

Penurunan Frekuensi Resonator Rongga *Circular* Menggunakan Material Dielektrik Konvensional dan *Artificial Styrofoam*

Arrum Budiati¹, Raden Adhika A.², Elisma³

^{1,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung 40012

E-mail : ¹arrumby@gmail.com, ³elisma.rufli@yahoo.com

²Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pertahanan, Jakarta

E-mail : rd.adhika@gmail.com

ABSTRAK

Maraknya penggunaan *styrofoam* di Indonesia membuatnya menjadi sumber limbah. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan *styrofoam* sebagai filter untuk menurunkan frekuensi resonator. *Styrofoam* termasuk sebagai kategori material dielektrik alami yang dapat digunakan pada resonator rongga. *Styrofoam* dimodifikasi dengan menambahkan sejumlah kawat konduktor tipis. Kawat-kawat konduktor tersebut dipasangkan tegak lurus menembus struktur dalam *styrofoam*. Pemasangan kawat-kawat konduktor ini mengacu pada sebaran *magnitude* medan listrik maksimum dari suatu mode gelombang elektromagnetik Transverse Magnetic (TM). *Styrofoam* dimodifikasi melalui proses elektromagnetisasi sedemikian rupa sehingga nilai permitivitas *styrofoam* meningkat. Penulis memanfaatkan informasi posisi intensitas medan listrik maksimum dari mode TM₀₂ sehingga permitivitas *styrofoam* menjadi bersifat anisotropik. Penggunaan material dielektrik *styrofoam* pada penelitian ini berhasil menurunkan frekuensi resonator kosong sebesar 36%, atau frekuensi resonator kosong turun sebesar 2,64 GHz, yaitu dari 7,28 GHz menjadi 4,64 GHz.

Kata Kunci: *styrofoam*, material dielektrik, resonator rongga, permitivitas, *transverse magnetic*, anisotropik

1. PENDAHULUAN

Polystyrene atau yang lebih dikenal dengan *styrofoam* banyak digunakan oleh manusia untuk berbagai kebutuhan seperti, sebagai penyekat alat elektronik, tempat buah-buahan dan pembungkus makanan. Karena harganya yang murah, saat ini *styrofoam* marak digunakan di Indonesia. *Styrofoam* merupakan material kimia yang mempunyai sifat sulit terurai secara alami. Karena sifatnya yang sulit terurai secara alami, *styrofoam* dianggap sebagai limbah masyarakat. Pemanfaatan limbah *styrofoam* harus dieksplorasi untuk kebutuhan yang memiliki fungsi lebih tinggi agar *styrofoam* tidak lagi menjadi limbah yang merugikan melainkan menjadi sesuatu yang bermanfaat bagi masyarakat. Pada penelitian ini, limbah

styrofoam akan dimanfaatkan sebagai material pembuat perangkat telekomunikasi. *Styrofoam* termasuk sebagai kategori material dielektrik alami. Material ini memiliki nilai permitivitas 1,03.

Realisasi material dielektrik artifisial berbahan *styrofoam* dengan permitivitas anisotropis telah dilaporkan oleh A. C. Zahra (2016), realisasi material dielektrik artifisial berbahan *styrofoam* dengan permitivitas anisotropis [1]. Diperoleh hasil nilai permitivitas dari material dielektrik artifisial yang dipasangkan kawat konduktor lebih besar dibandingkan dengan nilai permitivitas dari material dielektrik natural yang tidak dipasangkan kawat konduktor. Terbukti hal

tersebut merupakan cara efektif untuk menaikkan nilai permitivitas. Sehingga terjadi penurunan frekuensi resonansi. Pada penelitian selanjutnya juga dijelaskan bahwa pengaturan ukuran, jumlah, kerapatan dan jarak antara lapisan-lapisan konduktor tersebut telah efektif meningkatkan nilai permitivitas di arah tertentu. Selanjutnya telah dilaporkan juga oleh H. Ludyati (2018), diperoleh hasil bahwa frekuensi yang dihasilkan oleh material dielektrik artifisial lebih rendah dibandingkan frekuensi yang dihasilkan oleh material dielektrik konvensional [2]. Pada penelitian [2], penurunan frekuensi diterapkan pada antena mikrostrip, sedangkan pada penelitian ini penurunan frekuensi diterapkan pada resonator rongga.

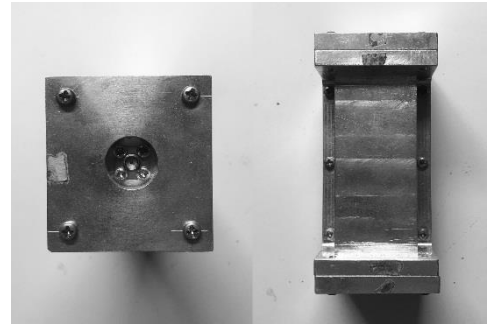
Penelitian ini bertujuan untuk merealisasikan dan menganalisa penurunan frekuensi resonansi resonator rongga *circular* dengan menggunakan material dielektrik konvensional dan artifisial berbahan *styrofoam*. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode memasang kawat-kawat konduktor menembus ke dalam struktur permukaan *styrofoam*.

2. PEMBAHASAN

2.1 RESONATOR RONGGA CIRCULAR

Resonator rongga adalah suatu perangkat telekomunikasi yang digunakan untuk menuntun gelombang elektromagnetik [5]. Resonator rongga dibangun oleh bumbung gelombang yang terbuat dari bahan konduktor sempurna. Yang di dalamnya kosong atau diisi dielektrik seluruhnya atau sebagian yang dihubungkan singkatkan di kedua ujungnya sehingga terjadi gelombang berdiri murni yang pada frekuensi-frekuensi tertentu akan beresonansi.

Resonator rongga sirkular adalah konduktor yang berbentuk tabung. Gelombang yang ditransmisikan melalui resonator rongga sirkular akan memiliki mode *transverse electric* (TE) atau *transverse magnetic* (TM). Pada mode *transverse electric* (TE) atau *transverse magnetic* (TM) digunakan notasi TE_{mn} dan TM_{nm} dimana m dan n merupakan bilangan integer yang menunjukkan banyaknya gelombang berdiri terhadap arah jalar pada saat arah normal.



Gambar 1. Resonator rongga *circular*

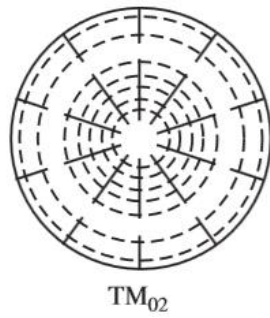
Resonator rongga *circular* direalisasikan menggunakan bahan duralium dengan jari-jari 16,27 mm dan tinggi 100 mm. Penentuan dimensi resonator rongga disesuaikan dengan ketersediaan bahan yang ada di pasaran.

2.2 MATERIAL DIELEKTRIK

Material dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan hampir tidak ada [3]. Material dielektrik merupakan bahan isolator yang baik yang dapat dikutubkan (*polarized*) dengan cara menempatkannya dalam medan listrik. Jadi saat material ini dalam medan listrik, muatan listriknya tidak akan mengalir, tetapi hanya bergeser sedikit dari posisi setimbangnya mengakibatkan terciptanya pengutuban dielektrik. Material dielektrik yang baik yaitu material dielektrik yang memiliki rugi-rugi yang kecil dan kekuatan dielektrik yang tinggi.

Artifisial artinya yaitu buatan atau tidak alami. Material dielektrik artifisial dibuat dengan proses elektro-magnetisasi, yaitu dengan memodifikasi sifat-sifat elektromagnetis dari material dielektrik natural [2]. Tujuannya yaitu adalah untuk mendapatkan nilai permitivitas yang baru. Dengan proses ini, nilai permitivitas material dapat dinaikan atau dapat diubah menjadi nilai permitivitas baru.

Terdapat dua mode gelombang yang dapat menjalar pada resonator rongga yaitu, *transverse electric* (TE) dan *transverse magnetic* (TM) [4]. Resonator rongga biasanya bekerja pada frekuensi tinggi, sehingga digunakan mode gelombang TE dan TM. Berikut ditampilkan gambar pola distribusi gelombang elektromagnetik TM_{02} . [5].



Gambar 2. Pola distribusi gelombang TM_{02}

Mode *Transverse Magnetic* (TM), merupakan mode gelombang yang medan magnetnya tegak lurus terhadap arah propagasi.

Pada penelitian ini *styrofoam* disebut sebagai *host* material. Sejumlah kawat-kawat konduktor tipis dengan diameter tertentu dan ketebalan tertentu akan dipasangkan tegak lurus menembus kedalam permukaan *styrofoam*. Dengan memanfaatkan informasi posisi intensitas medan listrik maksimum dari mode gelombang TM_{02} sehingga permitivitas *styrofoam* menjadi bersifat anisotropik.

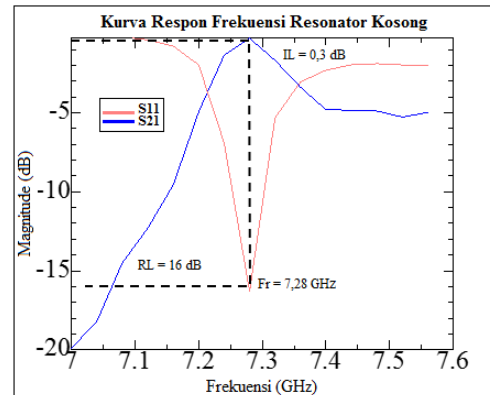


Gambar 3. Material dielektrik konvensional dan artifisial

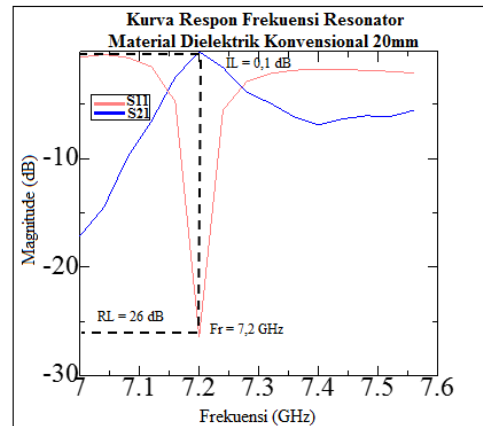
3. HASIL PENGUKURAN

Pada pengujian ini, parameter yang dilihat yaitu frekuensi resonansi, S_{11} *return loss* dan S_{21} *insertion loss*. Pengujian dilakukan menggunakan alat ukur *Network Analyzer ADVANTEST*. Kurva fungsi frekuensi dari resonator kosong, resonator yang disisipi material

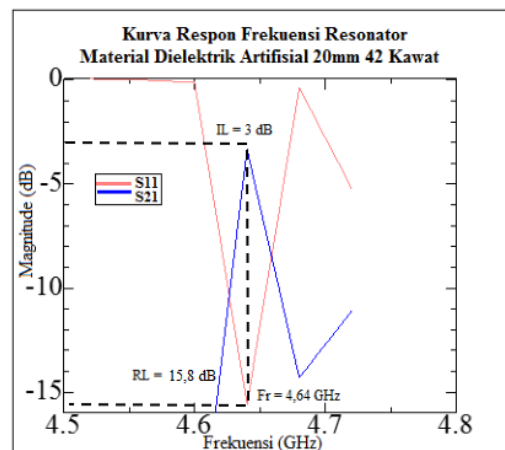
dielektrik konvensional dan resonator yang disisipi material dielektrik artifisial disajikan pada Gambar 4, 5, dan 6.



Gambar 4. Kurva respon frekuensi resonator kosong



Gambar 5. Kurva respon frekuensi resonator material dielektrik konvensional



Gambar 6. Kurva respon frekuensi material dielektrik artifisial

Hasil pengukuran pada resonator kosong yaitu diperoleh frekuensi sebesar 7,28 GHz. Nilai *return loss* yang diperoleh sebesar 16 dB dan nilai *insertion loss* sebesar 0,3 dB. Selanjutnya dilakukan proses pengukuran resonator yang disisipi material dielektrik konvensional *styrofoam* dengan ketebalan 20 mm. Diperoleh frekuensi sebesar 7,2 GHz dengan nilai *return loss* 26 dB dan nilai *insertion loss* 0,1 dB. Frekuensi turun sebesar 1% dari frekuensi resonator kosong. Selanjutnya dilakukan pengukuran untuk resonator yang disisipi material dielektrik artifisial dengan ketebalan *styrofoam* 20 mm dan jumlah kawat konduktor sebanyak 42 kawat. Frekuensi yang diperoleh yaitu sebesar 4,64 GHz. Penurunan rekuensi berhasil mencapai 36% terhadap resonator kosong dengan nilai *return loss* sebesar 15 dB dan nilai *insertion loss* 3 dB.

Perhitungan untuk mendapatkan permitivitas pada material dielektrik artifisial *styrofoam* dibandingkan dengan material dielektrik konvensional *styrofoam*. Perhitungan dilakukan dengan membandingkan frekuensi resonansi artifisial dan konvensional. Nilai permeabilitas untuk material dielektrik konvensional maupun material dielektrik artifisial bernilai 1 karena material yang digunakan bersifat dielektrik. Sehingga tidak merubah nilai permeabilitasnya. Berikut rumus untuk menghitung nilai permitivitas dari material dielektrik artifisial berbahan *styrofoam* yang telah diperoleh.

Material Dielektrik Artifisial 20 mm 42 Kawat Konduktor

$$\frac{f_{r \text{ konvensional}}}{f_{r \text{ artifisial } 42}} = \frac{\sqrt{\epsilon_{r \text{ artifisial } 42}}}{\sqrt{\epsilon_{r \text{ konvensional}}}}$$

$$\frac{7,2 \text{ GHz}}{4,64 \text{ GHz}} = \frac{\sqrt{\epsilon_{r \text{ artifisial } 42}}}{\sqrt{1,03}}$$

$$\sqrt{\epsilon_{r \text{ artifisial } 42}} = \frac{7,2 \text{ GHz}}{4,64 \text{ GHz}} \sqrt{1,03}$$

$$\sqrt{\epsilon_{r \text{ artifisial } 42}} = 1,57$$

$$\epsilon_{r \text{ artifisial } 42} = 2,48$$

Kelebihan dari penelitian ini yaitu dapat memanfaatkan limbah *styrofoam* sebagai alat pembuat perangkat telekomunikasi. Dengan

harganya yang ekonomis, *styrofoam* dapat digunakan untuk menurunkan frekuensi resonator dengan metode artifisial yang dapat meningkatkan nilai permitivitas material dielektrik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Resonator yang disisipi material dielektrik artifisial dengan ketebalan 20 mm dan jumlah kawat konduktor sebanyak 42 kawat berhasil menurunkan frekuensi resonator kosong sebesar 36%, atau frekuensi resonator kosong turun sebesar 2,64 GHz, yaitu dari 7,28 GHz menjadi 4,64 GHz.
2. Peningkatan nilai permitivitas dilakukan dengan metode memasang kawat-kawat konduktor menembus ke dalam struktur *styrofoam*. Pemasangan kawat-kawat konduktor ini mengacu pada sebaran medan listrik mode gelombang TM_{02} .
3. Material dielektrik *styrofoam* yang dipasangkan kawat-kawat konduktor berhasil menurunkan frekuensi resonator lebih besar dibandingkan material dielektrik *styrofoam* yang tidak dipasangkan kawat-kawat konduktor.
4. Nilai permitivitas *styrofoam* berhasil ditingkatkan dari nilai semua 1,03 menjadi 2,48.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Bandung yang telah memfasilitasi proses pengukuran pada penelitian ini.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. C. Zahra, "Realisasi Antena Mikrostrip Lingkaran Pada Material Dielektrik Artifisial Berbahan Styrofoam Dengan Permitivitas Anisotropis Di Arah Z," in *Politeknik Negeri Bandung*, Bandung, 2016.
- [2] H. Ludyati, "Material Dielektrik Artifisial Sirkular Dengan Permitivitas

- Anisotropik dan Penerapannya pada Antena Mikrostrip," in *Institut Teknologi Bandung*, Bandung, 2018.
- [3] D. Sartika, "Apa itu "BAHAN DIELEKTRIK"," web.unair.ac.id, 2011.
- [4] C. A. Balanis, *Circular Cross-Section Waveguides and Cavities*, United States: Advanced Engineering Electromagnetics, 1989.
- [5] S. Y. Liao, "Microwave Waveguide and Components 3rd Version," in *Microwave Devices and Circuits*, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1990, pp. 102-141.