

RANCANG BANGUN ANTENA ARRAY 5G BERBASIS *MICROSTRIP*



PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul *"Rancang Bangun Antena Array 5G Berbasis Microstrip"* oleh Dini Ahriyani NIM 322 20 002 dan Risky Ramadhani 322 20 009 dinyatakan layak untuk ujikan.

Makassar, 16 Agustus 2023

Menyetujui

Dosen Pembimbing I,



Sulwan Dase, S.T., M.T
NIP 19650802 199003 1 003

Menyetujui

Dosen Pembimbing II,



Muhammad Mjmsyad, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP 19760320 200501 1 001



Mengetahui,

Koordinator Program Studi,

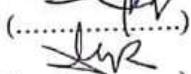
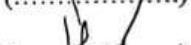
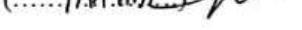

Nurjarti, S.S.T., M.T

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, hari Selasa 22 Agustus2023, tim penguji ujian sidang Laporan Tugas Akhir telah menerima hasil ujian sidang 1 Laporan Tugas Akhir skripsi oleh mahasiswa Dini Ahriyani dengan NIM 322 20 002 dan Risky Ramadhani dengan NIM 322 20 009 dengan judul “*Rancang Bangun Antena Array 5G Berbasis Microstrip.*”

Makassar, 22 Agustus 2023

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir

1. Dr. Ir. Hafsa Nirwana, M.T.	Ketua	(
2. Rizal A Duyu, S.T., M.T.	Sekretaris	(
3. Dr. Umar Katu, S.T., M.T.	Anggota	(
4. Irawati Razak, S.T., M.T.	Anggota	(
5. Sulwan Dase, S.T., M.T.	Pembimbing I	(
6. Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D	Pembimbing II	(



KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "*Rancang Bangun Antena Array 5G Berbasis Microstrip*" dapat diselesaikan dengan tepat pada waktunya.

Shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, sebagai suri teladan bagi para ummatnya. Adapun maksud dan tujuan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mencapai gelar Diploma Tiga di Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Laporan Tugas Akhir merupakan dokumen yang digunakan dalam pengusulan proyek penelitian. Laporan Tugas Akhir diajukan sebelum melakukan penelitian untuk Tugas Akhir, dalam menyusun Laporan Tugas Akhir ini, tidak sedikit kesulitan dan hambatan yang dialami, namun berkat dukungan, dorongan dan semangat dari orang terdekat, sehingga penulis mampu menyelesaikannya. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan, sehingga Laporan Tugas Akhir dapat diselesaikan dengan baik.
2. Bapak Prof. Ir. Ilyas Mansyur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Ahmad Rizal Sultan S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Ibu Yuniarti S.ST., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Sulwan Dase, S.T.,M.T, sebagai pembimbing I dan Bapak Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng.,Ph.D, sebagai pembimbing II yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen Pengajar dan Staff Pegawai Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

7. Kepada saudari Ummul Hasanah dan saudara Meyantho Welly yang telah membantu kami dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman seperjuangan yang sangat kami cintai dan banggakan TelkomSquad, terkhusus saudari Irnajayanti Kappu dan Ririn Karolin.

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, 10 Juli 2023

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
SURAT PERNYATAAN.....	xiii
SURAT PERNYATAAN.....	xiv
RINGKASAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup Penellitian	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Teknologi 5G.....	4
2.2 Antena	4
2.3 Susunan Antena (<i>Antenna Array</i>).....	5
2.4 Antena <i>Microstrip</i>	5
2.4.1 Kelebihan dan Kekurangan Antena <i>Microstrip</i>	7

2.4.2	Antena <i>Microstrip Rectangular Patch</i>	8
2.5	Susunan Antena <i>Microstrip Rectangular</i>	10
2.6	Metode Pencatuan Antena <i>Microstrip Rectangular Patch</i>	11
2.7	Teknik Pencatuan dengan Metode <i>Inset-Fed</i>	12
2.8	Parameter Umum Antena	14
2.8.1	Impedansi Masukan	14
2.8.2	VSWR (<i>Voltage Standing Wave Ratio</i>)	15
2.8.3	<i>Gain</i>	16
2.8.4	<i>Bandwidth</i>	16
2.8.5	<i>Return Loss</i>	17
2.8.6	Direktivitas (Keterarahana).....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....		Error! Bookmark not defined.
3.1	Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	Error! Bookmark not defined.
3.2	Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.3	Prosedur Perancangan	Error! Bookmark not defined.
3.3.1	Jenis Antena.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.2	Menentukan Bahan PCB yang akan digunakan.	Error! Bookmark not defined.
3.3.3	Penentuan Spesifikasi Antena.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.4	Perhitungan Dimensi Antena	Error! Bookmark not defined.
3.3.5	Optimasi Antena	Error! Bookmark not defined.
3.3.6	Simulasi Antena.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.7	Pabrikasi Antena	Error! Bookmark not defined.
3.3.8	Pengukuran Parameter Antena.....	Error! Bookmark not defined.
3.4	Teknik Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.

3.4.1	Identifikasi Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.2	Studi Literatur	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMABAHASAN		Error! Bookmark not defined.
4.1	Langkah-Langkah Pengukuran.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.1	Penguatan Frekuensi Kerja	Error! Bookmark not defined.
4.1.2	Pengukuran VSWR, <i>Return Loss</i> , dan Impedansi	Error! Bookmark not defined.
4.1.3	Pengukuran <i>Bandwidth</i>	Error! Bookmark not defined.
4.1.4	Pengukuran <i>Gain</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3	Analisa.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP.....		19
DAFTAR PUSTAKA		21
LAMPIRAN		Error! Bookmark not defined.

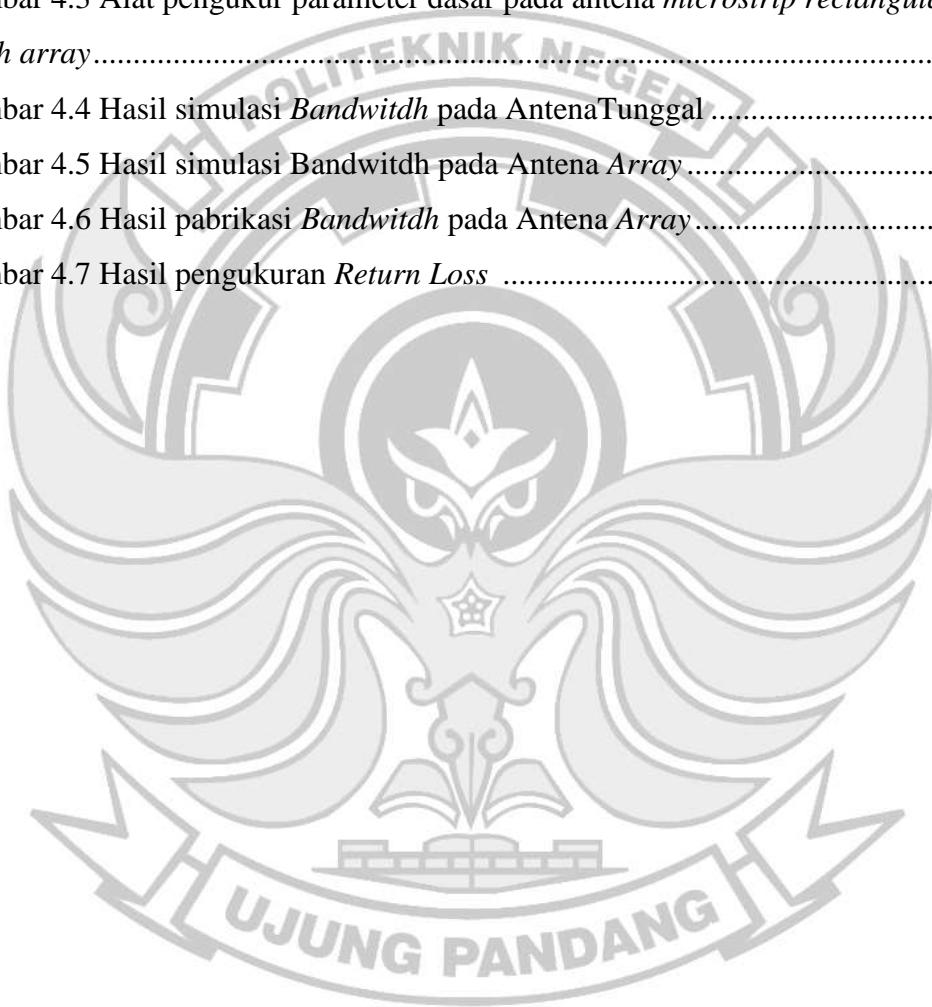
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat dan bahan	21
Tabel 3.2 Spesifikasi antena.....	23
Tabel 3.3 Dimensi antena tuggal <i>microstrip</i>	29
Tabel 3.4 Dimensi antena <i>array microstrip</i>	29
Tabel 4.1 Tabel Perbandingan Antara Pengukuran Simulasi HFSS dengan Pengukuran Pabrikasi Antena <i>Microstrip Rectangular Patch Array</i> 2300MHz pada parameter VSWR dan Return Loss	41
Tabel 4.2 Hasil pengukuran impedansi pada antena <i>Microstrip Rectangular Patch Array</i> 2300 MHz	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi defenisi antena.....	4
Gambar 2.2 Struktur dasar antena <i>micostrip</i>	6
Gambar 2.3 Ragam-ragam bentuk antena <i>microstrip</i>	7
Gambar 2.4 Susunan parallel	10
Gambar 2.5 Susunan bidang atau planar.....	11
Gambar 2.6 Susunan seri.....	11
Gambar 2.7 Metode pencatuan <i>patch</i> antena <i>microstrip</i>	12
Gambar 2.8 Metode pencatuan <i>patch</i> antena <i>microstrip</i>	13
Gambar 2.9 Rentang frekuensi yang menjadi <i>bandwidth</i>	17
Gambar 3.1 Diagram alir <i>flowchart</i>	22
Gambar 3.2 Tampilan <i>microstrip patch</i> antena <i>calculator</i>	26
Gambar 3.3 Tampilan <i>microstrip line calculator</i>	28
Gambar 3.4 Desain antena tunggal pada <i>software HFSS</i>	30
Gambar 3.5 Ukuran antena tunggal pada <i>software CorelDRAW</i>	31
Gambar 3.6 VSWR antena tunggal pada <i>software HFSS</i>	31
Gambar 3.7 <i>Return loss</i> antena tunggal pada <i>software HFSS</i>	31
Gambar 3.8 <i>Gain</i> antena tunggal pada <i>software HFSS</i>	32
Gambar 3.9 Direktivitas antena tunggal pada <i>software HFSS</i>	32
Gambar 3.10 Desain antena <i>array</i> pada <i>software HFSS</i>	32
Gambar 3.11 Ukuran antena <i>array</i> pada <i>software CorelDRAW</i>	33
Gambar 3.12 VSWR antena <i>array</i> pada <i>software HFSS</i>	33
Gambar 3.13 <i>Return loss</i> antena <i>array</i> pada <i>software HFSS</i>	33
Gambar 3.14 <i>Gain</i> antena <i>array</i> pada <i>software HFSS</i>	34
Gambar 3.15 Direktivitas antena <i>array</i> pada <i>software HFSS</i>	34
Gambar 3.16 Pengecatan sisi bagian belakang PCB	35
Gambar 3.17 Menyetrika sisi bagian depan PCB	36
Gambar 3.18 Larutan H ₂ O, H ₂ O ₂ dan HCL	36
Gambar 3.19 Proses pelarutan PCB	36
Gambar 3.20 Proses penyolderan.....	37

Gambar 3.21 Hasil pabrikasi antena tunggal tampak sisi depan.....	37
Gambar 3.22 Hasil pabrikasi antena tunggal tampak sisi belakang.....	38
Gambar 3.23 Hasil pabrikasi antena <i>array</i> tampak sisi depan.....	38
Gambar 3.24 Hasil pabrikasi antena <i>array</i> tampak sisi belakang.....	38
Gambar 4.1 Blok diagram pengukuran menggunakan VNA	40
Gambar 4.2 Blok diagram pengukuran <i>gain</i>	42
Gambar 4.3 Alat pengukur parameter dasar pada antena <i>microstrip rectangular patch array</i>	43
Gambar 4.4 Hasil simulasi <i>Bandwidth</i> pada AntenaTunggal	44
Gambar 4.5 Hasil simulasi Bandwidth pada Antena <i>Array</i>	45
Gambar 4.6 Hasil pabrikasi <i>Bandwidth</i> pada Antena <i>Array</i>	45
Gambar 4.7 Hasil pengukuran <i>Return Loss</i>	46



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Permohonan Penelitian.....	53
Lampiran 2. Lembar Catatan Asistensi	54
Lampiran 3. Lembar Revisi Tugas Akhir	55
Lampiran 4. Perhitungan Dimensi Menggunakan <i>Calculator Emtalk</i>	56
Lampiran 5. Hasil Simulasi Menggunakan <i>Software Ansys HFSS</i>	60
Lampiran 6. Membuat Desain Menggunakan <i>Software CorelDRAW</i>	61
Lampiran 7. Dokumentasi Kegiatan Pabrikasi.....	62
Lampiran 8. Hasil Pengukuran	63



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dini Ahriyani

NIM : 32220002

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Antena *Array 5G Berbasis Microstrip*” merupakan gagasan dari hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

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

Jika pernyataan tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 16 Agustus 2023



Dini Ahriyani

32220002

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Risky Ramadhani

NIM : 32220009

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Antena *Array 5G Berbasis Microstrip*” merupakan gagasan dari hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

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

Jika pernyataan tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 16 Agustus 2023



Risky Ramadhani

32220009



RANCANG BANGUN ANTENA ARRAY 5G BERBASIS MIKROSTRIP

RINGKASAN

Dini Ahriyani / Risky Ramadhani 2023. Rancang Bangun Antena *Array 5G* Berbasis *Microstrip*, Laporan Tugas Akhir, Program Studi Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pembimbing Sulwan Dase, S.T., M.T., dan Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D.

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 *microstrip*.

Kegiatan ini dilakukan untuk merancang antena *array* berbasis *microstrip* dengan frekuensi kerja 2300 MHz. Untuk perancangan ini, patch yang digunakan adalah bentuk *rectangular*, dengan metode *array*. Dapat diketahui bahwa beberapa kelemahan dari antena *microstrip* yaitu memiliki *bandwidth* yang sempit dan *gain* yang agak rendah. Maka dari itu untuk mengatasi *gain* yang rendah dan *bandwidth* yang sempit, patch akan disusun secara *array* untuk meningkatkan *gain* dan lebar *bandwidth* pada suatu antena.

Dalam proyek akhir ini telah dihasilkan sebuah antena *array 5G* berbasis *microstrip* dengan frekuensi kerja 2300 MHz. Untuk hasil simulasi pada frekuensi 2300 MHz diperoleh nilai VSWR sebesar 1,0887, *Return Loss* sebesar -27,4404 dB, Impedansi Input 50Ω , dan *bandwidth* sebesar 32 MHz. Dimana Antena *Array Microstrip* yang dirancang memiliki pola radiasi *unidirectional* dan nilai *gain* simulasi sebesar 8,8 dB. Sedangkan untuk hasil pengukuran Antena *Array* pada frekuensi 2360 MHz dengan nilai VSWR yaitu sebesar 1.01, *Return Loss* yaitu sebesar -35,87 dB, Impedansi Input yaitu sebesar $47,61 \Omega$, dan *bandwidth* yaitu sebesar 40 MHz.

Kata Kunci: VSWR, *Return Loss*, *Bandwidth*, *Gain* dan Impedansi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak tahun 2020 pemerintah Indonesia telah mengimplementasikan jaringan telepon selular generasi ke 5 (5G) secara terbatas. Keputusan itu dituangkan dalam Keputusan Menteri Komunikasi dan Informatika RI No 183/HM/KOMINFO/05/2021. Dalam konferensi pers, Komunikasi dan Informatika menjelaskan beberapa ketentuan teknis yang berkaitan dengan pita frekuensi kerja untuk 5G di Indonesia yaitu pada frekuensi 2300 MHz di Indonesia dari Media Center Kementerian Kominfo, Jakarta, Senin (24/05/2021).

Teknologi 5G tentu muncul karena teknologi sebelumnya (4G) memiliki keterbatasan atau kekurangan salah satunya dalam kemampuan kecepatan akses, berdasar pada keterbatasan 4G memicu pengembangan kegenerasi selanjutnya yaitu 5G. Teknologi 5G tentunya bertujuan untuk meningkatkan kemampuan dari generasi selanjutnya.

Teknologi saat ini membutuhkan peralatan-peralatan pendukung seperti antena, radio, tv, komputer, *wireless* atau *Wi-Fi*, *webcam*, *integrated service digital network* (ISDN), faksimili, serat optik, *leased line*, telepon dan *barcode reader* (pembaca *barcode*). Salah satu diantaranya yang sangat dibutuhkan saat ini adalah perangkat pendukung antena.

Antena saat ini dapat mempermudah masyarakat untuk mampu mengakses dan menikmati teknologi 5G, karena ini adalah teknologi baru maka jarang ditemukan dipasaran yang sama dengan frekuensi kerja 5G di indonesia. Salah satu jenis antena tersebut adalah antena *microstrip*. Antena *microstrip* memiliki kelebihan, diantaranya bentuk dan ukuran dimensi antenanya lebih kecil, kompak, desain yang ringkas dan sederhana, harga produksinya lebih murah dan mampu memberikan unjuk kerja (*performance*) yang cukup baik. Namun gain dari *microstrip* antena masih jauh dari persyaratan kebutuhan, sehingga membutuhkan gain yang lebih besar lagi.

Untuk meningkatkan nilai penguatan antena *microstrip* dapat dilakukan dengan menggunakan metode *array*. Metode *array* dilakukan dengan cara menyusun antena *microstrip* menjadi beberapa *patch* yang dihubungkan dengan saluran pencatu (*microstrip line*). Penyusunan antena secara *array* dapat meningkatkan *gain* dan direktivitas dari suatu antena, sehingga arah pancar antena menjadi lebih terarah. Hal ini sangat diperlukan pada teknologi 5G.

Berdasarkan hal ini, penulis mengangkat judul “*Rancang Bangun Antena Array 5G Berbasis Microstrip*” dimana penulis akan melakukan perancangan antena *microstrip* dengan metode *array* untuk meningkatkan gain dan nilai *bandwidth* sehingga dapat digunakan untuk kepentingan komunikasi pada teknologi 5G di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

- 1) Bagaimana rancang bangun Antena *Array 5G Berbasis Microstrip* yang bekerja pada frekuensi 2300 MHz dengan konfigurasi 1 x 4 Elemen?
- 2) Bagaimana cara meningkatkan nilai *gain* dan *bandwidth* pada suatu antena?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1) Diperoleh sebuah prototype Antena *Array 5G Berbasis Microstrip* yang bekerja pada frekuensi 2300 MHz dengan konfigurasi 1 x 4 Elemen
- 2) Untuk mengetahui cara meningkatkan nilai *gain* dan *bandwidth* pada suatu antena.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penulisan pada *Rancang Bangun Antena Array 5G Berbasis Microstrip* yaitu sebagai berikut:

- 1) Bahan yang digunakan untuk pembuatan antena ini adalah PCB (*Printed circuit board*) jenis Epoxy FR4 *doublelayer*.
- 2) Jenis antena yang digunakan berupa antena *microstrip rectanguler patch*.
- 3) Membandingkan hasil simulasi dan analisis hasil pengukuran pabrikasi.
- 4) Parameter yang diukur adalah *VSWR*, *bandwidth*, *return loss*, direktivitas

dan *gain*.

- 5) Spesifikasi antena yang direncanakan sebagai berikut:

Desaian antena: 1x4 Elemen *Microstrip*

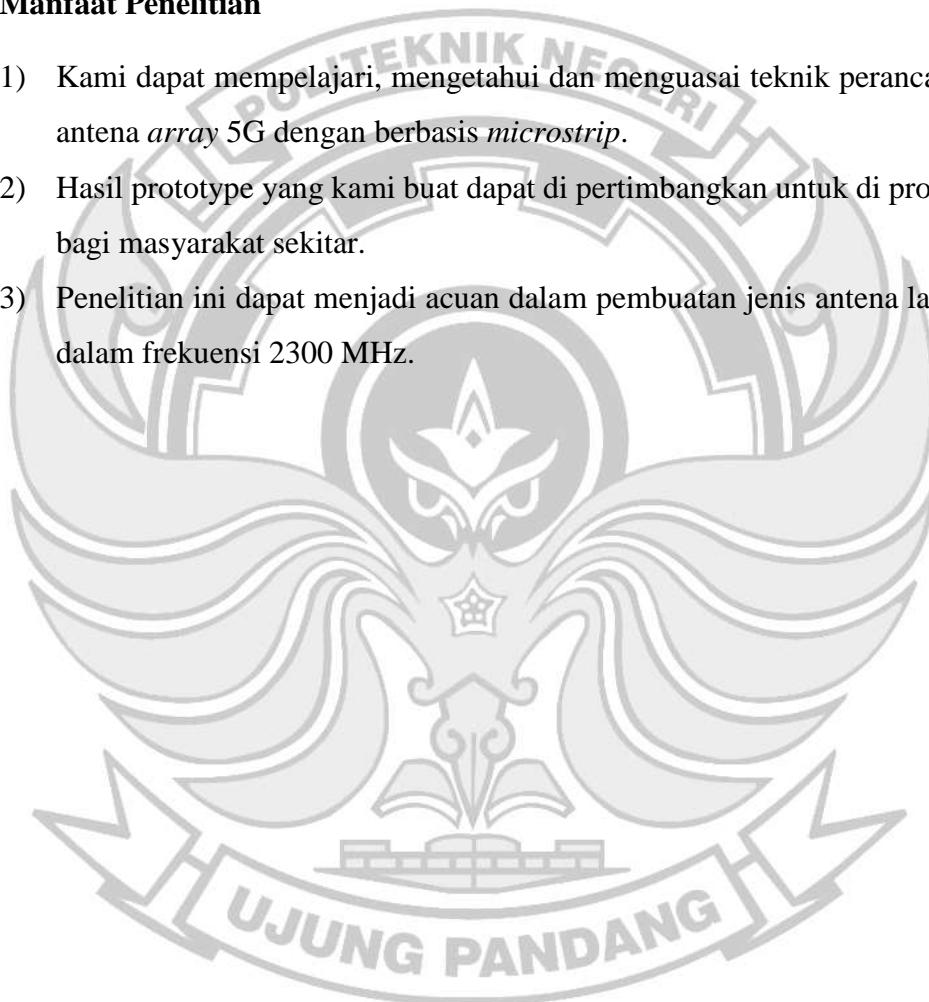
Jenis antena: *Microstrip Rectanguler Patch*

Sususnan konfigurasi: Parallel

Frekuensi kerja : 2300 MHz

1.5 Manfaat Penelitian

- 1) Kami dapat mempelajari, mengetahui dan menguasai teknik perancangan antena *array 5G* dengan berbasis *microstrip*.
- 2) Hasil prototype yang kami buat dapat di pertimbangkan untuk di produksi bagi masyarakat sekitar.
- 3) Penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pembuatan jenis antena lainnya dalam frekuensi 2300 MHz.

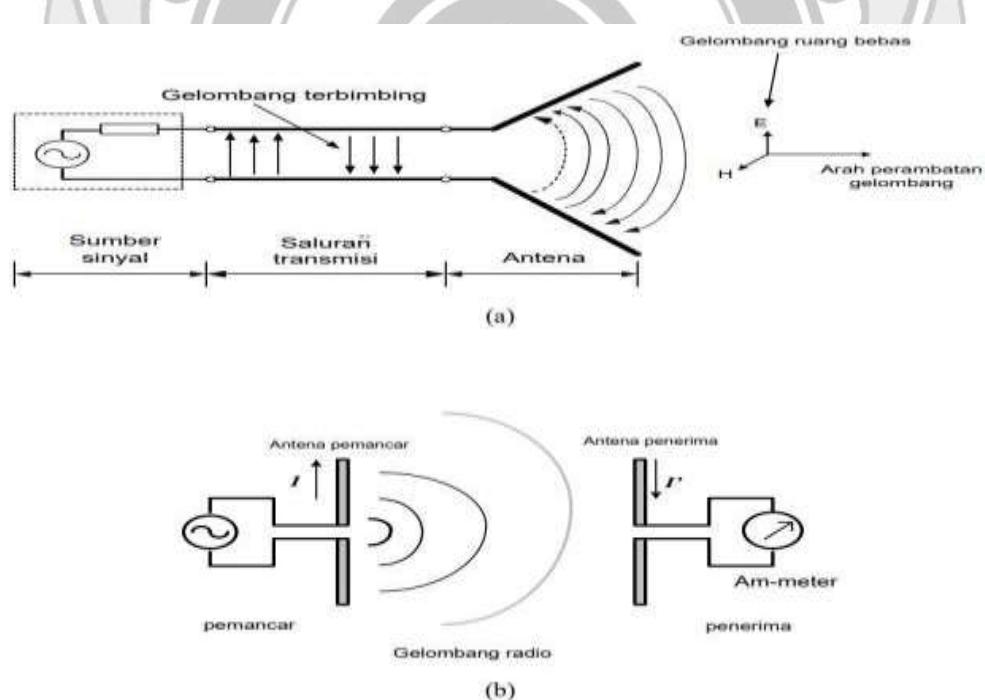


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teknologi 5G

Teknologi 5G atau jaringan 5G ini adalah inovasi yang dikeluarkan di bidang jaringan, teknologi ini masih menggunakan gelombang radio yang terbagi menjadi beberapa frekuensi yang terdapat perbedaannya masing-masing jaringannya. 5G ini mempunyai keunikan dimana dalam transfer data bisa mencapai hingga 800 Gbps dimana mungkin dalam hitungan detik kita bisa melakukan pertukaran data dengan lebih cepat. Teknologi generasi ke 5 disebut juga dengan NR atau *New Radio* atau bisa diartikan dengan gelombang radio baru.

2.2 Antena



Gambar 2. 2 Ilustrasi defenisi antena
(Sumber : Dase, Sulwan. 2022. *Antena dan Propagasi Gelombang Radio*)

Antena adalah sebuah komponen yang dirancang untuk dapat mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik kemudian memancarkan ke ruang bebas atau sebaliknya yaitu menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas dan mengubahnya menjadi sinyal listrik.

Antena adalah “sebuah perangkat pada pemancar dan penerima radio yang berfungsi untuk meradiasikan gelombang radio ke ruang bebas atau menerima gelombang radio dari ruang bebas dan merupakan struktur transisi antara gelombang terbimbing dalam saluran transmisi dengan gelombang ruang bebas” (Dase, 2022:6). Gambar 2.1, memperlihatkan ilustrasi dari definisi tersebut.

Pada umumnya antena terdiri dari elemen atau susunan bahan logam yang terhubung dengan saluran transmisi dari pemancar maupun penerima yang berkaitan dengan gelombang elektromagnetik.

2.3 Susunan Antena (*Antenna Array*)

Antena *array* adalah antena *array* yang susunan geometris elemen-elemen antenanya ada pada bidang datar yang salin berhubungan dan diatur dalam struktur yang teratur dan membentuk menjadi satu antena. Pada *array* memiliki kelebihan dalam pengaturan dan pengendalian arah pola radiasi serta meningkatkan nilai *gain*.

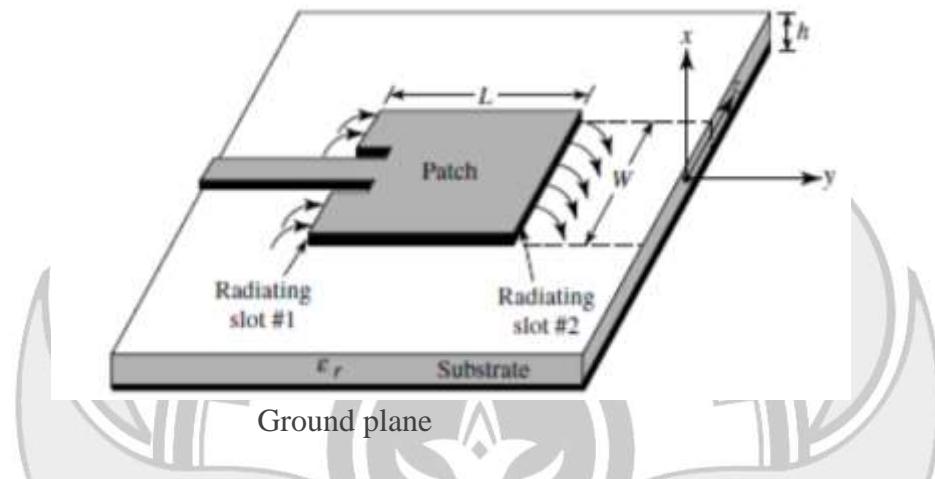
Antena *array* pada umumnya tersusun atas beberapa elemen peradiasi berupa susunan geometri dengan metode susunan tertentu sehingga didapatkan pola radiasi yang diinginkan. Tujuan utama dibuat konfigurasi *array* adalah untuk meningkatkan efisiensi, direktivitas, *bandwidth* dan *gain* dari antena. Dipandang dari segi besar arus catuan, maka dapat digolongkan menjadi *uniform* dan *non uniform*. Disebut susunan *uniform* ketika besar arus baik *magnitudo* dan fasa catuan dari tiap elemen adalah sama. Susunan *uniform* memiliki karakteristik *narrow main beam* dan *side lobe* besar. Disisi lain, susunan *non uniform* dengan besar catuan arus tiap elemen berbeda memberikan kontibusi level *side lobe* yang lebih kecil.

2.4 Antena *Microstrip*

Antena *microstrip* sudah banyak digunakan mulai dari tahun 1970-an. Antena *microstrip* merupakan sebuah 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 lainnya, seperti *IC*, rangkaian aktif, dan rangkaian pasif. Antena ini dapat diaplikasikan pada berbagai kegunaan, seperti komunikasi satelit, komunikasi radar, militer, dan aplikasi bergerak (*mobile*).

Antena *microstrip* tersusun dari 3 lapisan elemen yaitu *patch*, substrat, dan *groundplane*.



Gambar 2.2 Struktur dasar antena *microstrip*

(Sumber : Balanis, C. A. Antenna Theory Analysis and Design)

1. Patch

Patch merupakan elemen antena *microstrip* yang posisinya terletak di paling atas. *Patch* berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik hingga menyebar kedalam substrat.

2. Substrat

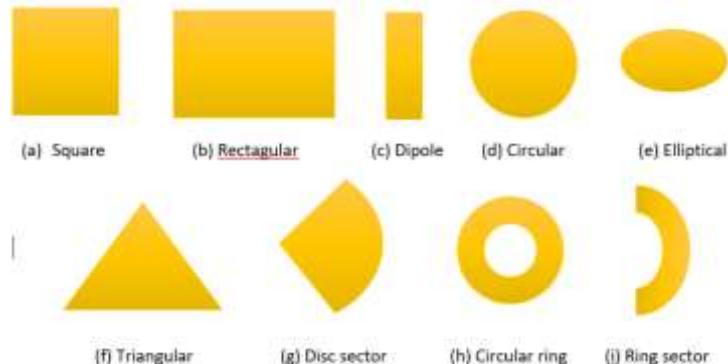
Substrat merupakan media perantara antara elemen *patch* dan *groundplane* (Garget al, 2001). Substrat terbuat dari material dielektrik yang memiliki nilai permitivitas relatif (ϵ_r).

3. *Groundplane*

Groundplane merupakan elemen antena *microstrip* yang posisinya terletak di paling bawah. Berfungsi sebagai bidang pemantul energi melalui substrat menuju ke udara. *Groundplane* biasanya terbuat dari bahan konduktor sama seperti *patch* (Garget al, 2001).

Ada berbagai macam bentuk elemen peradiasi yang diantaranya adalah bentuk persegi, persegi panjang(*rectangular*), garis tipis (*dipole*), lingkaran,

elips, segitiga. Berbagai bentuk antena *microstrip* dapat dilihat pada Gambar 2.3 dibawah ini:



Gambar 2.3 Ragam-ragam bentuk antena *microstrip*

Patch mempunyai berbagai konfigurasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Namun, *patch* persegi panjang(*rectangular*) dan lingkaran (*circular*), yang paling populer karena kemudahan analisis dan pabrikasi, dan radiasi karakteristik yang menarik, terutama radiasi *cross-polarization*.

2.4.1 Kelebihan dan Kekurangan Antena *Microstrip*

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 pabrikasi 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 penyesuai impedansi (*matching network*) antara saluran transmisi dengan impedansi antena dapat dibuat dengan mudah.

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

1. *Bandwidth* sempit (2~3%).
2. Direktivitas (*directivity*) $\cong 6\text{dBi}$; efisiensi $\cong 50\text{ gain}$ 2~3 dBi.
3. Terdapat rugi *ohmic* 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 penyesuaikan impedansi (*matching network*) dan dari setiap titik persambungan.
8. Pembebanan daya pancar ke antena relatif rendah ($\cong 100\text{ W}$).
9. Tidak dapat dihindari terjadinya penurunan *gain* dan efisiensi akibat polarisasi silang dan kopling timbal balik antar antena padasusunan antena difrekuensi tinggi.
10. Terdapat eksitasi gelombang permukaan (*surface waves*).
11. Antena *microstrip* 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.

2.4.2 Antena *Microstrip Rectangular Patch*

Antena *microstrip rectangular patch* adalah antena *microstrip* yang mempunyai bentuk *patch* berupa persegi panjang (*rectangle*). Mempunyai dimensi ukuran panjang (L), lebar (W) dan tebal (t). Antena *microstrip rectangular patch* paling banyak digunakan dalam perancangan karena ketebalan substrat jauh lebih tipis dari pada panjang gelombang.

$$fr = \frac{c}{2(L+2\Delta L)\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{Hz}) \quad (2.1)$$

Keterangan:

c = kecepatan cahaya ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

L = panjang *patch*

ΔL = perpanjangan *patch* akibat medan limpahan (*fringing fields*)

ϵ_e = permitivitas efektif dari *microstrip*

Prosedur perhitungan parameter antena *microstrip* persegi panjang dilakukan sebagai berikut:

1. Menghitung lebar *patch* (W) menggunakan persamaan dibawah ini:

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

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 $0.05 \leq \frac{W}{h} \leq 20$ 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 baru sebagai berikut,

$$F = \begin{cases} \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} & + 0.04 \left(1 - \frac{W}{h} \right)^2, \frac{W}{h} < 1 \\ \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} & \frac{W}{h} \geq 1 \end{cases} \quad (2.3c)$$

(W adalah lebar *patch* pada antena persegi panjang dan h adalah tebal substrat PCB).

3. Hitung panjang efektif *patch* dengan persamaan,

$$L_{eff} = \frac{c}{2fr} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_e}} \quad (2.4)$$

4. Menghitung kelebihan panjang *patch*, akibat efek *fringing fields*, ΔL .

Hammerstad memberikan persamaan pendekatan sebagai berikut,

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_e + 0.3)(\frac{W}{h} + 0.264)}{(\epsilon_e - 0.258)(\frac{W}{h} + 0.813)} \quad (2.5)$$

5. Menghitung panjang aktual (L) *patch* antena adalah,

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (2.6)$$

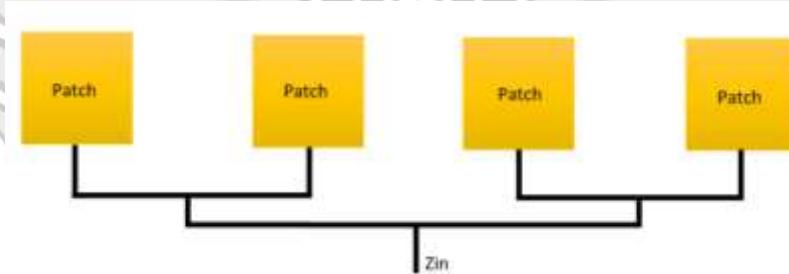
6. Panjang *ground plane*, $L_g = 2 \times L$ (*panjang patch antena*) (2.7a)

7. Lebar *ground plane*, $W_g = 2 \times W$ (*lebar patch antena*) (2.7b)

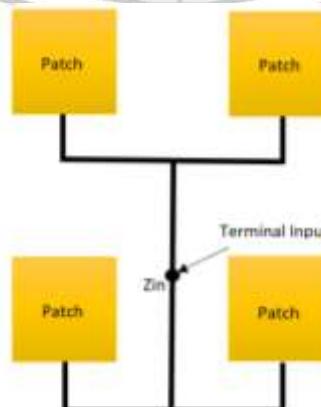
Untuk meningkatkan nilai penguatan antena *microstrip* dapat dilakukan dengan menggunakan metode *array*. Metode *array* dilakukan dengan cara menyusun antena *microstrip* menjadi beberapa *patch* yang dihubungkan dengan saluran pencatu (*microstrip line*).

2.5 Susunan Antena *Microstrip Rectangular*

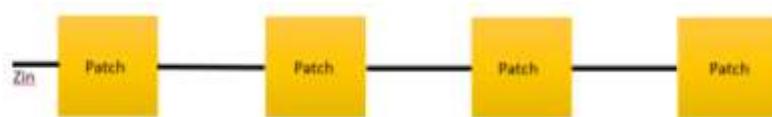
Sebuah susunan *microstrip* (*microstrip array*) adalah integrasi dari elemen antena *microstrip* dengan jaringan catu *microstrip* (*microstrip feed network*) yang terdiri dari pembagi daya (*power dividers*), jalur transmisi (*transmission lines*), saluran fasa (*phase lines*), dan komponen aktif, dan lain lain (Munson, 1993). Dari segi konfigurasi, antena dapat disusun dalam bentuk susunan seri, parallel atau kombinasi dari keduanya.



Gambar 2.4 Susunan parallel



Gambar 2.5 Susunan bidang atau planar



Gambar 2.6 Susunan seri

Prosedur desain susunan antena *microstrip* distribusi arus dan fasa seragam. Dimisalkan spasi antara antena berdekatan adalah $\lambda/2$. Penyesuai impedansi menggunakan stub saluran transmisi *microstrip-line transformator* $\lambda/4$.

- 1) Tentukanlah frekuensi resonansi antena (fr) dan konstanta dielektrik PCB (ϵ_r).
- 2) Hitung impedansi input antena Zin . Nilai Zin ditentukan oleh pencatuan yang digunakan. Untuk antena tunggal, umumnya $Zin = 50$ ohm.
- 3) Disarankan agar transformasi impedansi dilakukan secara bertahap. Perlu diperhatikan besaran nilai Zt agar lebar saluran ($W_1, W_2, W_n, \dots W_n$) tidak terlalu tipis untuk menyalurkan daya relatif besar.
- 4) Agar *microstrip-line* cukup lebar maka sedapatnya diatur agar nilai Zt berkisar 5-50 ohm.
- 5) Saluran transmisi sepanjang $\lambda/2$ atau kelipatannya tidak akan mengubah nilai impedansi beban yang terkoneksi dengannya.

Atur jarak antara antena yang bersebelahan sejauh $\lambda/2$ untuk memperkecil *mutual* impedansi yang terjadi antara dua antena yang berdekatan.

2.6 Metode Pencatuan Antena *Microstrip Rectangular Patch*

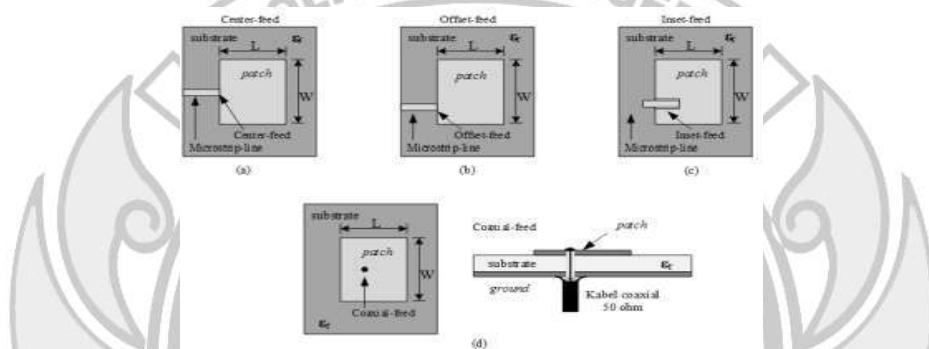
Metode dan teknik pengumpaman/pencatuan (*feed*) ke antena *microstrip rectangular patch* untuk meningkatkan *bandwidth*, *gain*, pola radiasi, polarisasi dan parameter lainnya. Secara garis besar, terdapat dua metode pencatuan ke *patch* antena *microstrip* yaitu dengan metode (Dase, Sulwan. 2022. Antena dan Propoagasi):

- 1) *contacting*: daya RF dicatuh langsung secara fisik ke *patch* peradiasi menggunakan sebuah elemen salutran transmisi seperti saluran transmisi *microstrip* atau saluran transmisi *coaxial*.

2) *non-contacting*: digunakan metode kopling elektromagnetik untuk mentransfer daya RF dari saluran transmisi ke elemen peradiasi (antena)

Beberapa cara pencatuan dengan metode *contacting* berdasarkan lokasi titik catu, yaitu (Dase, Sulwan. 2022. Antena dan Propagasi):

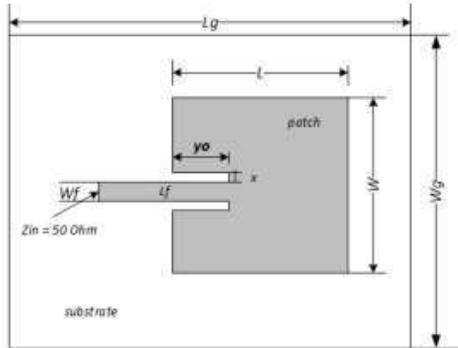
- 1) Pencatuan ujung tepi *patch* antena *microstrip* (*offset-feed*)
- 2) Pencatuan di tengah (*center-feed*): saluran transmisi dicatuh kebagian tengah *patch* antena *microstrip* pada salah satu sisi tepi *patch*.
- 3) Pencatuan masuk kedalam *patch* (*inset-feed*)



Gambar 2.7 Metode pencatuan *patch* antena *microstrip*
(Sumber: Dase, Sulwan. 2022. Antena dan Propagasi)

2.7 Teknik Pencatuan dengan Metode *Inset-Fed*

Pencatuan dengan metode *Inset-fed* diperlihatkan seperti Gambar 2.9. Saluran *microstrip* (L_f) dengan panjang seperempat panjang gelombang ($\lambda/4$) dijadikan sebagai pengumpan. Bagian yang terhubung ke *patch* antena, sebagian masuk kedalam (*inset*) *patch* antena sejauh y_0 . Terdapat celah antara saluran transmisi yang masuk kedalam *patch* dengan *patch* antena sebesar x (biasanya 1 mm). Secara praktis, posisi sejauh y_0 dari tepi, impedansi antena bernilai 50 ohm.



Gambar 2.8 Metode pencatuan *patch* antena *microstrip*
(Sumber : Dase, Sulwan. 2022. Antena dan Propagasi)

Impedansi antena akan bervariasi terhadap posisi titik pencatuan. Penelitian Samaras menunjukkan bahwa impedansi antena *microstrip* persegi berkisar 41 – 158 ohm untuk pemodelan TLM pada posisi *fed-point* yang berbeda merujuk ke- tepi antena. Oleh karena impedansi antena dititik catu yang berjarak y_0 dari tepi antena adalah 50 ohm, maka impedansi karakteristik saluran *microstrip* dirancang pula bernilai sebesar 50 ohm (Dase, Sulwan. 2022. Antena dan Propagasi). Untuk mempertahankan nilai impedansi 50 ohm, maka panjang saluran *microstrip-line* (L_f) adalah $\lambda_g/2$ atau kelipatannya.

Perhitungan jarak *inset-fed* dari tepi *patch* (o), dihitung dengan persamaan Ramesh (Ramesh, M. 2003) sebagai berikut:

$$y_0 = \frac{1}{2} X 10^{-4} (0,001699 \varepsilon_r 7 + 0,13761 \varepsilon_r 6 - 6,1783 \varepsilon_r 5 + 93,187 \varepsilon_r 4 - 682,69 \varepsilon_r 3 + 2561,9 \varepsilon_r 2 - 4043 \varepsilon_r + 6697) \quad 2 \leq \varepsilon_r \leq 10 \quad (2.8)$$

Lebar saluran transmisi, W_f dihitung dengan persamaan berikut,

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

$$B = \frac{377 \times \pi}{2Z_0 \sqrt{\varepsilon_r}} \quad (2.9)$$

Dimana, $Z_0 = 50$ ohm.

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

saluran *microstrip-line* sepanjang,

$$Lf = n \frac{\lambda g}{2}, n = 1, 2, 3 \dots \quad (2.10)$$

2.8 Parameter Umum Antena

Kinerja suatu antena dapat dilihat dari nilai parameter-parameter antena tersebut. Parameter-parameter antena yang biasanya digunakan untuk menganalisis suatu antenna adalah impedansi masukan, VSWR, *return loss*, *bandwidth*, dan pola radiasi. Sebagian parameter ini saling berhubungan satu dengan yang lainnya.

2.8.1 Impedansi Masukan

Impedansi masukan adalah perbandingan (*ratio*) antara tegangan dan arus. Impedansi masukan ini bervariasi untuk nilai posisi tertentu. Impedansi masukan, Z_{in} terdiri dari dua bagian real (R_{in}) dan bagian imajiner (X_{in}).

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} \Omega \quad (2.11)$$

Resistansi masukan (R_{in}) mewakili disipasi yang terjadi karena dua hal. Pertama karena daya yang meninggalkan antena dan tidak kembali lagi (radiasi), yang kedua karena rugi-rugi ohmic yang terkait dengan panas pada struktur antena. Namun pada banyak antena, rugi-rugi *ohmic* sangat kecil bila dibandingkan dengan rugi-rugi akibat radiasi. Komponen *imajiner* (X_{in}) mewakili *reaktansi* dari antena dan daya yang tersimpan pada medan dekat antena. Kondisi matching harus sedemikian rupa sehingga mendekati $50+j0 \Omega$. Sedangkan karakteristik impedansi saluran (Z_0) berhubungan dengan tegangan dan arus pada setiap gelombang.

$$Z_0 = \frac{377.h}{w.\epsilon_r} \quad (2.12)$$

Atau dengan persamaan yang dapat memberikan ketelitian lebih besar ($\pm 5\%$)

$$Z_0 = \frac{377 \cdot h}{w \cdot \epsilon_r} \left[\frac{1}{1 + 1.735 \cdot \epsilon_r^{-0.724} \left(\frac{w}{h} \right)^{-0.836}} \right] \quad (2.13)$$

2.8.2 VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Perbandingan antarategangan yang direfleksikan dengan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ), yaitu :

VSWR merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$). *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), yang dapat dinyatakan seperti pada persamaan berikut (Pozar, 2001):

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.14)$$

di mana Z_L adalah impedansi beban (*load*) dan Z_0 adalah impedansi saluran *lossless*. Koefisien refleksi tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks, yang merepresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian imajiner dari Γ adalah nol, maka :

- $\Gamma = -1$: refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat
- $\Gamma = 0$: tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan matched sempurna.
- $\Gamma = +1$: refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka.

Rumus untuk mencari nilai VSWR adalah:

$$S = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2.15)$$

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ($S=1$) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna.

Namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu, nilai standar VSWR yang diizinkan untuk fabrikasi antena adalah $VSWR \leq 2$.

dimana:

$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}}$ perbandingan gelombang tegangan berdiri

V_{max} = tegangan maximum

V_{min} = tegangan minimum

Γ = koefisien refleksi

2.8.3 Gain

Gain merupakan perbandingan daya pancar suatu antena terhadap daya pancar antena referensi. *Gain* menentukan seberapa besar sebuah antena memfokuskan energi pancarnya.

$$G(\text{dB}) = 20 \log \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right) + 10 \log \left(\frac{P_r}{P_t} \right) \quad (2.16)$$

dimana:

G = penguatan (*gain*)

R = efisiensi jarak pisah antara pemancar dan penerima (meter)

λ = panjang gelombang pada frekuensi yang digunakan (meter)

P_t = daya pengirim (watt)

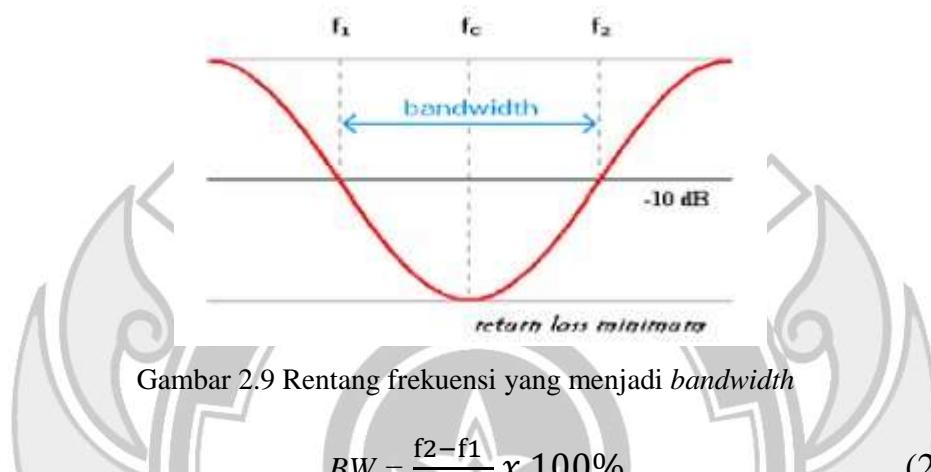
P_r = daya penerima (watt)

Gain antena (G_t) dapat dihitung dengan menggunakan antena lain sebagai antena standar atau sudah memiliki *gain* yang standar (G_s) dengan membandingkan daya yang diterima antara antena standar (P_s) dan antena yang diukur (P_t) dari antena pemancar yang sama dengan daya yang sama.

2.8.4 Bandwidth

Bandwidth dari antena didefinisikan sebagai "rentang frekuensi kinerja antena, dengan beberapa karakteristik, sesuai dengan yang ditentukan oleh standart". *Bandwidth* dapat dianggap sebagai rentang frekuensi, dari frekuensi terendah sampai frekuensi tertinggi antena bisa bekerja, di mana

karakteristik antena (seperti input impedansi, *bandwidth*, polarisasi, *gain*) berada dalam nilai yang dapat diterima oleh orang-orang di pusat frekuensi. Untuk antena *broadband*, *bandwidth* biasanya dinyatakan sebagai rasio frekuensi paling atas (*upper*) dengan frekuensi bawah (*lower*). Sedangkan untuk *narrowband* antena, maka lebar bidang antena dinyatakan sebagai persentase dari selisih frekuensi di atas frekuensi tengah dari lebar bidang.



$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2.17)$$

dimana :

f_2 = frekuensi tertinggi (Hz)

f_1 = frekuensi terendah (Hz)

f_c = frekuensi tengah (Hz)

2.8.5 *Return Loss*

Return loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi karena adanya diskontinuitas di antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*mismatched*), besarnya *return loss* bervariasi tergantung pada frekuensi seperti yang ditunjukkan oleh:

$$RL = 20 \log |\Gamma| \quad (2.18)$$

Nilai dari *return loss* yang baik adalah di bawah -9,54 dB, nilai ini diperoleh untuk nilai $VSWR \leq 2$ sehingga dapat dikatakan nilai gelombang

yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah *matching*. Nilai parameter ini menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antena sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak.

dimana :

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.

2.8.6 Direktivitas (Keterarahuan)

Diartikan sebagai “perbandingan dari intensitas radiasi ke suatu arah dari antena dengan rata-rata intensitas radiasi yang menyebar ke segala arah. Rata-rata intensitas radiasi ini sama dengan total daya yang diradiasikan antena yang dibagi dengan 4π ”(Pozar, 2001).

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi}{Prad} \quad (2.19)$$

dimana:

D = direktivitas

U_0 = intensitas radiasi sumber isotropik

U = intensitas radiasi maksimum

Prad = daya total radiasi

Jika arah tidak ditentukan, itu berarti arah intensitas radiasi maksimum(direktivitas maksimum) dinyatakan sebagai berikut:

$$D = D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{Prad} \quad (2.20)$$

dimana :

D = direktivitas

D_0 = direktivitas maksimum

U_{max} = intensitas radiasi maksimum

BAB V PENUTUP

1.1 Kesimpulan

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

1. Pada perancangan ini dibuat antena *microstrip* yang bekerja pada frekuensi 2300 MHz sebagai salah satu frekuensi untuk jaringan 5G di Indonesia. Untuk hasil simulasi pada saat penambahan patch membuat kinerja antena menjadi lebih baik, dari segi VSWR, *Return loss*, *bandwidth* dan *gain* dimana dengan adanya penambahan patch tersebut pada *bandwidth* terjadi peningkatan $\pm 1,3$ kali lipat dari *bandwidth* sebelum patch ditambahkan. Untuk *gain* juga mengalami peningkatan sebesar ± 4 kali lipat.
2. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh frekuensi kerja antena tepat pada frekuensi 2300 MHz dengan nilai sebesar 1,0887, *return loss* sebesar -27,4404 dB, dan impedansi input sebesar 50Ω . Sedangkan untuk hasil pengukuran pada frekuensi 2360 MHz dengan nilai VSWR sebesar 1,01, *return loss* sebesar -35,87 dB, dan impedansi input sebesar $47,61 \Omega$. Antena *microstrip* yang telah dibuat memiliki *bandwidth* sebesar 40 MHz yang bekerja pada rentang frekuensi 2300 MHz hingga 2390 MHz. Jika dilihat dari simulasi untuk frekuensi 2300 MHz diperoleh nilai VSWR yaitu ≤ 2 dan pada saat pengukuran untuk frekuensi 2360 nilai VSWR yang diperoleh yaitu ≤ 2 . Nilai *gain* pada simulasi diperoleh sebesar 8,8 dB. Pada pengukuran *gain* hanya dapat dilakukan secara simulasi pada aplikasi Ansys karena ruangan dan alat ukur yang tidak memadai untuk digunakan frekuensi 2300 MHz.

1.2 Saran

1. Pengukuran parameter antena seperti *gain* dapat dilakukan secara langsung menggunakan alat *spectrum analyzer* yang memadai sesuai dengan frekuensi kerja pada antena yang dirancang dan dapat diimplementasikan pada jaringan 5G secara langsung.

- Untuk pengukuran selanjutnya, antena *microstrip* ini dapat dikembangkan dengan penambahan patch atau bengan metode lainnya agar memperoleh spesifikasi antena yang lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Dase, S. (2022). *Antena dan Propagasi: Teori dan Praktik*. Penerbit Andi.
- Hadija, H., & Kalsum, U. (2018). *Rancang Bangun Antena 5g Microstrip Slot Empat Elemen Susunan Uniform* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Ujung Pandang).
- Darmawan, P. A., Nur, L. O., & Wijanto, H. (2018). Antena Mikrostrip Array $1\frac{1}{2}$ —4 Inset-fed Patch Persegi Untuk Wifi 2, 4 Ghz Access Point. *eProceedings of Engineering*, 5(1).
- Amin, H., & Rahayu, Y. (2018). Perancangan Antena Mikrostrip Circular Dual Band 28/38 GHz Dengan Metamaterial CSRR Untuk Jaringan Komunikasi 5G. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 5, 1-10.
- Moh Sentot, S. (2015). *Perancangan Antena Mikrostrip Pada Frekuensi 2, 3 Ghz Untuk Aplikasi LTE (Long Term Evolution)* (Doctoral dissertation, Universitas Darma Persada).
- Hendra, R. J., Rahayu, Y., & Safrianti, E. (2015). *Analisis antena mikrostrip array bentuk lingkaran dan persegi panjang menggunakan simulasi untuk aplikasi lte frekuensi 2.3 Ghz* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Salamah, K. S., & Amarullah, K. (2021). Perancangan Antena Mikrostrip Patch Segi Empat DualBand Dengan Pencatuan EMC (Electromagnetically Coupled) Pada Frekuensi 2.4 GHz Dan 5.8 GHz. *Jurnal Teknologi Elektro*, 12(3), 145-152.
- Alam, S., & Nugroho, R. F. (2018). Perancangan antena Mikrostrip Array 2x1 untuk meningkatkan gain untuk aplikasi LTE pada frekuensi 2.300 MHz. *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*.
- Hardiati, S., Wahyu, Y., & Oktafiani, F. (2011). Antena Array 4 Patch Mikrostrip Sirkular Pada Frekuensi 2300-2400 MHz. *Bandung: Peneliti Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET-LIPI)*.

- Ruliyanta, R., & Nugroho, E. R. (2021). Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Rectangular Array 4x1 pada Frekuensi 1800 MHz-2300 MHz. *Jurnal Ilmiah Giga*, 24(1), 35-43.
- Abbas, M., & Natsir, N. I. (2022). *Rancang Bangun Antena Mikrostrip 2x1 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Jaringan 5G* (Doctoral dissertation, Politeknik negeri Ujung Pandang).
- Nugraha, E. S., Ramdhani, I. J., & Goran, P. K. (2021). RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP RECTANGULAR DENGAN METODE FRACTAL SIERPINSKI UNTUK TEKNOLOGI LONG TERM EVOLUTION 2300 MHz. *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Terapan (e-Journal)*, 8(1), 934-944.
- wahyu Kirana, N. (2021). Desain dan Analisis Antena Mikrostrip Rectangular Dengan Slot ϵ \times ϵ Untuk Aplikasi WLAN 2, 4 GHZ. *Jurnal JE-UNISLA: Electronic Control, Telecommunication, Computer Information and Power System*, 6(1), 453-458.
- 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>, diakses pada 25 Desember 2022 pukul 10.50.