

# Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Dual-Band Rectangular Metode Msa (Microstrip Slot Antenna) Untuk Meninjau Usia Biologis

1<sup>st</sup> Vionalisa Oktavia Kusuma Ningrum  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
vionalisaoktavia@student.telkomuniver  
sity.ac.id

2<sup>nd</sup> Edwar  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
edwar@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Dharu arseno  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
edwar@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**— Telemedis adalah teknologi yang berfungsi untuk sarana kesehatan jarak jauh menggunakan komunikasi wireless pada tubuh manusia. Telemedis yang dirancang pada Tugas Akhir ini adalah wearable antenna yaitu menggunakan antena mikrostrip berfungsi untuk mengirimkan data detak jantung guna meninjau usia biologis. Berdasarkan masalah diatas, digunakan metode Microstrip Slot Antenna (MSA) untuk mendapatkan hasil sesuai spesifikasi pada antena dual – band. Penambahan slot antena juga menghasilkan VSWR sesuai dengan spesifikasi pada kedua frekuensi. Serta dilakukan penebalan substrat untuk mencapai bandwidth yang lebar dan nilai gain yang sesuai spesifikasi. Pengujian dilakukan dua kondisi yaitu kondisi biasa dan on body. Hasil pengujian VSWR kondisi biasa frekuensi 2.4 GHz didapat 1,48 dengan bandwidth 160 MHz dan frekuensi 5.8 GHz didapatkan nilai 1,34 dengan bandwidth 250 MHz. Hasil pengujian VSWR kondisi on body frekuensi 2.4 GHz didapat nilai 1,27 dengan bandwidth 150 MHz dan frekuensi 5.8 GHz didapatkan nilai 1,10 dengan bandwidth 250 MHz. Nilai gain pada kondisi biasa yang didapatkan pada frekuensi 2.4 GHz sebesar 6,01 dan frekuensi 5.8 GHz sebesar 5,45 Sedangkan nilai gain pada kondisi on body yang didapatkan pada frekuensi 2.4 GHz sebesar 5,45 dan frekuensi 5.8 GHz sebesar 5,11 Pola Radiasi hasil pengujian di kedua frekuensi dan dua kondisi menunjukkan pola radiasi unidirectional.

**Kata kunci** — Telemedis, wearable antenna, mikrostrip, usia biologis, dual-band, kondisi biasa, kondisi on body, mikrostrip slot antenna.

## I. PENDAHULUAN

Usia kronologis biasanya apa yang kita ketahui dan didasarkan pada tanggal lahir [1]. Usia biologis adalah usia dari sel tubuh yang melakukan regenerasi setiap saat. Secara umum, orang yang lebih muda diharapkan memiliki kondisi kesehatan yang lebih baik dan bahaya kematiannya harus rendah dibandingkan dengan orang yang relatif lebih tua [1].

Teknologi yang digunakan untuk memudahkan seseorang mengetahui usia biologis adalah wearable device. Jenis wearable device yang digunakan dapat menghitung detak jantung seseorang. Kemudian pakaian ini dilengkapi dengan sebuah antena yang akan mengirimkan data untuk ditinjau ulang. Antena yang digunakan adalah antenna wearable, karena antena tersebut memiliki bahan yang ringan, lentur, dan nyaman digunakan. Teknologi yang disertakan untuk memantau kesehatan dari jarak jauh adalah WBAN ( Wireless Body Area Networks ) off-body centric. WBAN digunakan untuk mengirimkan data detak jantung per-menit

yang diperoleh. Realisasi antena akan dilakukan pengujian pada kondisi biasa dan kondisi on body serta menganalisis nilai VSWR, bandwidth, gain, dan pola radiasi.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Telemedis

Telemedis (Telemedicine) oleh WHO didefinisikan sebagai sebuah metode pemberian layanan antena oleh tenaga antena menggunakan teknologi informasi dan komunikasi sebagai sarana bertukar informasi yang dipercaya [5]. Selain itu, telemedis dapat dipergunakan untuk meningkatkan aksesibilitas pasien terhadap upaya antena promotive berupa konsultasi jarak jauh, yang mencakup edukasi antena dan penyakit, termasuk rehabilitasi [5].

### B. Industrial, Scientific, and Medical (ISM)

Industrial, Scientific, and Medical (ISM) merupakan band radio yang disediakan untuk penggunaan frekuensi radio untuk industri, ilmiah, dan medis [4]. Rentang frekuensi pita ISM adalah sebagai berikut [6] :

1. 902 MHz hingga 928 MHz (lebar 26 MHz)
2. 2,4 GHz hingga 2,5 GHz (lebar 100 MHz)
3. 5,725 GHz hingga 5,875 GHz (lebar 150 MHz)

Rentang frekuensi pita ISM mengikuti standardisasi Telekomunikasi ITU (ITU-T) S5.138 dan S5.150 peraturan radio [4].

### C. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah antena yang fleksibel sehingga cocok digunakan sebagai komponen wearable device. Karena bentuk antena yang bervariasi dan mudah menyesuaikan substrat, maka antena mikrostrip yang dipilih untuk penelitian ini. Antena mikrostrip terdiri menjadi 3 bagian yaitu *groundplane*, *patch*, substrat.

### D. Dual-Band Antena

Antena mikrostrip dual-band merupakan suatu teknik menggabungkan dua patch antena mikrostrip yang memiliki frekuensi berbeda [4]. Salah satu cara yang digunakan untuk membuat antena dual-band adalah dengan menambahkan slot di dalam patch untuk menghasilkan frekuensi berbeda.

### E. Perhitungan Dimensi Antena Mikrostrip Patch Rectangular

Bentuk patch yang digunakan pada rancangan antenna mikrostrip ini yaitu rectangular. Berdasarkan pada [10], berikut rumus untuk menentukan dimensi antenna :

a. Menentukan Lebar Patch (Wp)

$$W_p = \frac{c}{2f_0 \sqrt{(\epsilon_r + 1)}} \quad (2.1)$$

b. Menentukan Panjang Patch (Lp)

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-1/2} \quad (2.2)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (2.3)$$

$$\Delta L = 0,412 h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left( \frac{w}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left( \frac{w}{h} + 0,8 \right)} \quad (2.4)$$

$$L_p = L_{eff} - 2\Delta L \quad (2.5)$$

c. Lebar Substrat (Wg)

$$W_g = 6h + W_p \quad (2.6)$$

d. Panjang Substrat (Lg)

$$L_g = 6h + L_p \quad (2.7)$$

F. Microstrip Slot Antenna (MSA)

Antena mikrostrip memiliki bandwidth yang sempit, salah satu teknik yang digunakan dalam menambahkan bandwidth ialah dengan penambahan slot pada patch antenna [11].

G. Teknik Pencatutan Antena Mikrostrip feed-line

Pada teknik pencatutan ini, potongan konduktor dihubungkan langsung ke tepi patch [13]. Dimana bagian feed-nya menghubungkan antara patch dengan konektor atau port [4]. Penentuan dimensi lebar (Wf) dan panjang (Lf) dari *microstrip feed line* ialah [12] :

a. Lebar Feed (Wf)

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \times \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \times \left[ \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.8)$$

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.9)$$

b. Panjang Feed (Lf)

$$\alpha g : \frac{c}{f \times \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.10)$$

$$L_f = \frac{\alpha g}{4} \quad (2.11)$$

H. Wireless Body Area Network (WBAN)

WBAN dapat digunakan pada bidang kesehatan, posisi WBAN pada tubuh manusia dapat dibagi menjadi 3, yaitu [14]:

- *In-Body Centric*
- *On-Body Centric*
- *Off-Body Centric*

I. Wearable Antenna

*Wearable antenna* merupakan sebuah antenna yang cocok digunakan pada komunikasi *Wireless Body Area Network* (WBAN) karena antenna tersebut dirancang untuk menempel pada pakaian atau tubuh manusia [4].

TABEL 2.1  
Karakteristik Material Tekstil [16].

Material	Permitivitas	Loss Tangent	Ketebalan (mm)
Denim	1.7	0.025	1
Cotton	1.6	0.02	2.808
Felt	1.3	0.02	1.1
Fleece	1.17	0.0035	2.55

J. Body Phantom Sebagai Objek Pengujian

*Wearable antenna* dengan tujuan pemantauan membuat antenna berada dekat tubuh manusia. Pemodelan *body phantom* akan ditambahkan pada rancangan antenna sebagai objek pengujian dalam analisis kinerja antenna tersebut. Model *body phantom* yang ditambahkan terdiri dari jaringan kulit, lemak dan otot dengan karakteristik berdasarkan pada antenna berikut.

TABEL 2.2  
Karakteristik *BodyPhantom* [17]

Struktur Penyusun	Konduktivitas ( $\sigma$ )	Permitivitas Relatif ( $\epsilon_r$ )	Ketebalan (mm)
Kulit	5.0138	31.29	skin = 2
Lemak	0.1	5.28	fat = 8
Otot	1.705	52.79	muscle = 23

K. Specific Absorption Rate ( SAR )

Penggunaan *wearable antenna* dapat menyebabkan terjadinya penyerapan radiasi gelombang elektromagnetik oleh tubuh. Untuk melindungi tubuh manusia dari bahaya radiasi gelombang elektromagnetik, ditetapkan nilai *Specific Absorption Rate* (SAR) oleh standar internasional ANSI/IEEE (Amerika), bahwa nilai SAR yang aman bagi tubuh manusia adalah sebesar 1,6 W/Kg [19].

L. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik merupakan sebuah gelombang yang dapat merambat meskipun tidak memiliki media rambatnya. Energi elektromagnetik merambat dalam gelombang dengan beberapa karakter yang bisa diukur, yaitu : antenna gelombang / *wavelength*, frekuensi, amplitudo, kecepatan [20]

M. Pembacaan usia Biologis

Gelombang elektromagnetik merupakan sebuah gelombang yang dapat merambat meskipun tidak memiliki media rambatnya. Energi elektromagnetik merambat dalam gelombang dengan beberapa karakter yang bisa diukur, yaitu : antenna gelombang / *wavelength*, frekuensi, amplitudo, kecepatan [20]. Pada penelitian ini akan dikirimkan data pembacaan usia biologis yaitu detak jantung melalui *wearable device* yang akan langsung menempel dengan tubuh.

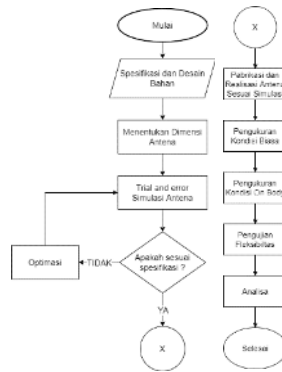
N. Kondisi Pengukuran

Pengukuran antenna setelah fabrikasi dilakukan dalam 2 jenis kondisi yaitu kondisi biasa dan kondisi *on body* :

1. Kondisi Biasa : Kondisi pengukuran dimana antenna berada di area udara bebas dan tidak menempel dengan benda apapun.
2. Kondisi *On Body* : Kondisi pengukuran dimana antenna menempel dengan *phantom* / tubuh dengan jarak tertentu.

### III. METODE

A. Metode Perancangan



GAMBAR 3.1

Diagram Alir Perancangan Wearable Antenna

Untuk merancang antenna *dual-band* perlu melalui beberapa tahapan. Pertama harus memilih spesifikasi antenna dan bahan yang diperlukan kemudian penghitungan rumus guna menentukan dimensi dan model antenna, selanjutnya dilakukan simulasi. Apabila pada saat simulasi nilai yang keluar belum sesuai dengan spesifikasi, maka perlu dilakukan optimasi guna mencapai nilai yang ditargetkan. Optimasi dapat dilakukan melalui pabrikan, penggunaan metode MSA (*Microstrip Slot Antenna*) atau bisa juga dengan mengubah parameter antenna agar tercapai nilai yang sesuai dengan spesifikasi.

Setelah optimasi nilai yang didapat sudah sesuai target maka dilanjutkan dengan proses fabrikasi. Kemudian dilakukan pengukuran antenna dengan parameter meliputi VSWR, *Bandwidth*, *Gain*, dan Pola Radiasi. Proses pengukuran dilakukan pada dua kondisi yaitu kondisi biasa dan kondisi *on body*. Tahap terakhir menganalisa hasil yang diperoleh dari parameter tersebut.

B. Desain Sistem

Pada percobaan antenna tahap awal, antenna akan disimulasikan pada dua kondisi. Pertama pada kondisi biasa atau diluar tubuh dan yang kedua pada kondisi *on body* yaitu bersentuhan langsung dengan tubuh. Penggunaan komunikasi WBAN pada penelitian kali ini terbagi menjadi dua yaitu *On Body Centric* dan *Off Body Centric*. Cara kerja alat ini adalah dengan menempelkan sensor pada tubuh manusia. Kemudian sensor tersebut akan mengirimkan data yang didapat melalui antenna pemancar.

C. Penentuan Spesifikasi *Wearable Antenna*

Spesifikasi antenna pada penelitian tugas ini, meliputi perancangan dan simulasi antenna *dual-band* menggunakan frekuensi *Industrial Scientific and Medical* 2,4 GHz dan 5,8 GHz. Penelitian ini menggunakan substrat *cotton textile* dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Frekuensi kerja : 2,4 GHz dan 5,8 GHz
2. Bandwidth total : > 100 MHz
3. Pola radiasi : *Unidirectional*
4. SAR : < 1,6 W/kg
5. VSWR : ≤ 2
6. Impedansi input : 50 Ohm
7. *Gain* : > 3 dBi

D. Karakteristik Bahan Penyusun Komponen Antenna

*Wearable antenna* jenis mikrostrip yang dirancang ini menggunakan bahan tekstil *cotton/polyster* sebagai substrat

dan bahan *copper tape* sebagai *patch* dan *groundplane* nya dengan karakteristik bahan sebagai berikut,

TABEL 3.1  
Karakteristik Bahan [16].

Komponen	Bahan	Permittivitas Relative ( $\epsilon_r$ )	Ketebalan
<i>Patch and Groundplane</i>	<i>Copper Tape</i>	-	t = 0.1mm
Substrat	<i>Cotton</i>	1.16	h = 2.8mm

E. Penentuan Teknik Catuan

Pada penelitian ini menggunakan antenna catuan mikrostrip *feed-line*. Teknik pencatuan ini digunakan pada pembuatan antenna *wearable dual-band* karena dianggap lebih sederhana dan mudah direalisasikan. Pada antena pencatuan mikrostrip *feed-line* akan dihubungkan langsung pencatu dengan port, sehingga akan memudahkan proses fabrikasi.

F. Dimensi Antenna Berdasarkan Perhitungan

1. Lebar *patch*

$$W_p = \frac{c}{2f_0} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

$$W_p = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2,4 \times 10^9} \sqrt{\frac{2}{1,6 + 1}}$$

$$W_p = 54,8161 \text{ mm}$$

2. Panjang Patch ( $L_p$ )

$$L_p = L_{eff} - 2\Delta L$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad \text{dimana } \epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-1/2}$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{1,6 + 1}{2} + \frac{1,6 - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{4 \times 10^{-3}}{54,8161 \times 10^{-3}} \right]^{-1/2}$$

$$\epsilon_{reff} = 1,5987$$

$$\Delta L = 0,412 h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left( \frac{w}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left( \frac{w}{h} + 0,8 \right)}$$

$$\Delta L = 0,412 \times 4 \frac{(1,5987 + 0,3) \left( \frac{54,8161 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-3}} + 0,264 \right)}{(1,5987 - 0,258) \left( \frac{54,8161 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-3}} + 0,8 \right)}$$

$$\Delta L = 2,247 \text{ mm}$$

Sehingga,

$$L_p = \frac{3 \times 10^{-3}}{2 \times 2,4 \times 10^9 \sqrt{1,5987}} - 2 (2,247 \times 10^{-3}) = 44,94 \text{ mm}$$

3. Lebar Substrat ( $W_g$ )

$$W_g = 6h + W_p$$

$$W_g = (6 \times 4 \times 10^{-3}) + (54,8161 \times 10^{-3}) = 78,816 \text{ mm}$$

4. Panjang Substrat ( $L_g$ )

$$L_g = 6h + L_p$$

$$L_g = (6 \times 4 \times 10^{-3}) + (44,94 \times 10^{-3}) = 68,94 \text{ mm}$$

5. Lebar Feed ( $W_f$ )

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

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$B = \frac{60 \times 3,14}{50 \sqrt{1,5987}} = 9,35$$

$$W_f = \frac{(2 \times 4 \times 10^{-3})}{3,14} \times \left\{ 9,35 - 1 - \ln(18,717 - 1) + \frac{1,5987 - 1}{2 \times 1,5987} \times \left[ \ln(9,35) + 0,39 - \frac{0,61}{1,5987} \right] \right\}$$

$$W_f = 16,9 \text{ mm}$$

6. Panjang Feed ( $L_f$ )

$$L_f = \frac{\lambda g}{4}$$

$$\lambda g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}}$$

$$\lambda_o = \frac{c}{fr}, \lambda_o = \frac{3 \times 10^{11}}{2,4 \times 10^9} = 125$$

Sehingga,

$$Lf = \frac{\left(\frac{125}{\sqrt{1,5987}}\right)}{4}, Lf = 24,78 \text{ mm}$$

7. Dimensi Slot

- Lebar Patch Slot ( $W_s$ )

$$W_s = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{r+1}}}$$

$$W_s = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 5,8 \times 10^9 \sqrt{1,5987+1}}$$

$$W_s = 22,6882 \text{ mm}$$

8. Panjang Patch Slot ( $L_s$ )

$$L_s = L_{eff} - 2\Delta L$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad \text{dimana } \epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-1/2}$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{1,5987+1}{2} + \frac{1,5987-1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{4 \times 10^{-3}}{22,6882 \times 10^{-3}} \right]^{-1/2}$$

$$\epsilon_{reff} = 1,469$$

$$\Delta L = 0,412 h \frac{(\epsilon_{reff}+0,3) \left(\frac{w}{h}+0,264\right)}{(\epsilon_{reff}-0,258) \left(\frac{w}{h}+0,8\right)}$$

$$\Delta L = 0,412 \times 4 \frac{(1,469+0,3) \left(\frac{22,6882 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-3}}+0,264\right)}{(1,469-0,258) \left(\frac{22,6882 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-3}}+0,8\right)}$$

$$\Delta L = 2,208 \text{ mm. Sehingga,}$$

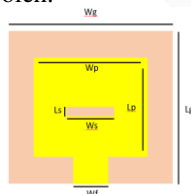
$$L_s = \frac{3 \times 10^{-3}}{2 \times 5,8 \times 10^9 \sqrt{1,469}} - 2 (2,208 \times 10^{-3}) = 4,416 \text{ mm}$$

TABEL 3.2  
Dimensi Antena Berdasarkan Perhitungan

No	Nama	Simbol	Ukuran (mm)
1	Lebar Groundplane dan Substrat	Wg	78,816
2	Panjang Groundplane dan Substrat	Lg	68,94
3	Lebar Patch	Wp	54,8161
4	Panjang Patch	Lp	44,94
5	Lebar Slot	Ws	22,6882
6	Panjang Slot	Ls	4,416
7	Lebar Feed	Wf	16,9
8	Panjang Feed	Lf	24,78

9. Hasil Simulasi

Tahap selanjutnya setelah melakukan perhitungan dengan rumus adalah melakukan perancangan menggunakan dimensi awal yang diperoleh.



GAMBAR 3.2  
Dimensi Awal Antena.

Setelah melakukan perancangan antena awal dari hasil perhitungan maka di dapat hasilnya seperti berikut.

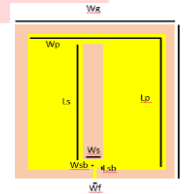


GAMBAR 3.3  
Nilai VSWR Simulasi Awal.

Hasil yang diperoleh setelah melakukan simulasi awal dengan menggunakan perhitungan awal, belum sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Nilai VSWR yang diperoleh pada frekuensi 2.4 GHz adalah 55.444 dan pada frekuensi 9.8 adalah 14.550 seperti pada Gambar 3.3. Sehingga perlu dilakukan optimasi lagi hingga sesuai spesifikasi yang diharapkan yaitu nilai VSWR sebesar  $\leq 2$ .

G. Optimasi Antena

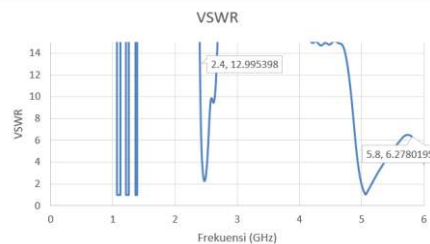
1. Tebal Substrat 2 mm



GAMBAR 3.4  
Antena Hasil Optimasi Tebal Substrat 2 mm

TABEL 3.3  
Parameter Antena Hasil Optimasi Tebal Substrat 2 mm

No	Nama	Simbol	Ukuran (mm)
1	Lebar patch	Wp	38,816
2	Panjang patch	Lp	43,5304
3	Lebar patch slot	Ws	5,879
4	Panjang patch slot	Ls	36,945
5	Lebar substrat & groundplane	Wg	44,816
6	Panjang substrat & groundplane	Lg	49,0775
7	Lebar feed	Wf	1
8	Panjang feed	Lf	15
9	Lebar Slot Bawah	Wsb	0.5
10	Panjang Slot Bawah	Lsb	1
11	Tebal substrat	h	2



GAMBAR 3.5

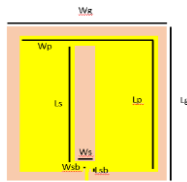
Grafik VSWR Hasil Optimasi Substrat 2 mm

Slot pada dimensi awal berbentuk vertikal kemudian diubah menjadi bentuk horizontal, disebabkan karena



perubahan bentuk slot berpengaruh pada nilai VSWR dikedua frekuensi 2,4 GHz dan 5,8 GHz. Ketika slot diubah menjadi bentuk horizontal, pada VSWR frekuensi 2,4 GHz didapatkan nilai 12,995 dan frekuensi 5,8 GHz didapatkan nilai 6,278. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan bentuk slot berpengaruh pada nilai VSWR.

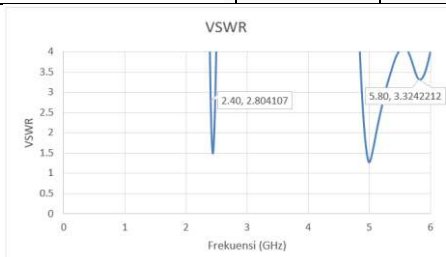
2. Tebal Substrat 3 mm



GAMBAR 3.6 Antena Hasil Optimasi Tebal Substrat 3 mm

TABEL 3.4 Parameter Antena Hasil Optimasi Tebal Substrat 3 mm

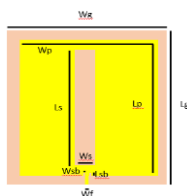
No	Nama	Simbol	Ukuran (mm)
1	Lebar patch	Wp	38,816
2	Panjang patch	Lp	43,5304
3	Lebar patch slot	Ws	5,879
4	Panjang patch slot	Ls	36,945
5	Lebar substrat & groundplane	Wg	44,816
6	Panjang substrat & groundplane	Lg	49,0775
7	Lebar feed	Wf	1
8	Panjang feed	Lf	15
9	Lebar Slot Bawah	Wsb	0,5
10	Panjang Slot Bawah	Lsb	1
11	Tebal substrat	h	3



GAMBAR 3.7 Grafik VSWR Hasil Optimasi Substrat 3 mm

Hasil VSWR yang diperoleh dari penambahan tebal substrat menjadi 3 mm adalah pada frekuensi 2,4 GHz didapatkan nilai VSWR 2,80 dan frekuensi 5,8 GHz 3,32. Hal ini menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh semakin mendekati parameter spesifikasi..

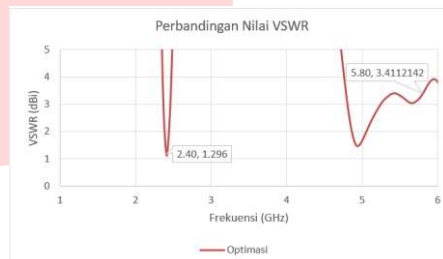
3. Tebal Substrat 4 mm



GAMBAR 3.8 Antena Hasil Optimasi Tebal Substrat 4 mm

TABEL 3.5 Parameter Antena Hasil Optimasi Tebal Substrat 4 mm

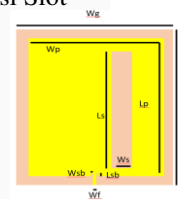
No	Nama	Simbol	Ukuran (mm)
1	Lebar patch	Wp	38,816
2	Panjang patch	Lp	43,5304
3	Lebar patch slot	Ws	5,879
4	Panjang patch slot	Ls	36,945
5	Lebar substrat & groundplane	Wg	44,816
6	Panjang substrat & groundplane	Lg	49,0775
7	Lebar feed	Wf	1
8	Panjang feed	Lf	15
9	Lebar Slot Bawah	Wsb	0,5
10	Panjang Slot Bawah	Lsb	1
11	Tebal substrat	h	4



Gambar 3.9 Grafik VSWR Hasil Optimasi Substrat 4 mm

Setelah melakukan optimasi dengan menambahkan ketebal substrat menjadi 4 mm didapatkan nilai VSWR pada frekuensi 2.4 GHz adalah 1.296 dan pada frekuensi 5.8 GHz adalah 3.38. Nilai VSWR pada frekuensi 2,4 GHz sudah memenuhi spesifikasi tetapi nilai VSWR pada frekuensi 5,8 GHz belum memenuhi spesifikasi. Sehingga perlu melakukan optimasi lebih lanjut.

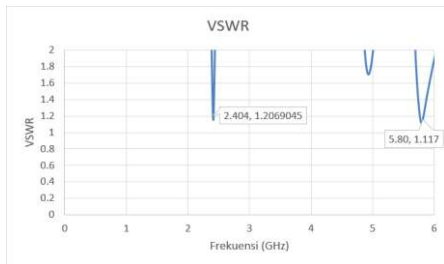
4. Pergeseran Posisi Slot



Gambar 3.10 Antena Hasil Optimasi Pergeseran Posisi Slot

TABEL 3.6 Parameter Antena Hasil Optimasi Pergeseran Posisi Slot

No	Nama	Simbol	Ukuran (mm)
1	Lebar patch	Wp	38,816
2	Panjang patch	Lp	43,5304
3	Lebar patch slot	Ws	5,879
4	Panjang patch slot	Ls	36,945
5	Lebar substrat & groundplane	Wg	44,816
6	Panjang substrat & groundplane	Lg	49,0775
7	Lebar feed	Wf	1
8	Panjang feed	Lf	15
9	Lebar Slot Bawah	Wsb	0,5
10	Panjang Slot Bawah	Lsb	1
11	Tebal substrat	h	4



GAMBAR 3.11

Grafik VSWR Hasil Optimasi Pergeseran Posisi Slot

Gambar 3.11 merupakan hasil oprimasi setelah slot tengah digeser ke kanan. Setelah dilakukan pergeseran didapatkan nilai VSWR pada frekuensi 2,4 GHz sebesar 1,206 dan frekuensi 5,8 GHz sebesar 1,117.

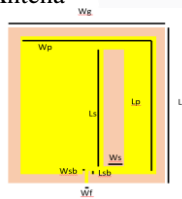
5. Perbandingan Hasil Optimasi

TABEL 3.7  
Perbandingan Hasil Simulasi dan Optimasi

VSWR	Frekuensi (GHz)	Percobaan				
		Hasil Simulasi Awal	Optimasi			
			h = 2 mm	h = 3 mm	h = 4 mm	Geser Posisi Slot
	Frekuensi 2,4 GHz	55.444	12.995	2.804	1.296	1.206
	Frekuensi 5,8 GHz	14.55	6.278	3.324	3.411	1.117

Tabel 3.7 merupakan perbandingan nilai VSWR dari mulai simulasi antenna hingga optimasi. Selain sebagai perbandingan nilai VSWR, hasil perbandingan simulasi awal hingga optimasi terakhir yang dilakukan menandakan bahwa perbedaan ketebalan substrat khususnya *cotton textile* berpengaruh pada nilai permitivitas bahan tersebut. Namun, perbedaan permitivitas yang disebabkan penambahan tebal substrat tidak terlalu besar atau berpengaruh signifikan, karena hasil parameter pada simulasi dan optimasi  $\leq 100$  MHz.

H. Dimensi Akhir Antena



GAMBAR 3.12  
Dimensi Akhir Antena

TABEL 3.8  
Ukuran Dimensi Akhir Antena

No	Nama	Simbol	Ukuran (mm)
1	Lebar patch	Wp	38,816
2	Panjang patch	Lp	43,5304
3	Lebar patch slot	Ws	5,879
4	Panjang patch slot	Ls	36,945
5	Lebar substrat & groundplane	Wg	44,816

6	Panjang substrat & groundplane	Lg	49,0775
7	Lebar feed	Wf	1
8	Panjang feed	Lf	15
9	Lebar Slot Bawah	Wsb	0.5
10	Panjang Slot Bawah	Lsb	1
11	Tebal substrat	h	4

Hasil simulasi dimensi akhir menunjukkan bahwa nilai VSWR sudah  $\leq 2$  yang artinya sesuai spesifikasi. Nilai VSWR pada frekuensi 2,4 GHz menunjukkan 1.206 dan pada frekuensi 5,8 GHz menunjukkan 1.117. Sedangkan untuk bandwidth pada frekuensi 2,4 GHz sebesar 51,3 MHz dan pada frekuensi 5,8 sebesar 343,1 MHz. Dapat dilihat pada Gambar 3.13.



GAMBAR 3.13

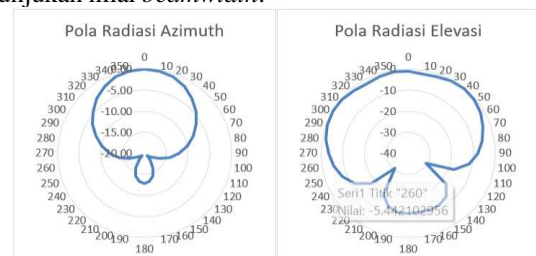
Grafik VSWR dan Bandwidth dimensi akhir.

Nilai *gain* yang didapatkan setelah simulasi dimensi akhir sudah memenuhi spesifikasi yaitu bernilai  $\geq 3$ . Nilai *gain* yang didapatkan pada frekuensi 2,4 GHz adalah sebesar 6,462 dBi dan pada frekuensi 5,8 GHz didapatkan nilai *gain* sebesar 6,09 dBi.

TABEL 3.9  
Nilai Gain Simulasi  
Nilai Gain Simulasi

Frekuensi 2,4 GHz	Frekuensi 5,8 GHz
6,462 dBi	6,09 dBi

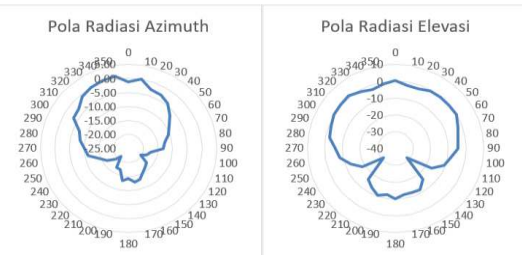
Gambar 3.14 menampilkan hasil polaradiasi untuk frekuensi 2,4 GHz pada bidang azimuth dan elevasi. Polaradiasi tersebut tergolong kedalam jenis *unidirectional*, karena pancarannya hanya fokus satu arah. Lebar sudut antenna pada main lobe digambarkan dengan garis berwarna biru yang menunjukkan nilai *beamwidth*.



GAMBAR 3.14

Simulasi Polaradiasi 2,4 GHz bidang Azimuth dan Elevasi

Gambar 3.15 menampilkan hasil polaradisasi untuk frekuensi 5,8 GHz pada bidang azimuth dan elevasi. Polaradisasi tersebut tergolong kedalam jenis *unidirectional*, karena pancarannya hanya fokus satu arah. Lebar sudut antenna pada main lobe digambarkan dengan garis berwarna biru yang menunjukkan nilai *beamwidth*.



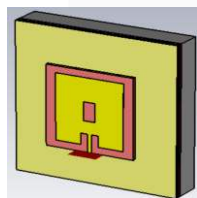
GAMBAR 3.15 Simulasi Polaradisasi 5,8 GHz bidang Azimuth dan Elevasi

Hasil optimasi dimensi akhir sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan dengan nilai parameter seperti pada Tabel 3.10. Namun, nilai bandwidth pada frekuensi 2,4 GHz belum sesuai, sehingga akan dilakukan optimasi khusus ketika tahap fabrikasi.

Tabel 3.10 Hasil Parameter Akhir Antena

No	Parameter	Frekuensi	
		2,4 GHz	5,8 GHz
1	VSWR	1,206	1,117
2	Bandwidth	51,3 MHz	343,1 MHz
3	Gain	6,462 dBi	6,09 dBi
4	Pola Radiasi	Unidirectional	Unidirectional

I. Simulasi Antena Pada *Phantom*



Gambar 3.16 Antena Dengan *Phantom* Pergelangan Tangan.

Tugas Akhir ini, menggunakan desain *phantom* pergelangan tangan. Penggunaan *phantom* adalah bertujuan untuk mengetahui apakah antenna bekerja dengan baik ketika diletakkan pada tubuh manusia. Simulasi ini menggunakan jarak 0 mm atau menempel langsung dengan tubuh. Penyusun *phantom* pada simulasi adalah kulit, lemak, dan otot. Simulasi *phantom* memperhatikan khususnya SAR (*Specific Absorption Ratio*).

TABEL 3.11 Hasil Simulasi Nilai SAR Pada *Phantom*

Frekuensi	Jarak (mm)	SAR (W/kg)
2,4 GHz	0	0,9337
5,8 GHz	0	0,1918

Tabel 3.11 menunjukkan hasil simulasi nilai SAR pada antenna dengan *phantom* punggung tangan. Nilai SAR yang didapatkan tergolong baik dan antenna mampu bekerja dengan baik. Karena nilai SAR pada frekuensi 2,4 GHz adalah 0,9337 dan pada frekuensi 5,8 GHz adalah 0,1918 yang berarti  $\leq 1,6$  W/Kg.

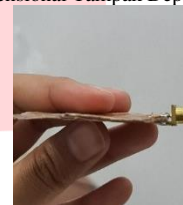
IV. PENGUKURAN DAN ANALISA

A. Realisasi Antena

Realisasi atau fabrikasi antenna dilakukan setelah perancangan dan simulasi antenna selesai dilakukan menggunakan *CST Studio Suite*. Antena *wearable* yang difabrikasi memiliki substrat katun yang terdiri dari 4 lapis dan masing – masing tebal lapisan katunnya adalah 1 mm. Sehingga antenna *wearable* tersebut memiliki tebal substrat 4 mm.



GAMBAR 4.1 Antena Konvensional Tampak Depan dan Belakang



GAMBAR 4.2 Antena Konvensional Tampak Samping

Gambar 4.1 menunjukkan hasil fabrikasi antenna tampilan depan dan belakang. Gambar 4.2 menunjukkan hasil fabrikasi antenna tampak samping. Serta dapat dilihat dengan jelas ketebalan antenna dengan substrat tekstil katun setebal 4 mm. Proses fabrikasi antenna seluruhnya dilakukan secara *handmade*, hal ini menyebabkan tidak sempurnanya potongan tekstil dan *copper tape*.

B. Alat Ukur Antena

1. *Vector Network Analyzer* (VNA)

*Vector Network Analyzer* (VNA) adalah alat yang kegunaannya untuk mengukur nilai dari *Returnloss* serta VSWR pada antenna yang telah direalisasikan. Adapun keluaran yang dihasilkan oleh VNA merupakan sebuah grafik. VNA yang digunakan memiliki frekuensi kerja dari 300 KHz- 8 GHz.

2. Antena Referensi

Antena referensi yang digunakan adalah Antena Horn. Antena ini berfungsi acuan pengukuran pola radiasi dan *gain*.

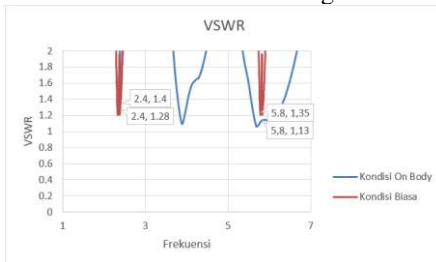
C. Prosedur Pengukuran VSWR dan *Bandwidth*

Pengukuran VSWR dan *bandwidth* pada tugas akhir ini meliputi dua kondisi yaitu pengukuran secara *on body* dan biasa. Pengukuran VSWR dan *bandwidth* pada tugas akhir ini menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA) dan *Converter N to SMA*. Berikut merupakan prosedur pengukuran VSWR dan *bandwidth* :

1. Nyalakan *Vector Network Analyzer* (VNA), kemudian sambungkan pada VNA converter N to SMA pada port 1.
2. Atur rentang frekuensi yang dibutuhkan, pada Tugas Akhir ini memiliki frekuensi kerja di 3,5 GHz.
3. Untuk melakukan pengukuran return loss pilih tombol pada VNA yaitu “Log Mag” sedangkan untuk pengukuran VSWR dan *bandwidth* pilih tombol “SWR”.
4. Kemudian untuk memberikan tanda pada frekuensi yang

diinginkan pilih tombol “Marker”.

- Setelah mengikuti semua langkah-langkah diatas maka akan muncul dilayar monitor VNA hasil pengukuran.
- Lalu setelah memperoleh hasil pengukuran, simpan data pada file dalam bentuk csv dan image.



GAMBAR 4.3  
Perbandingan Nilai VSWR dan Bandwidth.

Gambar 4.3 adalah grafik perbandingan nilai VSWR dan bandwidth. Nilai VSWR dan bandwidth yang diambil adalah kondisi *On Body* dan biasa. Pada frekuensi 2,4 GHz kondisi biasa didapatkan nilai VSWR sebesar 1,28 dengan nilai bandwidth 160 Mhz untuk  $VSWR \leq 2$ . Sedangkan frekuensi 2,4 GHz pada kondisi *on body* didapatkan nilai VSWR 1,4 dengan nilai bandwidth 160 MHz untuk  $VSWR \leq 2$ .

Pada frekuensi 5,8 GHz didapatkan juga nilai VSWR dan bandwidth kondisi biasa dan *on body*. Frekuensi 5,8 GHz dengan kondisi biasa didapatkan nilai VSWR 1,35 dengan bandwidth 250 MHz untuk  $VSWR \leq 2$ . Sedangkan nilai pada frekuensi 5,8 GHz kondisi *on body* 1,13 GHz dengan bandwidth 300 MHz untuk  $VSWR \leq 2$ . Hal ini menunjukkan bahwa lebar bandwidth pada kondisi biasa lebih besar karena bisa disebabkan saat kondisi biasa tidak ada *reflector*. Sedangkan kondisi *on body* memiliki *reflector* berupa *phantom* dan untuk nilai VSWR sudah sesuai dengan spesifikasi yaitu  $\leq 2$ .

#### D. Prosedur Pengukuran Pola Radiasi dan Gain

Pengukuran yang dilakukan meliputi pengukuran parameter luar yaitu pola radiasi dan *gain*. Alat ukur yang digunakan untuk proses pengukuran parameter radiasi adalah antenna referensi dan *Vector Network Analyzer* (VNA). Pengukuran dilakukan dalam dua jenis yaitu bidang azimuth dan bidang elevasi. Cara yang dilakukan untuk pengukuran tersebut adalah dengan memutar antenna dari kiri atau kanan mulai dari  $0^\circ - 350^\circ$  setiap  $10^\circ$  secara horizontal dengan beberapa ketentuan sebagai berikut.

- Langkah pertama yaitu hidupkan *Vector Network Analyzer* (VNA), setelah VNA hidup lalu atur frekuensi kerja di 3,5 GHz.
- Hitung jarak antenna referensi atau antenna horn dengan antenna mikrostrip patch circular dengan CSRR menggunakan rumus sebagai berikut.

$$R = 2 D 2 \lambda \quad (4.1)$$

dimana,

R = jarak antenna pengirim dengan penerima

D = ukuran dimensi antenna

$\lambda$  = panjang gelombang ( $3 \times 10^8$  m/s)

Untuk jarak pada Tugas Akhir ini menggunakan jarak sebesar 1,7 m.

- Kemudian sambungkan antenna referensi atau antenna horn dengan menggunakan kabel SMA to SMA ke port 2 pada VNA.
- Lalu pasang antenna mikrostrip patch circular dengan

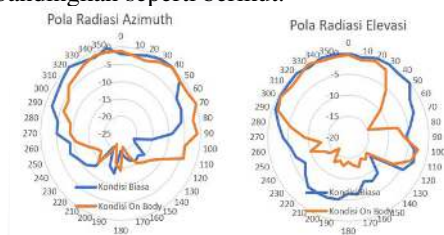
CSRR di masting, sambungkan antenna mikrostrip patch circular dengan CSRR menggunakan kabel N to SMA ke port 1 VNA.

- Untuk pengukuran pola radiasi dilakukan dengan cara memutar antenna mikrostrip patch circular dengan CSRR yang berada di masting dengan arah azimuth dan elevasi. Lakukan putaran setiap  $10^\circ$  sampai  $350^\circ$  yang akan tampil nilainya di monitor VNA dan catat hasil daya yang diterima.
- Setelah melakukan pengukuran pola radiasi dan sudah mengetahui arah daya pancaran antenna yang paling besar, itulah sudut yang akan dilakukan polarisasi. Untuk melakukan pengukuran polarisasi, posisikan masting sesuai dengan daya yang paling besar dalam pola radiasi tersebut kemudian putar antenna mikrostrip patch circular dengan CSRR setiap  $10^\circ$  sampai  $350^\circ$  dan catat daya yang ditampilkan pada monitor VNA.
- Selanjutnya untuk melakukan pengukuran gain sama dengan cara saat pengukuran polarisasi, ambil 10 sampel dari polarisasi lalu masukkan kedalam rumus gain.

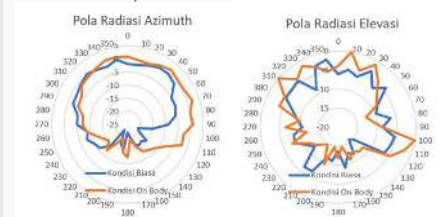
$$Grx = S21 + Lall - GT \quad (4.2)$$

#### E. Hasil Pengukuran Pola Radiasi

Setelah dilakukan pengukuran sesuai dengan ketentuan dan tahapan yang sudah dipenuhi maka didapatkan hasil akhir pada kondisi biasa dan *on body*. Hasil keluaran tersebut memuat pola radiasi simulasi dan pengukuran sehingga akan dapat dibandingkan seperti berikut.



Gambar 4.4 Pengukuran Pola Radiasi Kondisi Biasa dan *On Body* Frekuensi 2,4 GHz Azimuth dan Elevasi



GAMBAR 4.5  
Pengukuran Pola Radiasi Kondisi Biasa dan *On Body* Frekuensi 5,8 GHz Azimuth dan Elevasi

Gambar 4.4 menunjukkan pengukuran pola radiasi kondisi biasa dan *on body* pada frekuensi 2,4 GHz bidang azimuth dan elevasi. Gambar 4.5 menunjukkan pengukuran pola radiasi kondisi biasa dan *on body* pada frekuensi 2,4 GHz bidang azimuth dan elevasi. Hasil diatas menunjukkan bahwa jenis pola radiasi yang dihasilkan sudah sesuai dengan spesifikasi awal yaitu *unidirectional* yang hanya berfokus pada satu arah pancaran saja.

#### F. Hasil Pengukuran Gain

Pengukuran *gain* dilakukan untuk melengkapi penelitian Tugas Akhir ini. Pengukuran *gain* dilakukan dengan dua



kondisi yaitu kondisi biasa dan kondisi *on body*. Berikut hasil pengukuran *gain* :

TABEL 4.1  
Perbandingan Nilai *Gain* Kondisi Biasa dan *On Body*.

Kondisi Pengukuran	Nilai <i>gain</i> (dB <sub>i</sub> )	
	Frekuensi 2.4 GHz	Frekuensi 5.8 GHz
Kondisi Biasa	6,01	5,45
Kondisi <i>On Body</i>	5,45	5,11

Pada Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengukuran *gain* yang dapat dibandingkan pada kondisi biasa dan kondisi *on body*. Pengukuran kondisi biasa menunjukkan nilai *gain* yang lebih besar daripada kondisi *on body*.

## V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan berbagai macam proses mulai dari perancangan awal, perhitungan, simulasi, optimasi, fabrikasi, dan pengukuran antenna microstrip *dual-band* dengan slot *rectangular* serta menggunakan substrat katun. Maka dapat ditarik berbagai macam kesimpulan sebagai berikut . Pertama parameter yang dihasilkan setelah melalui tahap fabrikasi sudah sesuai dengan spesifikasi awal dengan frekuensi ISM yaitu 2.4 GHz dan 5.8 GHz pada kondisi biasa dan kondisi *on body*. Kedua pada saat simulasi *bandwidth* antenna pada frekuensi 2.4 GHz belum memenuhi spesifikasi. Namun, setelah dilakukan proses fabrikasi didapatkan nilai *bandwidth* yang lebih lebar. Hal tersebut bisa disebabkan beberapa tahapan dan bahan fabrikasi yang dapat memperlebar *bandwidth*. Ketiga didapatkan nilai *bandwidth* lebih besar pada kondisi *on body* yaitu 180 MHz untuk frekuensi 2.4 GHz dan 260 MHz untuk frekuensi 5.8 GHz. Hal ini bisa disebabkan karena ketika kondisi *on body* antenna menempel pada tubuh dan *phantom* tersebut dapat memperbesar nilai impedansi. Keempat nilai VSWR dan *gain* yang diperoleh ketika pengukuran tidak sebagus ketika simulasi, hal ini dapat dipengaruhi karena faktor *phantom* yang mempengaruhi gelombang elektromagnetik.

## REFERENSI

- [1] S. A. Rahman dan D. Adjero, "Centroid of Age Neighborhoods : A Generalized Approach to Estimate Biological Age," pp. 1-4, 2019.
- [2] F. Riska, "Perancangan dan Realisasi Antena Wearable Dual Band Pada Frekuensi 2,4 GHz DAN 5,8 GHz Untuk Aplikasi Kesehatan Dengan Menggunakan Substrat Berbahan Tekstil," 2020.
- [3] E. Novian, "Antena Dual Band Frekuensi 2,45 GHz DAN 5,85 GHz Untuk Aplikasi Telemedis," *vol.7, no.3*, p. 8970, 2020.
- [4] F. M. Rachmaputri, "Antena Mikrostrip Rectangular Dengan Slot Rectangular Dual Band 2,45 GHz DAN 5,85 GHz Menggunakan Tekstil Fleece Untuk Telemedis," 2021.
- [5] D. C. Nugroho, "PERKEMBANGAN TELEMEDIS SEBAGAI PENDUKUNG PELAYANAN KESEHATAN: TELAHAH PUSTAKA," *Vol.4, No.1*, no. Berkala Ilmiah Kedokteran Duta Wacana, 2019.
- [6] C. D. D dan W. D. A, "CWNA Certified Wireless Network Administrator Study Guide: Exam CWNA-107 Fifth Edition," no. 5th Edition, 2018.
- [7] F. Abdurrahman, "DESAIN ANTENA MICROSTRIP RECTANGULAR UNTUK WIFI," 2018.
- [8] H. Herudin, "Perancangan Antena Mikrostrip Frekuensi 2,6 GHz untuk Aplikasi LTE (Long Term Evolution)," *Vol.1, No.1*, 2012.
- [9] C. Kun-Wu dan K. Lu-Wong, "Compact circularly polarised microstrip antenna with bent slots," *Vol.34*, pp. 1278-1279, 1998.
- [10] E. Y. D. Utami, F. D. Setaiji dan D. Pebrianto, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Persegi Panjang 2,4 GHz untuk Aplikasi Wireless Fidelity (Wi-Fi)," *Jurnal Nasional Teknik Elektro Vol.6, No.3*, pp. 196-202, 2017.
- [11] F. W. Ardianto, S. Renaldy, F. F. Lanang dan T. Yunita, "Desain Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array 1x2 dengan U-Slot Frekuensi 28 GHz," *ELKOMIKA Jurnal Teknik Energi Elektrik Teknik Telekomunikasi & Teknik Elektronika Vol 7, No.1*, pp. 43-56, 2019.
- [12] M. T. Ali, N. Ramli, M. K. M. Salleh dan M. N. M. Tan, "A design of reconfigurable rectangular microstrip slot patch antennas," *IEEE International Conference on System Engineering and Technology*, pp. 111-115, 2011.
- [13] R. Sinaga, "Analisis Perbandingan Antara Saluran Pencatu Feed Line dan Proximity Coupled untuk Antena Mikrostrip Patch Segiempat," 2013.
- [14] T. Kellomaki, "Effects of the Human Body on Single-Layer Wearable Antennas," *Vol.1025*, 2012.
- [15] J. Y. Khan dan M. R. Yuce, "Wireless Body Area Network (WBAN) for Medical Applications," *New Development in Biomedical Engineering Vol.31*, pp. 591-626, 2010.
- [16] A. Ashadi, "PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP ULTRA WIDE BAND DENGAN MATERIAL TEKSTIL UNTUK APLIKASI WIRELESS BODY AREA NETWORKS," *Patria Artha Technological Journal Vol.3, No.1*.
- [17] D. R. Sandeep, N. Prabakaran, B. T. P. Madhav, D. L. Reddy, K. D. Sree, J. P. S. Kumar dan S. Salma, "SAR Analysis of Jute Substrate based Tri-band Antenna for Wearable Applications," *Journal of Physics: Conference Series, Vol.1804*, 2020.

- [18] A. Y. I. Ashyap, "Highly Efficient Wearable CPW Antenna Enabled by EBG-FSS Structure for Medical Body Area Network Applications," *vol. 6*, pp. 77529-77541, 2018.
- [19] G. MU dan P. R. , "A Compact Dual-Band Metasurface-Based Antenna for Wearable Medical Body-Area Network Devices," *Journal Of Electrical nad Computer Engineering Vol 2020*, 2020.
- [20] A. R. Timor, H. Andre dan A. Hamzi, "Analisis Gelombang Elektromagnetik dan Seismik yang Ditimbulkan oleh Gejala Gempa," *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO Vol.5, No.3*, pp. 315-324, 2016.
- [21] G. C. Frank-Spohrer, *Community Nutrition: Appling Epidemiology to Contemporary Practice*, Jones & Bartlett Publishers, 1996.
- 