

Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip 2.4 GHz untuk Pemantauan Lokasi dan Detak Jantung Pasien Berkebutuhan Khusus

1st Ayu Safitri
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ayusafitri@student.telkomuniversit
y.ac.id

2nd Levy Olivia Nur
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

levyolivia@telkomuniversity.ac.id

3rd Radial Anwar
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

radialanwar@tass.telkomuniversity.ac.i
d

Abstrak — Pasien berkebutuhan khusus memerlukan perhatian dan pemantauan kesehatan intensif, terutama untuk kondisi detak jantung dan posisi keberadaan mereka. Risiko keterlambatan penanganan medis dapat terjadi jika kondisi pasien tidak terpantau secara *real-time*, terlebih saat berada di luar pengawasan tenaga medis atau keluarga. Antena adalah bagian penting dari sistem komunikasi nirkabel untuk memantau lokasi dan detak jantung pasien berkebutuhan khusus. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperkuat sinyal Wi-Fi yang dipancarkan oleh ESP32, sehingga data detak jantung dan lokasi pasien dapat terkirim dengan lebih stabil, karena antena mikrostrip bentuknya yang tipis, ringan, mudah diaplikasikan ke perangkat wearable, serta memiliki performa transmisi yang stabil pada frekuensi 2.4 GHz yang umum digunakan untuk sistem IoT. Perancangan antena dilakukan menggunakan *software* CST 2019 dengan substrat FR-4 berketebalan 1,6 mm dengan konstanta dielektrik 4,3 digunakan. Pola radiasi, VSWR, Gain, dan *return loss* adalah parameter performa yang dianalisis. Hasil simulasi menunjukkan *return loss* -21,34 dB, VSWR 1,18, dan *gain* 4,92 dBi. Pengujian realisasi menunjukkan *return loss* -19,806 dB, VSWR 1,23, dan *gain* 4,83 dBi. Dalam kondisi *Line of Sight* (LoS), jangkauan transmisi dapat ditingkatkan dari 54 meter menjadi 90 meter jika dibandingkan dengan antena bawaan ESP32. Hasilnya menunjukkan bahwa antena yang dirancang memenuhi persyaratan untuk tujuan melacak pasien secara *real-time*.

Kata kunci— antena mikrostrip, 2.4 GHz, *wearable device*, CST Studio Suite, ESP32.

I. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi *Internet of Things* (IoT) dan perangkat *wearable*, kebutuhan akan sistem pemantauan kesehatan dan pelacakan posisi berbasis *wireless* semakin relevan. Teknologi pelacakan lokasi memungkinkan pengasuh atau tenaga medis mengetahui lokasi pasien secara *real-time*, mengurangi kemungkinan pasien tersesat atau berada di lingkungan yang tidak aman [1]. Perangkat yang dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi kesehatan secara *real-time* adalah *wearable device* yang dirancang khusus untuk memantau lokasi sekaligus detak jantung pasien. *Wearable device* tidak hanya memerlukan sensor dan mikrokontroler, tetapi juga harus dilengkapi dengan sistem komunikasi data yang andal dan efisien. Oleh sebab itu,

penggunaan antena tambahan mikrostrip menjadi solusi yang ideal sebagai media transmisi untuk meningkatkan kualitas dan kestabilan pengiriman data secara nirkabel. Penggunaan antena tambahan ini bertujuan memperkuat sinyal Wi-Fi yang dipancarkan oleh ESP32, sehingga data detak jantung dan lokasi pasien dapat terkirim dengan lebih stabil dan minim gangguan ke server lokal. Karena antena mikrostrip bentuknya yang tipis, ringan, mudah diaplikasikan ke perangkat wearable, serta memiliki performa transmisi yang stabil pada frekuensi 2.4 GHz yang umum digunakan untuk sistem IoT dan aplikasi pemantauan kesehatan.

Pada penelitian sebelumnya [2] memfokuskan pada perancangan dan realisasi antena wearable untuk sistem pemantauan medis jarak jauh pada frekuensi 2.4 GHz. Hasil realisasi menunjukkan performa antena yang baik dengan gain 6,95 dBi dan nilai SAR di bawah batas aman. Namun, penelitian ini belum mengintegrasikan sensor detak jantung maupun GPS dalam satu perangkat wearable, serta belum menampilkan data pemantauan secara *real-time* melalui website monitoring. Selanjutnya pada penelitian Karolina Sitepu et al. (2024) [3] merancang sistem monitoring detak jantung *real-time* menggunakan antena EBG planar *wearable* berbasis Wi-Fi. Meskipun antena yang digunakan memiliki performa *return loss* sangat baik (-27 dB) dan akurasi detak jantung mencapai 94,3%, penelitian ini belum mengintegrasikan sistem pelacakan lokasi *maupun platform website monitoring*.

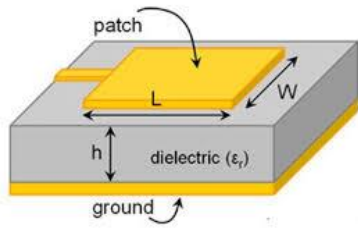
Penelitian ini juga mengoptimalkan performa antena wearable di frekuensi 2.4 GHz, guna memastikan transmisi data tetap stabil saat perangkat dikenakan oleh pengguna. Dengan demikian, penelitian ini mampu mengisi kekurangan dari penelitian sebelumnya dan menjadi sistem *wearable* kesehatan berbasis *Wi-Fi* yang mengintegrasikan deteksi detak jantung menggunakan *Pulse Heart Rate Sensor*, pelacakan lokasi, dan antena *microstrip wearable* dengan sistem *monitoring* berbasis *website* lokal untuk pasien berkebutuhan khusus.

II. KAJIAN TEORI

A. Antena Mikrostrip

Salah satu antena yang cukup dikenal saat ini adalah antena mikrostrip. Hal ini disebabkan karena antena

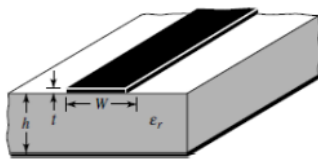
mikrostrip sangat cocok digunakan untuk perangkat telekomunikasi yang saat ini sangat memperhatikan bentuk dan ukuran. Secara umum, antenna mikrostrip terdiri atas tiga bagian, yaitu patch, substrat, dan ground plane. Patch terletak di atas substrat, sementara ground plane terletak pada bagian paling bawah. Patch pada umumnya terbuat dari bahan seperti tembaga atau emas dan dapat mengambil banyak kemungkinan bentuk [4]. Patch yang digunakan adalah circular dengan frekuensi kerja 2.4 GHz. Bahan substrat yang digunakan adalah FR-4 dengan konstanta dielektrik sebesar 4.3. [5]



GAMBAR 1
(Antena Mikrostrip)

B. Teknik Pencatutan Mikrostrip

Dalam perancangan antenna teknik pencatutan merupakan hal yang penting. Salah satu syarat antenna yang baik apabila impedansi input sesuai (matching) dengan impedansi karakteristik kabel pencatutnya sehingga dapat memancarkan dan menerima energi gelombang radio dengan arah polarisasi sesuai pada aplikasi yang dibutuhkan. Teknik pencatutan yang dapat digunakan pada antenna mikrostrip, yaitu proximity coupling, mikrostrip line, coaxial probe, dan aperture coupling [6]. Teknik pencatutan mikrostrip line memiliki keuntungan, yaitu mudah dalam proses pabrikasi karena feed line dan elemen peradiasi dicetak pada substrat yang sama. Penyepadanan impedansi pada teknik ini juga lebih sederhana dibandingkan dengan teknik pencatutan yang lain. Patch antenna dicatut pada bagian tepinya sehingga harus memperhatikan impedansi pada tepi patch harus sesuai dengan impedansi dari saluran agar transfer daya maksimum [7].



GAMBAR 2
(Mikrostrip Line)

C. Parameter Antena

Kinerja dan daya guna suatu antenna dapat dilihat dari nilai parameter-parameter antenna tersebut. Beberapa dari parameter tersebut saling berhubungan satu sama lain. Parameter-parameter antenna yang biasanya digunakan untuk menganalisis suatu antenna adalah impedansi masukan, Voltage Wave Standing Ratio (VSWR), return loss, lebar pita (bandwidth), keterarahan (directivity), dan penguatan (gain).

1. VSWR (Voltage Wave Standing Ratio)

VSWR adalah perbandingan antara tegangan maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$). Pada sebuah saluran transmisi terdapat dua komponen gelombang tegangan, yaitu

tegangan yang dikirimkan (V_0^+) serta tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Perbandingan antara kedua gelombang tegangan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ). Dinyatakan dalam persamaan (1) dan (2)

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (1)$$

Dimana Γ , V_0^+ , V_0^- merupakan nilai koefisien refleksi, tegangan yang dikirimkan dan tegangan direfleksikan kemudian Z_L , Z_0 adalah impedansi beban dan impedansi saluran.

$$VSWR = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2)$$

Dimana VSWR merupakan nilai perbandingan gelombang tegangan berdiri dengan $|V|_{\max}$ tegangan maksimum dan $|V|_{\min}$ tegangan minimum.

2. Return Loss

RL atau Return loss merupakan sebuah perbandingan antara amplitudo dari gelombang refleksi terhadap amplitudo gelombang yang dikirim. Nilai return loss yang dapat dikatakan baik apabila dibawah -10 dB, nilai tersebut diperoleh dari nilai $VSWR \leq 2$. Dinyatakan dalam persamaan (3)

$$Return Loss = 20 \log |\Gamma| \quad (3)$$

Dimana Γ merupakan nilai koefisien refleksi.

3. Bandwidth

Lebar pita (Bandwidth) dapat didefinisikan sebagai besar rentang frekuensi kerja dari suatu antenna. Nilai bandwidth dapat diketahui dari nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas dari suatu antenna yang telah diketahui sebelumnya. Frekuensi bawah adalah nilai frekuensi terendah dari frekuensi kerja antenna, sedangkan frekuensi atas merupakan nilai frekuensi tertinggi dari frekuensi kerja antenna. Bandwidth dapat dicari dengan menggunakan persamaan (4)

$$BW = f_H - f_L \quad (4)$$

4. Gain

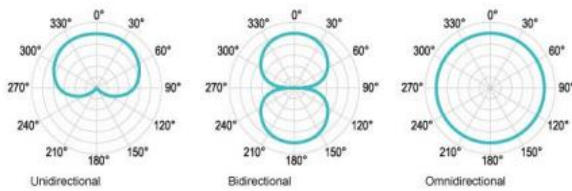
Gain adalah penguatan relatif dari sebuah antenna terhadap antenna referensi. Gain ini sangat berkaitan dengan direktivitas dimana besarnya nilai gain tergantung pada nilai dari direktivitas dan efisiensi dari antenna tersebut. Dinyatakan dalam persamaan (5)

$$G = \eta \times D \quad (5)$$

Dimana η dan D merupakan nilai faktor efisiensi antenna, dan direktivitas.

5. Pola Radiasi

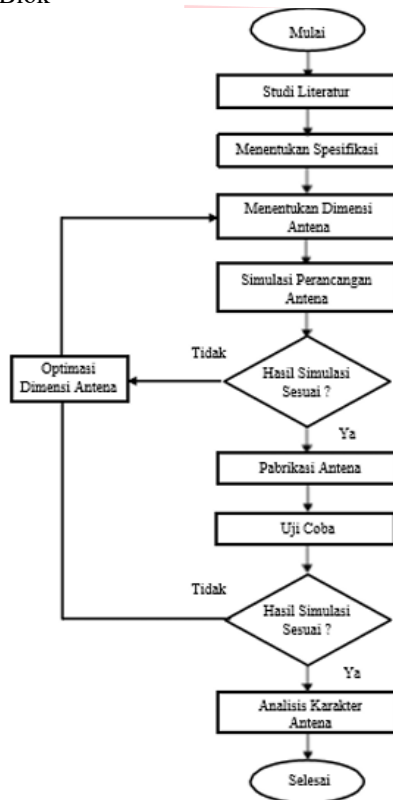
Pola radiasi antenna adalah diagram yang menggambarkan arah dan besarnya radiasi antenna. Pada dasarnya pola radiasi antenna mempunyai bentuk seperti bola, untuk memudahkan dalam perhitungan dan penggambaran maka disusun dalam dua pola radiasi horizontal dan pola radiasi vertikal. Pola radiasi horizontal memberikan informasi tentang arah horizontal (azimut) dan besar gain antenna, sedangkan pola radiasi vertikal memberikan informasi tentang arah vertikal (elevasi) dan besarnya gain antenna. Pada umumnya ada tiga jenis pola radiasi pada antenna yaitu pola radiasi unidirectional, bidirectional dan pola radiasi omnidirectional.



GAMBAR 3
(Pola Radiasi Antena)

III. METODE

A. Diagram Blok



GAMBAR 4
(Alur Proses)

B. Spesifikasi Antena

Spesifikasi antenna yang akan dirancang, yaitu:

Desain Antena : Antena Mikrostrip Rectangular
 Frekuensi kerja : 2,4 GHz
 Impedansi input : $\pm 50 \Omega$
 Return Loss : ≤ -10 dB
 VSWR : $1 \geq \text{VSWR} < 2$
 Gain : ≥ 1 dBi
 Bandwidth : > 100 MHz
 Pola radiasi : *Unidirectional*
 SAR : ≤ 1.6 W/Kg

C. Spesifikasi Subtrat

Pada perancangan dan mensimulasi antenna mikrostrip yang berbentuk *rectangular patch* diperlukan sebuah substrat yang digunakan sebagai media perancangan antenna. Maka dari itu jenis substrat yang dipilih adalah bahan FR-4.

TABEL 1
(Spesifikasi Substrat)

Jenis Substrat	FR-4
Konstanta dielektrik <i>relative</i> (ϵ_r)	4.3
Dielektrik <i>Loss tangent</i> ($\tan\delta$)	0.0045
Ketebalan substrat (h)	1,6 mm
Ketebalan Konduktor (t)	0.35 mm

D. Dimensi Antena

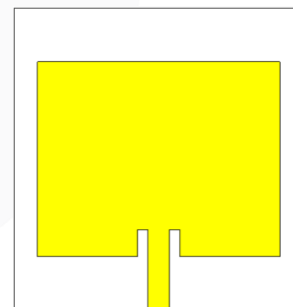
Antena mikrostrip yang didesain merupakan antenna patch rectangular beroperasi pada frekuensi 2.4 GHz. Dan hasil perhitungan paling baik sebagai berikut :

TABEL 2
(Dimensi Antena)

Dimensi	Ukuran (mm)
Lebar Patch (W_p)	36
Panjang Patch (L_p)	29
Lebar Ground Plane (W_g)	43
Panjang Groundplane (L_f)	45
Lebar Substrat (W_g)	43
Panjang Substrat (W_g)	45
Lebar <i>feedline</i> (W_f)	3.1
Lebar <i>Insetfeed</i> (X_o)	1.55
Panjang <i>Insetfeed</i> (Y_o)	4

E. Simulasi Antena Kondisi *Off-Body*

Berikut adalah desain antenna patch rectangular tampak depan dengan penambahan Teknik pencatutan *inset-feed*



GAMBAR 4
(Desain Antena saat Kondisi *Off-Body*)

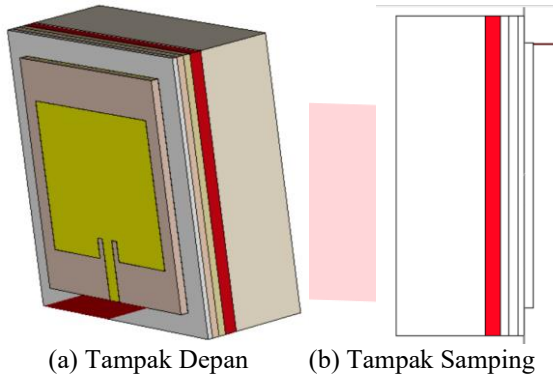
Berdasarkan hasil simulasi, diperoleh nilai *return loss* sebesar 22.303 dB, VSWR 1.1662, gain 3.108 dBi, dan bandwidth 113 MHz dan sudah memenuhi standar untuk antenna aplikasi jarak menengah di frekuensi 2.4 GHz.

F. Simulasi Antena Kondisi *On-Body*

Bentuk antenna yang telah dirancang sebelumnya pada *software CST Studio Suite 2019*. Ditambahkan *phantom* bagian pergelangan tangan. Terdapat 4 lapisan *phantom* yaitu kulit, lemak, otot dan tulang. Berikut adalah ukuran dari dimensi *phantom* lengan pada manusia.

TABEL 3
(Spesifikasi *Phantom*)

Dimensi Phantom	Ukuran (mm)
Kulit	1.5
Lemak	1.5
Otot	2.5
Tulang	19



(a) Tampak Depan (b) Tampak Samping

GAMBAR 5

(Desain Antena saat Kondisi *On-Body*)

Berdasarkan hasil simulasi bahwa *Return Loss* -19.963 dB pada jarak 7 mm. Nilai VSWR 1.2223 nilai Gain 2.285 dBi. Sementara itu, nilai SAR jarak 7 mm adalah 1.29 W/Kg, Secara keseluruhan memberikan performa antena paling optimal dilihat dari *Return Loss*, VSWR, dan Gain tanpa melebihi batas aman SAR.

TABEL 4

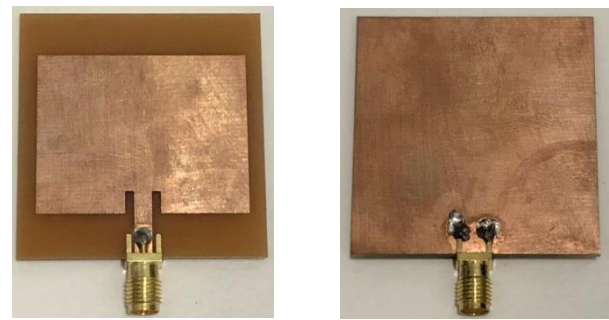
(Perbandingan Hasil Simulasi Setiap Kondisi)

Parameter Antena	Kondisi Biasa	Kondisi <i>On-Body</i>
<i>Return Loss</i> (dB)	-22.303	-19.963
VSWR	1.1662	1.2223
Gain (dBi)	3.108	2.285
Bandwidth (MHz)	113	110
SAR (W/kg)	-	1.29

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Fabrikasi Antena Mikrostrip

Setelah merancang antena menggunakan *software CST Studio Suite 2019*, langkah berikutnya adalah melakukan fabrikasi dan pengukuran antena. Fabrikasi adalah proses pembuatan antena dan setelah antena selesai dicetak, maka dilakukan pengukuran untuk memvalidasi nilai-nilai parameter antena tersebut.



(a) Tampak Depan

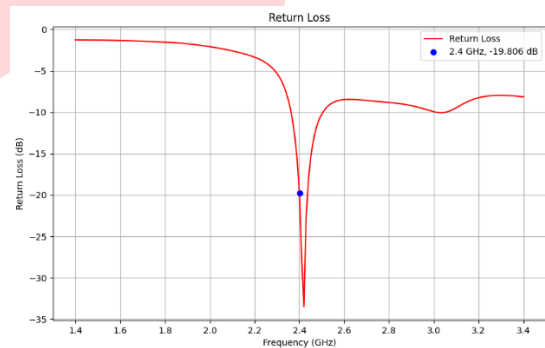
(b) Tampak Belakang

GAMBAR 6

(Hasil Fabrikasi Antena Mikrostrip)

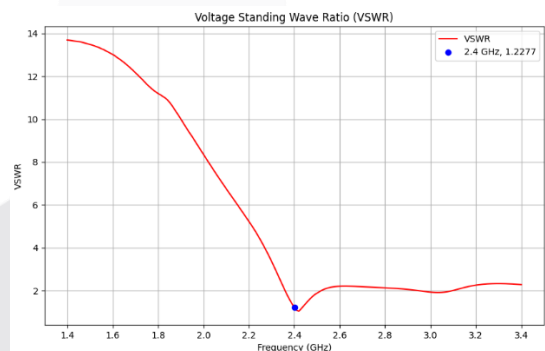
B. Hasil Pengukuran Antena Mikrostrip

Setelah dilakukan fabrikasi antena langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran antena untuk mendapatkan beberapa nilai parameter agar antena dapat bekerja dengan optimal.



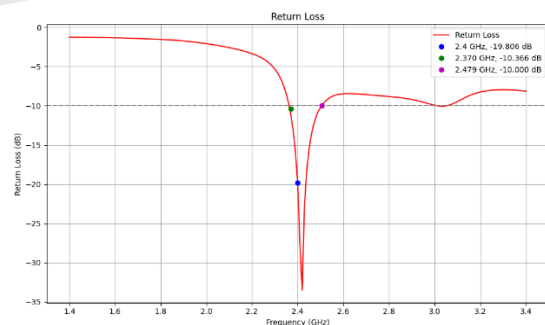
GAMBAR 7

(Hasil Pengukuran *Return Loss*)



GAMBAR 8

(Hasil Pengukuran VSWR)



GAMBAR 9

(Hasil Pengukuran *Bandwidth*)

$$LFS = 32.45 + 20 \log(f) + 20 \log(R)$$

$$LFS = 32.45 + 20 \log(2400) + 20 \log(1.2 \times 10^{-3})$$

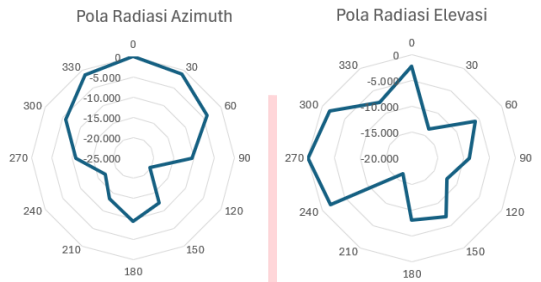
$$LFS = 41.63785$$

$$GRX = PRx - PTx - GTx + LFS + LTx + LRx$$

$$LFS = -39.62 - 0 - 7.2 + 41.63 + 10 + 0.02$$

$$LFS = 4.83 \text{ dBi}$$

Hasil pengukuran nilai gain simulasi dan pengukuran berbeda. Terjadi peningkatan gain pada saat pengukuran yaitu dengan nilai 4.83 dBi



GAMBAR 10

(Pola Radiasi Bidang Azimuth dan Elevasi)

Pada gambar 10 dapat dilihat hasil pengukuran pola radiasi pada bidang azimuth dan elevasi yang didapat adalah *unidirectional* atau memancarkan dan menerima sinyal hanya dari satu arah.

TABEL 5

(Perbandingan Hasil Pengukuran Antena)

Parameter	Antena Simulasi	Antena Fabrikasi
Return Loss (dB)	-19.963	-19.806
VSWR	1.2223	1.2277
Gain (dBi)	2.285	4.83
Bandwidth (MHz)	110	109
Pola Radiasi	Unidirectional	Unidirectional

Berdasarkan Tabel 5, hasil perbandingan antara antena simulasi dan antena fabrikasi menunjukkan performa yang relatif serupa. Nilai Return Loss pada simulasi sebesar -19.963 dB dan fabrikasi sebesar -19.806 dB. VSWR pada fabrikasi sedikit lebih tinggi 1.2277 dibanding simulasi 1.2223. Nilai Gain antena fabrikasi lebih tinggi, yaitu 4.83 dBi dibanding simulasi 2.285 dBi. Pola radiasi keduanya tetap *unidirectional* sesuai desain awal. andwidth antena hanya berbeda 1 MHz antara simulasi 110 MHz dan fabrikasi 109 MHz, tetap mencakup pita ISM 2.4 GHz.

C. Hasil Pengujian Antena Mikrostrip

Uji coba dilakukan pada dua kondisi, yaitu LoS dan NLoS. Hasil pengukuran sebagai berikut :

TABEL 6

(Pengujian Jarak Jangkauan Antena)

Keadaan	Antena ESP32	Antena Mikrostrip
Los	15	30
	30	60
	50	90
NLos	15	20
	30	40
	45	60

Berdasarkan Tabel 6 antena hasil rancangan (*Proposed Antenna*) menunjukkan peningkatan jarak jangkauan signifikan dibanding antena *existing*, baik pada kondisi LoS maupun NLoS. Pada kondisi LoS, jangkauan antena *proposed* mencapai hingga 90 meter, sementara antena *existing* hanya sampai kurang dari 54 meter. Begitu pula pada kondisi NLoS, antena *proposed* mampu menjangkau hingga kurang dari 60 meter, lebih jauh dibanding *existing* yang hanya kurang dari 45 meter. Hal ini membuktikan bahwa performa antena *proposed* lebih baik dalam meningkatkan cakupan komunikasi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, dan pengujian pada antena mikrostrip untuk pemantauan detak jantung dan pelacakan lokasi pasien berkebutuhan khusus berbasis *Wi-Fi* dengan antena mikrostrip sebagai antena usulan yang digunakan memiliki performa lebih baik dibandingkan antena bawaan ESP32, ditunjukkan dari hasil *return loss* sebesar -19,806 dB, VSWR 1,2277, dan *gain* mencapai 4,83 dBi. Selain itu, jangkauan *proposed antenna* juga lebih luas, mencapai 90 meter pada kondisi *Line of Sight* (LoS), dibandingkan antena *existing* yang hanya mampu menjangkau hingga 54 meter.

REFERENSI

- [1] D. Y. A. Fikri, "Perkembangan Wearable Devices dalam Mendeteksi Gangguan Irama Jantung," *Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan - Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*, 31 Oktober 2024.
- [2] H. A. HARRIS, R. Anwar and Y. Wahyu, "PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA WEARABLE UNTUK SISTEM PEMANTAU MEDIS JARAK JAUH PADA FREKUENSI 2,4 GHZ," *Telkom University*, 2020.
- [3] S. Hafizha, . K. Sitepu and A. R. Salim, "Wearable Band with Electromagnetic Band Gap Antenna for Heart Rate Detection System," *JMECS (Journal of Measurements, Electronics, Communications, and Systems)*, vol. 11, no. 1, pp. 30-39, 2024.
- [4] Rizky and C. R. Permady, "DETEKSI PERNAPASAN MANUSIA DENGAN KONSEP RADAR DAN ANTENA UWB UNTUK APLIKASI WBAN," *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2020.
- [5] C. A. Balanis, *Antena Theory : Analysis and Design* 2, 1997.
- [6] F. R. A. H. Deriko, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Array Patch Segiempat Dual-Band (2,3 GHz dan 3,3 GHz) Dengan Pencatutan Proximity Coupled," *Singuda ENSIKOM*, vol. 12, no. 32, pp. 18-22, 2015.
- [7] S. Putri, "Analisis Antena Mikrostrip Fraktal Sierpinski Gasket," *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi*, vol. 4, pp. 55-61, 2018.