

RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP 2X1 ARRAY
RECTANGULAR PATCH DENGAN U-SLOT
UNTUK JARINGAN 5G



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Diploma Tiga (D-3) Program Studi Teknik Telekomunikasi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Ujung Pandang

MUH. DAFFA ABBAS
322 19 062

NUR INAYAH NATSIR
322 19 065

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul “*Rancang Bangun Antena Mikrostrip 2x1 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Jaringan 5G*” oleh Muh. Daffa Abbas NIM 322 19 062 dan Nur Inayah Natsir NIM 322 19 065 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, 2 Agustus 2022

Pembimbing 1,



Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM, ASEAN Eng.
NIP. 19790330 200112 2 001

Pembimbing 2,



Airin Dewi Utami, S.T., M.T.
NIP. 19780524 200912 2 002

Mengetahui

Koordinator Program Studi,



Yuniarti, S.ST., M.T.




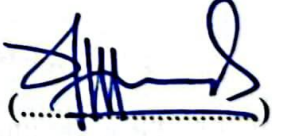


NIP. 19770603 200212 2 002

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Selasa tanggal 9 Agustus 2022, tim penguji ujian sidang Laporan Tugas Akhir telah menerima hasil ujian sidang I Laporan Tugas Akhir oleh mahasiswa Muh. Daffa Abbas dengan NIM 322 19 062 dan Nur Inayah Natsir dengan NIM 322 19 065 dengan judul "*Rancang Bangun Antena Mikrostrip 2x1 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Jaringan 5G.*"

Makassar, 9 Agustus 2022

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir:

- | | | |
|---|--------------|--|
| 1. Lidemar Halide, S.T., M.T. | Ketua | 
(.....) |
| 2. Ir. Ichsah Mahjud, M.T. | Sekretaris | 
(.....) |
| 3. Ir. Farchia Ulfiah, M.T. | Anggota | 
(.....) |
| 4. Yedi George, S.T., M.T. | Anggota | 
(.....) |
| 5. Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM, ASEAN Eng. | Pembimbing 1 | 
(.....) |
| 6. Airin Dewi Utami, S.T., M.T. | Pembimbing 2 | 
(.....) |

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “*Rancang Bangun Antena Mikrostrip 2x1 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Jaringan 5G*” dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa untuk memperoleh gelar Diploma Tiga (D-3) Teknik Telekomunikasi di Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun berkat kehendak-Nyalah sehingga penulis berhasil menyelesaikannya. Selesaiannya penulisan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tak lepas dari bantuan dan partisipasi baik dari berbagai pihak, oleh karenanya penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membagi sebagian pengetahuannya dan turut andil dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyampaikan terima kasih pada beberapa pihak yang ikut membantu dalam pembuatan proyek ini, yaitu:

1. Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang;
2. Ketua Jurusan Teknik Elektro Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.T., Ph.D;
3. Koordinator Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi Yuniarti, S.ST., M.T;
4. Ibu Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM, ASEAN Eng., sebagai pembimbing I dan Ibu Airin Dewi Utami, S.T., M.T. sebagai pembimbing II yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Ucapan terima kasih dan penghargaan juga penulis sampaikan kepada kedua orang tua dan keluarga kami atas doa dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis dan teman-teman Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi angkatan 2019 dalam mendukung penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini dan demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembacanya.

Makassar, 9 Agustus 2022

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	.ii
HALAMAN PENERIMAANiii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
SURAT PERNYATAAN.....	xiii
RINGKASAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Perancangan	2
1.4 Ruang Lingkup Perancangan	3
1.5 Manfaat Perancangan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Teknologi 5G.....	4
2.2 Antena	4
2.3 Antena Mikrostrip	5
2.3.1 Kelebihan dan Kekurangan Antena Mikrostrip.....	6
2.3.2 Antena Mikrostrip Rectangular Patch	7
2.3.3 Rumus Perhitungan Dimensi Antena Mikrostrip Rectangular Patch	7
2.3.4 Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array	9
2.3.5 Teknik Pencatuan dengan Metode Inset-Fed.....	12
2.4 Parameter Umum Antena.....	122
2.4.1 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)	12
2.4.2 Gain.....	12

2.4.3 Bandwidth.....	12
2.4.4 Return Loss	13
2.4.5 Pola Radiasi	14
2.4.6 Frekuensi Resonansi (f_r)	14
2.4.8 Impedansi Masukan	15
2.5 Metode U-Slot.....	15
BAB III METODE PERANCANGAN.....	17
3.1 Tempat dan Waktu Perancangan.....	17
3.2 Alat dan Bahan Perancangan.....	17
3.2.1 Perangkat Lunak	17
3.2.2 Perangkat Keras	18
3.3 Prosedur Perancangan	18
3.3.1 Penentuan Spesifikasi Antena.....	19
3.3.2 Perhitungan Dimensi Antena.....	20
3.3.3 Optimasi Perancangan	24
3.3.4 Simulasi Antena.....	25
3.3.5 Pabrikasi Antena.....	26
3.3.6 Pengukuran Antena.....	29
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	29
3.4.1 Identifikasi Masalah.....	29
3.4.2 Studi Litelatur	30
BAB IV PENGUKURAN DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Tujuan Pengukuran	31
4.2 Langkah-Langkah Pengukuran	31
4.2.1 Pengukuran Frekuensi Kerja.....	31
4.2.2 Pengukuran VSWR, Return Loss, dan Impedansi	32
4.2.3 Pengukuran Bandwidth.....	32
4.3 Hasil Pengukuran dan Analisa	32
4.3.1 Hasil Pengukuran Frekuensi Kerja, Return Loss, dan VSWR ..33	
4.3.2 Hasil Pengukuran Impedansi	35

4.3.3 Hasil Pengukuran Bandwidth	36
4.3.4 Hasil Pengukuran Gain	38
4.3.5 Hasil Pengukuran Pola Radiasi.....	39
BAB V PENUTUP.....	40
4.3 Kesimpulan.....	40
4.3 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	44



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Dimensi Antena Mikrostrip	25
Tabel 3.2 Dimensi Slot.....	25
Tabel 4.1 Perbandingan Frekuensi Kerja, Return Loss, dan VSWR	34
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Impedansi	36



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lapisan Elemen pada Antena Mikrostrip.....	5
Gambar 2.2 Pengumpanan Metode Inset-Fed.....	10
Gambar 2.3 Rentang Frekuensi yang Menjadi Bandwidth	13
Gambar 2.4 Gambar U-Slot	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Antena	19
Gambar 3.2 Tampilan Microstrip Patch Antenna Calculator.....	22
Gambar 3.3 Tampilan Microstrip Line Calculator.....	23
Gambar 3.4 Desain Simulasi Antena Mikrostrip dengan U-Slot.....	26
Gambar 3.5 Model Perancangan Antena Mikrostrip Rectangular Patch dengan U-Slot	26
Gambar 3.6 Ilustrasi Perancangan Antena Mikrostrip dengan U-Slot.....	27
Gambar 3.7 Proses Pengikisan Kertas Stiker Sesuai Pola Desain	27
Gambar 3.8 Proses Pelarutan Antena.....	28
Gambar 3.9 Proses Penyolderan Konektor Pada Antena.....	28
Gambar 3.10 Hasil Pabrikasi Antena Mikrostrip 2x1 Array Rectangular Patch dengan U-Slot	29
Gambar 4.1 Pengukuran Menggunakan VNA	31
Gambar 4.2 Hasil Simulasi Frekuensi Kerja, Return loss, dan VSWR	33
Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Frekuensi Kerja, Return loss, dan VSWR	33
Gambar 4.4 Impedansi Input Antena Diatur Pada HFSS.....	35
Gambar 4.5 Hasil Simulasi Bandwidth Antena	37
Gambar 4.6 Hasil Pengukuran Bandwidth Antena	38
Gambar 4.7 Hasil Simulasi Gain.....	38
Gambar 4.8 Pola Radiasi.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Permohonana Peminjaman Alat	44
Lampiran 2 Lembar Catatan Asistensi.....	45
Lampiran 3 Lembar Revisi Tugas Akhir.....	46
Lampiran 4 Nilai Toleransi Parameter Antena.....	47
Lampiran 5 Dokumentasi Kegiatan	48



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh. Daffa Abbas

NIM : 32219062

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "*Rancang Bangun Mikrostrip 2x1 Array Rectangular Patch Dengan U-Slot Untuk Jaringan 5G*" merupakan gagasan, hasil karya kami dengan arahan pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka Laporan Tugas Akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 9 Agustus 2022



Muh. Daffa Abbas

32219062

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Inayah Nasir

NIM : 32219065

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "*Rancang Bangun Mikrostrip 2x1 Array Rectangular Patch Dengan U-Slot Untuk Jaringan 5G*" merupakan gagasan, hasil karya kami dengan arahan pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka Laporan Tugas Akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 9 Agustus 2022



Nur Inayah Natsir

32219065

RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP 2X1 ARRAY RECTANGULAR PATCH DENGAN U-SLOT UNTUK JARINGAN 5G

RINGKASAN

Antena merupakan salah satu komponen yang penting pada sistem komunikasi seluler, dimana antena berfungsi untuk memancarkan dan menerima gelombang radio serta dapat mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik. Salah satu jenis antena yang cocok untuk menjadi kandidat teknologi 5G adalah antena mikrostrip.

Kegiatan ini dilakukan untuk merancang antena mikrostrip *2x1 array rectangular patch* dengan frekuensi kerja 2,3 GHz. Untuk perancangan ini, patch yang digunakan adalah bentuk *rectangular*, dengan metode *array* dan menggunakan slot berbentuk **U**. Dapat diketahui bahwa beberapa kelemahan dari antena mikrostrip yaitu memiliki bandwidth yang sempit dan *gain* yang agak rendah. Maka dari itu patch antena diberi celah berbentuk **U** untuk melebarkan bandwidth, serta untuk mengatasi *gain* yang rendah, patch akan disusun secara *array* untuk meningkatkan *gain* antena.

Berdasarkan hasil perancangan Antena Mikrostrip yang telah dilakukan, diketahui dapat bekerja di frekuensi 2300 MHz dengan nilai VSWR sebesar 1,58, Return Loss sebesar -13,0 dB, Impedansi Input 35,51 Ω , dan bandwidth sebesar 102 MHz. Sedangkan untuk hasil simulasi pada frekuensi 2300 MHz diperoleh nilai VSWR sebesar 1,49, Return Loss sebesar -13,99 dB, Impedansi Input 50 Ω , dan bandwidth sebesar 55 MHz. Dimana Antena Mikrostrip yang dirancang memiliki pola radiasi *unidirectional* dan nilai *gain* simulasi sebesar 4,31 dB.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi jaringan terus menerus mengalami berbagai perubahan, baik perubahan yang kecil hingga perubahan yang *massive* sekalipun. Permintaan dan kebutuhan layanan data yang cepat sangat diperlukan di era sekarang. Dengan semakin meningkatnya permintaan *user* untuk kecepatan data yang lebih tinggi dalam sistem komunikasi nirkabel, generasi ke-5 atau *fifth generation* adalah istilah yang digunakan sebagai fase berikutnya dari 4G. Teknologi 5G menjadi generasi yang paling baru dengan spesifikasi yang jauh lebih baik dari generasi sebelumnya. Generasi ke-5 memiliki kelebihan antara lain kecepatan transfer data yang tinggi serta bandwidth yang sangat lebar (Sumpena, 2020).

Salah satu operator yang telah memberikan layanan jaringan 5G di Indonesia adalah operator seluler Telkomsel. PT Telkomsel secara resmi meluncurkan layanan jaringan 5G setelah menerima Surat Keterangan Laik Operasi (SKLO) dari Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia (KOMINFO). Pada tahap pertama, komersialisasi layanan 5G ini sudah tersedia di beberapa titik di sembilan kota, salah satunya di Kota Makassar melalui Graha Pari Sraya (GraPARI) Pettarani. Layanan 5G dari Telkomsel saat ini berjalan di frekuensi 2,3 GHz (Riyanto, 2021).

Pada sistem komunikasi seluler, antena merupakan salah satu komponen yang penting. Salah satu jenis antena yang cocok untuk menjadi kandidat teknologi 5G, adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki ukuran yang tipis, kecil, mudah diintegrasikan dan dapat beroperasi pada frekuensi tinggi. Namun, antena mikrostrip mempunyai kekurangan yaitu *gain* yang rendah dan bandwidth yang sempit. Untuk meningkatkan *gain* antena mikrostrip dapat dilakukan dengan menggunakan metode *array* dan U-Slot. Metode *array* merupakan penyusunan beberapa patch antena mikrostrip yang dihubungkan dengan

satu saluran pencatu dan untuk meningkatkan nilai bandwidth dapat diberikan beberapa slot pada bagian patch salah satunya yaitu menggunakan U-Slot (Ekaputra, 2021).

Berdasarkan hal ini, penulis mengangkat judul “*Rancang Bangun Antena Mikrostrip 2x1 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Jaringan 5G*” dimana penulis akan melakukan perancangan antena mikrostrip dengan metode *array* untuk meningkatkan nilai *gain* dan metode U-Slot untuk meningkatkan nilai bandwidth sehingga dapat digunakan untuk aplikasi 5G.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sebuah Antena Mikrostrip 2x1 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Jaringan 5G?
2. Bagaimana hasil nilai parameter antena mikrostrip dengan U-Slot?
3. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi hasil parameter antena mikrostrip pada pengukuran?

1.3 Tujuan Perancangan

Berdasarkan perumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai penulis adalah:

1. Menghasilkan sebuah prototype antena mikrostrip untuk jaringan 5G.
2. Mengetahui dan menganalisa hasil pengukuran dari setiap parameter antena mikrostrip dengan U-Slot.
3. Mengetahui apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi hasil parameter antena mikrostrip pada pengukuran.

1.4 Ruang Lingkup Perancangan

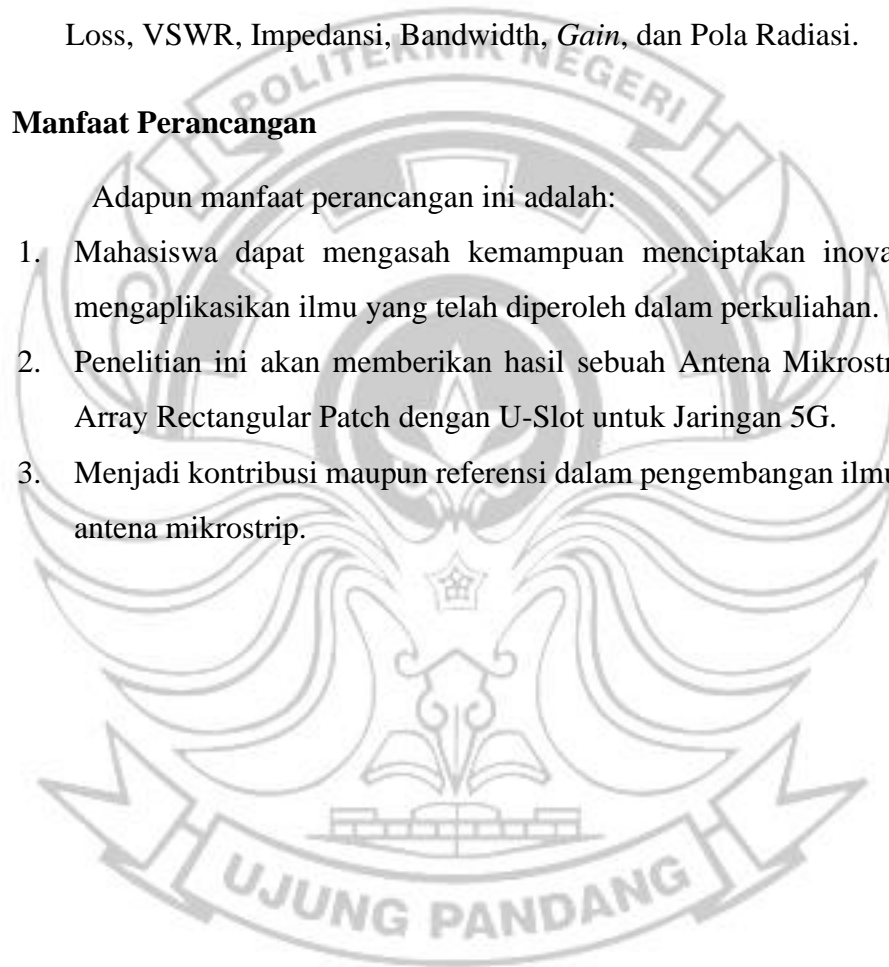
Dalam perancangan mikrostrip ini banyak hal yang dapat ditinjau, untuk menghindari topik yang tidak perlu maka penulis membatasi ruang lingkup pada beberapa hal berikut:

1. Antena yang dirancang untuk jenis jaringan 5G.
2. Frekuensi kerja yang digunakan adalah 2,3 GHz.
3. Parameter antena yang akan diukur adalah Frekuensi Kerja, Return Loss, VSWR, Impedansi, Bandwidth, *Gain*, dan Pola Radiasi.

1.5 Manfaat Perancangan

Adapun manfaat perancangan ini adalah:

1. Mahasiswa dapat mengasah kemampuan menciptakan inovasi dan mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh dalam perkuliahan.
2. Penelitian ini akan memberikan hasil sebuah Antena Mikrostrip 2x1 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Jaringan 5G.
3. Menjadi kontribusi maupun referensi dalam pengembangan ilmu untuk antena mikrostrip.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teknologi 5G

Teknologi 5G adalah inovasi yang dikeluarkan di bidang jaringan. Teknologi ini masih menggunakan gelombang radio yang terbagi menjadi beberapa frekuensi. Teknologi 5G mempunyai keunikan dimana dalam transfer data bisa mencapai hingga 10 Gbps dimana mungkin dalam hitungan detik mampu melakukan pertukaran data dengan lebih cepat. Teknologi 5G disebut juga dengan New Radio (NR) atau bisa diartikan dengan gelombang radio baru (Fahmi, 2020).

PT Telkomsel secara resmi meluncurkan layanan jaringan 5G setelah menerima SKLO dari KOMINFO Republik Indonesia. Pada tahap pertama, komersialisasi layanan 5G ini sudah tersedia di beberapa titik di sembilan kota, salah satunya di Kota Makassar melalui GraPARI Pettarani (Riyanto, 2021).

Sebagai langkah awal untuk menikmati layanan ini, pelanggan perlu melakukan proses penyesuaian di perangkat lunak (software) agar *smartphone* tersebut dapat terhubung dengan layanan Telkomsel 5G, yang mana prosedurnya akan disediakan oleh masing-masing produsen *smartphone*. Adapun perangkat yang mendukung layanan Telkomsel 5G adalah perangkat dengan kemampuan teknologi 5G Non-Standalone (NSA) pada frekuensi 2300 MHz, di antaranya yaitu Oppo Reno 5, Huawei Mate 40, Vivo 40, Vivo X60 dan Vivo X60Pro (Riyanto, 2021).

2.2 Antena

Antena adalah sebuah komponen yang dirancang untuk memancarkan atau menerima gelombang elektromagnetik radio. Energi listrik dari antena pemancar dikonversi menjadi gelombang elektromagnetik lalu sebuah antena gelombang tersebut dipancarkan menuju udara bebas (Dase, 2021).

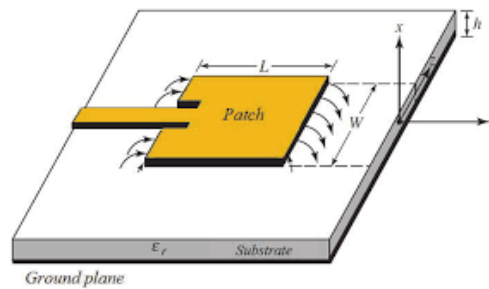
Ada begitu banyak defenisi tentang antena, namun pada umumnya merujuk kepada dua defenisi sebagai berikut:

1. *The IEEE Standard Defenition of Terms for Antenna* (IEEE.Std 145-1983) mendefenisikan antena atau ‘aerial’ sebagai “sebuah perangkat (*device*) yang dapat meradiasikan dan menerima gelombang elektromagnetik”.
2. Kraus.J.D. “Antennas”, 2nd. McGraw-Hill, 1988. “Sebuah antena radio dapat didefinisikan sebagai struktur yang terkait dengan daerah transisi antara gelombang terbimbing (dalam saluran transmisi) dan gelombang ruang bebas, atau sebaliknya”.

2.3 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki bentuk dan ukuran yang ringkas sehingga dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi yang membutuhkan spesifikasi antena berdimensi kecil sehingga mudah dibawa dan dapat diintegrasikan dengan rangkaian elektronik lain.

Antena mikrostrip tersusun dari 3 lapisan elemen, yaitu patch, substrat, dan ground plane (Shaumawati, 2018).



Gambar 2.1 Lapisan Elemen Pada Antena Mikrostrip (Dase, 2021)

Lapisan pada antena mikrostrip meliputi:

1. Patch

Patch merupakan elemen antena mikrostrip yang posisinya terletak di paling atas. Patch berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik hingga menyebar ke dalam substrat.

2. Substrat

Substrat merupakan media perantara antara elemen patch dan

groundplane. Substrat terbuat dari material dielektrik yang memiliki nilai permitivitas relatif (ϵ_r).

3. Ground Plane

Ground plane merupakan elemen antena mikrostrip yang posisinya terletak di paling bawah berfungsi sebagai bidang pemantul energi melalui substrat menuju ke udara. Ground plane biasanya terbuat dari bahan konduktor sama seperti patch.

2.3.1 Kelebihan dan Kekurangan Antena Mikrostrip

Adapun beberapa kelebihan dari antena mikrostrip dibandingkan antena *microwave* konvensional adalah sebagai berikut (Dase, 2021):

1. Ringan, volume kecil, dan konfigurasi profil tipis, dapat dibuat konformal.
2. Biaya pabrikan rendah, mudah untuk di produksi massal.
3. Dimungkinkan untuk polarisasi linier dan sirkular dengan umpan pencatuan (*feed*) sederhana.
4. Dapat dengan mudah dibuat menjadi antena dual frekuensi dan dual polarisasi.
5. Bisa dengan mudah diintegrasikan dengan *microwave integrated circuit*.
6. Jaringan penyesuaian Impedansi (*matching network*) antara saluran transmisi dengan Impedansi antena dapat dibuat dengan mudah.

Namun demikian, antena mikrostrip konvensional memiliki keterbatasan dibandingkan antena gelombang mikro lainnya, antara lain:

1. Bandwidth sempit (2~3%).
2. *Gain* (penguatan) yang agak rendah ($\cong 3$ dB).
3. Terdapat rugi ohmik yang besar pada struktur pencatuan susunan antena (*array*).
4. Dibutuhkan struktur pencatuan yang padat dan rumit pada susunan antena (*array*) agar dapat berkinerja tinggi.

5. Sulit untuk memperoleh polarisasi yang murni.
6. Radiator *end-fire* yang buruk, kecuali antena slot lebih meruncing.
7. Terdapat radiasi dari jaringan penyesuai Impedansi (*matching network*) dan dari setiap titik persambungan.
8. Pembebanan daya pancar ke antena relatif rendah ($\cong 100$ W).
9. Tidak dapat dihindari terjadinya penurunan *gain* dan efisiensi akibat polarisasi silang dan kopling timbal balik antar antena pada susunan antena difrekuensi tinggi.
10. Terdapat eksitasi gelombang permukaan (*surface waves*).
11. Antena mikrostrip yang dibuat pada substrat dengan konstanta dielektrik tinggi sangat disukai karena mudah diintegrasikan dengan sirkuit *front-end* Monolithic Microwave Integrated Circuit (MMIC) RF. Namun, penggunaan konstanta dielektrik yang tinggi menyebabkan efisiensi dan bandwidth yang rendah.

2.3.2 Antena Mikrostrip Rectangular Patch

Antena mikrostrip rectangular patch adalah antena mikrostrip yang mempunyai bentuk patch berupa persegi panjang (*rectangular*), mempunyai dimensi ukuran panjang (**L**), lebar (**W**), dan tebal (**t**).

Antena mikrostrip rectangular patch paling banyak digunakan dalam perancangan karena ketebalan substrat jauh lebih tipis dari pada panjang gelombang (Sumartono, 2014).

2.3.3 Rumus Perhitungan Dimensi Antena Mikrostrip Rectangular Patch

Untuk antena berbentuk persegi panjang, frekuensi resonansi orde terendah dapat diprediksi dengan lebih akurat menggunakan persamaan berikut (Dase, 2021):

$$f_r = \frac{c}{2(L+2\Delta L)\sqrt{\epsilon_e}} \quad (2.1)$$

Keterangan:

f_r = Frekuensi Resonansi

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

L = Panjang Patch

ΔL = Perpanjangan patch akibat medan limpahan (*fringingfields*)

ϵ_e = Permittivitas efektif dari mikrostrip

Prosedur perhitungan parameter antenna microstrip persegi panjang:

1. Menghitung lebar patch (W) menggunakan persamaan,

$$W = \frac{c}{2fr} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (\text{m}) \quad (2.2)$$

2. Selanjutnya adalah menghitung permitivitas efektif substrat (ϵ_e). Terdapat dua perhitungan pendekatan yang dapat dilakukan yaitu menurut Schneider dan menurut Hammerstad. Persamaan Schneider untuk menghitung ϵ_e memiliki kesalahan sampai 1% untuk $0.05 \leq W/h \leq 20$ dan $\epsilon_r \leq 16$, sebagai berikut,

$$\epsilon_e = \frac{1}{2} \{ \epsilon_r + 1 + (\epsilon_r - 1)F \} \quad (2.3a)$$

$$F = \left(1 + 10 \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (2.3b)$$

Hammerstad mengoreksi persamaan Schneider untuk memperoleh akurasi perhitungan dengan tingkat kesalahan lebih rendah dari 1%. Hammerstad mengusulkan persamaan sebagai berikut,

Permittivitas efektif ϵ_e untuk $\frac{W}{h} > 1$:

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (2.4a)$$

Dan untuk $\frac{W}{h} < 1$:

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} + 0,04 \left(1 - \frac{W}{h} \right)^2 \right] \quad (2.4b)$$

Permittivitas berkaitan dengan kemampuan suatu material untuk mengizinkan atau memperbolehkan fluks listrik untuk dibentuk didalamnya.

Permitivitas relatif (ϵ_r) adalah rasio permitivitas dielektrik dengan permitivitas ruang hampa. Sedangkan permitivitas efektif (ϵ_e) adalah permitivitas nyata medium atau permitivitas yang sebenarnya.

3. Menghitung panjang efektif pauth dengan persamaan,

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2fr} \frac{c}{\sqrt{\epsilon_e}} \quad (2.5)$$

4. Menghitung kelebihan panjang patch, akibat efek *fringing fields*, ΔL . Hammerstad memberikan persamaan pendekatan sebagai berikut,

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_e + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_e - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,813\right)} \quad (2.6)$$

5. Menghitung panjang aktual (L) patch antenna adalah,

$$L = L_{\text{eff}} - 2\Delta \quad (2.7)$$

6. Ground plane

Untuk menghitung panjang ground plane adalah,

$$L_g = 2 \times L \quad (2.8a)$$

Dan untuk menghitung lebar ground plane,

$$W_g = 2 \times W \quad (2.8b)$$

2.3.4 Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array

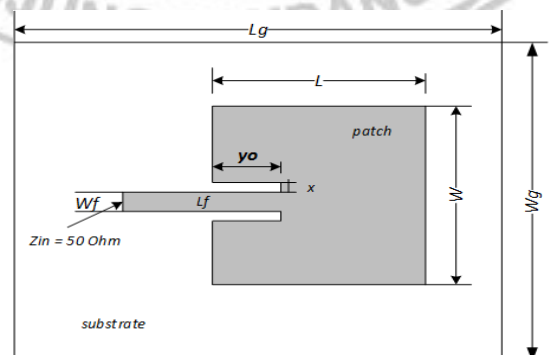
Antena *array* pada umumnya tersusun atas beberapa elemen peradiasi berupa susunan geometri dengan metode susunan tertentu sehingga didapatkan pola radiasi yang diinginkan. Tujuan utama dibuat konfigurasi *array* adalah untuk meningkatkan efisiensi, direktivitas, bandwidth, dan *gain* dari antenna.

Prosedur desain susunan antenna mikrostrip distribusi arus dan fasa seragam. Dimisalkan spasi antara antenna berdekatan adalah $\lambda/2$. Adapun penyesuai impedansi menggunakan stub saluran transmisi *microstrip-line* transformator $\lambda/4$ (Putri, 2018):

1. Menentukan frekuensi resonansi antenna (f_r) dan ϵ_r dari Printed Circuit Board (PCB) yang digunakan.
2. Agar *microstrip-line* cukup lebar, maka diatur nilai Z_t berkisar dari 5 sampai 50 Ω .
3. Melakukan perhitungan Impedansi Input antenna Z_{in} . Nilai Z_{in} ditentukan oleh pencatuan yang digunakan. Untuk antenna tunggal, umumnya $Z_{in} = 50 \Omega$.
4. Transformasi impedansi dilakukan secara bertahap. Perlu diperhatikan besaran nilai Z_t agar lebar saluran tidak terlalu tipis untuk menyalurkan daya relatif besar.
5. Saluran transmisi sepanjang $\lambda/2$ atau kelipatannya tidak akan mengubah nilai impedansi beban yang terkoneksi dengannya.
6. Mengatur jarak antara antenna yang bersebelahan sejauh $\lambda/2$ untuk memperkecil mutual impedansi yang terjadi antara dua antenna yang berdekatan.

2.3.5 Teknik Pencatuan dengan Metode Inset-Fed

Pencatuan dengan metode *Inset-fed* diperlihatkan seperti Gambar 2.2 Saluran *microstrip* (L_f) dengan panjang seperempat panjang gelombang ($\lambda/4$) dijadikan sebagai pengumpan. Bagian yang terhubung ke patch antenna, sebagian masuk kedalam (*inset*) patch antenna sejauh y_0 . Terdapat celah antara saluran transmisi yang masuk ke dalam patch dengan patch antenna sebesar x (biasanya 1 mm). Secara praktis, posisi y_0 dari tepi impedansi antenna bernilai 50 Ω (Dase, 2021).



Gambar 2.2 Pengumpanan Metode Inset-Fed (Dase, 2021)

Impedansi antenna akan bervariasi terhadap posisi titik pencatuan. Impedansi antenna microstrip persegi berkisar $41 - 158 \Omega$ untuk pemodelan pada posisi *fed-point* yang berbeda merujuk ke-tepi antenna. Oleh karena impedansi antenna dititik catu yang berjarak y_0 dari tepi antenna adalah 50Ω , maka impedansi karakteristik saluran microstrip dirancang bernilai sebesar 50Ω . Untuk mempertahankan nilai Impedansi 50Ω , maka panjang saluran (L_f) adalah $\lambda g/2$ atau kelipatannya.

Perhitungan jarak *inset-fed* dari tepi patch (y_0), dihitung dengan persamaan (2.9) sebagai berikut (Dase, 2021):

$$y_0 = (S) \times \left[\frac{1}{2} \times 10 - 4 (0,001699\epsilon_r^7 + 0,13761\epsilon_r^6 - 6,1783\epsilon_r^5 + 93,187\epsilon_r^4 - 682,69\epsilon_r^3 + 2561,9\epsilon_r^2 - 4043\epsilon_r + 6697) \right] \quad (2.9)$$

$2 \leq \epsilon_r \leq 10$

Lebar saluran transmisi, W_f dihitung dengan persamaan berikut,

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \left(\frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right] \right\}$$

$$B = \frac{377 \times \pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.10)$$

Dimana, $Z_0 = 50 \Omega$.

Untuk menentukan panjang L_f , hendaknya merujuk kepada besaran impedansi antenna dilihat dari arah terminal input. Misalnya ditetapkan bahwa nilai Impedansi Input diposisi y_0 sebesar 50Ω , maka untuk mempertahankan nilai impedansi tersebut maka harus ditetapkan pula besaran impedansi karakteristik saluran L_f sebesar 50Ω . Panjang saluran *microstrip-line* sepanjang,

$$L_f = n \frac{\lambda g}{2}, n = 1, 2, 3, \dots \quad (2.11)$$

2.4 Parameter Umum Antena

Untuk mengetahui kinerja (*performance*) dari sebuah antena mikrostrip yang telah dibuat, dapat dilihat dari parameter-parameternya.

Adapun beberapa parameter antena yang akan dijelaskan sebagai berikut (Alif, 2018):

2.4.1 VSWR

Perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (standing wave) maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$). VSWR dapat dinyatakan seperti pada persamaan (2.12) berikut:

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2.12)$$

Keterangan:

VSWR = Perbandingan gelombang tegangan berdiri

V_{\max} = Tegangan maximum

V_{\min} = Tegangan minimum

Γ = Koefisien refleksi

2.4.2 Gain

Gain pada antena diartikan sebagai perbandingan intensitas radiasi maksimum suatu antena yang diukur terhadap intensitas radiasi maksimum antena isotropik sebagai referensi jika kedua antena tersebut diberi daya yang sama.

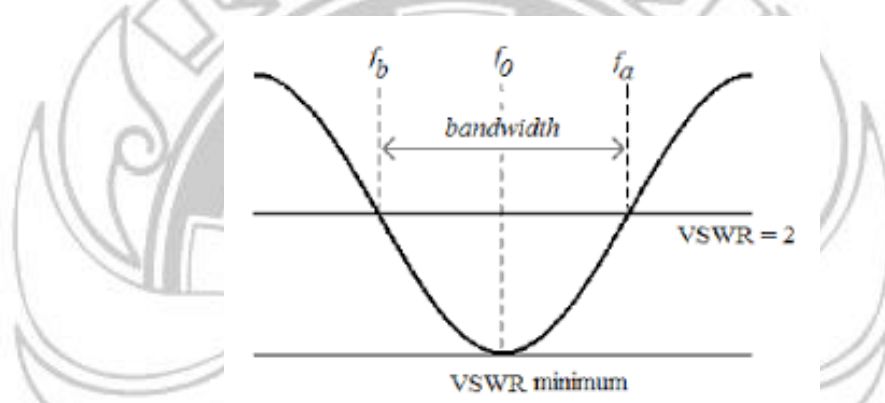
Nilai *gain* akan selalu lebih kecil dari nilai direktivitas, karena pada antena terdapat rugi-rugi transmisi dan ketidaksesuaian Impedansi antara saluran pencatu dan antena yang menyebabkan tidak semua daya yang masuk ke antena dapat diradiasikan.

2.4.3 Bandwidth

Bandwidth dari antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi kinerja antena, dengan beberapa karakteristik sesuai dengan yang ditentukan oleh standar. Bandwidth dapat dianggap sebagai rentang

frekuensi dari frekuensi terendah sampai frekuensi tertinggi antenna bisa bekerja, dimana karakteristik antenna berada dalam nilai yang dapat diterima oleh orang-orang di pusat frekuensi.

Untuk antenna *broadband*, bandwidth biasanya dinyatakan sebagai rasio frekuensi paling atas (*upper*) dengan frekuensi bawah (*lower*). Sedangkan untuk *narrowband* antenna, maka lebar bidang antenna dinyatakan sebagai persentase dari selisih frekuensi di atas frekuensi tengah dari lebar bidang (Ekaputra, 2021). Gambar 2.3 mengilustrasikan sebuah bandwidth yang diperoleh berdasarkan grafik VSWR terhadap frekuensi dari nilai standar VSWR yaitu ≤ 2 .



Gambar 2.3 Rentang Frekuensi yang Menjadi Bandwidth

$$BW = f_2 - f_1 \quad (2.13)$$

Keterangan:

f_1 = Frekuensi Bawah (Hz)

f_2 = Frekuensi Atas (Hz)

2.4.4 Return Loss

Ketika beban dalam keadaan *mismatch*, tidak semua daya dari sumber terkirim ke beban. Daya yang hilang inilah yang disebut Return Loss atau rugi-rugi pantulan, dengan satuan dB. Secara matematis dapat dilihat pada persamaan berikut (Pozar, 2001).

$$RL = 20 \log \Gamma \quad (2.14)$$

Keterangan:

Γ = Koefisien pantul

Jadi, saat keadaan *matching* ($\Gamma = 0$) RL akan bernilai ∞ yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan kembali. Sedangkan saat keadaan ($\Gamma = 1$), RL akan bernilai 0 yang berarti semua daya dipantulkan.

2.4.5 Pola Radiasi

Pola radiasi merupakan gambaran secara grafik dari sifat-sifat radiasi suatu antena sebagai fungsi koordinat ruang. Dalam banyak keadaan, pola radiasi ditentukan pada pola daerah medan jauh dan digambarkan sebagai fungsi koordinat arah sepanjang radius konstan, dan digambarkan pada koordinat ruang. Sifat radiasi ini mencakup intensitas radiasi, kekuatan medan (*field strength*) dan polarisasi. Sedangkan untuk pola radiasi antena mikrostrip mempunyai fenomena yang sama dengan pola radiasi antena konvensional. Medan radiasi antena terbagi menjadi medan jauh (*far field*) dan medan dekat (*near field*). Jarak minimum antara antena pemancar dengan antena penerima dapat dilihat pada persamaan (2.15) berikut (Dase, 2021).

$$R_{\min} = 2D \lambda \quad (2.15)$$

Keterangan:

R_{\min} = Jarak minimum pemancar dengan penerima (cm)

D = Dimensi terbesar dari antena (cm)

λ = Panjang gelombang (cm)

2.4.6 Frekuensi Resonansi

Frekuensi resonansi (f_r) adalah frekuensi dimana antena memiliki Impedansi Resitif (nilai reaktansi Impedansi sama dengan nol). Frekuensi resonansi antena mikrostrip dianggap terjadi ketika nilai reaktansi input minimum dengan nilai resistansi maksimum. Frekuensi resonansi tidak selalu sama dengan frekuensi kerja yang diinginkan sehingga pada frekuensi kerja nilai reaktansi memiliki nilai yang berpengaruh pada Impedansi Input antena mikrostrip (Alif, 2018).

Frekuensi resonansi juga dapat diartikan sebagai frekuensi kerja antenna dimana pada frekuensi tersebut seluruh daya dipancarkan secara maksimal dan pada umumnya frekuensi resonansi menjadi acuan frekuensi kerja antenna. Frekuensi resonansi antenna mikrostrip dapat diperoleh melalui persamaan (2.1).

2.4.7 Impedansi Masukan

Impedansi masukan dari sebuah antenna adalah Impedansi yang dipresentasikan oleh antenna pada terminalnya. Terminal yang sesuai sangat dibutuhkan untuk sebuah antenna. Impedansi masukan biasanya dipengaruhi oleh antenna lain atau objek yang berada disekitarnya. Umumnya sebuah antenna diasumsikan telah terisolasi. Secara matematis impedansi masukan dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut (Alif, 2018):

$$Z_{in} = R_{in} - jX_{in} \quad (2.16)$$

Keterangan:

Z_{in} = Impedansi Masukan

R_{in} = Tahanan terminal antenna

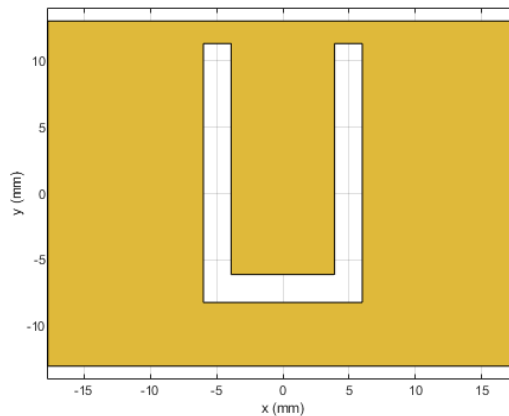
X_{in} = Reaktansi Masukan

2.5 Metode U-Slot

Antena mikrostrip memiliki kelebihan pada proses pabrikasinya namun memiliki kelemahan utama di bandwidth yang relatif sempit. Untuk meningkatkan nilai bandwidth dapat diberikan beberapa slot pada bagian patch tersebut. Slot antenna memiliki bentuk yang beragam seperti **U**, **H**, **T**, **V** dan **E**. Slot pada patch selain untuk memperbesar nilai bandwidth ternyata pada beberapa pengujian dapat juga meningkatkan nilai parameter-parameter antenna lainnya menjadi lebih baik. Penambahan slot yang berbentuk huruf **U** memiliki bentuk yang sederhana dan telah terbukti pada penelitian sebelumnya dapat meningkatkan bandwidth antenna (Ekaputra, 2021).

Penambahan nilai bandwidth karena pengurangan faktor kualitas (Q) dari resonator patch, yang disebabkan oleh sedikit energi yang tersimpan di bawah patch dan radiasi yang lebih tinggi. Dalam mikrostrip slot antenna kopling diinduksikan secara induktif yang diberikan dari saluran catu ke slot. Semakin besar efek kopling yang terjadi akan menurunkan faktor kualitas rangkaian. Semakin menurunnya faktor kualitas rangkaian maka bandwidth akan semakin meningkat (Utari, 2014).

Metode U-slot dilakukan dengan memotong bagian patch dengan bentuk huruf U. Dimensi U-Slot terdiri dari lebar slot (F), panjang slot vertikal (C), panjang slot horizontal (D).



Gambar 2.4 Gambar U-Slot
(Marchellia, 2021)

Dimensi F , C , dan D slot dapat dicari menggunakan persamaan berikut (Marchellia, 2021):

$$F = \frac{\lambda}{60} \quad (2.17)$$

$$C \geq 0.3 W \quad (2.18)$$

$$D = \frac{c}{f_{low} \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2(L + 2\Delta L - F) \quad (2.19)$$

BAB III

METODE PERANCANGAN

3.1 Tempat dan Waktu Perancangan

Pada tugas akhir ini, simulasi antena mikrostrip akan dilakukan pada software Ansys HFSS dan pabrikasinya dilaksanakan di Bengkel serta pengukuran dilakukan di Laboratorium Frekuensi Tinggi dan Gelombang Mikro, Jurusan Teknik Elektro, Kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Adapun lama waktu perancangan Tugas Akhir ini dilakukan dari bulan Januari hingga bulan Juli 2022.

3.2 Alat dan Bahan Perancangan

Dalam metode perancangan ini diperlukan sejumlah perangkat lunak dan perangkat keras untuk mendesain, simulasi hingga pabrikan antena sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. Adapun perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan dalam perancangan ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Perangkat Lunak

1. Ansys HFSS 15.0

Ansys HFSS adalah software simulasi elektromagnetik dengan pemodelan tiga dimensi yang digunakan untuk mendesain dan mensimulasikan perangkat elektronika frekuensi tinggi seperti antena, filter, RF atau komponen microwave, konektor, paket IC, dan PCB.

2. AutoCAD

AutoCad adalah software yang berfungsi untuk menggambar sebuah objek seperti ilustrasi, baik dua dimensi maupun tiga dimensi serta dapat digunakan untuk mendesain ukuran antena secara asli yang dimana hasil desain tersebut akan digunakan pada proses pabrikan.

3.2.2 Perangkat Keras

1. Alat

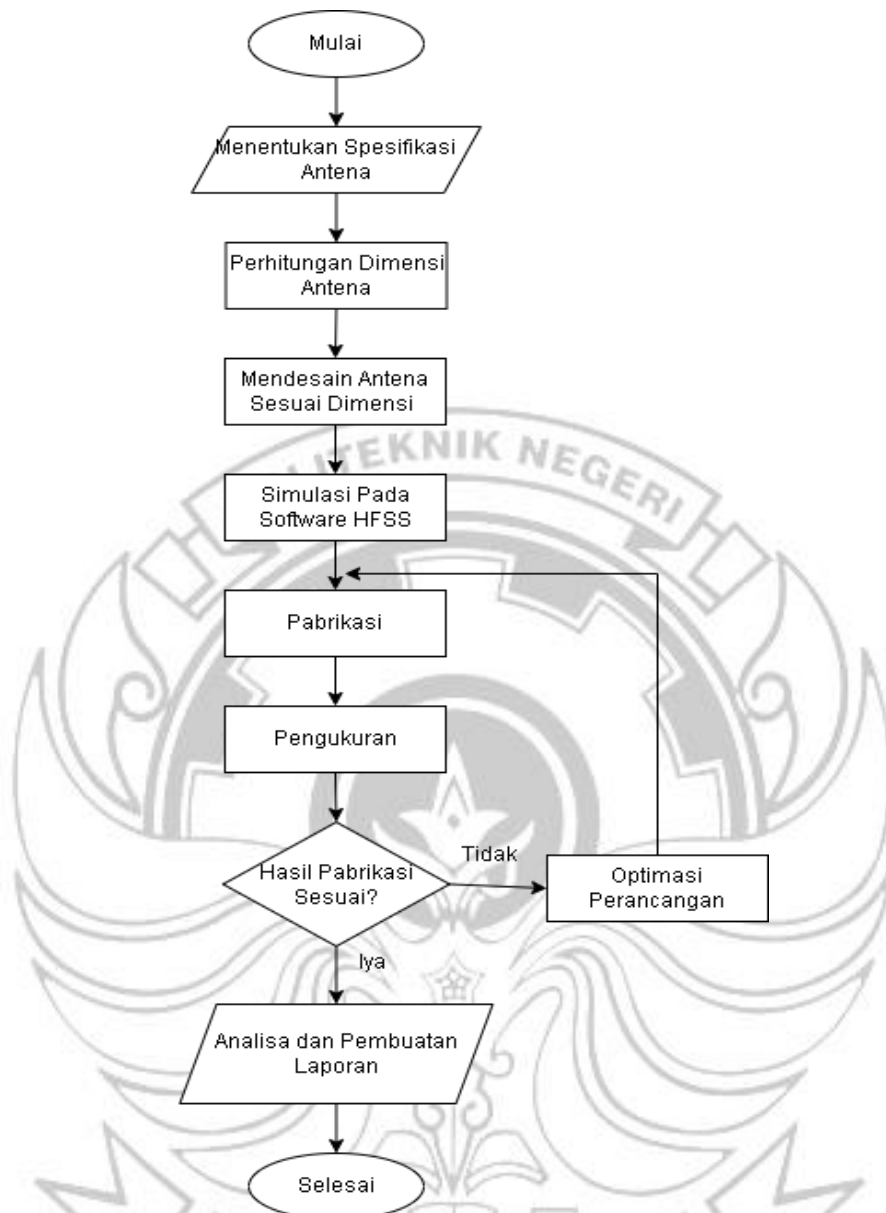
- a. Vector Network Analyzer (VNA).
- b. Alat Pemotong PCB.
- c. Laptop.
- d. Cutter.
- e. Penggaris.
- f. Pensil.
- g. Amplas.
- h. Solder.

2. Bahan

- a. PCB FR4 Epoxy Double Layer dengan ketebalan 1,6 mm.
- b. Konektor SMA female dengan Impedansi 50Ω .
- c. Cairan H_2O , H_2O_2 , dan HCL dengan takaran 3:2:1 tutup botol.
- d. Kabel Pigtail.
- e. Lakban Kertas.
- f. Kertas Stiker.
- g. Timah.

3.3 Prosedur Perancangan

Adapun prosedur perancangan Antena Mikrostrip 2×1 Array *Rectangular Patch* dengan U-Slot untuk Teknologi Jaringan 5G dilakukan melalui beberapa tahap. Untuk mempermudah maka ditampilkan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*), seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Antena

3.3.1 Penentuan Spesifikasi Antena

Pada tahap ini ditentukan frekuensi resonansi untuk antena berbentuk persegi panjang menggunakan persamaan (2.1) berikut:

$$fr = \frac{c}{2(L + 2\Delta L)\sqrt{\epsilon_e}}$$

$$fr = \frac{3 \times 10^8}{2(0,03074 + 2(0,000738869))\sqrt{4,09562}}$$

$$fr = 2,30057 \times 10^9$$

$$fr = 2300 \text{ MHz}$$

Spesifikasi antenna yang akan dirancang dan direalisasikan pada Tugas Akhir ini, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Jenis Antena : Array 2x1 rectangular patch dengan penambahan U-slot
2. Frekuensi Kerja : 2,3 GHz
3. Bandwidth : ≥ 100 MHz
4. VSWR : ≤ 2
5. Pola Radiasi : Unidirectional
6. Gain : ≥ 4 dB
7. Impedansi Input : 50Ω
8. Return Loss : ≤ -10 dB
9. Material : FR-4 Epoxy
10. Konstanta Dielektrik (ϵ_r) : 4,4
11. Ketebalan Substrate (h) : 1,6 mm

3.3.2 Perhitungan Dimensi Antena

Diketahui bahwa:

$$\epsilon_r = 4,4$$

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

$$f_r = 2,3 \text{ GHz}$$

Untuk mengetahui dimensi antenna, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Dimensi Patch Antena

a. Menghitung lebar patch

$$W = \frac{c}{2 f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

$$W = \frac{3 \times 10^8}{2 (2,3 \times 10^9)} \sqrt{\frac{2}{4,4 + 1}}$$

$$W = 39,69 \text{ mm}$$

b. Menghitung permitivitas efektif bahan substrat

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\epsilon_e = \frac{4,4 + 1}{2} + \frac{4,4 - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{1,6}{39,69}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\epsilon_e = 4,09562$$

c. Menghitung ΔL

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_e + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_e - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,813\right)}$$

$$\Delta L = 0,412(1,6) \frac{(4,09562 + 0,3) \left(\frac{39,69}{1,6} + 0,264\right)}{(4,09562 - 0,258) \left(\frac{39,69}{1,6} + 0,813\right)}$$

$$\Delta L = 0,738869 \text{ mm}$$

d. Menghitung panjang aktual patch (L)

$$L = \frac{c}{2 fr} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta L$$

$$L = \frac{3 \times 10^8}{2 (2,3 \times 10^9)} \frac{1}{\sqrt{4,09562}} - 2(0,738869)$$

$$L = 30,74 \text{ mm}$$

e. Panjang Groundplane

$$L_g = 2 \times L$$

$$L_g = 2 \times 30,74$$

$$L_g = 61,48 \text{ mm}$$

f. Lebar Groundplane

$$W_g = 2 \times W$$

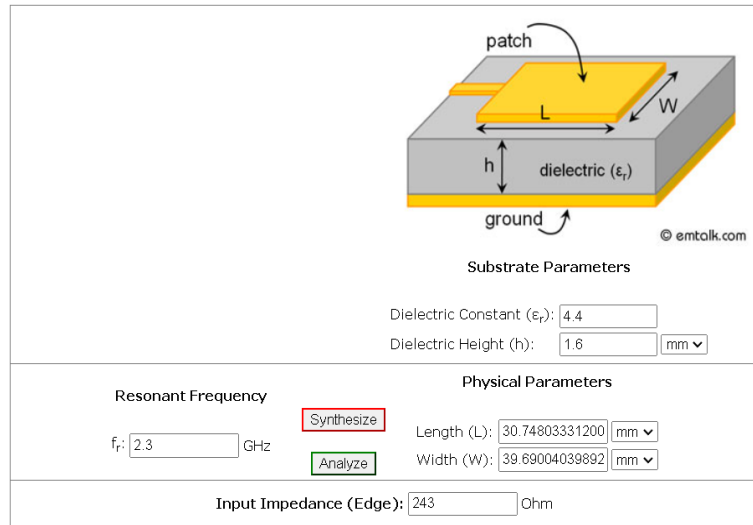
$$W_g = 2 \times 39,69$$

$$W_g = 79,38 \text{ mm}$$

g. Menghitung Impedansi Input di tepi ujung patch

Untuk memudahkan perhitungan digunakan *microstrip line calculator* secara online di <https://www.emtalk.com/mpacalc.php> dan diperoleh hasil $Z_{in} = 243\Omega$.

Microstrip Patch Antenna Calculator



Gambar 3.2 Tampilan Microstrip Patch Antenna Calculator

2. Dimensi Saluran Transmisi

a. Menghitung y_o

$$y_o = (S) \times \left[\frac{1}{2} \times 10^{-4} (0,001699\epsilon_r^7 + 0,13761\epsilon_r^6 - 6,1783\epsilon_r^5 + 93,187\epsilon_r^4 - 682,69\epsilon_r^3 + 2561,9\epsilon_r^2 - 4043\epsilon_r + 6697) \right]$$

$$y_o = (0,83477) \times \left[\frac{1}{2} \times 10^{-4} (0,001699(4,4^7) + 0,13761(4,4^6) - 6,1783(4,4^5) + 93,187(4,4^4) - 682,69(4,4^3) + 2561,9(4,4^2) - 4043(4,4) + 6697) \right]$$

$$y_o = 7,88181217 \text{ mm}$$

dimana, faktor koreksi (S) = 0,83477

b. Menghitung lebar saluran transmisi (W_f)

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \left(\frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right] \right\}$$

$$W_f = \frac{2(0,0016)}{3,14} \left\{ 5,64345 - 1 - \ln(2 \times 5,64345 - 1) + \right.$$

$$\left. \frac{4,4 - 1}{2 \times 4,4} \left[\ln(5,64345 - 1) + 0,39 - \left(\frac{0,61}{4,4} \right) \right] \right\}$$

$$W_f = 3,060322 \text{ mm}$$

dimana besar impedansi pada saluran,

$$(B) = \frac{377 \times \pi}{2Z_o \sqrt{\epsilon_r}} = 5,64345 \Omega$$

c. Menghitung panjang saluran transmisi (L_f)

$$L_f = \left(\frac{\lambda_0}{4}\right) \left[\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2\sqrt{1 + 12\left(\frac{h}{W_f}\right)}} \right) \right]$$

$$L_f = \left(\frac{\lambda_0}{4}\right) \left[\frac{4,4 + 1}{2} + \left(\frac{4,4 - 1}{2\sqrt{1 + 12\left(\frac{1,6}{3,060322}\right)}} \right) \right]$$

$$L_f = 17,8688 \text{ mm}$$

3. Dimensi Saluran Feedline Antena Mikrostrip

Tahap selanjutnya dalam perancangan antena mikrostrip array adalah membuat rangkaian penyesuaian impedansi dan rangkaian pembagi daya. Dalam perancangan ini, saluran microstrip line diatur bernilai 50Ω dengan panjang $\lambda_g/2$ sehingga impedansi ekuivalen antara antena 1 dan antena 2 adalah 25Ω . Sehingga,

$$Z_t = \sqrt{(25 \times 50)} = 35,35 \Omega$$

Microstrip Line Calculator

The screenshot shows the Microstrip Line Calculator interface. It includes a 3D diagram of a microstrip line on a dielectric substrate with a ground plane. The diagram labels the conductor width (W), length (L), dielectric height (h), and dielectric constant (εr). Below the diagram are input fields for Substrate Parameters: Dielectric Constant (εr) = 4.4, Dielectric Height (h) = 1.6 mm, and Frequency = 2.3 GHz. At the bottom, there are Electrical Parameters: Zo = 35.35 Ω and Elec. Length = 90 deg, and Physical Parameters: Width (W) = 5.223608227936 mm and Length (L) = 17.46456202502 mm. There are 'Synthesize' and 'Analyze' buttons.

Gambar 3.3 Tampilan Microstrip Line Calculator

Perhitungan juga dapat dilakukan secara online di <http://www.emtalk.com/mscalc.php> sehingga didapatkan dimensi saluran *feedline microstrip array* adalah $W_f = 5,223$ mm dan $L_f = 17,464$ mm.

4. Dimensi U-Slot

Perhitungan dimensi u-slot yang terdiri dari lebar slot, panjang slot vertikal, dan panjang slot horizontal menggunakan persamaan (2.17), (2.18), dan (2.19).

a. Menghitung lebar slot (**F**)

$$F = \frac{\lambda}{60} = \frac{51,04}{60} = 0,85 \text{ mm}$$

b. Menghitung panjang slot vertikal (**C**)

$$C \geq 0.3 W$$

$$C \geq 0,3 \times 39,69$$

$$C \geq 11,907 \text{ mm}$$

c. Menghitung panjang slot horizontal (**D**)

$$D = \frac{c}{f_{low} \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2(L + 2\Delta L - F)$$

$$D = \frac{3 \times 10^8}{2,2 \times 10^9 \sqrt{4,4}} - 2(30,74 + 2 \times 0,738869 - 2,3 \times 10^9)$$

$$D = 65 \text{ mm} - 61,25 \text{ mm}$$

$$D = 3,75 \text{ mm}$$

3.3.3 Optimasi Perancangan

Dari hasil perhitungan dimensi antena yang telah dilakukan, ada beberapa masalah yang dihadapi seperti diperolehnya hasil simulasi yang belum menampilkan respon yang sesuai dengan spesifikasi parameter antena yang telah ditentukan. Sehingga dilakukan optimasi perancangan dengan mengubah beberapa ukuran desain antena sehingga akan mendapatkan hasil parameter antena sesuai dengan yang telah ditentukan sebelumnya. Adapun perbandingan dimensi antena sebelum optimasi dan setelah optimasi yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Dimensi Antena Mikrostrip

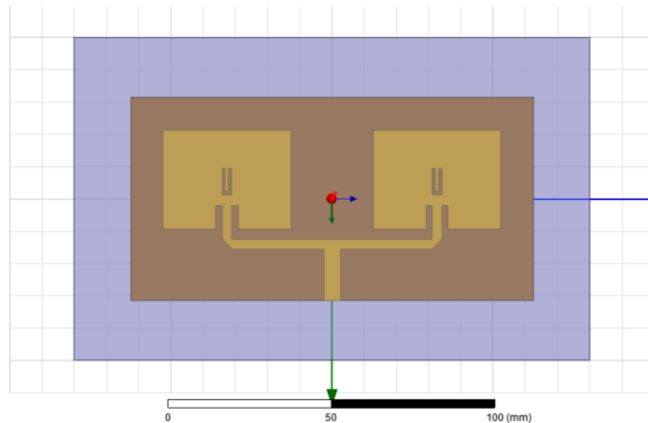
No.	Deskripsi	Ukuran Sebelum Optimasi (mm)	Ukuran Setelah Optimasi (mm)
1	Panjang Groundplan	79,38	124,9
2	Lebar Groundplan	61,48	66,7
3	Lebar Patch	30,74	30,74
4	Panjang Patch	39,69	39,69
5	Lebar Irisan	7,88	7,33
6	Panjang Irisan	7	7
7	Lebar antara Feedline Kiri dan Kanan	1	2
8	Panjang Feedline 1&2	17,86	10,48
9	Lebar Feedline 1&2	3,06	3
10	Lebar Penghubung	3,06	3
11	Panjang Penghubung	38,78	62,21
12	Lebar Feedline 3	5,2	5,2
13	Panjang Feedline 3	17,46	15,96
14	$\frac{1}{2}$ Lambda	25,52	25,52

Tabel 3.2 Dimensi Slot

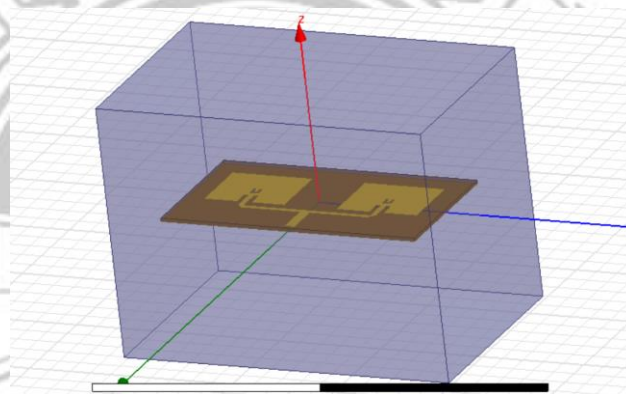
No.	Deskripsi	Ukuran Sebelum Optimasi (mm)	Ukuran Setelah Optimasi (mm)
1	Lebar Slot	0,85	1
2	Panjang Slot Vertikal	11,9	8
3	Panjang Slot Horizontal	3,75	3

3.3.4 Simulasi Antena

Dari hasil perhitungan dan optimasi maka diperoleh nilai-nilai dimensi atau ukuran dari antena mikrostrip. Langkah selanjutnya adalah proses simulasi dengan menggunakan software Ansys HFSS 15.0, maka diperoleh hasil simulasi perancangan Antena Mikrostrip *Array Rectangular Patch* dengan menambahkan U-Slot pada bagian patch antena diperlihatkan pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.4 Desain Simulasi Antena Mikrostrip dengan U-Slot

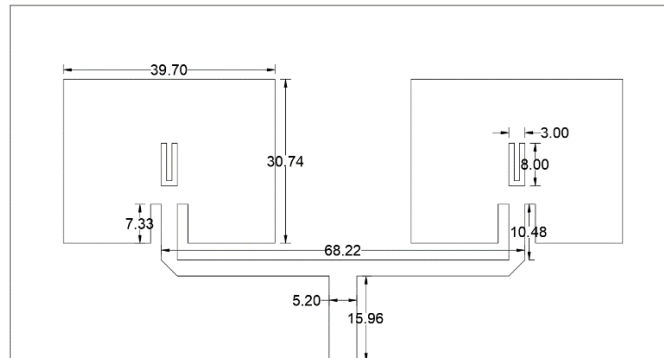


Gambar 3.5 Model Perancangan Antena Mikrostrip Rectangular Patch dengan U-Slot

3.3.5 Pabrikasi Antena

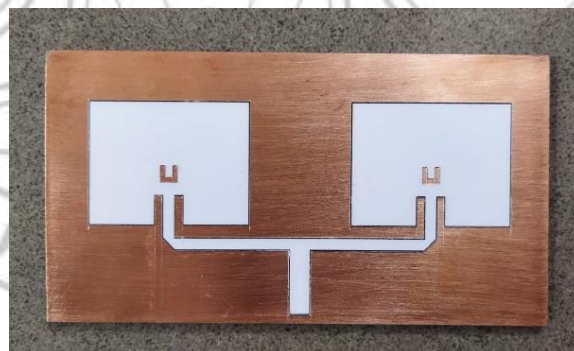
Perealisasi atau pabrikasi antena dilakukan setelah mendapatkan hasil simulasi yang cukup baik dalam artian hasil respon sesuai dengan spesifikasi parameter antena yang telah ditentukan. Adapun langkah-langkah pabrikasi antena dijelaskan pada poin-poin berikut ini:

1. Langkah pertama yaitu memotong PCB sesuai dengan dimensi antena yang diperoleh berdasarkan simulasi yang telah dilakukan.
2. Dengan menggunakan software AutoCAD, segala ketentuan ukuran dari antena didesain atau diilustrasikan sedemikian rupa sesuai dimensi antena yang telah disimulasikan dengan tujuan agar lebih mudah dicetak.



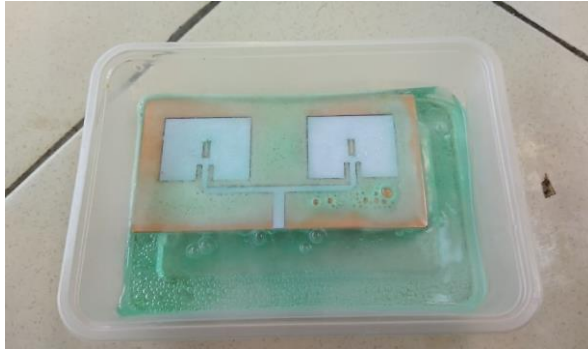
Gambar 3.6 Ilustrasi Perancangan Antena Mikrostrip dengan U-Slot

3. Setelah melakukan tahap desain menggunakan AutoCAD, selanjutnya melakukan tahapan pencetakan hasil desain tersebut yang dicetak khusus menggunakan kertas stiker.
4. Sebelum melakukan penempelan kertas stiker pada papan PCB terlebih dahulu membersihkan PCB yang sudah terpotong dengan mengamplas lapisan PCB yang akan ditempelkan agar nantinya permukaan kertas stiker dapat melekat dengan baik.
5. Setelah proses penempelan selesai, selanjutnya proses memotong atau mengikis lakban kertas mengikuti pola desain antena yang sudah ditempelkan dengan menggunakan alat cutter dan penggaris.



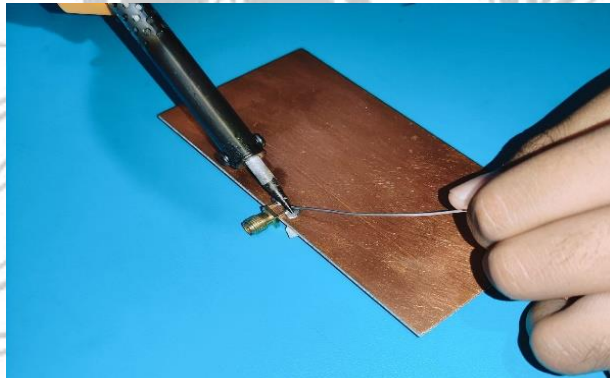
Gambar 3.7 Proses Pengikisan Kertas Stiker Sesuai Pola

6. Selanjutnya melangkah ke proses pelarutan dengan menggunakan larutan H_2O , H_2O_2 dengan konsentrasi 50%, dan HCL konsentrasi 32% dengan masing-masing takaran 3 : 2 : 1 tutup botol. Kemudian tunggu selama beberapa menit sampai semua tembaga yang tidak tertutupi dengan lakban stiker terangkat atau tembaga terkelupas.



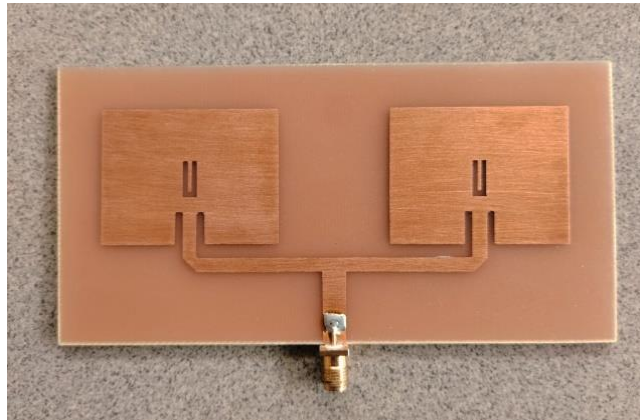
Gambar 3.8 Proses Pelarutan Antena

7. Setelah semua lapisan tembaga larut, kemudian angkat PCB dan bersihkan sisa lakban dan stiker yang masih menempel pada PCB menggunakan air mengalir serta amplas halus.
8. Pemasangan konektor SMA Female dengan melakukan penyolderan pada kaki konektor. Pastikan timah solderan matang dan tidak menggumpal pada saat melakukan proses penyolderan.



Gambar 3.9 Proses Penyolderan Konektor pada Antena

9. Langkah terakhir adalah penyemprotan clear varnish pada antena yang bertujuan untuk menghambat terjadinya proses oksidasi lapisan tembaga pada antena.
10. Adapun hasil dari proses pabrikan secara keseluruhan dari pembuatan Antena Mikrostrip 2x1 Array Rectangular Patch menggunakan U-Slot dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.10 Hasil Pabrikasi Antena Mikrostrip 2x1 Array Rectangular Patch dengan U-Slot

3.3.6 Pengukuran Antena

Parameter-parameter antena yang akan diukur pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran Frekuensi Kerja
2. Pengukuran VSWR, Return Loss, dan Impedansi
3. Pengukuran Bandwidth
4. Pengukuran *Gain*
5. Pengukuran Pola Radiasi

3.4 Teknik Pengumpulan Data

3.4.1 Identifikasi Masalah

Hal yang paling penting dalam Tugas Akhir ini adalah identifikasi masalah. Adapun masalah yang mungkin akan dihadapi dalam proses perancangan dan pembuatan antena mikrostrip ini adalah:

1. Proses perancangan meliputi perhitungan dimensi dan optimasi dimensi antena.
2. Proses pabrikasi atau perealisasi antena mikrostrip dan simulasi menggunakan software Ansys HFSS.
3. Pengujian dan pengukuran antena yang telah dibuat menggunakan alat ukur.

3.4.2 Studi Literatur

Pada studi literatur dari perancangan pembuatan antena mikrostrip, langkah awal yang dilakukan adalah melakukan pengumpulan data serta informasi melalui media cetak maupun elektronik seperti membaca buku-buku dan jurnal yang relevan dengan antena yang akan dibuat. Referensi yang diperlukan yaitu rumus perhitungan dimensi antena, parameter antena, tahapan perancangan antena dan lain sebagainya.



BAB IV PENGUKURAN DAN PEMBAHASAN

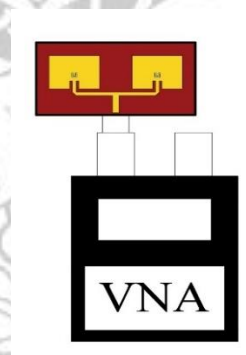
4.1 Tujuan Pengukuran

Pengukuran antena dilakukan untuk mengetahui kemampuan dan karakteristik dari antena yang telah direalisasikan. Dari hasil pengukuran yang didapatkan akan menjadi tolak ukur kelayakan antena yang telah dirancang dari spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya dan telah disimulasikan terlebih dahulu.

4.2 Langkah-Langkah Pengukuran

4.2.1 Pengukuran Frekuensi Kerja

1. Menghubungkan antena uji dengan VNA menggunakan kabel Pigtail dan menggunakan konektor SMA female to female seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengukuran Menggunakan VNA

2. VNA harus dalam keadaan ON ketika sudah terhubung dengan antena.
3. Melakukan pengaturan pada VNA dengan frekuensi *start* dan frekuensi *stop* sesuai dengan *range* frekuensi kerja yang dibutuhkan yaitu 2000 MHz – 2500 MHz.
4. Melakukan kalibrasi pada VNA dengan menghubungkan masing-masing konektor SMA (*open*, *short*, *load*) secara bergantian pada kabel Pigtail.

5. Untuk dapat melihat letak frekuensi kerja dilakukan penggeseran *marker* pada layar VNA.
6. Frekuensi kerja antenna dilihat pada titik terendah pada parameter S(1,1) atau Return Loss.

4.2.2 Pengukuran VSWR, Return Loss, dan Impedansi

1. Menghubungkan antenna uji dengan VNA seperti pada Gambar 4.1.
2. VNA harus dalam keadaan ON ketika sudah terhubung dengan antenna.
3. Melakukan pengaturan pada VNA dengan frekuensi *start* dan frekuensi *stop* sesuai dengan *range* frekuensi kerja yang dibutuhkan yaitu 2000 MHz – 2500 MHz.
4. Melakukan kalibrasi pada VNA dengan menghubungkan masing-masing konektor SMA (*open, short, load*) secara bergantian pada kabel Pigtail.
5. Untuk dapat melihat nilai VSWR, Return Loss, dan Impedansi dilakukan penggeseran *marker* pada layar VNA.

4.2.3 Pengukuran Bandwidth

1. Menghubungkan antenna uji dengan VNA seperti pada Gambar 4.1.
2. VNA harus dalam keadaan ON ketika sudah terhubung dengan antenna.
3. Frekuensi *start* dan frekuensi *stop* diatur sesuai dengan *range* frekuensi kerja yang dibutuhkan yaitu 2000 MHz – 2500 MHz.
4. Pada parameter VSWR digunakan untuk melihat rentang frekuensi yang berada pada titik VSWR = 2 dengan menggunakan *marker*.

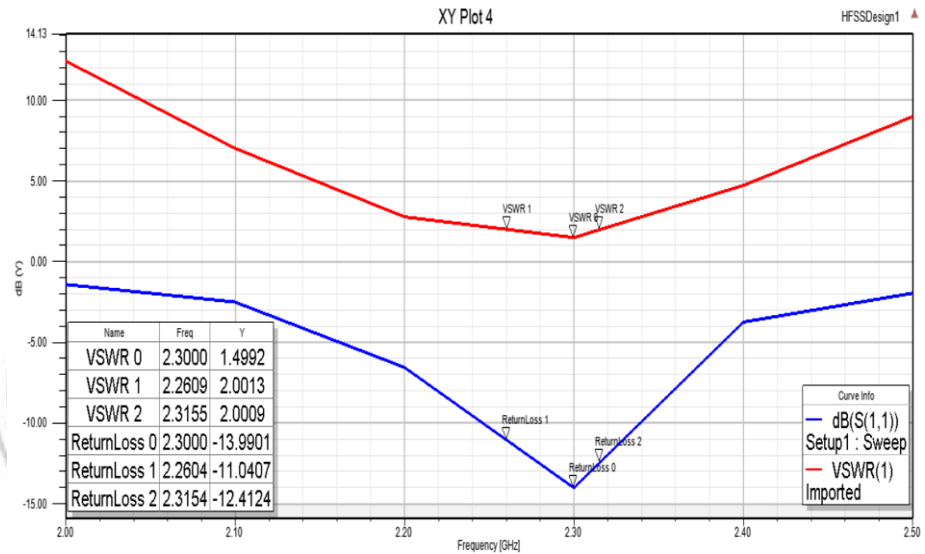
4.3 Hasil Pengukuran dan Pembahasan

Setelah melakukan pengukuran dengan alat maupun simulasi diperoleh data untuk setiap parameter antenna yang bekerja pada frekuensi 2300 MHz, dengan frekuensi *start* 2000 MHz dan *stop* 2500 MHz. Adapun data hasil pengukuran setiap parameter antenna yaitu sebagai berikut:

4.3.1 Hasil Pengukuran Frekuensi Kerja, Return Loss, dan VSWR

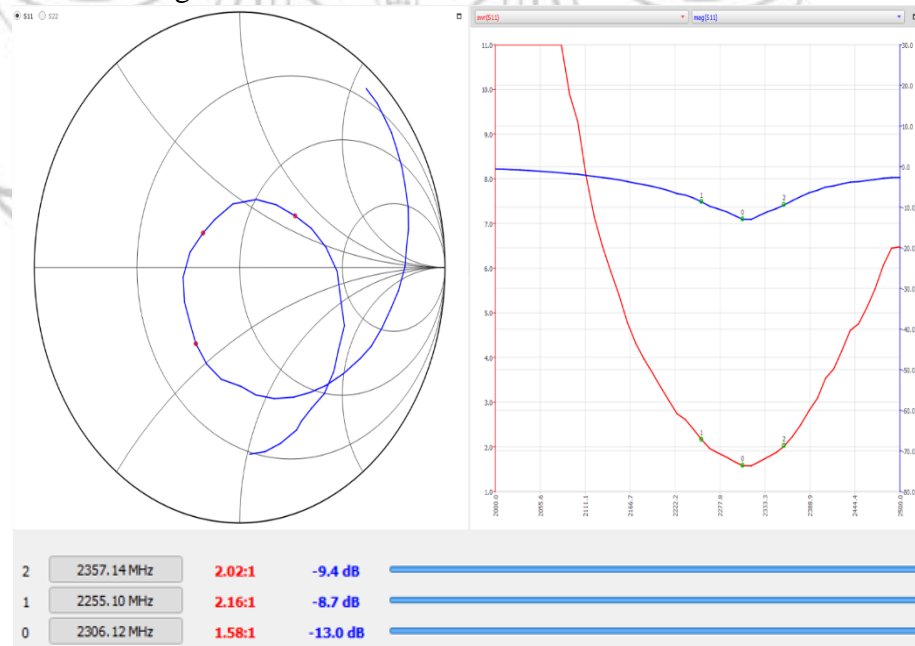
1. Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi pada Gambar 4.2, frekuensi kerja antenna berada tepat pada frekuensi 2300 MHz serta diperoleh nilai VSWR sebesar 1,49 dan nilai Return Loss sebesar -13,99 dB.



Gambar 4.2 Hasil Simulasi Frekuensi Kerja, Return Loss, dan VSWR

2. Hasil Pengukuran



Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Frekuensi Kerja, Return Loss, dan VSWR

Dari hasil pengukuran frekuensi kerja pada Gambar 4.3 menggunakan alat ukur berada pada frekuensi 2306 MHz dengan nilai parameter VSWR sebesar 1,58 dan nilai Return Loss sebesar -13,0 dB.

3. Pembahasan Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil simulasi dan pengukuran diperoleh data, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan Frekuensi Kerja, Return Loss, dan VSWR

Metode	Frekuensi (MHz)	VSWR	Return Loss (dB)
Alat Ukur	2255	2,16	-8,7
	2306	1,58	-13,0
	2357	2,02	-9,4
Simulasi	2260	2,0	-11,04
	2300	1,49	-13,99
	2315	2,0	-2,41

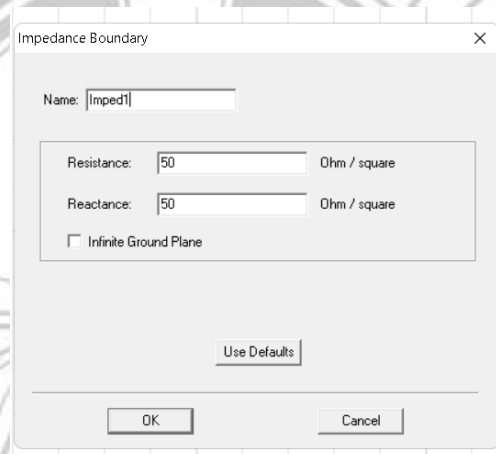
Berdasarkan hasil pengukuran frekuensi kerja pada simulasi diperoleh tepat pada frekuensi 2300 MHz, sedangkan hasil pengukuran diperoleh nilai sebesar 2306 MHz. Dimana diperoleh data bahwa terjadi pergeseran frekuensi sebesar 6 MHz. Hal ini menunjukkan antena yang dirancang memenuhi spesifikasi yang diinginkan dan sesuai dengan pita frekuensi pada jaringan 5G untuk provider Telkomsel.

Untuk nilai Return Loss berdasarkan simulasi diperoleh nilai sebesar -13,99 dB, sedangkan hasil pengukuran diperoleh nilai sebesar -13,0 dB. Dimana diperoleh data bahwa terjadi perbedaan nilai sebesar 0,99 dB. Secara teori, Return Loss merupakan banyaknya daya yang hilang pada beban (rugi-rugi pantulan), semakin kecil nilai Return Loss (<-10 dB) maka akan semakin baik pula performansi antena tersebut.

Untuk nilai VSWR berdasarkan simulasi diperoleh nilai sebesar 1,49, sedangkan pada hasil pengukuran diperoleh nilai sebesar 1,58. Dimana diperoleh data bahwa terjadi perbedaan nilai sebesar 0,09. Diketahui bahwa pada antenna mempunyai nilai VSWR yang telah memenuhi syarat ($VSWR \leq 2$) sebagaimana secara teori nilai VSWR yang mendekati 1 menunjukkan performansi antenna semakin baik, yang berarti semakin sedikit daya yang dipantulkan.

4.3.2 Hasil Pengukuran Impedansi

1. Hasil Simulasi



Gambar 4.4 Impedansi Input Antena Diatur Pada HFSS

Berdasarkan spesifikasi, impedansi antenna dititik catu yang berjarak y_0 dari tepi antenna adalah 50Ω , maka impedansi karakteristik saluran microstrip diatur bernilai sebesar 50Ω pada simulasi.

2. Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran impedansi input menggunakan alat diperoleh data seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Impedansi

No	Frekuensi (MHz)	Impedansi (Ω)	
		Rectangular	Polar
1	2255	$34.65 + j9.35$	$35.89 \angle 15.10^\circ$
2	2306	$34.18 + j9.63$	$35.51 \angle 15.73^\circ$
3	2357	$35.04 + j9.54$	$36.31 \angle 15.23^\circ$

Dari tabel di atas diperoleh nilai Impedansi Input yang paling mendekati 50Ω berada pada frekuensi 2357 MHz yaitu hanya sebesar 36.31Ω .

3. Pembahasan Perbandingan Simulasi dan Hasil Pengukuran

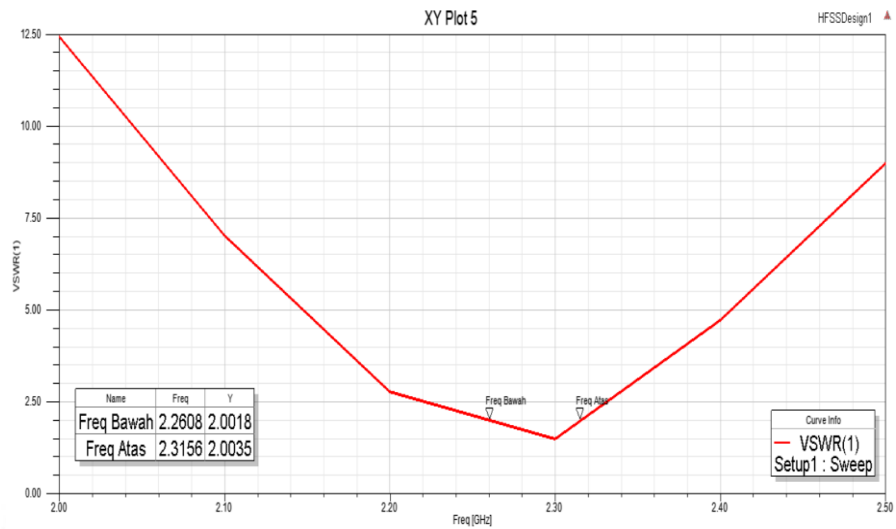
Nilai impedansi yang dihasilkan dapat berubah seiring dengan perubahan nilai VSWR. Semakin rendah nilai VSWR maka nilai impedansi input akan semakin mendekati 50Ω , sedangkan semakin besar nilai VSWR maka nilai Impedansi Input akan menjauhi 50Ω . Karena pada umumnya saluran transmisi mempunyai nilai impedansi karakteristik sebesar 50Ω .

Pada hasil pengukuran, nilai impedansi input mengalami perubahan yang signifikan sebesar $13,69 \Omega$ dari yang seharusnya sebesar 50Ω pada simulasi. Perubahan impedansi tersebut dapat disebabkan oleh kualitas konektor, bahan timah, dan hasil solder yang kurang baik.

4.3.3 Hasil Pengukuran Bandwidth

Pengukuran nilai bandwidth yaitu dengan cara menentukan nilai frekuensi bawah ($f1$) dan frekuensi atas ($f2$) terlebih dahulu. Adapun hasil pengukura yang diperoleh sebagai berikut:

1. Hasil Simulasi



Gambar 4.5 Hasil Simulasi Bandwidth Antena

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai frekuensi bawah (f_1) berada pada frekuensi 2260 MHz dan frekuensi atas (f_2) berada pada frekuensi 2315 MHz. Dari data hasil simulasi yang diperoleh bandwidth dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.13) maka diperoleh nilai sebagai berikut:

$$BW = f_2 - f_1$$

$$BW = 2315 - 2260$$

$$BW = 55 \text{ MHz}$$

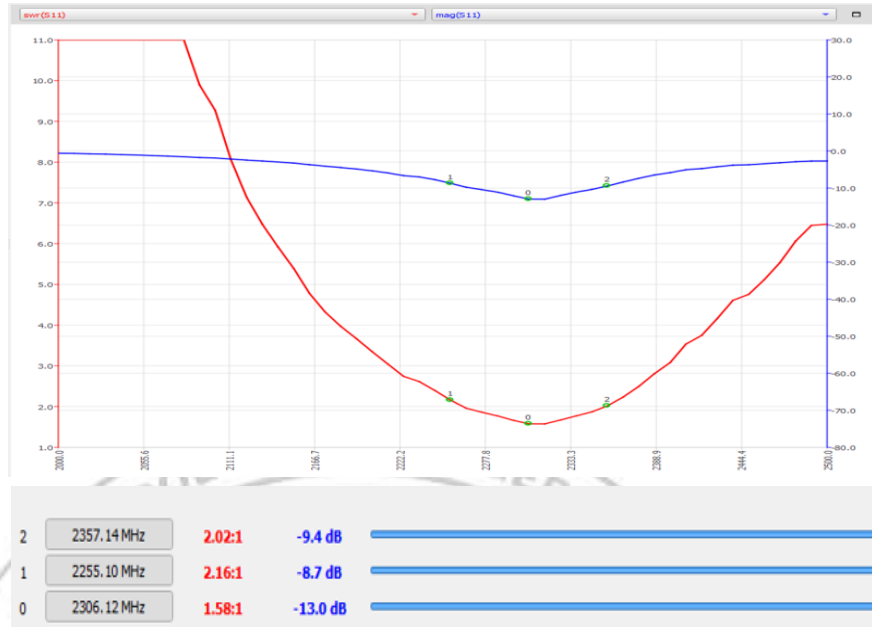
2. Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh nilai frekuensi bawah (f_1) berada pada frekuensi 2255 MHz dan frekuensi atas (f_2) berada pada frekuensi 2357 MHz. Dari data hasil pengukuran yang diperoleh bandwidth dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.14) maka diperoleh nilai sebagai berikut:

$$BW = f_2 - f_1$$

$$BW = 2357 - 2255$$

$$BW = 102 \text{ MHz}$$

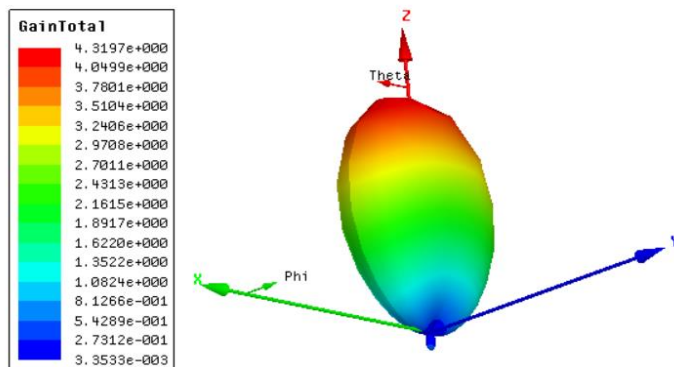


Gambar 4.6 Hasil Pengukuran Bandwidth Antena

3. Analisa Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Dari hasil simulasi diperoleh nilai bandwidth antena sebesar 55 MHz, sedangkan hasil pengukuran diperoleh nilai bandwidth sebesar 102 MHz. Dimana diperoleh data bahwa terjadi perbedaan bandwidth sebesar 47 MHz. Untuk hasil simulasi belum memenuhi bandwidth yang sudah ditentukan sesuai spesifikasi antena yaitu ≥ 100 MHz, sedangkan untuk hasil pengukuran nilai bandwidth sudah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

4.3.4 Hasil pengukuran Gain

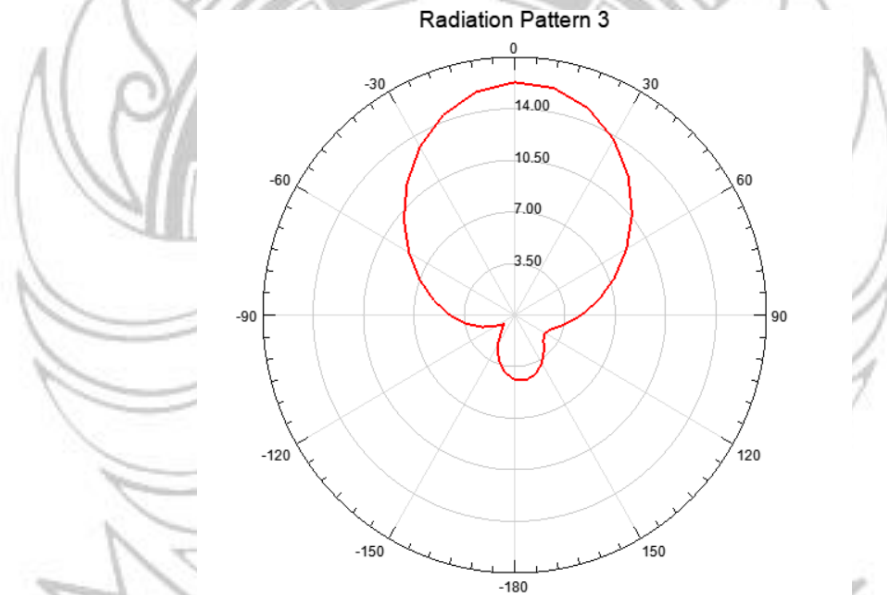


Gambar 4.7 Hasil Simulasi Gain Antena

Dari hasil simulasi antenna diperoleh nilai *gain* sebesar 4,31 dB. Hal ini menunjukkan penguatan antenna cukup baik serta sesuai dengan spesifikasi antenna yang dirancang yaitu ≥ 4 dB.

Pengukuran *gain* dilakukan untuk mengetahui kemampuan antenna dalam mengarahkan radiasi sinyalnya atau menerima sinyal dari arah tertentu. Semakin besar *gain* maka energi yang dipancarkan antenna akan semakin sempit (tidak melebar), sehingga energinya dapat menjangkau tempat yang lebih jauh. Sedangkan semakin kecil *gain* maka energi yang dipancarkan antenna terdistribusi luas (melebar).

4.3.5 Hasil Pengukuran Pola Radiasi



Gambar 4.8 Pola Radiasi Antena U-Slot

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai pola radiasi seperti pada Gambar 4.7 yaitu sebesar 14,0 yang mengarah pada sudut theta. Antena ini termasuk antenna dengan pola radiasi *unidirectional*, karena hanya terfokus ke satu arah tujuan. Hal ini sudah sesuai dengan spesifikasi antenna yang ingin dirancang.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan hingga pengukuran yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada perancangan ini dibuat antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz sebagai salah satu frekuensi untuk jaringan 5G pada provider Telkomsel. Antena yang direalisasikan memiliki bentuk *rectangular patch* dengan menggunakan metode slot berbentuk huruf U dan disusun secara *array* 2×1. Dimana penggunaan U-Slot dan susunan *array* terbukti mampu meningkatkan bandwidth antena sebesar ± 24 MHz dan meningkatkan *gain* sebesar 1 dB. Meskipun *gain* antena sudah memenuhi spesifikasi, tetapi peningkatannya belum cukup maksimal.
2. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh frekuensi kerja antena berada tepat pada Frekuensi 2300 MHz dengan nilai VSWR sebesar 1,49, Return Loss sebesar -13,99 dB, dan impedansi input sebesar 50 Ω. Sedangkan untuk hasil pengukuran, diperoleh data frekuensi kerja yaitu berada pada frekuensi 2306 MHz dengan nilai VSWR sebesar 1,58, Return Loss sebesar -13,0 dB dan impedansi input 35,51 Ω. Antena mikrostrip yang telah dibuat memiliki bandwidth sebesar 102 MHz yang bekerja pada rentang frekuensi 2255 MHz hingga 2357 MHz, dengan nilai VSWR dari masing-masing frekuensi tersebut adalah ≤ 2 . Nilai *gain* pada simulasi diperoleh sebesar 4,31 dB dengan pola radiasi *unidirectional*. Pada pengukuran *gain* dan pola radiasi hanya dapat dilakukan secara simulasi pada aplikasi Ansys karena ruangan dan alat ukur yang tersedia tidak memadai untuk digunakan pada frekuensi 2300 MHz.

3. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi hasil parameter antena mikrostrip pada perancangan dan pengukuran adalah sebagai berikut:
 - a. Suhu atau kelembapan udara, serta semua kondisi pada saat pengukuran yang tidak diperhitungkan pada proses simulasi.
 - b. Konstanta dielektrik bahan substrat yang digunakan memiliki nilai toleransi sebesar 0.2.
 - c. Adanya rugi-rugi pada kabel pigtail yang digunakan pada saat pengukuran.
 - d. Adanya gangguan elektromagnetik pada ruangan, seperti sinyal yang dipancarkan oleh wifi kampus, handphone dan benda-benda yang terbuat dari bahan logam disekitar ruangan yang dapat menyebabkan banyaknya pantulan sehingga mempengaruhi hasil pengukuran.
 - e. Keakuratan dimensi dalam pabrikasi yang tidak tepat sehingga menyebabkan perubahan terhadap hasil setiap parameter antena yang akan diukur.
 - f. Kualitas konektor, bahan timah yang digunakan, dan proses penyolderan yang kurang rapi dapat mempengaruhi hasil pengukuran antena.

5.2 Saran

1. Pengukuran parameter antena seperti *gain* dan pola radiasi dapat dilakukan secara langsung menggunakan alat *spectrum analyzer* dan *signal generator* yang memadai sesuai dengan frekuensi kerja pada antena yang dirancang dan dapat diimplementasi pada jaringan 5G secara langsung.
2. Untuk perancangan selanjutnya, antena mikrostrip ini dapat dikembangkan menggunakan bentuk slot yang berbeda atau dengan metode lainnya agar memperoleh *gain* yang lebih besar dan memperoleh spesifikasi antena yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alif, Muhammad dan S. M. Wahyudi. 2018. Rancang Bangun Antena Pada Frekuensi 2.1 GHz. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Azizah, A. 2013. “Desain Antena Mikrostrip Triangular untuk Aplikasi Radar Altimeter”. Universitas Hasanuddin.
- Dase, Sulwan. 2021. Buku Diktat Antena dan Propagasi: Antenna Mikrostrip. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Ekaputra, Harry Abrianto. dkk. 2021. Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Array *2x2 Patch Persegi Panjang dengan UOSlot untuk WIFI 5,8 GHz*. Universitas Telkom Bandung.
- Fahmi, P. A. 2020. Perkembangan Teknologi 5G. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Marchellia, dkk. 2021. Desain Antena Mikrostrip Persegi Panjang Menggunakan Kombinasi U-Slot dan Elemen Parasitik pada Frekuensi 2.4 GHz. Politeknik Negeri Bandung.
- Mujahida Nurul dan Ashima Rifkika. 2021. Proyek Antena Mikrostrip 2 x 1 Array Rectangular Patch pada Teknologi Jaringan 5G dengan Frekuensi Kerja 2,3 GHz. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Pozar, D. M. 2001. Microwave and RF Design Of Wireless Systems. New York.
- Putri, N.2018. “Realisasi Antena Susun Mikrostrip Rectangular Patch 2x4 Pada Frekuensi 2,7 GHz – 2,9 GHz Untuk Aplikasi Radar Cuaca”. Politeknik Negeri Bandung.
- Shaumawati, C.N. 2018. “Perancangan dan Realisasi Antena Patch 4x2 Pada Frekuensi 2,3 GHz Untuk Aplikasi Long Term Evolution”.
- Sumartono, H. Wijanto, Y. Wahyu. 2014. “Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Multilayer Parasitic Pada Frekuensi 2,35 GHz Untuk Aplikasi LTE”.

Sumpena, M. R. dkk. “Desain Antena Susun Mikrostrip Rectangular Patch 4x2 Untuk Aplikasi 5G”. *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National*. Seminar Bandung, Agustus 2020.

Riyanto, Galuh Putri. 2021. Layanan 5G Telkomsel Kini Hadir di Surabaya, Makassar, Bandung, Batam, dan Denpasar, <https://tekno.kompas.com/read/2021/06/07/18120097/layanan-5g-telkomsel-kini-hadir-di-surabaya-makassar-bandung-batam-dan-denpasar?page=all>, diakses pada 17 Juli 2022 pukul 08.01.



LAMPIRAN

Lampiran 1: Surat Permohonana Peminjaman Alat

SURAT PERMOHONAN PEMINJAMAN ALAT

Yth,
Kepala Lab. Frekuensi Tinggi dan Gelombang Mikro Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Ujung Pandang

Dengan Hormat,

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Pemohon I


Nama : Muh. Daffa Abbas
NIM : 32219062
Prodi/Jurusan : D-3 Teknik Telekomunikasi

Pemohon II

Nama : Nur Inayah Natsir
NIM : 32219065
Prodi/Jurusan : D-3 Teknik Telekomunikasi


Dengan ini menyampaikan permohonan peminjaman alat *Vektor Network Analyzer* (VNA), *Spectrum Analyzer*, dan Signal Generator untuk pengerjaan Skripsi/Tugas Akhir dengan judul "*Rancang Bangun Antena Mikrostrip 2x1 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Jaringan 5G*" yang akan dilaksanakan mulai tanggal 1 Juni 2022 – 16 Juli 2022. Demikianlah surat permohonan peminjaman alat ini kami sampaikan, atas perhatian Bapak kami ucapkan terima kasih.

Pemohon I

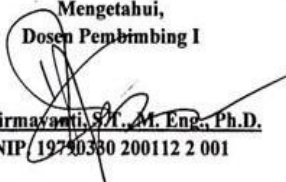

Muh. Daffa Abbas
NIM. 32219062

Makassar, 1 Juni 2022

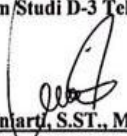
Pemohon II


Nur Inayah Natsir
NIM. 32219065

Mengetahui,
Dosen Pembimbing I


Ir. Sirmayanti, S.T., M. Eng., Ph.D.
NIP/19790380 200112 2 001

Menyetujui,
Koordinator Program Studi D-3 Teknik Telekomunikasi


Yunarti, S.ST., M.T.
NIP. 19770603 200212 2 002

Lampiran 2: Lembar Catatan Asistensi

LEMBAR CATATAN ASISTENSI

Nama / No. Stambuk Mahasiswa : Muh. Daffa Abbas / 32219062
 Nama / No. Stambuk Mahasiswa : Nur Inayah Natsir / 32219065
 Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Antena Mikrostrip 2 x 1 Array Rectangular Patch
 danan II - Skof Untuk Jaringan 5G
 Pengarah I : Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D
 Pengarah II : Airin Dewi Utami, S.T., M.T
 Jadwal Asistensi : 1. Hari
 Pengarah I : Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D Hari :

No.	TANGGAL	URAIAN / ANIURAN	TANDA TANGAN	KETERANGAN
1	17. 2022			
2	17. 2022			
3	13/7. 2022	Bab III		
4	18/7. 2022	Simulas Alas		
5	21/7. 2022	pengukuran		
6	22/7. 2022	Bab IV		
7	25/7. 2022	Bab IV		
8	27/7. 2022	Tabelori		
9	29/7. 2022	Kesimpulan		

Pengarah 2 : Airin Dewi Utami, S.T., M.T Hari :

No.	TANGGAL	URAIAN / ANIURAN	TANDA TANGAN	KETERANGAN
1	10 Juni 2022	Abstrak? Bab 1, layout		
2	14 Juni 2022	Sanitasi, Bab 2		
3	23 Juni 2022	Penulisan caption gambar, tabel		
4	1 Juli 2022	Gambar pembatasan antena		
5	14 Juli 2022	Jarak ketukan paragraf		
6	19 Juli 2022	Tabel hasil lampiran		
7	26 Juli 2022	Kesimpulan, Bab 5		
8	27 Juli 2022	Acc laporan		
9				

Pengarah I
 Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D
 Nip. 19790330 290112 2 001

Pengarah II
 Airin Dewi Utami Thamrin, S.T., M.T
 Nip. 19780524 200912 2 002

Lampiran 3: Lembar Revisi Tugas Akhir

LEMBAR REVISI JUDUL PROYEK / TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : ▲ Muh. Daffa Abbas / Nur Inayah Natsir
 STAMBUK : 32219062 / 32219065

Catatan Penguji : tgl 09-08-2022

No	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Ichsan M.	- Surat pernyataan - Spesifikasi Antena - Luas Efektif	} Ily y Ily 19/8-22
2	Farhni Ulfah	- Beamwidth - Memeriksa & koreksi laporan - Lihat pada laporan TA	y Ily

Makassar,
Ketua / Sekretaris Penguji,

Ily
Ichsan M.
Ibrahim Abdul, S.ST., M.T.
Nip. 19680514 99303 1 001

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.

Lampiran 4: Nilai Toleransi Parameter Antena

- Alasan nilai Return Loss maksimal -10 dB

Dalam perumusan, daya pantul maksimum antena berjumlah 10% = 10/100 dari daya yang ditransmisikan. Maka dapat diketahui rumus nilai daya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{RL(dB)} &= 10 \log \frac{P_r}{P_t} \\ &= 10 \log \frac{10}{100} \\ &= 10 \log 0,1 \\ &= -10 \text{ dB} \end{aligned}$$

- Alasan nilai VSWR maksimum 2 adalah sebagai berikut:

Dengan asumsi nilai VSWR = 2 dan Return Loss = -10 dB didapatkan penurunan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} -10 \text{ dB} &= 20 \log \Gamma \\ -\frac{1}{2} &= \log \Gamma \\ \Gamma &= 0,3 = \frac{1}{3} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\text{VSWR} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|}$$

$$\text{VSWR} = \frac{1+\frac{1}{3}}{1-\frac{1}{3}}$$

$$\text{VSWR} = \frac{4}{\frac{2}{3}}$$

$$\text{VSWR} = 2$$

Lampiran 5: Dokumentasi Kegiatan

