thin radiation element (conductor) placed in a ground plane, where the patch and ground plane are separated by a substrate. Microstrip antennas have many beneficial characteristics, such as low cost, easy modeling and manufacture, and can provide better performance. This study aims to design a microstrip array antenna with an operating frequency of 2.4 GHz. The antenna is designed on FR4 substrate with $h = 1.6\text{mm}$ and dielectric constant $r = 4.3$. The application used to design the microstrip antenna is CST Studio 2019. The value of gain, VSWR, return loss, bandwidth, and radiation pattern. The simulation results return loss -37.42dB , VSWR 1.02, gain 4.40 dBi, and bandwidth 103.3 MHz. The measurement results show that the return loss is -38.92dB , VSWR 1.06, gain 5.78 dBi, and bandwidth 96 MHz.

Keywords: *quadratic, gain, return loss, array, gain, radiation pattern*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin, segala puji dan syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan dan melimpahkan nikmat, rahmat, rizki, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul “Perancangan *Antena Microstrip Patch Rectangular Array 2x1* Untuk Teknologi Wifi Frekuensi 2,4Ghz”. Penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini sehingga kritik dan saran akan sangat bermanfaat untuk penulis agar dapat lebih baik lagi dikemudian hari.

Teriring *shalawat* serta salam penulis sampaikan kepada nabi besar baginda Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wasallam*, yang telah membawa umatnya dari alam yang gelap gulita akan ilmu pengetahuan ke alam yang terang Benderang berilmu pengetahuan seperti yang kita rasakan sampai saat ini dan menjadi panutan dan pedoman umat manusia.

Pembuatan laporan tugas akhir ini berdasarkan perkembangan dunia telekomunikasi yang semakin maju dan meningkat di dunia. Tujuan pembuatan Laporan Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan untuk menyelesaikan program pendidikan strata satu (S1) Fakultas Teknik Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah terlibat membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, baik berupa bantuan moril, spiritual, materi, serta pikiran yang tidak akan pernah terlupakan antara lain kepada:

1. Kedua Orang tua penulis yang tak pernah lelah memberikan dukungan, bantuan, dan doa.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Syafruddin Syarif, M.T. selaku pembimbing 1 dan Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. selaku Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, saran, dukungan, dan motivasinya dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Elyas Palantei, S.T, M.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.
4. Saudari Adhana Pertiwi yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Teman-teman Lab Antena & Propagasi, Saudara dan Saudari Daffa Faishal, Husnul Khotimah, Reski Amalia, Andi Utari dan Milleneo yang senantiasa berbagi waktu dan memberikan dukungan selama melaksanakan kegiatan riset di Lab Antena dan Propagasi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. 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.
7. Seluruh teman-teman EQUALIZER'17 yang selalu berbagi kebahagiaan, waktu, dan kesedihan selama berproses menjadi mahasiswa.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Tujuan Penelitian.....	4
I.4 Manfaat Penulisan	5
I.5 Batasan Masalah.....	5
I.6 Metode Penelitian.....	6
I.7 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II.....	8
II.1 Antena	8
II.1.1 Pola Radiasi.....	8
II.1.2 <i>Radiation Pattern Lobes</i>	11
II.1.3 Diagram Radiasi.....	12
II.1.4 Direktivitas dan <i>Gain</i>	13
II.1.5 Polarisasi	15
II.1.6 <i>Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)</i>	18
II.1.7 <i>Bandwidth</i>	18
II.1.8 <i>Beamwidth</i>	19
II.1.9 Half Power <i>Beamwidth</i>	20
II.1.10. First Null <i>Beamwidth</i>	21
II.1.11 <i>Return loss</i>	22
II.2 Antena <i>Microstrip</i>	22
II.3 Antena <i>Patch Rectangular</i>	24
II.4 Antena <i>Array</i>	26
II.5 <i>T-Junction</i>	28
II.6 Jarak Antar Patch	30
II.7 Teknik Pencatuan.....	31
II.8 WiFi	33

BAB III	35
III.1 Perangkat yang Digunakan	35
1. Perangkat Keras	35
2. Perangkat Lunak.....	36
III.2 Spesifikasi Antena	36
III.3 Diagram Alir Perancangan	37
III.4 Penjelasan Diagram Alir.....	38
III.5 Perancangan dan simulasi.....	39
III.6 Desain Antena.....	39
III.6.1 Perancangan Antena <i>Microstrip</i>	39
III.6.2 Perancangan Saluran Pencatuan <i>T-Junction</i>	40
III.6.3 Penentuan Desain Awal Antena	41
III.6.4 Desain Antena <i>Array</i> Dua Elemen.....	42
III.6.5 Perancangan dengan <i>CST Studio Suite 2019</i>	43
III.6.6 Pengaturan Parameter Antena.....	46
III.7 Menganalisis Hasil Simulasi Sebelum Optimasi.....	47
1. Nilai <i>Return loss</i> awal sesuai dengan perhitungan dimensi antena	48
2. Nilai <i>VSWR</i> sesuai dengan perhitungan dimensi antena.....	49
3. Nilai Impedansi	49
4. Nilai <i>Gain</i> awal sesuai perhitungan dimensi antena	50
5. Nilai <i>Bandwidth</i> Awal.....	50
III.8 Hasil Simulasi antena Setelah Optimasi.....	51
1. Hasil Optimasi Pertama	51
2. Hasil Optimasi Kedua	53
3. Hasil Optimasi Ketiga.....	54
4. Hasil Optimasi Keempat	56
BAB IV	59
IV.1 Hasil Desain Antena <i>Microstrip array</i>	59
IV.2 Hasil Fabrikasi.....	60
IV.3 Analisis Hasil Optimasi Antena <i>Microstrip array</i>	61
1. Frekuensi Tengah.....	62
2. <i>Retun loss</i> S11.....	62
3. <i>Bandwidth</i>	62
4. <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> (<i>VSWR</i>).....	64
5. Impedansi.....	64

6. Gain.....	65
7. Pola Radiasi	66
IV.4 Perbandingan Hasil Parameter Antena	67
IV.4 Hasil Pengukuran Antena	68
IV.4.1 Hasil Pengukuran <i>Return loss</i> dan VSWR	69
IV.4.2 Hasil Pengukuran Pola Radiasi, dan Gain	73
IV.5 Perbandingan Hasil Parameter Antena Array 2x1 dan 3x1	75
IV.5.1 Perbandingan Hasil Parameter Antena	75
IV.5.2 Hasil pengukuran <i>Return Loss</i>	76
IV.5.3 Hasil Pengukuran Pola Radiasi, dan Gain	77
IV.6 Implementasi Antena	78
IV.6.1 <i>Test Speed</i> dan Daya terima sinyal.	78
IV.6.2 Tes Cakupan Area	84
IV.6.2.3 Tes Kekuatan Sinyal (RSSI) kondisi <i>mobile</i>	86
IV.6.3 Hasil Pengukuran <i>Throughput</i> dan <i>Packet Loss</i>	89
IV.6.3.1 Hasil Pengukuran <i>Throughput</i>	89
IV.6.3.2 Hasil Pengukuran <i>Packet Loss</i>	90
BAB V.....	92
PENUTUP.....	92
V.1 Kesimpulan	92
V.2 Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Koordinat Bola	9
Gambar II. 2 Pola Radiasi 3D	9
Gambar II. 3 Radiasi plot kutub	10
Gambar II. 4 Plot persegi panjang dari pola radiasi.....	10
Gambar II. 5 (a) Radiation Lobes dan <i>Beamwidth</i> pada Pola Radiasi(b) Plot linear dari pola radiasi serta lobe dan beamwidth nya [18].....	12
Gambar II. 6 Diagram radiasi tiga dimensi dari antenna dipole	13
Gambar II. 7 Polarisasi Linier	16
Gambar II. 8 Polarisasi Melingkar	17
Gambar II. 9 Polarisasi Elips	17
Gambar II. 10 Bandwidth Antena	19
Gambar II. 11 <i>Beamwidth</i> Antena.....	20
Gambar II. 12 Half Power <i>Beamwidth</i>	21
Gambar II. 13 First Null <i>Beamwidth</i>	21
Gambar II. 14 Bentuk umum Antena <i>Microstrip</i> beserta Variasi patch.	23
Gambar II. 15 <i>Rectangular patch</i>	24
Gambar II. 16 Geometri Tiga Elemen <i>Array</i>	27
Gambar II. 17 Antena <i>array</i> Linear	27
Gambar II. 18 Jarak Optimal Antara 2 Patch.....	28
Gambar II. 19 T-Junction pada Antena <i>Microstrip array</i>	29
Gambar II. 20 Teknik Pencatuan Aperture Coupling	31
Gambar II. 21 Teknik Pencatuan <i>Proximity Coupling</i>	32

Gambar II. 22 Teknik Pencatuan Coaxial Probe.....	33
Gambar III. 1 Diagram Alir.....	37
Gambar III. 2 Tampilan TXLINE 2003	40
Gambar III. 3 Bentuk rancangan antenna <i>array</i> dua elemen.	43
Gambar III. 4 Bentuk rancang line feed <i>array</i> dua elemen.....	43
Gambar III. 5 Tampilan Awal CST Suite Studio 2019.....	44
Gambar III. 6 Tampilan pilihan jenis antenna di CST Suite Studio 2019	45
Gambar III. 7 Tampilan awal untuk mendesain antenna	45
Gambar III. 8 Tampilan skema rancangan antenna <i>microstrip array</i>	46
Gambar III. 9 Pengaturan Far-Field Monitor Untuk.....	47
Gambar III. 10 Pengaturan Boundary	47
Gambar III. 11 Patch antenna sebelum modifikasi	48
Gambar III. 12 Nilai Awal <i>Return loss</i> sebelum modifikasi.....	48
Gambar III. 13 Tampilan VSWR sebelum modifikasi.....	49
Gambar III. 14 Tampilan Impedansi Sebelum Optimasi	49
Gambar III. 15 Tampilan 3D polar plot gain sebelum modifikasi	50
Gambar III. 16 Lebar Bandwidth Antena	51
Gambar III. 17 Desain Antena Setelah Optimasi kedua	53
Gambar III. 18 Desain Antena Setelah Optimasi ketiga.....	54
Gambar III. 19 Nilai <i>Return loss</i> Optimasi Ketiga	55
Gambar III. 20 Nilai VSWR Optimasi Ketiga	55
Gambar III. 21 Tampilan Antena <i>Microstrip array</i> Setelah Dioptimasi	57
Gambar III. 22 Nilai <i>Return loss</i> Optimasi Keempat.....	57

Gambar III. 23 Nilai VSWR Optimasi Keempat	58
Gambar IV. 1 Antena Tampak Depan yang Telah Di fabrikasi.....	60
Gambar IV. 2 Antena Tampak Belakang yang Telah Di fabrikasi	60
Gambar IV. 3 Tampilan Hasil <i>Return loss</i>	62
Gambar IV. 4 Hasil Bandwidth dari <i>Return loss</i> setelah optimasi	63
Gambar IV. 5 Hasil Bandwidth dari VSWR Setelah optimasi	63
Gambar IV. 6 Tampilan Hasil VSWR	64
Gambar IV. 7 Impedansi Sesudah Optimasi	65
Gambar IV. 8 Tampilan Hasil Gain	65
Gambar IV. 9 Tampilan Hasil Pola Radiasi Dalam Bentuk Polar.	66
Gambar IV. 10 Tampilan Hasil Pola Radiasi Dalam Bentuk 3D.....	67
Gambar IV. 11 Hasil Pengukuran <i>Return loss</i> Dengan <i>Antena Analyzer</i>	70
Gambar IV. 12 Perbandingan <i>Return loss</i> Pengukuran dan Simulasi Frekuensi 2,4 GHz	71
Gambar IV. 13 Menunjukkan Grafik VSWR dari Antena Yang Telah Diukur	72
Gambar IV. 14 Perbandingan VSWR dan Simulasi Frekuensi 2,4 GHz	72
Gambar IV. 15 Plot data frekuensi 2,4 GHz Phi 0/Theta	74
Gambar IV. 16 Plot Data Frekuensi 2.4 GHz Phi 90/Theta.....	74
Gambar IV. 17 Perbandingan Return Loss antena 2x1 dan 3x1	76
Gambar IV. 18 Plot Data Frekuensi 2,4 GHz Phi 0/Theta.....	77
Gambar IV. 19 Wifi Adapter	78
Gambar IV. 20 Antena <i>Microstrip array</i> 3x1	79
Gambar IV. 21 Antena Referensi	79

Gambar IV. 22 Data antenna <i>microstrip array</i> 2x1 jarak 70m.....	80
Gambar IV. 23 Data antenna <i>microstrip array</i> 3x1 jarak 70m.....	80
Gambar IV. 24 Data antenna referensi jarak 70m.....	80
Gambar IV. 25 Data Speed test antenna <i>microstrip array</i> 2x1 jarak 70m.....	81
Gambar IV. 26 Data Speed test antenna <i>microstrip array</i> 3x1 jarak 70m.....	81
Gambar IV. 27 Data Speed Test antenna referensi jarak 70m.....	82
Gambar IV. 28 Grafik Rekapitulasi Perbandingan Nilai Antena.....	83
Gambar IV. 29 Antena digunakan pada Laptop Pengguna Tampak dari depan	84
Gambar IV. 30 Antena digunakan pada Laptop Pengguna tampak dari atas....	85
Gambar IV. 31 Tampilan sinyal Wi-fi tanpa menggunakan Antena Eksternal	85
Gambar IV. 32 Tampilan sinyal Wi-fi dengan menggunakan Antena Eksternal	86
Gambar IV. 33 Rute Pengukuran Lantai 3 Departemen Teknik Elektro	87
Gambar IV. 34 Kekuatan Sinyal (RSSI).....	88

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Channel frekuensi 2,4 GHz	34
Tabel III. 1 Spesifikasi Parameter yang Digunakan	40
Tabel III. 2 Nilai Perancangan Saluran Pencatu Antena.....	41
Tabel III. 3 Dimensi Desain Awal Antena.....	42
Tabel III. 4 Hasil Optimasi Pertama	52
Tabel III. 5 Hasil Optimasi Antena Menggunakan Teknik U-Slot	54
Tabel III. 6 Hasil Optimasi Antena Menggunakan Teknik U-Slot	55
Tabel III. 7 Hasil Optimasi Keempat Antena Menggunakan Teknik U-Slot....	56
Tabel IV. 1 Hasil Desain Antena <i>Microstrip array</i>	59
Tabel IV. 2 Perbandingan Ukuran Antena Sebelum dan Sesudah Optimasi .	61
Tabel IV. 3 Perbandingan Hasil Parameter.....	67
Tabel IV. 4 Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran pada Frekuensi 2,4 GHz.....	73
Tabel IV. 5 Perbandingan Hasil Antena	75
Tabel IV. 6 Standar Nilai kualitas Sinyal	82
Tabel IV. 7 Perbandingan Kinerja daya terima sinyal Antena.....	83
Tabel V. 1 Standarisasi Throughput versi TIPHON	89
Tabel V. 2 Pengukuran Parameter Throughput.....	90
Tabel V. 3 Standarisasi Parameter Packet Loss	91
Tabel V. 4 Pengukuran Parameter Packet Loss	91

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Saat ini, teknologi nirkabel terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan pengguna telekomunikasi[1]. Data tinggi tingkat, fleksibilitas, dan biaya rendah telah menjadi permintaan untuk masa depan teknologi nirkabel. Hal ini dibuktikan dengan sistem transfer data yang dulunya melalui kabel, kini bisa dilakukan melalui media nirkabel[2]. Sistem komunikasi wireless merupakan sistem komunikasi dengan media transmisi berupa propagasi gelombang elektromagnetik tanpa harus terkoneksi dengan kabel[3]. Salah satu perkembangan jaringan wireless yang populer saat ini adalah wireless fidelity (Wi-Fi) yang beroperasi pada frekuensi 2.4Ghz[4]. Pada sistem komunikasi nirkabel dibutuhkan antena dalam proses transmisi data ke dan dari udara, agar gelombang elektromagnetik dapat dipancarkan dan diterima secara efektif[5]. Teknologi telekomunikasi dengan media kabel (*wireline*) kini telah mulai ditinggalkan dan berganti dengan teknologi tanpa kabel (*wireless*) yang memanfaatkan gelombang radio sebagai media transmisinya. Salah satu teknologi komunikasi tanpa kabel (*wireless*) yang kini telah banyak digunakan adalah teknologi WiFi. Wi-Fi merupakan sebuah teknologi yang memanfaatkan peralatan elektronik untuk bertukar data secara nirkabel (menggunakan gelombang radio) yang banyak dipergunakan untuk koneksi internet berkecepatan tinggi[4]. Salah satu teknologi *Wireless Fidelity* (Wi-Fi) yang menggunakan frekuensi kerja 2400 MHz sesuai dengan standar IEEE 802.11. Salah satu perkembangan jaringan wireless yang populer saat ini adalah wireless fidelity (Wi-Fi) yang beroperasi pada frekuensi 2.4

Ghz. Selain teknologi wireless, teknologi perangkat sensor dan komputer yang semakin canggih memungkinkan untuk membangun jaringan komunikasi sensor dan perangkat kontrol melalui jaringan internet yang umum disebut sebagai Internet of Things. Dengan menggunakan jaringan Wi-Fi untuk menghubungkan antar sensor pada tempat yang berjauhan dibutuhkan sebuah alat yaitu antena yang berfungsi memancarkan dan menerima gelombang radio yang membawa informasi data sensor[4].

Untuk menunjang kebutuhan tersebut diperlukan suatu antena yang dapat mendukung komunikasi nirkabel. Salah satu perangkat yang menentukan performansi jaringan dan memiliki peran yang sangat penting adalah Antena. Sebagai komponen penting dalam proses *transceiver* energi gelombang elektromagnetik peranan antena saat ini sudah berkembang hingga proses transfer data yaitu dengan munculnya sistem komunikasi wi-fi[6]. Salah satu jenis antena yang saat ini banyak digunakan untuk komunikasi nirkabel adalah antena *microstrip*. Antena *microstrip* memiliki kelebihan diantaranya bentuk yang kecil, kompak, dan sederhana[2]. Antena *microstrip* dapat memberikan solusi karena ukurannya yang kecil, ringan, harganya murah, dapat Di fabrikasi oleh teknologi *printedboard modern* serta mudah diintegrasikan dengan *microwave integrated circuits* (MICs). Namun antena tersebut memiliki efisiensi dan gain yang relatif kecil sehingga harus digunakan metode-metode tertentu untuk meningkatkannya, misalnya dengan menyusun elemen antena dalam bentuk *array*[5]. Antena *microstrip* dengan satu elemen peradiasi memiliki beberapa kelebihan yaitu murah, ukuran lebih kecil dan ringan. Disamping kelebihan yang dimiliki satu elemen peradiasi memiliki beberapa

kekurangan berupa bandwidth yang dihasilkan sempit dan keterbatasan dalam gain. Kekurangan dalam hal gain pada antenna *microstrip* dapat diatasi dengan mengimplementasikan banyak elemen peradiasi dalam konfigurasi *array*. Untuk kekurangan dalam bandwidth dapat diatasi dengan menambahkan *lossy elements* akan tetapi akan mengganggu efisiensi antenna, sehingga dengan menerapkan *array* antenna dapat juga menaikkan *bandwidth*[4].

Table 1 Penelitian Terdahulu

No	Penelitian	Bentuk Patch	Frekuensi Kerja GHz	Hasil Pengukuran Parameter			Aplikasi Desain
				Return loss dB	VSWR	Gain dBi	
1	Eva Yovita Dwi Utami, F. Dalu Setiaji, Daniel Pebrianto	Persegi	2.35 - 2.5	-31.444	1.055	6.67	Ansoft HFSS
2	Amar ma 'ruf, Sopian soim, Emilia hesti	Square	2.4	-20.8	1.2	5.53	Ansoft HFSS
3	Syah Alam, I Gusti Nyoman Yogi Wibisana, dan Indra Surjati	Array 2x2 peripheral slits	2.448	-26.141	1.104	6.44	Ansoft HFSS
4	Mohammad Hamdani dan Arie Setiyadi	Mawar patch	2.4	-12.817	1.6	2.61	Ansoft HFSS
			5.2	-18	1.306	2.88	
5	Trycia. A. C. Najoan, Alexander Patras, dan Julie C. Rante	Triangular	2.4	-19.58	1.3	3.65	CST Studio Suite
6	Nailatus Saidah dan Vira Rahayu	Rectangular & Slot T Groundplane	2.4	-40.66	1.012	5.31	CST Studio Suite
7	Giza Zativa, Bloko Budi Rijadim, dan Mochamad Yunus	Persegi Array 1x4 SRR DGS	2.394	-23.767	1.14	6.286	CST Studio Suite
8	Egi Pratama, dan Ery Safrianti	Circular patch mimo 2x2	2.4	-30.467	1.061	-	Ansoft HFSS
9	Putu Artawan, dan I Ketut Purnamawan	Array 4x4 triangular	2.4	-23.1	1.15	-	Ansoft HFSS
10	Yenniwarti Rafsyam, Alifia Syifa Fauziah, dan Jonifan	Circular Crown	2.412	-30	1.069	6.6 dB	CST Studio Suite

Dari rujukan penelitian di atas, penulis dapat mengetahui bahwa antenna *Microstrip array* dapat sangat efisien untuk diimplementasikan di teknologi WiFi,

Oleh karena itu, pada tugas akhir ini penulis akan merancang sebuah antenna *microstrip* yang mampu bekerja di frekuensi kerja yaitu 2,4 GHz untuk diimplementasikan di aplikasi WiFi. Adapun judul Tugas Akhir ini adalah PERANCANGAN ANTENA MICROSTRIP PATCH RECTANGULAR ARRAY UNTUK TEKNOLOGI WIFI FREKUENSI 2,4 GHZ.

I.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang dan merealisasikan antenna *microstrip* yang dapat bekerja pada frekuensi kerja 2,4 GHz?
2. Bagaimana hasil pengukuran parameter antenna lewat simulasi menggunakan *software* CST?
3. Bagaimana Mengaplikasikan antenna *microstrip array* 2x1 Teknologi wifi pada frekuensi 2,4 GHz?

I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merealisasikan sebuah antenna *microstrip* yang dapat bekerja pada frekuensi kerja 2,4 GHz. Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan merealisasikan sebuah antenna *microstrip* yang dapat bekerja pada frekuensi kerja 2,4 GHz.
2. Analisis hasil pengukuran parameter antenna lewat simulasi menggunakan *software* CST.

3. Mengaplikasikan antena *microstrip array* 2x1 Teknologi wifi pada frekuensi 2,4 GHz.

I.4 Manfaat Penulisan

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat seperti yang diuraikan berikut ini :

1. Bagi penulis, penelitian ini diharapkan menjadi evaluasi untuk mengukur kemampuan dan potensi 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 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.
4. Bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, penelitian ini diharapkan menjadi pemicu kreativitas untuk terus mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi.

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 2,4 GHz
3. Parameter antena yang akan diukur meliputi VSWR, Gain, *Return loss* (S11), pola radiasi dan *Bandwidth*.

4. Implementasikan antena di Departemen Teknik Elektro kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

I.6 Metode Penelitian

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

- a. 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 *microstrip*, serta parameter-parameter yang terdapat di antena.

- b. Perancangan dan Simulasi

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

- c. 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.

- d. 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.

e. Penarikan simpulan

Tahap akhir dari penelitian ini adalah menarik kesimpulan 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 *microstrip*.

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

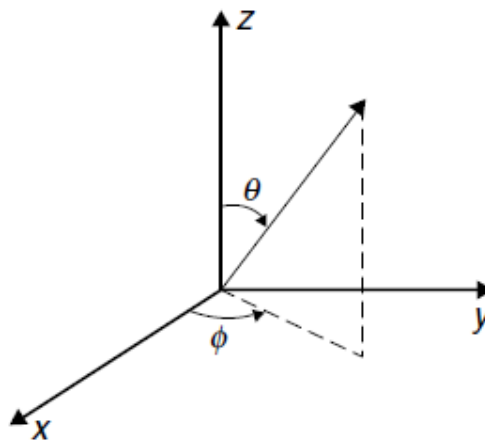
II.1 Antena

Antena adalah alat yang berfungsi menerima atau memancarkan gelombang elektromagnetik. Antena biasanya sering disebut dengan istilah struktur yang berkaitan dengan wilayah transisi antara suatu gelombang terbimbing menjadi gelombang bebas dan sebaliknya. Antena merupakan struktur transisi antara ruang bebas dan sebuah alat pengarah yang mengkonversi gelombang elektromagnetik menjadi arus listrik maupun sebaliknya[15]. Pada saat proses transmisi, gelombang elektromagnetik akan ditransmisikan sepanjang jalur transmisi dan menyebar ke udara. Jalur transmisi ini dapat berupa kabel koaksial, terkadang juga ditambahkan dengan pipa untuk memperluas jalur transmisi dan dikenal sebagai gelombang terbimbing (*wave guide*)[16]. gelombang elektromagnetik yang tertuntun menjadi gelombang ruang bebas. Proses kerja dari sebuah antena didasarkan pada konsep hubungan medan listrik dan medan magnet atau yang dikenal sebagai elektromagnetik. Hubungan kedua medan tersebut dimanfaatkan untuk mengubah radiasi gelombang sebagai media komunikasi *wireless*[17].

II.1.1 Pola Radiasi

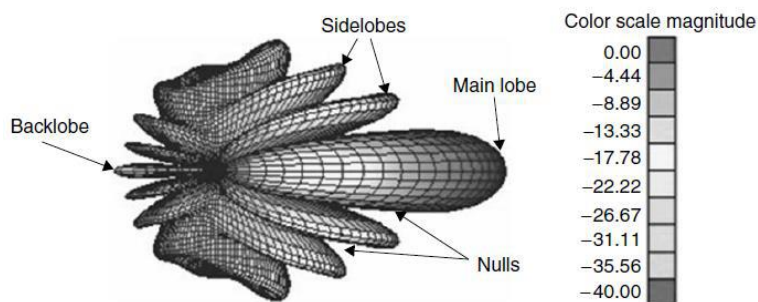
Pola radiasi didefinisikan sebagai sebuah fungsi matematika atau representasi grafik dalam fungsi koordinat ruang dari sifat radiasi antena. Sifat radiasi dapat meliputi kerapatan *flux*, intensitas radiasi, kuat medan, atau polarisasi. Biasanya sifat dari radiasi yang sangat penting adalah persebaran secara tiga dimensi atau dua dimensi dari energi yang diradiasikan antena[18]. 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 .



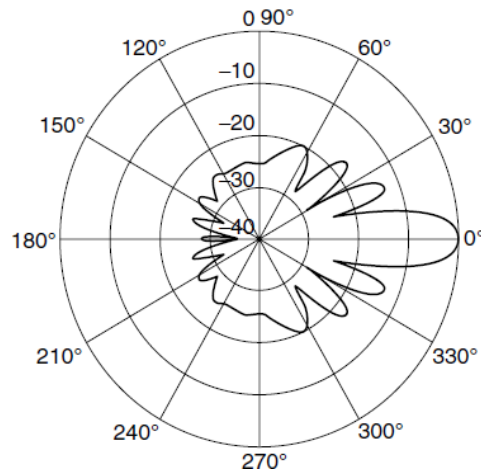
Gambar II. 1 Koordinat Bola

Untuk dipol biasa, ini akan menjadi *toroid*. Pola radiasi antenna biasanya diwakili oleh grafik tiga dimensi (3D), seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.2, atau plot kutub dari penampang horizontal dan vertikal. Grafik harus menunjukkan *sidelob* dan *backlobes*.



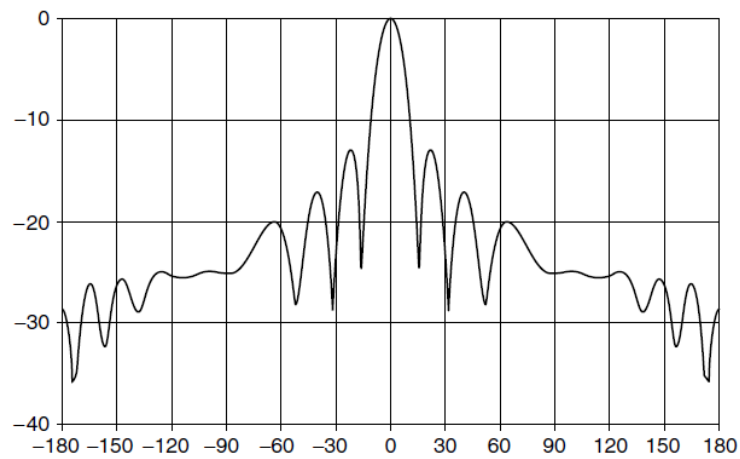
Gambar II. 2 Pola Radiasi 3D

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

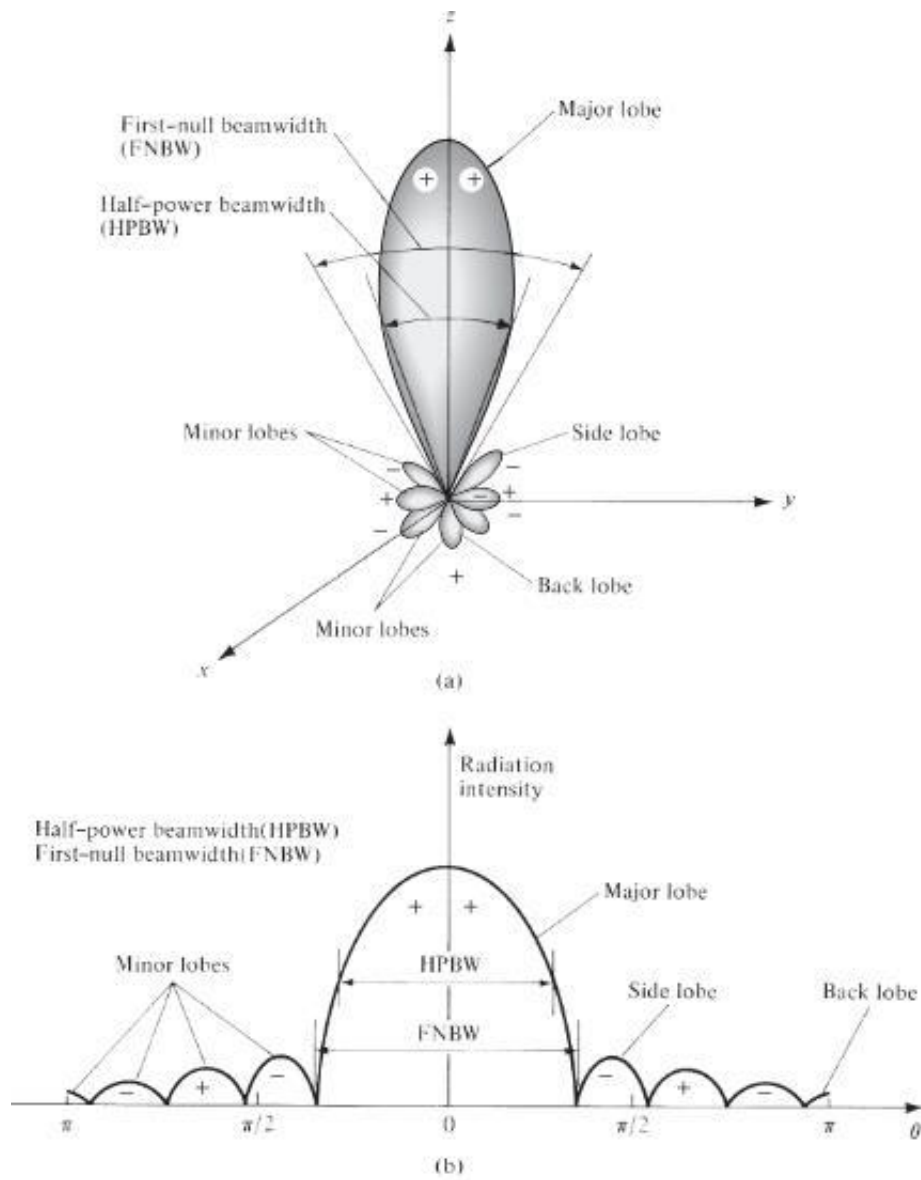


Gambar II. 4 Plot persegi panjang dari pola radiasi

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

II.1.2 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.5a 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.5b mengilustrasikan sebuah pola dua dimensi linear (satu ruang dengan gambar II.5a) di mana karakteristik polanya identik satu sama lain [18]. 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.

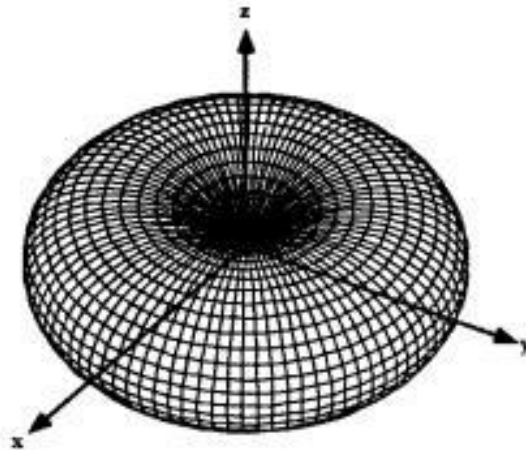


Gambar II. 5 (a) Radiation Lobes dan *Beamwidth* pada Pola Radiasi (b) Plot linear dari pola radiasi serta lobe dan beamwidth nya [18].

II.1.3 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 mengkonsentrasikan energinya ke arah sudut tertentu.



Gambar II. 6 Diagram radiasi tiga dimensi dari antenna dipole

Antena ini mempunyai diagram pancar secara tiga dimensi seperti yang terlihat di gambar II.6. 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 antenna. Diagram radiasi antenna 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 vertical[19].

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[20].

Ada dua jenis parameter penguatan (gain) yaitu absolute gain dan relative gain. Absolute gain pada sebuah antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antenna teradiasi secara isotropik. Intensitas radiasi yang berhubungan dengan daya yang diradiasikan secara isotropik sama dengan daya yang diterima oleh antenna (P_{in}) dibagi dengan 4π . Absolute gain ini dapat dihitung dengan persamaan persamaan 2.1:

$$gain = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \dots\dots\dots 2.1$$

Selain *absolute gain* juga ada *relative gain*. *Relative gain* didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antenna referensi pada arah yang direferensikan juga. Daya masukan harus sama di antara kedua antenna itu.

Adapun cara lain untuk menghitung *gain* antenna yaitu dengan menggunakan bantuan perangkat lunak tertentu. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan pembacaan level penerimaan sinyal. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *gain* dapat dilihat pada Persamaan 2.2.

$$G_a \text{ dB} = P_a \text{ dBm} - P_s \text{ dBm} + G_s \text{ dB} \dots\dots\dots 2.2$$

Selanjutnya gain dapat juga dihitung dengan menggunakan oleh Persamaan 2.3.

$$G = \eta \times D_{total} \dots\dots\dots 2.3$$

Adapun besar efisiensi (η) antena mikrostrip yang digunakan biasanya berkisar 60% sampai 70% [21].

II.1.5 Polarisasi

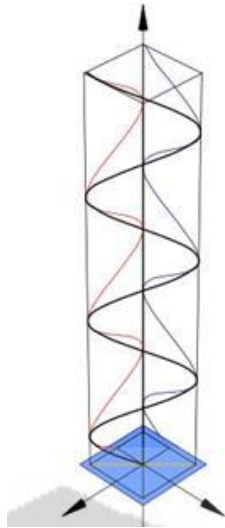
Polarisasi antena adalah polarisasi dari gelombang yang ditransmisikan oleh antena. Definisi lain adalah arah gerak medan listrik dari gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh antena pada lobe utamanya. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah gain maksimum. Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnetik yang menggambarkan arah dan magnitudo vektor medan elektrik yang bervariasi menurut waktu. Polarisasi diklasifikasikan menjadi tiga yaitu, polarisasi linear, circular (melingkar) serta *elliptical (elips)* [22].

Pada prakteknya, polarisasi dari energi yang teradiasi bervariasi dengan arah dari tengah antena, sehingga bagian lain dari pola radiasi mempunyai polarisasi yang berbeda.

Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnetik 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 antena pada suatu arah tertentu. [23]

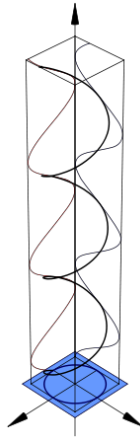
Polarisasi dapat diklasifikasikan sebagai linear (linier), circular (melingkar), atau *elliptical (elips)*. Polarisasi linier (Gambar 11.7) terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik di ruang memiliki vektor medan elektrik

(atau magnet) pada titik tersebut selalu berorientasi pada garis lurus yang sama pada setiap waktu[23].

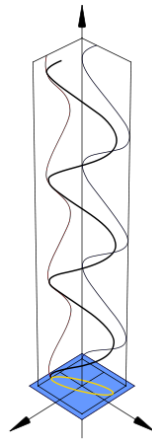


Gambar II. 7 Polarisasi Linear

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 $\delta = -\pi/2$ [23].



Gambar II. 8 Polarisasi Melingkar



Gambar II. 9 Polarisasi Elips

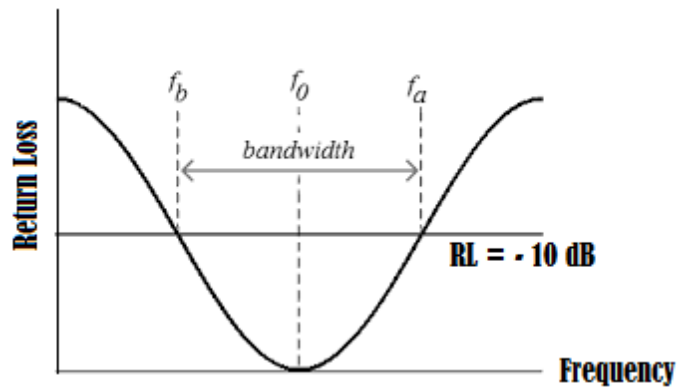
Polarisasi elips (Gambar II.10) terjadi ketika gelombang yang berubah menurut waktu memiliki vektor medan (elektrik atau magnet) berada pada jalur kedudukan *elips* pada ruang[23].

II.1.6 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR adalah perbandingan antara amplitude gelombang berdiri (standing wave) maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$) [5]. Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan matching sempurna. Namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Pada umumnya nilai VSWR yang dianggap baik adalah $VSWR \leq 2$. Maka dari itu pada penelitian ini, nilai VSWR yang diharapkan adalah kurang dari 2[22].

II.1.7 Bandwidth

Bandwidth suatu antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana kerja yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, pola radiasi, *bandwidth axial ratio*) memenuhi spesifikasi standard. *Bandwidth* (BW) antena didapatkan dari hasil pengurangan dari frekuensi tertinggi terhadap frekuensi terendah [24]. Nilai *bandwidth* dapat diketahui apabila nilai frekuensi bawah, dan frekuensi atas dari suatu antena sudah diketahui. Frekuensi bawah adalah nilai frekuensi awal dari frekuensi kerja antena, sedangkan frekuensi atas merupakan nilai frekuensi akhir dari frekuensi kerja antena, namun demikian pada saat perancangan dapat juga disepakati bahwa frekuensi atas atau frekuensi bawah yang merupakan frekuensi kerja dari antena[25], *bandwidth* ini dibatasi oleh besarnya *return loss* ≤ -10 [26].



Gambar II. 10 Bandwidth Antena

Lebar *bandwidth* dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Bandwidth} = \frac{f_a - f_b}{f_0}$$

f_a = frekuensi atas

f_b = frekuensi bawah

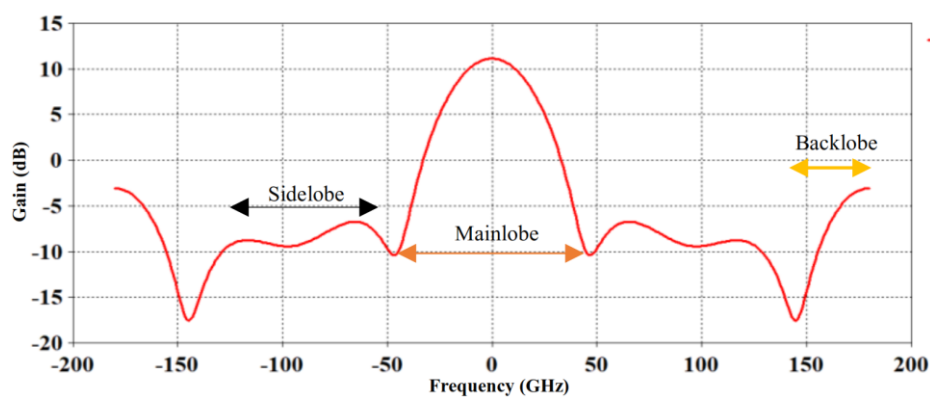
f_c = frekuensi tengah

II.1.8 *Beamwidth*

Beamwidth adalah sudut aperture dari antena dimana sebagian besar daya terpancar. *Beamwidth* sendiri terbagi atas beberapa bagian diantaranya main beam, sidelobe dan backlobe. Main beam merupakan daerah dimana daya yang dipancarkan maximum. Daerah main beam umumnya adalah sudut antara daya puncak dengan daya lebih dari sama dengan 50% (-3dB) daya pancar antena. Sidelobe merupakan daerah beam yang kecil dimana berada jauh dari beam utama. Sidelobes ini biasanya merupakan pancaran radiasi antena dengan arah yang tidak diinginkan yang tidak akan pernah bisa dihilangkan sama sekali. Sedangkan backlobe merupakan

daerah dimana pancaran radiasi antenna yang muncul berkebalikan 180° dari beam utama antenna. Gambar dari *Beamwidth* antenna digambarkan pada gambar 2.11.

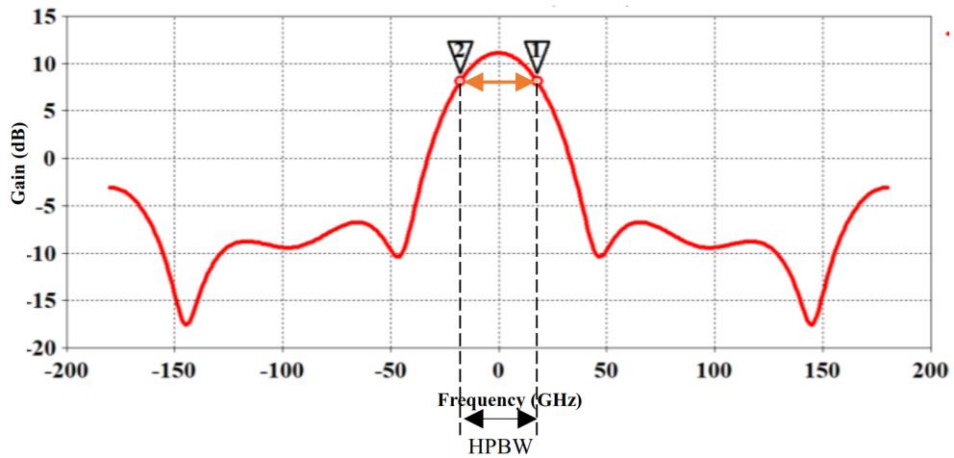
Terdapat dua hal utama yang terdapat dari *Beamwidth* yaitu, Half Power *Beamwidth* (HPBW) dan First Null *Beamwidth* (FNBW). Karakteristik dan perumusan dari Half Power *Beamwidth* (HPBW) dan First Null *Beamwidth* (FNBW) akan dijelaskan pada subbab berikutnya[27].



Gambar II. 11 *Beamwidth* Antena

II.1.9 Half Power *Beamwidth*

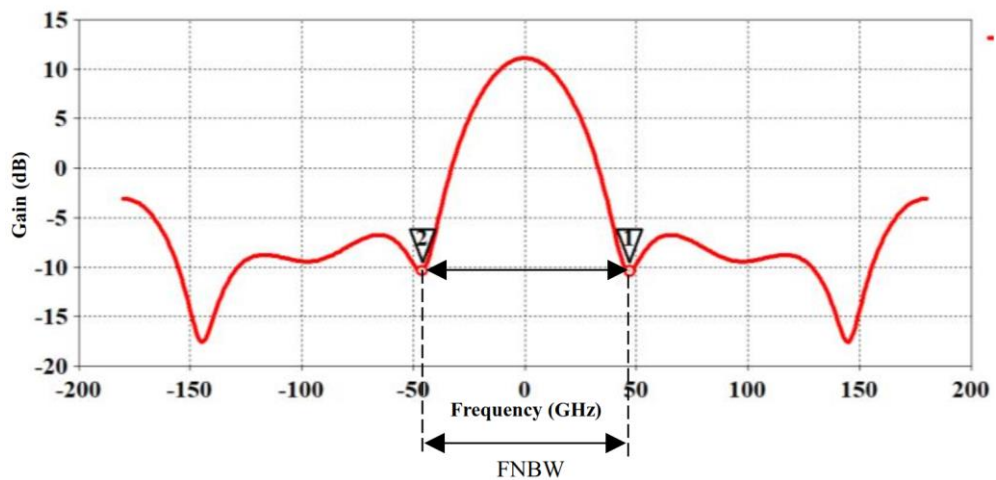
Half Power *Beamwidth* merupakan sudut pemisah dimana besar nilai daya pola radiasi bernilai 50% (-3dB) dari puncak beam utama. Gambar 2.12 penentuan half power *Beamwidth* dari antenna. menggambarkan Dengan kata lain, *Beamwidth* adalah area di mana sebagian besar daya terpancar, yang mana merupakan daya puncak antenna. Half Power *Beamwidth* adalah sudut dimana daya relatif $\geq 50\%$ dari daya puncak yang dipancarkan antenna[27].



Gambar II. 12 Half Power *Beamwidth*

II.1.10. First Null *Beamwidth*

First Null *Beamwidth* merupakan rentang sudut antara nilai daya nol pertama yang bersebalahan dengan beam utama. Nilai dari first null *Beamwidth* umumnya adalah 2 HPBW. Gambar 2.13 menggambarkan letak dari first null *Beamwidth* sebuah antenna[27]. Secara matematis, nilai dari first null *Beamwidth* adalah:



Gambar II. 13 First Null *Beamwidth*

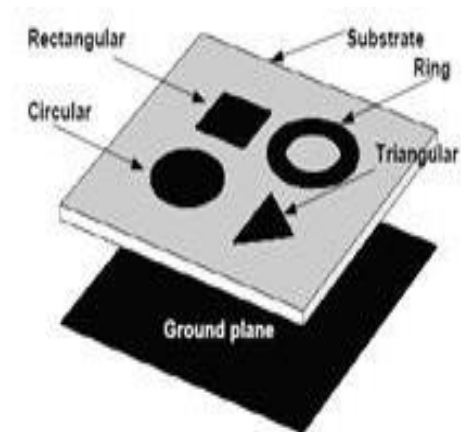
II.1.11 Return loss

Return loss merupakan besaran yang menunjukkan rugi daya akibat ketidaksesuaian impedansi, *return loss* didapat dari hasil pengukuran *RF Network Analyser* yang dinyatakan dalam besaran decibel (dB)[26]. *Return loss* dapat terjadi karena adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena)[28].

II.2 Antena Microstrip

Antena *microstrip* adalah suatu antena konduktor nirkabel yang berukuran sangat kecil yang didalamnya terdapat elemen peradiasi, substrat dielektrik dan menempel pada bidang dasar atau biasa disebut dengan *ground plane*. Antena ini memiliki berat yang amat ringan karena bentuknya yang sederhana dan dapat dibuat sesuai kebutuhan. Pengaplikasiannya sudah banyak digunakan pada pesawat terbang, pesawat ruang angkasa, satelit serta peluru kendali. Antena *microstrip* mempunyai fungsi dasar yang sama seperti antena antena biasanya yaitu sebuah alat yang dapat menerima atau mengirimkan gelombang elektromagnetik[29].

Secara umum, antena *microstrip* dalam bentuknya yang paling sederhana terdiri dari 3 elemen, yaitu *elemen peradiasi* (patch), substrat dielektrik, dan *ground plane* seperti pada Gambar II. 14.



Gambar II. 14 Bentuk umum Antena *Microstrip* beserta Variasi patch.

Antena *microstrip* memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan antena jenis lainnya. Beberapa kelebihan antena antara lain:

- a. *Low Profile*, yaitu memiliki dimensi yang kecil, ringan, dan dapat dibuat non-formal.
- b. Mudah Di fabrikasi dengan biaya yang murah
- c. Polarisasi linear ataupun melingkar dapat dihasilkan dengan menggunakan catu yang sederhana.
- d. Memungkin untuk dibuat *dual-frequency* dan *dual-polarization*.
- e. Dapat diintegrasikan dengan rangkaian *microwave* lainnya seperti *power amplifier*, *low noise amplifier*, filter dengan mudah.
- f. *Feed line* dan *matching network* dapat Di fabrikasi pada struktur antena sekaligus.

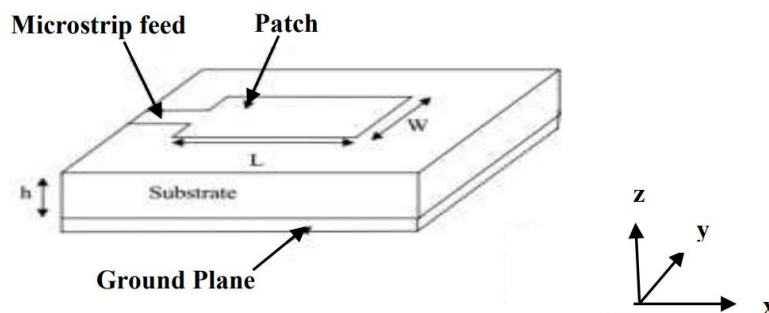
Akan tetapi, antena *microstrip* juga memiliki beberapa kekurangan, antara lain:

- a. Memiliki *Bandwidth* yang sempit dan *gain* yang rendah.
- b. Rugi-rugi ohmic yang tinggi pada struktur *feed* untuk bentuk antena susun (*array antena*).

- c. Antena *microstrip* susun memerlukan struktur *feed* yang kompleks.
- d. Munculnya gelombang permukaan (*surface wave*)[17].

II.3 Antena *Patch Rectangular*

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.15 antena patch rectangular adalah salah satu antena dimana mudah dalam proses pabrikan dan banyak digunakan dalam perancangan antena. Karena ketebalan substrate lebih tipis daripada panjang gelombang, maka rectangular patch dianggap sebagai bidang planar dua dimensi untuk lebih memudahkan dalam analisis, patch rectangular menghasilkan polarisasi linier.



Gambar II. 15 *Rectangular patch*

Antena mikrostrip patch yaitu antena yang terdiri dari tiga bagian utama yaitu *patch*, *substrate*, dan *ground plane*. Bagian *patch* merupakan bagian yang berfungsi untuk memancarkan gelombang radio terletak di bagian terluar atas antena. Bahan utama dari patch berupa konduktor yaitu tembaga. Bentuk patch sendiri ada bermacam-macam yaitu *rectangular*, *circular ring*, dan *u-slot*. Sedangkan substrate merupakan bagian yang berfungsi menyalurkan gelombang elektromagnetik dari catuan. Karakteristik dari substrate sangat berpengaruh pada performa antena, sedangkan ketebalan dari substrate mempengaruhi bandwidth

pada antena. Bagian terakhir yaitu *ground plane* merupakan ground dari antena. Untuk melakukan desain pada antena mikrostrip patch terdapat beberapa persamaan dasar yang digunakan[3]. Persamaan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar dimensi pada elemen patch yaitu:

Menentukan dimensi antena:

1. Menghitung *W Patch* (lebar *patch*)

$$W = \frac{c}{2f} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \dots\dots\dots 2.4$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{w} \right)}} \right] \dots\dots\dots 2.5$$

$$L = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{eff}}} 0.824h \left(\frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)} \right) \dots\dots\dots 2.6$$

Keterangan:

W = Lebar patch (mm)

c = 3×10^8 m/s (Kecepatan cahaya) (m/s)

f = Frekuensi kerja (GHz)

ϵ_r = permitivitas relative

ϵ_{eff} = Permittivitas efektif

h = ketebalan Substrate (mm)

w = Lebar (mm)

L = Panjang (mm)

Sedangkan untuk *ground plane* dianjurkan memiliki ukuran enam kali lebih besar dari ketebalan substrate. Sehingga didapatkan persamaan untuk *plane ground* sebagai berikut:

$$L_g = 6h + L \dots\dots\dots 2.7$$

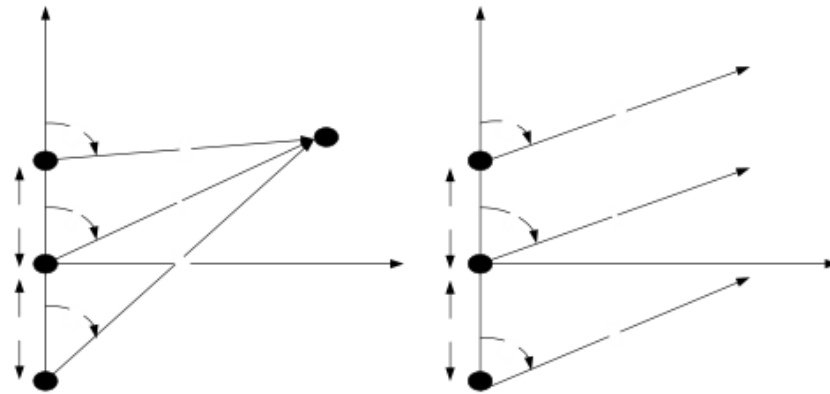
$$W_g = 6h + W \dots\dots\dots 2.8$$

II.4 Antena Array

Biasanya antena elemen tunggal memiliki pola radiasi yang sangat lebar, dan setiap elemen tersebut menghasilkan keterarahan dan perolehan (*gain*) yang rendah. Pada banyak aplikasi diperlukan antena dengan keterarahan yang baik dan perolehan (*gain*) yang tinggi. Contoh aplikasi yang membutuhkan karakteristik tersebut antara lain adalah radar, penginderaan jauh, komunikasi satelit, dan banyak lagi. Kebutuhan karakteristik ini dapat dipenuhi dengan menyusun antena dengan beberapa konfigurasi. Antena susunan ini sering disebut dengan antena *array*.

Antena *array* adalah susunan dari beberapa antena yang identik. Sinyal dari antena tersebut digabung atau diproses untuk meningkatkan performansi yang diperoleh dari satu antena. Tujuan membuat antena *array* antara lain untuk meningkatkan gain antena, meningkatkan *directivity* antena, mengarahkan daya pancar menuju sector sudut yang diinginkan, menentukan arah kedatangan sinyal, dan memaksimalkan SNR (*Signal to Interference Plus Noise Ratio*). Jumlah elemen, pengaturan geometris, amplitudo relatif dan *fase relative* dari antena yang akan di-*array* bergantung pada pola sudut yang harus dicapai. Jika antena *array* telah dirancang untuk fokus ke arah tertentu, maka akan mudah untuk mengarahkan

ke beberapa arah lain dengan mengubah *fase relative* dari *elemen array*, proses ini disebut *steering* atau *scanning*[4].



Gambar II. 16 Geometri Tiga Elemen *Array*

Pada penelitian ini digunakan antena *array* linear, linear sendiri memiliki artian berhubung dengan garis lurus. Antena yang akan berhubung dengan garis lurus tersebut terdiri dari dua patch dikarenakan kebutuhan antena eksternal WiFi yang dapat dibawa kemana-mana dengan praktis mengingat ukuran untuk dua patch tidak terlalu besar, antena *array* linear juga memiliki kelebihan dalam hal perhitungan dan tidak terlalu rumit dalam teknik pencatuan. Berikut bentuk antena *array* linear dua patch yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar II. 17 Antena *array* Linear

Diperlukan pengaturan jarak (d) dan pengaturan beda fasa eksitasi (β) antar elemen pada antena array untuk menghasilkan pola radiasi yang mengarah pada sudut tertentu (*directivity*) dan untuk mengurangi efek mutual coupling. Untuk mencari jarak antar patch dapat dihitung secara matematis dengan mencari terlebih dahulu panjang gelombang pada bahan seperti seperti di bawah :

$$\lambda_g = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_r}} \dots \dots \dots \text{Pers 2.9}$$

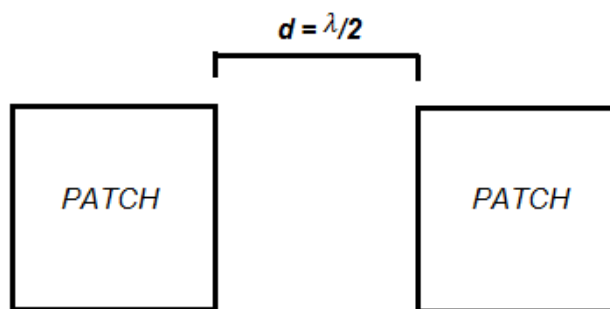
dimana

$$\lambda_o(\text{mm}) = \frac{c}{f(\text{Hz})} \dots \dots \dots \text{Pers 2.10}$$

Sehingga didapatkan persamaan 2.17 untuk menghitung jarak optimal antar patch agar tidak saling bertindihan.

$$d = \frac{1}{2} \lambda_g \dots \dots \dots \text{Pers 2.11}$$

Perhitungan tersebut dapat juga dicari otomatis dengan bantuan aplikasi CST Microwave[30].



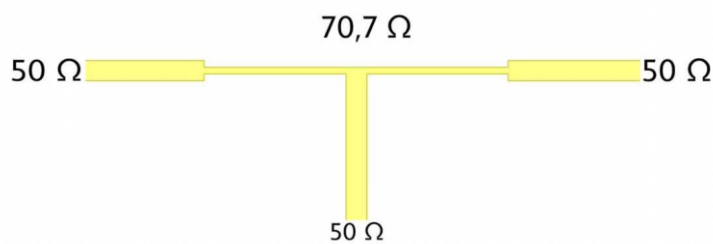
Gambar II. 18 Jarak Optimal Antara 2 Patch

II.5 T-Junction

T-Junction merupakan sebuah teknik power divider yang umum digunakan pada konfigurasi antena *array*. menunjukkan bentuk T-Junction yang umum digunakan pada konfigurasi antena *array*. Pada proses perancangan antena, untuk mendapatkan

impedansi masukan 50Ω dari saluran sebesar 50Ω digunakan T-Junction 50Ω yang dapat meminimalisasi jumlah transformasi[31].

Pada perancangan antenna array menggunakan huruf T (T-Junction) atau biasa disebut sebagai parallel feed atau corporate feed, dengan dua saluran mikrostrip yaitu 50 ohm dan 70.7 ohm . Pada umumnya, T Junction digunakan sebagai pembagi daya (power divider) dalam antenna array. Power divider adalah salah satu teknik yang dapat mendukung impedansi matching pada saluran transmisi khususnya untuk antenna mikrostrip array[27]. Model T-Junction 50Ω yang dapat digunakan sebagai power divider terlihat pada Gambar 2.16.



Gambar II. 19 T-Junction pada Antena *Microstrip array*

Transformator $\lambda/4$ adalah suatu teknik impedance matching dengan cara memberikan saluran transmisi dengan impedansi Z_t diantara dua saluran transmisi yang tidak match. Nilai impedansi transformator lambda $\lambda/4$ ini diperoleh dari Persamaan dibawah ini.

$$Z_t = \sqrt{Z_1 \times Z_3} \dots \dots \dots \text{pers 2.12}$$

Dimana Z_1 dan Z_3 merupakan dua saluran transmisi yang tidak match.

Untuk perhitungan ukuran saluran pencatu dilakukan dengan menghitung lebar dan panjangnya.

- a. Lebar saluran pencatu (W) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.13) dan (2.14)

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln \left(B - 1 + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right) \right] \right\} \dots \text{pers.2.13}$$

Dimana:

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \dots \text{Pers 2.14}$$

- b. Konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff}) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.15).

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{W} \right)}} \right] \dots \text{2.15}$$

- c. Panjang saluran pencatu (L) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.16) sampai (2.18):

$$L = \frac{\lambda_g}{4} \dots \text{Pers 2.16}$$

Dimana:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \dots \text{pers 2.17}$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \dots \text{Pers 2.18}$$

II.6 Jarak Antar Patch

Parameter selanjutnya yaitu jarak antar patch. Jarak antar patch dilambangkan dengan d, Jarak antar patch ini dapat di atur untuk mendapatkan hasil yang optimal.

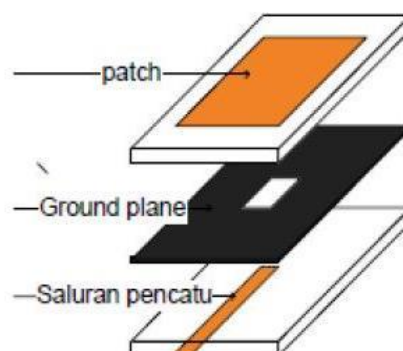
Adapun jarak antar elemen diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$d = \frac{\lambda_g}{4} \dots \text{pers 2.5}$$

II.7 Teknik Pencatuan

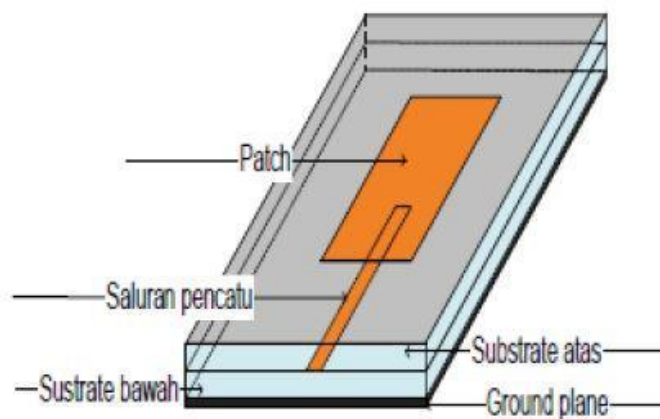
Teknik pencatuan pada antenna merupakan teknik yang digunakan untuk menghubungkan *microstrip* dengan saluran transmisi lainnya. Pada umumnya yang dihubungkan adalah bagian dari patch antenna. Ada beberapa jenis yang digunakan dalam teknik pencatuan antara lain *contacting method* (metode kontak langsung) dan *non-contacting method* (metode kontak tidak langsung). Dalam kedua teknik pencatuan tersebut terdapat beberapa metode antara lain *Microstrip Line* dan *Coaxial Probe* yang termasuk dalam jenis *contacting method* (metode kontak langsung) dan *Aperture Coupling* dan *Proximity Coupling* yang termasuk dalam jenis *non-contacting method* (metode kontak tidak langsung)[32].

Setiap teknik pencatuan memiliki kelebihan dan kekurangannya masing masing. Dimulai dari teknik pencatuan *aperture coupling*, teknik ini sendiri merupakan yang paling sulit untuk dipabrikasi dan memiliki lebar *bandwidth* yang lumayan sempit. Untuk dapat mengoptimalkan desain antenna yang akan dirancang *aperture coupling* terdiri dari dua substrat yang dipisahkan oleh *ground plane*. Antena *microstrip* dengan teknik pencatuan *aperture coupling* dapat dilihat pada Gambar 2.15.



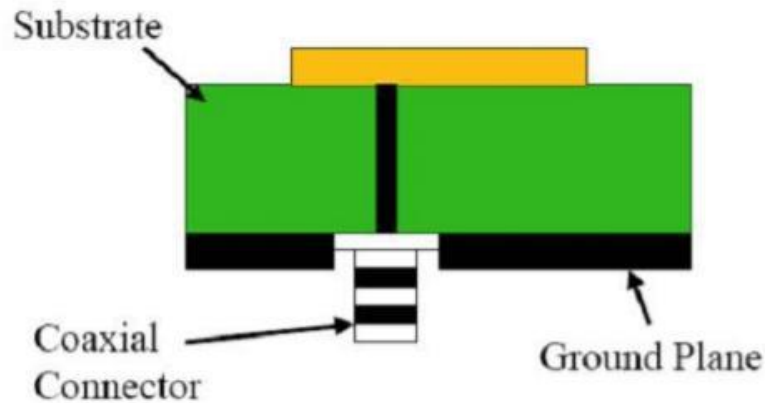
Gambar II. 20 Teknik Pencatuan Aperture Coupling

Selain aperture coupling, ada juga teknik pencatuan dengan metode kontak tidak langsung yaitu *Proximity Coupling*. *Proximity Coupling* adalah teknik pencatuan yang memiliki kelebihan pada bandwidth nya, dimana bandwidth yang dihasilkan lumayan besar dan radiasi tambahan (spurious radiation) yang kecil. Akan tetapi, kekurangan dari teknik ini sama seperti aperture coupling dimana sangat sulit untuk dipabrikasi. Antena *microstrip* dengan teknik pencatuan *Proximity Coupling* dapat dilihat pada Gambar 2.16



Gambar II. 21 Teknik Pencatuan *Proximity Coupling*

Untuk teknik pencatuan dengan metode kontak langsung ada dua yaitu *Coaxial Probe* dan *Microstrip Line*. Pada teknik pencatuan *Coaxial Probe* dilakukan dengan cara menghubungkan konduktor bagian dalam dari kabel koaksial yang terhubung dengan elemen peradiasi. Berikut teknik pencatuan *Coaxial Probe* ditunjukkan pada Gambar 2.17[32].



Gambar II. 22 Teknik Pencatuan Coaxial Probe

II.8 WiFi

Wi-Fi merupakan kependekan dari *Wireless Fidelity*, yang memiliki pengertian yaitu sekumpulan standar yang digunakan untuk Jaringan Lokal Nirkabel (*Wireless Local Area Networks–WLAN*). Wi-Fi tidak hanya dapat digunakan untuk mengakses internet, Wi-Fi juga dapat digunakan untuk membuat jaringan tanpa kabel pada sebuah organisasi atau instansi. Teknologi Wi-Fi memberikan kebebasan kepada pemakainya untuk mengakses internet atau mentransfer data dari ruang meeting, kamar hotel, kampus, dan café yang bertanda *Wi-Fi HotSpot*. Awalnya Wi-Fi ditujukan untuk penggunaan perangkat nirkabel dan Jaringan Area Lokal (LAN), namun saat ini lebih banyak digunakan untuk mengakses internet. Hal ini memungkinkan seseorang dengan komputer dengan kartu nirkabel (wireless card) atau personal digital assistant (PDA) untuk terhubung dengan internet dengan menggunakan titik akses (atau dikenal dengan hotspot) terdekat[31].

Standard IEEE 802.11 memiliki beberapa varian IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n, IEEE 802.11y, IEEE 802.11ac dan lain-lain. Pada tugas akhir ini menggunakan frekuensi kerja di 2,462 GHz yang digunakan pada standar IEEE 802.11b, 802.11g, 802.11n dan frekuensi 5,52 GHz yang digunakan pada standar IEEE 802.11a, 802.11n. Berikut ini adalah tabel channel frekuensi 2,4 GHz[3].

Tabel II. 1 Channel frekuensi 2,4 GHz

Chanel Identifier	Center Frekuensi (MHz)	<i>Regulatory Domains</i>				
		America (-A)	EMEA (-E)	Japan (-P)	China (-C)	Australia (-N)
1	2412					
2	2417	X	X	X	X	X
3	2422	X	X	X	X	X
4	2427	X	X	X	X	X
5	2432	X	X	X	X	X
6	2437	X	X	X	X	X
7	2442	X	X	X	X	X
8	2447	X	X	X	X	X
9	2452	X	X	X	X	X
10	2457	X	X	X	X	X
11	2462	X	X	X	X	X
12	2467	X	X	X	X	X
13	2472	-	X	X	X	X
14	2484	-	X	X	X	-