

Perancangan Dan Realisasi *Wearable* Antena Mikrostrip Dengan Substrat *Rubber* Pada Frekuensi 2,4 GHz Untuk Sistem Pelacakan Hewan

1st Sayyid Fadhal Taufiqurohman
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
sayyidfadhalt@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Levy Olivia Nur
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
levyolivia@telkomuniversity.ac.id

3rd Radial Anwar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
radialanwar@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Satwa adalah bagian dan sumber daya alam yang tidak ternilai harganya sehingga kelestariannya perlu dijaga melalui upaya meminimalisir perdagangan hewan ilegal dan pemburuan satwa langka. Satwa termasuk satwa langka memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi karena banyak dicari sebagai peliharaan yang eksotik. Oleh karena itu, untuk menyelesaikan permasalahan tersebut diperlukan suatu teknologi yang dapat mengetahui keberadaan satwa yang terancam populasinya. Teknologi antena *wearable* untuk memantau keberadaan satwa dapat menjadi solusi dengan memanfaatkan komunikasi nirkabel pada tubuh satwa.

Tugas akhir ini berfokus pada perancangan dan realisasi *wearable* antena mikrostrip dengan menggunakan substrat *rubber* sehingga antena tidak mudah rusak dan bersifat fleksibel saat digunakan. Antena ini diintegrasikan pada satwa dengan model antena mikrostrip dengan *patch* berbentuk *rectangular* yang dimodifikasi menjadi *Octagonal* dengan menggunakan serabut tembaga.

Hasil simulasi antena *wearable Octagonal* saat kondisi *On-Body* memiliki *return loss* sebesar -20,17 dB, *VSWR* sebesar 1,21, *bandwidth* sebesar 100,5 MHz, pola radiasi *directional*, dan *gain* sebesar 3,433 dBi. Sedangkan hasil pengukuran memiliki *return loss* sebesar -15,725 dB, *VSWR* sebesar 1,636, *bandwidth* sebesar 135 MHz, dan pola radiasi *omnidirectional*. Adapun nilai SAR yang diperoleh sebesar 0,868 Watt/kg.

Kata kunci— satwa, *rubber*, antena *wearable*, *Octagonal*

I. PENDAHULUAN

Satwa adalah bagian dan sumber daya alam yang tidak ternilai harganya sehingga kelestariannya perlu dijaga melalui upaya meminimalisir perdagangan hewan ilegal dan pemburuan satwa langka. Berbagai jenis satwa ada di Indonesia memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi, karena dicari sebagai peliharaan yang eksotik. Potensi tersebut membuat tingginya perburuan untuk satwa tersebut yang dapat menurunkan populasi di alam. Berdasarkan peraturan perundang – undangan Indonesia (UU. Republik No.5 Tahun 1990 tentang konservasi sumber daya hayati dan ekosistemnya; Peraturan Pemerintah No.8 Tahun 1999 tentang pemanfaatan alam, jenis tumbuhan dan hewan; Peraturan Pemerintah No.7, 1999 tentang pengawetan flora

dan fauna), spesies yang dilindungi tidak diperbolehkan untuk dipanen, diperdagangkan atau dimiliki [1]. Oleh karena itu, untuk menyelesaikan permasalahan tersebut diperlukan suatu teknologi yang dapat mengetahui keberadaan satwa yang terancam ini. Teknologi antena *wearable* untuk memantau keberadaan satwa dapat menjadi solusi dengan memanfaatkan komunikasi nirkabel pada tubuh satwa.

Teknologi antena *wearable* saat ini sedang banyak dikembangkan oleh banyak instansi penelitian ataupun akademisi di seluruh dunia. Kemampuan mobilitas yang tinggi dan fleksibilitas yang baik, serta memiliki sifat *wearable* dan *wireless* membuat antena ini memiliki peluang untuk di terapkan diberbagai bidang yang ada. Penggunaan antena *wearable* dianggap praktis dan efisien karena pengintegrasian yang dapat dilakukan pada tubuh maupun aksesoris yang digunakan sehari-hari yang dapat dikenakan atau dipasang langsung pada lengan, punggung, dada, tungkai atau leher manusia maupun satwa tergantung pada kebutuhannya [9]. Beberapa penelitian memaparkan mengenai penggunaan antena berbahan substrat *rubber*, seperti pada penelitian [2] dijelaskan penggunaan antena substrat *rubber* dengan frekuensi kerja 2.4 GHz diintegrasikan pada aplikasi RFID dengan *patch* berbentuk *rectangular* dan menggunakan lembaran tembaga. Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan nilai *gain* sebesar -13.8 dBi. Pada penelitian lain [3] dilakukan perbandingan antena yang menggunakan substrat natural *rubber*, natural *rubber silica added*, dan *siloxane rubber*. Namun penelitian hanya dilakukan hingga perbandingan hasil simulasi, tanpa dilakukan pabrikan dengan didapatkan nilai *gain* sebesar 3.07 dBi untuk antena dengan substrat natural *rubber*, untuk natural *rubber silica added* sebesar 3.7 dBi, dan untuk *siloxane rubber* sebesar 4.7 dBi.

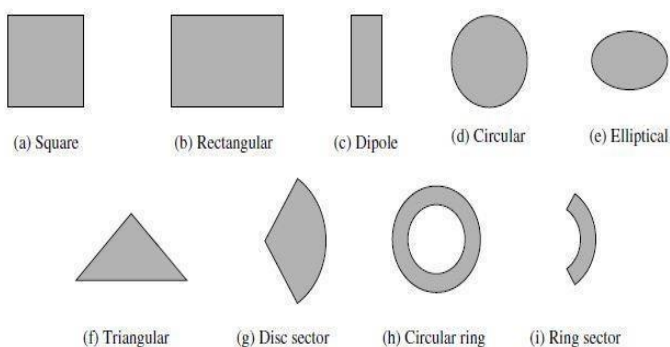
Penelitian Tugas Akhir ini akan dirancang dan direalisasikan antena *wearable* substrat *rubber* yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. Antena *wearable* ini dapat dengan mudah melacak, navigasi dan *mobile* sebagai antena pengganti modul wifi. Substrat yang digunakan adalah *rubber*. Antena ini akan diintegrasikan pada satwa dengan model antena mikrostrip dengan *patch* berbentuk *rectangular* yang dimodifikasi menjadi *Octagonal*, dengan menggunakan

serabut tembaga. Hal ini dilakukan agar antenna tidak mudah rusak dan bersifat lebih fleksibel saat digunakan.

II. KAJIAN TEORI

A. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip dan array sangat banyak dikembangkan belakangan ini karena karakternya yang baik, tipis secara elektrik, ringan, murah, praktis, dan lain-lain [6]. Antena mikrostrip merupakan suatu jenis antena yang populer digunakan untuk aplikasi yang bekerja pada frekuensi di atas 100 MHz. Antena ini bersifat low profile, sesuai untuk permukaan planar maupun non-planar, sederhana, tidak mahal untuk proses pencetakannya, serta jika bentuk patch telah ditentukan maka antena ini sangat serbaguna untuk digunakan pada berbagai frekuensi resonansi, polarisasi, pola radiasi, dan impedansi [5]. Antena mikrostrip terdiri dari patch metal yang dicetak pada bagian atas substrat yang tipis dan groundplane di bagian bawah substrat. Ketebalan antena mikrostrip (h) biasanya sekitar $0.003 \lambda_0 \leq h \leq 0.05 \lambda_0$. Adapun substrat yang biasa digunakan memiliki konstanta dielektrik di kisaran $1.17 \leq \epsilon_r \leq 25$, dan nilai loss tangent dari 0.0001 hingga 0.004 [7]. Gambar 1 berikut ditunjukkan beberapa bentuk patch antena mikrostrip yang biasa digunakan [5]:



GAMBAR 1
Bentuk Patch Antena Mikrostrip

B. Antena Wearable Bahan Rubber

Antena *wearable* bahan *rubber* merupakan suatu jenis antena fleksibel yang terbuat dari karet / *rubber* sepenuhnya atau sebagian dimana antena dapat diintegrasikan pada pakaian atau aksesoris yang digunakan sehari-hari, seperti baju, topi, sepatu, tas, dan sebagainya [7] [8]. Penelitian mengenai antena *wearable* berpusat pada pengembangan sistem komunikasi nirkabel terhadap tubuh manusia untuk mewujudkan fungsi seperti pengumpulan informasi kesehatan, transmisi data nirkabel, interaksi jaringan, dan sebagainya [8]. Antena *rubber* memiliki struktur yang mirip dengan antena konvensional dan terdiri dari tiga bagian, yaitu: *patch*, *groundplane*, dan substrat dielektrik. Perbedaannya, antena *rubber* harus memiliki bobot yang ringan, fleksibel, miniaturisasi, dan nyaman dikenakan [8].

C. Frekuensi Industrial, Scientific, and Medical (ISM)

Pada standar IEEE 802.11, telah ditetapkan alokasi pita frekuensi untuk penyebaran spektrum *Industrial, Scientific and Medical* (ISM) radio bands dengan rentang frekuensi 2,4 - 2,5 GHz untuk S-Band ISM dan 5,725 - 5,875 GHz untuk

C- Band ISM. Frekuensi ISM sendiri merupakan alokasi pita frekuensi radio yang tidak memerlukan lisensi (*unlicensed band*) atau penggunaannya dapat digunakan secara bebas oleh para pengguna [9]. Di Indonesia, Kementerian Komunikasi dan Informatika telah menetapkan alokasi frekuensi yang dapat digunakan untuk ISM sebagai berikut [10]:

TABEL 1
Alokasi Frekuensi

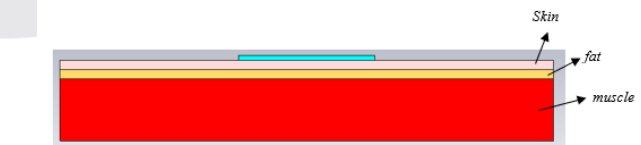
| Rentang Frekuensi (MHz) | Frekuensi Tengah (MHz) |
|-------------------------|------------------------|
| 13.553–13.567 | 13.560 |
| 26.957–27.283 | 27.120 |
| 40.66–40.70 | 40.68 |
| 902–928 | 915 |
| 2 400–2 500 | 2 450 |
| 5725–5875 | 5 800 |
| 24000–24250 | 5 800 |

D. Specific Absorption Rate (SAR)

Specific Absorption Rate (SAR) adalah suatu variabel yang digunakan untuk mengetahui besarnya daya elektromagnetik yang diserap oleh tubuh manusia saat berada di dekat perangkat RF. Nilai SAR biasanya berdasarkan rata-rata dari seluruh tubuh, atau setara dengan volume sampel kecil (biasanya 1 g jaringan untuk standar Amerika atau 10 g jaringan untuk standar Eropa). Menurut *Federal Communication Commission* dan IEEE, nilai SAR tidak boleh lebih dari 1.6 W/kg untuk standar Amerika [3]. Maksud dari 1.6 W/kg SAR adalah penyerapan energi elektromagnetik maksimal yang diperbolehkan adalah sebesar 1.6 Watt untuk setiap 1 kg massa tubuh. Sedangkan menurut standar *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP), nilai SAR maksimum sebesar 2 W/kg untuk standar Eropa [9].

E. Phantom

Phantom dapat didefinisikan sebagai suatu bentuk pemodelan fisik tubuh manusia untuk mensimulasikan karakteristik jaringan biologis. Tujuan dari *phantom* adalah mengganti model tubuh manusia yang sebenarnya saat simulasi dan mengeksplorasi interaksi antara jaringan manusia dengan medan elektromagnetik [8]. Sampai saat ini, *phantom* telah digunakan secara luas dalam penelitian medis tentang efek radiasi elektromagnetik terhadap kesehatan. Adapun Gambar 2 menunjukkan lapisan *phantom* terdiri dari skin, fat, muscle. Lapisan skin memiliki ketebalan 3 mm ($\epsilon_r = 41,3$ dan density 1109 kg/m^3), fat 3 mm ($\epsilon_r = 5,46$ dan density 911 kg/m^3), dan muscle 20 mm ($\epsilon_r = 54,97$ dan



density 1090 kg/m^3).

GAMBAR 2
Lapisan Phantom

F. Software 3D Modeler

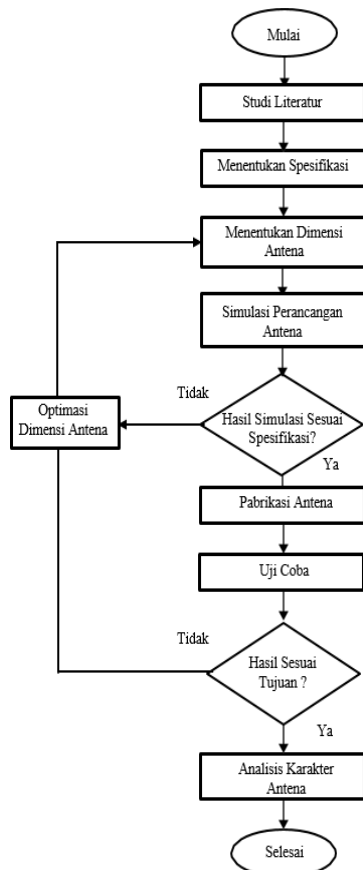
Software 3D modeler adalah perangkat lunak untuk merancang, mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem elektromagnetik, dan digunakan dalam teknologi terkemuka dan perusahaan industri di seluruh dunia. *Software* ini memiliki kemampuan melakukan simulasi dengan fitur baru

untuk desain filter, analisi interferensi dan simulasi *multiphysics*.

III. METODE

A. Diagram Blok

Gambar 3 menunjukkan proses yang dilakukan selama pengerjaan tugas akhir.



GAMBAR 3 Alur Proses Tugas Akhir

B. Spesifikasi Antena

Spesifikasi antena tekstil yang akan dirancang, yaitu:

- Frekuensi kerja : 2,4 GHz
- Impedansi input : 50 ohm
- VSWR : < 2
- Gain : ≥ 2 dBi
- Return loss : ≤ -10 dB
- Pola radiasi : Unidireksional
- 1 g SAR : $\leq 1,6$ W/kg

C. Pemilihan Bahan Antena dan Teknik Pencatu

Pada perancangan antena *rubber*, hal yang harus diperhatikan adalah pemilihan bahan berdasarkan kualitas, nilai ekonomis, dan ketersediaan bahan di pasaran. Beberapa parameter penting dalam pemilihan bahan yang tepat adalah ketebalan, konstanta dielektrik, dan *loss tangent* bahan. Adapun bahan yang digunakan pada perancangan antena *rubber* ini menggunakan benang tembaga untuk bagian *patch* dan *groundplane*, sedangkan untuk bagian substrat menggunakan *rubber*. Diantara sekat *patch* dan *groundplane* ditambahkan kain *fiber*. Kain *fiber* difungsikan agar menghindari *short* pada antena. Tabel 2 merupakan nilai karakteristik kedua

jenis kain yang akan digunakan sebagai substrat antena *rubber*.

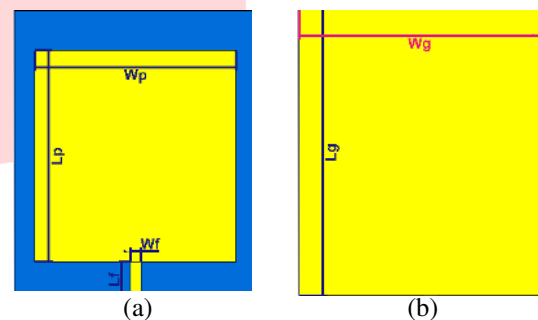
TABEL 2 Nilai karakteristik kedua jenis kain

| Jenis Bahan | Ketebalan (h) | Permitivitas Relatif | Loss Tangent |
|-------------|---------------|----------------------|--------------|
| Rubber | 1,88 mm | 3,1 | 0,02 |
| Kain fiber | 0,5 mm | 1,46 | 0,049 |

Pada perancangan antena *rubber* ini, metode pencatutan yang digunakan adalah teknik pencatutan *microstrip feedline*. Teknik ini merupakan teknik pencatutan yang menghubungkan langsung *patch* dengan konektor melalui *feedline*.

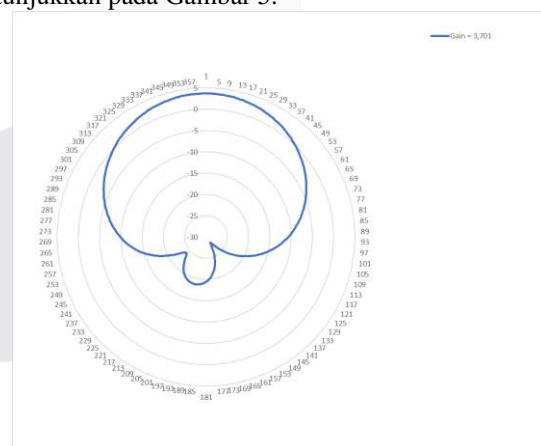
D. Simulasi Antena Patch Rectangular Kondisi Off-Body

Berikut adalah desain antena *patch rectangular* tampak depan dengan penambahan desain untuk kain *fiber*.



GAMBAR 4 Desain Antena Patch Rectangular Kondisi Off-Body

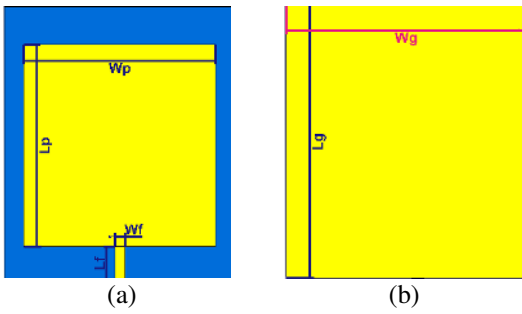
Gambar 4 (a) dan (b) menunjukkan desain antena *wearable* yang telah ditambahkan kain *fiber*. Hasil nilai *return loss* sebesar -19,67 dB pada frekuensi 2,4 GHz, sedangkan nilai VSWR sebesar 1.23, dan nilai *bandwidth* sebesar 99,7 MHz. Pola radiasi antena *wearable* ini *directional* dengan nilai *gain* sebesar 3,701 dBi yang ditunjukkan pada Gambar 5.



GAMBAR 5 Pola Radiasi Antena

E. Simulasi Antena Patch Rectangular Kondisi On-Body

Berikut adalah desain antena *patch rectangular* dengan phantom tampak depan dengan penambahan desain untuk kain *fiber*.

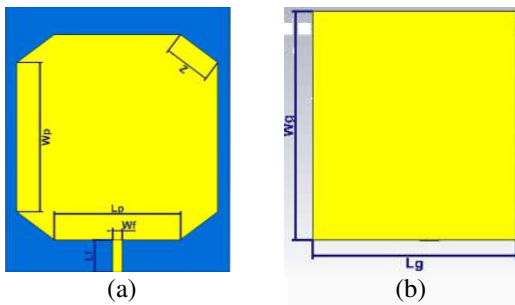


GAMBAR 6
Desain Antena Patch Rectangular Kondisi On-Body

Gambar 6 (a) dan (b) menunjukkan desain antena *wearable* yang telah ditambahkan kain *fiber* setelah optimasi dan ditempelkan phantom. Nilai *return loss* sebesar -21,67 dB pada frekuensi 2,4 GHz, nilai VSWR sebesar 1,17, dan nilai bandwidth sebesar 98,1 MHz. Sama halnya seperti simulasi tanpa phantom, antena *wearable* ini memiliki pola radiasi *directional* dengan nilai gain sebesar 7,271 dBi.

F. Simulasi Antena Patch Octagonal Kondisi Off-Body

Berikut adalah desain antena *wearable* dengan phantom yang telah dilakukan optimasi dengan bentuk *octagonal* seperti gambar berikut:

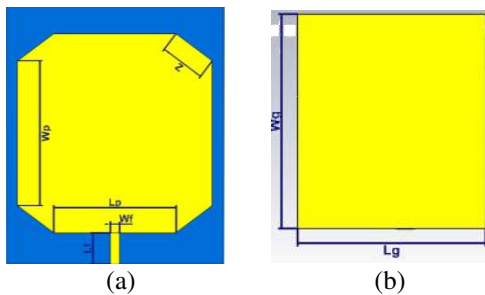


GAMBAR 7
Desain Antena Wearable Dengan Phantom

Pada Gambar 7 (a) dan (b) merupakan desain antena mikrostrip *Octagonal* tanpa phantom yang telah ditambahkan kain *fiber*. Pada frekuensi 2.4 GHz terdapat hasil nilai *return loss* = -17.57 dBi, nilai VSWR = 1.304, nilai bandwidth = 100,9 MHz, serta nilai gain = 5.011 dBi dengan bentuk pola radiasi *directional*.

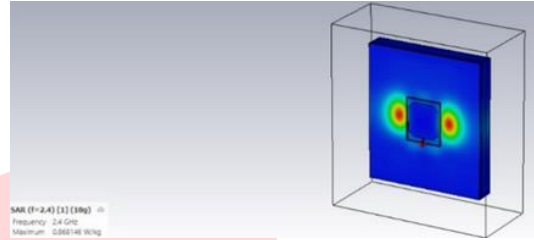
G. Simulasi Antena Patch Octagonal Kondisi On-Body

Berikut adalah desain antena *wearable* dengan phantom yang telah dilakukan optimasi dengan bentuk *octagonal* seperti gambar berikut:



GAMBAR 8
Desain Antena Wearable Dengan Phantom

Pada Gambar 8 (a) dan (b) merupakan desain antena *wearable Octagonal* dengan phantom yang telah ditambahkan kain *fiber*. Pada frekuensi 2.4 GHz terdapat hasil *return loss* = -20.17 dBi, nilai VSWR = 1.21, nilai bandwidth = 100,5 MHz, nilai gain = 3.433 dBi dengan bentuk pola radiasi *directional*. Adapun nilai SAR yang didapatkan sebesar 0,00187 Watt/kg. Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan, antena ini mencapai spesifikasi yang diharapkan sehingga layak ke tahap berikutnya, yaitu pabrikan.



GAMBAR 9
SAR Antena Octagonal

Adapun nilai SAR yang ditunjukkan pada Gambar 9 sebesar 0,868 Watt/kg. Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan, antena ini mencapai spesifikasi yang diharapkan, sehingga layak ke tahap berikutnya, yaitu pabrikan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Percobaan

Pada hasil percobaan ini berisi terkait pengukuran antena yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai parameter dari hasil simulasi dengan hasil pabrikan.

1. Realisasi Antena

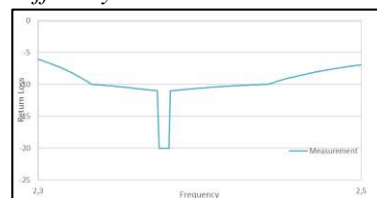
Realisasi antena merupakan bentuk dari perancangan antena, dan realisasikannya melalui proses pabrikan seperti pada Gambar 10.



GAMBAR 10
Hasil Pabrikasi Manual Antena Wearable

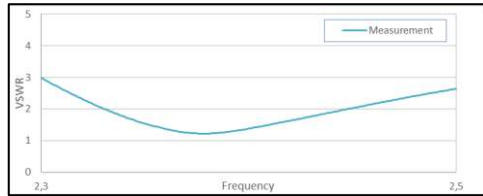
B. Hasil Pengukuran Return Loss, VSWR, dan Bandwidth

1. Kondisi Off-Body



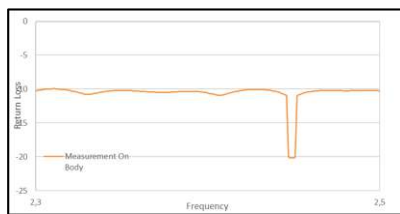
(a)
(b)
GAMBAR 11
Hasil Pengukuran *Return Loss*, *VSWR*, dan *Bandwidth*

Pada Gambar 11 (a) hasil pengukuran *return loss* dan *bandwidth off-body* dan (b) hasil pengukuran *VSWR Off-Body*, menunjukkan nilai *return loss*, *VSWR*, dan *bandwidth*

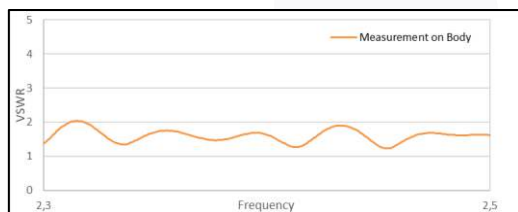


saat kondisi *off-body* dengan beberapa nilai yang diambil berdasarkan frekuensi kerja, yaitu 2.4 GHz. Berdasarkan hasil pengukuran antenna *wearable* tersebut diperoleh nilai *return loss* berdasarkan frekuensi kerja 2.4 GHz sebesar -16.024 dB dan *VSWR* sebesar 1.3753.

2. Kondisi *Off-Body*



(a)



(b)

GAMBAR 12
Hasil Pengukuran *Return Loss*, *VSWR*, dan *Bandwidth*

Pada Gambar 12 (a) hasil pengukuran *return loss* dan *bandwidth on-Bbody* dan (b) hasil pengukuran *VSWR On-Body*, menunjukkan nilai *return loss*, *VSWR*, dan *bandwidth* saat kondisi *On-Body* dengan beberapa nilai yang diambil berdasarkan frekuensi kerja, yaitu 2.4 GHz. Berdasarkan hasil pengukuran antenna *wearable* tersebut diperoleh nilai *return loss* berdasarkan frekuensi kerja 2.4 GHz sebesar -15,725 dB dan *VSWR* sebesar 1.636.

C. Analisis Pengukuran *Return Loss*, *VSWR*, *Bandwidth*, dan Pola Radiasi

Untuk hasil pengukuran *return loss* yang didapatkan pada frekuensi kerja 2.4 GHz sebesar -16.024 dB pada antenna *wearable Octagonal* tanpa phantom dan dengan phantom sebesar -15.725 dB.

TABEL 3
Perbandingan Pengukuran *Return Loss*

| Hasil | Rectangular tanpa Phantom | Rectangular dengan Phantom | Octagonal tanpa Phantom | Octagonal dengan Phantom |
|----------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Hasil Simulasi | -19.67 dB | -21.67 dB | -17.57 dB | -20.17 dB |

| | | | | |
|------------------|---|---|-----------|------------|
| Hasil Pengukuran | - | - | -16.04 dB | -15.725 dB |
|------------------|---|---|-----------|------------|

Untuk simulasi antenna *wearable* dengan bentuk *Octagonal* tanpa phantom dapat dilihat pada Tabel 4.

TABEL 4
Perbandingan Pengukuran *VSWR*

| Hasil | Rectangular tanpa Phantom | Rectangular dengan Phantom | Octagonal tanpa Phantom | Octagonal dengan Phantom |
|------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Hasil Simulasi | 1.23 | 1.17 | 1.30 | 1.21 |
| Hasil Pengukuran | - | - | 1.375 | 1.636 |

Untuk hasil perbandingan antara hasil simulasi dan hasil pengukuran nilai *bandwidth*, dapat dilihat pada Tabel 5.

TABEL 5
Perbandingan Pengukuran *Bandwidth*

| Hasil | Rectangular tanpa Phantom | Rectangular dengan Phantom | Octagonal tanpa Phantom | Octagonal dengan Phantom |
|------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Hasil Simulasi | 99.7 MHz | 98.1 MHz | 100.9 MHz | 100.5 MHz |
| Hasil Pengukuran | - | - | 40 MHz | 135 MHz |

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, simulasi, dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Antena yang dibuat memiliki jenis antena *microstrip* dengan bentuk *patch Octagonal*.
2. Antena yang telah dirancang dapat bekerja pada frekuensi yang sesuai denganspesifikasi yaitu 2.4 GHz.
3. Hasil simulasi antena *wearable Octagonal* saat kondisi *Off-Body* memiliki nilai *return loss* sebesar -17.57 dB, *VSWR* sebesar 1.30, *bandwidth* sebesar 100.9 MHz, *gain* sebesar 5.011 dBi, dan pola radiasi *directional*, sedangkan kondisi *On-Body* memiliki nilai *return loss* sebesar -20.17 dB, *VSWR* sebesar 1.21, *bandwidth* 100.5 MHz.
4. Hasil pengukuran kondisi *Off-Body* memiliki nilai *return loss* sebesar -16.04 dB, *VSWR* sebesar 1.375, dan *bandwidth* sebesar 40 MHz, sedangkan kondisi *On-Body* memiliki *return loss* sebesar -15.725 dB, *VSWR* sebesar 1.636, *bandwidth* sebesar 135 MHz, dan pola radiasi *omnidirectional*.
5. Antena *wearable Octagonal* memiliki SAR sebesar 0,858 Watt/kg.

REFERENSI

- [1] B. N. Eason, and I.N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," Phil. Trans. Roy. Soc. London, vol. A247, pp. 529-551, April 1955. (references)
- [2] J. C. Maxwell, "A Treatise on Electricity and Magnetism," 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [3] I. S. Jacobs and C.P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in Magnetism, vol. III, G.T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271-350.
- [4] Ur-Rehman, M., Abbasi, Q. H., Akram, M., &Parini, C. 2014. "Design Of Band-Notched Ultra Wideband

- Antenna For Indoor And *Wearable* Wireless Communications,” IET Microwaves, Antennas & Propagation. 9(3): 243-251.
- [5] Kwak, S. I., Sim, D. U., Kwon, J. H., & Do Choi, H. 2010., ”Design Of *Wearable* Communication Device For Body Protection From EM Wave Using The EBG Structure,” IEEE Microwave Conference (EuMC). 1433-1436.
- [6] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, “Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface,” IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740-741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetism Japan, p. 301, 1982].
- [7] M. Young, “The Technical Writer’s Handbook. Mill Valley,” CA: University Science, 1989.
- [8] S. F.Sabri, S. M. Sam, K. Kamardin, S. M. Daud, N. A. Salleh, 2016, “Review of The Current Design on *Wearable* Antenna in Medical Field and Its Challenges,” Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), vol. 7-8.
- [9] Atanasov, N. T., Lachezarova, G. A., Angelova, B., Paunov, M., Gurmanova, M., & Kouzmanova, M. (2022). *Wearable* Antennas for Sensor Networks and IoT Applications: Evaluation of SAR and Biological Effects. MDPI Journals, 9.

