Perancangan dan Analisis Antena Microstrip Patch Circular untuk Aplikasi Deteksi Aura Pada Frekuensi 590 – 670 MHz

1st Rendhy Rachfaizi
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
rendhyrachfaizi@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Rina Pudji Astuti
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung,Indonesia
rinapudjiastuti@telkomuniversity.ac.id

3rd Levy Olivia Nur
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
levyolivia@telkomuniversity.ac.id

***Abstrak* — Kesehatan mental remaja saat ini sedang menjadi pusat perhatian di berbagai belahan dunia. Hal ini disebabkan adanya peningkatan angka gangguan psikologis yang dikarenakan stres, kecemasan, hingga depresi. Remaja sering kali kesulitan dalam mengenali atau mengungkapkan kondisi emosional mereka, sehingga gejala awal gangguan psikologis sering diabaikan. Mereka bisa tampak baik-baik saja, padahal menyimpan beban emosional yang berat. Untuk mengatasi masalah tersebut, dikembangkan sistem pemantauan psikologis tanpa kontak langsung menggunakan antena mikrostrip multisirkular. Antena ini dirancang untuk menangkap sinyal elektromagnetik tubuh manusia dalam rentang frekuensi 590 hingga 670 MHz. Sinyal yang diterima kemudian diproses menggunakan radio frequency receiver dan dianalisis menggunakan program Python. Program ini dirancang untuk memetakan frekuensi ke dalam tiga warna aura yang merepresentasikan emosi, seperti cyan (empati), hitam (kemarahan), dan biru (relaksasi). Berdasarkan pengujian, sistem berhasil menangkap sinyal elektromagnetik dengan nilai gain sebesar 2 dB setelah optimasi. Nilai ini menunjukkan performa antena sesuai target. Warna aura yang divisualisasikana konsisten dengan respons psikologis subjek. Secara keseluruhan, sistem ini terbukti mampu memberikan solusi untuk deteksi awal kondisi psikologis secara praktis, non-kontak, dan berpotensi untuk menjadi solusi pendukung layanan kesehatan mental berbasis teknologi.**

***Kata kunci*— Antenna Microstrip, Aura Biofield , Kesehatan Mental , Remaja.**

I. PENDAHULUAN

Emosi dapat diartikan sebagai reaksi yang kuat terhadap rangsangan yang terjadi dalam waktu singkat dan disadari oleh orang tersebut. Tingkat stres dan masalah mental di kalangan pemuda terus meningkat seiring dengan berjalannya waktu. Pemahaman masyarakat tentang signifikansi kesehatan mental dan bahaya yang mengikutinya masih sangat rendah[1]. Tindakan yang berisiko sering kali dilakukan oleh beberapa individu yang mengalami masalah kesehatan mental sebagai cara untuk mengekspresikan perasaan. Teknologi yang biasa digunakan untuk mendeteksi kondisi mental seseorang biasanya melibatkan Electroencephalography (EEG) atau Magnetoencephalography (MEG), tetapi kedua metode ini cenderung memiliki biaya yang tinggi dan sulit dijangkau oleh masyarakat umum.

Salah satu metode yang sedang diperbaiki adalah penggunaan sistem antena untuk mengenali sinyal elektromagnetik yang berasal dari tubuh manusia, yang biasanya dihubungkan dengan fenomena bioelektromagnetik atau "aura"[2]. Antena mikrostrip menjadi pilihan yang menarik karena memiliki ukuran kecil, ringan, serta biaya pembuatan yang terjangkau. Antena mikrostrip menjadi salah satu opsi favorit untuk aplikasi ini karena ukurannya yang kecil, bobotnya yang ringan, biaya pembuatan yang rendah, dan kemudahan dalam mengintegrasikannya dengan perangkat elektronik kontemporer. Desain antena mikrostrip patch yang berbentuk bulat memberikan keuntungan dalam hal polarisasi sirkular yang dapat mengurangi pengaruh multipath dan ketergantungan terhadap posisi sumber sinyal. Memilih bentuk bulat juga memungkinkan penyebaran medan yang lebih merata serta mendukung kinerja yang konsisten pada frekuensi yang dituju[3].

Penelitian ini melibatkan proses perancangan antena melalui penggunaan perangkat lunak simulasi elektromagnetik, analisis berbagai parameter kinerja seperti kerugian kembali, VSWR, lebar pita, gain, dan pola radiasi, serta perbandingan antara hasil simulasi dan pengukuran yang sebenarnya. Dengan desain yang tepat, diharapkan antena ini dapat beroperasi secara efektif pada frekuensi yang ditargetkan dengan lebar pita yang cukup untuk aplikasi deteksi aura, serta tetap menjaga efisiensi radiasi dan stabilitas polarisasi. Fenomena bioelektromagnetik, yang dalam berbagai studi sering kali disebut sebagai “aura”, dianggap memancarkan gelombang elektromagnetik dengan sifat-sifat tertentu. Pengukuran dan analisis dari sinyal tersebut dapat digunakan untuk memantau keadaan emosional dan psikologis individu secara tidak mengganggu. Oleh karena itu, dibutuhkan antena yang memiliki sensitivitas tinggi, polarisasi yang tepat, serta kemampuan beroperasi pada frekuensi yang dapat menembus jaringan biologis tanpa menimbulkan masalah.

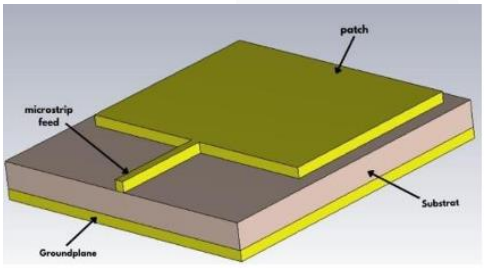
II. KAJIAN TEORI

A. Biofield

Biofield merupakan suatu area yang diciptakan oleh makhluk hidup. Biofield terdiri dari fenomena kuantum serta gelombang yang muncul dari frekuensi yang sejalan di setiap sel. Biofield melibatkan hubungan antara medan elektromagnetik yang ada di dalam tubuh, aktivitas listrik dari sel-sel, dan produk radiasi elektromagnetik lemah yang dihasilkan oleh jaringan hidup. Secara ilmiah, sumber utama pembentukan biofield berasal dari aktivitas listrik sel, khususnya di sistem saraf dan otot[4]. Proses aksi potensial yang berlangsung di membran sel neuron menyebabkan perubahan pada medan listrik, yang kemudian menghasilkan medan magnetik berdasarkan hukum induksi elektromagnetik Faraday.

B. Antenna Microstrip

Antena mikrostrip merupakan konduktor logam yang menempel pada groundplane dengan bahan dielektrik di antaranya. Antena mikrostrip memiliki 3 komponen utama yang diilustrasikan pada Gambar 1, yaitu groundplane, substrat, dan patch. Patch adalah elemen konduktif yang berada di atas bahan substrat dielektrik dan berperan dalam memancarkan gelombang elektromagnetik ke udara. Substrat merupakan bahan dielektrik yang berada di antara patch dan groundplane. Groundplane merupakan lapisan paling bawah pada antena mikrostrip yang berfungsi sebagai reflektor radiasi yang dihasilkan dari elemen peradiasi untuk mencapai pola radiasi yang diinginkan.



Gambar 1 Komponen Antena

1. Komponen Antena Microstrip

Antenna microstrip memiliki beberapa komponen utama yang bekerja untuk menghasilkan daya dan hasil yang diinginkan. Penjelasan terkait komponen antenna microstrip sebagai berikut :

a) GroundPlane

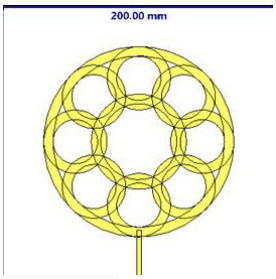
Ground plane merupakan lapisan pengantar yang berada di bawah substrat dielektrik pada antena mikrostrip. Tugas utamanya adalah sebagai acuan untuk potensial nol bagi arus listrik yang mengalir di patch, sekaligus berkontribusi dalam pembentukan medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh antena[5]. Ukuran yang seimbang bisa menurunkan radiasi ke belakang, meningkatkan efisiensi radiasi, dan mengurangi gangguan dari bagian atau sistem lain.

b) Substrat

Substrat pada antena mikrostrip berfungsi secara signifikan sebagai bahan dielektrik yang memisahkan elemen radiasi (patch) dari permukaan tanah (ground plane). Substrat mempengaruhi laju penyebaran gelombang elektromagnetik, besaran impedansi, frekuensi resonansi, serta kinerja radiasi antena. Ciri-ciri utama substrat ditentukan oleh besaran permitivitas relatif (ε_r), ketebalan (h), dan loss tangent (tan δ) yang menunjukkan kerugian dielektrik. Flame Retardant 4 atau FR-4 merupakan material dielektrik dengan biaya rendah. FR-4 dibuat dengan serat kaca dan resin epoksi yang menghasilkan material dengan konstanta dielektrik yang besar dan loss tangen besar . Karakteristik dielektrik FR-4 εr sebesar 4,3.

c) Patch

Patch sirkular menghasilkan antena dengan polarisasi sirkular. Keuntungan dari polarisasi sirkular adalah berapapun perbedaan sudut antara antena, sinyal tetap dapat diterima dengan baik, tetapi daya sinyal yang diterima tidak sebesar polarisasi linear. Untuk merancang antena microstrip patch sirkular memerlukan beberapa informasi tentang konstanta dielektrik (εr) dari jenis bahan yang digunakan. An patch sirkular cenderung memiliki gain yang lebih rendah dibandingkan dengan antena rectangular karena distribusi arus nya lebih merata. Meskipun gain nya lebih rendah, antena patch sirkular tetap berguna dalam aplikasi kesehatan di mana cakupan luas lebih penting daripada penguatan sinyal. Contohnya adalah perangkat wearable atau sensor untuk pemantauan kesehatan tubuh yang memerlukan cakupan sinyal yang seragam.



Gambar 2 Patch Circular

C. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik memiliki struktur dasar yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu medan listrik dan medan magnet. Medan listrik $\vec{E}$ bergerak dalam satu arah tertentu, sementara medan magnet $\vec{B}$ bergerak dalam arah yang tegak lurus terhadap arah medan listrik tersebut. Kedua medan ini saling berinteraksi dan membentuk konfigurasi yang juga tegak lurus terhadap arah rambat gelombangnya[6]. Karena orientasi medan listrik, medan magnet, dan arah rambat saling ortogonal (tegak lurus satu sama lain), maka gelombang elektromagnetik digolongkan sebagai gelombang transversal. Gelombang ini dapat merambat dengan kecepatan :

$$C = \frac{1}{\sqrt{\mu 0 \varepsilon 0}}$$

Dimana :

$\mu 0$ adalah permeabilitas ruang hampa ($4\pi \times 10{-}7$)

$\varepsilon 0$ adalah permetivitas ruang hampa ($8{,}854 \times 10{-}12$)

D. Regulasi

Dari perspektif teknologi gelombang radio, pemanfaatan spektrum harus mematuhi aturan yang ditetapkan oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo),

terutama mengacu pada Peraturan Menteri Kominfo No. 1 Tahun 2010 mengenai Rencana Induk Frekuensi Radio Nasional. Dalam konteks ini, frekuensi yang digunakan, seperti 627 MHz, harus dipastikan tidak masuk dalam penugasan militer atau layanan publik.

E. Pita Frekuensi Aura

Aura adalah sebuah medan energi elektromagnetik yang mengelilingi semua bentuk kehidupan, termasuk manusia, hewan, dan tumbuhan. Setiap makhluk hidup memproduksi radiasi yang khas dengan frekuensi yang berbeda-beda pada masing-masing individu[6]. Dalam pandangan sistem biologis, fenomena ini dipahami sebagai medan elektromagnetik (EM) yang dihasilkan oleh tubuh. Alat deteksi radiasi tubuh manusia dikembangkan untuk memberikan data dan penjelasan yang obyektif tentang aura, sekaligus mengenali jenis aura dan peran energi di lokasi tertentu dalam tubuh. Struktur tabel tersebut disusun berikut

Tabel 1 Pita Warna Frekuensi

Warna	Frekuensi (MHz)
Gold	499,5 - 528,5
Yellow	528,6 – 559,4
Green	559,5 - 593,4
Cyan	593,5 – 599,4
Gray/Black	599,5 – 620,5
Cyan	620,6 – 628,5
Blue	628,6 – 665,4
Navy	665,5 – 705,4
Purple	705,5 – 747,4
Orchid	747,5 – 789,4
Silver	789,5 – 800,5
White	800,6 – 809,9
Burgundy	810,0 – 838,9
Red	839,0 – 889,1
Rose	889,1 – 942,0
Orange	942,0 - 1000

F. Prinsip Kerja Gelombang Elektromagnetik

Tubuh manusia secara alami mengeluarkan medan elektromagnetik yang lemah, yang berasal dari aktivitas listrik di dalam sel, jaringan saraf, dan organ, terutama di otak dan jantung. Medan ini juga dikenal dengan sebutan bidang bioelektromagnetik atau aura. Aura adalah suatu bentuk energi yang sangat lemah tetapi masih dapat terdeteksi dengan alat yang sensitif terhadap gangguan gelombang elektromagnetik. Aktivitas fisik dan mental seseorang, seperti tekanan, ketenangan, atau perasaan, diyakini dapat memengaruhi pola atau kekuatan pancaran medan elektromagnetik, perubahan medan elektromagnetik tubuh ditangkap oleh antena mikrostrip yang dirancang untuk bekerja pada frekuensi yang telah ditentukan.

G. Parameter Antena

1. *Voltage Standing Wave Ratio*

VSWR adalah rasio perbandingan antara gelombang datang dan gelombang pantul yang membentuk gelombang berdiri (standing wave). Gelombang berdiri terbentuk dari kombinasi refleksi dan interferensi, di mana gelombang pantul menginterferensi fasa gelombang datang[7]. VSWR dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

$$\Gamma = Koefisien\ Pantul$$

Nilai VSWR yang baik adalah 1 ≥ VSWR < 2.

2.Bandwidth

Bandwidth mengacu pada kisaran frekuensi di mana antena dapat berfungsi secara optimal, yang ditentukan oleh faktor-faktor seperti VSWR dan kerugian pengembalian. Kisarannya menunjukkan kemampuan antena dalam menangani pengiriman dan penerimaan sinyal di berbagai frekuensi, sehingga memudahkan komunikasi multi kanal dan kesesuaian dengan berbagai jenis perangkat[8]. Bandwidth mencerminkan kemampuan antena dalam menerima atau memancarkan sinyal dalam rentang frekuensi tertentu. Secara matematis dapat dihitung :

$$BW = F2 - F1$$

$$BW\% = \frac{F2 - F1}{FC} \times 100\%$$

Fc= frekuensi tengah

3.Return Loss

Return loss adalah parameter yang mengukur seberapa banyak daya yang hilang pada beban tanpa kembali sebagai pantulan. Parameter ini memiliki hubungan erat dengan VSWR, karena keduanya dipengaruhi oleh interaksi antara gelombang yang di transmisikan dan dipantulkan. Return loss juga digunakan untuk menentukan tingkat kecocokan antara perangkat pemancar dan antena serta mengukur daya yang hilang dan diterima. Kinerja antena berbanding terbalik dengan nilai return loss, di mana semakin kecil nilai return loss (idealnya kurang dari -10 dB), maka semakin baik performa antena.

4. Gain

Gain pada antena adalah ukuran kemampuan antena untuk memfokuskan energi atau daya ke arah tertentu . Nilai gain menentukan besar sebuah antena memfokuskan ke energi pancarannya. Gain yang tinggi menunjukkan kemampuan antena untuk memfokuskan energi ke arah tertentu, membuatnya ideal untuk komunikasi jarak jauh atau aplikasi yang memerlukan radiasi yang terarah. gain yang rendah menunjukkan bahwa antena menyebarkan sinyal secara lebih merata ke banyak arah, sehingga lebih cocok untuk area cakupan yang luas meskipun dengan jangkauan yang lebih pendek[9].

Satuan gain umumnya dinyatakan dalam dBi, yang merujuk pada perbandingan dengan antena isotropis, atau dalam dBd, yang merupakan perbandingan dengan antena dipole setengah gelombang, di mana 0 dBd setara dengan sekitar 2,15 dBi. Berikut persamaan dari gain :

$$Gain = \frac{4\pi\ Intensitas\ Radiasi}{Daya\ Input\ Total} = \frac{4\pi\theta,\varphi}{Pin}$$

Selain gain, ada pula parameter link budget, yaitu suatu kalkulasi kuantitatif untuk menilai kekuatan sinyal antena dari pemancar ke penerima. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa sinyal yang diterima cukup kuat dan berada dalam kondisi optimal.

Berikut adalah rumus link budget.

$$PRx = PTx + GTx - Lfs + GRx - Lftx - Lfrx$$

Setelah itu rumus untuk mencari gain Adalah

$$PTx + GRx = Prx - Ptx - Lfs + Lftx + Lfrx$$

5. Polarisasi

Polarisasi adalah arah vektor gelombang elektromagnetik dan penting untuk optimasi antena. Nilai dari polarisasi dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$AR = \frac{Major\ Axis}{Minor\ Axis}$$

Polarisasi terbagi menjadi tiga jenis, yaitu polarisasi linier, polarisasi sirkular, dan polarisasi elips. Polarisasi linier merupakan polarisasi di mana posisi medan listrik dan medan magnet tidak mengalami perubahan seiring dengan waktu. Tingkat polarisasi linier ini lebih dari 40 dB. Sebaliknya, polarisasi sirkular adalah polarisasi di mana medan listrik dan medan magnet bergerak secara linier dan saling berganti arah seiring waktu, tetapi dengan kekuatan yang sama. Tingkat polarisasi ini berkisar antara 1 hingga 3 dB[9]. Sementara itu, polarisasi elips adalah polarisasi di mana arah medan listrik dan medan magnet juga berubah seiring waktu, namun dengan kekuatan yang berbeda. Tingkat polarisasi ini berada antara 3 dB hingga 40 dB.

6. Pola Radiasi

Pola radiasi merupakan gambaran arah pelepasan sinyal dari sebuah antena, yang menunjukkan seberapa kuat sinyal dipancarkan atau diterima dari berbagai arah. Arah pelepasan ini umumnya diukur dalam dua bidang utama, yakni bidang elevasi (90°) dan bidang azimuth (0°).

Terdapat beberapa tipe pola radiasi, antara lain pola radiasi omnidireksional, yang memancarkan sinyal secara merata ke semua arah secara horizontal[10]. Jenis pola radiasi lainnya adalah direksional, yang memusatkan pancaran sinyal ke satu arah untuk menghasilkan sinyal yang lebih kuat. Pola bidireksional memancarkan sinyal ke dua arah yang berlawanan secara seimbang. Terakhir, pola isotropis adalah pola teoritik yang memancarkan sinyal secara merata ke semua arah dalam bentuk bola yang sempurna.

III. Metode

A. Spesifikasi

1. Pita Warna Terpilih

Tabel 2 Pita Warna

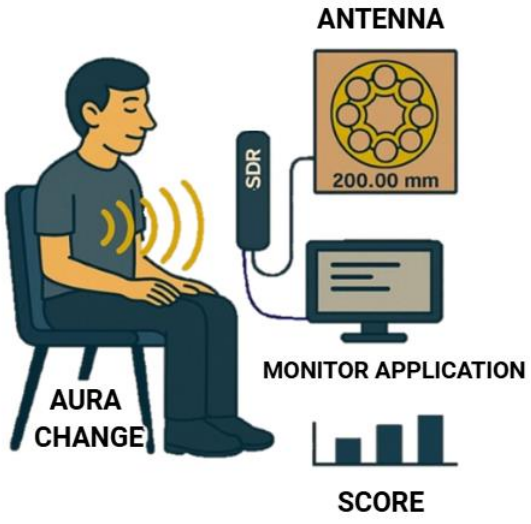
Warna	Rentang Frekuensi (MHz)	Kondisi
Cyan	593,5 – 599,4 620,6 – 628,5	Empati dan sensitif terhadap emosi orang lain. Cenderung mengekspresikan emosi diri.
Hitam	599,5 – 620,5	Emosi buruk, umumnya marah atau sedih
Biru	628,6 – 665,4	Nyaman atau relaksasi.

Sinyal elektromagnetik aura ditangkap menggunakan antena mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki keunggulan berupa biaya fabrikasi yang murah. Rentang frekuensi 590 – 670 MHz merupakan frekuensi aura yang memancarkan kondisi psikologis paling dasar.

No	Parameter	Nilai
1	Frekuensi tengah	630 MHz
2	Bandwidth	80 MHz
3	Return loss	<10 dB
4	VSWR	1≤ VSWR < 2
5	Bentuk patch	Sirkular
6	Dimensi (p × l)	200 mm × 200 mm
7	Substrat	FR-4 (εr ≈ 4,3)

Menguraikan karakteristik utama dari antena mikrostrip patch berbentuk sirkular yang dirancang untuk beroperasi pada frekuensi menengah 630 MHz. Antena ini menawarkan bandwidth sebesar 80 MHz, yang memungkinkan fungsionalitas efektif di frekuensi sekitar 590–670 MHz, sehingga tergolong dalam kategori antena wideband untuk kegunaan ini. Nilai return loss yang kurang dari -10 dB menunjukkan bahwa pencocokan impedansi cukup baik, di mana sebagian besar daya yang dikirimkan dapat diterima atau dipancarkan secara efisien oleh antena. Hal ini juga didukung oleh nilai VSWR antara 1 hingga di bawah 2, yang menunjukkan bahwa rugi daya akibat refleksi sinyal sangat minim. Desain patch sirkular dipilih karena sifat simetriknya, kemampuan mendukung polarisasi melingkar, serta stabilitas dalam pola radiasi. Ukuran substratnya adalah 200 mm × 200 mm, dirancang untuk mendukung resonansi pada frekuensi rendah, sedangkan material substrat yang digunakan adalah FR-4 dengan konstanta dielektrik sekitar 4,3, yang umum dipilih karena ketersediaannya, biaya yang rendah, dan kestabilan sifat elektriknya.

B. Desain sistem



Gambar 3 Desain Sistem

Sistem Solusi terdiri atas 5 komponen utama. Pertama yaitu antena yang berfungsi untuk menerima sinyal yang dipancarkan oleh subjek. Sinyal tersebut kemudian dibaca oleh RF Receiver berupa perangkat SDR. Perangkat ini terhubung dengan komputer yang akan memproses dan memvisualisasikan informasi spektrum frekuensi untuk kemudian dianalisis. Sistem kerja alat untuk tugas akhir

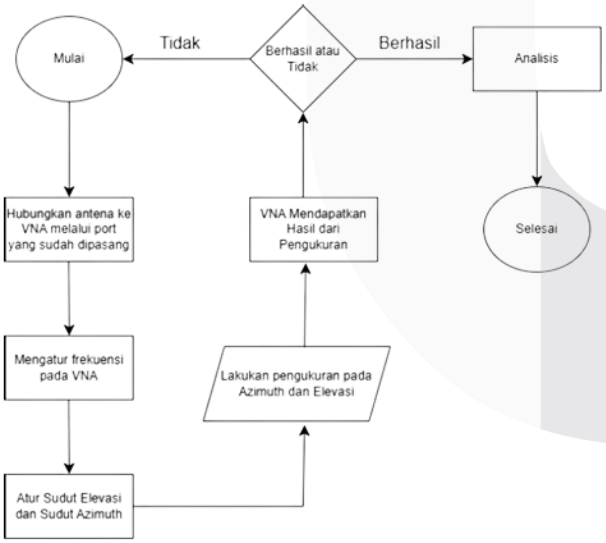
menggunakan antena mikrostrip patch multi-sirkular berbasis substrat FR-4 yang berukuran 20 cm. Fungsinya untuk membaca aura yang merepresentasikan kondisi psikologis berdasarkan pita frekuensi tertentu. Alat ini juga dilengkapi dengan RF Receiver untuk membaca sinyal yang akan dikirim menggunakan antena mikrostrip. Selanjutnya, data dibaca oleh program Python untuk menghasilkan visualisasi berupa warna dan grafik yang ditampilkan dalam program. Pengukuran ini dapat dilakukan dalam posisi duduk maupun berdiri dengan jarak 3 meter dari alat. RF Receiver akan disambungkan ke antena menggunakan kabel SMA to SMA, kemudian antena dipasang pada tripod untuk memudahkan penyesuaian posisi.

Antena aura dapat dihubungkan ke komputer dengan menggunakan kabel USB. Jalankan program deteksi pada komputer, lalu sambungkan antena ke sistem. Pilih perangkat yang sesuai pada aplikasi yang digunakan. Setelah terhubung, arahkan antena ke subjek pengujian untuk memulai proses deteksi. Berikut adalah prosedur penggunaan antena aura.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

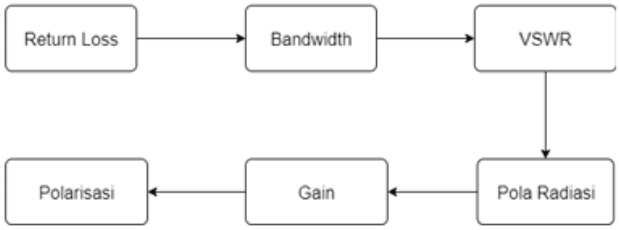
A. Pengukuran Antena

Pengukuran antena adalah sebuah proses untuk memahami bagaimana kinerja antena. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi untuk memastikan kesesuaiannya. Beberapa parameter yang diukur meliputi return loss, bandwidth, VSWR, pola radiasi, gain, dan polarisasi. Proses ini dilakukan menggunakan alat VNA, untuk mengetahui bahwa antena dapat dianalisis dalam berbagai frekuensi. Pengukuran ini bertujuan untuk memastikan bahwa antena dapat bekerja secara optimal pada frekuensi yang digunakan. Berikut merupakan parameter yang diukur.



Gambar 4 FlowChart Pengukuran

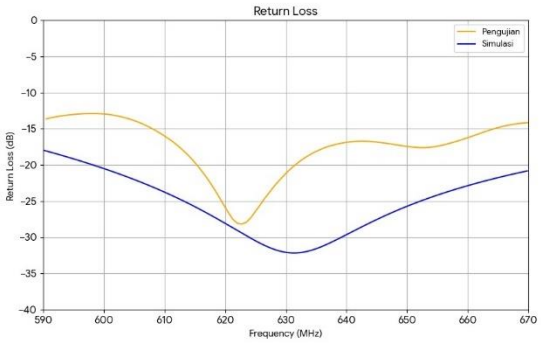
Pengukuran ini bertujuan untuk memastikan bahwa antena dapat bekerja secara optimal pada frekuensi yang digunakan. Berikut merupakan parameter yang diukur.



Gambar 5 FlowChart Parameter

1.Return Loss

Return Loss menggambarkan seberapa banyak energi yang tidak berhasil diserap dan dikembalikan. Semakin rendah angkanya, semakin efisien kerja antena. Pengukuran return loss dilakukan dengan menggunakan Vector Network Analyzer (VNA) untuk mengetahui seberapa besar energi yang dipantulkan oleh antena. Nilai return loss yang ideal biasanya berada di bawah -10 dB.

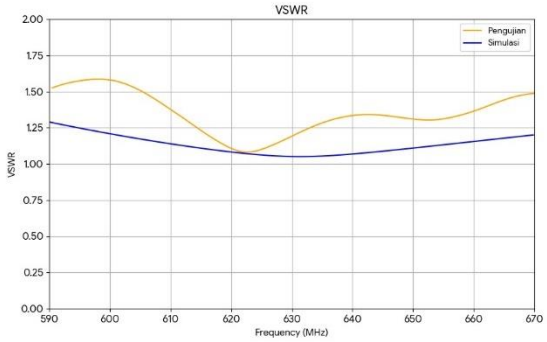


Gambar 6 Hasil Return Loss

Gambar diatas menunjukkan warna kuning untuk pengujian menggunakan VNA dan warna biru untuk simulasi menggunakan *software CST Studio Suites.* Menunjukkan bahwa simulasi lebih stabil dikarenakan hanya menggunakan aplikasi tanpa ada gangguan berupa noise dan lainnya. Untuk pengujian menggunakan VNA terdapat beberapa factor seperti loss dari kabel , noise di sekitar ruangan maupun loss di udara. Dapat dilihat di simulasi menembus -32 dB dan untuk pengujian paling kecil hanya mencapai -28 dB. Akan tetapi hasil ini sudah menandakan kalau antenna sudah bekerja dengan baik.

2. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR adalah perbandingan gelombang berdiri tegangan yang digunakan untuk mengukur tingkat kecocokan impedansi antara antena dengan saluran transmisinya[7]. Ketika terjadi ketidaksesuaian impedansi, sebagian sinyal yang dikirim akan dipantulkan kembali, sehingga menimbulkan gelombang berdiri di sepanjang saluran transmisi.



Gambar 7 Pengukuran VSWR

Gambar diatas menunjukkan hasil pengukuran VSWR menggunakan VNA dan menggunakan *software CST Studio Suites.* Sesuai warna kuning untuk pengujian dan warna biru untuk simulasi. Angka pada pengujian menunjukkan bahwa VSWR mencapai nilai 1,1 dB yang menunjukkan nilai ini sudah bisa dibilang baik karena memenuhi kriteria dari VSWR. Untuk simulasi nilai nya mendekati 1.00 maka nilai ini dapat dikatakan sempurna karena sudah sangat memenuhi kriteria minimum. Perbedaan kecil antara kedua kurva ini menunjukkan bahwa antena yang direalisasikan secara fisik tetap mempertahankan karakteristik pencocokan impedansi yang serupa dengan hasil simulasi. Meskipun demikian, terdapat sedikit variasi yang mungkin disebabkan oleh toleransi material atau kondisi saat pengujian. Secara keseluruhan, kedua grafik memiliki pola yang 50 konsisten. Menandakan bahwa desain simulasi berhasil diimplementasikan dengan baik.

3. Gain

Gain antena merupakan kemampuan antena untuk memfokuskan daya pancaran atau penerimaan sinyal ke arah tertentu. Gain dinyatakan dalam satuan desibel (dBi) dan merupakan hasil kombinasi antara directivity (arah pancar) dan efisiensi antena[9]. Semakin tinggi gain maka semakin besar daya yang dapat dipancarkan atau diterima dalam arah tertentu.berikut kalkulasi gain di berbagai frekuensi yang digunakan.

$f = 596\ MHz$

$\lambda_{596MHz} = \frac{3\times10^8}{5.96\times10^8} = 0.503356$ meter

$G_{596MHz} = \frac{1}{2}\left[20\log_{10}\left(\frac{4\pi\times3.5}{0.503356}\right) - 30.466dB + 3.1947 + 2.9829\right]$

$G_{596MHz} = \frac{1}{2}[38.82805 - 30.466 + 3.1947 + 2.9829]$

$G_{596MHz} = 11.48165\ dB$

$f = 610\ MHz$

$\lambda_{610MHz} = \frac{3\times10^8}{6.10\times10^8} = 0.491803$ meter

$G_{610MHz} = \frac{1}{2}\left[20\log_{10}\left(\frac{4\pi\times3.5}{0.491803}\right) - 32.424dB + 3.9253 + 3.2586\right]$

$G_{610MHz} = \frac{1}{2}[39.02973 - 32.424 + 3.9253 + 3.2586]$

$G_{610MHz} = 10.77933dB$

$f = 624\ MHz$

$\lambda_{624MHz} = \frac{3\times10^8}{6.24\times10^8} = 0.480769$ meter

$G_{624MHz} = \frac{1}{2}\left[20\log_{10}\left(\frac{4\pi\times3.5}{0.480769}\right) - 36.172dB\right]$

$G_{624MHz} = \frac{1}{2}[39.22689dB - 36.172dB]$

$G_{624MHz} = 6.12489dB$

$f = 647\ MHz$

$\lambda_{647MHz} = \frac{3\times10^8}{6.47\times10^8} = 0.463679$ meter

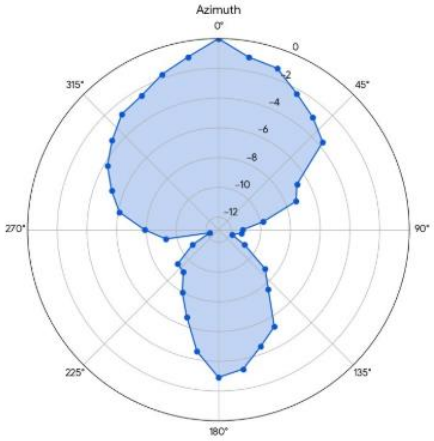
$G_{647} = \frac{1}{2}\left[20\log_{10}\left(\frac{4\pi\times3.5}{0.463679}\right) - 41.844dB\right]$

$G_{647} = \frac{1}{2}[39.54121dB - 41.844dB]$

$G_{647MHz} = 0.95231dB$

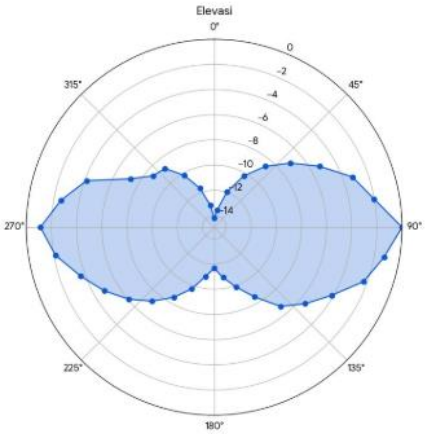
4. Pola Radiasi

Pola radiasi antena adalah sebuah gambaran visual yang menunjukkan bagaimana daya radiasi tersebar oleh antena ke berbagai arah di ruang terbuka. Pola tersebut mencerminkan seberapa besar kekuatan sinyal yang dikirim atau diterima antena pada arah tertentu dibandingkan dengan posisinya.



Gambar 8 Pola Radiasi Azimuth

Pola radiasi azimuth merupakan gambaran sebaran radiasi antena di permukaan horizontal (bidang azimuth) dengan sudut pandang yang konsisten pada elevasi tertentu, biasanya pada elevasi 0°. Pola radiasi pada azimuth didapat jenis pola radiasi bidirectional Dimana main lobe nya mengarah ke dua arah atas dan bawah.



Gambar 9 Pola Radiasi Elevasi

Jenis pola radiasi pada elevasi sama seperti pola radiasi azimuth yang mana hasil dari pola radiasi ini Adalah bidirectional karena sudut main lobe nya mengarah ke dua bidang sama besar.

5. Polarisasi

Polarisasi adalah arah getaran medan listrik dari gelombang elektromagnetik saat merambat. Polarisasi dapat berbentuk linear, sirkular, atau eliptikal[9]. Bentuk polarisasi ditentukan oleh cara medan listrik berisolasi terhadap arah rambat gelombang. Berikut perhitungan polarisasi berdasarkan menghitung nilai dari axial ratio.

$P_{mayor} = 10^{\frac{-30.466}{10}} = 0.00089825\ W$

$P_{minor} = 10^{\frac{-39.992}{10}} = 0.00018437\ W$

$AR_{numerik} = \sqrt{\frac{0.00089825}{0.00018437}} = 2.2076$

$AR_{596\ MHz} = 10\log_{10}(2.2076) = 3.4392\ dB$

Polarisasi = Elips

$P_{mayor} = 10^{\frac{-32.424}{10}} = 0.00057226\ W$

$P_{minor} = 10^{\frac{-40.542}{10}} = 0.00008826\ W$

$AR_{numerik} = \sqrt{\frac{0.00057226}{0.00008826}} = 2.54633$

$AR_{610\ MHz} = 10\log_{10}(2.54633) = 4.05915\ dB$

Polarisasi = Elips

$P_{mayor} = 10^{\frac{-36.172}{10}} = 0.00024143\ W$

$P_{minor} = 10^{\frac{-43.408}{10}} = 0.00004562\ W$

$AR_{numerik} = \sqrt{\frac{0.00024143}{0.00004562}} = 2.30048$

$AR_{624\ MHz} = 10\log_{10}(2.30048) = 3.61818\ dB$

Polarisasi = Elips

$P_{mayor} = 10^{\frac{-41.844}{10}} = 0.00006540\ W$

$P_{minor} = 10^{\frac{-45.921}{10}} = 0.00002557\ W$

$AR_{numerik} = \sqrt{\frac{0.00006540}{0.00002557}} = 1.59928$

$AR_{647\ MHz} = 10\log_{10}(1.59928) = 2.03925 dB$

Polarisasi = Sirkular

6. Bandwidth

Bandwidth dalam sistem antena adalah frekuensi kerja yang dibatasi oleh daya -10dB. Pengujian dilakukan menggunakan VNA dengan batasan frekuensi bawah sebesar 550MHz dan frekuensi atas sebesar 700MHz. Diperoleh hasil seluruh frekuensi pengujian berada dibawah -10dB dengan return loss terbesar -10,55dB pada frekuensi 550MHz, serta return loss terendah sebesar -43dB pada frekuensi 690,25MHz. Untuk menentukan klasifikasi lebar pita frekuensi kerja, persamaan Fractional Bandwidth digunakan:

$$FBW = 2\frac{(700 - 550)}{(700 + 550)}$$

$$FBW = 2\frac{150}{2250}$$

$$FBW = 0{,}24 = 24\ \%$$

Nilai FBW yang diperoleh adalah 24%, memenuhi salahsatu kriteria Ultra Wideband, yaitu memiliki FBW minimum 20% atau bandwidth lebih besar dari 500MHz.

V. KESIMPULAN

Antena ini bekerja dalam rentang frekuensi 593.5-628.5 MHz. Hasil simulasi dan pengukuran menunjukkan bahwa antena memiliki performa yang baik dengan nilai return loss di bawah -10 dB dan nilai VSWR antara 1 hingga 2. Selain itu, nilai gain antena yang mencapai 2 dB. Antena adalah alat yang memiliki peran untuk mengubah energi listrik menjadi gelombang elektromagnetik ketika mengeluarkan sinyal, dan sebaliknya, mengubah gelombang elektromagnetik menjadi energi listrik saat menangkap sinyal. Proses kerjanya dimulai ketika sinyal listrik dari sumber (seperti sumber RF) dialirkan menuju antena melalui jalur transmisi, di mana elemen radiasi antena menciptakan medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus, sehingga terbentuk gelombang elektromagnetik yang bergerak ke ruang bebas. Dalam keadaan menerima, antena menangkap gelombang elektromagnetik yang ada di sekitar, lalu menginduksi arus listrik pada elemen konduktifnya, yang kemudian diteruskan ke rangkaian penerima. Pada rancangan antena mikrostrip patch berbentuk circular, medan elektromagnetik dipancarkan dengan jenis polarisasi tertentu (contohnya polarisasi circular) sehingga lebih mudah beradaptasi dengan perubahan posisi penerima. Efisiensi, peningkatan, lebar pita, dan pola radiasi antena sangat menentukan kualitas pengiriman atau penerimaan sinyal, sehingga pemilihan ukuran, bahan substrat, dan bentuk patch menjadi elemen penting untuk mencapai performa terbaik.

hasil pengukuran frekuensi resonansi berada sangat dekat dengan target desain (627 MHz) dan nilai return loss ≤ –10 dB pada frekuensi tersebut, maka antena dapat dikatakan memiliki akurasi tinggi dalam menangkap atau memancarkan sinyal pada pita yang diinginkan. Bandwidth yang sesuai dengan hasil simulasi menunjukkan bahwa antena mempertahankan performa operasional pada rentang frekuensi yang direncanakan. Gain yang mendekati hasil simulasi memperkuat keakuratan desain dalam hal efisiensi radiasi. Perbedaan kecil yang mungkin terlihat antara hasil simulasi dan pengukuran dapat disebabkan oleh faktor toleransi dalam pembuatan, variasi sifat bahan substrat pada frekuensi operasional, keadaan lingkungan saat pengukuran, atau ketidaksempurnaan pada sambungan konektor SMA.

REFERENSI

[1] *Dalam Angka*. Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2023.

[2] B. S. Guru and H. R. Hiziroglu, *Electromagnetic Field Theory Fundamentals*. Cambridge University Press, 2004. doi: 10.1017/cbo9781139165297.

[3] R. Yuwono and G. D. Sujarwo, “The series of four rectenna using monopole microstrip circular patch antenna as wireless power transmission receiver device at frequency 2,4 GHz,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for

Computing Machinery, Oct. 2017, pp. 11–15. doi: 10.1145/3180496.3180600.

[4] D. Muehsam, G. Chevalier, T. Barsotti, and B. T. Gurfein, "An Overview of Biofield Devices," *Glob Adv Health Med*, vol. 4, no. 1, pp. 42–51, Jan. 2015, doi: 10.7453/GAHMJ.2015.022.SUPPL.

[5] N. T. Susyanto, T. Yunita, and O. N. Levy, "Antena Mikrostrip Bahan Tekstil Frekuensi 2,45 GHz untuk Aplikasi Telemedis," 2018.

[6] IEEE, "The Comparison of Human Body Electromagnetic Radiation between Down Syndrome and Non Down Syndrome Person for Brain, Chakra and Energy Field Stability Score Analysis," *2012 IEEE Control and System Graduate Research Colloquium*, 2012.

[7] S. Pramono, "Analisa Empiris Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) dan Distance to Fault (DTF) pada Feeder Base Transceiver Station GSM 900 MHz".

[8] B. Ashvanth and B. Partibane, "Miniaturized UWB antenna with circular polarization and bandwidth reconfiguration," *Opt Quantum Electron*, vol. 56, no. 6, Jun. 2024, doi: 10.1007/s11082-024-07020-3.

[9] Q. Chen, J. Y. Li, G. Yang, B. Cao, and Z. Zhang, "A Polarization-Reconfigurable High-Gain Microstrip Antenna," *IEEE Trans Antennas Propag*, vol. 67, no. 5, pp. 3461–3466, May 2019, doi: 10.1109/TAP.2019.2902750.

[10] S. Z. A. Jalil, M. N. Taib, H. Abdullah, and M. M. Yunus, "Frequency Radiation Characteristic Around the Human Body," *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology*, vol. 12, no. 1, pp. 34–39, Feb. 2011, doi: 10.5013/ijssst.a.12.01.05.