

SKRIPSI
RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP FREKUENSI
2.3 GHz UNTUK TEKNOLOGI 5G

Disusun dan diajukan oleh:

DEVI OKTAVIA RAHAYU
D041 18 1510



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP FREKUENSI 2.3 GHz
UNTUK TEKNOLOGI 5G**

Disusun dan diajukan oleh:

DEVI OKTAVIA RAHAYU

D041 18 1510

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 16 Agustus 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. IPM.
NIP. 19691026 199412 2 001

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

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T., IPM.
NIP. 19691026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Devi Oktavia Rahayu
NIM : D041181510
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP FREKUENSI 2.3 GHz UNTUK TEKNOLOGI 5G

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Makassar, 18 Agustus 2024

Yang Menvatakan

Devi Oktavia Rahayu

ABSTRAK

DEVI OKTAVIA RAHAYU. Rancang Bangun Antena Mikrostrip Frekuensi 2.3 GHz Untuk Teknologi 5G (dibimbing oleh Dewiani dan Merna Baharuddin)

Telekomunikasi di Indonesia telah berkembang pesat seiring dengan kebutuhan masyarakat yang terus meningkat. Meskipun teknologi yang banyak digunakan saat ini adalah 4G, namun teknologi 5G juga akan digunakan. Salah satu komponen teknologi komunikasi yang berpengaruh perkembangan teknologi 5G adalah antena mikrostrip yang berperan sebagai *transceiver*. Antena yang dirancang adalah antena mikrostrip MIMO 2x2 dengan metode penambahan slot berbentuk U pada frekuensi 2.3 GHz. Antena ini memiliki dimensi lebar patch sebesar 44 mm, Panjang patch sebesar 27.5 mm, lebar groundplane yaitu 120 mm dan panjangnya 110 mm. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengukur antena mikrostrip MIMO yang dapat bekerja pada frekuensi 2.3 GHz untuk teknologi 5G dan mengetahui pengaruh metode U-Slot serta menganalisis kinerja antena dengan parameter hasil simulasi dan hasil pengukuran. Antena difabrikasi menggunakan substrat FR-4 Epoxy kemudian parameter return loss dan VSWR diukur menggunakan Network Analyzer serta pola radiasi diukur di Anechoic Chamber. Didapatkan nilai parameter hasil simulasi return loss dari keempat port sebesar -18.87 dB. Nilai parameter VSWR untuk keempat port yaitu 1.25 dan Bandwidth sebesar 68 MHz. Sedangkan hasil pengukuran pada antena yang telah difabrikasi untuk parameter return loss pada port 1 yaitu -14.81 dB, port 2 yaitu -13.13 dB, port 3 yaitu -15.71 dB, dan port 4 yaitu -15.47 dB. Hasil pengukuran parameter VSWR pada port 1 sebesar 1.42, port 2 sebesar 1.22, port 3 sebesar 1.33, port 4 sebesar 1.36. Adapun nilai bandwidth pada antena 1 sebesar 50 MHz, port antena 2 sebesar 56 MHz, port antena 3 sebesar 53 MHz, port antena 4 sebesar 52 MHz. Penambahan metode U-slot menghasilkan bandwidth sebesar 68 MHz mengalami pelebaran bandwidth sebesar 47,83%. Untuk gain pada antena dengan U-Slot sebesar 2.03 dBi terjadi penurunan sebesar 23,30%.

Kata kunci : Antena Mikrostrip, MIMO, U-Slot, Teknologi 5G

ABSTRACT

DEVI OKTAVIA RAHAYU. Design Of 2.3 GHz Frequency Microstrip Antenna For 5G Technology (supervised by Dewiani and Merna Baharuddin)

Telecommunications in Indonesia have developed rapidly in line with the increasing needs of society. Although 4G technology is widely used, 5G technology will also be adopted. One of the key key component of communication technology influencing the development of 5G technology is the microstrip antenna as a transceiver. The antenna designed in this research is a 2x2 MIMO microstrip antenna with the addition of a U-shaped slot at 2.3 GHz frequency, using CST Studio 2019 software. The antenna has a patch width of 44 mm, a patch length of 27.5 mm, a groundplane width of 120 mm, and a length of 110 mm. This research aims to design and measure a MIMO microstrip antenna capable of operating at a frequency of 2.3 GHz for 5G technology, to understand the impact of the U-slot method, and to analyze the antenna's performance based on simulation and measurement parameters. Simulation results for the designed antenna show a return loss of -18 dB at ports 1, 2, 3, and 4. The VSWR value for all four ports is 1.25, and the bandwidth is 68 MHz. Meanwhile, measurements of the fabricated antenna show a return loss of -14.81 dB at port 1, -13.13 dB at port 2, -15.71 dB at port 3, and -15.47 dB at port 4. The measured VSWR values are 1.57 for port 1, 1.42 for port 2, 1.33 for port 3, and 1.36 for port 4. The bandwidth values are 50 MHz for port 1, 56 MHz for port 2, 53 MHz for port 3, and 52 MHz for port 4. The addition of the U-slot method results in a bandwidth of 68 MHz, an increase of 47.83%. However, the gain of the antenna with the U-slot is 2.03 dBi, indicating a decrease of 23.30%.

Keywords: Microstrip Antenna, MIMO, U-Slot, 5G

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada kehadiran Allah SWT. yang mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis. Sholawat dan salam untuk baginda Rasulullah SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan suri tauladan bagi seluruh umat di dunia yang patut di contoh dan di teladani oleh kita semua. Atas ridho Allah SWT penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO dengan frekuensi 2.3 GHz”.

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang-orang yang berpengalaman, dorongan, motivasi dan juga do'a orang-orang yang ada disekeliling penulis sehingga penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna. Selama proses persiapan, pengerjaan dan penyusunan tugas akhir ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis. Maka dengan segenap kerendahan dan ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, Basuki Santoso dan Andi Irawati serta kakak saya Muh. Wahyu Santoso yang telah mendo'akan, memberikan dukungan dan motivasi agar penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Eng. Dewiani, M.T. IPM. selaku Pembimbing I dan Ibu Dr. Merna Baharuddin, S.T., M.Tel.Eng., Ph.D. selaku Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, saran, dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Syafruddin Syarif, M.T. selaku Penguji I dan Bapak Ir. Samuel Panggalo, M.T. selaku Penguji II yang selalu memberikan saran, koreksi, dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak/Ibu dosen dan staff Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak memberikan ilmu yang tidak terbatas selama kuliah dan membantu untuk kelancaran proses penyusunan skripsi ini.

5. Seluruh teman-teman CAL18RATOR yang selalu berbagi cerita, kebahagiaan, waktu, dan kesedihan selama berproses menjadi mahasiswa.
6. Teman-teman Isnay, Yuyun, dan Adit yang telah menemani dan mendukung penulis selama proses penelitian.
7. Teman-teman *Together To Heaven* (TTH) yang telah menemani dan membantu penulis sejak maba.
8. Teman-teman SMA penulis yaitu Hikma, Zata, Haidir, Ekal, Marwa, Thifa, Arsyil, Dea dan Ima yang telah memberikan dukungan secara tidak langsung.
9. Dan semua pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap dengan adanya laporan tugas akhir yang dibuat ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca sebagai bahan referensi dalam membuat penelitian yang serupa nantinya.

Gowa, 5 Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Antena	5
2.2 Antena Mikrostrip.....	5
2.3 Parameter Kinerja Antena.....	9
2.4 Metode Penambahan Slot U.....	13
2.5 Metode MIMO	14
BAB III METODE PERANCANGAN DAN REALISASI.....	15
3.1 Perangkat yang Digunakan	15
3.2 Spesifikasi Antena	16
3.3 Diagram Alir Perancangan.....	17
3.4 Perancangan dan simulasi	19
3.5 Desain Antena	19
3.5.1 Perancangan Antena Mikrostrip	19
3.5.2 Perhitungan Ukuran Dimensi Antena Mikrostrip.....	20
3.5.3 Perhitungan Ukuran Saluran Pencatu	21
3.5.4 Desain Antena Menggunakan Software	22
3.6 Hasil Simulasi antena.....	22
3.7 Desain Akhir Antena.....	24
3.7.1 Hasil Simulasi Desain Akhir Antena.....	25
3.8 Pengaruh Penambahan U-Slot Pada Bandwidth dan Gain.....	30
BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....	32
4.1 Hasil Fabrikasi Antena	32
4.2 Pengukuran Antena.....	33
4.2.1 Hasil Pengukuran Return Loss Port Antena 1	34
4.2.2 Hasil Pengukuran VSWR Pada Port Antena	36
4.2.3 Hasil Pengukuran Pola Radiasi.....	39
4.3 Analisis Parameter Koefisien Korelasi	44
4.5 Analisis Kesalahan Pengukuran.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50

LAMPIRAN53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peran Antena di Sistem Komunikasi Nirkabel.....	5
Gambar 2 Bentuk Umum Antena Mikrostrip.....	6
Gambar 3 Bentuk patch antena	7
Gambar 4 Pola Radiasi Antena	9
Gambar 5 Pola Radiasi Isotropis.....	10
Gambar 6 Pola Radiasi Direksional	10
Gambar 7 Pola Radiasi Omnidireksional	11
Gambar 8 Bandwidth Antena.....	13
Gambar 9 Dimensi U-Slot.....	14
Gambar 10 Diagram Alir Perancangan	17
Gambar 11 Tampilan TXLINE 2003	21
Gambar 12 Rancangan Antena Mikrostrip MIMO	22
Gambar 13 Hasil Optimasi Antena	23
Gambar 14 Desain antena	24
Gambar 15 Return Loss	25
Gambar 16 VSWR	25
Gambar 17 Bentuk 2D pola radiasi	28
Gambar 18 Bentuk 3D pola radiasi	29
Gambar 19 Gain	29
Gambar 20 Bandwidth	29
Gambar 21 Mutual Coupling	30
Gambar 22 Antena tanpa slot.....	30
Gambar 23 Perbandingan return loss tanpa slot dan dengan U-Slot.....	31
Gambar 24 Hasil fabrikasi antena	33
Gambar 25 Hasil pengukuran return loss.....	36
Gambar 26 Hasil pengukuran VSWR.....	38
Gambar 27 Pengukuran Bidang Horizontal	39
Gambar 28 Pengukuran Bidang Vertikal	39
Gambar 29 Pola Radiasi Port 1	40
Gambar 30 Pola radiasi Port 2	41
Gambar 31 Pola Radiasi Port 3	42
Gambar 32 Pola Radiasi Port 4	43
Gambar 33 Parameter Koefisien Korelasi.....	44
Gambar 34 Grafik Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran.....	46
Gambar 35 Tampilan TXLINE dengan konstanta dielektrik 4.6.....	47
Gambar 36 Antena Mikrostrip Dengan Konstanta Dielektrik 4.6	47
Gambar 37 Return loss konstanta dielektrik 4.6	48
Gambar 38 VSWR konstanta dielektrik 4.6.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Spesifikasi Antena.....	19
Tabel 2 Ukuran Dimensi Antena.....	21
Tabel 3 Optimasi Antena	23
Tabel 4 Dimensi Akhir Antena Setelah Optimasi.....	24
Tabel 5 Perbandingan Antena Tanpa Slot dan Dengan U-Slot.....	31
Tabel 6 Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran.....	46
Tabel 7 Perbandingan Konstanta Dielektrik 4.3 dan 4.6	48

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Telekomunikasi di Indonesia telah berkembang pesat seiring dengan kebutuhan masyarakat yang terus meningkat. Berbagai macam inovasi dilakukan untuk memajukan telekomunikasi. Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, dibutuhkan teknologi yang mampu memenuhi standar telekomunikasi yang terbaru. Meskipun teknologi yang banyak digunakan saat ini adalah 4G, namun teknologi 5G juga akan digunakan seiring berjalannya waktu. Kelebihan teknologi terbaru ini seperti *bandwidth* lebih lebar, *gain* lebih besar, dan kinerja yang dapat diandalkan, dengan kelebihan ini diharapkan mampu melengkapi kekurangan pada teknologi sebelumnya. 5G diharapkan mampu menyediakan komunikasi jaringan mobile 100 – 1000 kali pengiriman data lebih cepat dibandingkan dengan pengiriman data sebelumnya. Dalam beberapa tahun terakhir teknologi 5G yang saat ini masih terus dikembangkan sebaik mungkin [1].

Salah satu komponen teknologi komunikasi yang berpengaruh dan dapat membantu perkembangan teknologi 5G adalah antena yang berperan sebagai *transceiver* [2]. Antena merupakan teknologi yang dibutuhkan karena kelebihanannya dapat memberikan kecepatan dalam mengakses informasi yang lebih stabil dengan latensi yang rendah. Jenis antena yang mengikuti perkembangan teknologi adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip ini sangat menunjang perkembangan teknologi jaringan. Antena ini dipilih karena ukuran fisiknya yang kecil dan beratnya yang ringan tetapi mampu memberikan kinerja yang cukup baik untuk digunakan pada perangkat telekomunikasi [3] Selain itu, antena yang dapat bekerja pada frekuensi ini mudah difabrikasi sehingga menyebabkan biaya fabrikasi rendah. Disamping kelebihan dari antena mikrostrip, terdapat kekurangan dari antena jenis ini yaitu *bandwidth* yang sempit, *gain* yang rendah, serta efisiensi yang rendah [4]

Berdasarkan kajian regulasi Kominfo terhadap penerapan teknologi 5G, Indonesia memiliki opsi *spectrum* jaringan 5G di Indonesia disiapkan untuk Low

Band pada pita frekuensi 700 MHz, Middle Band pada pita frekuensi 3,5 GHz dan 2,6 GHz, dan High Band pada pita frekuensi 26 GHz dan 28 GHz [5]

Pada tahun 2017, beberapa negara di Eropa dan China telah mengumumkan penggunaan sub-band frekuensi 6 GHz yaitu 3.3-3.8 GHz untuk implementasi 5G, pita frekuensi n78 (3.5 GHz) telah banyak digunakan untuk produk 5G. Di Indonesia, implementasi layanan 5G telah dilakukan pada acara internasional seperti MotoGP Mandalika dimana layanan 5G disediakan oleh operator seluler Telkomsel dan Indosat pada band LTE 3 (1800 MHz) untuk Indosat dan N40 (2300 MHz) untuk operator Telkomsel. Menurut Kementerian Komunikasi dan Informatika (KOMINFO) Indonesia, alokasi spektrum frekuensi 2300 MHz untuk layanan 5G biasanya memerlukan bandwidth sekitar 30 MHz hingga 40 MHz per operator. Pada tahun 2020, dalam lelang spektrum 2.3 GHz, beberapa operator menerima alokasi spektrum dengan lebar pita yang cukup untuk mendukung implementasi 5G. [6]

Beberapa penelitian mengenai metode penambahan slot ini telah dilakukan sebelumnya. Diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Marchellia [7] telah dirancang antena mikrostrip persegi dengan kombinasi slot berbentuk U dan elemen parasitic pada frekuensi 2.4 GHz, secara garis besar parameter yang dihasilkan oleh antena sudah memenuhi spesifikasi yang diharapkan. Penggunaan kombinasi metode u-slot dan elemen parasitik terbukti mampu meningkatkan bandwidth antena hingga 51.22% dan gain 45.28% dari antena mikrostrip konvensional.

Penelitian kedua, yang dilakukan oleh Bloko Rijadi [8] mengusulkan antena mikrostrip *circular* yang bekerja pada frekuensi resonansi 26 GHz dan 38 GHz. Frekuensi ganda dibangkitkan dengan menambahkan U-slot pada bidang *patch*, kemudian penyesuaian ketinggian bertingkat pada slot untuk mendapatkan frekuensi tengah yang diinginkan. Hasil simulasi dari rancangan mikrostrip *circular* untuk frekuensi 26 GHz diperoleh nilai *return loss* -21,75 dB, VSWR 1,17 dan bandwidth 236 MHz, sedangkan pada frekuensi 38 GHz *return loss* -25,49 dB, VSWR 1,11 dan bandwidth 719 MHz. Nilai gain sebesar 8,12 dBi dengan pola radiasi *unidirectional*. Hasil rancangan telah memenuhi standar antena untuk

jaringan 5G, dengan radius 3,14 mm dapat diaplikasikan pada perangkat komunikasi nirkabel yang membutuhkan miniaturisasi antena.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Hadiwiyatno, Moh. Abdullah Anshori, Septriandi Wirayoga [9] antena yang dirancang merupakan antena mikrostrip MIMO 2x1 dengan frekuensi kerja untuk 2G adalah 2407.2 MHz dan untuk frekuensi 5G adalah 5820.4 MHz, menghasilkan parameter bandwidth frekuensi 2G yaitu 84 MHz dan frekuensi 5G 118.4 MHz.

Penelitian mengenai antena array [10] dengan frekuensi kerja 2300 MHz untuk aplikasi 4G/LTE menghasilkan nilai gain antena mikrostrip satu elemen 5,87 dB meningkat menjadi 7,47 dB atau meningkat sekitar 27,25 %. Dari hasil keseluruhan dapat disimpulkan bahwa metode array terbukti efektif untuk meningkatkan nilai gain pada antena mikrostrip

Perancangan antena mikrostrip MIMO empat elemen juga dilakukan oleh Prakusya [11] pada frekuensi 3.5 GHz yang menghasilkan bandwidth antena pada batas *return loss* -10 dB pada elemen satu, dua, tiga, dan empat berturut-turut adalah 1500 MHz atau 54%, 2800 MHz atau 84%, 1600 MHz atau 43%, dan 2800 MHz atau 82%. *Mutual Coupling* keempat elemen antena dari hasil pengukuran didapat kurang dari -19,254 dB.

Berdasarkan rujukan yang terlampir di atas, penulis dapat menyimpulkan bahwa antena mikrostrip memiliki efisiensi yang tinggi untuk diimplementasikan pada teknologi 5G. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini dilakukan perancangan dan realisasi antena mikrostrip yang mampu bekerja pada frekuensi 2.3 GHz sehingga nantinya dapat diimplementasikan pada aplikasi jaringan komunikasi 5G. Adapun judul Tugas Akhir ini adalah Rancang Bangun Antena Mikrostrip Frekuensi 2.3 GHz Untuk Teknologi 5G.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan merealisasikan antena mikrostrip MIMO yang mampu bekerja pada frekuensi 2.3 GHz untuk teknologi 5G
2. Bagaimana pengaruh metode U-Slot pada antena yang dirancang

3. Bagaimana menganalisis kinerja antenna yang disimulasi dengan antenna yang direalisasikan

1.3 Tujuan Penelitian

1. Merancang antenna mikrostrip MIMO U-Slot yang bekerja pada frekuensi 2.3 GHz.
2. Mengetahui pengaruh metode U-Slot terhadap antenna yang dirancang.
3. Menganalisis parameter antenna hasil simulasi dan hasil pengukuran.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan jaringan dengan jangkauan bandwidth yang lebih lebar.
2. Penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk menambah pengetahuan dan menjadi acuan untuk meningkatkan kualitas penelitian yang lebih baik kedepannya.
3. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi ilmiah untuk melakukan penelitian terkait topik antenna.

1.5 Ruang Lingkup

Dalam suatu penelitian diperlukan pembatasan masalah yang bertujuan agar pokok dari masalah yang akan dibahas dalam penelitian tidak menyimpang. Oleh karena itu peneliti membuat batasan sebagai berikut:

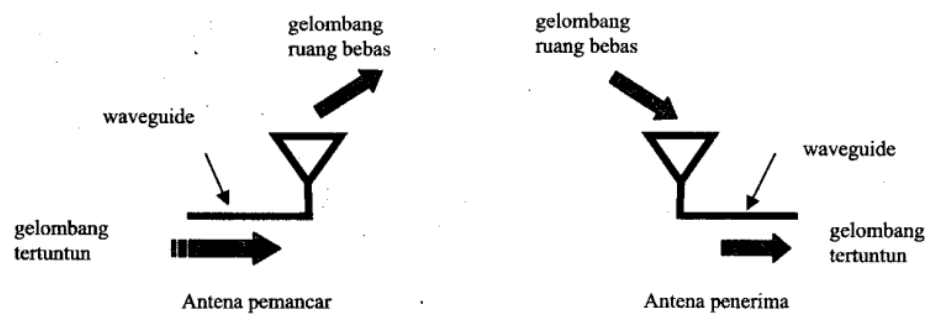
1. Antena yang dirancang merupakan antenna mikrostrip MIMO dengan penambahan metode U-slot.
2. Frekuensi kerja antenna yang dirancang adalah 2.3 GHz.
3. Parameter dari antenna yang diukur meliputi S11, VSWR, Gain, Pola Radiasi Bandwidth, dan ECC.
4. Tidak membahas 5G secara mendalam.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antena

Antena didefinisikan sebagai perangkat yang biasanya terbuat dari logam atau kawat yang berguna untuk memanfaatkan atau menerima gelombang radio. Dengan kata lain, antena merupakan struktur antara ruang bebas dan perangkat yang dikendalikan pada diagram alir tertentu [3]. Berdasarkan *Institute Electrical and Electronics Engineering Standards Definitions of Terms for Antennas* (IEEE Std. 145-1983) antena didefinisikan sebagai sebuah alat untuk meradiasi atau untuk menerima gelombang radio [10]

Antena adalah sebuah komponen yang dirancang untuk bisa memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetika. Antena sebagai alat pemancar (*transmitting antenna*) adalah sebuah *transducer* (pengubah) elektromagnetis, yang digunakan untuk mengubah gelombang tertuntun di dalam saluran transmisi kabel, menjadi gelombang yang merambat di ruang bebas, dan sebagai alat penerima (*receiving antenna*) mengubah gelombang ruang bebas menjadi gelombang tertuntun (Gambar 1) [11]

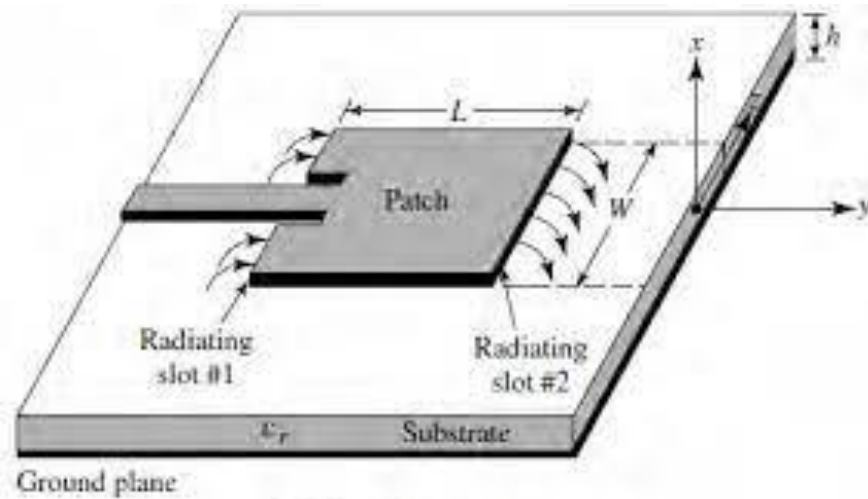


Gambar 1 Peran Antena di Sistem Komunikasi Nirkabel

2.2 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan konduktor metal yang menempel di atas groundplane yang di antaranya terdapat bahan dielektrik. Antena Mikrostrip memiliki massa yang ringan, mudah difabrikasi, serta ukurannya yang kecil jika dibandingkan dengan antena yang lain. Sifat yang dimiliki dari antena mikrostrip, antena jenis ini sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat

diintegrasikan dengan rangkaian elektronik lainnya (rangkaiannya IC, rangkaian aktif, rangkaian pasif) yang berukuran kecil [12], akan tetapi antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu bandwidth yang sempit, gain dan directivity yang kecil, serta efisiensi rendah. Antena Mikrostrip pada umumnya terdiri dari tiga bagian, yaitu patch, substrat, dan groundplane.[13]

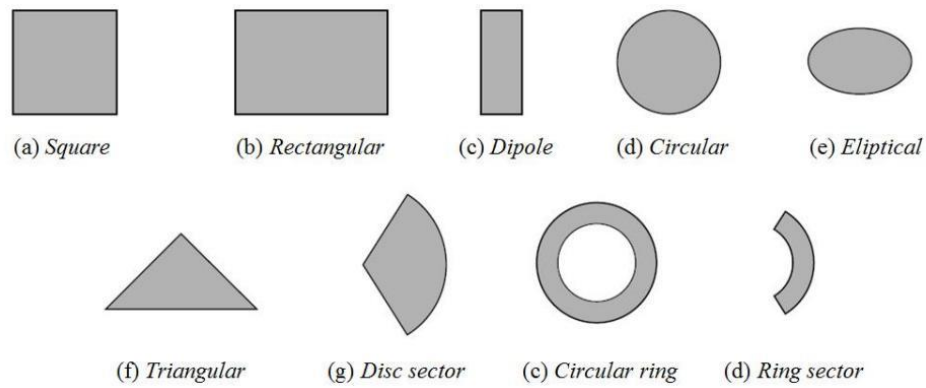


Gambar 2 Bentuk Umum Antena Mikrostrip

Pada gambar 2 terlihat beberapa elemen antena yang masing masing memiliki fungsi yang berbeda. Adapun elemen tersebut dan fungsinya, yaitu:

1. Elemen peradiasi (Patch)

Patch berfungsi sebagai peradiasi gelombang elektromagnetik yang terbuat dari lapisan yang memiliki ketebalan tertentu. Patch merupakan sebuah lapisan konduktor dan terletak di bagian atas substrat. Patch memiliki bentuk yang bervariasi, Penggunaan bentuk yang bervariasi ini untuk mendapatkan pola radiasi sesuai yang diinginkan. Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan patch antena mikrostrip adalah tembaga (*copper*) dengan konduktivitas 5.8×10^7 s/m. [14]



Gambar 3 Bentuk patch antenna

Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan ukuran dari panjang dan lebar dimensi pada elemen patch yaitu [14]

Menghitung W Patch (lebar patch)

$$WP = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

Dimana :

W : lebar patch (mm)

C : Kecepatan cahaya di ruang bebas yaitu 3×10^8 m/s

f_0 : Frekuensi kerja dari antenna (MHz)

ϵ_r : Konstanta dielektrik dari bahan substrat

Untuk mendapatkan nilai dari panjang patch antenna diperlukan parameter Δ yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat adanya *fringing effect* yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [15]

$$\Delta L = 0.412h \left[\frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)} \right] \quad (2)$$

Dimana:

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} \right) \quad (3)$$

Setelah mengetahui pertambahan panjang akibat adanya *fringing effect*, langkah selanjutnya yaitu menghitung panjang dari patch dengan persamaan:

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (4)$$

Dimana:

$$L_{eff} = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (5)$$

Keterangan:

ϵ_{reff} = konstanta dielektrik efektif

L_{eff} = panjang patch efektif

L = Panjang patch

ΔL = pertambahan panjang patch

2. Substrat

Substrat merupakan bagian dari antena yang berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari pencatu. Karakteristik substrat sangat mempengaruhi parameter-parameter antena. Tebal dari substrat dapat mempengaruhi bandwidth dari antena mikrostrip, dengan menambah ketebalan substrat maka konstanta dielektriknya semakin kecil sehingga dapat memperlebar bandwidth. Substrat terbuat dari bahan dielektrik yang memiliki tinggi (h) antara 0,002 – 0,005.

3. Groundplane

Groundplane merupakan lapisan yang paling bawah dari antena mikrostrip, yang menutupi seluruh lapisan yang berada di atasnya. Lapisan ini berfungsi sebagai bidang *reflector* sempurna, yang mengembalikan kembali energi melalui substrat menuju udara bebas. Memiliki ukuran sepanjang dan selebar substrat.

Pada substrat dan groundplane memiliki ukuran yang sama. Untuk menghitung panjang dari groundplane maupun substrat, digunakan persamaan berikut [16]

$$L_g = 6h + L_p \quad (6)$$

Sedangkan untuk menghitung lebar groundplane maupun substrate menggunakan persamaan berikut [16]

$$W_g = 6h + W_p \quad (7)$$

Dimana: L_g = Panjang groundplane

L_p = Panjang patch

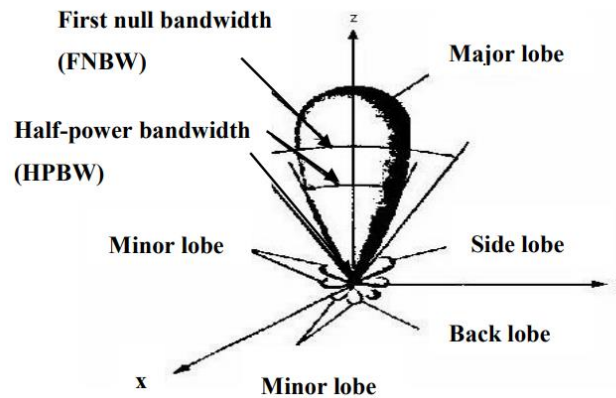
W_g = Lebar groundplane

W_p = Lebar patch
 h = Ketebalan

2.3 Parameter Kinerja Antena

1. Pola Radiasi (Radiation Pattern)

Pola radiasi adalah bentuk pancaran dari sebuah antena dalam bentuk koordinat bola yang direpresentasikan oleh fungsi (θ, ϕ) [16]. Pola radiasi juga didefinisikan sebagai fungsi matematis atau representasi secara grafik dari radiasi antena sebagai fungsi dari *spheris coordinates*. Pola radiasi juga sebagai penggambaran sudut radiasi (*polar plot*). Pada koordinat bola, sebuah titik radiasi merupakan fungsi dari r , T dan F . Komponen-komponen yang terdapat dalam gambaran pola radiasi adalah *main lobe*, *side lobe*, dan *back lobe*. Dari *main lobe* bisa dilihat parameter-parameter HPBW (*Half Power Beamwidth*) dan FNBW (*First Null Beamwidth*) [17]



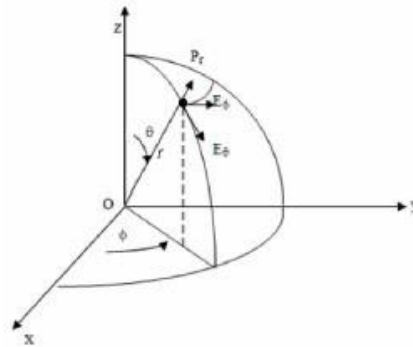
Gambar 4 Pola Radiasi Antena

Berdasarkan arah pancar antena, pola radiasi antena terdiri dari tiga macam, yaitu:

1.1. Pola Radiasi Isotropis

Pola radiasi isotropis memiliki arah pancaran antena yang energinya dapat dipancarkan ke segala arah dengan sama besar. Selain itu, antena isotropis ini hanya dapat direalisasikan menggunakan antena titik (konseptual) dan memiliki kondisi yang paling ideal. Ketika pola radiasi antena isotropis dimunculkan dalam bentuk

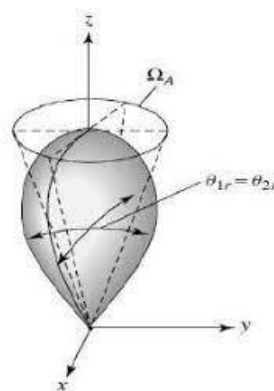
tiga dimensi akan berbentuk seperti bola. Walaupun antenna dengan pola radiasi isotropis ini sangat ideal dan tidak dapat dicapai, namun dapat dijadikan sebagai referensi dalam pengukuran antenna lain.



Gambar 5 Pola Radiasi Isotropis

1.2. Pola Radiasi Directional

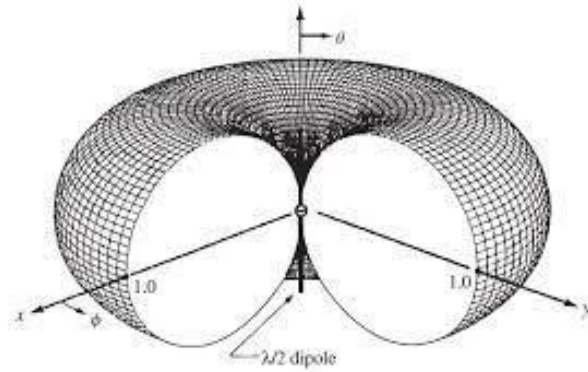
Merupakan pola radiasi dimana antenna memancarkan sinyal elektromagnetik ke arah tertentu dengan kekuatan yang lebih kuat dari arah lain. Pola radiasi direksional digunakan pada antenna yang digunakan untuk komunikasi pada jarak jauh seperti antenna seluler.



Gambar 6 Pola Radiasi Direksional

1.3. Pola Radiasi Omnidireksional

Pola radiasi omnidireksional memiliki arah pancaran antenna yang energinya dipancarkan ke segala arah tapi tidak sama besar. Pada saat posisi horizontal, antenna memiliki energi yang lebih besar dibandingkan dengan saat posisi vertikal. Contoh: antenna dipole lipat 2 dipole lipat 4, dan bowtie.



Gambar 7 Pola Radiasi Omnidireksional

2. Gain (Penguatan)

Gain antenna merupakan karakter antenna yang terkait dengan kemampuan antenna dalam mengarahkan radiasi sinyalnya, atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. Gain bukanlah kuantitas yang dapat diukur dalam satuan fisis pada umumnya seperti watt, ohm, atau lainnya, melainkan suatu bentuk perbandingan. Oleh karena itu, satuan yang digunakan untuk gain adalah desibel (dB) [17]

Terdapat dua jenis parameter gain yaitu absolute gain dan relative gain. Absolute gain pada sebuah antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antenna teradiasi secara isotropik. Absolute gain ini dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini [20]

$$\text{Gain} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (8)$$

Selain absolute gain juga ada relative gain. Relative gain didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antenna referensi pada arah yang direferensikan juga. Daya masukan harus sama di antara kedua antenna itu. [20]

3. Keterarahan (*Directivity*)

Keterarahan yaitu perbandingan antara densitas daya antenna pada jarak sebuah titik tertentu relatif terhadap sebuah radiator isotropis; radiator isotropis merupakan sebuah antenna dimana radiasi antenna akan serba sama keseluruhan arah (titik sumber radiasi) [17]

4. Scattering parameters

Scattering parameters atau yang biasanya dikenal dengan S-parameter adalah suatu hubungan antara input maupun output dari masing-masing port atau terminal pada suatu sistem elektrik. Pada umumnya S-parameters direpresentasikan sebagai S11 untuk antenna yang memiliki *single port*. S11 menunjukkan seberapa banyak daya yang direfleksikan dari antenna itu sendiri, sehingga S11 juga disebut sebagai *reflection coefficient* atau *return loss*. Adapun nilai minimum dari S11 yang harus dicapai sehingga antenna dapat bekerja dengan baik yaitu dibawah dari -10 dB, sebagaimana persamaan di bawah ini [21]

$$return\ loss = 10 \log \left(\frac{power\ reflected}{power\ in} \right) = dB \quad (9)$$

Sehingga nilai -10 db merupakan nilai minimum yang harus dicapai antenna agar refleksinya tidak melebihi 10% power yang ditransfer. *Return loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antenna). Sehingga tidak semua daya diradiasikan melainkan ada yang dipantulkan balik [21].

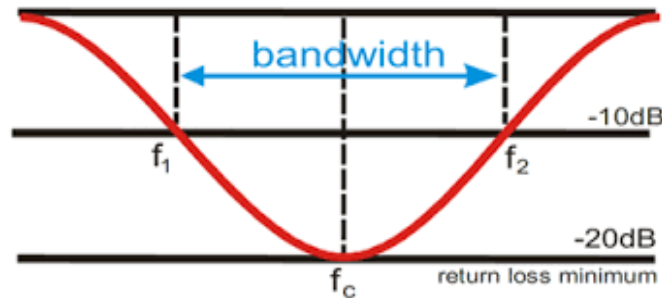
5. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR adalah perbandingan antara amplitude gelombang berdiri (standing wave) maksimum dengan minimum. VSWR memiliki keterkaitan antara S11. VSWR merupakan fungsi dari S11. Nilai VSWR selalu riil dan positif. Semakin kecil nilai VSWR yang dihasilkan antenna maka semakin baik pula kinerja dari antenna tersebut. Nilai minimum dari VSWR adalah 1 dimana pada kondisi tersebut tidak ada power yang direfleksikan sama sekali dari antenna [21]

6. Bandwidth

Bandwidth pada antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana kerja yang berhubungan dengan karakteristik seperti (impedansi masukan, pola radiasi, beamwidth, polarisasi, gain, VSWR, axial ratio) memenuhi spesifikasi standar. Nilai bandwidth dapat diketahui apabila nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas dari suatu antenna sudah diketahui. Frekuensi bawah adalah nilai frekuensi awal dari

frekuensi kerja antenna, sedangkan frekuensi atas merupakan nilai frekuensi akhir dari frekuensi kerja antenna. Bandwidth (BW) antenna biasanya ditulis dalam bentuk persentase bandwidth karena bersifat relatif lebih konstan terhadap frekuensi.



Gambar 8 Bandwidth Antena

Berdasarkan Gambar 8 bandwidth dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut ini: [18]

$$\text{Bandwidth} = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad \text{atau} \quad (10)$$

$$\text{Bandwidth} = f_2 - f_1$$

Dimana:

f_2 = frekuensi tertinggi

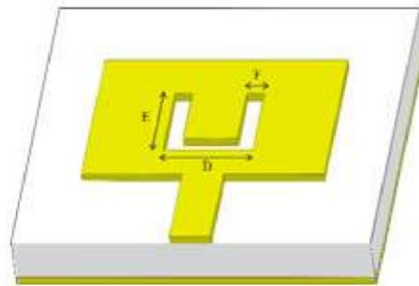
f_1 = frekuensi terendah

f_c = frekuensi tengah

2.4 Metode Penambahan Slot U

Antena mikrostrip memiliki kekurangan bandwidth yang sempit. Salah satu teknik yang digunakan untuk memperlebar bandwidth antenna mikrostrip adalah dengan melakukan penambahan slot pada patch antenna. Slot antenna dapat memiliki bentuk yang beragam seperti U, H, T, E dan V menunjukkan bahwa dengan penambahan U-Slot dapat meningkatkan bandwidth sebesar 50,7%, sedangkan penambahan H-Slot hanya dapat meningkatkan bandwidth sebesar 21,2%. Antena mikrostrip yang telah ditambahkan Slot menyebabkan kopling induktif dihantarkan dari catuan menuju ke slot. Dimana λ merupakan panjang gelombang dari frekuensi resonansi, W merupakan lebar patch, F merupakan lebar slot, E merupakan panjang slot secara vertikal, dan D merupakan panjang slot secara horizontal. Gambar 9

menunjukkan gambaran bentuk antena mikrostrip rectangular patch yang telah ditambahkan U-Slot. [22]



Gambar 9 Dimensi U-Slot

2.5 Metode MIMO

Sistem Multiple Input Multiple Output merupakan suatu sistem komunikasi yang memanfaatkan banyak elemen antena yang berperan sebagai pemancar maupun penerima. Sistem MIMO dapat mengatasi multipath fading pada komunikasi nirkabel. Penyebab multipath fading yakni redaman dari lintasan beberapa sinyal yang memiliki fasa yang berbeda akibat mobilitas pengguna dan beberapa objek yang dapat membelokkan atau memantulkan lintasan antara base station dan user. Serta dengan sistem MIMO dapat meningkatkan throughput. [23]

Teknologi multiple-input dan multiple-output (MIMO) diidentifikasi sebagai teknologi kunci untuk komunikasi 5G, karena memungkinkan sistem mencapai kecepatan data puncak dan efisiensi spektral yang lebih tinggi. Selain itu, teknologi ini juga menawarkan peningkatan kapasitas yang signifikan dibandingkan sistem single-input-single-output (SISO) konvensional. Dibandingkan dengan sistem antena SISO, sistem antena MIMO lebih tahan terhadap noise dan kondisi saluran yang memudar (yang merupakan kondisi saluran yang lebih realistis). Teknologi MIMO menghasilkan penguatan, bandwidth, kapasitas saluran, dan kinerja diversitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknologi SISO. [24]