

Karakteristik Penyerap Gelombang Elektromagnetik Berbasis *Ring Resonator*

Ichsan Nusobri¹, Levy Olivia Nur², Achmad Munir³

^{1,2} S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³School of Electrical Engineering and Informatics, Institut Teknologi Bandung

¹ichsannusobri@student.telkomuniversity.ac.id,

²levyolivia@telkomuniversity.ac.id, ³munir@ieee.org

Abstrak

Teknologi *surface textured* yang merupakan salah satu teknik untuk pengembangan penyerap gelombang elektromagnetik telah mengalami perkembangan yang cukup pesat dalam dekade terakhir ini. Pada aplikasi penyerap, teknologi ini mampu mengurangi ketebalan material sehingga memungkinkan realisasi material yang lebih tipis. Secara prinsip, teknik ini menggunakan lapisan AMC (*artificial magnetic conductor*) yang mempunyai *high impedance surface*. Untuk mendapatkan penyerapan yang tinggi yang dapat bekerja pada frekuensi penyerapan yang diinginkan, *metal patch* dari penyerap tersebut dibuat dengan bentuk tertentu.

Pada penelitian ini, dilakukan investigasi bentuk *patch* segi empat menggunakan penambahan resistor antara *patch* yang berbentuk simetris pada dua jenis *boundary* yaitu dengan PEC dan PMC yang bertujuan merepresentasikan bentuk yang tak terhingga dan *boudadry radiation* untuk merepresentasikan kinerja *absorber* pada keadaan sebenarnya atau alam. Yang didesain di atas substrat dielektrik FR4 Epoxy dengan ketebalan 1.6 mm. Ukuran substrat dielektrik sel satuan yang didapatkan untuk bentuk segi empat simetris 22 mm × 22 mm. Selanjutnya untuk melakukan perbandingan dilakukan penambahan elemen resistif pada *patch*. Nilai resistor yang perlu ditambahkan pada *patch* adalah 1000 Ohm sampai dengan 6000 Ohm. Dengan tingkat penyerapan yang didapatkan pada *patch* simetris 18.01 dB dan *patch* simetris dengan resistor adalah -23.41 dB pada *boundary* PEC dan PMC dengan nilai resistor 6000 Ohm, dan -16.65 dB dengan nilai resistor 5600 Ohm.

Kata Kunci: *Absorber, Ring Resonator, Resistif, Return Loss, Sel Satuan, Asimetris, Simetris*

Abstract

Surface textured technology, which is one of the techniques for the development of electromagnetic wave absorbers, has developed quite rapidly in the last decade. In absorbent applications, this technology is able to reduce the thickness of the material thus allowing the realization of thinner materials. In principle, this technique uses an AMC (*artificial magnetic conductor*) layer which has a high impedance surface. In order to obtain high absorption which can work at the desired absorption frequency, the metal patch of the absorber is made in a specific shape.

In this final project, an investigation of the shape of a rectangular patch was carried out using the addition of a resistor between symmetrical and asymmetrical patches on two types of boundary, namely the PEC and PMC which aim to represent an infinite shape and *boudadry radiation* to represent the absorber's performance in actual or natural conditions. Which is printed on a dielectric substrate FR4 Epoxy with a thickness of 1.6 mm. The size of the unit cell dielectric substrate obtained for a rectangular shape of 22 mm × 22 mm. Furthermore, to make comparisons, a resistive element was added to the patch. The resistor value that needs to be added to the patch is 1000 Ohm to 6000 Ohm. With the absorption rate obtained on the symmetrical patch 18.01 dB and the symmetrical patch with the resistor is -23.41 on the PEC and PMC boundary with a resistor value of 6000 Ohm, and -16.65 dB with a resistor value of 5600 Ohm.

Keywords: *Absorber, Ring Resonator, Resistive, Return Loss, Cell Unit, Asimetris, Simetris*

1. Pendahuluan

Pada era ini teknologi *metamaterial device* telah berkembang pesat sehingga menarik banyak perhatian para penelitian dikarenakan sifat uniknya untuk berbagai keperluan. Pada dasarnya *metamaterial* atau disebut juga *artificial magnetic* merupakan suatu struktur periodik yang tersusun oleh sel atau elemen sel satuan yang dapat memiliki sifat elektromagnetik yang tidak ditemukan di alam [1]. Salah satu contoh material tersebut adalah *artificial magnetic conductor* (AMC) yang didefinisikan sebagai bahan komposit yang memiliki sifat serupa dengan konduktor magnetik sempurna atau *perfect magnetic conductor* (PMC) yang dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang datang tanpa merubah fasa pantulannya [2]. Teknik yang dapat merealisasikan AMC adalah penggunaan teknologi permukaan bertekstur (*textured surface*). Pada penelitian ini, AMC yang berbasis teknologi *textured surface* akan digunakan pada material penyerap gelombang elektromagnetik. Beberapa aplikasi dari penyerap tersebut yang biasa digunakan diantaranya untuk mengurangi interferensi gelombang elektromagnetik, melindungi gelombang elektromagnetik yang tidak diinginkan, *anechoic chambers* dan sebagainya. Penyerap yang berbasis *metamaterial* menunjukkan absorptivitas yang hampir sempurna. Saat ini pengguna modifikasi tekstur yang dapat menghasilkan beberapa aplikasi termasuk *wave guide*, *absorber*, radar, dan yang lainnya. Bahan unik yang terdapat dalam *metamaterials* memiliki kinerja yang lebih baik dalam mengendalikan penyebaran gelombang elektromagnetik sehingga membuat bahan mampu memecahkan masalah *absorber* dan perangkat *microwave* [3][4].

AMC dan elemen *Ring Resonator* dapat digunakan untuk memperbaiki kinerja dari antenna *Microstrip patch*. Sebagai contoh, dalam penggunaannya sebagai Ground plane, yang menggunakan elemen *Ring Resonator*. AMC dapat menekan propagasi gelombang permukaan [3]. Karakteristik ini kemudian dapat mencegah terjadinya interferensi multipath dari ujung batas permukaan sehingga dapat di hasilkan pola radiasi yang lebih halus, turunnya radiasi pantul yang tidak diinginkan, dan turunnya mutual Coupling, yang berdampak pada performansi antenna. Berdasarkan teori tersebut, dalam tugas akhir ini dilakukan penelitian peningkatan performansi yang dapat dilakukan oleh AMC menggunakan elemen *Ring Resonator* terhadap suatu *Meta-material absorber*. Penyerap gelombang elektromagnetik yang didesain menggunakan substrat berbahan FR4_Epoxy dengan ϵ_r elektrik ER = 4,4 yang bekerja pada frekuensi 2,45 GHz.

2. Dasar Teori

2.1 Penyerap Gelombang Elektromagnetik (Absorber)

Absorber atau penyerap gelombang elektromagnetik dalam bidang *RF/microwave* merupakan material yang dapat melemahkan energi dalam sebuah gelombang elektromagnetik atau meminimalkan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dan dipantulkan. Beberapa aplikasi dari *absorber* yang biasa ditemui diantaranya untuk mengurangi interferensi dari elektromagnetik, pelindung dari gelombang elektromagnetik yang tidak diinginkan yang dapat mengganggu sebuah operasi sistem, dapat digunakan eksternal untuk mengurangi refleksi transmisi dari atau ke objek tertentu dan dapat juga digunakan *internal* untuk mengurangi osilasi yang disebabkan oleh rongga resonansi, juga digunakan untuk membuat lingkungan ruang bebas dengan menghilangkan refleksi dalam ruang tanpa gema (*anechoic chamber*) [6]. Pada *tracking radar application*, material penyerap dapat digunakan untuk mengurangi *Radar Cross Section* (RCS) dari suatu objek [5].

Absorber dapat diaplikasikan dalam berbagai bentuk fisik yang beragam yaitu *flexible elastomers*, busa, *epoxy* kaku atau plastik dan dibuat untuk menahan cuaca dan suhu yang ekstrem. *Absorber* menjadi elemen penting dalam sebuah sistem untuk menghilangkan *interferensi* antar komponen sirkuit [9]. Tipe lain dari penyerap gelombang elektromagnetik adalah penyerap *lossy*, yang menggunakan permeabilitas tinggi atau bahan komposit permittivitas. Penyerap *lossy* memiliki daya serap tinggi di *broadband*. Terakhir penyerap metamaterial digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan fleksibilitas dan atau profil rendah [3].

2.2 Artificial Magnetic Conductor (AMC)

Artificial Magnetic Conductor (AMC) merupakan salah satu contoh dari metamaterial yang didefinisikan sebagai bahan komposit yang sifatnya serupa dengan *Perfect Magnetic Conductor* (PMC) dalam hal karakteristik refleksi. PMC dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang masuk tanpa

mengubah fasa refleksi pada semua rentang frekuensi. Sedangkan AMC memiliki sifat refleksi di nol derajat hanya dalam pita frekuensi yang sempit. PMC memberikan dua sifat dominan, pertama *image current*, yaitu permukaan PMC in-phase dengan original current, yang memungkinkan pemantul.

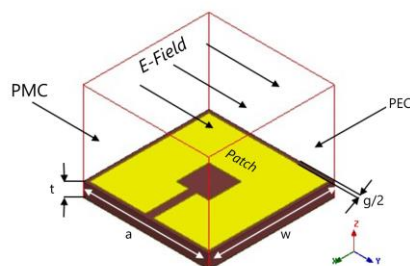
Antena ditempatkan sangat dekat dengan elemen peradiasinya, sehingga ukuran antena menjadi lebih kecil. AMC memiliki impedansi permukaan yang tinggi yang dapat digunakan untuk menekan gelombang permukaan, sehingga mampu menurunkan interferensi antara gelombang permukaan dan radiasi utama dari antena. Oleh karena itu, AMC dapat memperbaiki sistem antena dan memiliki berbagai aplikasi yang potensial pada antena, *groundplane*, *reflector*, penyerap, resonator, dan komponen antena lainnya [11].

2.3 Teknologi Permukaan Bertekstur

Teknik yang dapat dilakukan untuk merealisasikan AMC adalah penggunaan teknologi permukaan bertekstur (*textured surface*). Teknik ini diperkenalkan oleh Sievenpiper berupa suatu struktur yang mendekati impedansi permukaan tinggi terdiri dari susunan metal patch periodik sebagai sel satuannya yang dihubungkan oleh konduktor vertikal (*via*) dengan *groundplane*. Akan tetapi, karena dihubungkan oleh konduktor vertikal (*via*) sehingga cukup menyulitkan untuk direalisasikan. Maka dari itu beberapa penelitian selanjutnya sehingga memotivasi beberapa penelitian berikutnya untuk menghilangkan *via* sehingga menjadi suatu struktur yang planar [12].

2.4 Boundary

Untuk pemodelan dalam perancangan tidak perlu mensimulasikan struktur sampai tak hingga. Dilakukan distribusi medan pada susunan *patch* yang dihitung untuk gelombang bidang datang. Untuk struktur tersebut digunakan dengan penerapan kondisi *boundary* cermin di sekitar *patch* tunggal, pemodelan elemen tunggal dapat digunakan untuk mensimulasikan struktur tak hingga. Pendekatan serupa digunakan pada gambar 2.1.

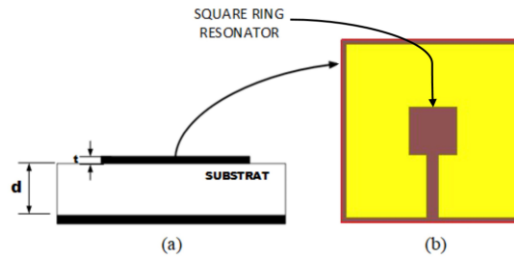


Gambar 2.1 *Boundary* susunan *patch absorber*

Karena kesimetrisan geometri dengan elektrik dari setiap elemen tunggal, dinding yang mengelilinginya dapat diganti dengan kondisi *boundary* yang tepat. Hal ini menghasilkan pemodelan struktur tak hingga yang benar, mengingat yang digunakan hanya satu elemen tunggal, karena kondisi *boundary* ternyata mereproduksi efek dari semua elemen lainnya [7]. Gambar 2.1 merupakan gambaran ilustrasi model karakteristik frekuensi resonansi unit sel pada struktur AMC yang digunakan pada *software* simulasi susunan *patch* persegi memiliki parameter lebar yaitu w , jarak antar unit sel yaitu a , jarak antar *patch* yaitu g , dan t adalah ketebalan dielektrik substrat.

2.5 Ring resonator

Dalam perancangan filter dengan menggunakan mikrostrip, hal yang paling penting untuk dilakukan adalah penentuan bentuk resonator yang akan digunakan. Dalam penelitian kali ini akan digunakan jenis *square ring resonator* dalam menyusun *Absorber* mikrostrip karena bentuknya yang sederhana dan mudah dalam pencetakan. Bentuk dari *square ring resonator* dapat dilihat pada Gambar 2.4, pada skema tersebut *square ring resonator* direpresentasikan dengan plat *copper* berbentuk persegi berwarna kuning.



Gambar 2.2 Bentuk *square ring resonator* ;(a) tampak depan; (b) tampak atas Prinsip kerja *resonator* adalah menggunakan prinsip resonansi pada suatu frekuensi tertentu [7], kemudian gelombang RF akan ditransmisikan dari *patch* di serap ke *groundplane* melawati substrat. Secara umum, resonansi terjadi karena adanya interaksi antara komponen induktor dan kapasitor yang menyebabkan gelombang akan bergerak secara bolak-balik dalam suatu periode waktu tertentu. Pada Gambar 2.4 tersebut induktor dan kapasitor direpresentasikan dalam bagian mikrostrip yaitu *copper* dan dielektrik (substrat). Skema pada Gambar 2.4 dapat ditransformasi ke sebuah rangkaian listrik yang terdiri dari komponen L dan C.

Metamaterial

Metamaterial atau sering juga disebut dengan *artificial material* merupakan suatu struktur periodik yang tersusun oleh sel atau elemen sel satuan berjumlah terbatas yang memiliki sifat elektromagnetik tertentu yang tidak ditemukan di alam. Penerapan metamaterial pada rancangan perangkat industri memiliki potensial yang besar dalam bidang elektronik dan optik. Berikut adalah beberapa bahan yang digolongkan sebagai bahan metamaterial [7].

1. *Double Negative* (DNG) material yaitu material yang memiliki sifat seolah-olah nilai permitifitas dan permeabilitas negatif, sehingga memiliki indeks refractive negative.
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 elektrik field yang besar diseluruh permukaan bidang.

3. Perancangan absorber.

3.1. Desain & Spesifikasi

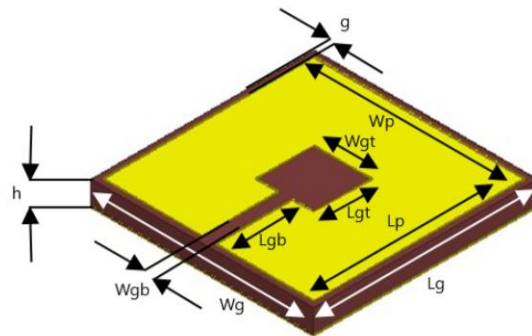
Tabel 1 Spesifikasi Antena

Parameter Antena	Spesifikasi Antena
Jenis Antena	Mikrostrip
Frekuensi Kerja	2,45 GHz
<i>Return loss</i>	≤ -10 dB
<i>Bandwidth</i>	≥ 50 MHz
Bahan Antena	Konduktor: Tembaga ($\epsilon_r = 2,33$ dan $h = 0,035$ mm)
	FR4_epoxy ($\epsilon_r = 4,4$ dan $h = 1,6$ mm)

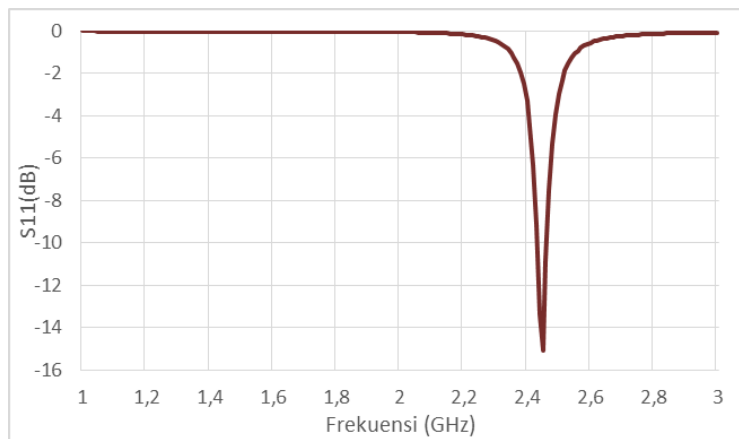
Penentuan spesifikasi absorber berdasarkan pada nilai-nilai spesifikasi yang layak untuk direalisasikan. Dalam pemilihan bentuk penyerap yang mana susunan dan bentuk absorber AMC memiliki pengaruh dalam gelombang elektromagnetik yang menumbuk permukaan AMC. Terdapat beberapa bentuk sel AMC yang sering digunakan untuk membuat *patch* antena seperti persegi, *patch* persegi enam, *patch* persegi delapan, *square ring patch*, *patch* bulat, dan bentuk lainnya.

Tabel 2 Nilai Dimensi *absorber* asimetrid

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
W_g	15	Lebar <i>groundplane</i>
L_g	15	Panjang <i>ground plane</i>
W_p	14,2	Lebar <i>patch</i>
L_p	14,2	Panjang <i>patch</i>
g	0,4	Gap luar sisi <i>patch</i>
W_{gt}	3,9	Lebar gap tengah
L_{gl}	3,9	Panjang gap tengah
W_{gb}	0.95	Lebar gap bawah
L_{gb}	5.15	Panjang gap bawah
h	1,6	Tebal <i>dielectric substrate</i>
t	0,035	Tebal <i>conductor</i>



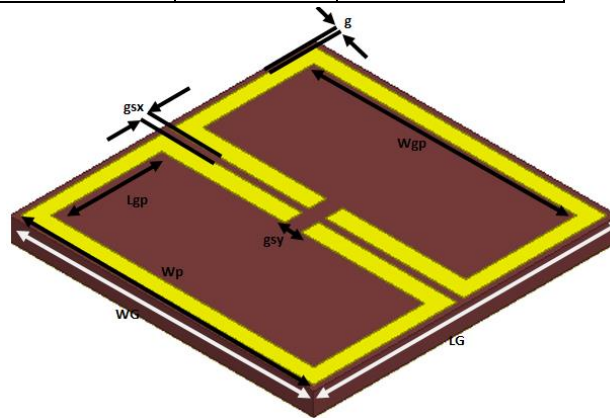
Gambar 3.1 Desain *absorber* Asimetris



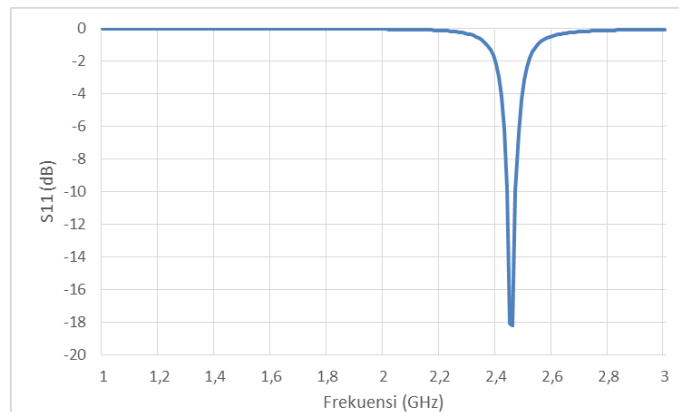
Tabel 3.2 Nilai Optimasi Akhir *absorber* Asimetris

Tabel 3. Nilai Dimensi *absorber* simetrid

Parameter	Value (mm)	information
W_g	22	width <i>groundplane</i>
L_g	22	Lenght <i>ground plane</i>
W_p	21,2	width <i>patch</i>
L_p	21,2	Lenght <i>patch</i>
g	0,4	Outer Gap <i>patch</i>
W_{gp}	19	width center gap
L_{gp}	8	Lenght center gap
g_{sx}	1.2	width gap x axis
g_{sy}	0.5	Lenght gap y axis

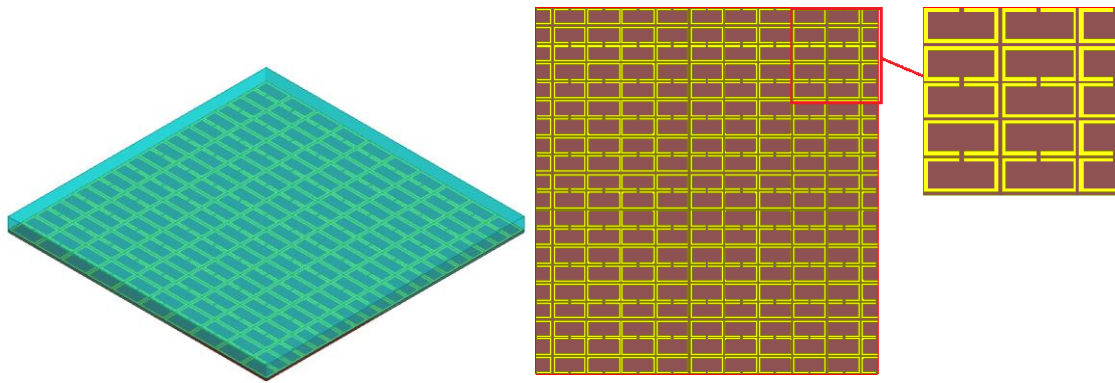


Gambar 3.3 Desain *absorber* Simetris.

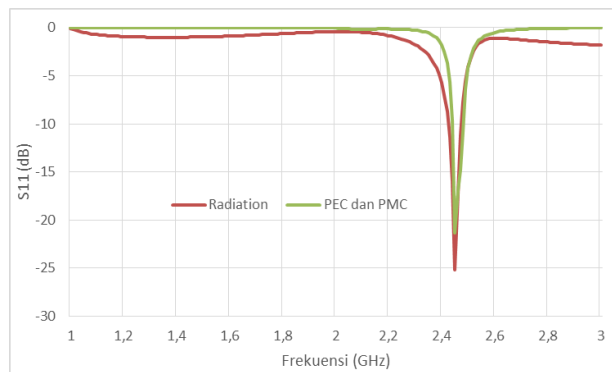


Gambar 3.4 Nilai Optimasi akhir *absorber* Simetris.

Pada kedua desain diatas dilakukan analisis perubahan dan efek dari setiap gap dan panjang lintasan yang kemudian akan dia analisis tingkat kedalaman nilai *retun loss* nya dimana desain *absorber* Asimetris memiliki nilai S11 -14,7 dB dan *absorber* Simetris memiliki nilai S11 -18,1 dB. Dimana nilai daya serap lebih baik pada desain *absorber* Simetris. Yang kemudian akan dilakukan validasi dan perubahan *boundary* pada hasil akhir 10 x 10.

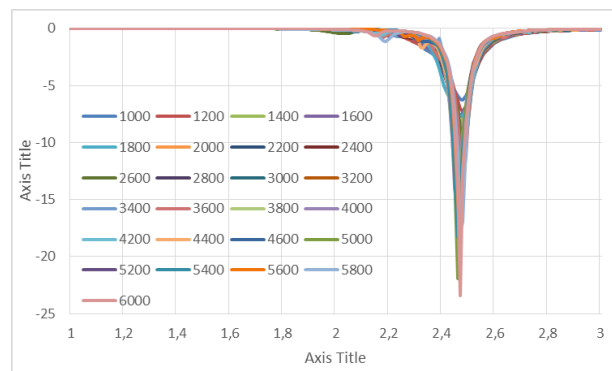


Gambar 3.5 Desain 10x10 absorber Simetris



Gambar 3.6 Nilai Optimasi akhir absorber Simetris.

Dapat dilihat pada gambar 3.6 *baoundary radiation* tidak mengalami pergeseran frekuensi kerja, tetap pada frekuensi 2,45 GHz Nilai daya serap pada *boundary radiatiom* memiliki hasil yang lebih baik dimana nilai S11 nya -25.1 dB dan pada *boundary pec dan pmc* hanya hanya meiliki daya serap S11 -21,31 dB. Pengaruh *radiation* terdapat pada nilai resistansi yang lebih tinggi dibandingkan dengan *boundary pec dan pmc*.



Gambar 3.7 Nilai Optimasi akhir absorber Simetris dengan penambahan resistor.

Pada grafik perbandingan yang dapat dilihat pada gambar 3.7 nilai resistor yang di gunakan dari 100 Ohm sampai dengan 6000 Ohm, nilai resistor tersebut memiliki jarak 200 Ohm. Hasil penambahan resistor menunjukkan semakin kecil nilai resistor daya serap akan semakin buruk di bandingkan dengan tidak menggunakan resistor, dan tidak terjadinya pergeseran frekuensi. Nilai resistor terendah yaitu 1200 Ohm memiliki nilai S11 -5,7 dB dan nilai resistor tertinggi memiliki nilai 6000 Ohm dengan nilai S11 -23,41 dB pada frekuensi 2,45 GHz.

4. Kesimpulan

Dari melakukan seluruh proses penelitian Tugas Akhir ini mulai dari perancangan desain dan simulasi menggunakan *software* 3D. Ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil, yaitu:

1. *Absorber* AMC yang dirancang dapat bekerja pada frekuensi yang sesuai dengan spesifikasi yaitu 2,45 GHz dengan nilai *return loss* -16,48 dB.
2. Penambahan resistor pada *absorber* memiliki nilai dan efek pada daya serap yang berbeda pada *boundary* PEC,PMC dan *radiation*.
3. Pada bentuk *patch ring resonator* dapat memperkecil dimensi *absorber* dan memperbaiki nilai *return loss* menjadi lebih baik atau di bawah -10 dB tanpa harus menggunakan tambahan komponen pasif.
4. Penambahan resistor tidak membawa perubahan yang cukup signifikan pada frekuensi kerja .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Marqués, F. Martín and M. Sorolla, “Metamaterials with Negative Parameters:Theory, Design and Microwave Applications,” *1st Edition, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.*2008.
- [2] Y. Zhang, J. Von Hagen, dan W. Wiesbeck, “Patch Array as Artificial Magnetic Conductors for Antenna Gain Improvement,” *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 35, pp. 172–175, 2002.
- [3] Y. Zhang, J. Von Hagen, M. Younis, C. Fischer and W Wiesbeck, “Planar artificialmagnetic conductors and patch antennas,” *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 51, no.10, pp. 2704-2712, Oct. 2003.
- [4] A. Munir and V. Fusco, “Effect of surface resistor loading on high impedance surface radar absorber return loss and bandwidth,” *Microwave and Optical Tech. Lett.*, vol. 51, no. 7, pp. 1773-1775, Jul. 2009
- [5] L. O. Nur, A. Munir, Sugihartono, and A. Kurniawan, “Perancangan dan Fabrikasi Penyerap Gelombang Elektromagnetik Patch Segi Enam berbasis Surface Texture,” *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Telekomunikasi, Kendali, Komputer, Elektrik, dan Elektronika (TETRIKA)*., vol.1, no.1, pp. 40-45, Jan. 2016.
- [6] Hippel. A, “Theory and Application of RF Microwave Absorbers”, (white paper), Emerson & Cuming Microwave Products, Inc.
- [7] Bhattacharya. A., “Modeling and Simulation of Metamaterial-Based Devices for Industrial Applications Application Engineer”, (white paper), CST AG, Darmstadt, Germany.
- [8] L. O. Nur and A. Munir, “Thin em wave absorber composed of octagonal patch array and its characteristic measurement,” *2015 3rd Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICoICT 2015.*, pp. 604–607, 2015.
- [9] Simms, S. dan V. F. Fusco, “Tunable Thin Radar Absorber Using Artificial Magnetic Ground Plane with Variable Backplane,” *Electronic Letter.*, vol. 43, no. 31, Okt. 2006.
- [10]D. M. Pozar, *Microwave Engineering 4th Edition*, Amherst :University of Massachusetts: John Wiley & Sons, Inc., 2011
- [11]Sievenpiper, D., “High-Impedance Electromagnetic Surfaces”, PhD Thesis, UCLA, 1999.
- [12]A. Munir and V. Fusco, “Characterization of microwave anisotropic thin radar absorber using artificial magnetic groundplane,” *2008 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC) Proc.*, pp. 1-4, Hongkong, China, Dec. 2008.