

Desain Antena Zeroth Order Resonator dengan frekuensi kerja 2.4 GHz untuk RF Harvesting Menggunakan Composite Right Left Handed- Transmission Line (CRLH-TL)

¹Andik Atmaja, ²Herma Nugroho R A K

^{1,2}Politeknik Kota Malang

^{1,2}Jl. Tlogowaru No 3 Kedungkandang Malang, (0341) 754088

e-mail: ¹andik.atmaja@gmail.com, ²hnugroho81@gmail.com

Abstrak – Pada penelitian ini telah didesain antena *Ultra High Frequency (UHF)* sebagai perangkat antena untuk menangkap gelombang radio (RF) pada frekuensi 2,4 GHz menggunakan metode *Composite Right Left Handed- Transmission Line (CRLH-TL)*. Metode ini merupakan pengembangan dari struktur metamaterial struktur elektromagnetik buatan yang *effectively homogeneous* dengan sifat yang tidak biasa dan tidak tersedia di alam sehingga salah satu kelebihanannya yaitu akan diperoleh antena dengan losses daya yang kecil. Desain antena dilakukan menggunakan *software CST 2017 (Student Version) Microwave studio*. Parameter pengujian antena *UHF* ini meliputi *return loss*, *VSWR*, dan impedansi. Nilai parameter antena hasil simulasi antena *Ultra High Frequency (UHF)* menunjukkan nilai *return loss* adalah -42,98 dB, bandwidth sebesar 0,053 GHz, Direktivitas yaitu 6,65 dBi dan *VSWR* sebesar 1,014.

Kata kunci: *Ultra High Frequency, metamaterial, CRLH-TL, return loss, VSWR*

1. Pendahuluan

Energi terbarukan menjadi agenda penting yang sering dibicarakan di berbagai forum baik dalam skala nasional maupun internasional. Penggunaan energi terbarukan menjadi salah satu cara untuk mengurangi ketergantungan penggunaan energi sebelumnya yaitu energi yang berasal dari fosil. Hal ini karena penggunaan jangka panjang terhadap energi fosil ini memiliki efek negatif yaitu pemanasan global, efek rumah kaca, menipisnya ozon, serta berkurangnya persediaan minyak mentah dunia. Salah satu contoh penggunaan energi terbarukan yaitu solar cell, bio Solar, bio ethanol, turbin udara, pembangkit listrik tenaga ombak laut dan *RF harvesting*. *RF power harvesting* merupakan salah satu metode atau model yang dikembangkan sebagai energi terbarukan dengan cara mengumpulkan energi yang dipancarkan oleh pemancar radio frekuensi seperti WIFI, stasiun televisi, *cellular network* dan stasiun radio.

Ada beberapa karakteristik *RF power harvesting* yaitu *Peak Efficiency, Efficiency Range, Frequency Range, Sensitivity, Sensitivity, Output Voltage, Performance Consistency, Implementation Scalability*. Karakteristik yang akan dicapai pada penelitian ini adalah *Output Voltage* yang besar sehingga untuk mendapatkan karakteristik tersebut diperlukan suatu metode untuk menghasilkan daya yang optimum dari suatu antena. Salah satu metodenya adalah metode *Composite Right Left Handed-Transmission Line (CRLH-TL)* yang merupakan pengembangan dari struktur metamaterial.

TELKA, Vol.3, No.2, November 2017, pp. 144~151

ISSN (e): 2540-9123

ISSN (p): 2502-1982

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 merencanakan 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].

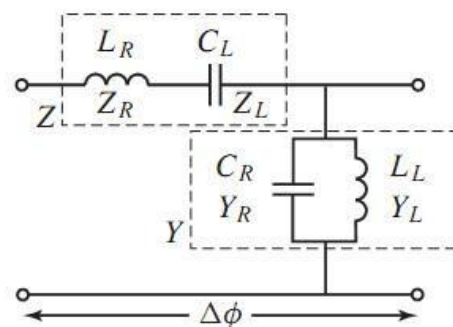
Kelebihan dari *Composite Right-left Handed Transmission Line* (CRLH- TL) adalah strukturnya yang *homogenous* dimana struktur *homogenous* adalah struktur yang rata-rata strukturnya lebih kecil dari panjang gelombang pemandu, selain itu CRLH-TL dapat bekerja pada daerah *broadband* dengan rugi- rugi (*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)

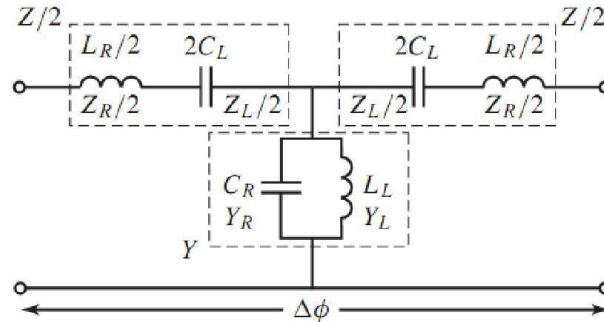
Composite Right-Left Handed Transmission Line (CRLH-TL) adalah salah satu pendekatan yang digunakan dalam mendesign sebuah metamaterial. Karena MTMs adalah struktur yang *effectively homogenous*, maka MTMs pada dasarnya dapat dimodelkan oleh satu dimensi (1D) jalur transmisi, yang arah propagasinya mewakili setiap arah dalam material [1]. Rangkaian CRLH-TL merupakan gabungan antra 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 asimetris 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 *symmetric* 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

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

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

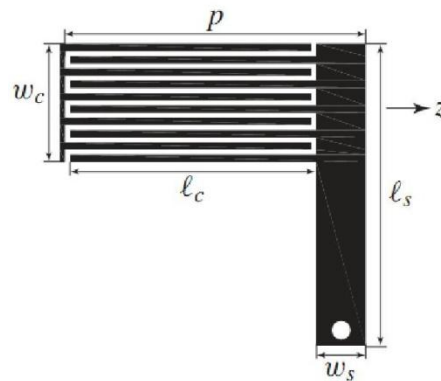
$$k = L_R C_L + L_L C_R \quad (7)$$

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]

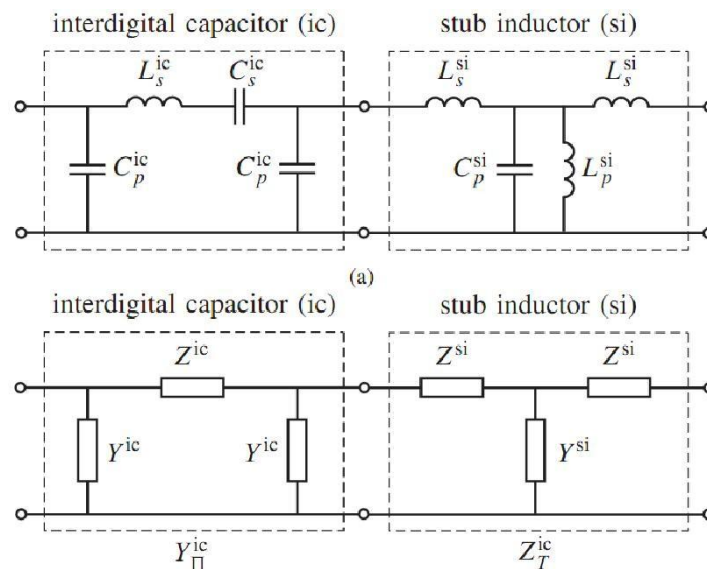
Dari Gambar 4 bisa didapatkan parameter-parameter yang digunakan dalam mendesain mikrostrip CRLH. Parameter *scattering* atau S parameter dari kapasitor interdigital dan induktor stub tersebut nilai dari parameter dirubah kedalam bentuk admittansi (Y) dan impedansi (Z) secara berurutan dan dikonversi 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 eqivalen dari CRLH *microstrip* [1]

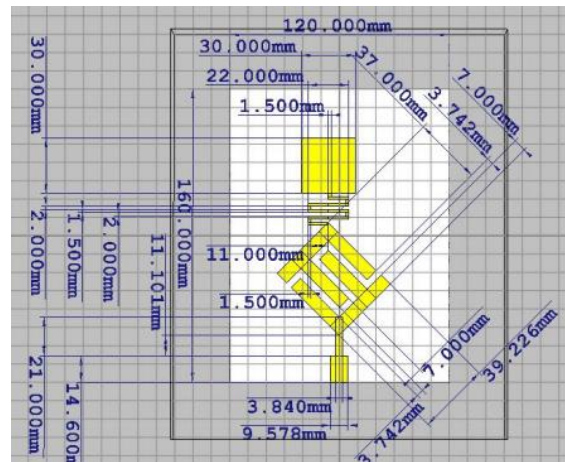
3. Hasil dan Analisis

3.1 Desain Antena *Ultra High Frequency (UHF)*

Desain antena mikrostrip *Ultra High Frequency (UHF)* pada frekuensi 2,4 dengan metode *Composite Right Left Handed- Transmission Line (CRLH-TL)* menggunakan substrat FR4 Epoxy

dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) sebesar 4,3 dengan ketebalan substrat yaitu 1,5 mm. Bahan *patch* adalah dari tembaga dengan ketebalan 0,5 mm. Perancangan antenna tersebut menggunakan *software Computer Simulation Technology (CST) 2017 Microwave Studio (Student Version)*. Antena yang dirancang memiliki dimensi keseluruhan 120 x 160 mm.

Geometri antenna 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 *Ultra High Frequency (UHF)* pada frekuensi 2,4 dengan metode *Composite Right Left Handed- Transmission Line (CRLH-TL)*

Hasil dari desain ukuran geometri antenna *Ultra High Frequency (UHF)* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran dimensi antenna *hexagonal single patch*

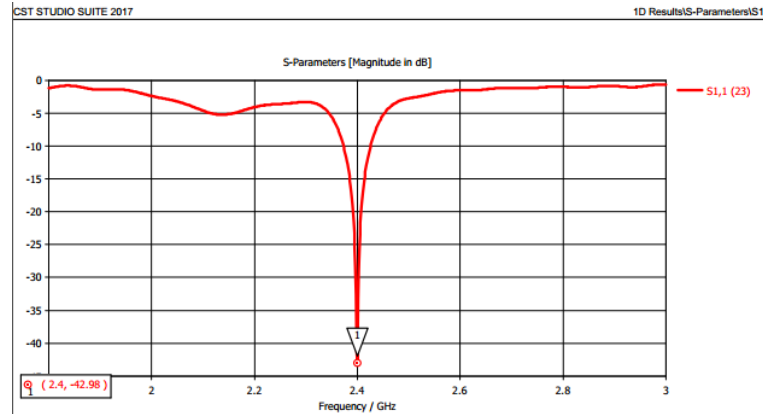
Keterangan	Ukuran (mm)
Panjang <i>finger</i>	37
Lebar <i>finger</i>	3,742
Panjang induktor <i>hair pin</i>	22,0
Lebar induktor <i>hair pin</i>	1,5
Panjang saluran transmisi / <i>feedline</i>	21,00
Lebar saluran transmisi / <i>feedline</i>	3,840
Lebar saluran <i>matching</i> impedansi	9,578
Panjang saluran <i>matching</i> impedansi	14,6

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

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

A. *Return Loss*

Hasil simulasi *return loss* dari antenna mikrostrip *hexagonal single patch* dan *patch array* ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6



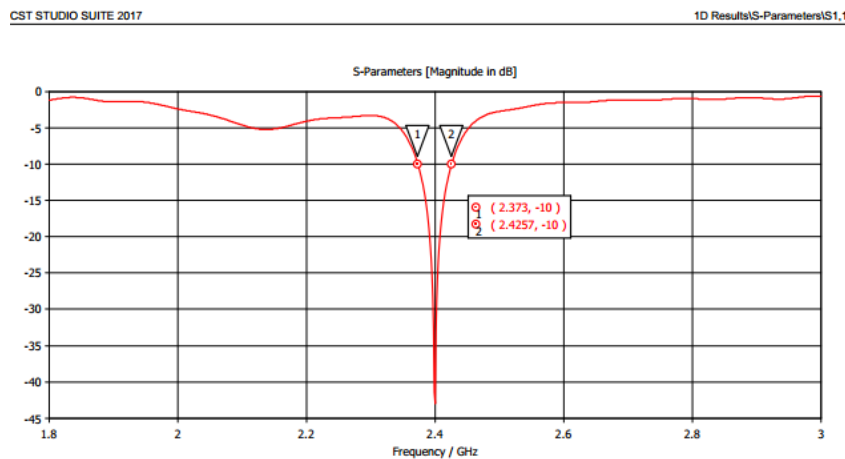
Gambar 6. Hasil simulasi *return loss* antenna mikrostrip *Ultra High Frequency (UHF)* 2,4 GHz

Berdasarkan Gambar 6, hasil simulasi dari antenna *Ultra High Frequency (UHF)* didapatkan nilai *return loss* - 42,98 dB. Nilai *return loss* dari antenna tersebut berada jauh dibawah -10 dB yang merupakan batas nilai *return loss* yang artinya daya yang dipantulkan sangat sedikit dan mendekati kondisi yang *match* antara *transmitter* dan beban/antenna.

B. Bandwidth (BW)

Range frekuensi antenna dengan beberapa karakteristik disebut juga *bandwidth*, sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui nilai *bandwidth* suatu antenna dengan cara menghitung selisih dari range frekuensi kerja atas (f_u) dan frekuensi kerja bawah (f_l) sesuai persamaan 13

$$BW = f_u - f_l \quad (13)$$



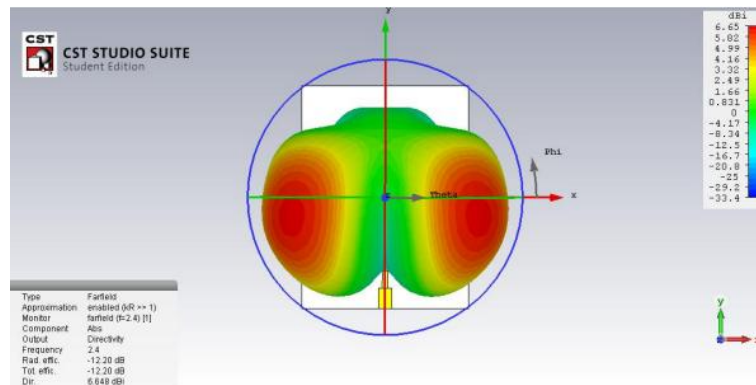
Gambar 7. Hasil simulasi *bandwidth* antenna mikrostrip *Ultra High Frequency (UHF)* pada frekuensi 2,4 GHz

Selanjutnya hasil perhitungan nilai *bandwidth* antenna mikrostrip *Ultra High Frequency (UHF)* pada frekuensi 2,4 GHz berdasarkan persamaan 13 adalah

$$\begin{aligned} BW &= f_u - f_l \\ BW &= 2,4257 - 2,373 \\ &= 0,053 \text{ GHz} \end{aligned}$$

C. Direktivitas

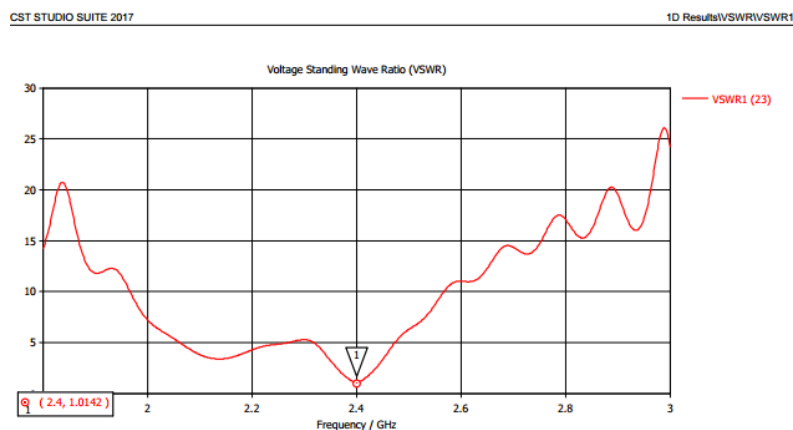
Parameter penting antenna lainnya yaitu direktivitas. Parameter ini menentukan nilai maksimum suatu *directive gain* pada arah tertentu. Dari hasil simulasi diperoleh nilai direktivitas sebesar 6,65 dBi seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Direktivitas antenna mikrostrip *Ultra High Frequency (UHF)*

D. VSWR (*Volatge Standing Wave Ratio*)

VSWR adalah pengukuran dasar dari impedansi matching antara transmitter dan antenna. Hasil simulasi untuk tampilan VSWR adalah seperti Gambar 9.



Gambar 9. VSWR antenna mikrostrip *Ultra High Frequency (UHF)*

VSWR yang diperoleh dari hasil simulasi adalah 1,057. Hal ini membuktikan antenna mikrostrip yang telah dibuat memenuhi syarat karakteristik antenna yang baik karena nilai VSWR < 2 , artinya antenna yang dibuat telah memenuhi syarat antenna yang baik karena hampir tidak ada gelombang pantul dengan nilai koefisien refleksi yang sangat kecil.

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, telah dilakukan desain antenna *Ultra High Frequency (UHF)* dengan metode *Composite Right Left Handed- Transmission Line (CRLH-TL)*. Pengujian parameter penting antenna telah dilakukan melalui simulasi dan hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa desain antenna tersebut dapat di implementasikan untuk aplikasi WiFi, RFID dan perangkat lainnya pada frekuensi 2,4 GHz

Selanjutnya untuk pengembangan penelitian ke depan adalah dapat digunakan metode desain lain misalnya *FEM, FDTD* dan *MOM*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Isnandar selaku Direktur Politeknik Kota Malang yang telah memberikan arahan, masukan dan membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian mandiri ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak/Ibu Dosen TIM LP2M dan TIM Teknik Telekomunikasi yang telah memberikan dukungan dan saran yang membangun kepada penulis.

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 Press2006.
- [5] I. Bahl. “*Lumped Elements for RF and Microwave Circuits*”, Artech House, Boston. 2003.
- [6] Andik Atmaja, Herma Nugroho RAK. *Antena Zeroth Order Resonance(ZOR) Composite Right Left Handed-Tranmission Line (CRLH-TL) untuk aplikasi RF Power Harvesting*, JNTETI-UGM. 2017