

PERBAIKAN GAIN DAN BANDWIDTH ANTENA MIKROSTRIP BERSTRUKTUR SPIRAL RESONATOR (SR) SEBAGAI INKLUSI MAGNETIK TIRUAN

Mochamad Yunus¹, Fitri Yuli Zulkifli², Eko Tjipto Rahardjo³

^{1,2,3} Antenna and Microwave Research Group, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
email¹ : mochyunus@yahoo.com, email² yuli@eng.ui.ac.id, email³ eko@eng.ui.ac.id

Abstract – Miu Negative material (MNG) that structured by Spiral Resonator (SR) has permittivity relatively constant at the broadband and high permeability (positive or negative value) at the around of resonance frequency which utilize to increase electrical aperture, suppress surface wave, improve gain and bandwidth. On the other hand, feeding system by using electro-magnetically coupled (EMC) can reduce undesired radiation and improve bandwidth without additional matching circuit. In this paper will be designed microstrip antenna that was shapped by model 1 configured SR through CST simulation. This configuration give dimensional reduction between 64% to the conventional microstrip antenna with gain and bandwidth improvements from 2,33dB to 2,55dB and from 29MHz to 33MHz respectively

Keyword – Microstrip Antenna, Spiral Resonator (SR), Artificial Magnetic Inclusion

Abstrak – Material Miu Negatif (MNG) berstruktur Spiral Resonator (SR) mempunyai nilai permitivitas relatif konstan pada sebagian besar daerah frekuensi, dan memiliki nilai permeabilitas tinggi (positif atau negatif) pada daerah frekuensi tertentu bermanfaat untuk memperbesar *electrical aperture*, menekan gelombang permukaan, memperbaiki gain dan bandwidth. Di sisi lain, sistem pencatutan dengan menggunakan *electro-magnetically coupled* (EMC) dapat mengurangi radiasi yang tidak diinginkan dan memperbaiki bandwidth tanpa rangkaian matching tambahan. Pada makalah ini dirancang antenna mikrostrip berstruktur SR konfigurasi model 1 sebagai inklusi magnetik tiruan melalui simulasi CST. Konfigurasi ini mampu mereduksi dimensi antara 64 % terhadap antenna mikrostrip konvensional dengan gain naik dari 2,33 dB menjadi 2,55 dB dan penambahan bandwidth dari 29 MHz menjadi 33MHz.

Kata kunci – Antena mikrostrip , Spiral Resonator (SR), Inklusi Magnetik Tiruan (MNG)

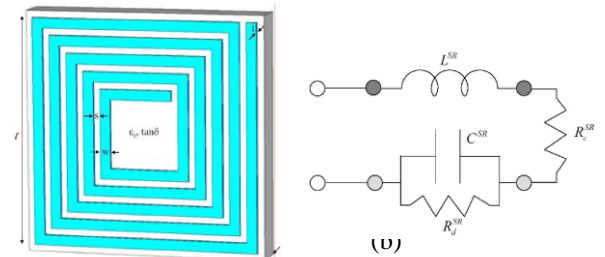
I. PENDAHULUAN

Dalam upaya memperbaiki *gain* dan *bandwidth* antenna mikrostrip yang disebabkan oleh reduksi dimensi dengan mengacu pada konsep-konsep teoritis, banyak penelitian telah dilakukan melalui desain dan simulasi berbagai bentuk dan konfigurasi antenna mikrostrip menggunakan metamaterial dengan sifat *Double Negative* (DNG), *Epsilon Negative* (ENG), dan *Miu Negative* (MNG). Banyak desain dan simulasi antenna mikrostrip menggunakan metamaterial magnetik tiruan (MNG) yang mampu mereduksi dimensi hingga $\lambda/250$ [1]–[2], namun berdampak pada penurunan parameter antenna, di antaranya gain dan efisiensi menurun,

bandwidth menyempit serta degradasi pola radiasi [3]–[9]. MNG berstruktur SR mempunyai nilai permitivitas relatif konstan pada sebagian besar daerah frekuensi, memiliki nilai permeabilitas tinggi (positif atau negatif) pada daerah frekuensi tertentu, dan bersifat tidak menyerap gelombang. MNG dengan struktur SR dapat memperbesar *electrical aperture*, menekan gelombang permukaan, memperbaiki *gain* dan *bandwidth*. Di sisi lain, sistem pencatutan dengan menggunakan *electro-magnetically coupled* (EMC) dapat mengurangi radiasi yang tidak diinginkan dan memperbaiki bandwidth tanpa rangkaian matching tambahan [11]. Dalam makalah ini diusulkan konfigurasi antenna mikrostrip berstruktur SR *multi-patch* pencatutan EMC.

II. SR PATCH TUNGGAL SEBAGAI INKLUSI MAGNETIK TIRUAN

Bentuk struktur dan rangkaian ekivalen unit sel SR ditunjukkan pada Gambar 1. Secara analitis besaran kapasitansi dan induktansi SR dapat dihitung dengan persamaan (1) – persamaan (10) [1].



Gambar 1 (a) Unit Cell SR; (b) Rangkaian Ekivalen

$$L_{SR} = \frac{\mu_0}{2\pi} l_{avg}^{SR} \left[\frac{1}{2} + \ln \left(\frac{l_{avg}^{SR}}{2w} \right) \right] \quad (1)$$

Di mana :

$$l_{avg}^{SR} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N l_n = \frac{4Nl - [2N(1+N) - 3](s+w)}{N} \quad (2)$$

$$C_{SR} = \sum_{n=1}^{N-1} C_{n,(n+1)}^t \quad (3)$$

Di mana $C_{n,(n+1)}^t$ adalah kapasitansi terdistribusi antara putaran ke n dan $n+1$, dan dapat dinyatakan dalam kapasitansi per satuan panjang C_0 sebagai berikut :

$$C_{n,(n+1)}^t = l_n^{gap} C_0 \quad (4)$$

$$C_0 = \varepsilon_0 \frac{K(\sqrt{1-k^2})}{K(k)} \quad (5)$$

$$l_n^{gap} = \begin{cases} 0 & n = 1 \\ \frac{l_n + l_{n+1}}{2} = 4[l - (n + \frac{1}{2})(w + s)] & n > 1 \end{cases} \quad (6)$$

$$l_n = \begin{cases} 4l - (w + s) & n = 1 \\ 4[l - n(w + s)] & n > 1 \end{cases} \quad (7)$$

$$k = \frac{s}{2w + s} \quad (8)$$

Di mana : $K(\bullet)$ = Integral Elip lengkap jenis pertama

Selanjutnya diperhitungkan faktor koreksi empiris c_f karena adanya interaksi gandeng antara putaran yang tidak berdekatan dalam menghitung C_{SR} . Faktor koreksi ini meningkatkan nilai kapasitansi total jika jumlah putaran per satuan panjang bertambah. Dengan menambahkan faktor koreksi tersebut yang dinyatakan :

$$c_f = \frac{l}{16(w + s)} \frac{N^2}{N^2 + 1} \quad (9)$$

kedalam formulasi C_{SR} , sehingga :

$$C_{SR} = C_0 \frac{l}{4(w + s)} \frac{N^2}{N^2 + 1} \sum_{n=1}^{N-1} [l - (n + \frac{1}{2})(w + s)] \quad (10)$$

K = Integral Elip derajat pertama

N = jumlah putaran spiral

l = panjang sisi putaran luar

w = lebar strip

s = lebar *gap* antara dua putaran yang berdekatan

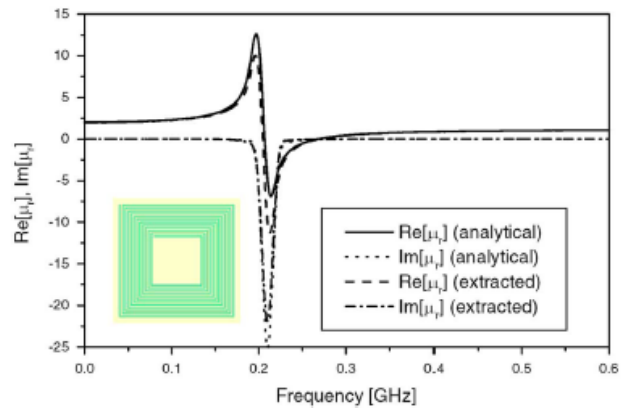
Fungsi permeabilitas inklusi magnetik tiruan yang berstruktur SR dapat diformulasikan dengan menggunakan persamaan Clausius–Mosotti [2] berikut

$$\mu_{eff} = \mu_0 \left(1 + \frac{n\alpha_{mm}}{1 - \frac{n\alpha_{mm}}{3}} \right) \quad (11)$$

$$\alpha_{mm} = -j\omega\mu_0 \frac{l^2}{Z_{eff}} \quad (12)$$

$$Z_{eff} = R_c^{SR} + \frac{R_d^{SR}}{1 + \omega^2 (C_{SR} R_d^{SR})^2} + j\omega \left[L_{SR} - C_{SR} \frac{(R_d^{SR})^2}{1 + \omega^2 (C_{SR} R_d^{SR})^2} \right] \quad (13)$$

Untuk memberikan gambaran secara grafis dari formulasi tersebut, diberikan parameter–parameter data yang diperlukan sebagai berikut : $N = 12$, $l = 8$ mm, $w = 0,1$ mm, $s = 0,1$ mm, $t = 0,03$ mm, $h = 0,2$ mm, $\varepsilon_r = 3,85$, $\tan \delta = 0,01$,

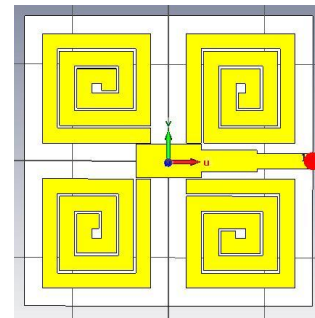


Gambar 2 μ vs Frek

Pada Gambar 2 di atas terlihat bahwa permeabilitas secara analitis berharga negatif untuk daerah frekuensi 215 MHz – 260 MHz baik bagian nyata (*real*) maupun imajiner.

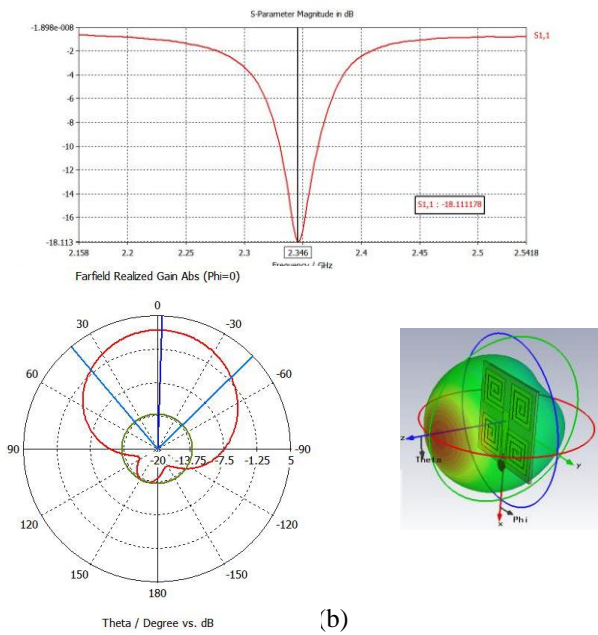
III. DESAIN DAN SIMULASI SR MULTI-PATCH PENCATUAN EMC

Untuk memperbaiki *gain* dan *bandwidth*, digunakan desain usulan konfigurasi SR *multi-patch* pencatuan EMC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Konsekuensi desain tersebut menambah dimensi *ground plane* menjadi 60x60mm, sedangkan dimensi satu sel SR tidak berubah dari sebelumnya. Sementara dimensi *feeder* terdiri dari *patch* berdimensi 13,6x7mm dengan *gap* terhadap ujung SR=0,2mm; 11,6x4,5mm ; 11,6x3,1mm.

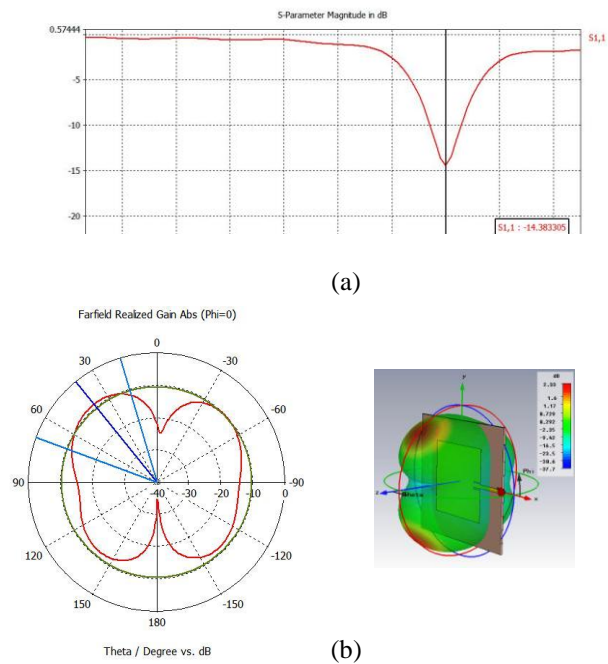


Gambar 6 Usulan Konfigurasi SR 4–Patch

Hasil simulasi S_{11} , pola medan jauh ditunjukkan Gambar 7 berikut. Gambar 7 (a) menunjukkan S_{11} yang diperoleh sebesar $-18,11$ dB pada frekuensi 2346 MHz dengan *bandwidth* sebesar 33 MHz dan Gambar 7 (b) menunjukkan *gain* yang diperoleh sebesar 2,55 dB serta efisiensi radiasi = $-4,51$ dB. Pola medan jauh menghasilkan *main lobe magnitude* sebesar 2,3 dB pada $\Theta = -2^0$, *beamwidth* = 86^0 (3 dB) dan *side lobe level* = -16 dB.



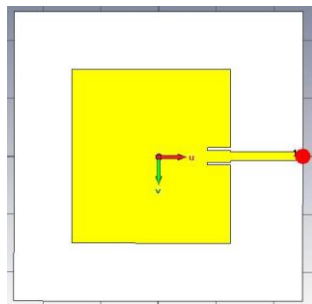
Gambar 7 (a) S_{11} dan (b) Medan Jauh SR 4-Patch



Gambar 9 (a) S_{11} dan (b) Medan Jauh

IV. ANTENA MIKROSTRIP KONVENSIONAL

Untuk mengetahui besaran tingkat reduksi dan perolehan perbaikan *gain* dan *bandwidth*, maka didesain dan disimulasi antenna mikrostrip *patch* biasa (konvensional). Dimensi antenna mikrostrip ditentukan dengan formulasi setengah panjang gelombang yang menghasilkan frekuensi kerja di sekitar 2346 MHz, dan menghasilkan dimensi *ground plane* 100x100mm, dimensi *patch* 60x55mm, dimensi *feeder* 8x4mm dan 25x3,1mm dengan lebar *gap* 1mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8



Gambar 8 Antena Mikrostrip Biasa

Hasil simulasi S_{11} sebesar $-14,4$ dB pada frekuensi 2350 MHz dengan *bandwidth* sebesar 29 MHz ditunjukkan pada Gambar 9 (a). Sedangkan pola medan jauh yang ditunjukkan Gambar 9 (b) menghasilkan *gain* = 2,33 dB serta efisiensi radiasi = $-3,98$ dB, *main lobe magnitude* yang dihasilkan sebesar $-8,9$ dB pada $\theta = -39^\circ$, *beamwidth* = 53° (3 dB) dan *lobe back* = $-1,4$ dB.

V. ANALISIS HASIL SIMULASI

Hasil simulasi di atas memberikan gambaran bahwa :

- Pencatuan dengan EMC memudahkan untuk mendapatkan *matching impedance* tanpa rangkaian *matching* tambahan, dan dapat mengurangi radiasi yang tidak diinginkan.
- Terjadi reduksi dimensi *ground plane* antenna mikrostrip SR *multi-patch* konfigurasi model 1 sebesar 64% terhadap antenna mikrostrip *patch* biasa dengan perbaikan *gain* sebesar 0,22 dB. *Bandwidth* juga mengalami kenaikan sebesar 4 MHz pada daerah frekuensi kerja 2,346–2350 GHz. Dengan mudah perbandingan ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Patch Biasa dan SR 4-Patch Konfigurasi Model 1

	Antena Mikrostrip Patch Biasa	Antena Mikrostrip SR Konfigurasi Model 1
Dimensi (mm)		
<i>Ground Plane</i>	100x100	60x60
<i>Patch</i>	60x55	52x52
Frekuensi (MHz)	2350	2346
S_{11} (dB)	-14,4	-18,11
<i>Bandwidth</i> (MHz) pada $S_{11} = -10$dB	29	33
<i>Gain</i> (dB)	2,33	2,55

VI. KESIMPULAN

- a. Banyak penelitian telah dilakukan melalui desain dan simulasi berbagai bentuk dan konfigurasi antena mikrostrip menggunakan metamaterial dengan sifat *Double Negative* (DNG), *Epsilon Negative* (ENG), dan *Miu Negative* (MNG)
 - b. Dalam makalah ini digunakan material yang memiliki sifat MNG berstruktur SR sebagai inklusi magnetik tiruan karena permitivitasnya relatif konstan dan permeabilitasnya tinggi (positif atau negatif) pada daerah frekuensi tertentu yang dapat memperbesar *electrical aperture*, mengurangi gelombang permukaan, memperbaiki *gain* dan *bandwidth*.
 - c. Pencatutan secara EMC mempermudah untuk mendapatkan *matching impedance* tanpa rangkaian *matching* tambahan dan dapat mengurangi radiasi yang tidak diinginkan.
 - d. Terjadi reduksi dimensi *ground plane* antena mikrostrip struktur SR *multi-patch* konfigurasi model 1 sebesar 64% terhadap antena mikrostrip *patch* biasa dengan perbaikan *gain* sebesar 0,22 dB. *Bandwidth* juga mengalami kenaikan sebesar 4 MHz pada daerah frekuensi kerja 2,346–2350 GHz
7. Reza Azadegan, and Kamal Sarabandi, *A Novel Approach For Miniaturization of Slot Antennas*, IEEE Transactions On Antennas And Propagation, Vol. 51, No. 3, March 2003
 8. Volakis L. John, *Antenna Engineering Handbook*, Mc Graw Hill, Fourth Edition, 2007
 9. Li-Ming Si, Hou-Jun Sun, Yong Yuan, and Xin Lv, *CPW-fed Compact Planar UWB Antenna with Circular Disc and Spiral Split Ring Resonators*, PIERS Proceedings, Beijing, China, March 23-27, 2009
 10. Hari Satriyo B, 2009, *Perancangan dan Implementasi Antena Mikrostrip Annular Ring Menggunakan Catuan Electro-magnetically Coupled (EMC) untuk Antena Wimax*, Jurnal Elektronika, No.1, Vol.9, Januari – Juni 2009.

REFERENSI

1. Filiberto Bilotti, Alessandro Toscano, and Lucio Vegni, *Design Of Spiral And Multiple Split-Ring Resonators For The Realization Of Miniaturized Metamaterial Samples*, IEEE Transactions On Antennas And Propagation, Vol. 55, No. 8, August 2007
2. Filiberto Bilotti, Alessandro Toscano, Lucio Vegni, Koray Aydin, Kamil Boratay Alici, and Ekmel Ozbay, *Equivalent-Circuit Models for the Design of Metamaterials Based on Artificial Magnetic Inclusions*, IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques, Vol. 55, No. 12, December 2007
3. Evren Ekmekci, Kagan Topalli, Tayfun Akin, and Gonul Turhan-Sayan, *A Tunable Multi-Band Metamaterial Design Using Micro-Split SRR Structures*, ©2009 Optical Society of America OCIS codes: (160.3918) Metamaterials; (350.4010) Microwaves; (260.5740) Resonators
4. Sung-Min Sohn, J. Thomas Vaughan, and Anand Gopinath, *An Interdigitated Split Ring Resonator For Low Frequency Metamaterials*, ©2009 3rd International Congress on Advanced Electromagnetic Materials in Microwaves and Optics
5. M.Naghipourfar, and Z.Atlasbaf, *New Dual-Band DNG Metamaterials*, Canadian Journal on Electrical and Electronics Engineering Vol. 2, No. 2, February 2011
6. Li Yang, Mingyan Fan, and Zhenghe Feng, *A Spiral Electromagnetic Bandgap (EBG) Structure And Its Application In Microstrip Antenna Arrays*, Key Lab On Microwave & Digital Communications, Tsinghua University Beijing, 100084, P. R. China, Dec 2005