

# DUAL-BAND WEARABLE REFLECTOR BERBASIS ARTIFICIAL MAGNETIC CONDUCTOR

## *(WEARABLE REFLECTOR DUAL-BAND BASED on ARTIFICIAL MAGNETIC CONDUCTOR)*

Dwiki Haryanto<sup>1</sup>, Levy Olivia Nur<sup>2</sup>, Achmad Munir<sup>3</sup>

<sup>1, 2</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, <sup>3</sup>Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Institut Teknologi Bandung

<sup>1</sup>dwikiharyanto@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>levyolivia@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>munir@ieee.com

---

### Abstrak

Penelitian tentang antena reflektor telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun terakhir. Reflektor memiliki peran dalam meningkatkan nilai koefisien refleksi pada antena. Pada prinsipnya, teknik ini menggunakan lapisan AMC (artificial magnetic conductor) dengan karakteristik impedansi permukaan yang tinggi. Dengan mensimulasikan pada perangkat simulasi dan menggunakan bahan dielektrik yang fleksibel dari RO3003® dari Rogers Corporation dengan permitivitas relatif 3,0 dan ketebalan 0,5 mm digunakan sebagai substrat dielektrik untuk penyebaran reflektor dan juga antena dipol cetak sebagai antena percobaan yang dapat dipakai. Antena yang digunakan menggunakan frekuensi ISM-Band (Industrial, Scientific, and Medical-band). Dimana frekuensi ISM-Band bekerja pada frekuensi 2,45 GHz dan 3,35 GHz untuk WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access). Karena antena wearable akan ditempatkan dekat dengan tubuh manusia maka akan terjadi penyerapan daya elektromagnetik oleh tubuh dapat menimbulkan risiko kesehatan potensial, terutama jika ada radiasi jangka panjang pada tubuh manusia. Oleh karena itu, agar antena yang dapat dipakai untuk mengikuti persyaratan kesehatan dan keselamatan, radiasi dari antena terintegrasi harus menghadirkan daya paling kecil yang diserap per satuan massa. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dibuatlah desain antena artificial magnetic conductor (AMC) membantu meminimalkan kopling elektromagnetik ke tubuh manusia dibandingkan dengan antena konvensional [5]. Pada Tugas Akhir ini dilakukan investigasi bentuk patch persegi dengan reflektor yang bertujuan sebagai penguat dari gelombang yang meresonansi, yang dicetak pada substrat dielektrik Rogers RO3003® dengan ketebalan 0,5 mm. Selanjutnya untuk membuat perbandingan, ditambahkan reflektor dan pengaruh dari jarak antar reflektor dengan antena dipol cetak, diperoleh hasil dengan simulasi yaitu pada frekuensi 2,45 GHz dan 3,35 GHz dengan nilai koefisien refleksi -12 dB dan 10,4 dB dan hasil dengan pengukuran yaitu pada frekuensi 2,66 GHz dan 3,80 GHz dengan nilai koefisien refleksi -29,4 dB dan -21,8 dB. Nilai jarak yang dipakai pada pengukuran menggunakan reflector AMC 3x3 adalah 5 mm, 10 mm, 15 mm, dan 20 mm. Pada pengukuran mengalami pergeseran frekuensi dan didapatkan dua frekuensi yaitu 2,66 GHz dan 3,80 GHz. Dengan nilai koefisien refleksi terbaik diperoleh pada jarak 5 mm -37 dB dan -20 dB.

**Kata Kunci:** Dipole antena, Reflector, Dual-band, ISM-Band, Koefisien refleksi, Wearable

---

### Abstract

Research on reflector antennas has experienced rapid development in recent years. The reflector has a role in increasing the value of the reflection coefficient on the antenna. In principle, this technique uses an artificial magnetic conductor (AMC) layer with high surface impedance characteristics. By simulating on a simulation device and using a flexible dielectric material from Rogers Corporation's RO3003® with a relative permittivity of 3.0 and a thickness of 0.5 mm it is used as a dielectric substrate for reflector deployment and also a printed dipole antenna as a wearable experimental antenna. The antenna used is the ISM-Band (Industrial, Scientific, and Medical-band) frequencies. Where the ISM-Band frequency works at 2.45 GHz and 3.35 GHz for Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX). Since the wearable antenna will be positioned close to the human body, the absorption of electromagnetic energy by the body creates a potential health risk, especially if there is long-term radiation to the human body. Therefore, in order for a usable antenna to comply with health and safety requirements, the radiation from the integrated antenna must provide the least amount of power absorbed per unit mass. To overcome this problem, an AMC antenna design was created to help minimize electromagnetic coupling to the human body compared to conventional

antennas [5]. This final project investigates the shape of a rectangular patch with a reflector which aims to amplify the resonating waves, which are printed on a Rogers RO3003® dielectric substrate with a thickness of 0.5 mm. Furthermore, to make a comparison, added a reflector and the effect of the distance between the reflector and the printed dipole antenna, the simulation results were obtained at a frequency of 2.45 GHz and 3.35 GHz with a reflection coefficient value of -12 dB and 10.4 dB and the results with measurements namely at a frequency of 2.66 GHz and 3.80 GHz with a reflection coefficient of -29.4 dB and -21.8 dB. The distance values used in measurements using the AMC 3x3 reflector are 5 mm, 10 mm, 15 mm, and 20 mm. In the measurement, there is a frequency shift and two frequencies are obtained, namely 2.66 GHz and 3.80 GHz. With the best reflection coefficient values obtained at a distance of 5 mm -37 dB and -20 dB.

**Keywords:** Dipole, Reflector, Dual-band, ISM-Band, Return-Loss, Wearable.

## Pendahuluan

Dewasa ini perkembangan teknologi terus mengalami perkembangan dan kemajuan yang telah mempengaruhi aspek kehidupan manusia. Penelitian tentang komunikasi nirkabel pada tubuh manusia atau wireless body area networks (WBAN) telah mengalami perkembangan yang pesat, salah satu manfaat dari teknologi WBAN sendiri yaitu pada bidang kesehatan yaitu telemedis yang berguna untuk mempermudah kinerja dari dokter, perawat, dan keluarga dalam memantau kondisi pasien secara langsung, dari kegunaannya tersebut antenna wearable merupakan hal yang penting dan perlu dikembangkan dalam mendukung pengaplikasian pada sistem komunikasi ini[1][3].

Pada praktiknya, struktur antenna tunggal biasanya tidak cukup untuk memenuhi permintaan komunikasi multi-band yang tinggi. Oleh karena itu, perlu dirancang antenna multi-band berstandar tinggi dalam hal ukuran, arah, penguatan, dan lebar pita impedansi. Untuk meningkatkan kinerja penguatan antenna, reflektor radiasi biasanya menggunakan tiga jenis struktur, yaitu perfect electric conductor (PEC) [14], [15], partially reflecting surface (PRS) [16] [17] dan artificial magnetic conductor (AMC). [18] [19]. Sebagai jenis metamaterial khusus yang terlihat berbeda dari dua struktur lainnya [20], AMC memiliki karakteristik refleksi fase yang sangat baik. Ini berarti dapat digunakan untuk memantulkan gelombang elektromagnetik dengan sedikit pembalikan fasa, seperti perfect electric conductor (PEC).

Antenna wearable merupakan sebuah antenna bermodel mikrostrip yang dapat ditempel pada pakaian atau langsung dipasang pada tubuh manusia. Umumnya antenna ini bekerja pada pita frekuensi ISM (Industrial, Scientific, and Medical). Antenna wearable memiliki beberapa kelebihan seperti ukuran yang kecil, kompak, ringan, pembuatan mudah dengan biaya murah, serta dapat bekerja pada frekuensi yang tinggi [4]. Antenna ini juga memiliki kelebihan yaitu mampu ditekuk/dibengkokkan karena bahan substrat terbuat dari material yang fleksibel. Dengan kemampuan fleksibilitas tersebut, antenna dapat menyesuaikan perubahan lekuk tubuh sehingga tetap dapat bekerja dengan baik[1][2].

Karena antenna wearable akan ditempatkan dekat dengan tubuh manusia maka akan terjadi penyerapan daya elektromagnetik oleh tubuh dapat menimbulkan risiko kesehatan potensial, terutama jika ada radiasi jangka panjang pada tubuh manusia. Oleh karena itu, agar antenna yang dapat dipakai untuk mengikuti persyaratan kesehatan dan keselamatan, radiasi dari antenna terintegrasi harus menghadirkan daya paling kecil yang diserap per satuan massa. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dibuatlah desain antenna artificial magnetic conductor (AMC) membantu meminimalkan kopling elektromagnetik ke tubuh manusia dibandingkan dengan antenna konvensional[5]. Jika AMC digunakan sebagai reflektor, gangguan destruktif tidak terjadi meskipun AMC dekat dengan antenna karena fase refleksi AMC adalah  $0^\circ$ . Selain itu, impedansi permukaan AMC yang tinggi mampu meningkatkan kinerja radiasi.

Pada penelitian sebelumnya tentang desain antenna reflektor yang menggunakan AMC sebagai reflektor [21], [22]. Pada penelitian sebelumnya, AMC telah digunakan untuk merancang antenna reflektor yang bekerja pada satu pita frekuensi, dan antenna tersebut hanya memiliki fase refleksi  $0^\circ$  dalam satu pita frekuensi. Namun, seiring dengan meningkatnya permintaan akan antenna multi-band, diperlukan desain antenna reflektor multi-band.

Terinspirasi dari karya-karya tersebut, pada tugas akhir ini penulis membuat sebuah reflektor AMC fleksibel untuk aplikasi antenna yang dapat dikenakan pada frekuensi 2,45 GHz dan 3,35 GHz dengan bahan dielektrik tipis Rogers RO3003 digunakan sebagai substrat pada reflektor AMC yang fleksibel juga dengan antenna printed dipole wearable dan mampu bekerja pada frekuensi yang tinggi yaitu pada frekuensi 2.45 GHz yang merupakan frekuensi pada pita Industry, Scientific, and Medical (ISM) band yang bebas dari lisensi dan frekuensi 3.35 GHz yang berguna untuk WiMAX, maka antenna yang akan dirancang berupa antenna fleksibel yang substratnya berupa RO3003 yang nyaman digunakan.

## 1. Dasar Teori

### 1.1 Artificial Magnetic Conductor

Salah satu bagian dari metamaterial adalah Artificial Magnetic Conductor (AMC) yang merupakan bahan komposit yang sifatnya mirip dengan Perfect Magnetic Conductor (PMC) dalam hal karakteristik pemantulan. PMC dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang datang tanpa mengubah fasa refleksi pada semua rentang frekuensi. Permukaan PMC memiliki dua sifat dominan yang menarik, pertama image current permukaan PMC in-

phase dengan original current, yang memungkinkan reflektor antenna dengan permukaan PMC dapat ditempatkan sangat dekat dengan elemen peradiasinya, sehingga ukuran antenna menjadi lebih kecil. Sifat yang kedua adalah permukaan PMC memiliki impedansi permukaan yang sangat tinggi sehingga dapat menekan gelombang permukaan yang menyebabkan interferensi antara gelombang permukaan dengan radiasi utama dari antenna dapat dikurangi[7].

AMC dapat memberikan perbaikan untuk sistem antenna dan menawarkan berbagai aplikasi yang potensial pada antenna, groundplane, resonator, reflektor, absorber dan komponen pendukung antenna lainnya[7].

## 12 Metamaterial

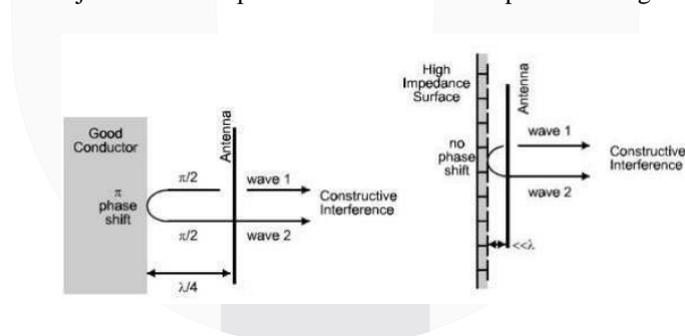
Metamaterial atau dalam istilah lain artificial material adalah suatu struktur periodik yang tersusun atas sel/elemen satuan berjumlah terbatas yang dapat memperlihatkan sifat elektromagnetik tertentu tetapi tidak dapat dijumpai di alam[6]. Penerapan metamaterial pada rancangan industrial mempunyai potensi yang besar dalam bidang optik dan elektronik[8]. Metamaterial menawarkan manfaat lebih dari peredam konvensional, seperti miniaturisasi lebih lanjut, geometri tipis, adaptasi yang lebih luas, dan peningkatan efektivitas[7]. Metamaterial dapat terbuat dari dielektrik, semikonduktor, metal dan sejenisnya. Berikut adalah beberapa bahan yang digolongkan sebagai bahan metamaterial[8].

1. Double Negative (DNG) material yaitu material yang memiliki sifat seolah-olah nilai permitivitas dan permeabilitas negatif, sehingga memiliki indeks refraktif negatif.
2. Electromagnetic Band Gap (EBG) struktur yaitu material dengan pita frekuensi yang tidak mendukung propagasi gelombang elektromagnetik.
3. Artificial Magnetic Conductor (AMC) yaitu material yang memiliki sifat konduktor dengan nilai tangensial magnetik yang sangat kecil walaupun dengan electric field yang besar diseluruh permukaan bidang.

## 13 AMC Sebagai Reflektor

Pemanfaatan AMC sebagai reflektor telah dikembangkan di beberapa penelitian. Penelitian tentang AMC dikembangkan sebagai groundplane dan reflektor pada antenna wearable yang dapat mereduksi efek radiasi elektromagnetik ke tubuh manusia yang tidak diharapkan dan secara bersamaan dapat meningkatkan performa antenna seperti return loss, bandwidth, dan gain antenna. AMC juga dapat dimanfaatkan sebagai reflektor AMC pada komunikasi satelit DBS, untuk aplikasi RF energy harvesting, dan beberapa macam model patch AMC telah dianalisa karakteristiknya untuk komunikasi wearable [11][12].

Sifat Image current pada PMC dimana fasa pantulan sama dengan atau mendekati  $0^\circ$  dengan arus yang aslinya, akibatnya AMC dapat dibuat sebagai reflektor antenna yang baik karena memantulkan secara sempurna dan antenna dapat dibuat sedekat mungkin dengan elemen peradiasi antenna. Sederhananya, PMC lebih baik dari reflektor planar konvensional dengan lembaran konduktor atau Perfect Electric Conductor (PEC) dengan spasi sekitar  $\lambda/4$  agar kinerjanya optimal sedangkan AMC dapat membuat struktur antenna keseluruhan menjadi lebih kompak dengan spasi sekitar  $\lambda/10$   $\lambda/20$ . Gambar 1 menunjukkan ilustrasi perbedaan karakteristik pemantulan gelombang pada PEC dan PMC..



Gambar 1 Rangkaian pengganti dioda varaktor STMD 3001 SOD 328 [10]

## 14 Antena Wearable

Wearable antenna adalah sebuah antenna yang dirancang untuk diintegrasikan menempel pada pakaian atau tubuh manusia dan salah satu jenis pengaplikasian dari komunikasi Wireless Body Area Network (WBAN). Antena pada pakaian mempunyai kelebihan dari pada antenna tradisional, yaitu lebih praktis.

Keuntungan ini bisa digunakan untuk monitoring kesehatan pasien yang berada jauh dari fasilitas kesehatan. Adapun antenna yang digunakan harus memiliki daya absorpsi minimum terhadap tubuh serta memiliki fleksibilitas yang tinggi sehingga nyaman digunakan oleh pasien. Selain memiliki fleksibilitas tinggi dan daya absorpsi minimum, Wearable antenna harus memiliki desain yang ringan, tipis dan dapat bekerja di frekuensi ISM [3].

## 2 Spesifikasi Antena

Hal pertama yang perlu ditentukan dalam mendesain reflektor adalah spesifikasi dari reflektor AMC yang diinginkan. Tujuan dari spesifikasi yaitu untuk mengetahui tujuan yang jelas dalam mengerjakan penelitian ini. Selain spesifikasi antena printed dipole, ditentukan pula spesifikasi dari reflektor AMC setelah terintegrasi dengan antena wearable. Adapun Spesifikasi yang diinginkan yaitu sebagai berikut:

1. Frekuensi operasi antena dan reflektor AMC, frekuensi operasi dari reflektor AMC baik sebelum maupun setelah terintegrasi dengan antena wearable yaitu pada ISM-Band dengan frekuensi tengah 2.45 GHz dan frekuensi 3.35 GHz untuk WiMAX.
  2. Return Loss (S11) antena S11 parameter merepresentasikan return loss dari antena saja dan antena menggunakan reflektor AMC yaitu  $\leq -10$  dB. Dengan begitu berarti energi yang dipancarkan paling tidak 90% diteruskan dan 10% dipantulkan.
- . Spesifikasi tersaji pada Tabel 1.:

**Tabel 1** Spesifikasi Antena dan Reflektor AMC

Reflektor AMC	
Frekuensi Kerja	2.45 GHz dan 3.35 GHz
Return Loss	<-10 Db
Antena Wearable Terintegrasi Reflektor AMC	
Frekuensi Kerja	2.45 GHz dan 3.35 GHz
Bandwidth	$\geq 50$ MHz
Return loss	$\leq -10$ dB
Pola Radiasi	Unidirectional

## 3. Perancangan

Dalam perancangan reflektor AMC ini, terdapat beberapa proses yang dilakukan agar reflektor mampu berkerja dengan baik. Tahap awal yang dilakukan perancangannya yaitu menentukan frekuensi kerja yang akan digunakan, kemudian menentukan karakteristik dari reflektor yang akan dirancang, lalu tahap pemilihan substrat sebagai elemen pengganti. Setelah semua parameter diketahui, dilakukan perhitungan untuk menentukan ukuran dimensi reflektor yang akan dirancang.

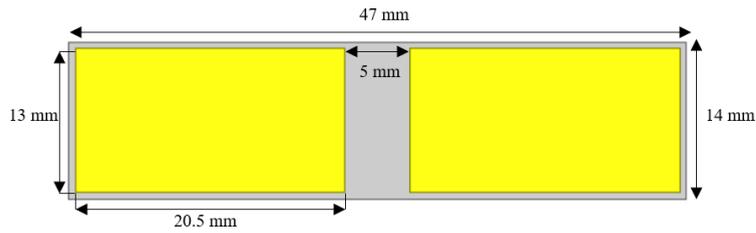
### 3.1 Perancangan Antenna Printed Dipole

Setelah melakukan optimasi pada antena printed dipole lalu didapatkan nilai akhir yang telah memenuhi spesifikasi. Nilai ukuran antena dapat dilihat pada Tabel 2, dan desain antena setelah dioptimasi dapat dilihat pada Gambar 3.6.

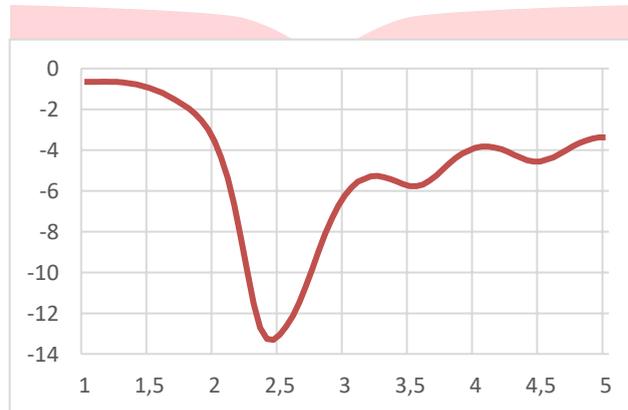
**Tabel 2** Nilai optimasi akhir antenna.

Dimensi Antena	Nilai Awal (mm)	Nilai Setelah Optimasi (mm)
Lebar <i>patch</i> ( $W_p$ )	12	13
Panjang <i>patch</i> ( $L_p$ )	21	20.5
Lebar <i>ground plane</i> ( $W_g$ )	13	14
Panjang <i>ground plane</i> ( $L_g$ )	48	47
Gap <i>patch</i> ( $G_p$ )	5	5

Nilai frekuensi dan return loss pada optimasi keempat ditunjukkan pada Gambar 3. Pada rancangan antena desain terakhir, dengan perubahan ukuran antena dan bentuk metamaterial pada ground plane, return loss yang diperoleh adalah -14,2 dB pada frekuensi 2,45 GHz dengan bandwidth 450 MHz dan nilai VSWR sebesar 1,48. Hasil optimasi keempat memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan, antena sudah dioptimasi terlihat pada gambar 2.



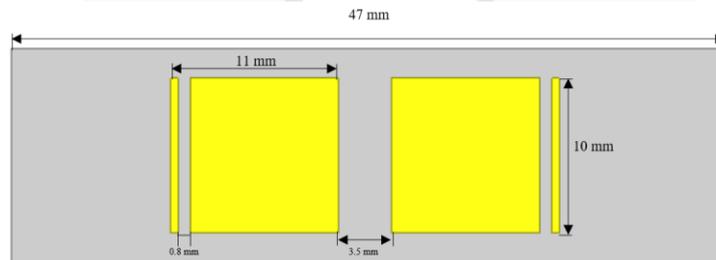
Gambar 2 Desain akhir antenna printed dipole.



Gambar 3 Grafik nilai S11 desain akhir.

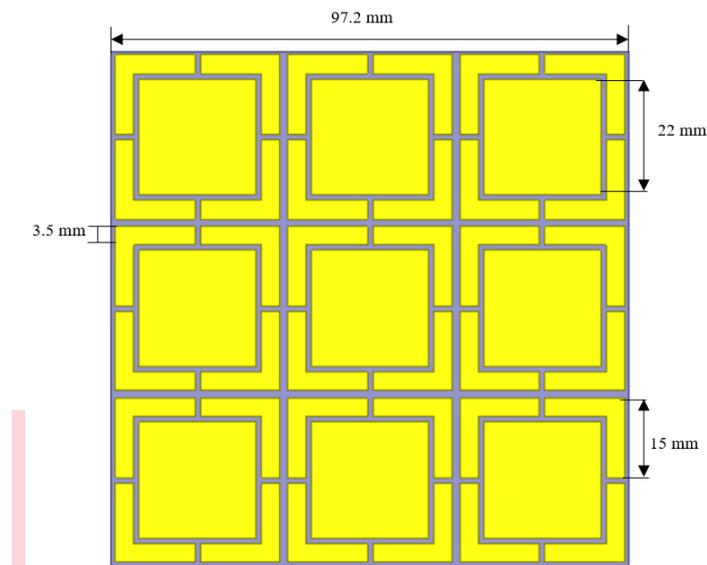
**3.2 Simulasi Pengaruh Perubahan Pada Reflektor AMC Full Structure**

Setelah melakukan perubahan ukuran dan penambahan slotted pada antenna printed dipole didapatkan ukuran Panjang patch 11 mm, lebar patch 10 mm, gap antar patch 3.5 mm dan slotted 0.8 mm. Namun masih belum mendapatkan frekuensi yang sesuai dengan spesifikasi, maka dilakukan optimasi dengan menggabungkan antenna printed dipole dengan reflektor AMC.

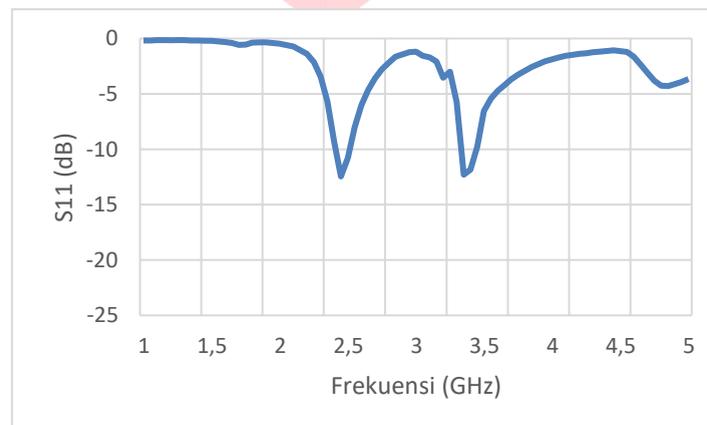


Gambar 4 Desain akhir Antena Printed Dipole.

Antena printed dipole yang sudah kita pilih dengan hasil yang baik akan dipasangkan dengan reflektor AMC 3x3 yang bisa dilihat pada Gambar 4. Reflektor AMC 3x3 menggunakan referensi dari desain yang sudah dibuat sebelumnya dengan judul “Flexible Artificial Magnetic Conductor Reflector for Wearable Antenna Application”[22] yang bisa dilihat pada gambar 5. Namun dilakukan optimasi pada patch kotak tengah dan gap pada keempat sisi agar mendapatkan dual-band frekuensi.



Gambar 5 Desain akhir reflektor AMC.



Gambar 6 Grafik S11 dan frekuensi desain akhir reflector AMC full structure.

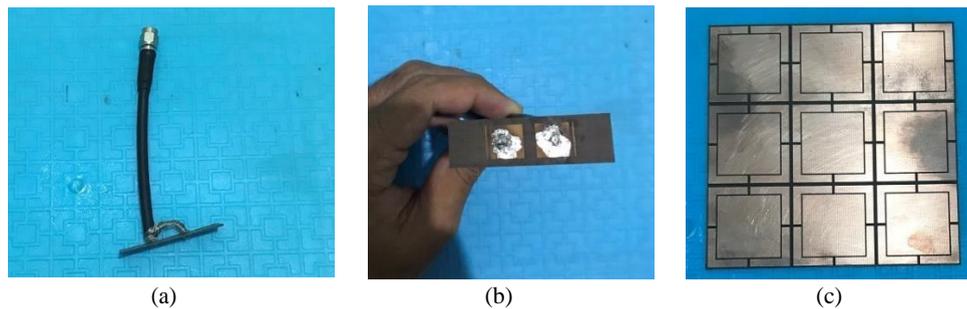
Berdasarkan pada Gambar 6, nilai *return loss* dan frekuensi sudah memenuhi spesifikasi.

#### 4. Realisasi, Pengukuran dan Analisis

Eksperimen untuk menguji antenna printed dipole dan reflector AMC 3x3 dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro (LTRGM) ITB. Pengukuran yang dilakukan menggunakan Vector Network Analyzer (VNA), material reflector 3x3, Antena Printed Dipole, Antena Log-Periodic. Adapun spesifikasi reflector AMC 3x3 yang diukur adalah Return-loss dan frekuensi kerja dan spesifikasi antenna printed dipole yang diukur adalah Pola Radiasi, Frekuensi Kerja, VSWR, Return-Loss, dan Bandwidth.

##### 4.1. Realisasi

Setelah melakukan perancangan desain dan simulasi dengan *software* 3D, selanjutnya *antenna dipole* dan *reflector* AMC 3x3 tersebut direalisasikan atau difabrikasi dengan menggunakan bahan substrat Roger RO3003 dengan tebal 0,5 mm, groundplane dan *patch* menggunakan bahan cooper dengan tebal 0,035mm. Hasil fabrikasi *antenna printed dipole* dan *reflector* AMC 3x3 yang telah difabrikasi dapat dilihat pada Gambar 7. Antena *printed dipole* memiliki dimensi 47 mm x 14 mm dan reflector 3x3 AMC memiliki dimensi 97,2 mm x 97,2 mm.

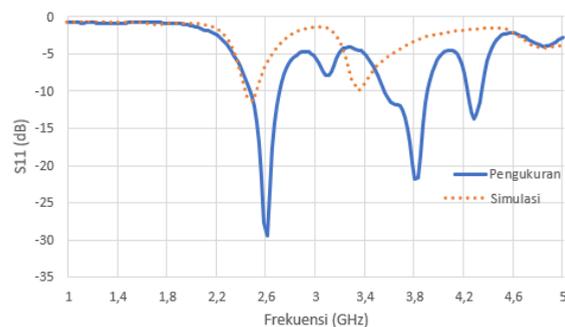


Gambar 7 (a) Dipole (tampak atas), (b) Dipole (tampak bawah), dan (c) Reflektor AMC 3x3.

#### 4.2 Hasil Pengukuran *Return Loss* dan *Bandwidth*

Tujuan analisis yaitu untuk membandingkan hasil simulasi dengan pengukuran yang dilakukan. Nilai return loss pada antenna adalah rasio daya yang dipantulkan dengan daya yang ditransmisikan. Bandwidth adalah area frekuensi kerja antenna yang dibatasi oleh dua frekuensi sesuai dengan fungsi antenna, dan memiliki nilai return loss tertentu.

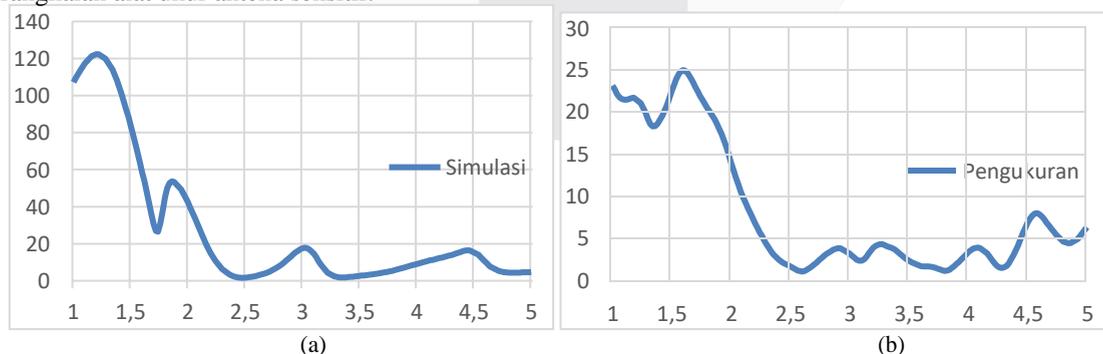
Hasil pengukuran VNA berbeda dengan hasil simulasi. Dalam simulasi, pada fekuensi 2,45 GHz didapatkan return-loss -11 dB dan bandwidth 103 MHz, lalu pada fekuensi 3,35 GHz didapatkan return-loss -10,4 dB dan bandwidth 40 MHz. Dalam Pengukuran, pada fekuensi 2,66 GHz didapatkan return-loss -29,4 dB dan bandwidth 220 MHz, lalu pada fekuensi 3,8 GHz didapatkan return-loss -21,8 dB dan bandwidth 320 MHz. Untuk pengukuran antenna log-periodic pada fekuensi 2,48 didapatkan nilai return-loss -12 dB dan bandwidth 180 MHz dan pada fekuensi 3,94 GHz didapatkan nilai return-loss -17,9 dB dan bandwidth return 460 MHz. Antenna log-periodic ini digunakan sebagai antenna referensi pada saat pengukuran.



Gambar 8 Grafik perbandingan return-loss pada simulasi dan pengukuran.

#### 4.3 Hasil Pengukuran *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*

VSWR adalah perbandingan tegangan maksimum dengan tegangan minimum pada gelombang berdiri, karena saluran transmisi tidak memiliki impedansi masukan antenna yang sesuai. Dalam analisis ini dilakukan perbandingan antara VSWR pada simulasi dan hasil pengukuran grafik pengukuran VSWR dapat dilihat pada Gambar9. Hasil pada pengukuran mengalami perbedaan dengan hasil simulasi. Nilai VSWR selama simulasi pada fekuensi 2,45 GHz dan 3,35 GHz adalah 1,73 dan 1,86, sedangkan nilai VSWR saat pengukuran pada fekuensi 2,66 GHz dan 3,8 GHz dipengukuran pada antenna printed dipole adalah 1,08 dan 1,17. Perbedaan nilai VSWR ini disebabkan oleh banyak faktor seperti ketidakstabilan instrumen dan nilai pengukuran antenna yang tidak tetap pada saat rangkaian alat ukur antenna sensitif.



Gambar 9 (a) Grafik VSWR pada simulasi, (b) Grafik VSWR pada pengukuran.

#### 4.4 Hasil Pengukuran Gain

Nilai gain pada simulasi sebesar 7,31 dB dan nilai gain pada pengukuran sebesar 6,14 dB. Hal ini disebabkan oleh redaman kabel dan kurangnya ketelitian pada realisasi.

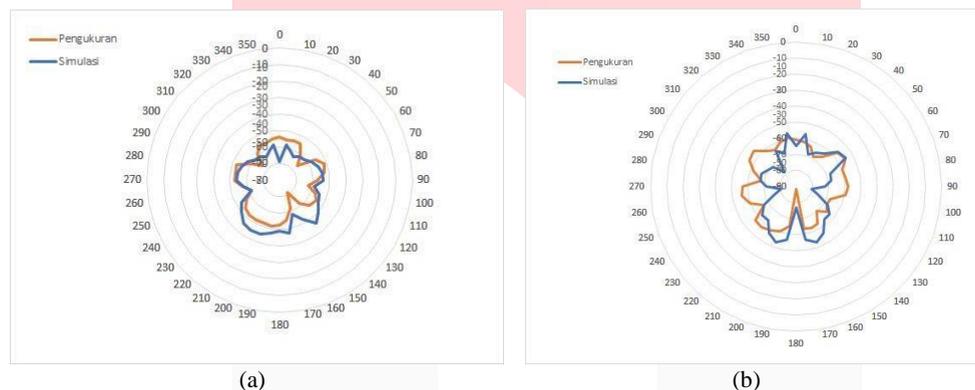
#### 4.5 Hasil Pengukuran Pola Radiasi

Analisis dilakukan untuk membandingkan hasil simulasi dengan hasil pengukuran pola radiasi. Pengumpulan data pola radiasi diperoleh dengan mengukur arah azimuth (horizontal) dan elevasi (vertikal).

Setelah mendapatkan hasilnya, bandingkan dengan hasil simulasi. Untuk membandingkan hasil pola radiasi azimuth mengacu pada Gambar 10, sedangkan untuk membandingkan hasil pola radiasi elevasi mengacu pada Gambar 11.



**Gambar 10** (a) Pola radiasi Azimuth pada frekuensi 2,45 GHz dan 2,6 GHz., (b) Pola radiasi Azimuth pada frekuensi 3,35 GHz dan 3,8 GHz.

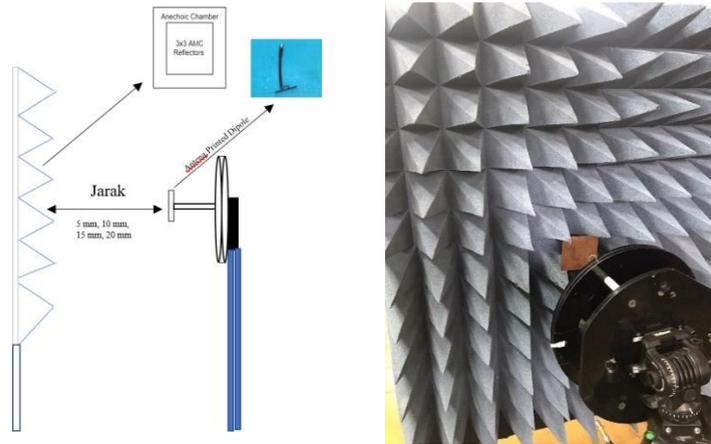


**Gambar 11** (a) Pola radiasi Elevasi pada frekuensi 2,45 GHz dan 2,6 GHz., (b) Pola radiasi Elevasi pada frekuensi 3,35 GHz dan 3,8 GHz.

Seperti dapat dilihat dari Gambar di atas, hasil perbandingan simulasi dan pengukuran polaritas berbeda. Pada frekuensi 2.45 GHz dan 3.35 GHz di simulasi, gain puncak rata-rata yang didapat adalah 7,31 dB. Pada frekuensi 2.66 GHz dan 3.8 GHz di pengukuran, gain puncak yang didapat adalah 6,14 dB. Karena pola radiasi ke segala arah maka pola radiasi yang diperoleh merupakan pola radiasi omnidirectional.

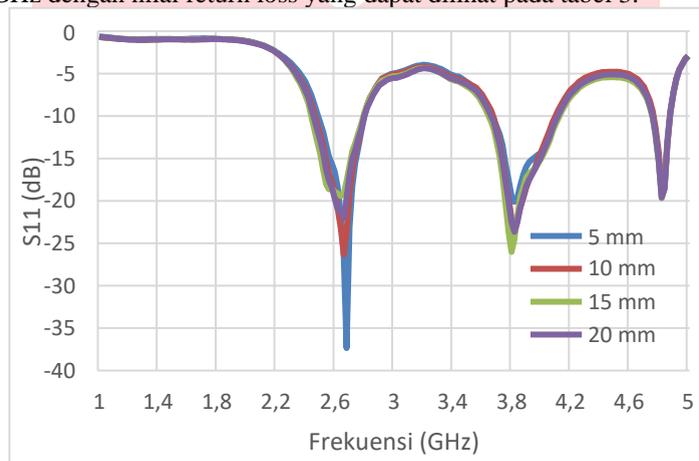
#### 4.6 Hasil Pengukuran Reflektor AMC 3x3

Setelah pengujian dalam kondisi tersebut, pengukuran reflektor AMC 3x3 akan dilakukan dalam beberapa jarak. Jarak yang digunakan dalam pengukuran adalah 5 mm, 10 mm, 15 mm dan 20 mm. Konfigurasi pengukuran dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12 (a) Konfigurasi jarak yang dipakai pada pengukuran, (b) Konfigurasi pengukuran pada lab.

Hasil pengukuran pada percobaan ini merupakan hasil daya serap yang diterima antenna printed dipole. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 13. Yang mana daya yang diserap oleh antenna tersebut berada pada frekuensi kerja 2,66 GHz dan 3,8 GHz dengan nilai return loss yang dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 13 Grafik perbandingan jarak pada hasil pengukuran.

Tabel 3 Nilai S11 dari berbagai jarak.

Jarak	Frekuensi & Return-Loss	
	2,66 GHz	3,8 GHz
5 mm	-37 dB	-20 dB
10 mm	-26 dB	-23 dB
15 mm	-19,4 dB	-26 dB
20 mm	-22 dB	-23,6 dB

### 5. Analisis

Pengujian pada saat pengukuran dengan simulasi akan dilakukan proses penyeteraan yang mana hasil yang akan menjadi patokan ialah pada saat pengukuran. Pada hal tersebut mengakibatkan perlunya proses simulasi kembali dengan cara mensimulasikan antenna printed dipole kearah Reflektor dengan jarak 5 mm, 10 mm, 15 mm dan 20 mm mengikuti proses pengukuran fabrikasi berlangsung.

Dari hasil pada kedua penguji tersebut belum bisa dibandingkan secara keadaan yang bersamaan namun dapat dilihat pada saat pengukuran fabrikasi hasil bandwidth yang didapati jauh lebih lebar dari hasil simulasi dikarenakan daya serap tersebut yang diterima oleh antenna, juga dengan menggunakan AMC terbukti mampu meningkatkan nilai s11. Dapat dilihat juga pada perbandingan jarak didapati nilai return-loss yang baik ada pada jarak yang paling dekat.

## 6. Kesimpulan

Setelah menyelesaikan seluruh proses penelitian pada tugas akhir ini, diawali dengan perancangan antenna printed dipole dan perancangan reflector 3x3 AMC, fabrikasi menggunakan software 3D dan pengukuran. Ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil, yaitu:

1. Antena printed dipole dan reflector AMC 3x3 telah disimulasikan menggunakan software 3D dan direalisasikan menggunakan bahan substrate Rooger RO3003 dengan dimensi antena sebesar 97,2 mm x 97,2 mm.
2. Rancangan antena printed dipole pada simulasi telah memenuhi spesifikasi yaitu memiliki nilai frekuensi 2,45 GHz dan 3,35 GHz, dengan nilai return loss pada frekuensi 2,45 GHz sebesar -11 dB dengan bandwidth 103 MHz dan pada frekuensi 3,35 GHz memiliki nilai return-loss -10,4 dB dan bandwidth 40 MHz.
3. Antena printed dipole yang selesai difabrikasi memiliki frekuensi yaitu 2,6 GHz dan 3,8 GHz, dengan nilai return-loss pada frekuensi 2,6 GHz sebesar -9,4 dB dan bandwidth 220 MHz, lalu pada frekuensi 3,8 GHz didapatkan nilai return-loss -21,8 dB dan bandwidth 320 MHz.
4. Nilai gain yang dihasilkan pada simulasi dan pengukuran berbeda jauh.
5. Nilai Return-loss pada pengukuran lebih baik dibandingkan dengan simulasi.
6. Penggunaan AMC Reflektor 3x3 terbukti menambahkan nilai return-loss.
7. Jarak sangat berpengaruh pada nilai return-loss yang didapat dan juga menyebabkan pergeseran frekuensi..

## Referensi

- [1]. H Eren and JG Webster, 2015, Telemedicine and Electronic Medicine, CRC Press.
- [2]. Sonia C. Survase, Vidya V. Deshmukh, 2013, Design of Wearable Antenna for Telemedicine Application, IJESIT.
- [3]. J. C. Wang, E. G. Lim, M. Leach and K. L. Man, "Conformal Wearable Antennas for WBAN Applications," International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists, vol. II, no. 2, pp. 4-10, 2016.
- [4]. Tulika, Y. Manwal, S. Bisht, S. Kumari, S. Rai and B. Chauhan, "Literature Review On Wearable Textile Antennas," International Journal On Advanced Computer Theory And Engineering, vol. V, no. 4, pp. 35-39, 2016.
- [5]. M. Abu, A. S. A. M., N.R. Mohamad and H. Hassan, "Investigation Of Fss Performance On Flexible Substrates," Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. XI, no. 5, pp. 3188-3192, 2016.
- [6]. M. Li, H.-L. Yang, X.-W. Hou, Y. Tian, and D.-Y. Hou, "Perfect metamaterial absorber with dual bands," Progress In Electromagnetics Research, Vol. 108, 37-49, 2010.
- [7]. Y. Zhang, J. Von Hagen and W. Wiesbeck, "Patch array as artificial magnetic conductors for antenna gain improvement," Microw. Opt. Technol. Lett., vol. 35, pp. 172175, 2002.
- [8]. Bhattacharya. A., "Modeling and Simulation of Metamaterial-Based Devices for Industrial Applications Application Engineer", (white paper), CST AG, Darmstadt, Germany.
- [9]. Y. Zhang, J. Von Hagen, M. Younis, C. Fischer, dan W. Wiesbeck, "Planar Artificial Magnetic Conductors and Patch Antennas", IEEE Trans. Antennas and Propagation, vol. 51, no. 10, pp. 2704-2712, Oktober 2003.
- [10]. A.P. Feresidis, G. Goussetis, et all "Artificial Magnetic Conductor Surfaces and Their Application to Low-Profile High-Gain Planar Antennas" IEEE Trans Antennas and Propagation, vol. 53, pp.209-215, no. 1, Januari 2005.

- [11]. H. R. C., E. F. M. d. cos and L. Heras, "Microstrip Patch Antenna Bandwidth Enhancement Using AMC/EBG Structures," *International Journal of Antennas and Propagation*, pp. 1-6, 2012.
- [12]. G. H. Elzwawi, M. Mantash and T. A. Denidni, "Improving the Gain and Directivity of CPW Antenna by Using a Novel AMC surface," *Institut National de la RechercheScientifique, Montreal*, 2017.
- [13]. Intel leap ahead. Welcome to Your Internet Future. Intel 2007. (August 30, 2010).[Online].Available:<http://download.intel.com/network/connectivity/products/wireless/welcome-to-your-internet-future>. Pdf
- [14]. T. Ijiguchi, D. Kanemoto, K. Yoshitomi, K. Yoshida, A. Ishikawa, S. Fukagawa, N. Kodama, A. Tahira, and H. Kanaya, "Circularly polarized one-sided directional slot antenna with reector metal for 5.8-GHz DSRC operations," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 13, pp. 778-781, Apr. 2014.
- [15]. S. E. Melais and T. M. Weller, "A quasi Yagi antenna backed by a metal reflector," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 56, no. 12, pp. 3868-3872, Dec. 2008.
- [16]. A. R. Vaidya, R. K. Gupta, S. K. Mishra, and J. Mukherjee, "Right-hand/left-hand circularly polarized high-gain antennas using partially reflective surfaces," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 13, pp. 431-434, Feb. 2014.
- [17]. G. Das, A. Sharma, R. K. Gangwar, and M. S. Sharawi, "Performance improvement of multiband MIMO dielectric resonator antenna system with a partially reflecting surface," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 18, no. 10, pp. 2105-2109, Oct. 2019.
- [18]. G. Li, H. Zhai, L. Li, C. Liang, R. Yu, and S. Liu, "AMC-loaded wideband base station antenna for indoor access point in MIMO system," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 63, no. 2, pp. 525-533, Feb. 2015.
- [19]. Y. Dong, H. Toyao, and T. Itoh, "Design and characterization of miniaturized patch antennas loaded with complementary split-ring resonators," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 2, pp. 772-785, Feb. 2012.
- [20]. Y. Zheng, J. Gao, Y. Zhou, X. Cao, H. Yang, S. Li, and T. Li, "Wideband gain enhancement and RCS reduction of Fabry-Perot resonator antenna with chessboard arranged metamaterial superstrate," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 66, no. 2, pp. 590-599, Feb. 2018.
- [21]. Feresidis, A.P., Goussetis, G., Wang, S., and Vardaxoglou, J.C, "Artificial magnetic conductor surfaces and their application to lowprofile high-gain planar antennas", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 53, no. 1, pp.209-215, 2005.
- [22]. M. Aprizal, L. Olivia Nur, B. Setia Nugroh and A. Munir, "Flexible Artificial Magnetic Conductor Reflector for Wearable Antenna Application," *2018 Progress in Electromagnetics Research Symposium (PIERS-Toyama)*, Toyama, 2018, pp. 1859-1862, doi: 10.23919/PIERS.2018.8598052.