

Zeroth Order Resonator Antenna Dual Frekuensi Menggunakan Metode Composite Right Left Handed- Transmission Line

Andik Atmaja

Politeknik Kota Malang

Jl. Tlogowaru No 3 Kedungkandang Malang, (0341)754088

andik.atmaja@gmail.com

Abstrak – Pada penelitian ini telah didesain antena dual frequency sebagai perangkat untuk menangkap gelombang radio (RF) pada frekuensi 541 MHz dan 2,4 GHz menggunakan metode Composite Right Left Handed-Transmission Line (CRLH-TL). Metode yang digunakan merupakan pengembangan dari struktur metamaterial dengan menghilangkan atau tidak menggunakan ground stub pada antenna. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan dimensi antenna yang relative kecil. Parameter pengujian antena dual frekuensi ini meliputi return loss, VSWR, dan bandwidth. Nilai parameter return loss antenna pada frekuensi 541.730 MHz sebesar -31.92 dB sedangkan pada frekuensi 2.4207 GHz sebesar -27.86. VSWR hasil pengukuran antenna frekuensi 541.730 MHz memiliki nilai 1.038 sedangkan pada frekuensi 2.420 GHz sebesar 1.115. Pada frekuensi 541.730 MHz memiliki bandwidth sebesar 39.980 MHz, sedangkan pada frekuensi 2.420 GHz memiliki bandwidth sebesar 219.890 MHz.

Kata Kunci: Metamaterial, CRLH-TL, return loss, VSWR

1. Pendahuluan

Penggunaan antenna pada masa sekarang menjadi salahsatu bagian yang tidak terpisahkan dari peralatan telekomunikasi, terutama peralatan *wireless* yang sekarang berkembang pesat saat ini. Peralatan dan perangkat wireless yang berkembang saat ini seperti komunikasi celluler, WIFI, Bluetooth, radio dan televisi tidak lepas dari antenna. Untuk satu perangkat telekomunikasi membutuhkan minimal satu antena, maka jika suatu alat memiliki dua perangkat telekomunikasi maka membutuhkan dua antenna. Untuk menyederhanakan perangkat agar lebih efisien maka digunakan antenna dual frekuensi, sehingga untuk satu antenna dapat bekerja pada dua perangkat yang berbeda.

Antenna dual frekuensi yang dirancang pada penelitian ini bekerja pada frekuensi 541 MHz dan 2,4 GHz. Frekuensi 541 MHz digunakan untuk perangkat televisi dan 2.4 GHz digunakan untuk perangkat WIFI. Antenna dirancang menggunakan metode *Zeroth Order Resonator* dengan pendekatan *Composite Right Left Handed- Transmission Line (CRLH-TL)*.

Metamaterials yang di sebut juga *artificial material* atau *Left Handed material (LH)* merupakan struktur elektromagnetik buatan yang *effectively homogeneous* dengan sifat yang tidak biasa dan tidak tersedia di alam [1], misalkan pada material *Double Negative (DNG)* yang memiliki μ negatif dan ϵ negatif. Dengan merubah beberapa propertis pada sebuah material seperti μ dan ϵ , dapat digunakan untuk merekayasa sifat elektromagnetik, sifat gelombang dan sifat optik bahan. Dengan memanipulasi sifat-sifat tersebut bisa didapatkan

penurunan yang signifikan dari dimensi komponen (*miniaturized*), peningkatan kinerja komponen, atau menghasilkan komponen dengan sifat khusus [1][2].

Perancangan metamaterial dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan yaitu pendekatan resonan dan pendekatan saluran transmisi. Model saluran transmisi yang pertama adalah *Right Handed Transmission lines* (RH TL) yang dimodelkan dalam sebuah unit sel sebagai rangkaian induktor seri(LR) dan kapasitor shunt (CR), yang kedua adalah *Left Handed Transmission Line* (LHTL) dimodelkan dalam sebuah unit sel sebagai rangkaian kapasitor seri (CL) dan induktor shunt (LL). Saluran transmisi CRLH dimodelkan dalam sebuah unit sel sebagai rangkaian kapasitor seri (CL), induktor seri (LR) dan induktor shunt (LL) serta kapasitor shunt (CR). Saluran transmisi CRLH memiliki konstanta propagasi positif, negatif dan nol sesuai dengan karakteristik dari permitivitas efektif dan permeabilitas[1].

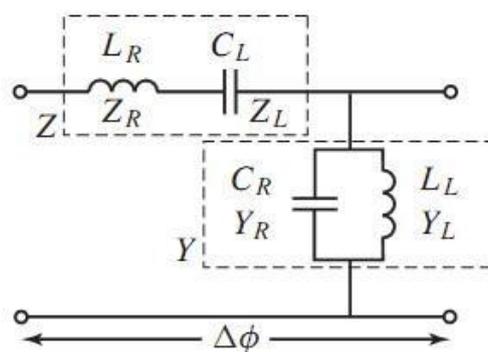
Kelebihan dari *Composite Right-left Handed Transmission Line* (CRLH- TL) adalah strukturnya yang *homogenous* dimana struktur *homogenous* adalah struktur yang rata-rata strukturnya lebih kecil dari panjang gelombang pemandu, selain itu CRLH-TL dapat bekerja pada daerah *broadband* dengan rugi- rugi (*looses*) yang kecil. Dimensi dari struktur sebuah komponen dapat didesign hingga $\frac{1}{4} \lambda$, sehingga memungkinkan *miniaturized* pada struktur CRLH [3][4].

2. Metode Penelitian

2.1. Composite Right-Left Handed Transmission Line (CRLH-TL)

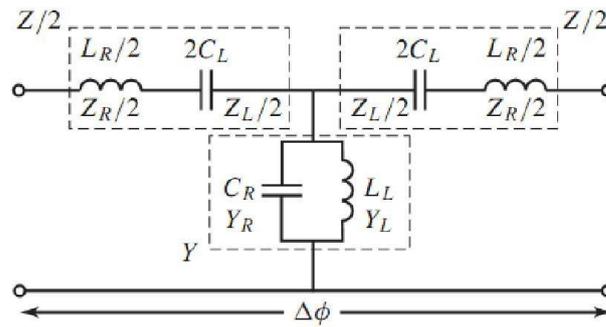
Composite Right-Left Handed Transmission Line (CRLH-TL) adalah salah satu pendekatan yang digunakan dalam mendesign sebuah metamaterial. Karena MTMs adalah struktur yang *effectively homogenous*, maka MTMs pada dasarnya dapat dimodelkan oleh satu dimensi (1D) jalur transmisi, yang arah propagasinya mewakili setiap arah dalam material [1]. Rangkaian CRLH-TL merupakan gabungan antara RH-TL dan LH-TL, dalam sebuah unit sel CRLH terdiri dari rangkaian kapasitor seri (CL), induktor seri(LR) dan induktor shunt (LL) serta kapasitor shunt (CR)[6].

Penggambaran tentang metode *Composite Right-left Handed Transmission Line* (CRLH-TL) dapat dijelaskan sesuai Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian asymetris CRLH-TL [1]

Rangkaian CRLH dibagi menjadi 2 yaitu *asymmetric* dan *symmetric* unit cell. Pada Gambar 1 diatas adalah rangkaian CRLH *asymmetric*. Untuk rangkaian CRLH *symmetric* terdiri dari bentuk T(*T-shape*) dan bentuk phi (*π -shape*) [6]. Rangkaian *symmetric* bentuk T merupakan pengembangan dari rangkaian CRLH *asymmetric* seperti ditunjukkan pada Gambar 2

Gambar 2. Rangkaian *symmetris* CRLH-TL T-shape [1]

Rangkaian dasar CRLH TL seperti pada Gambar 2 terdiri dari rangkaian seri (impedansi, Z) dan rangkaian *shunt* (admitansi, Y), rangkaian seri terdiri dari *Right handed inductor* (L_R) dan *left handed capacitor* (C_L) sedangkan pada rangkaian *shunt* terdiri dari *right handed capacitor* (C_R) dan *left handed inductor* (L_L) maka persamaan rangkaian seri dan rangkaian *shunt* adalah [1]

$$Z = j \left(\omega L_R - \frac{1}{\omega C_L} \right) = j \frac{(\omega/\omega_{se})^2 - 1}{\omega C_L} \quad (1)$$

$$Y = j \left(\omega C_R - \frac{1}{\omega L_L} \right) = j \frac{(\omega/\omega_{sh})^2 - 1}{\omega L_L} \quad (2)$$

Persamaan resonansi rangkaian seri dan resonansi rangkaian shunt dalam persamaan impedansi dan admitansi didiskripsikan dalam persamaan berikut:

$$\omega_{se} = \frac{1}{\sqrt{L_R C_L}} \quad (3)$$

$$\omega_{sh} = \frac{1}{\sqrt{L_L C_R}} \quad (4)$$

Dengan variabel PRH dan PLH adalah

$$\omega_R = \frac{1}{\sqrt{L_R C_R}} \quad (5)$$

$$\omega_L = \frac{1}{\sqrt{L_L C_L}} \quad (6)$$

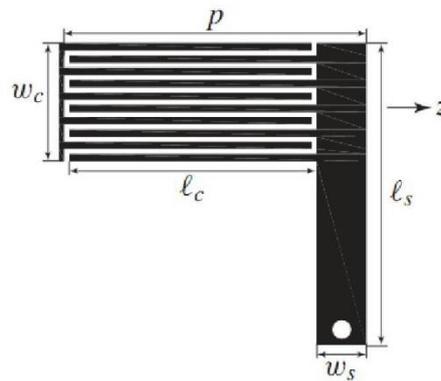
$$k = L_R C_L + L_L C_R \quad (7)$$

Dengan frekuensi transisi adalah

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_R \omega_L} \quad (8)$$

2.2. Microstrip CRLH

Kapasitor Interdigital dan stub pada implementasi CRLH pada satu sel unit ditunjukkan dalam Gambar 3. Rangkaian ekuivalen dari sel unit seri kapasitor interdigital dan induktor stub ditunjukkan dalam Gambar 3. kapasitor interdigital *CRLH microstrip* pada rangkaian lumped merupakan ekuivalen dari impedansi (Z), sedangkan stub pada rangkaian lumped merupakan ekuivalen dari admitansi (Y). Pada *CRLH microstrip* ada beberapa parameter yang muncul disebabkan oleh design kapasitor interdigital dan stub, namun dari beberapa parameter tersebut ada yang diabaikan karena sangat kecilnya nilai dari parameter tersebut [5].



Gambar 3. Unit cell dari microstrip CRLH [1]

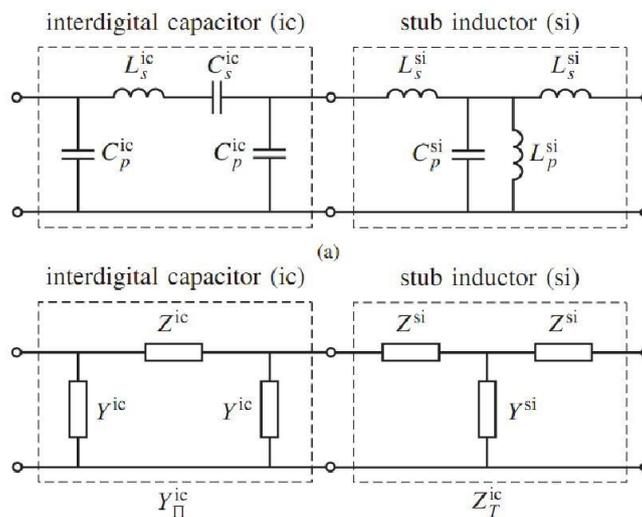
Dari Gambar 4 bisa didapatkan parameter-parameter yang digunakan dalam mendesain mikrostrip CRLH. Parameter *scattering* atau S parameter dari kapasitor interdigital dan induktor stub tersebut nilai dari parameter dirubah kedalam bentuk admittansi (Y) dan impedansi (Z) secara berurutan dan dikonversi dengan mengabaikan induktansi L_s^{si} yang sangat kecil, maka didapatkan parameter CRLH yaitu [1].

$$L_R = L_s^{ic} \tag{9}$$

$$C_R = 2C_p^{ic} + C_p^{si} \tag{10}$$

$$L_L = L_p^{si} \tag{11}$$

$$C_L = C_s^{ic} \tag{12}$$



Gambar 4. Rangkaian ekuivalen dari CRLH *microstrip* [1]

3. Hasil dan Analisis

3.1 Desain Antena *Ultra High Frequency*

Desain antena dual frekuensi yaitu pada frekuensi 541 MHz dan 2,4 GHz dengan metode *Composite Right Left Handed- Transmission Line (CRLH-TL)*. Antenna menggunakan bahan substrat FR4 Epoxy dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) sebesar 4,4 dengan ketebalan 1,6 mm dan dengan ketebalan tembaga 0,5 mm.

Geometri antena mikrostrip *Ultra High Frequency (UHF)* pada frekuensi 2,4 dengan metode *Composite Right Left Handed- Transmission Line (CRLH-TL)* seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain antenna dual frekuensi pada frekuensi 541 MHz dan 2,4GHz dengan metode *Composite Right Left Handed- Transmission Line (CRLH-TL)*

Hasil dari desain ukuran geometri antenna dual frekuensi pada frekuensi 541 MHz dan 2,4GHz ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran dimensi antenna *hexagonal single patch*

Keterangan	Ukuran (mm)
Panjang finger interdigital	163.2 mm
Lebar finger interdigital	83.2 mm
Panjang port	50 mm
Lebar port	24 mm
Panjang port Impedansi matching	50 mm
Lebar port Impedansi matching	16 mm
Jarak antar finger	4 mm

3.2 Hasil Pengukuran Antena *Ultra High Frequency (UHF)*

Setelah dilakukan pengukuran terhadap desain antenna tersebut, didapatkan parameter-parameter berikut:

Return Loss

Hasil pengukuran *return loss* dari antenna mikrostrip *hexagonal single patch* dan *patch array* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengukuran *return loss* antenna dual frekuensi pada frekuensi 541 MHz dan 2,4GHz

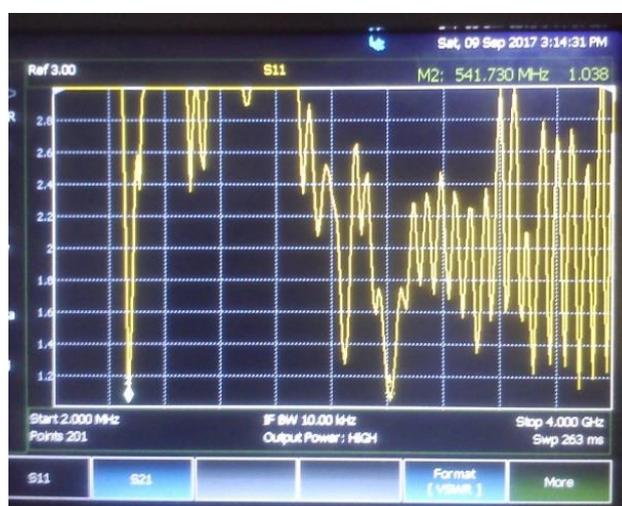
Berdasarkan Gambar 6, hasil pengukuran dari antenna dual frekuensi pada frekuensi 541 MHz dan 2,4GHz didapatkan nilai *return loss* pada frekuensi 541.730MHz sebesar -31.92 dB sedangkan pada frekuensi 2.4207 GHz sebesar -27.86 dB. Nilai *return loss* dari antenna tersebut berada jauh dibawah -10 dB yang merupakan batas nilai minimum *return loss* yang artinya daya yang dipantulkan sangat sedikit dan mendekati kondisi yang *match* antara *transmitter* dan beban/antena.

Bandwidth (BW)

Range frekuensi antenna dengan beberapa karakteristik disebut juga *bandwidth*, sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui nilai *bandwidth* antenna, hasil pengukuran menunjukkan pada frekuensi 541.730 MHz memiliki bandwidth sebesar 39.980 MHz, sedangkan pada frekuensi 2.420 GHz memiliki bandwidth sebesar 219.890 MHz.

VSWR (Volatge Standing Wave Ratio)

VSWR adalah parameter untuk pengukuran dasar dari impedansi matching antenna. Hasil pengukuran untuk tampilan VSWR adalah seperti Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengukuran VSWR

VSWR hasil pengukuran antenna frekuensi 541.730 MHz memiliki VSWR 1.038 sedangkan pada frekuensi 2.420 GHz memiliki VSWR 1.115. VSWR. hasil antenna mikrostrip yang telah dibuat memenuhi syarat karakteristik karena memiliki nilai VSWR < 2, artinya antenna yang dibuat memiliki koefisien refleksi yang sangat kecil.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian menghasilkan:

1. Antenna yang dirancang menghasilkan dual frekuensi dengan frekuensi kerja frekuensi 541 MHz dan 2,4GHz.
2. dari antenna dual frekuensi pada frekuensi 541 MHz dan 2,4GHz didapatkan nilai *return loss* pada frekuensi 541.730MHz sebesar -31.92 dB sedangkan pada frekuensi 2.4207 GHz sebesar -27.86 dB.
3. *bandwidth* antenna pada frekuensi 541.730 MHz memiliki bandwidth sebesar 39.980 MHz, sedangkan pada frekuensi 2.420 GHz memiliki bandwidth sebesar 219.890 MHz
4. VSWR hasil pengukuran antenna frekuensi 541.730 MHz memiliki VSWR 1.038 sedangkan pada frekuensi 2.420 GHz memiliki VSWR 1.115.

Daftar Pustaka

- [1] C. Caloz dan T. Itoh. “*Electromagnetic Metamaterials: Transmission Line Theory and Microwave Applications*”, WILEY-INTERSCIENCE, John- Wiley & Sons Inc., Hoboken, NJ. 2006.
- [2] R. Marqués, F. Martín, dan M. Sorolla, “*Metamaterials with Negative Parameters: Theory, Design and Microwave Applications*”. New York: Wiley, 2008.
- [3] A. Lai, C. Caloz, dan T. Itoh. September 2004. “*Composite right/left-handed transmission line metamaterials*“, IEEE Microwave Magazine, vol. 5, No. 3, pp. 34-50.
- [4] N. Engheta dan R. W. Ziolkowski. “*Electromagnetic Metamaterials: Physics and Engineering Explorations*”, Wiley and IEEE Press 2006.
- [5] I. Bahl. “*Lumped Elements for RF and Microwave Circuits*”, Artech House, Boston. 2003.
- [6] Andik Atmaja, Herma Nugroho RAK. Desain Antena *Zeroth Order Resonator* dengan frekuensi kerja 2.4 GHz untuk RF Harvesting Menggunakan *Composite Right Left Handed-Transmission Line* (CRLH-TL), TELKA, UIN Sunan Gunung Djati. 2017.