

Analisa Karakteristik Resonator Rongga *Circular* Menggunakan Material Dielektrik Artifisial *Floral Foam*

Frieta Rizki Andhita¹, Regina Aprilia Maharani Yusuf², Muhammad Hilman Maulana³, Hepi Ludyati⁴

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung 40012
E-mail : frieta.andhita@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung 40012
E-mail : reginaapriliamaharani@gmail.com

³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung 40012
E-mail : hilmanmaulanamuhammad@gmail.com

⁴Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung 40012
E-mail : hepi.ludyati@polban.ac.id

ABSTRAK

Keberadaan material elektromagnetik di dalam resonator rongga dapat memengaruhi nilai frekuensi resonansi. Material elektromagnetik yang dapat digunakan di antaranya material dielektrik alami *floral foam*. *Floral foam* dapat menurunkan frekuensi resonansi apabila memiliki nilai permitivitas yang tinggi. Untuk meningkatkan nilai permitivitas maka sifat elektromagnetis *floral foam* akan diganggu dengan cara menambahkan kawat-kawat konduktor sesuai dengan informasi sebaran magnitudo medan listrik maksimum dari suatu mode gelombang elektromagnetik *Transverse Magnetic* atau disingkat TM. Selain dapat meningkatkan nilai permitivitas, penambahan kawat-kawat konduktor ke dalam dielektrik alami dapat memperkecil diameter resonator rongga. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dua buah resonator yang berbeda dimensi namun memiliki frekuensi kerja yang sama. Metode *Transverse Magnetic* yang digunakan adalah mode gelombang TM_{01} . Hasil implementasi menunjukkan bahwa resonator rongga dengan perbedaan jari-jari sebesar 31,4% dapat memiliki frekuensi kerja yang sama. Resonator rongga yang disisipi material dielektrik alami memiliki jari-jari sebesar 26mm sedangkan resonator rongga yang disisipi material dielektrik artifisial memiliki jari-jari sepanjang 17,8mm. Kedua resonator ini bekerja pada frekuensi 5,2 GHz.

Kata Kunci

Resonator rongga, floral foam, transverse magnetic TM_{01} , material dielektrik artifisial, miniaturisasi.

1. PENDAHULUAN

Floral foam merupakan material yang biasa digunakan untuk menancapkan bunga plastik yang kemudian dirangkai sebagai hiasan dan karangan bunga. *Floral foam* sebenarnya termasuk kedalam kategori material dielektrik alami yang mana dapat dimanfaatkan untuk mendukung suatu teknologi. Pada perangkat-perangkat telekomunikasi yang didesain dalam bentuk bidang datar, material dielektrik alami umumnya digunakan sebagai isolasi antara elemen aktif dengan *ground plane*, seperti misalnya pada antena mikrostrip. Material dielektrik alami digunakan sebagai substrat yang mengisolasi elemen peradiasi dan *ground plane*. Penggunaan lain dari material dielektrik alami adalah pada resonator rongga.

Selain dapat mempengaruhi frekuensi kerja resonator rongga, material dielektrik juga dapat mempengaruhi dimensi resonator. Material dielektrik yang disisipkan di dalam resonator rongga dapat mengurangi panjang gelombang elektromagnetik yang melewatinya. Untuk mencapai tujuan ini, dibutuhkan material dielektrik yang memiliki permitivitas tinggi. Sifat elektromagnetis dari material dielektrik alami diganggu untuk meningkatkan nilai permitivitas dari material tersebut. Untuk mendapatkan nilai ekonomis, material dielektrik alami yang digunakan adalah *floral foam*.

Salah satu metode untuk meningkatkan permitivitas telah dilakukan oleh tim peneliti dari Jepang dengan cara menambahkan konduktor tipis ke material dielektrik alami, penambahan kawat ini dilakukan di arah

propagasi gelombang elektromagnetik. Karena penelitian ini menggunakan bumbung gelombang lingkaran maka sifat permitivitas ini berbasis sistem koordinat silinder [1]. Material dielektrik artifisial dengan permitivitas anisotropis pada sistem koordinat silinder memiliki permitivitas dengan nilai yang berbeda di setiap axis koordinat silinder, yaitu pada arah ρ , ϕ dan z , permitivitas anisotropis ini disimbolkan dengan $\epsilon\rho$, $\epsilon\phi$ dan ϵz . Secara teori, terbukti bahwa permitivitas pada mode TM di arah z memiliki pengaruh paling besar terhadap frekuensi resonansi pada resonator rongga [2]. Teori tersebut dibuktikan secara komputasi numerik menggunakan algoritma *Finite Difference Time Domain* (FDTD). Penggunaan metode FDTD ini digunakan untuk menganalisis frekuensi resonansi dari resonator rongga silinder yang disisipi material dielektrik artifisial dengan cara memecah domain waktu dan domain ruang. Melalui algoritma ini pula terbukti bahwa pada sistem koordinat silinder mode TM diarah z dapat secara efektif menaikkan nilai permitivitas [3].

Penambahan kawat-kawat konduktor pada mode listrik maksimum dari mode gelombang TM pada perealisasi Resonator Bumbung Gelombang Silikuler pada frekuensi 4,3 GHz. Pada penelitian ini terbukti bahwa penambahan kawat-kawat konduktor pada mode gelombang TM dapat menaikkan nilai permitivitas lebih besar dibandingkan dengan penelitian sebelumnya [4]. Penelitian lainnya, yaitu perealisasi antenna mikrostrip *patch* lingkaran dengan dimensi berbeda namun memiliki frekuensi kerja yang sama yaitu pada frekuensi 1800 MHz. Dari hasil penelitian tersebut, terbukti bahwa antenna mikrostrip *patch* lingkaran menggunakan material dielektrik artifisial berbahan dasar *floral foam* memiliki dimensi antenna 15,43% lebih kecil dari antenna mikrostrip material dielektrik alami [5].

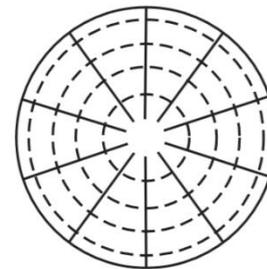
Berdasarkan uraian tersebut, dalam penelitian ini diajukan implementasi dan analisa karakteristik dari dua buah resonator rongga yang berbeda ukuran jari-jari namun memiliki frekuensi kerja yang sama. Model material, desain resonator, hasil simulasi dan pengukuran dibahas pada artikel ini.

2. DESAIN MATERIAL

Material dielektrik merupakan suatu bahan yang apabila diberikan medan listrik maka

muatan listriknya tidak akan bergerak bebas dan memiliki daya hantar arus yang terbatas atau bahkan tidak ada. Sifat dielektrik ini sama dengan sifat konduktor dalam dimensi yang terbatas. Sifat dielektrik ini berhubungan dengan polarisasi. Polarisasi merupakan pergerakan muatan listrik yang tidak bebas pada material dielektrik sebagai respon terhadap medan listrik yang diberikan. Polarisasi ini berbanding lurus dengan medan listrik dan permitivitas. Material dielektrik artifisial merupakan istilah untuk material buatan pada material elektromagnetik. Material ini dibuat melalui proses elektromagnetik tanpa proses kimiawi [6] Melalui proses elektromagnetik, dielektrik artifisial memiliki sifat-sifat baru dan berbeda dengan material dielektrik alaminya, sifat-sifat itu dapat berupa nilai permitivitas dan permiabilitas. Beberapa cara yang telah dilakukan untuk pembuatan material dielektrik artifisial di antaranya dengan cara melakukan proses *etching* pada material dielektrik alami, dan dengan cara menambahkan kawat-kawat konduktor ke material dielektrik alami.

Pada resonator rongga, perambatan energi listrik di sepanjang saluran dibentuk dalam medan elektromagnetik transversal, dimana arah perambatan gelombang tegak lurus terhadap perpindahannya. Tipe perambatan ini dibedakan menjadi dua, yaitu mode *Transverse Electric* (TE) dan mode *Transverse Magnetic* (TM) [7]. Dalam mode *Transverse Magnetic* (TM), medan magnet melintang ke arah propagasi (sumbu z), yang berarti $H_z = 0$, dan $E_z \neq 0$. Nilai E_z tidak boleh bernilai 0 karena resonator rongga membutuhkan energi untuk bertransmisi [4]. Pola distribusi gelombang TM_{01} dapat dilihat pada gambar 1 berikut,



Gambar 1 Pola distribusi mode TM_{01} [7]

pada penelitian ini metoda yang digunakan untuk pembuatan material dielektrik artifisial yaitu dengan cara menambahkan kawat-kawat konduktor tegak lurus permukaan *host material* berupa *floral foam*. Penambahan

kawat ini mengacu pada letak intensitas medan listrik tepatnya pada mode gelombang TM_{01} . Mode gelombang ini dipilih karena memiliki desain yang mudah diimplementasikan pada *floral foam* yang bertekstur rapuh.

3. DESAIN RESONATOR RONGGA

Bambung gelombang merupakan saluran transmisi yang terbuat dari konduktor dan digunakan untuk gelombang elektromagnetik berfrekuensi tinggi. Bundung gelombang dapat menghasilkan gelombang berjalan apabila penampang pengirim dan penerima sesuai. Proses transmisi ini akan menimbulkan pantulan di dalam bundung gelombang, pantulan-pantulan yang terjadi akan menghasilkan gelombang berjalan. Bundung gelombang lingkaran memiliki kemampuan yang lebih tinggi dan digunakan dalam komunikasi *link lowloss* jarak jauh [8]. Resonator merupakan bundung gelombang yang kedua penampangnya di hubung singkat dengan cara ditutup konduktor. Rongga dari resonator biasanya hanya berisikan udara, pada penelitian ini material dielektrik alami dan material dielektrik artifisial akan disisipkan kedalam resonator rongga. Penyisipan material dielektrik ini bertujuan untuk menurunkan frekuensi resonansi.

Struktur fisik dari resonator rongga yang disisipi material dielektrik alami dan artifisial masing-masing diperlihatkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Dari gambar ini terlihat perbedaan antara resonator rongga konvensional dan artifisial, yaitu pada jari-jari resonator rongga dan pada material dielektrik yang disisipkan. Pada resonator rongga artifisial terdapat kawat-kawat konduktor yang dipasangkan menembus permukaan *floral foam*. Resonator rongga dan artifisial diimplementasikan menggunakan beberapa material, yaitu:

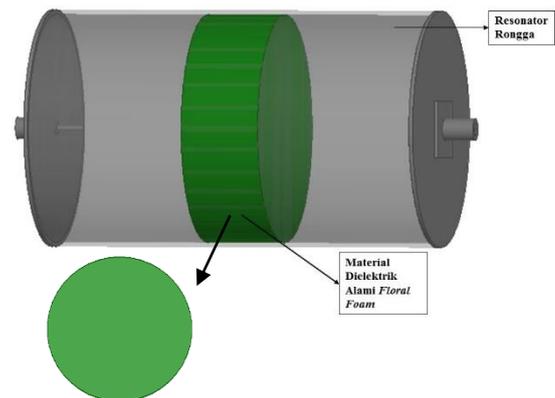
- Duralium Seri 7 sebagai bahan pembuat resonator rongga yang berfungsi sebagai saluran transmisi
- *Host material floral foam* dengan ketebalan 30mm yang berfungsi untuk menurunkan frekuensi resonansi resonator
- Untuk artifisial, *floral foam* digunakan kawat-kawat konduktor dengan diameter 1mm.

Persamaan (1) dapat digunakan untuk menghitung jari-jari resonator rongga [7].

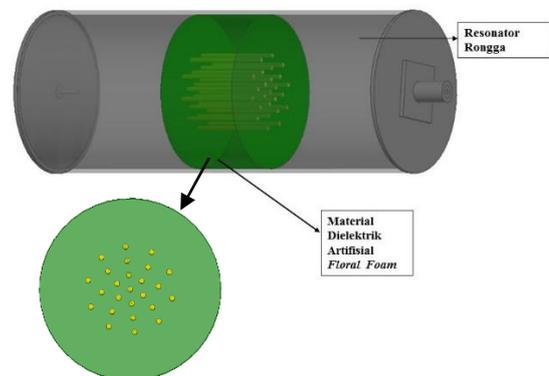
$$a = \frac{X_{mn}}{2\pi \cdot fc \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (1)$$

dengan:

X_{mn} menggunakan $X_{01}=2,405$ untuk mode gelombang TM_{01} .



Gambar 2 Struktur fisik resonator rongga konvensional

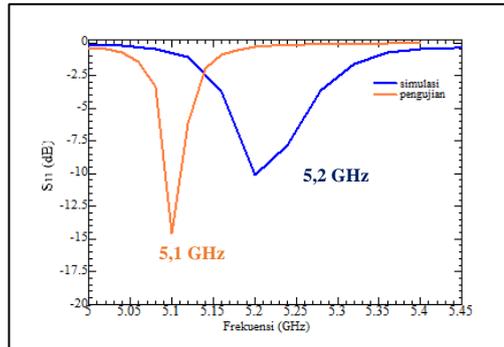


Gambar 3 Struktur fisik resonator rongga artifisial

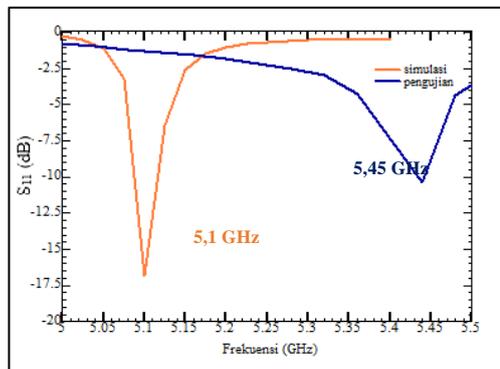
4. SIMULASI DAN HASIL PENGUKURAN

Pada pengujian ini, grafik S_{11} fungsi frekuensi untuk resonator rongga konvensional dan artifisial telah disimulasikan menggunakan *High Frequency Structure Simulator* (HFSS) dan diukur menggunakan *Vector Network Analyzer*. Dari kurva S_{11} ini parameter yang didapat berupa nilai frekuensi kerja dan nilai dari *return loss*. *Return Loss* merupakan perbandingan daya yang dipantulkan dengan daya yang ditransmisikan. *Return loss* yang baik memiliki nilai ≥ 10 dB.

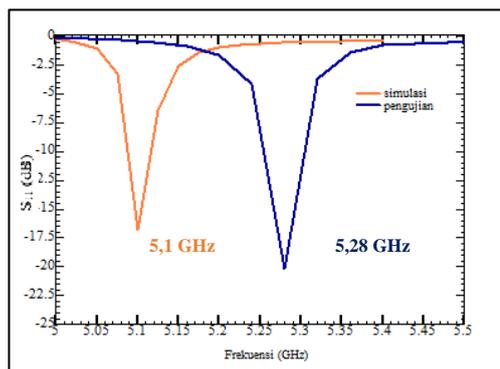
Kurva S_{11} fungsi frekuensi resonator rongga konvensional dan resonator rongga artifisial disajikan pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6.



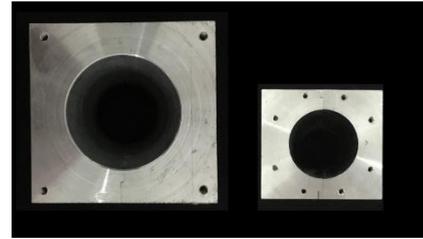
Gambar 4 Kurva S_{11} Fungsi Frekuensi Resonator Rongga Konvensional



Gambar 5 Kurva S_{11} Fungsi Frekuensi Resonator Rongga Artifisial ketebalan 40mm



Gambar 6 Kurva S_{11} Fungsi Frekuensi Resonator Rongga Artifisial ketebalan 41mm



Gambar 7 Perbandingan diameter resonator rongga konvensional dengan artifisial

Untuk mendapatkan frekuensi 5,2 GHz resonator rongga konvensional membutuhkan jari-jari sepanjang 26mm dan disisipi material dielektrik alami dengan ketebalan 30mm Sedangkan resonator rongga artifisial membutuhkan jari-jari sebesar 17.8mm, resonator rongga artifisial ini telah disisipi material dielektrik artifisial dengan ketebalan 41mm dengan kawat konduktor berdiameter 1mm sebanyak 25 kawat. Dengan demikian, penggunaan material dielektrik yang telah ditambahkan kawat-kawat konduktor telah berhasil memperkecil dimensi resonator rongga konvensional sebesar 31,4%.

Terjadi pergeseran frekuensi kerja dari hasil simulasi dengan hasil pengukuran, hal ini karena pada simulasi jarak antar kawat yang disisipkan ke material dielektrik *floral foam* memiliki tingkat kepresisian yang tinggi. Berbeda dengan implementasi material dielektrik artifisial yang sudah dilakukan, pembentukan *floral foam* dilakukan secara manual, begitu pula penempatan kawat-kawat konduktor yang digunakan.

Keuntungan dari miniaturisasi ini, pembuatan resonator rongga menjadi lebih ekonomis karena bahan yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit dan dapat memanfaatkan *floral foam* di bidang teknologi. Keuntungan lainnya yaitu pada parameter *return loss* dimana resonator rongga artifisial memiliki nilai *return loss* yang lebih tinggi yaitu senilai 20,123 dB sedangkan resonator rongga konvensional memiliki nilai *return loss* yang lebih kecil yaitu sebesar 10,097 dB. Dari gambar 7 dapat dilihat perbedaan dimensi resonator rongga konvensional dan resonator rongga artifisial.

5. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, miniaturisasi dimensi resonator rongga telah berhasil dilakukan dengan presentase 31,4%. Dari hasil pengukuran telah menunjukkan bahwa kedua resonator memiliki frekuensi kerja pada 5,2GHz. Dari hasil ini, material dielektrik artifisial dapat digunakan untuk membuat resonator rongga dan perangkat telekomunikasi lain dengan dimensi yang lebih kecil dengan karakteristik *return loss* yang lebih baik. Sedangkan material dielektrik *floral foam* tidak cocok digunakan dalam

dimensi kecil karena proses penambahan kawat menjadi sulit dan tidak presisi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ucapkan terimakasih kepada Direktorat Jendral Pembelajaran dan Kemahasiswaan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (KEMENRISTEKDIKTI) yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Kreativitas Mahasiswa BELMAWA.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Awai, H. Kubo, t. iribe, d. wakarniya and a. sanada, "an Artificial Dielectric Material of Huge Permittivity with Novel Anisotropy and its Application to a Microwave BPF".
- [2] "Theoretical Analysis of Resonant Frequency for Anisotropic Artificial Circular Dielectric Resonator Encapsulated in Waveguide," *IJEEE*, vol. 9, pp. 259-270, 2017.
- [3] H. Ludyati, A. B. Suksmono and A. Munir, "FDTD Method for Property Analysis of Waveguide Loaded Artificial Circular Dielectric Resonator with Anisotropic Permittivity," in *PIERS Proceedings*, Shanghai, 2016.
- [4] Afifah, "'Perancangan dan Realisasi Resonator rongga Sirkular yang Disisipi Material Dielektrik Artifisial Berbahan Styrofoam pada Frekuensi 4.3 GHz," in *Politeknik Negeri Bandung*, Bandung, 2017.
- [5] R. A. Nurinda, "Realisasi Antena Mikrostrip Lingkaran 1 Elemen Menggunakan Purwarupa Material ELEktromagnetik Inovatif Berbahan Dasar *Floral foam* dan Styrofoam dengan Mode TM01 dan TM11 pada Frekuensi 1800MHz," in *Politeknik Negeri Bandung*, Bandung, 2018.
- [6] H. Ludyati, A. B. Suksmono and A. Munir, "Basic Theory of Artificial Circular Resonator Encapsulated in a Circular Waveguide and Its Theoretical Analysis," Bandung, 2013.
- [7] C. A. Balanis, "Circular Cross-Section Waveguides and Cavitie," in *Advance Engineering Electromagnetics*, United States, Wiley, 2012, pp. 483-548.
- [8] R. H. Basuki, H. Ludyati and A. Munir, "Artificial Circular Dielectric Resonator with Resonant Mode Selectability," in *IEEE*, 2012.