

PERANCANGAN DAN FABRIKASI PENYERAP GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK BERBASIS AMC PADA FREKUENSI 2.3 GHZ DAN 7.3 GHZ

DESIGN AND FABRICATION OF ELECTROMAGNETIC WAVE ABSORBER BASED ON AMC AT 2.3 GHZ AND 7.3 GHZ FREQUENCY

Aqmal Anugrah Perdana¹, Bambang Setia Nugroho², Levy Olivia Nur³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹aqmalap@student.telkomuniversity.ac.id, ²bambangsetianugroho@telkomuniveristy.co.id,
³levyolivia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penyerap gelombang elektromagnetik memiliki peran yang penting terhadap perlindungan perangkat - perangkat elektromagnetik terutama perangkat yang rentan terhadap radiasi dari gelombang elektromagnetik. Maka dari itu, dilakukan penelitian penyerap gelombang elektromagnetik yang dapat bekerja dengan baik sesuai spesifikasi.

Pada tugas akhir ini dirancang sebuah penyerap gelombang elektromagnetik yang dapat bekerja pada dua frekuensi (*dualband*) yang berbasis AMC dan menggunakan kombinasi antara *patch* segi delapan dan *patch* segi empat pada frekuensi 2,3 GHz dan 7,3 GHz. AMC merupakan PMC hasil rekayasa dan untuk merealisasikannya yaitu dengan menyusun *patch* secara berkala dengan jarak yang dekat.

Perancangan pertama membuat penyerap AMC dengan satu sel dan hasil simulasi menunjukkan bahwa penyerap AMC dapat bekerja pada frekuensi 2,3 GHz dengan nilai S_{11} -31,07 dB dan pada frekuensi 7,3 GHz dengan nilai S_{11} -8,74 dB. Penyerap yang akan direalisasikan adalah penyerap AMC 6×3 sel dengan ukuran $20,4 \text{ cm} \times 10,2 \text{ cm}$.

Untuk mendapatkan nilai $S_{11\text{penyerap}}$, digunakan teknik *de-embedding* yang dapat memisahkan $S_{11\text{penyerap}}$ dari $S_{11\text{total}}$. Hasil realisasi memberikan hasil yang cukup baik pada frekuensi 2,26 GHz dengan S_{11} -37,18 dB dan pada frekuensi 7,6 GHz dengan S_{11} -53,58 dB. Sehingga, dari hasil simulasi dan realisasi dapat disimpulkan bahwa penyerap dapat bekerja pada dua frekuensi (*dualband*).

Kata kunci: AMC, Penyerap gelombang elektromagnetik, *de-embedding*.

Abstract

Electromagnetic waves absorbers have a very important role for electromagnetic devices especially devices that are susceptible to radiation from electromagnetic waves. Therefore, an electromagnetic wave absorbing research can work well with specifications.

In this final project designed an electromagnetic wave absorber based on AMC that can work on two frequencies (dualband) using a combination of octagonal patch and square patch at the frequency of 2,3 GHz and 7,3 GHz. AMC is an engineered PMC that realizes it by arranging patches on a scale at close range.

The first design made the AMC absorbent with one cell and the simulation result showed that AMC absorber can work at 2,3 GHz and 7,3 GHz frequency with S_{11} -31,07 dB but at 7,3 GHz frequency simulation result still above -20 dB. The absorber to be realized is an absorbent AMC 6×3 cell with a size of $20,4 \text{ cm} \times 10,2 \text{ cm}$.

*To obtain the $S_{11\text{absorbs}}$ value, a *de-embedding* technique is used which can separate $S_{11\text{absorbs}}$ from $S_{11\text{total}}$. The result of the realization gives good result at frequency 2,26 GHz with S_{11} -37,18 dB and at frequency of 7,6 GHz with S_{11} -53,58 dB.. From the simulation and realization results can be concluded that the absorber can work on two frequencies.*

Keywords: AMC, electromagnetic wave absorber, *de-embedding*.

1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai penyerap gelombang elektromagnetik

telah banyak dilakukan. Hal ini disebabkan oleh perkembangan yang sangat pesat dari bisnis alat komunikasi, seperti telepon seluler dan sistem radar. Seiring dengan perkembangannya maka diperlukan frekuensi – frekuensi kerja dalam menunjang kinerjanya. Hal tersebut dapat berakibat terhadap terganggunya sistem berbasis elektronik dan sistem keamanan yang sangat rentan dengan gelombang elektromagnetik dan menjadi salah satu dasar bagi banyak peneliti untuk mengembangkan penelitian-penelitian sebelumnya dalam membuat absorber yang dapat bekerja optimal dan memiliki dampak negatif seminimal mungkin. Absorber merupakan penyerap gelombang elektromagnetik yang dapat bekerja pada frekuensi tertentu. Penyerap gelombang elektromagnetik memainkan peran yang sangat penting dalam melindungi alat elektronik yang sensitif terhadap interferensi elektromagnetik dengan menyerap energi gelombang datang dan mengurangi pantulan atau transmisi yang tidak diinginkan. Semakin besar level radiasi sebuah gelombang mikro, dapat meninggalkan kerusakan yang cukup besar pada sebuah alat elektronik. Solusi terbaik untuk masalah ini adalah dengan memasang penyerap di sekitar alat yang sensitif tersebut. Penyerap ini biasanya terdiri dari komponen *lossy* yang dapat menghilangkan energi. Karena alasan ini, penggunaan penyerap mengarah pada bagaimana mengurangi interferensi EM[2]

Dalam proses penyerapannya nanti akan dibantu oleh bahan metamaterial atau sering disebut *artificial material* adalah struktur periodik yang tersusun atas sel/element satuan yang berjumlah terbatas yang dapat memperlihatkan sifat elektromagnetik tertentu yang tidak ditemukan di alam, salah satu contohnya ialah AMC (Artificial Magnetic Conductor) merupakan bahan komposit yang sifatnya mirip dengan PMC (*Perfect Magnetic Conductor*)[3]. Teknik yang dilakukan untuk merealisasikan AMC adalah penggunaan teknologi permukaan bertekstur (*textured surface*)[3].

Pada penelitian saat ini penyerap gelombang yang akan dibuat dapat bekerja pada dua frekuensi (*dualband*) yaitu pada frekuensi 2.3 GHz dan 7.3 GHz yang bahan substrat yang digunakan yaitu fr4 epoxy dan bentuk *patch* yang digunakan adalah *patch* segi delapan dan *patch* segi empat.

2. Dasar Teori

2.1 Artificial Magnetic Conductor (AMC)

AMC (Artificial Magnetic Conductor) adalah satu dari beberapa jenis keluarga metamaterial. PMC adalah material yang tidak dapat ditemukan di alam sehingga seseorang harus merekayasa suatu material untuk memiliki sifat-sifat seperti PMC. PMC hasil rekayasa ini dinamakan AMC[2].

Sesuatu dikatakan sebagai Perfect Magnetic Conductor (PMC) jika ia dapat memantulkan gelombang elektromagnetik secara sempurna namun berbeda fasa 180 derajat jika dibandingkan dengan pantulan oleh *Perfect Electric Conductor* (PEC)[2]. PMC dapat dibuat dengan membentuk susunan *patch* secara periodik dengan jarak yang dekat. Sederhananya, PMC buatan terdiri dari *patch* yang disusun secara berkala dengan jarak yang sangat dekat. *Patch* yang bersusun ini menunjukkan perilaku seperti PMC.

2.2 Perhitungan Dimensi Penyerap

Pada perhitungan dimensi dari penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC, ini merujuk pada disertasi dari Sievenpiper dengan judul "*High Impedance Electromagnetic Surface*". Persamaan (1) dan (2) untuk menentukan nilai L dan C dimana dengan mendapatkan nilai tersebut kita dapat mengetahui ukuran dari penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC. Persamaan (3) digunakan untuk menentukan frekuensi resonansi dari penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC [2]–[4].

$$C = \frac{w(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}{\pi} \text{Cosh}^{-1} \left(\frac{a}{g} \right) \quad (1)$$

$$L_s = \mu_0 t \quad (2)$$

$$w_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (3)$$

ε_1 dan ε_2 merupakan konstanta dielektrik material papan sirkuit dan ruang bebas, μ_0 adalah permeabilitas ruang bebas.

2.3 Teknik De-embedding

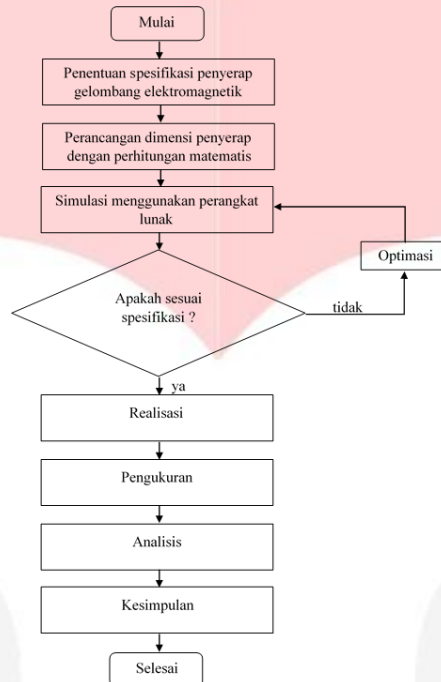
Teknik *de-embedding* merupakan teknik untuk memisahkan karakteristik perangkat pengukuran dari hasil pengukuran penyerap gelombang elektromagnetik untuk memperoleh hasil pengukuran yang sebenarnya. Data diproses menggunakan kalkulasi matriks parameter S atau

parameter $T[5]$. Jadi nilai S_{11} yang ditangkap oleh VNA belum hasil penyerap yang murni, hasil tersebut masih perpaduan antara penyerap gelombang dan PPW.

3. Perancangan dan Simulasi

A. Perancangan

Adapun tahapan – tahapan yang dilakukan dalam merancang penyerap berbasis AMC, dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.

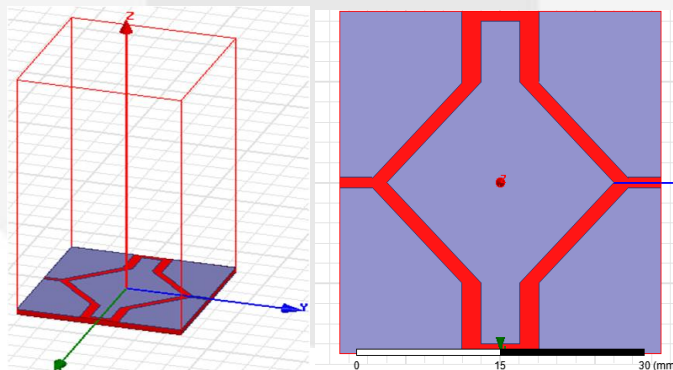


Gambar 3.1 Diagram alir perancangan penyerap AMC

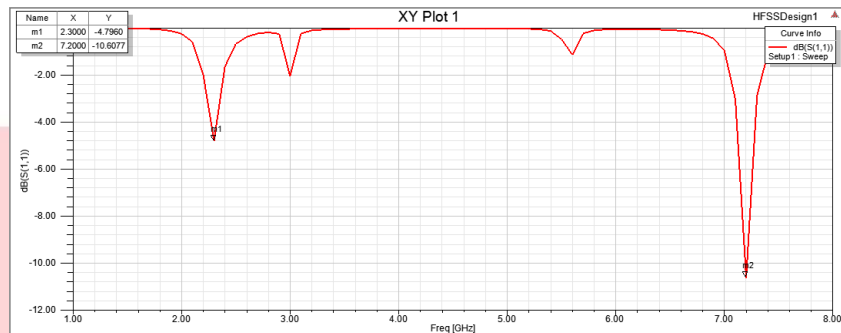
Spesifikasi penyerap yang diinginkan adalah frekuensi kerja, *return loss* dan bentuk *patch*. Kemudian dilakukan kalkulasi dimensi penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC secara teoritis yang didapatkan melalui studi literatur. Kemudian dimensi penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC hasil kalkulasi direalisasikan menggunakan perangkat lunak, jika belum sesuai dengan spesifikasi maka dilakukan optimasi sampai sesuai. Selanjutnya dilakukan fabrikasi penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC lalu diukur dan dari hasil pengukuran kita menganalisis apakah ada perbedaan antara penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC hasil simulasi dan hasil realisasi. Jika ada, maka berikan alasan apa yang menyebabkan perbedaan tersebut jika tidak. Terakhir berikan kesimpulan sesuai dengan pengerjaan tugas akhir ini.

B. Simulasi Satu Sel Penyerap AMC

Setelah menentukan dimensi dari penyerap AMC, selanjutnya melakukan simulasi menggunakan *software* HFSS. Hasil dari simulasi satu sel penyerap AMC dapat dilihat pada gambar dibawah.



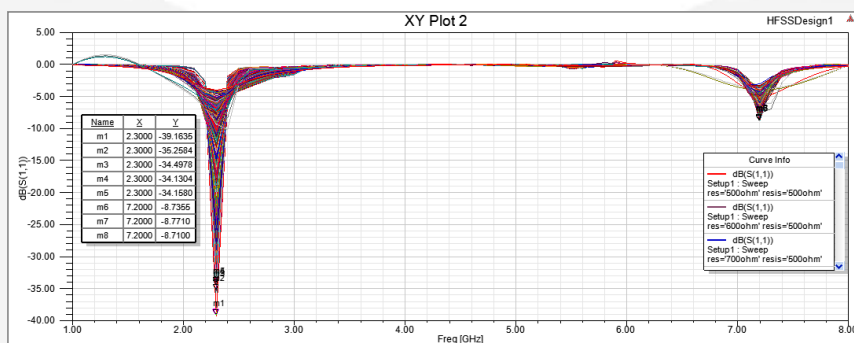
Gambar 3.2 Bentuk penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC



Gambar 3.3 Grafik S_{11} penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC tanpa resistor

Dari Gambar 3.3 diatas dapat kita lihat bahwa, AMC bekerja pada frekuensi 2,3 GHz dengan nilai S_{11} di -4,80 dB dan pada frekuensi 7,3 GHz bergeser ke frekuensi 7,2 GHz dengan S_{11} -10,60 dB sehingga didapatkan bahwa hasil simulasi masih belum sesuai dengan harapan. Oleh karena itu akan dilakukan proses optimasi agar diperoleh hasil yang sesuai harapan.

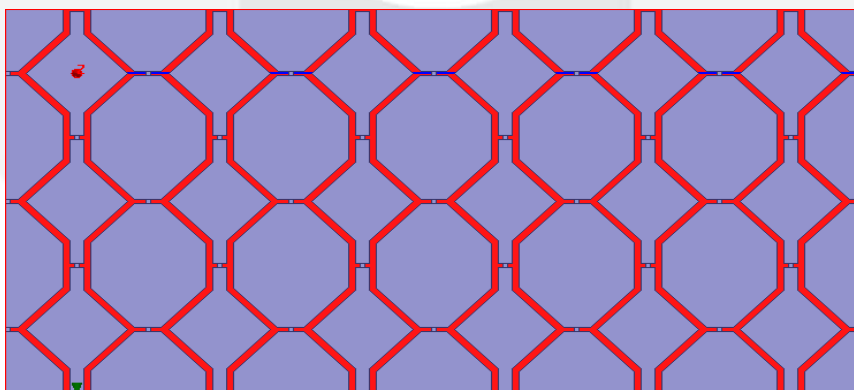
Selanjutnya dilakukan optimasi dengan menambahkan resistor pada setiap sisi resistor yang berfungsi untuk menurunkan nilai resistansi permukaan penyerap berbasis AMC yang sangat tinggi supaya dapat sama dengan nilai resistansi udara. Jika nilai resistansi permukaan AMC dan udara sama, maka akan terjadi transfer daya maksimum sehingga gelombang elektromagnetik akan terserap secara sempurna kedalam penyerap AMC. Setelah dilakukan optimasi didapatkan hasil sebagai berikut



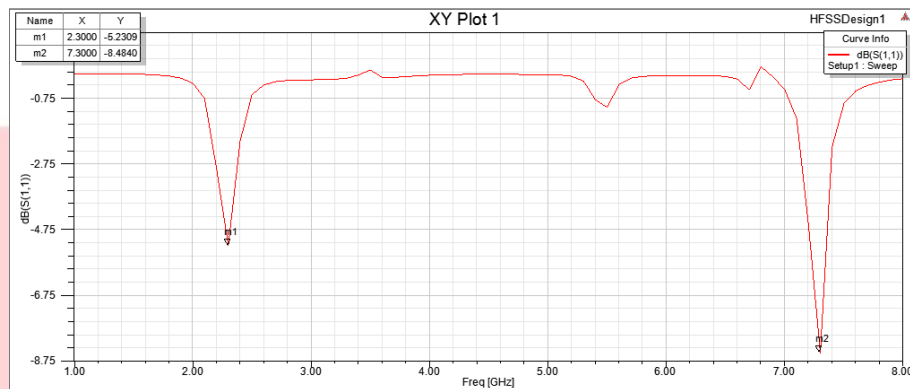
Gambar 3.4 Grafik S_{11} penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC dengan resistor

Dari Gambar 3.4 diatas, dapat kita lihat nilai S_{11} pada frekuensi 2,3 GHz semakin turun setelah ditambahkan resistor. Namun tidak demikian pada frekuensi 7,3 GHz, frekuensi masih bergeser ke 7.2 GHz dan nilai *return loss* masih belum dibawah -20 dB.

C. Simulasi 6 x 3 sel

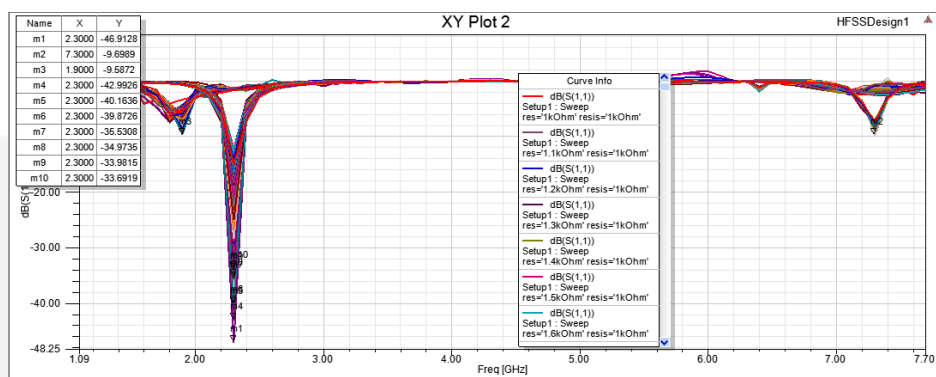


Gambar 3.5 Bentuk penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC



Gambar 3.6 Grafik S_{11} penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC tanpa resistor

Dari Gambar 3.6 diatas dapat kita lihat bahwa penyerap telah bekerja pada frekuensi yang diharapkan hanya saja *return loss* masih belum sesuai spesifikasi yaitu dibawah -20 dB. Oleh karena itu akan ditambahkan resistor untuk memperbaiki nilai *return loss* agar sesuai dengan spesifikasi.



Gambar 3.7 Grafik S_{11} penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC dengan resistor

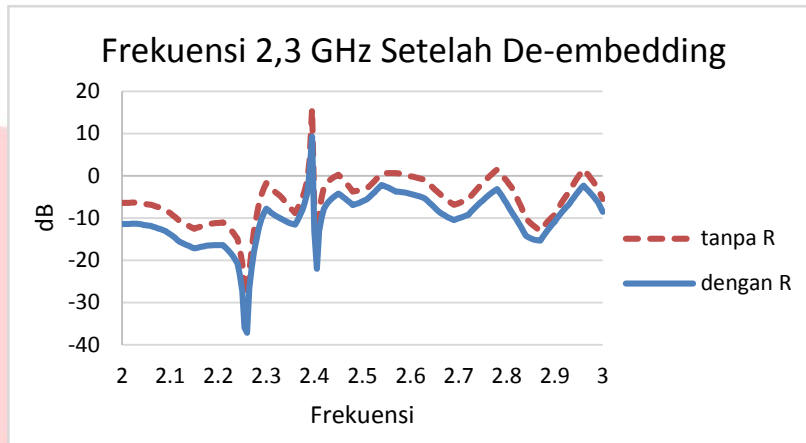
Setelah penambahan resistor, grafik S_{11} mengalami perbaikan hingga dan telah sesuai dengan spesifikasi yaitu dibawah -20 dB.

4. Pengukuran dan Analisis

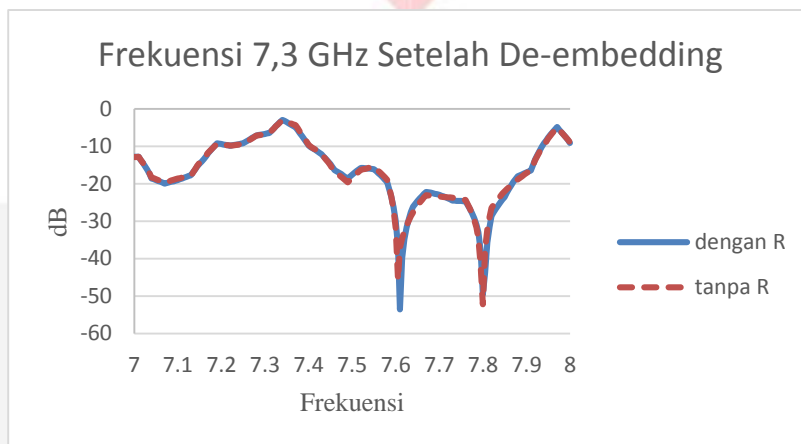
Sebelum dilakukan pengukuran, akan dilakukan proses realisasi. Realisasi ataupun fabrikasi dilakukan di Multi karya dimana desain yang diberikan adalah desain yang sesuai simulasi. Sedangkan proses pemasangan resistor dilakukan di Jaya Plaza.

Pengukuran dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro (LTRG) ITB. Alat yang digunakan untuk pengukuran yaitu: VNA, kabel koaksial, dan *Parallel Plate Waveguide* (PPW). Skema pengukuran pertama VNA akan memancarkan listrik pada rentan frekuensi yang telah ditentukan, selanjutnya akan diubah menjadi gelombang elektromagnetik oleh *transducer*. Setelah itu, gelombang elektromagnetik akan merambat pada PPW dan akan menumbuk *Device Under Test* (DUT), dalam hal ini merupakan penyerap kita. Gelombang elektromagnetik yang menumbuk ada yang akan diserap dan ada yang akan dipantulkan. Gelombang yang dipantulkan nantinya akan terbaca sebagai S_{11} di VNA. Semakin kecil nilai S_{11} yang terbaca, maka semakin banyak gelombang elektromagnetik yang terserap. Namun nilai S_{11} yang terbaca pada VNA belum merupakan nilai S_{11} sebenarnya, melainkan nilai S_{11} yang telah ditambahkan dengan PPW. Oleh karena itu, diperlukan teknik yang dapat memisahkan hasil dari PPW dan S_{11} , dengan begitu kita akan mendapatkan hasil S_{11} yang sebenarnya.

Teknik yang digunakan yaitu *de-embedding*. Teknik ini dilakukan setelah hasil pengukuran didapatkan. Namun untuk melakukan proses tersebut, dibutuhkan data hasil pengukuran *fixture* tanpa DUT. Dengan mengombinasikan data tersebut dengan hasil S_{11} dari VNA maka kita akan mendapatkan data penyerap yang murni (tanpa PPW).

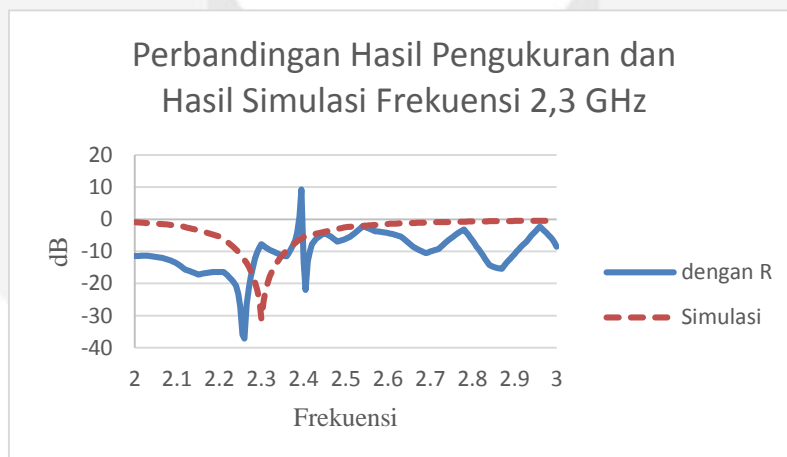


Gambar 4.1 Perbandingan nilai S_{11} Setelah *De-embedding* pada Frekuensi 2,3 GHz

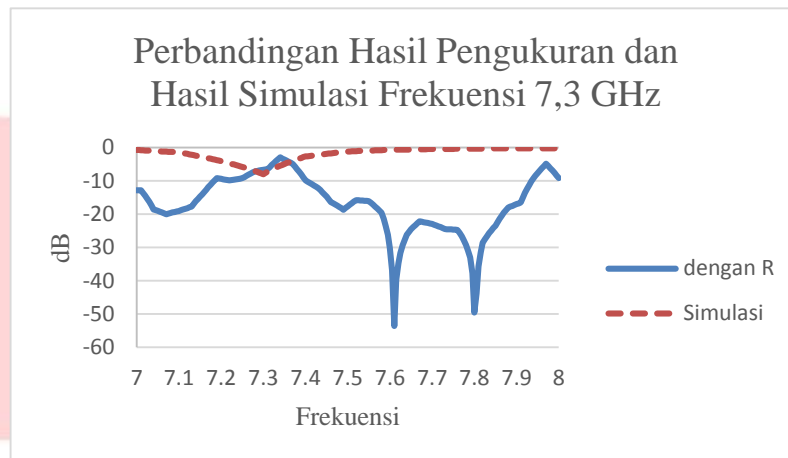


Gambar 4.2 Perbandingan nilai S_{11} Setelah *De-embedding* pada Frekuensi 7,3 GHz

Diatas merupakan hasil pengukuran yang telah dilakukan proses *de-embedding*. Dapat kita lihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari pengukuran menggunakan resistor dan tanpa menggunakan resistor. Penyerap sedikit bergeser dari frekuensi yang ditentukan yaitu 2.26 GHz namun nilai return loss yang sangat besar yaitu hingga -55.4371 dB. Namun untuk frekuensi 7.3 GHz masih belum terlihat jelas dikarenakan data PPW yang dimiliki masih sampai 3 GHz sehingga belum dapat dipastikan apakah penyerap dapat bekerja pada frekuensi tersebut atau mengalami pergeseran.



Gambar 4.3 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Hasil Simulasi Frekuensi 2,3 GHz



Gambar 4.4 Perbandingan S_{11} Hasil Pengukuran dan Hasil Simulasi Frekuensi 2,3 GHz

Selanjutnya membandingkan hasil simulasi dan hasil pengukuran yang menggunakan resistor setelah proses *de-embedding*. Dapat kita lihat bahwa hasil pengukuran dan hasil simulasi sangat jauh berbeda. Pada frekuensi 2.3 GHz hasil simulasi bekerja sangat baik namun setelah realisasi dan melakukan pengukuran, frekuensi bergeser ke 2.26 GHz. Sedangkan pada frekuensi 7.3 GHz hasil simulasi masih belum baik karena masih belum sesuai spesifikasi dan dari hasil pengukuran juga masih belum bias ditentukan karena data dari PPW yang dimiliki hanya bekerja sampai frekuensi 3 GHz.

5. Kesimpulan

Penyerap gelombang elektromagnetik yang dibuat dapat bekerja pada dua frekuensi (dualband) pada frekuensi 2,3 GHz dan 7,3 GHz. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC dualband bekerja dengan baik pada frekuensi 2.3 GHz dengan nilai S_{11} -31.08 dB dan pada frekuensi 7.3 GHz nilai S_{11} -7.98 dB. Hasil pengukuran penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC yang didapat adalah pada frekuensi 2.26 GHz dengan nilai S_{11} -37,18 dB sementara pada frekuensi 7,6 GHz nilai S_{11} yang dicapai hingga -53,58 dB. Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa penyerap AMC dapat bekerja pada dua frekuensi kerja (dualband). Penyerap gelombang elektromagnetik berbasis AMC dapat memiliki dua frekuensi resonansi yang diakibatkan dari dua bentuk patch dominan yang berbeda dan disusun secara periodik.

Daftar Pustaka:

- [1] S. A. Saptari, "Rekayasa Material Absorber Gelombang Mikro Berbasis Lantanum Manganat," 2013.
- [2] Y. Manurun, B. S. Nugroho, and L. O. Nur, "Perancangan dan Realisasi Penyerap Gelombang Elektromagnetik Fleksibel Pada Frekuensi 2,4 GHz Untuk Melindungi Perangkat Tanam Medis," pp. 1–8, 2017.
- [3] L. O. Nur, A. Munir, Sugihartono, and A. Kurniawan, "Perancangan dan Fabrikasi Penyerap Gelombang Elektromagnetik," *J. Penelit. dan Pengembangan Telekomun. Kendali, Komputer, Elektr. dan Elektron.*, pp. 40–45, 2016.
- [4] D. Sievenpiper and E. Yablonovitch, "High-Impedance Electromagnetic Surfaces," *Mod. Radio Sci.* 1999, pp. 151–169, 1999.
- [5] A. Munir, "Hybrid De-embedding Technique for Microwave Absorber Characterization," *Telkonnika*, vol. 9, no. 1, pp. 133–138, 2011.