

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

**Nopian Teguh Susyanto, Trasma Yunita, Levy Olivia Nur.**

Jurusan S1 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom  
Jl. Telekomunikasi No. 1 Terusan Buah Batu, Bandung 40257  
nteguhsusyanto@student.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 penggunanya. *Textile 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, simulasi dan realisasi antena tekstil mikrostrip *patch* sirkular dengan 4 lapis kain *jeans* yang digunakan sebagai substrat dan *copper tape* sebagai konduktor. Antena dipasang di pergelangan tangan dan bekerja di frekuensi *Industrial, Scientific and Medical (ISM)* 2,45 GHz. Dari hasil pengukuran didapatkan antena bisa bekerja dengan baik di frekuensi 2,380 – 2,498 GHz dengan gain sebesar 5,03 dB serta pola radiasi *unidirectional*.

**Kata kunci:** *Textile Antenna, Jeans, Industrial Scientific and Medical (ISM)*

### ABSTRACT

Telemedicine is one of telecommunication technology application for health. Telemedicine application which is using wireless technology require an appropriate antenna. Nowadays, there are many research about wearabale antenna is expected to make it convenient to used by users. Textile Antenna is a type of wearable antenna that uses textile material, the using of textile material is suitable to be applied in telemedicine because the material are light, soft, and flexible. In this research, have been designed, simulated and realized circular patch microstrip textile antenna with 4 layers of jeans fabric, which is used as substrate and copper tape as conductor. The antenna is mounted on the wrist and works in *Industrial, Scientific and Medical (ISM)* frequency 2.45 GHz. From the result of measurement obtained antenna can operated well in the frequency of 2.380 – 2.498 GHz with the gain is 5,03 dB and unidirectional radiation pattern.

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

### 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[Sonia C. Survase, 2013]. Ada berbagai macam jenis tipe dan desain dari *wearable antena*, namun *textile 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 antenna* pada penelitian sebelumnya [A. Suhariyono, 2018] [MRF Nurdin, 2018] dengan frekuensi *Industrial, Scientific and Medical (ISM)* 2,45 GHz untuk aplikasi telemedis menggunakan kain *jeans* sebagai substrat dan *copper tape* sebagai konduktor.

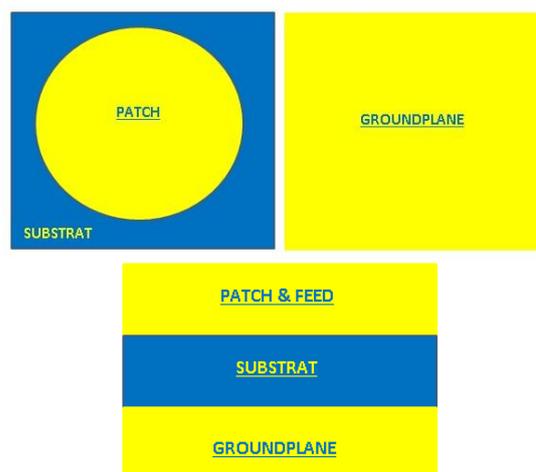
Frekuensi yang digunakan pada penelitian ini adalah *Industrial, Scientific and Medical* merupakan (ISM), yang merupakan salah satu *unlicensed bands* yang disetujui oleh *Federal Communication Commission (FCC)* pada tahun 1985 dan termasuk ke dalam salah daftar *Unlicensed National Information*, seperti yang ditampilkan dalam Tabel 1 berikut [Ciampa, 2012]:

**Tabel 1.** Daftar *Unlicensed National Information*

<i>Unlicensed Band</i>	<i>Frekuensi</i>	<i>Total Bandwidth</i>
<i>Industrial Scientific and Medical (ISM)</i>	902 – 28 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

Jenis antenna yang dirancang merupakan antenna *planar* atau mikrostrip yang terdiri atas tiga komponen utama, yaitu *patch* yang berfungsi sebagai peradiasi dari antenna, oleh karena itu *patch* harus berbahan dasar konduktor, seperti emas, kuningan, aluminium dan tembaga, namun pada umumnya tembaga menjadi bahan yang paling sering digunakan dalam pembuatan antenna dikarenakan

harganya yang murah dan mudah dicari. Komponen kedua adalah *substrate* yang berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari catuan menuju daerah bawah *patch*, bahan yang digunakan untuk substrat adalah bahan dielektrik, seperti FR-4 dan *duroid*. Komponen terakhir adalah *groundplane* yang berfungsi sebagai *reflector* atau pemantul dari sinyal-sinyal agar sinyal teradiasi secara sempurna ke depan, bahan yang digunakan adalah konduktor dan biasanya sama seperti bahan yang digunakan untuk *patch* [Augustine, 2009]. Susunan komponen antenna mikrostrip tampak depan, belakang dan samping dapat dilihat di Gambar 1 berikut.



**Gambar 1.** Antena Mikrostrip Tampak Depan, Belakang dan Samping

Antena mikrostrip mempunyai berbagai macam bentuk *patch*, salah satu yang sering digunakan adalah *patch* berbentuk sirkular atau lingkaran. Untuk merancang antenna mikrostrip *patch* sirkular, diperlukan informasi mengenai konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) dari bahan yang digunakan, frekuensi resonansi ( $f_r$ ) antenna dan tebal bahan yang digunakan. Proses perancangan antenna mikrostrip sirkular dilakukan secara bertahap, tahapan pertama adalah melakukan perhitungan terlebih dahulu dimensi dari antenna dengan menggunakan persamaan (1 – 9) [Pangaribuan, 2011].

- Menentukan jari-jari *patch* ( $r$ )

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

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

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

- Menentukan dimensi *groundplane* dan substrat (Gp)

$$Gp = 6h + 2a \quad (4)$$

- Menentukan lebar catuan *microstrip line* (wf)

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon r + 1}{2}} + \sqrt{\frac{\epsilon r - 1}{2}} \left( \frac{\epsilon r - 1}{\epsilon r + 1} \right) \quad (5)$$

$$wf = \frac{w}{d} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \quad (6)$$

- Menentukan panjang catuan *microstrip line* (lf)

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

$$\lambda g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (8)$$

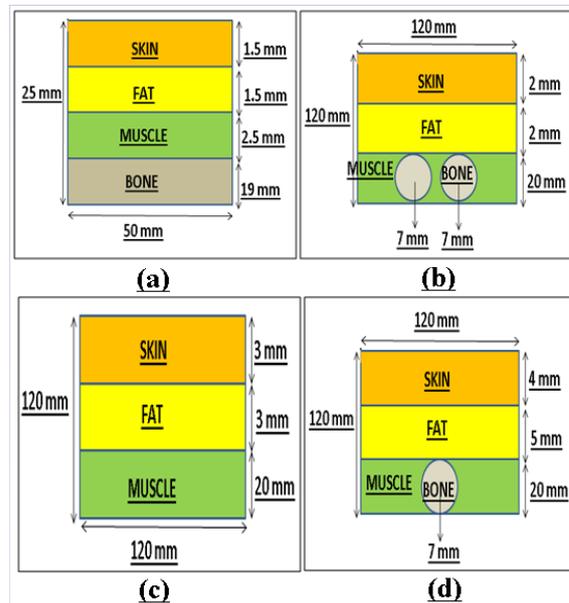
$$lf = \frac{\lambda g}{4} \quad (9)$$

Untuk melakukan simulasi *Wireless Body Area Network* (WBAN) 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 (*electrical properties*) seperti nilai permitivitas, permeabilitas dan konduktivitasnya seperti yang ditampilkan di Tabel 2 agar hasil simulasi bisa mendekati hasil pengukuran *real antenna*.

**Tabel 2.** Electrical Properties Komponen *Phantom*

Lapisan	Nilai Permittivitas	Nilai Konduktivitas (S/m)
Kulit	38,01	1,46
Lemak	5,28	0,1
Otot	52,73	1,74
Tulang	18,55	0,8

Penelitian ini menggunakan empat jenis *phantom* yang berbeda, yaitu *phantom* pergelangan tangan, bahu, dada dan paha dengan ukuran 120 x 120 mm. Berikut merupakan dimensi *phantom* pergelangan tangan [Augustine, 2009], bahu, dada dan paha [Kellomaki, 2009] seperti yang ditampilkan di Gambar 2.



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

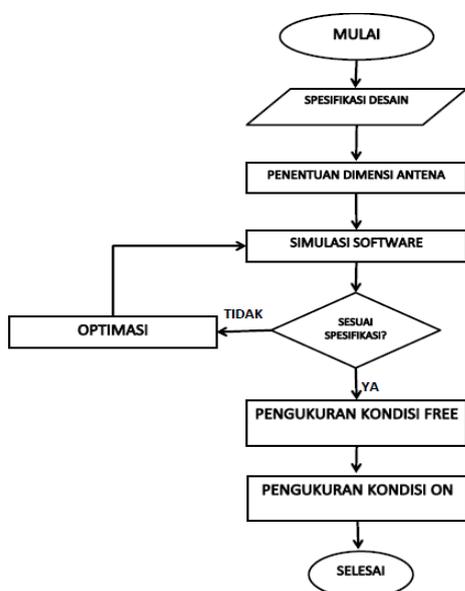
Dalam pemasangan komponen yang memaparkan gelombang radio elektromagnetik ke tubuh diperlukan sebuah persyaratan batas maksimal agar tubuh tetap aman dari radiasi yang disebut sebagai *Specific Absorption Ratio* (SAR). SAR merupakan tingkat daya yang diserap oleh tubuh manusia per-massa dari jaringan, dengan satuan Watt per kilogram

(W/kg). Berikut merupakan persamaan dari SAR:

$$SAR = \frac{\sigma|E|}{\rho} \quad (10)$$

Nilai  $\sigma$  adalah nilai konduktivitas elektrik bahan,  $|E|$  merupakan besar magnitudo vektor medan listrik dan  $\rho$  merupakan massa jenis bahan. Berdasarkan standar internasional yang ditetapkan oleh ANSI/IEEE (Amerika), dalam 1 gram massa jaringan tubuh manusia, besar nilai SAR yang diperbolehkan adalah 1,6 W/kg yang setara dengan 1,6 mW/g sehingga penyerapan elektromagnetik yang diperbolehkan hanya sebesar 1 Watt [Kellomaki, 2009].

### METODE PENELITIAN

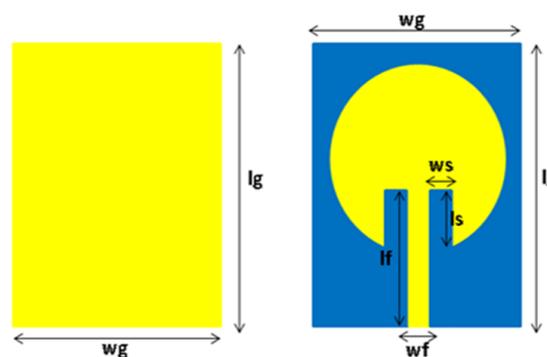


Gambar 3. Diagram Alir

Metodologi atau pendekatan yang dilakukan adalah: Melakukan studi literatur dari berbagai sumber dan penelitian sebelumnya untuk mendapatkan spesifikasi dari antenna yang akan dirancang serta mendapat dimensi dari komponen-komponen penyusun antenna, perancangan dan simulasi antenna menggunakan *software*, pabrikasi dari hasil simulasi yang sudah dioptimasi, melakukan pengukuran kondisi *free space* dan *on body* dari hasil pabrikasi antenna dan melakukan analisis hasil pengukuran seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.

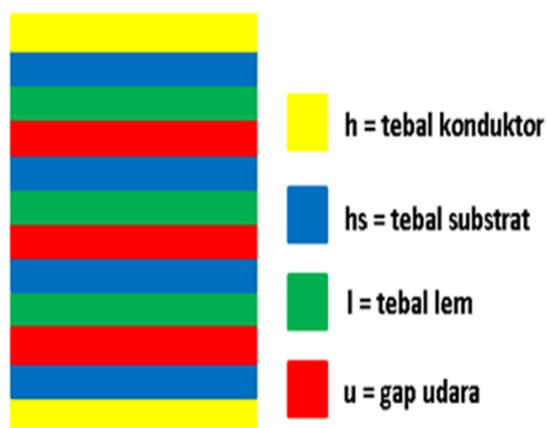
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4 dan 5 merupakan gambaran dari parameter ataupun komponen dari antenna yang dirancang. Dalam penelitian ini antenna menggunakan metode *stacked substrate*, yaitu metode penumpukan *substrate* yang merupakan salah satu metode optimasi antenna untuk meningkatkan nilai *bandwidth* dari antenna[Y.Hamizan, 2016]. Selain itu antenna juga menggunakan metode *inset-fed*, yaitu penambahan slot di sisi kiri dan kanan dari pencatuan yang merupakan metode dalam optimasi *matching impedance* di antenna sehingga diharapkan menghasilkan nilai VSWR yang baik[PA Darmawan, 2018].



Gambar 4. Komponen Antena Tampak dari Bawah dan Atas

Antena yang dirancang pada penelitian ini berbahan 4 lapis kain *jeans* yang digunakan sebagai substrat dengan ketebalan total sebesar 4 mm serta nilai konstanta dielektrik yang digunakan adalah 1,62. *Copper tape* sebagai bahan konduktor digunakan sebagai *groundplane*, *patch* dan *feed* dengan nilai ketebalan 0,1 mm. Selain itu ditambahkan *gap udara* dan lem putih berbahan dasar *Polyvinil Acetats (PVAc)* dengan tebal 0,05 mm yang ditempatkan di antara substrat agar hasil simulasi bisa sesuai dengan hasil pabrikasi. Lem PVAc mempunyai nilai konstanta dielektrik sebesar 2,8 yang mempunyai wujud fisik berwarna putih susu yang tidak kental dan mudah mengering, sehingga ketika digunakan sebagai perekat antar substrat tidak menimbulkan penumpukan lem yang bisa membuat dimensi antenna berubah secara signifikan.



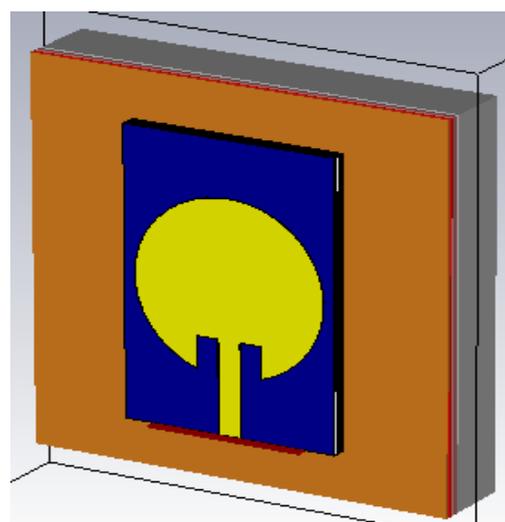
**Gambar 5.** Komponen Antena Tampak dari Samping

Pada data Tabel 3 dapat dilihat dimensi dari parameter-parameter antena yang dihitung menggunakan persamaan (1 – 9).

**Tabel 3.** Dimensi Akhir Antena

No.	Parameter	Simbol	Ukuran (mm)
1	Tebal Konduktor	$h$	0,10
2	Tebal Substrat	$hs$	1
3	Tebal Lem	$l$	0,05
4	Panjang Feed	$lf$	32
5	Panjang Groudplane	$lg$	88,80
6	Panjang Slot	$ls$	29,14
7	Jari-jari Patch	$r$	27,40
8	Gap Udara	$u$	0,05
9	Lebar Feed	$wf$	6,40
10	Lebar Groundplane	$wg$	60,80

Selanjutnya dilakukan simulasi antena dengan dimensi parameter di Tabel 3 menggunakan software. Simulasi dilakukan dengan skema antena dipasang secara *on body* dengan mengubah jarak antena dari *phantom*.

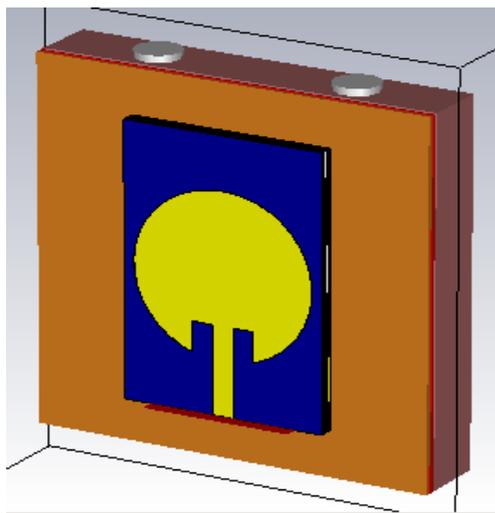


**Gambar 6.** Simulasi Antena Dengan *Phantom* Pergelangan Tangan

**Tabel 4.** Hasil Simulasi *On Body Phantom* Pergelangan Tangan

Jarak (mm)	VSWR	Bandwidth	Gain (dB)	SAR (w/kg)
0	1,13	94,80	7,49	1,12
1	1,13	95,00	7,59	0,76
2	1,12	96,30	7,66	0,54
3	1,12	96,70	7,71	0,39
4	1,12	97,20	7,75	0,30
5	1,11	97,50	7,77	0,25
10	1,11	98,70	7,78	0,11

Gambar 6 merupakan simulasi antena dengan kondisi *on body* di *phantom* pergelangan tangan. Dari hasil simulasi di Tabel 4 diketahui bahwa antena bisa bekerja dengan baik saat kondisi *on body* dengan *phantom* pergelangan tangan baik saat dijauhkan maupun didekatkan dengan jarak 0,1,2,3,4,5 dan 10 mm. Dengan nilai *Specific Absorption Ratio* (SAR) yang masih mencukupi persyaratan, yaitu dibawah 1,6 W/kg membuat antena bisa digunakan di pergelangan tangan dengan kondisi tepat direkatkan secara langsung (0 mm tanpa gap).

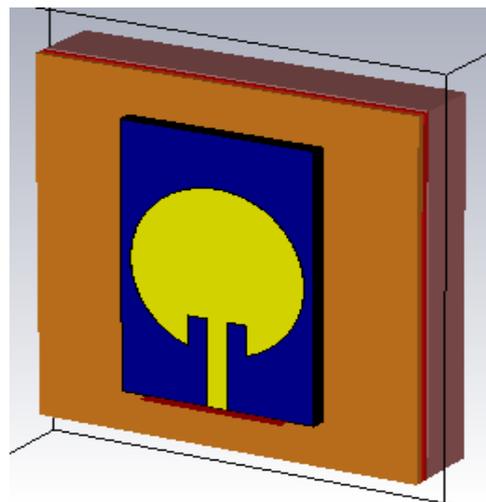


**Gambar 7.** Simulasi Antena Dengan *Phantom* Lengan

**Tabel 5.** Hasil Simulasi *On Body Phantom* Lengan

Jarak (mm)	VSWR	Bandwidth	Gain (dB)	SAR (w/kg)
0	1,09	98,20	7,37	1,78
1	1,09	98,10	7,40	1,20
2	1,10	97,80	7,46	0,90
3	1,10	98,80	7,51	0,70
4	1,10	99,00	7,55	0,56
5	1,10	99,10	7,58	0,46
10	1,10	99,80	7,65	0,25

Gambar 7 merupakan simulasi antena dengan kondisi *on body* di *phantom* lengan. Dari hasil simulasi di Tabel 5 diketahui bahwa antena bisa bekerja dengan baik saat kondisi *on body* dengan *phantom* lengan baik saat dijauhkan maupun didekatkan dengan jarak 1,2,3,4,5 dan 10 mm. Dengan nilai *Specific Absorption Ratio* (SAR) yang masih mencukupi persyaratan, yaitu dibawah 1,6 W/kg membuat antena bisa digunakan di lengan dengan kondisi jarak antena-*phantom* minimal 1 mm, karena saat kondisi jarak 0 mm nilai *Specific Absorption Ratio* melebihi batas yang diperbolehkan

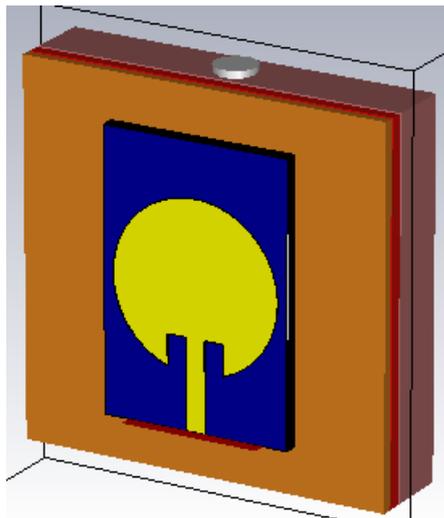


**Gambar 8.** Simulasi Antena Dengan *Phantom* Dada

**Tabel 6.** Hasil Simulasi *On Body Phantom* Dada

Jarak (mm)	VSWR	Bandwidth	Gain (dB)	SAR (w/kg)
0	1,11	98,10	7,20	2,23
1	1,10	98,50	7,24	1,56
2	1,10	98,50	7,32	1,18
3	1,10	98,60	7,39	0,92
4	1,10	98,70	7,45	0,73
5	1,10	98,90	7,49	0,59
10	1,10	99,60	7,63	0,34

Gambar 8 merupakan simulasi antena dengan kondisi *on body* di *phantom* dada. Dari hasil simulasi di Tabel 6 diketahui bahwa antena bisa bekerja dengan baik saat kondisi *on body* dengan *phantom* dada saat dijauhkan maupun didekatkan dengan jarak 1,2,3,4,5 dan 10 mm. Dengan nilai *Specific Absorption Ratio* (SAR) yang masih mencukupi persyaratan, yaitu dibawah 1,6 W/kg membuat antena bisa digunakan di lengan dengan kondisi jarak antena-*phantom* minimal 1 mm, karena saat kondisi jarak 0 mm nilai *Specific Absorption Ratio* melebihi batas yang diperbolehkan.

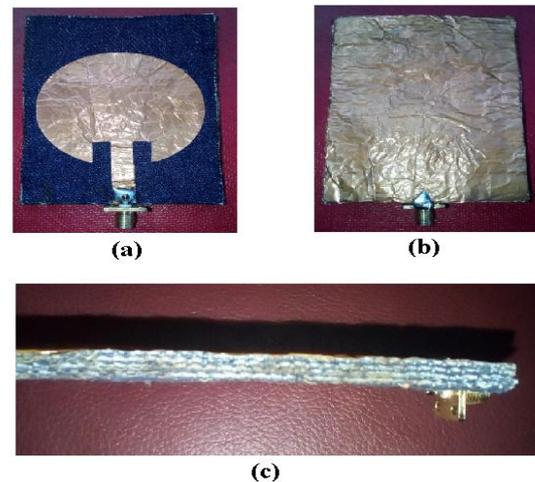


**Gambar 9.** Simulasi Antena Dengan *Phantom* Paha

**Tabel 7.** Hasil Simulasi *On Body Phantom* Paha

Jarak (mm)	VSWR	Bandwidth	Gain (dB)	SAR (w/kg)
0	1,13	96,70	7,46	2,55
1	1,12	97,10	7,50	1,84
2	1,12	97,10	7,58	1,35
3	1,12	97,40	7,65	1,00
4	1,12	97,70	7,71	0,75
5	1,12	98,00	7,77	0,64
10	1,11	99,00	7,88	0,38

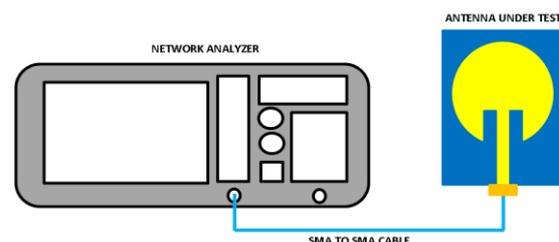
Gambar 9 merupakan simulasi antena dengan kondisi *on body* di *phantom* paha. Dari hasil simulasi di Tabel 7 diketahui bahwa antena bisa bekerja dengan baik saat kondisi *on body* dengan *phantom* paha saat dijauhkan maupun didekatkan dengan jarak 2,3,4,5 dan 10 mm. Dengan nilai *Specific Absorption Ratio* (SAR) yang masih mencukupi persyaratan, yaitu dibawah 1,6 W/kg membuat antena bisa digunakan di lengan dengan kondisi jarak antena-*phantom* minimal 2 mm, karena saat kondisi jarak 0 dan 1 mm nilai *Specific Absorption Ratio* melebihi batas yang diperbolehkan.



**Gambar 10.** Hasil Pabrikasi Antena Tampak Depan (a), Belakang (b) dan Samping (c)

Setelah melakukan simulasi dengan empat *phantom* yang berbeda didapatkan hasil yang optimal saat simulasi menggunakan *phantom* pergelangan tangan. Hal ini dikarenakan saat kondisi antena ditempelkan secara langsung ke *phantom* pergelangan tangan nilai parameter antena masih sesuai dengan persyaratan antena yang baik dan aman bagi tubuh manusia. Melihat hal tersebut, maka antena akan diaplikasikan di pergelangan tangan manusia. Langkah selanjutnya adalah melakukan pabrikasi antena sesuai dengan dimensi akhir antena hasil optimasi dari Tabel 3.

Gambar 10 merupakan antena hasil pabrikasi yang selanjutnya dilakukan pengukuran antena untuk melihat hasil parameter antena secara *real*, parameter yang diperhatikan adalah VSWR, *bandwidth*, *gain*, pola radiasi dan Front to Back Ratio (FBR). Gambar 11 merupakan skema pengukuran VSWR dan *bandwidth* menggunakan *Network Analyzer*.



**Gambar 11.** Konfigurasi Pengukuran VSWR dan Bandwidth



**Gambar 12.** Pengukuran VSWR dan Bandwidth Kondisi *Free Space*

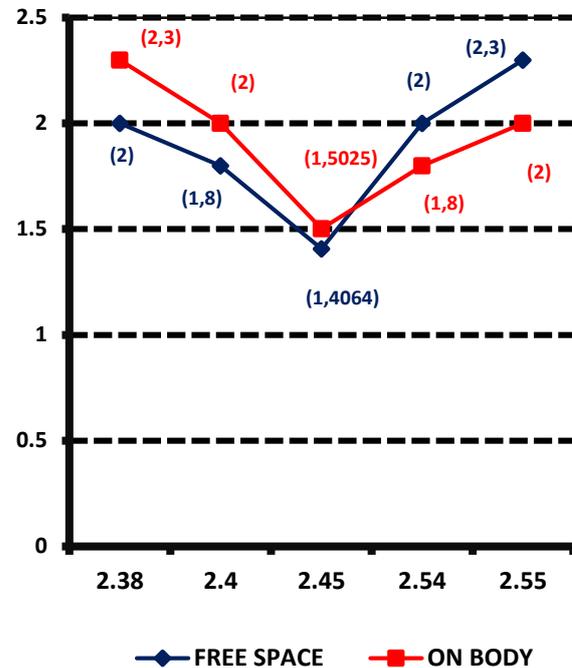
Pengukuran antenna dilakukan dalam dua kondisi, yaitu pengukuran dengan kondisi *free space* atau biasa dan kondisi *on body*. Kondisi *free space* adalah kondisi dimana pengukuran dilakukan secara langsung antara antenna pengirim dan penerima pada umumnya di ruang bebas seperti tampak pada Gambar 12.



**Gambar 13.** Pengukuran VSWR dan Bandwidth Kondisi *On Body*

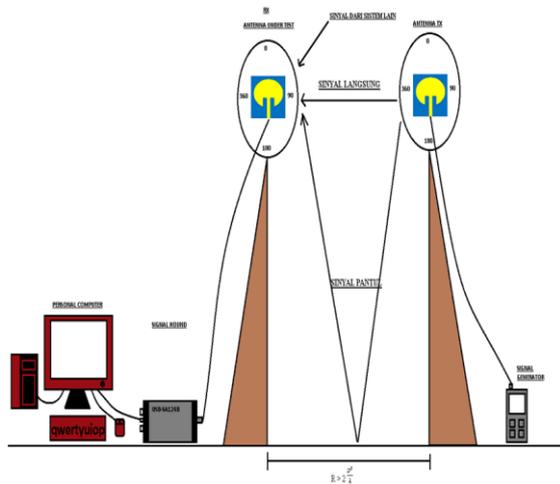
Sedangkan kondisi *on body* seperti yang tampak pada Gambar 13 merupakan kondisi dimana antenna hasil pabrikan yang bertindak sebagai antenna penerima ditempelkan pada pergelangan tangan manusia. Pengukuran dilakukan dengan dua metode berbeda untuk

membandingkan dan menganalisa pengaruh saat antenna dipasang di udara bebas dengan saat antenna dipasang di permukaan tubuh.



**Gambar 14.** Grafik VSWR dan *Bandwidth*

Gambar 14 merupakan grafik perbandingan VSWR dan *bandwidth* pada pengukuran kondisi *free space* dan *on body*. Pada pengukuran kondisi *free space* didapatkan nilai VSWR antenna adalah 1,40 dan nilai *bandwidth* sebesar 168 MHz (2,38 – 2,54 GHz). Sedangkan pada pengukuran kondisi *on body* didapatkan nilai VSWR antenna adalah 1,50 dan nilai *bandwidth* sebesar 150 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.

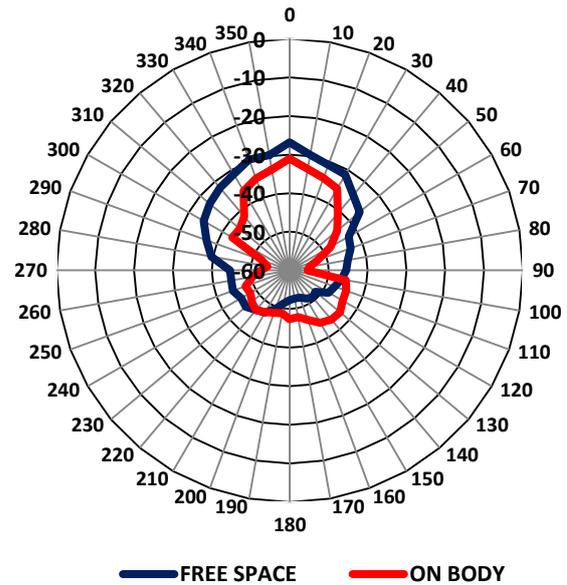


**Gambar 15.** Konfigurasi Pengukuran di Medan Jauh Antena

Setelah melakukan pengukuran parameter dalam antena (VSWR dan bandwidth) dilakukan pengukuran parameter luar antena (gain, pola radiasi, FBR) di jarak medan jauh antena dengan konfigurasi seperti Gambar 14. Pengukuran dilakukan di medan jauh agar pancaran gelombang elektromagnetik bisa bersifat gelombang datar sempurna, dan antar kedua antena (Tx dan Rx) tidak terjadi coupling yang akan mempengaruhi masing-masing antena sehingga akan terjadi transfer daya yang maksimum. Untuk mendapatkan nilai jarak radiasi medan jauh dapat menggunakan Persamaan 11 sebagai berikut:

$$R \geq \frac{D^2}{\lambda} \quad (11)$$

Dimana R, D dan  $\lambda$  secara berurutan merupakan jarak medan jauh, dimensi terbesar antena dan panjang gelombang. Merujuk pada persamaan tersebut pengukuran parameter luar antena dilakukan dengan jarak minimum 19,8 cm, adapun pada penelitian tugas akhir ini digunakan jarak antena receiver dan transmitter 40 cm dengan menggunakan metode dua antena identik. Hal-hal lain yang perlu diperhatikan saat melakukan pengukuran diantaranya kestabilan frekuensi, besar daya kirim, arah antena, kondisi lingkungan tempat pengukuran dan tingkat akurasi dari alat ukur yang digunakan.



**Gambar 16.** Grafik Pola Radiasi Azimuth

Gambar 15 merupakan grafik perbandingan pola radiasi azimuth antena kondisi *free space* dan *on body*. Berdasarkan gambar tersebut diketahui bahwa pola radiasi azimuth antena saat kondisi *free space* dan *on body* adalah *unidirectional*, yaitu pola radiasi yang pola pancarnya 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 antena walaupun pengaruh yang diberikan cukup sedikit dikarenakan antena menggunakan *full groundplane*.

Dari Gambar 15 juga kita bisa melihat hasil pengukuran *Front to Back Ratio* (FBR) dari antena, pada kondisi *free space* didapatkan nilai FBR sebesar 25,46 dB atau dengan kata lain intensitas daya pada *main lobe* 346,7 kali lebih besar daripada *back lobe*. Sedangkan hasil pengukuran FBR 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 FBR 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 *free space*.

**Tabel 8.** Hasil Pengukuran Gain

Kondisi Pengukuran	Nilai Gain (dB)
Kondisi <i>Free Space</i>	5,39
Kondisi <i>On Body</i>	5,03

Dari Tabel 9 diketahui bahwa terjadi penurunan saat dilakukan pengukuran gain antenna di kondisi *on body*, saat kondisi *free space* 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.

**Tabel 9.** Rangkuman Hasil Parameter Antena

Kondisi	VSWR	Bandwidth (MHz)	Gain (dB)	FBR (dB)
Spesifikasi Antena	$\leq 2$	$\geq 83.5$	$> 3$	$\geq 10$
Simulasi ( <i>Free Space</i> )	1,05	101,50 MHz (2,381 – 2,499 GHz)	7,28	20,94
Simulasi ( <i>On Body</i> )	1,13	95 MHz (2,404 – 2,499 GHz)	7,59	15,43
Pengukuran ( <i>Free Space</i> )	1,40	168 MHz (2,38 – 2,54 GHz)	5,39	25,46
Pengukuran ( <i>On Body</i> )	1,50	153 MHz (2,4 – 2,55 GHz)	5,03	15,70

Setelah melakukan simulasi dan pengukuran dengan kondisi *free space* dan *on body*, 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 *free space*).

## SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka kesimpulannya adalah antenna dapat bekerja dengan baik di frekuensi *Industrial Scientific and Medical (ISM)* 2,45 GHz dalam kondisi *free space* maupun *on body* karena memiliki

nilai parameter antenna yang sesuai dengan spesifikasi, saat kondisi *free space* didapatkan nilai VSWR 1,4 dengan gain sebesar 5,39 dB, sedangkan saat pengukuran *on body* didapatkan nilai VSWR 1,5 dengan gain sebesar 5,39 dB. Antena aman dipasang di permukaan tubuh, khususnya di bagian pergelangan tangan manusia karena saat simulasi memiliki nilai *Specific Absorption Ratio (SAR)* 0,76 w/kg, selain itu juga memiliki nilai *Front to Back Ratio (FBR)* yang besar (15,70 dB) sehingga daya yang diserap oleh tubuh hanya sedikit.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah peneliti bisa mencoba untuk mengganti bahan substrat dan konduktor dari antenna sehingga bisa melakukan analisa pengaruh perubahan bahan. Peneliti juga bisa melakukan analisis terhadap pengaruh antenna jika terkena air maupun dicuci.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Eng. Achmad Munir, S.T.,M.Eng dan Zaenal Arifin, S.T. serta seluruh anggota Laboratorium Antena Universitas Telkom serta Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro Institut Teknologi Bandung (ITB), yang telah mendukung dan membantu atas segala proses penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Ciampa, M., 2012, *CWNA Guide to Wireless LANs*, Cengage Learning
- 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
- 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

- Pangaribuan, Exaudi, 2011, Perancangan Simulasi dan Realisasi Antena Mikrostrip Patch Lingkaran Pada Pita Frekuensi Ku-Band, Laporan Tugas Akhir Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom Bandung
- 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
- Sonia C. Survase, Vidya V. Deshmukh, 2013, Design of wearable Antenna for Telemedicine Application, IJESIT
- Y. Hamizan, HA. Aziati, MT. Ali, S. Subahir, S.N. Kamruddin, 2016, Comparative Analysis for Multilayer Stacked Substrates Microstrip Patch Antenna. IEEE Asia-Pasific Conference on Applied Electromagnetics (APACE). Kedah, Malaysia