

# ANTENA TEKSTIL SEGI EMPAT DAN AMC PADA FREKUENSI 2.45 GHz UNTUK APLIKASI KESEHATAN

## TEKSTIL SQUARE PATH AND AMC FOR FREQUENCY 2.45 GHz FOR MEDICAL USED

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

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>adha.work27@gmail.com, <sup>2</sup>trasmayunita@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>levy.olivia@telkomuniversity.ac.id

### ABSTRAK

*Telemedicine* adalah aplikasi pengobatan klinis yang memanfaatkan telepon, internet, dan jaringan komunikasi lain untuk memberikan informasi medis. Sehingga dengan informasi medis tersebut, dapat digunakan untuk konsultasi kesehatan, dan juga dapat digunakan untuk prosedur medis. Oleh karena itu untuk menyediakan layanan tersebut diperlukan sebuah transmisi yang memiliki kemampuan seperti, transfer rate yang baik dan memiliki fleksibilitas yang tinggi. Dengan kemunculan teknologi *tekstile wearable antenna*, memungkinkan pembuatan antenna dari bahan tekstil sehingga nyaman, dan fleksibel untuk digunakan dalam aplikasi *telemedice*.

Sehingga dalam tugas akhir ini dirancang sebuah antenna tekstil *wearable patch* rektanguler pada frekuensi 2,45 GHz yang menggunakan bahan 3 lapis *cordura fabric* sebagai *substrat* dan untuk perancangan *patch* dan *groundplane* menggunakan bahan *copper tape*. Dimana untuk teknik pencatuaannya menggunakan metode *strip line*, dan untuk tahap optimasi juga ditambahkan metode *inset feed* yang bertujuan untuk meningkatkan *bandwidth*, dan meningkatkan nilai VSWR.

Dari hasil pengukuran antenna didapatkan hasil VSWR < 1,6 pada frekuensi 2,45 GHz dan *bandwidth* > 50 MHz. Gain antenna saat kondisi *off body* berada di 9,08 dB dan gain antenna saat *on body* didapatkan sebesar 9,18 MHz. Pola radiasi antenna saat *off body* menjadi *bidirectional* dan polarisasi elips. Penyerapan medan elektromagnetik (SAR) saat antenna didekatkan dengan tubuh adalah 1,057 W/Kg tetapi dengan sarat jarak antara antenna dengan tubuh adalah 2 cm. Untuk mengurangi efek radiasi di tambahkan AMC yang berfungsi juga sebagai reflektor. Ukuran dimensi antenna didapatkan melalui perhitungan teori yang kemudian disimulasikan dengan menggunakan software simulasi.

**Keyword:** *Tekstil Wearable Antenna, Antena Tekstil, Telemedicine*

### ABSTRACT

*Telemedicine is a clinical treatment application that utilizes telephone, internet, and other communication networks to provide medical information. So with the medical information, it can be used for health consultation, and can also be used for medical procedures. Therefore the antenna needs a good transfer rate capability and has good flexibility capability. With the emergence of wearable antenna textile technology, it enables the manufacture of antennas from comfortable, lightweight, and flexible textile materials to suit the above specifications.*

*In this final project designed a rectangular wearable patches antenna on 2.45 GHz frequency using 3 layer cordura fabrics as substrate and for design of patch and groundplane using copper tape material. Where the technique for pengatuaannya technique using strip line method, and ditahap optimization also added inset feed method that aims to increase the bandwidth.*

*From result of antenna measurement got result of VSWR <1,6 at frequency 2,45 GHz and bandwidth > 50 MHz. Gain antenna when off body condition is at 9,08 dB and antenna gain when on body got equal to 9.18 MHz, Polarization antenna when off body becomes bidirectional and polarization of ellipse. The absorption of the electromagnetic field (SAR) when the antenna is close to the body is 1.057 W / Kg but with full distance between the antenna and the body is 2 cm. To reduce the effects of radiation on add the AMC that works also as a reflector. The dimensions of antenna dimensions are obtained through theoretical calculations which are then simulated by using simulation software.*

**Keyword:** *Textile Wearable Antenna, Textile Antenna, Telemedicine*

## 1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir perkembangan teknologi *wireless* sangat cepat dan disertai dengan beragam peningkatan kualitas maupun kapasitas. terutama

pengaplikasiannya dibidang *telemedicine*. dimana dapat membantu meningkatkan layanan medis dan dapat memantau kesehatan secara *real time* terutama untuk pasien yang membutuhkan perawatan khusus. *Wearable antenna* merupakan solusi yang tepat untuk

mengatasi masalah tersebut, dimana interaksi antara pasien dan dokter dapat terjadi tanpa ada jarak, terutama di jaman sekarang dimana telemedicine telah didukung oleh teknologi komunikasi kecepatan tinggi baik internet maupun telepon 3G yang sangat mudah di akses oleh masyarakat umum<sup>[1]</sup>.

Dengan melihat kondisi perkembangan telemedicine sekarang yang tidak dapat menggunakan antena yang besar. maka dirancahlah antena tekstil yang substannya berupa *cordura fabric* yang tahan air dan flexible untuk dipasang dipakaian. sedangkan untuk *patch* dan *groudplane* menggunakan *copper tape*.

Antena yang paling banyak digunakan untuk antena tekstil ialah antena mikrostrip. yaitu antena yang berbentuk papan (*board*) dan mampu bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi, salah satunya frekuensi 2.45 GHz. Dimana frekuensi ini merupakan frekuensi yang bekerja di ISM band yang bebas dalam pengaturan. Antena mikrostrip sendiri terdiri dari 3 bagian yaitu *conducting patch*, substrat dielektrik, dan *groudplane*. untuk meningkatkan kemampuan antena tersebut ditambahkan AMC, AMC (*artificial magnetic conductor*) sendiri merupakan antena yang digunakan untuk menekan gelombang permukaan, hal ini bertujuan untuk pengurangi interferensi antara gelombang permukaan dengan radiasi utama dari antena<sup>[5]</sup>.

Pada penelitian sebelumnya menggunakan antena tekstil 2.45GHz untuk komunikasi pemadam kebakaran<sup>[4]</sup>. Dan menggunakan bahan *aramic fabric* sebagai *substart*. tetapi pada penelitian ini penulis akan merancang antena tekstil yang mampu mendukung komunikasi *wireless* pada frekuensi

## 2. Wearable Antenna

Antena merupakan suatu alat yang dapat merubah besaran listrik dari suatu transmisi menjadi suatu gelombang elektromagnetik untuk diradiasikan ke udara bebas. Sebaliknya antena juga menangkap gelombang elektromagnetik dari udara bebas untuk dijadikan besaran listrik kembali menjadi saluran transmisi<sup>[2]</sup>. Karena merupakan perangkat perantara antara saluran transmisi dan udara, maka antena harus mempunyai sifat yang sesuai (*match*) dengan saluran transmisi pencatunya. Saluran transmisi ini dapat berupa kabel koaksial, atau juga bisa ditambah dengan pipa untuk memperluas jalur

transmisi dan dikenal dengan gelombang terbimbing (*wave guide*).

*Wearable Antenna* merupakan sebuah antena yang didesain untuk diintegrasikan menempel pada bagian dari pakaian dan tubuh manusia<sup>[4]</sup>. Adapun antena yang digunakan harus memiliki fleksibilitas yang tinggi sehingga nyaman digunakan serta memiliki daya absorpsi minimum terhadap tubuh. Selain itu untuk dapat memberikan performansi yang baik, *wearable antenna* didesain dengan ukuran yang tipis, ringan, dan dapat diintegrasikan dengan rangkaian Radio Frekuensi (RF).

Antena tekstil menjadi bahasan yang menarik sejak perkembangan dari komunikasi wireless wearable antenna karena memungkinkan antena dari bahan tekstil diintegrasikan pada pakaian<sup>[3]</sup>.

Pada jurnal ini Purwarupa antena tekstil yang direalisasikan berupa antena mikrostrip patch rektanguler dengan spesifikasi bahan yang digunakan sebagai berikut<sup>[6]</sup>:

### 1. Patch dan groudplane (*copper tape*) :

- Permittivitas relative ( $\epsilon_r$ ) : 1
- Permeabilitas relative ( $\mu_r$ ): 1
- Ketebalan : 0.035 mm

### 2. Substrat ( 3 Lapis *cordura fabric* ) :

- Permittivitas relative ( $\epsilon_r$ ) : 2.05
- Permeabilitas relative ( $\mu_r$ ): 0.025
- Ketebalan : 2 mm

Teknik catuan yang digunakan pada antena berupa teknik catu stripline dimana elemen strip konduktor dihubungkan secara langsung pada tepi *patch* mikrostrip.

## 3. Dimensi Antena Patch rektanguler

Antena mikrostrip dengan patch rektanguler merupakan jenis antena yang umum digunakan karena konfigurasi yang sederhana. Pada Tugas Akhir ini menggunakan metode pemodelan saluran transmisi dalam perhitungan analisis matematisnya. Beberapa parameter yang harus diketahui dalam perhitungan matematis antena mikrostrip segi empat adalah konstanta dielektrik dari *substrat* ( $\epsilon_r$ ), frekuensi resonansi ( $f_r$ ), dan tebal dari *substrat* ( $h$ ).

## 4. Perancangan Antena

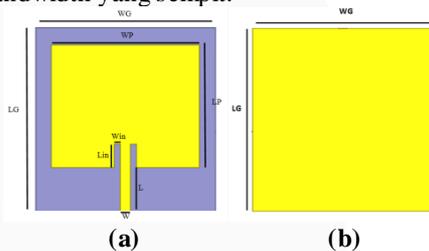
Pada jurnal ini dirancang suatu antena yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan sebagai salah satu blok diagram. Berikut spesifikasinya

- Frekuensi kerja : 2.45 GHz
- VSWR : < 1.6
- Gain : > 3 dBi

- Bandwidth : > 50 MHz
- Impedansi input : 50 Ω
- 1 g SAR : 1.6 W/kg

Untuk mendapat nilai dimensi antenna dilakukan perhitungan dahulu<sup>[4]</sup> kemudian hasil perhitungan antenna itu disimulasikan menggunakan software simulasi sebagai dasar awal pembuatan desain untuk melihat performansi antenna, juga sebagai media koreksi untuk mengoptimasi antenna agar mendapat spesifikasi yang di inginkan diawal. terjadi perubahan pada panjang groundplane secara langsung karena diinginkan pola radiasi dengan spesifikasi unidirectional. sehingga bentuk antenna mikrostrip memiliki groudplane yang penuh.

Untuk teknik optomasinya dipilih metode *inset feed*. metode *inset feed* adalah metode pengaturan impedansi dengan konfigurasi catuan planar. Pengaturan impedansi ini dimaksudkan untuk mencapai *matching impedance* yang lebih baik. Hal ini juga berkaitan dengan salah satu cara untuk meningkatkan *bandwidth*, karena pada dasarnya sifat antenna mikrostrip memiliki bandwidth yang sempit.

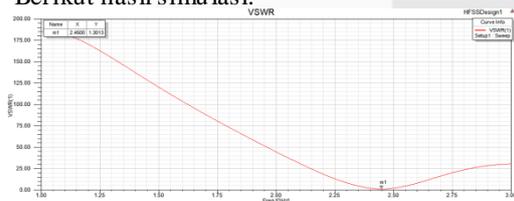


Gambar 1 Gambar Pur warupa Antena tekstile (a) tampak depan dan (b) tampak belakang

Tabel 1 Dimensi Perhitungan

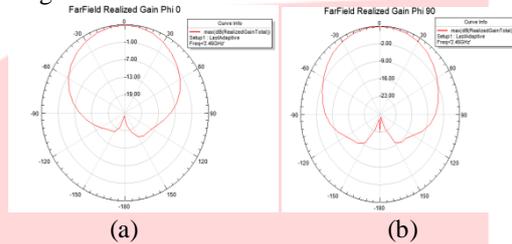
Parameter	Ukuran (mm)
(Wp) Lebar Patch	49.03
(Lp) Tinggi Patch	42.23
(Wg) Lebar Groudplane	61.57
(Lg) Tinggi Groudplane	62
(L)Tinggi Stripline	15.09
(W)Lebar Stripline	3.28
(Win)Lebar Inset feed	1
(Lin)Tinggi Inset feed	9.83

Berikut hasil simulasi:



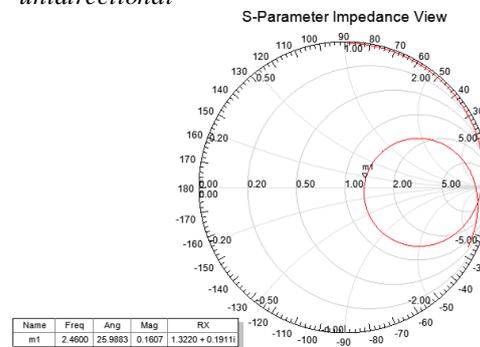
Gambar 2 Grafik VSWR

Dapat dilihat pada gambar 4 terjadi perubahan nilai VSWR dimana nilai di frekuensi 2.45 GHz berada di 1.2165, yang berarti nilai VSWR sesuai dengan spesifikasi yang di inginkan.



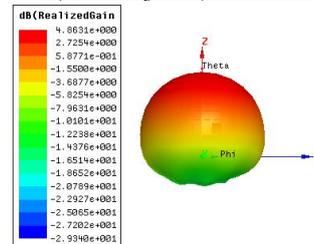
Gambar 3 pola radiasi Bidang Azimuth (a) dan Elevasi (b)

Gambar 3 menunjukkan pola radiasi antenna unidirectional



Gambar 4 Impedansi Antena

Nilai impedansi input pada frekuensi 2450 MHz adalah  $(66.60 + j9.55) \Omega$



Gambar 5 Gambar Gain Setelah Dioptimasi

Hasil simulasi menunjukkan bahwa gain antenna hasil dari simulasi mengalami peningkatan dari sebelumnya yaitu sebesar 4.86 dBi.

### 5. Specific Absorption Ratio (SAR)

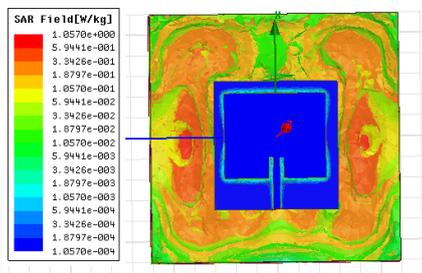
SAR adalah ukuran tingkat dimana energi yang diserap oleh tubuh saat terkena frekuensi radio (RF) medan elektromagnetik<sup>[6]</sup>. Dalam hal ini didefinisikan sebagai daya yang diserap per massa dari jaringan dan memiliki satuan *watt* per

kilogram (W/kg). SAR dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$SAR = \frac{\sigma |E|^2}{\rho} \quad (2.8)$$

Dengan |E| merupakan besar *magnitude vector* medan listrik dengan satuan  $V^2/m^2$ ,  $\rho$  (rho) massa jenis material dengan satuan Kg/m<sup>3</sup> serta  $\sigma$  merupakan konduktivitas elektrik suatu bahan dengan satuan S/m.

penghitungan SAR dilakukan 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 dilakukan uji tes terhadap penyerapan energi *elektromagnetik* yang diserap oleh tubuh. 1.6 W/kg setara dengan 1.6 mW/g. Jadi setiap 1 kg massa tubuh, penyerapan *elektromagnetik* yang diperbolehkan sebesar 1 W.

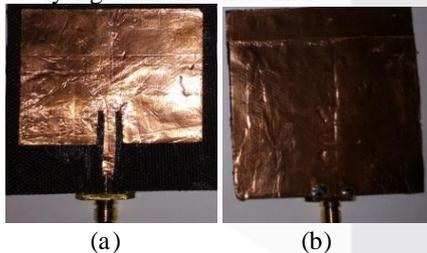


Gambar 6 Simulasi SAR

Dari gambar 8 diatas didapatkan nilai total SAR sebesar 1.057 W/Kg dengan sarat antenna berjarak 2 cm dari tubuh. Ini berarti penyerapan medan elektromagnetik yang sampai ke tubuh sangat kecil dan sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

**6. Pemodelan Purwarupa Antena**

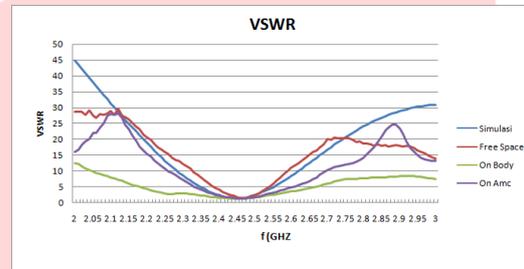
Setelah dilakukan simulasi untuk mendapatkan hasil frekuensi resonansi yang sesuai spesifikasi, maka purwarupa antena mikrostrip patch rektanguler dapat dibuat. sesuai dengan ukuran simulasi yang telah dibuat maka berikut adalah hasil purwarupa antena yang telah direalisasikan



Gambar 7 Pemodelan Purwarupa antena yang direalisasikan (a) tampak depan (b) tampak belakang

**7. Analisis Hasil pengukuran VSWR, Bandwith dan impedansi**

Berikut merupakan perbandingan hasil pengukuran VSWR antena *off body*, saat di baju, dan saat di tempel di amc dengan hasil simulasi.



Gambar 8 Perbandingan VSWR simulasi dan pengukuran

Dari hasil gambar 4.1 dapat disimpulkan antena dapat bekerja dengan baik, dikarenakan nilai VSWR sesuai dengan spesifikasi awal yaitu  $\leq 1.6$ , tetapi terjadi sedikit perbedaan antara simulasi dan hasil pengukuran, ini kemungkinan terjadi karena impedansi antena dan impedansi saluran transmisi yang kurang match. dan bisa juga disebabkan ketidaksesuaian dimensi antena saat pabrikasi dengan dimensi saat di simulasi.

Berdasarkan dari hasil simulasi dan pengukuran didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 2 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran**

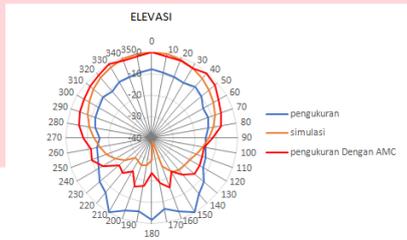
Kondisi	VSWR	Bandwidth	Impedance
Simulation	1.216	70 MHz	60.50 +j2.48
Offbody	1.234	145 MHz	61.657+j1.213
On body	1.532	127 MHz	34.213+j8.177
On AMC	1.262	90 MHz	62.929+j2.173

Pada perbandingan pengukuran parameter, seperti terlihat pada tabel diatas bahwa hasil simulasi dan hasil pengukuran tidak memiliki perbedaan yang besar. Yang artinya antena yang telah dibuat telah sesuai dengan spesifikasi awal yang ditentukan dan bahkan untuk beberapa parameter lebih bagus dari hasil simulasi.

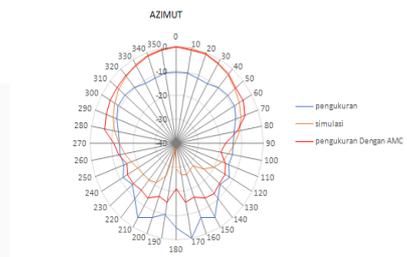
Walaupun ada perubahan nilai VSWR yang dihasilkan pada saat pengukuran *off body* dan pengukuran di baju dibandingkan hasil simulasi tetapi perbedaan ini tidak mempengaruhi spesifikasi yang diinginkan yaitu tercapainya antena yang mampu bekerja pada frekuensi 2.45 GHz. Kondisi yang tidak match antara antena dengan saluran juga dapat mempengaruhi perolehan koefisien pantul dan

SWR, dimana dengan semakin tidak *match*-nya impedansi antena dengan saluran, maka semakin besar pula perolehan SWR yang terukur. Keadaan yang tidak *match* sangat dihindari guna meminimalisir pantulan daya yang terjadi pada antena saat menerima daya.

**8. Analisis Hasil pengukuran Pola radiasi**



**Gambar 9 Perbandingan simulasi dan pengukuran sudut Elevasi**



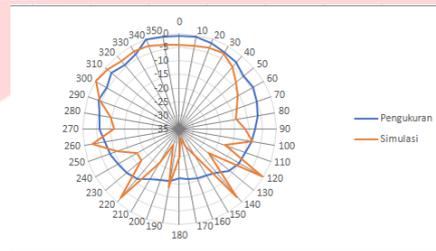
**Gambar 10 Perbandingan simulasi dan pengukuran sudut Azimuth**

Dari hasil pengukuran dapat terlihat pola radiasi baik secara azimuth maupun elevasi. Hasil yang terjadi beberapa sudah mendekati spesifikasi yang sudah ditentukan sebelumnya. Pola radiasi yang didapatkan adalah mendekati pola *unidirectional*. Namun dari hasil pengukuran ada beberapa penyimpangan atau belum ideal. Hal ini dikarenakan beberapa faktor yang mempengaruhi. Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya penyimpangan. Pengukuran dilakukan di ruangan *anechoic chamber* tetapi masih belum ideal karena perangkat yang terletak didalam dan harus berada didalam ruangan ketika proses pengukuran yang memungkinkan terjadinya pantulan-pantulan sinyal. Kesalahan pembacaan level daya yang mungkin terjadi akibat fluktuasi daya terima yang terukur pada *spectrum analyzer*. Perangkat untuk pengukuran yang masih manual, yaitu pengarah antena secara manual, sehingga pengarah yang masih kurang presisi. Adanya gelombang dari luar sistem yang dapat mengganggu pola pancar

dari antena. Dapat dilihat dari hasil pengukuran pola radiasi. Terjadinya kesalahan dalam pembuatan antena, dikarenakan antena dibuat secara manual, mungkin terjadi kesalahan dalam pemotongan.

**9. Analisis Hasil pengukuran Polarisasi**

Pengukuran Polarisasi dilakukan pada satu antena sebagai sampel untuk mewakili antena yang lain. Hasil pengukuran polarisasi antena dapat diamati pada gambar berikut.



**Gambar 11 Hasil Pengukuran Polarisasi**

Dari perhitungan rasio kuat medan elektrik dapat diketahui bahwa *Antenna Under Test* (AUT) berpolarisasi *elips* karena nilai *axial ratio*-nya adalah  $3 < AR < 40$ . Pada simulasi didapatkan *axial ratio* sebesar 41.40. Pada antena yang telah direalisasikan memiliki nilai *axial ratio* sebesar 7.07 dB yang artinya antena tersebut memiliki polarisasi *elips*. Hasil simulasi berbeda dengan hasil pengukuran dilapangan disebabkan karena ruang pengukuran di tempat yang masih belum ideal sehingga mengakibatkan banyaknya pantulan serta sinyal interferensi terhadap frekuensi lain sehingga polarisasi antena tidak linear.

**10. Analisis Hasil dan Analisis Pengukuran Gain**

Pengukuran *gain* dilakukan dengan daya pancar sebesar 0 dBm dan jarak pengukuran memenuhi syarat medan jauh antena yang akan diukur.

**Tabel 3 Perbandingan Nilai Gain simulasi dengan pengukuran**

Kondisi	Gain Antena
Simulation	4.86
Off body	9.08
On body	9.02
On AMC	9.18

Dapat dilihat dari hasil pengukuran dan hasil simulasi menunjukkan perbedaan walaupun tidak terlalu signifikan. Nilai ini masih memenuhi syarat spesifikasi antena, tetapi

perbedaan yang terjadi pada pengukuran dan simulasi bisa disebabkan beberapa faktor seperti Pengukuran dilakukan di Lab Antena Telkom University, sehingga hasil yang didapatkan tidak sesuai dengan yang diharapkan karena terjadi banyak gangguan dari frekuensi yang sama, sehingga terjadi penambahan nilai gain yang tidak seharusnya. Kesalahan pembacaan level daya yang mungkin terjadi akibat fluktuasi daya terima yang terukur pada *spectrum analyzer*. Perangkat untuk pengukuran yang masih manual, yaitu pengarahan antena secara manual, sehingga pengarahan yang masih kurang presisi. Adanya gelombang dari luar sistem yang dapat mengganggu pola pancar dari antena. Dapat dilihat dari hasil pengukuran pola radiasi. Terjadinya kesalahan dalam penyetakan antena, dikarenakan antena dibuat secara manual, mungkin terjadi kesalahan dalam pemotongan maupun pengukuran.

### 11. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan realisasi antena mikrostrip *patch* segi empat adalah sebagai berikut:

1. Antena yang dirancang bekerja sesuai dengan rentan frekuensi spesifikasi awal yaitu 2,45GHz dengan  $VSWR \leq 1,6$ , *bandwidth* antena saat *off body* didapatkan sebesar 145 MHz, *gain* antena saat *off body* didapatkan sebesar 9,08 dB, dan *bandwith* yang didapat ketika *on body* sebesar 127 MHz, *gain* antena saat *on body* didapatkan sebesar 9,18 MHz
2. Bentuk pola radiasi yang dihasilkan pada kondisi *off body* adalah *bidirectional*. Sedangkan simulasi pola radiasi antena yang didapat berupa *unidireksional*. Hal ini disebabkan karena pengukuran mengalami penyimpangan dari simulasi diakibatkan kondisi pengukuran yang kurang sempurna karena pantulan sinyal dan adanya interferensi dari sinyal lain disekitar pengukuran.
3. Untuk *Specific Absorption Ratio* (SAR) harus berada 2 cm dari tubuh untuk mendapatkan nilai 1,057 W/Kg, sehingga cukup aman untuk digunakan ditubuh manusia.
4. Penambahan AMC juga berpengaruh terhadap perubahan nilai seperti nilai *bandwidth* antena menjadi 90 MHz, *gain* antena menjadi 9.18 dBi, dan juga berpengaruh terhadap pola radiasi, yang disebabkan oleh efek reflector AMC.

5. Penambahan *inset feed* pada antena mikrostrip setelah optimasi, berpengaruh pada pergeseran nilai frekuensi kerja dan membuat nilai *VSWR* menjadi lebih baik
6. Ketepatan dan ketelitian saat fabrikasi, serta proses pengukuran antena sangat berpengaruh terhadap karakteristik antena, dan menyebabkan perbedaan dari hasil simulasi.

### 12. Saran

Untuk mendapat performansi antena yang lebih baik, maka beberapa hal yang menjadi saran untuk penelitian selanjutnya tentang antena textile, antara lain :

1. untuk memaksimalkan pengukuran, diharapkan pengukuran dilakukan diruangan yang cukup ideal yang memiliki sedikit gangguan magnetik dan untuk pengukuran di dalam anechoic chamber diharapkan gunakan peralatan yang lebih baik lagi.
2. untuk pengembangan selanjutnya diharapkan menggunakan bahan *electro textile* sebagai *patch* dan *groundplane* kemudian lihat perubahan spesifikasi yang terjadi.
3. Untuk pengembang selanjutnya diharapkan dapat dibuat AMC yang sesuai dengan bahan *cordura fabric*.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Design of Wearable Antenna for Telemedicine Application Sonia C. Survase, Vidya V. Deshmukh, Electronics and Telecommunication Dept, Pune University, AISSMS College of Engineering, Pune- India, Electronics Dept, Pune University, AISSMS College of Engineering, Pune- India
- [2] Balanis, Constantine A. 2005. *Antenna Theory: Analysis and Design, Third Edition*, New Jersey : A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- [3] Raghavan, S., Rajeshkumar, V., "An Overview of Metamaterial in Biomedical Application" PIERS Proceedings, Taipei, March 25.28, 2013
- [4] Septrina, Imelda., "PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA TEKSTIL 2.45 GHZ UNTUK KOMUNIKASI ANTAR PASUKAN PEMADAM KEBAKARAN". Universitas Telkom, 2015
- [5] Nur, Levy Olivia., Achmad, Munir., Sugihartono., Kurniawan, Adit.,

*“Theoretical Analysis of Resonant Frequency for AMC-based Absorber Composed of Square Patch Array”*  
International Journal on Electrical and Informatics-Volume 7, Number 2, June 2015

- [6] G, INDUMATHI., J.BHA VITHRA.,  
*“Wearable Textile Antenna for Indoor Applications”* Department of Electronics and Communication Engineering Mepco Schlenk Engineering College, Sivakasi, 2017
- [7] 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.