

ANTENA MIKROSTRIP BAHAN TEKSTIL FREKUENSI 2,45 GHz UNTUK APLIKASI TELEMEDIS

MICROSTRIP ANTENNA TEXTILE MATERIAL FREQUENCY OF 2.45 GHz FOR TELEMEDICINE APPLICATION

Nopian Teguh Susyanto¹, Trasma Yunita², Levy Olivia Nur³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung
¹nteguhs.ts@gmail.com, ²trasmayunita@telkomuniversity.ac.id, ³levy.olivia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Telemedis merupakan salah satu aplikasi teknologi telekomunikasi di bidang kesehatan. Dalam aplikasi telemedis yang menggunakan teknologi wireless diperlukan sebuah antena yang sesuai. Saat ini banyak dikembangkan teknologi *wearable antenna* yang diharapkan bisa membuat nyaman untuk digunakan oleh penggunaannya. *Textile Patch Antenna* merupakan jenis *wearable antenna* yang menggunakan bahan tekstil, penggunaan bahan tekstil tersebut sangat baik untuk diterapkan di bidang telemedis karena sifat bahan tekstil yang ringan, lembut dan fleksibel. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan dan realisasi antena mikrostrip *patch* sirkular dengan 4 lapis kain *jeans* yang digunakan sebagai substrat dan *copper tape* sebagai konduktor. Antena tersebut dipasang di permukaan tubuh dan bekerja di frekuensi *Industrial, Scientific and Medical (ISM)* 2,45 GHz. Dari hasil pengukuran kondisi biasa didapatkan *bandwidth* sebesar 168 MHz dan nilai *VSWR* 1,40 dengan *gain* sebesar 5,39 dB. Sedangkan saat antena dipasang *on body* sebagai gelang di pergelangan tangan dengan jarak 1 mm didapatkan *bandwidth* sebesar 153 MHz dan nilai *VSWR* 1,50 dengan *gain* sebesar 5,03 dB serta nilai *Specific Absorption Ratio (SAR)* 0,76 W/kg. Pola radiasi yang dihasilkan pada pengukuran kondisi biasa dan *on body* adalah *unidirectional*. Berdasarkan nilai *bandwidth*, *VSWR*, *gain* dan *SAR* yang dihasilkan, maka antena ini dapat digunakan untuk aplikasi telemedis di frekuensi *Industrial, Scientific and Medical (ISM)* 2,45 GHz.

Kata Kunci: Telemedis, *Textile Patch Antenna*, *Jeans*, *Industrial, Scientific and Medical (ISM)*

Abstract

Telemedicine is the one of telecommunication's application technology in health. In telemedicine application which using wireless technology required an appropriate antenna. Nowadays, many research about wearabale antenna that is expected to make it convenient for used by users. *Textile Patch Antenna* is a type of wearable antenna that uses textile material, the using of textile material is very good to be applied in telemedicine because of the nature of light textile materials, soft and flexible. In this research, the design and realization of circular patch microstrip antenna with 4 layers of jeans used as substrate and copper tape as conductor. The antenna is mounted on the surface of the body and works in the *Industrial, Scientific and Medical (ISM)* frequency 2.45 GHz. From the measurement of the ordinary conditions obtained bandwidth of 168 MHz and *VSWR* 1.40 with a gain of 5.39 dB. While the antenna mounted on body as a bracelet on the wrist with a distance of 1 mm obtained bandwidth of 114 MHz and *VSWR* 1.69 with a gain of 4.76 dB and the value of *Specific Absorption Ratio (SAR)* 0.76 W / kg. The radiation pattern generated on the measurement of ordinary and on body conditions is *unidirectional*. Based on the bandwidth value, *VSWR*, gain and *SAR* generated, this antenna can be used for telemedical applications in 2.45 GHz *Industrial, Scientific and Medical (ISM)* frequencies.

Keywords: Telemedicine, *Textile Patch Antenna*, *Jeans*, *Industrial, Scientific and Medical (ISM)*

1. Pendahuluan

Ilmu telekomunikasi terus mengalami perkembangan dan telah mempengaruhi beberapa aspek kehidupan manusia termasuk di bidang kesehatan khususnya telemedis. Saat ini banyak dikembangkan aplikasi telemedis menggunakan *wireless* atau nirkabel yang dinilai lebih praktis karena tidak diperlukannya pemasangan kabel ke tubuh pengguna. Untuk membuat aplikasi telemedis dengan teknologi *wireless* yang bisa dipasangkan ke tubuh tentunya diperlukan antena yang sesuai agar pengguna bisa tetap merasa nyaman dalam menggunakannya. *Wearable antenna* yang teknologinya dinamakan *Body Centric Wireless Communication (BCWCs)* menjadi salah satu topik yang terus dikembangkan dalam pembuatan antena untuk aplikasi telemedis[1]. Ada berbagai macam jenis tipe dan desain dari *wearable antena*, namun *textile patch antenna* yang merupakan jenis

wearable antenna dengan bahan tekstil mempunyai keunggulan dalam pengaplikasiannya jika dipasang di tubuh, yaitu dimensinya yang kecil, ringan dan fleksibel sehingga bisa membuat pengguna merasa nyaman dalam menggunakannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *textile patch antenna pada penelitian sebelumnya*[2][3] dengan frekuensi *Industrial, Scientific and Medical (ISM) 2,45 GHz* untuk aplikasi telemedis menggunakan kain *jeans* sebagai substrat dan *copper tape* sebagai konduktor. Dilakukan analisis terhadap perbedaan karakteristik saat antenna diukur dalam kondisi pengukuran biasa dan saat didekatkan dengan tubuh, serta juga analisis terhadap karakteristik antenna jika terjadi *deformasi* atau lengkungan. Karakteristik antenna yang diamati yaitu *VSWR, bandwidth, gain, pola radiasi* dan nilai *Specific Absorption Ratio (SAR)*.

2. Frekuensi *Industrial, Scientific and Medical (ISM)*

Frekuensi *Industrial, Scientific and Medical (ISM)* merupakan (ISM) salah satu *unlicensed bands* yang disetujui oleh *Federal Communication Commission (FCC)* pada tahun 1985 dan termasuk ke dalam salah daftar *Unlicensed National Information*, berikut [6]:

Tabel 1 Daftar Unlicensed National Information

Unlicensed Band	Frekuensi	Total Bandwidth
<i>Industrial, Scientific and Medical (ISM)</i>	902 – 928 MHz 2,4 – 2,4835 GHz 5,725 – 5,85 GHz	234,5 MHz
<i>Unlicensed Personal Communication Services</i>	1910 – 1930 MHz 2390- 2400 MHz	30 MHz
<i>Unlicensed National Information Infrastructure (UNII)</i>	5,15 – 5,25 GHz 5,25 – 5,35 GHz 5,725 – 5,825 GHz	300 MHz
<i>Milimeter Wave</i>	59 – 64 GHz	5 GHz

3. Antena Mikrostrip Patch Sirkular

Antena mikrostrip merupakan antenna yang terdiri atas 3 bagian, yaitu *patch* atau *conducting patch* yang berfungsi sebagai peradiasi, *substrate* berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari catuan menuju daerah bawah *patch* dan *groundplane* yang berfungsi sebagai pemantul dari sinyal-sinyal yang tidak diinginkan[7].



Gambar 1 Antena Mikrostrip Tampak Depan, Belakang dan Samping

Salah satu bentuk *patch* antena mikrostrip yang sering digunakan adalah *patch* sirkular atau lingkaran. Untuk merancang antena mikrostrip *patch* sirkular, diperlukan informasi mengenai konstanta dielektrik (ϵ_r), frekuensi resonansi (f_r), tebal substrat (h). Perancangan antena mikrostrip sirkular dilakukan secara bertahap dengan cara melakukan perhitungan terlebih dahulu untuk mencari dimensi dari antena dengan menggunakan persamaan (1 – 9).

- Menentukan jari-jari patch (r) antena mikrostrip dengan persamaan:

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (2)$$

$$r = a \left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

- Menentukan dimensi groundplane dan substrat (Gp) dengan persamaan:

$$Gp = 6h + 2a \tag{4}$$

- Menentukan lebar catuan microstrip line (wf) dengan persamaan:

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \sqrt{\frac{\epsilon_r - 1}{2}} \left(\frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \right) \tag{5}$$

$$Wf = \frac{w}{d} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \tag{6}$$

- Menentukan panjang catuan microstrip line (lf) dengan persamaan:

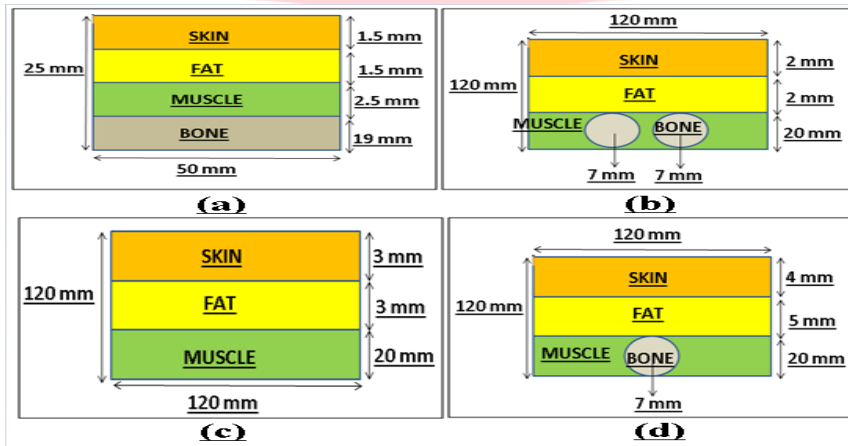
$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{wf} \right)^{-\frac{1}{2}} \tag{7}$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \tag{8}$$

$$Lf = \frac{\lambda_g}{4} \tag{9}$$

4. Phantom

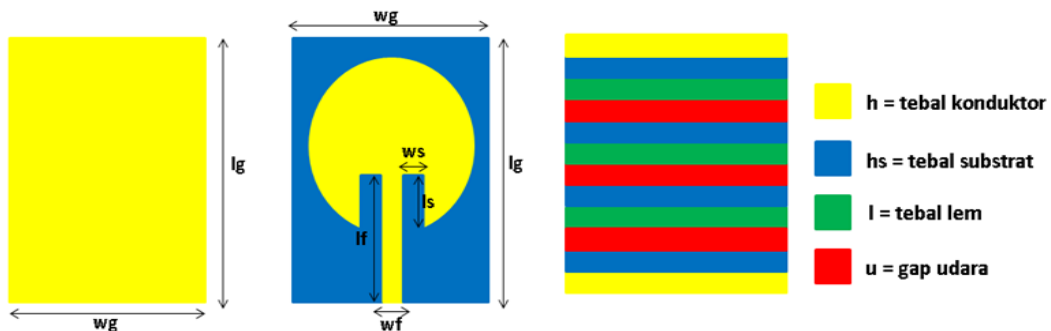
Untuk melakukan simulasi *Wireless Body Area Network* dibutuhkan *phantom* yang merupakan pemodelan dari tubuh manusia. *Phantom* harus dirancang sesuai dengan bentuk dan karakteristik bagian tubuh manusia, apakah dari fisiknya seperti tebal kulit, lemak, otot ataupun dari karakteristik khususnya seperti nilai permitivitas, permeabilitas dan konduktivitasnya agar hasil simulasi nantinya bisa mendekati hasil pengukuran antenna. Berikut merupakan dimensi *phantom* pergelangan tangan[7], bahu, dada dan paha[8]:



Gambar 2 Phantom Pergelangan Tangan (a), Lengan (b), Dada(c), Paha (d)

. Dalam pemasangan komponen yang memaparkan gelombang radio elektromagnetik ke tubuh diperlukan sebuah persyaratan batas maksimal agar tubuh tetap aman dari radiasi yang disebut sebagai Specific Absorption Ratio (SAR). SAR merupakan ukuran tingkat energi yang diserap oleh tubuh saat terpapar frekuensi radio medan elektromagnetik, didefinisikan juga sebagai daya yang diserap per massa dari jaringan dengan satuan watt per kilogram (W/kg). 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[8].

5. Perancangan Antena



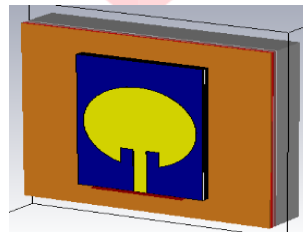
Gambar 3 Desain Antena

Dalam penelitian ini antenna menggunakan metode *stacked substrate*, yaitu penumpukan *substrate* sebanyak 4 lapis agar nilai *bandwidth* meningkat[9]. Selain itu antenna juga menggunakan metode *inset-fed* agar terjadi *matching impedance* di antenna sehingga menghasilkan nilai *VSWR* yang baik[10]. Antena berbahan 4 lapis kain *jeans* yang digunakan sebagai substrat serta *copper tape* sebagai konduktor, serta ditambahkan *gap* udara dan lem *Polyvinil Acetats (PVAc)* dengan tebal 0,05 mm agar hasil simulasi bisa sesuai dengan hasil pabrikan, dimensi akhir antenna dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2 Dimensi Antena

No.	Nama Parameter	Simbol	Ukuran (mm)	No.	Nama Parameter	Simbol	Ukuran (mm)
1	Tebal Konduktor	h	0,1	7	Jari-jari Patch	r	26,74
2	Tebal Substrat	hs	1	8	Gap Udara	u	0,05
3	Tebal Lem	l	0,05	9	Lebar Feed	wf	5,7
4	Panjang Feed	lf	32	10	Lebar Slot	ws	6
5	Panjang Groundplane	lg	88,48	11	Lebar Groundplane	wg	59,48
6	Panjang Slot	ls	29,14				

6. Hasil Simulasi Kondisi *On Body* Pergelangan Tangan



Gambar 4 Simulasi Antena *On Body* Pergelangan Tangan

Setelah melakukan simulasi antenna dengan kondisi *on body* di *phantom* pergelangan tangan didapatkan hasil parameter antenna yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Simulasi *On Body Phantom* Pergelangan Tangan

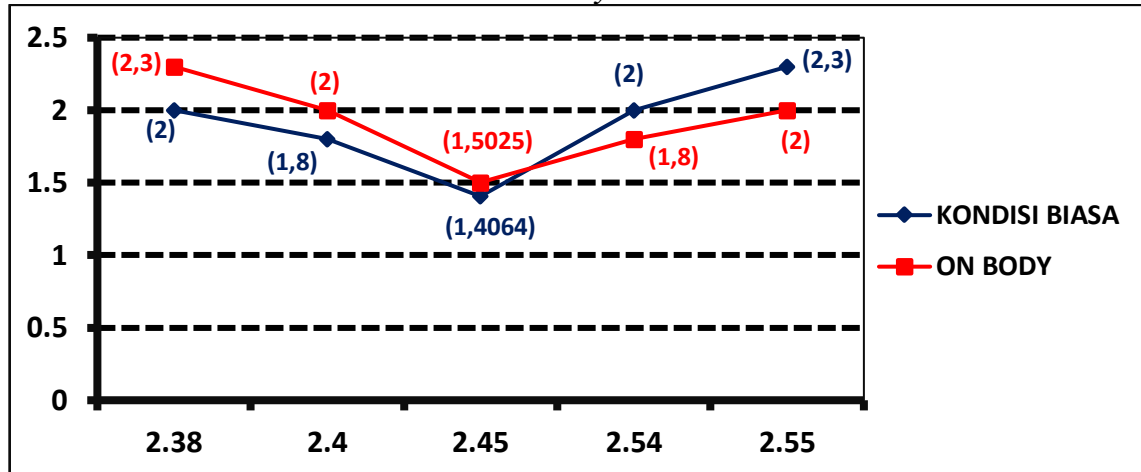
Jarak dari Tubuh (mm)	VSWR	Bandwidth (MHz)	Gain (dB)	Pola Radiasi	SAR (w/kg)	FBR (dB)
0	1,136	94,80	7,49	<i>Unidirectional</i>	1,12	1,12
1	1,130	95	7,59	<i>Unidirectional</i>	0,76	0,76
2	1,128	96,30	7,66	<i>Unidirectional</i>	0,54	0,54
3	1,125	96,70	7,71	<i>Unidirectional</i>	0,39	0,39
4	1,122	97,20	7,75	<i>Unidirectional</i>	0,30	0,30
5	1,119	97,50	7,77	<i>Unidirectional</i>	0,25	0,25
10	1,111	98,70	7,78	<i>Unidirectional</i>	0,11	0,11

7. Pengukuran dan Analisis



Gambar 5 Hasil Pabrikan Antena Tampak Depan (a), Belakang (b) dan Samping (c)

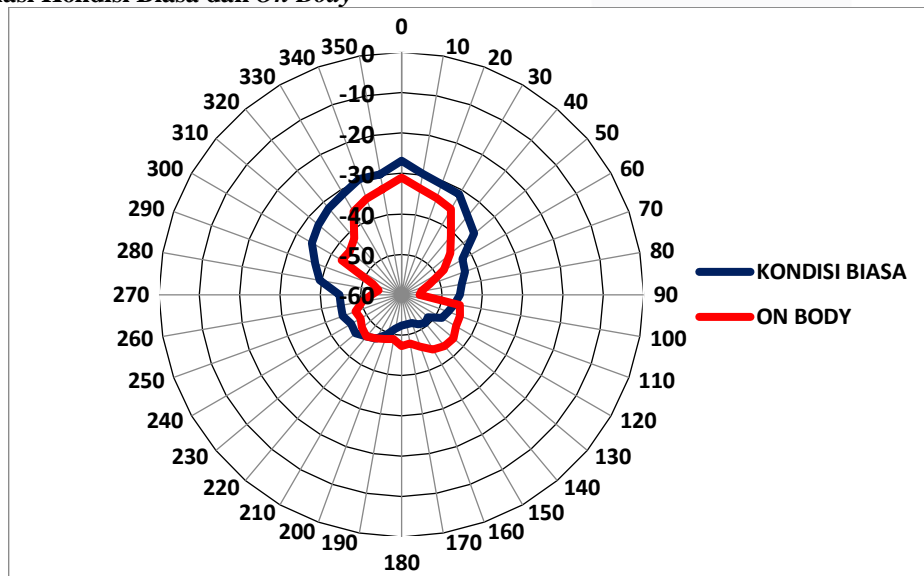
7.1 VSWR dan Bandwidth di Kondisi Biasa dan *On Body*



Gambar 6 Grafik Perbandingan Nilai VSWR Kondisi Biasa dan *On Body*

Hasil pengukuran antenna kondisi biasa didapatkan nilai VSWR antenna sebesar 1,4064 dan dapat bekerja dengan baik di rentang frekuensi 2,38 – 2,54 GHz sehingga mempunyai *bandwidth* sebesar 168 MHz. Sedangkan, dari hasil pengukuran antenna kondisi *on body* didapatkan nilai VSWR antenna sebesar 1,50 dan dapat bekerja dengan baik di rentang frekuensi 2,39 – 2,55 GHz sehingga mempunyai *bandwidth* sebesar 153 MHz. Hasil pengukuran tersebut membuktikan bahwa antenna dapat bekerja dengan baik dengan kondisi biasa maupun *on body*, kesimpulan tersebut dapat diambil karena di rentang frekuensi tersebut nilai VSWR sesuai dengan persyaratan VSWR antenna yang baik, yaitu dibawah 2. Pengaruh adanya tubuh manusia juga terlihat dari grafik perbandingan tersebut, dimana nilai VSWR dan frekuensi kerja saat kondisi *on body* bergeser serta nilai *bandwidth* yang lebih sempit dibandingkan saat kondisi biasa yang disebabkan oleh sifat dan karakteristik tubuh manusia yang mampu membuat parameter dalam antenna berubah.

7.2 Pola Radiasi Kondisi Biasa dan *On Body*



Gambar 7 Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi Kondisi Biasa dan *On Body*

Hasil pengukuran pola radiasi saat kondisi biasa dan *on body* didapatkan pola radiasi *unidirectional*, yaitu pola radiasi yang mengarah ke satu arah. Pada kondisi *on body* didapatkan *back lobe* yang lebih besar dikarenakan kondisi tubuh manusia berupa pergelangan tangan yang bisa mempengaruhi pola radiasi antenna walaupun pengaruh yang diberikan cukup sedikit dikarenakan antenna menggunakan *full groundplane*.

Hasil pengukuran *front to back ratio* saat kondisi biasa adalah 25,46 dB atau dengan kata lain intensitas daya pada *main lobe* 346,7 kali lebih besar daripada *back lobe*. Sedangkan hasil pengukuran *front to*

back ratio saat kondisi *on body* adalah 15,7, dB atau dengan kata lain intensitas daya pada *main lobe* 37,3 kali lebih besar daripada *back lobe*. Perbedaan hasil *front to back ratio* tersebut dikarenakan adanya faktor tubuh manusia pada pengukuran *on body* yang menyebabkan daya yang terserap oleh tubuh lebih besar dibandingkan daya yang terserap oleh tubuh pada kondisi biasa.

7.3 Gain Kondisi Biasa dan On Body

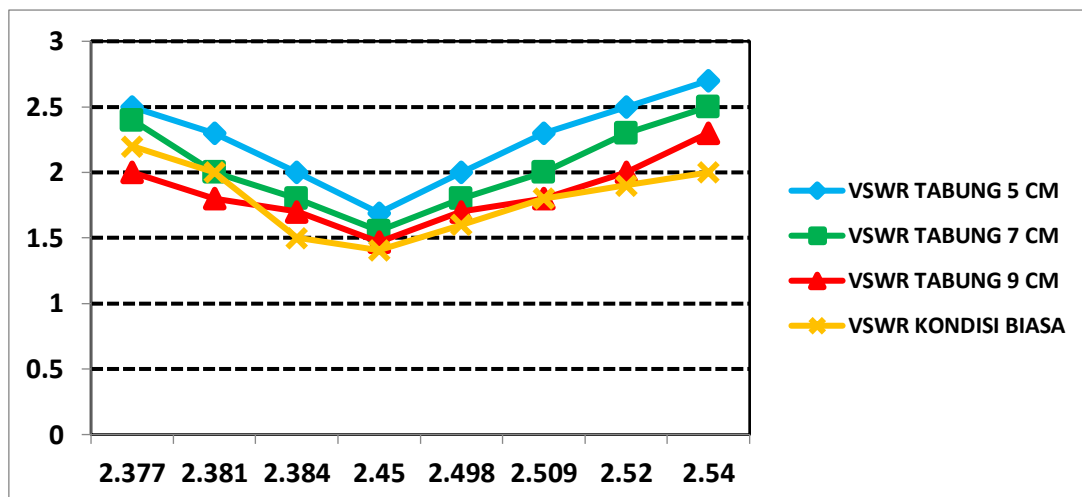
Tabel 4 Hasil Pengukuran Gain Kondisi Biasa dan On Body

Kondisi Pengukuran	Nilai Gain (dB)
Kondisi Biasa	5,39
Kondisi On Body	5,03

Terjadi penurunan saat dilakukan pengukuran *gain* antenna di kondisi *on body*, saat kondisi biasa nilai *gain* adalah 5,39 dB sedangkan saat *on body* nilai *gain* 5,03 dB. Penurunan tersebut bisa disebabkan oleh kondisi pergelangan tangan yang kemungkinan menyerap daya dari antenna sehingga efisiensi berkurang dan *gain* pun menurun.

7.4 Pengujian Fleksibilitas Antena

7.4.1 Pengujian Nilai VSWR dan Bandwidth



Gambar 8 Grafik Perbandingan VSWR Hasil Uji Fleksibilitas

Dari Gambar 9 didapatkan hasil VSWR mengecil dan bandwidth yang semakin menyempit saat antenna disesuaikan bentuknya dengan tabung berdiameter kecil. Hal tersebut terjadi karena dimensi antenna khususnya bagian feed saat disesuaikan dengan ukuran diameter tabung yang semakin mengecil, sehingga matching impedance antenna berkurang yang akhirnya membuat nilai VSWR naik dan bandwidth mengecil. Namun dari hasil uji fleksibilitas antenna dapat diambil kesimpulan bahwa antenna masih sesuai dengan spesifikasi saat dibengkokkan sesuai ukuran tabung berdiameter hingga 5 cm. .

7.4.2 Pengujian Nilai Gain

Tabel 5 Hasil Gain Uji Fleksibilitas

Kondisi Pengukuran	Nilai Gain (dB)
Pengukuran Biasa	5,39
Tabung Diameter 5 cm	4,76
Tabung Diameter 7 cm	5,04
Tabung Diameter 9 cm	5,23

Gain yang didapatkan dari hasil pengujian fleksibilitas masih sesuai dengan spesifikasi antenna yang dibutuhkan yaitu *gain* > 3 dB. Namun, semakin kecil diameter pipa yang digunakan maka akan membuat *gain* antenna mengecil, hal ini dikarenakan semakin kecil diameter pipa yang digunakan akan membuat antenna semakin melengkung, khususnya di bagian *patch* yang membuat luas *patch* menyempit, padahal peran *patch* dalam antenna mikrostrip adalah sebagai pemancar dan penerima gelombang elektromagnetik. Menyempitnya luas *patch* membuat hilangnya sebagian daya yang diterima antenna, sehingga nilai *gain*-pun ikut menurun.

4.6 Rangkuman Hasil Parameter Antena

Setelah melakukan simulasi dan pengukuran dengan kondisi biasa dan *on body* serta uji fleksibilitas antenna mikrostrip, didapatkan hasil parameter yang sesuai dengan spesifikasi antenna untuk aplikasi telemedis di frekuensi *Industrial, Scientific and Medical (ISM)* 2,45 GHz seperti yang ditunjukkan Tabel 4.7. Melihat hasil-hasil parameter tersebut, antenna bisa diaplikasikan di berbagai alat telemedis yang berfrekuensi 2,45 GHz, baik itu saat dipasang ke tubuh (*on body*) maupun luar tubuh (kondisi biasa).

Tabel 6 Rangkuman Hasil Parameter Antena

Parameter Antena		VSWR	Bandwidth	Gain (dB)	Pola Radiasi	FBR (dB)
Spesifikasi Antena		≤ 2	≥ 83.5	> 3	<i>Unidirectional</i>	≥ 10
Hasil Simulasi	Kondisi Biasa	1,05	101,50 MHz (2,381 – 2,499 GHz)	7,28	<i>Unidirectional</i>	20,94
	Kondisi <i>On Body</i>	1,13	95 MHz (2,404 – 2,499 GHz)	7,59	<i>Unidirectional</i>	15,43
Hasil Pengukuran	Kondisi Biasa	1,40	168 MHz (2,38 – 2,54 GHz)	5,39	<i>Unidirectional</i>	25,46
	Kondisi <i>On Body</i>	1,50	153 MHz (2,4 – 2,55 GHz)	5,03	<i>Unidirectional</i>	15,70
Uji Fleksibilitas	Tabung Diameter 5 cm	1,69	114 MHz (2,384 – 2,498 GHz)	4,76	<i>Unidirectional</i>	17,45
	Tabung Diameter 7 cm	1,55	128 MHz (2,381 – 2,509 GHz)	5,04	<i>Unidirectional</i>	22,10
	Tabung Diameter 9 cm	1,46	143 MHz (2,377 – 2,52 GHz)	5,23	<i>Unidirectional</i>	23,21

8. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini setelah melewati proses perancangan, simulasi dan realisasi antenna mikrostrip *patch* sirkular dengan substrat berbahan kain *jeans* di frekuensi 2,45 GHz ini adalah sebagai berikut:

1. Antena dapat bekerja dengan baik di frekuensi 2,45 GHz dalam kondisi biasa maupun *on body*, hal tersebut dikarenakan antenna memiliki hasil parameter yang sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Saat kondisi biasa didapatkan nilai VSWR 1,4 dengan *gain* sebesar 5,39 dB dan pola radiasi *unidirectional*, sedangkan saat kondisi *on body* didapatkan nilai VSWR 1,5 dengan *gain* sebesar 5,03 dB dan pola radiasi *unidirectional* dengan nilai SAR 0,76 W/kg.
2. Antena mikrostrip bisa bekerja dengan baik dan tidak berbahaya bagi tubuh bahkan jika dipasang secara langsung ke bagian pergelangan tangan manusia karena memiliki nilai SAR < 1.6 w/kg saat disimulasikan dengan jarak 0 mm dari *phantom* pergelangan tangan.
3. Saat simulasi, nilai *gain* antenna kondisi *on body* lebih besar dibandingkan gain antenna saat tanpa *phantom*, hal ini dikarenakan bagian *phantom* yaitu otot, kulit, lemak dan tulang memiliki sifat konduktif sehingga berperan menjadi *reflector*.
4. Nilai bandwidth yang lebih lebar saat pengukuran dibandingkan saat simulasi disebabkan oleh perubahan tebal antenna. Pada saat pengukuran, substrat antenna menjadi lebih tebal dibandingkan saat simulasi dikarenakan ketebalan lem dan udara dalam antenna yang berubah
5. Antena mikrostrip masih bisa bekerja dengan baik saat dibengkokkan sesuai bentuk pipa yang berdiameter 5, 7 dan 9 cm karena saat dibengkokkan dengan pipa berdiameter 5, 7 dan 9 cm antenna masih memiliki hasil parameter yang sesuai dengan spesifikasi. Namun, semakin kecil diameter

- pipa yang digunakan maka akan membuat *gain* antena mengecil, hal ini dikarenakan daya terima yang hilang karena lengkungan di antena membuat luas patch sebagai pemancar antena menyempit
6. Perbedaan hasil simulasi dengan pengukuran dapat dianggap wajar mengingat proses pabrikasi yang dibuat manual serta kondisi ruang pengukuran yang kurang ideal.
 7. Hasil parameter antena sesuai dengan spesifikasi untuk aplikasi telemedis di frekuensi Industrial, Scientific and Medical (ISM) 2,45 GHz, hal tersebut berarti antena nantinya bisa diaplikasikan ke alat-alat aplikasi telemedis yang berfrekuensi 2,45 GHz.

9. Daftar Pustaka

- [1] Sonia C. Survase, Vidya V. Deshmukh, 2013, Design of Wearable Antenna for Telemedicine Application, IJESIT.
- [2] A Suhariyono, T Yunita, LO Nur, 2018, Antena Tekstil Segi Empat dan AMC pada Frekuensi 2,45 GHz Untuk Aplikasi Kesehatan. e-Proceeding of Engineering: Vol.5, p. 372-378
- [3] MRF Nurdin, T Yunita, LO Nur, 2018, Antena Tekstil Patch Segi Empat 5,8 GHz pada Tubuh Untuk Aplikasi Kesehatan. e-Proceeding of Engineering: Vol.5, p. 362-371
- [4] Ciampa, M., 2012, CWNA Guide to Wireless LANs, Cengage Learning.
- [5] Pangaribuan, Exaudi, 2011, Perancangan Simulasi dan Realisasi Antena Mikrostrip Patch Lingkaran Pada Pita Frekuensi Ku-Band, Laporan Tugas Akhir Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom Bandung
- [6] H.Hamouda, R. Addaci, P. Le Thuc, R. Staraj and G. Kossiavas, 2014, MIMO Antenna Embedded in a Wrist-Watch For Application in Telemedicine. IEEE
- [7] Augustine, Robin, 2009, Electromagnetic Modelling of Human Tissues and Its Application on The Interaction Between Antenna and Human Body in The BAN Context. Universite-Paris-Est.
- [8] Kellomaki, T, W.G. Whittow, J.Heikkinen, and L.Kettunen, 2009, 2.4 GHz Plaster Antennas for Health Monitoring. Proceedings of European Conference on Antennas and Propagation, p. 211-215
- [9] Y. Hamizan, H.A. Aziati, M.T. Ali, S. Subahir, S.N. Kamaruddin., 2016, Comparative Analysis for Multilayer Stacked Substrates Microstrip Patch Antenna. IEEE Asia-Pacific Conference on Applied Electromagnetics (APACE). Kedah, Malaysia
- [10] PA Darmawan, LO Nur, H Wijanto, 2018, Antena Mikrostrip Array 1x4 Inset-fed Patch Persegi Untuk Wifi 2,4 GHz Access Point. e-Proceeding of Engineering: Vol.5, p. 321-330