

## ANTENA MIKROSTRIP BAHAN TEKSTIL PATCH SEGI EMPAT PADA FREKUENSI 5-6 GHz

### MICROSTRIP ANTENNA TEXTILE MATERIAL RECTANGULAR PATCH FREQUENCY OF 5-6 GHz

Susilawati<sup>1</sup>, Trasma Yunita<sup>2</sup>, Levy Nur Olivia<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
Jln. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia

<sup>1</sup>[susilawatiuc@gmail.com](mailto:susilawatiuc@gmail.com), <sup>2</sup>[trasmayunita@telkomuniversity.ac.id](mailto:trasmayunita@telkomuniversity.ac.id), <sup>3</sup>[levyolivia@telkomuniversity.ac.id](mailto:levyolivia@telkomuniversity.ac.id)

---

#### ABSTRAK

Teknologi komunikasi *wireless* merupakan bagian penting dalam perkembangan sistem komunikasi generasi ke-4. Salah satu yang mengalami perkembangan sangat pesat dalam teknologi ini adalah antena. Antena adalah sebuah alat yang berhubungan langsung dengan media transmisi dan hal ini sangat berguna untuk komunikasi *wireless*. Salah satu antena yang sedang dikembangkan saat ini ialah antena mikrostrip berbahan tekstil. Antena mikrostrip bahan tekstil merupakan jenis *wearable antenna* yang berbahan dasar kain atau tekstil, penggunaan bahan tekstil tersebut sangat baik untuk diterapkan karena bersifat ringan, lembut dan fleksibel.

Pada tugas akhir ini telah dilakukan penelitian tentang perancangan serta simulasi antena mikrostrip *patch* segi empat yang bekerja pada rentang frekuensi 5-6 GHz untuk *wearable antenna*, pada bagian substrat menggunakan 3 lapis tekstil bahan *jeans* dengan nilai dielektrik substrat 1,7, ketebalan 1 mm, dan nilai *loss tangent* 0,025. Sedangkan untuk *patch* serta *groundplane* menggunakan bahan *copper tape*. Teknik pencatutan yang digunakan ialah *microstrip line* agar mempermudah proses pabrikasi.

Dari hasil simulasi *on body* diperoleh lebar bandwidth 320,6 MHz dari rentang frekuensi 5695,4 MHz – 6016 MHz dengan nilai *VSWR*  $\leq 1,6$ . *Gain* antena sebesar 7,2 dB dengan nilai SAR 1,115 pada jarak 2 mm dari tubuh. Sedangkan hasil pengukuran saat kondisi biasa antena menghasilkan lebar bandwidth 152,5 MHz dengan *VSWR*  $\leq 1,6$  dan gain sebesar 3,5 dB. Untuk pola radiasi hasil simulasi dan pengukuran pada saat kondisi biasa dan *on body* menghasilkan *unidirectional*.

**Kata kunci:** Bahan tekstil, Metode *patch mikrostrip*

---

#### ABSTRACT

*Wireless communication technology is an important part in the development of the 4th generation communication system. One that has experienced very rapid development in this technology is the antenna. An antenna is a device that deals directly with the transmission media and this is very useful for wireless communication. One of the antennas currently being developed is microstrip antenna made from textiles. Microstrip antenna textile material is a type of wearable antenna based on fabric or textile, the use of textile materials is very good to be applied because it is lightweight, soft and flexible.*

*In this final project, research has been carried out on the design and simulation of a rectangular patch microstrip antenna that works in the 5-6 GHz frequency range for wearable antennas, on the substrate using 3 layers of jeans textile with a substrate value of 1.7, 1 mm thickness, and the loss tangent value is 0.025. As for patches and ground planes using copper tape. The rationing technique used is microstrip line to simplify the manufacturing process.*

*From the simulation results on body obtained width of 320.6 MHz bandwidth from the frequency range of 5695.4 MHz - 6016 MHz with VSWR value  $\leq 1.6$ . The antenna gain is 7.2 dB with a SAR value of 1.115 at a distance of 2mm from the body. While the measurement results when the normal condition of the antenna produces a width of 152.5 MHz bandwidth with *VSWR*  $\leq 1.6$  and a gain of 3.5 dB. For radiation patterns the results of simulation and measurement when ordinary conditions and on body produce *unidirectional*.*

**Keyword:** Textile material, Microstrip patch method

---

## BAB I Pendahuluan

Perkembangan teknologi komunikasi saat ini mengalami peningkatan yang sangat pesat, kebutuhan akan pertukaran informasi semakin meningkat, hal ini mendorong untuk tersedianya komunikasi yang handal serta berkecepatan tinggi. Agar teknologi informasi dapat direalisasikan dengan baik, perlu didukung perangkat yang handal. Contohnya ialah antenna. Fungsi dari antenna yaitu mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik kemudian mengirimkan gelombang elektromagnetik tersebut melalui ruang bebas atau udara. Dan sebaliknya, antenna juga berfungsi menerima gelombang elektromagnetik dari ruang bebas kemudian mengubahnya menjadi sinyal listrik. Antena mikrostrip memainkan peran utama dalam komunikasi nirkabel. Antena mikrostrip memiliki banyak keuntungan seperti bentuknya yang kecil, mudah untuk dibuat, mudah untuk diinstalasi, biaya yang rendah tetapi antenna mikrostrip juga memiliki kerugian di antaranya bandwidth yang sempit. Bandwidth antenna dapat di tingkatkan dengan berbagai metode seperti meningkatkan ketebalan substrat dengan nilai dielektrik konstan yang rendah, dengan probe feeding, memotong slot, serta dengan mencoba antenna dengan bentuk-bentuk yang berbeda.

Antena merupakan komponen esensial dalam BCWCs. Ketika antenna ditempatkan dalam atau dekat dengan tubuh (*lossy medium*) memiliki performansi berbeda dengan antenna yang ditempatkan dalam keadaan *free space*. Penggunaan tipe antenna dalam BCWCs memiliki pengaruh terhadap performansi antenna *body centric*, seperti pola radiasi yang dihasilkan, efisiensi dan gain yang dihasilkan. Lapisan tubuh manusia adalah *lossy medium*, oleh sebab itu gelombang yang merambat mengalami redaman (atenuasi) yang besar sebelum sampai ke penerima[1].

Tugas akhir ini mengembangkan penelitian dalam jurnal yang sudah dipublikasikan sebelumnya yang berjudul "Antena Tekstil Patch Segi Empat 5,8 GHz Pada Tubuh Untuk Aplikasi Jaringan Nirkabel Area Tubuh.". Dari penelitian tersebut dihasilkan antenna *patch* segi empat yang memiliki nilai *gain* 3,86 dB dan berpola radiasi *unidirectional* dengan nilai SAR 0,53 W/Kg pada jarak 1mm di frekuensi 5,8 GHz[2]. Pengembangan dilakukan dengan melakukan simulasi dan pengukuran pada dimensi *phantom* yang berbeda yaitu lengan dengan bentuk *groundplane* yang berbeda. Serta melakukan pengujian jika antenna dipasang di bagian lengan untuk mendukung aplikasi WBAN yang memiliki jarak yang dekat antara antenna dan permukaan kulit tubuh dengan nilai SAR yang baik. Hasil simulasi yang didapatkan dibandingkan dengan hasil pengukuran. Hasil yang didapatkan dianalisis dalam tugas akhir ini. Aspek yang dibahas ialah parameter VSWR, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi.

## BAB II Dasar Teori

### 2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah salah satu antenna yang berkembang sangat pesat pada saat ini. Bentuk dan ukuran yang dapat dirancang seminimalis mungkin maka mikrostrip sangat cocok untuk dibuat aplikasi telekomunikasi. Pada antenna mikrostrip terdiri dari 3 elemen penyusun yaitu *patch*, substrat, dan *groundplane*.

#### 1. *Patch* atau *conducting patch*

*Patch* ialah bagian yang terletak paling atas dari antenna atau terletak diatas substrat, terbuat dari bahan konduktor serta memiliki macam-macam bentuk. Bentuk *patch* terdiri dari lingkaran, persegi, persegi panjang, segitiga, *ring* ataupun bentuk lainnya. Bentuk *patch* berpengaruh pada polarisasi, sedangkan ukuran *patch* berpengaruh pada nilai frekuensi serta ketebalan pada *patch* dibuat sangat tipis. Fungsi dari *patch* ialah untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara.

#### 2. Substrat

Substrat berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari catuan menuju daerah dibawah *patch*. Substrat terbuat dari bahan-bahan dielektrik. Untuk performa yang baik, umumnya pada substrat dibuat dengan material dielektrik yang tebal dan mempunyai nilai konstanta dielektrik yang rendah. Dengan menggunakan spesifikasi substrat tersebut, akan dihasilkan nilai efisiensi dan radiasi yang lebih baik, serta *bandwidth* yang lebih lebar.

#### 3. *Groundplane*

*Groundplane* yaitu lapisan paling bawah pada antenna mikrostrip. Ukurannya selebar dan sepanjang substrat. Berfungsi sebagai *reflektor* untuk memantulkan radiasi yang dihasilkan dari elemen peradiasi sehingga pola radiasi yang diinginkan dapat tercapai. *Groundplane* biasanya terbuat dari bahan konduktor seperti tembaga atau emas.

### 2.2 Antena Mikrostrip Patch Rectangular

Antena mikrostrip *patch* segi empat adalah antenna dengan bentuk *patch* segi empat. Berikut merupakan formula yang digunakan untuk merancang antenna mikrostrip segi empat :

Untuk mencari dimensi antena mikrostrip ( $W$  dan  $L$ ) harus diketahui terlebih dahulu yang akan digunakan, yaitu tebal dielektrik ( $h$ ), konstanta dielektrik pada substrat ( $\epsilon_r$ ), tebal konduktor ( $t$ ) dan rugi-rugi bahan. Menentukan lebar patch antena mikrostrip menggunakan persamaan:

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

Dimana:

$Wp$  : lebar Patch (m)

$c$  : kecepatan cahaya ruang bebas ( $3 \times 10^8$  m/s)

$f_r$  : frekuensi kerja antena yang di inginkan ( $H_z$ )

$\epsilon_r$  : konstanta dielektrik

Menentukan panjang patch ( $L_p$ ) diperlukan parameter  $\epsilon_{r_{eff}}$  dan  $\Delta L$ .  $\Delta L$  merupakan pertambahan panjang dari  $L_p$  akibat adanya *fringing effect*.

$$\epsilon_{r_{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{W_p} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (2.2)$$

$$\Delta L = 0.412 h \frac{(\epsilon_{r_{eff}} + 0.3) \left( \frac{W_p}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{r_{eff}} - 0.258) \left( \frac{W_p}{h} + 0.8 \right)} \quad (2.3)$$

Dengan panjang patch ( $L_p$ )

$$L_p = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{r_{eff}}}} - 2\Delta L \quad (2.4)$$

Dimana:

$h$  : tinggi dielektrik (m)

Sedangkan untuk panjang ( $W_s$ ) dan lebar ( $L_s$ ) substrat dapat dirumuskan:

$$W_s = 6h + W_{patch} \quad (2.5)$$

$$L_s = 6h + L_{patch} \quad (2.6)$$

Teknik pencatutan menggunakan microstrip line karena mudah dalam fabrikasi. Berikut adalah persamaan pada pencatutannya ( $W_f$ : lebar saluran *stripine*) :

$$\frac{W_f}{h} \begin{cases} \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} & (A > 1.25) \\ \frac{2}{\pi} \left[ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_{r_{eff}}} \right\} \right] & (A < 1.25) \end{cases} \quad (2.7)$$

$$\frac{W_f}{h} \begin{cases} \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} & (A > 1.25) \\ \frac{2}{\pi} \left[ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_{r_{eff}}} \right\} \right] & (A < 1.25) \end{cases} \quad (2.8)$$

Dengan,

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 2}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left( 0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right) \quad (2.9)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.10)$$

$$Z_0 = 50 \text{ ohm}$$

Untuk menentukan panjang saluran transmisi dapat dirumuskan:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{r_{eff}}}} \quad (2.11)$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (2.12)$$

Sehingga,

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4} \quad (2.13)$$

Dimana:

$\lambda_g$  : panjang gelombang saluran transmisi

$L_f$  : panjang

### 2.3 Antena Tekstil

Antena tekstil menjadi bahasan yang menarik sejak perkembangan dari komunikasi *wireless wearable antenna* karena memungkinkan antena dari bahan tekstil diintegrasikan pada pakaian. Umumnya, kebutuhan antena yang bisa dipakai untuk semua aplikasi modern, sehingga membutuhkan bobot yang

ringan, biaya rendah, hampir bebas perawatan dan tidak ada instalasi. Selain itu, antena dapat dipakai untuk anak muda, orang tua, dan atlet untuk tujuan pemantauan. Merancang antena tekstil membutuhkan pengetahuan pada sifat elektromagnetik seperti permitivitas, dan permeabilitas bahan tekstil. Sifat elektromagnetik untuk tekstil ini tidak mudah tersedia. Pengukuran sifat elektromagnetik dari substrat tekstil dilakukan dengan menggunakan metode waveguide. Nilai permitivitas dan permeabilitas dimasukkan dalam simulasi. Ini bermaksud untuk membuat jenis antena bary dan pertimbangan lain yang harus diselidiki, termasuk pemilihan material yang sesuai, metode fabrikasi dan analisis yang diperlukan untuk desain antena sehingga dapat dipakai.

Untuk dapat dikenakan oleh pasien maka dibutuhkan bahan yang sesuai dengan karakteristik dan tidak mempengaruhi kinerja antena. Bahan ini ringan dan fleksibel, lalu nyaman saat digunakan. Pada perancangan antena berbahan dasar jeans[9].

#### 2.4 Kain Jeans

Kain *jeans* merupakan kain yang tersusun dari katun yang dirajut, kain *jeans* sendiri memiliki karakteristik yang kuat karena rajutan dari katun yang rapat sehingga kain jenis ini tidak mudah rusak dibandingkan kain jenis lain.

Konstanta dielektrik substrat antena memiliki peran penting dalam perancangan antena. Substrat yang berbeda memiliki konstanta dielektrik yang mempengaruhi kinerja antena dengan berbagai cara. Tekstil yang digunakan sebagai substrat antena dapat dibagi menjadi dua kategori utama, serat alami dan buatan manusia. Di sisi lain, bahan tekstil umumnya memiliki konstanta dielektrik yang sangat rendah yang mengurangi kerugian gelombang permukaan dan memperbaiki *bandwidth* impedansi antena. tabel 2.1 dibawah ini merupakan nilai konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) tekstil *jeans*[2].

Tabel 2.1 Nilai Konstanta Dielektrik Jeans

Parameter	Nilai
Ketebalan	1 mm
Konstanta Dielektrik	1,7
Loss Tangent	0,025

#### 2.6 Wireless Body Area Network (WBANs)

Teknologi WBANs merupakan salah satu bagian dari teknologi BCWCs. WBANs terdiri dari beberapa unit sensor yang ditempatkan pada tubuh atau dekat dengan tubuh manusia. WBANs bisa terhubung dengan jaringan luar dengan menggunakan salah satu rentang yang tersedia dalam teknologi *wireless*. Penggunaan teknologi WBANs paling banyak dijumpai untuk aplikasi kesehatan, seperti ECG, *blood pressure*, *wearable sensors* dan *oxgen level*. Teknologi WBANs dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu *Off-body centric*, *On-body centric*, *In-body centric*[1].

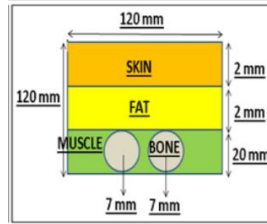
#### 2.7 Spesific Absorption Rate (SAR)

SAR merupakan ukuran tingkat energi yang diserap oleh tubuh saat terkena frekuensi radio (RF) medan elektromagnetik, didefinisikan sebagai daya yang diserap per *massa* dari jaringan dan memiliki satuan *watt* per kilogram (W/kg)[2]. Berdasarkan standar internasional ANSI/IEEE (Amerika) 1 g SAR yang diperbolehkan sebesar 1,6 W/kg, 1 g SAR merupakan massa jaringan yang diambil untuk tes uji pada tubuh, 1,6 W/kg SAR setara dengan 1,6 mW/g sehingga setiap 1 kg massa tubuh, penyerapan elektromagnetik yang diperbolehkan sebesar 1 W[7].

#### 2.8 Phantom

*Phantom* adalah pemodelan dari tubuh yang menjadi alternatif *tissue model* untuk simulasi antena. *Phantom* atau pemodelan tubuh ini sangat penting saat perancangan antena karena tubuh manusia memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap karakteristik antena yang akan dirancang. Pemodelan tubuh ini bertujuan untuk mengganti model tubuh manusia saat simulasi. *Phantom* dimodelkan dalam bentuk balok berdimensi tertentu dan terdiri dari beberapa lapisan tubuh manusia.

Pemodelan *phantom* ini menggunakan lapisan yang ada pada *software* yaitu *skin*, *fat*, *muscle*, dan *bone* dengan permitivitas dan permeabilitas masing-masing 1. *Bloodflow coef skin* bernilai 9100 W/K/m<sup>3</sup>, *Basal metabolic* 1620 W/m<sup>3</sup> dan *Density* 1100 Kg/m<sup>3</sup>. Untuk lapisan *fat bloodflow coef* 1700 W/K/m<sup>3</sup>, *Basal metabolic* 300 W/m<sup>3</sup>, dan *Density* 910 Kg/m<sup>3</sup>. Lapisan *muscle* dengan *bloodflow* 2700 W/K/m<sup>3</sup>, *Basal metabolic* 480 W/m<sup>3</sup> dan *Density* 1041 Kg/m<sup>3</sup>. Serta lapisan *bone* memiliki koefisien *bloodflow* 3400 W/K/m<sup>3</sup>, *Basal metabolic* 610 W/m<sup>3</sup>, dan *Density* 1850 Kg/m<sup>3</sup>. *Bloodflow* menjelaskan tentang aliran darah, *Basal metabolic* menjelaskan tentang metabolisme saat waktu istirahat, dan *density* menjelaskan tentang tebal/kekenyalan. Berikut merupakan dimensi lapisan *phantom* pergelangan tangan, bahu, dada dan paha[7]:

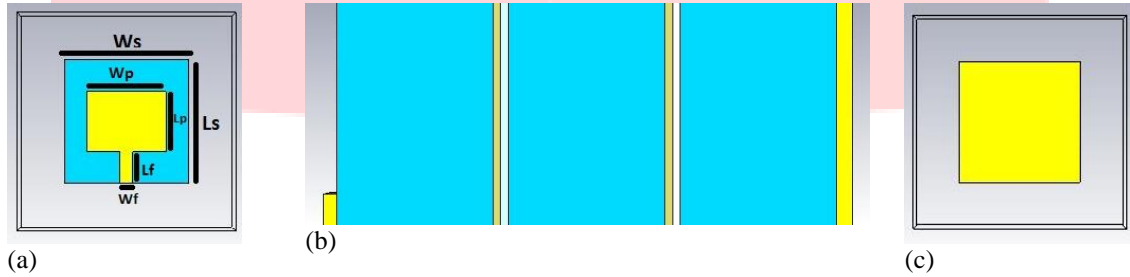


Gambar 2.1 Phantom Pada Lengan (b)

**BAB III Perancangan**

**3.1 Dimensi Antena**

Berikut adalah bentuk susunan antena mikrostrip yang di simulasikan dengan perangkat lunak.



Gambar 3.1 Dimensi Antena Mikrostrip Patch Rectangular tampak depan (a), samping kanan (b), dan belakang (c)

Tabel 3.2 Nilai Konstanta Dielektrik Jeans

Keterangan	Nilai (mm)	Simbol
Tebal Jeans	1	H
Tebal Cooper	0,1	T
Lebar Patch	22,25	Wp
Panjang Patch	17,026	Lp
Panjang Substrat	35	Ws
Lebar Substrat	35	Ls
Panjang Feed	10,12	Lf
Lebar Feed	3,61	Wf
Gap Udara	0,05	U
Tebal Lem	0,05	L

**BAB IV Pengukuran dan Analisis**

**4.1 Hasil Pabrikasi**

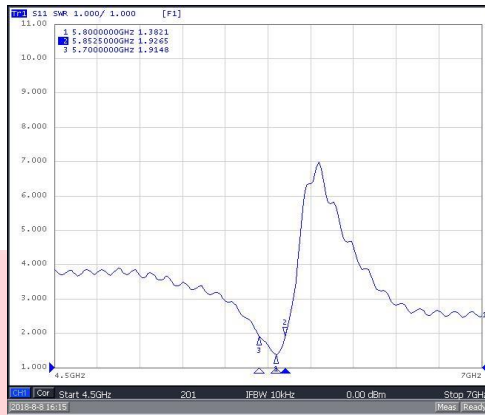


Gambar 4.1 Hasil Pabrikasi Antena Tampak Belakang dan Depan

Hasil yang dipabrikasi adalah hasil simulasi dimensi antenna yang sudah ditambahkan phantom lengan.

**4.2 Pengukuran VSWR**

Parameter ini dilakukan dengan menggunakan Vector Network Analyzer saat kondisi biasa (free space) dan ketika on body antena berada pada jarak 2mm dari permukaan kulit tubuh bagian lengan.



Gambar 4.2 Pengukuran VSWR Kondisi Biasa



Gambar 4.3 Pengukuran VSWR Kondisi On Body

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran dan Simulasi VSWR Kondisi Biasa

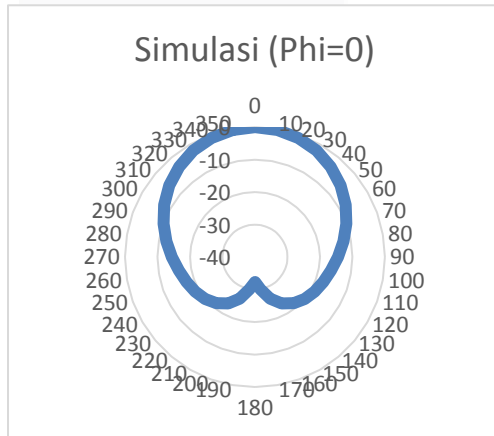
Frekuensi	Nilai VSWR	Keterangan
5800 MHz	1,2	Simulasi
5800 MHz	1,3	Pengukuran

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran dan Simulasi VSWR Kondisi On Body

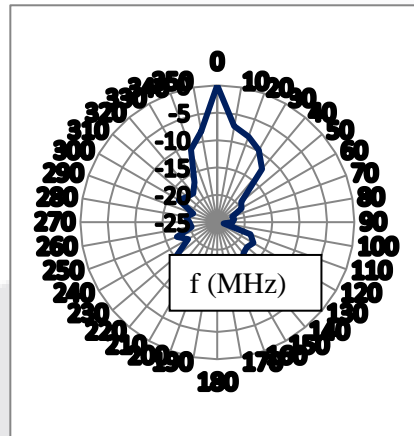
Frekuensi	Nilai VSWR	Keterangan
5855,2 MHz	1,1	Simulasi
5800 MHz	1,0	Pengukuran

### 4.3 Pengukuran Pola Radiasi

Perbandingan pola radiasi antara antenna hasil pengukuran dan simulasi antenna dapat diamati pada gambar berikut:

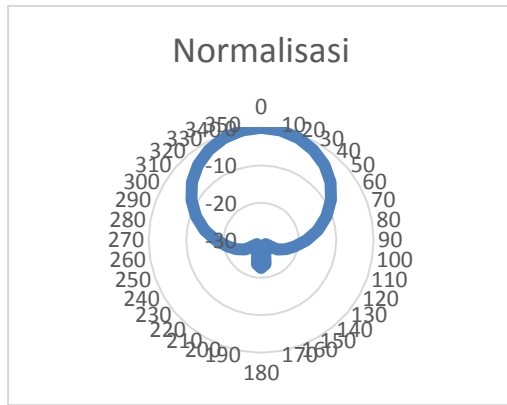


Gambar 4.4 Hasil Simulasi Pola Radiasi Bentuk Polar Kondisi Biasa

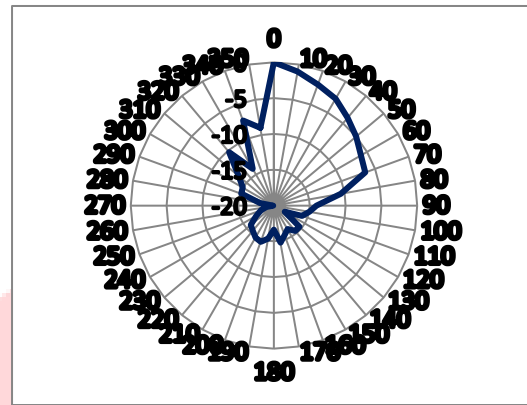


Gambar 4.5 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Kondisi Biasa





Gambar 4.6 Hasil Simulasi Pola Radiasi Bentuk Polar Kondisi On Body



Gambar 4.7 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Kondisi On Body

#### 4.4 Pengukuran Gain

Gain dapat didefinisikan sebagai intensitas radiasi maksimum antara antenna yang diuji dan antenna referensi dengan daya input yang sama. Gain dinyatakan dalam satuan dB. Pada tugas akhir ini digunakan metode antenna identik.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Gain Kondisi Biasa

Tx-Rx	Daya Terima (dBm)
Pengukuran 1	-48.03
2	-48.41
3	-48.23
4	-48.05
5	-48.06
6	-48.14
7	-48.27
8	-48.42
9	-48.44
10	-48.49
Rata-rata	-48.254
G(dB)	3.596268061

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Gain Kondisi On Body

Tx-Rx	Daya Terima (dBm)
Pengukuran 1	-49.39
2	-50.12
3	-50.08
4	-51.36
5	-49.33
6	-50.21
7	-51.20
8	-50.23
9	-50.07
10	-49.71
Rata-rata	-50.17
G(dB)	3.031336799

### BAB V Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini setelah melewati proses perancangan, simulasi dan realisasi antenna mikrostrip patch segi empat dengan substrat berbahan kain jeans adalah sebagai berikut:

1. Antena mikrostrip yang dirancang dan direalisasikan dapat bekerja pada rentang frekuensi 5-6 GHz.
2. Hasil perancangan antenna mikrostrip berbahan jeans memiliki performansi VSWR 1,2, lebar bandwidth 308,7 MHz, gain 7,6 dB, dan polaradiasi unidireksional.
3. Hasil realisasi dari antenna memiliki performansi VSWR 1,38, bandwidth 152,5 MHz, gain 3,5 dB, dan polaradiasi unidireksional.
4. Dengan ditempatkan 2mm diatas permukaan tubuh bagian lengan, antenna memiliki nilai Specific Absorption Rate (SAR) sebesar 1,15 W/kg masih dibawah batas yang di tetapkan.
5. Dari uji fleksibilitas menggunakan pipa berdiameter 1 cm, 3 cm, dan 5cm didapatkan hasil performansi gain berturut-turut secara vertikal 0,34 dB, 0,36 dB, dan 1,67, secara horizontal -1 dB, 0,13 dB, dan 1,01 dB. Hasil VSWR yang didapatkan secara vertikal berturut-turut 1,6, 1,5, dan 1,9, secara horizontal 1,8, 1,6, dan 1,9.
6. Perbedaan nilai performansi antenna antara simulasi dengan pengukuran terjadi akibat proses pabriaksi yang dibuat manual serta kondisi ruang serta alat pengukuran yang kurang ideal.

Berikut merupakan saran untuk peneliti dan pengembang selanjutnya agar mendapatkan kinerja antenna yang lebih baik:

1. Pengukuran antenna bisa dilakukan di ruangan dengan kondisi ideal seperti *anechoic chamber* dengan alat-alat yang sudah valid.
2. Dapat mencoba menggunakan bahan substrat dan konduktor lain serta mengganti bentuk dari *patch* antenna untuk melihat perubahan spesifikasi yang terjadi.
3. Dapat mengukur *on body* yang sesuai dengan yang sudah disimulasikan agar hasil lebih optimal.
4. Untuk kedepannya bisa untuk dilakukan pengukuran nilai *Specific Absorption Ratio* secara langsung.

#### Daftar Pustaka :

- [1] P. N. Hapsari, H. Wijanto, B. S. Nugroho, F. T. Elektro, and U. Telkom, "PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA BODY CENTRIC UNTUK KOMUNIKASI WBANS PADA RANGE FREKUENSI (3.1-10.6) GHZ," pp. 1–9, 2014.
- [2] M. Nurdin, L. N. Olivia, T. Yunita, S. Prodi, T. Telekomunikasi, F. Teknik, and U. Telkom, "ANTENA TEKSTIL PATCH SEGI EMPAT 5.8 GHz PADA TUBUH UNTUK APLIKASI JARINGAN NIRKABEL AREA TUBUH," *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, pp. 362–371, 2018.
- [3] A. D. Purnamasari, R. Pudji, and B. Setia, "PERANCANGAN DAN ANALISIS ANTENA MASSIVE MIMO MIKROSTRIP PATCH PERSEGI PANJANG DENGAN POLARISASI," pp. 1–8.
- [4] D. Fernando, B. S. Nugroho, A. D. Prasetyo, F. T. Elektro, U. Telkom, R. Detection, P. Shifter, and P. Divider, "PHASED ARRAY ANTENA MIKROSTRIP UNTUK SYNTHETIC APERTURE RADAR 1 . 27 GHz PHASED ARRAY MICROSTRIP ANTENNA FOR 1 . 27 GHz SYNTHETIC APERTURE RADAR," pp. 1–8.
- [5] Y. Zahrah, H. Wijanto, B. S. Nugroho, F. T. Elektro, and U. Telkom, "PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA TEKSTIL BODY CENTRIC UNTUK KOMUNIKASI WBANS," *e-Proceeding Eng.*, vol. 2, pp. 313–322, 2015.
- [6] M. Kaffa, B. S. Nugroho, M. Sudjai, F. T. Elektro, and U. Telkom, "PERANCANGAN DAN ANALISIS ANTENA MIKROSTRIP UNTUK APLIKASI WIRELESS CAPSULE ENDOSCOPY PADA WBAN," pp. 1–6, 2017.
- [7] N. Susyanto, L. N. Olivia, T. Yunita, S. Prodi, T. Telekomunikasi, F. Teknik, and U. Telkom, "ANTENA MIKROSTRIP BAHAN TEKSTIL FREKUENSI 2,45 GHz UNTUK APLIKASI TELEMEDIS," 2018.
- [8] Augustine, Robin, "Modelisation Electromagnetique Des Tissus Humains: Application Aux Interactions Entre Le Corps Humain Et Les Antennes Dans Le Contexte Des Reseaux Ban", These, Universite Paris-Est, 2009.
- [9] ISIKMAN OnderArif, CazalonLoriz,ChenzFeiquan, L Peng, "Body Area Network",Gothenburg, Sweden,Chalmers University of Technology.
- [10] Antenna Theory Analysis and Design. Constantine A. Balanis.