

ANTENA SUSUNAN LOG PERIODIK DIPOLE CETAK UNTUK ESM S-BAND

PRINTED DIPOLE LOG PERIODIC ARRAY ANTENNA FOR S-BAND ESM

Heri Sulistiyo¹, Heroe Wijanto¹, Yuyu Wahyu³

¹Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

^{1,2}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³PPET, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bandung

¹ hervslyt@student.telkomuniversity.ac.id, ² heroe@telkomuniversity.ac.id, ³ yuyu@ppet.lipi.go.id

Abstrak

Indonesia memiliki wilayah yang sangat besar, maka diperlukan suatu sistem yang dapat menjaga kedaulatannya. Electronic Support Measure (ESM) merupakan salah satu bagian dari Electronic Warfare yang memiliki kemampuan untuk melacak posisi suatu perangkat pengirim gelombang elektromagnetik. Untuk mendukung kinerja dari sistem ESM tersebut dibutuhkan antenna yang berfungsi sebagai komponen penerima gelombang elektromagnetik sebelum di proses oleh system signal processing.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut dilakukan perancangan antenna susunan log periodik dipole cetak untuk ESM s-band. Pada perancangan antenna dilakukan metode optimasi fractal Koch yang dicetak pada PCB dengan Substrate FR4 Epoxy ($\epsilon_r = 4,6$) yang memiliki tebal Substrate 1,6 mm dan konduktor sebagai bahan patch peradiasi menggunakan copper ($\sigma = 5,8 \times 10^7$) yang memiliki tebal sebesar 0,035 mm.

Dengan menggunakan metode optimasi geometri fraktal Koch antenna yang dirancang mendapatkan dimensi sebesar 62,6542x107,293244 mm. Hasil pengukuran menunjukkan antenna yang dirancang memiliki frekuensi bawah 2 GHz yang dengan nilai VSWR sebesar 1,87 serta nilai return loss sebesar -10,34 dB dan frekuensi atas sebesar 4 GHz yang memiliki nilai VSWR sebesar 1,80 serta nilai return loss sebesar -10,87 dB. Serta gain antenna sebesar 7.68 dBi, dengan pola radiasi directional yang memiliki mainlobe menuju ke satu sisi antenna, serta polarisasi elips dengan nilai $|AR|$ sebesar 6.745 dB.

Kata kunci: ESM, log periodik, S-band, Fractal koch

Abstract

Indonesia has a very large area, it is necessary a system that can maintain its sovereignty. Electronic Support Measure (ESM) is one part of the Electronic Warfare that has ability to track the position of an electromagnetic wave sender device. To support the performance of the ESM system is needed antenna that serves as a component of electromagnetic wave receiver before the process by system signal processing.

To fulfill the requirement, the design Printed Dipole Log Periodic Array Antenna For S-Band ESM. In antenna design, fractal koch optimization method is printed on PCB with Substrate FR4 Epoxy ($\epsilon_r = 4,6$) with Substrate thickness 1,6 mm and conductor as irradiation patch material using copper ($\sigma = 5,8 \times 10^7$) with thickness of 0,035 mm.

The measurement results show that the designed antenna has a lower frequency of 2 GHz with a value of 1.87 VSWR and a return loss of -10.34 dB and the upper frequency of 4 GHz which has a value of VSWR of 1.80 and the return loss of -10, 87 dB. And the antenna gain of 7.68 dBi, with directional radiation pattern that has a mainlobe to one side of the antenna, and polarization of ellipse with value $|AR|$ Of 6,745 dB.

Keywords: ESM, log periodik, S-band, Fractal koch

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, oleh karena itu Indonesia membutuhkan suatu sistem yang dapat menjaga serta mengawasi perbatasan negara dan kepulauan yang ada dari musuh yang mencoba memasuki daerah kedaulatan tanpa izin resmi, sehingga Electronic Support Measure (ESM) merupakan perangkat yang dapat menerima gelombang elektromagnetik dari perangkat pemancar yang tidak dikenal untuk diproses dan dianalisis sehingga diperoleh data lokasi berupa titik koordinat, kuat gelombang elektromagnetik yang dipancarkan, dan parameter lainnya yang dapat digunakan sebagai identitas pengirim gelombang elektromagnetik tersebut [1]. Untuk mendukung kinerja dari sitem ESM tersebut dibutuhkan antenna yang berfungsi sebagai komponen penerima gelombang elektromagnetik sebelum di proses oleh system signal processing [3].

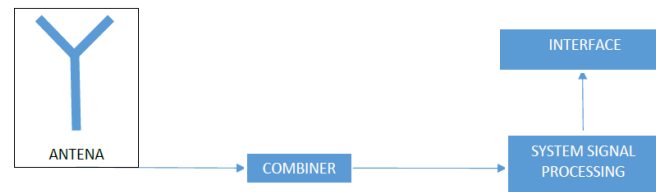
Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan antenna susunan log periodik dipole cetak untuk ESM s-band. Penggunaan antenna susunan log periodik dipole cetak dikarenakan jenis antenna ini memiliki gain, dan band frekuensi yang cukup besar, serta memiliki dimensi yang kecil dan ringan karena antenna dicetak dalam bentuk

mikrostrip. Karakteristik dasar dari antenna yang dirancang untuk mendukung peralatan ESM yaitu memiliki gain minimal 6-8dB, $VSWR \leq 2$, dan dapat bekerja pada rentang frekuensi s-band.

2. Dasar Teori

2.1 Sistem kerja ESM

ESM terdiri komponen utama yaitu antenna, combiner, System signal processing dan system interface [1]. Seperti ditunjukkan gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 sistem kerja ESM

Antena pada sistem tersebut terdiri dari dua jenis antenna yaitu antenna omnidirectional dan antenna directional. Gelombang elektromagnetik yang diterima oleh antenna omnidirectional tersebut didemodulasi untuk diperoleh parameter seperti jenis modulasi dan frekuensi, sedangkan gelombang elektromagnetik yang diterima oleh antenna directional tersebut diproses di dalam komponen *System signal processing* untuk didapatkan data yang diinginkan seperti titik koordinat dan kuat sinyal dari perangkat pemancar [1].

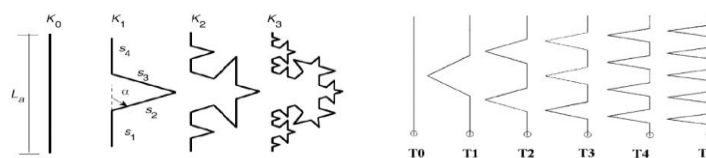
Perangkat ESM dapat bekerja sebagai aktif radar maupun pasif radar. Aktif radar bekerja dengan cara memanfaatkan gelombang pantul yang dihasilkan oleh antenna pada bagian radar. Gelombang pantul yang diterima kemudian dapat proses sehingga didapatkan hasil berupa level daya dari sinyal yang berhasil dideteksi, sedangkan pada pasif radar antenna menerima semua gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh perangkat pemancar seperti pesawat dan kapal untuk digunakan menghitung level sinyal perangkat pengirim bahkan dapat memproyeksikan koordinat gelombang yang diterima dalam bentuk ketinggian, kecepatan dan arah pergerakan gelombang.

2.2 Antena susunan log periodik dipole cetak

Antena ini merupakan hasil penggabungan dari antenna log periodik dipole array dan antenna cetak. Dimana antenna log periodik dipole yang merupakan antenna dengan fisik cukup besar dikonversi kedalam bentuk mikrostrip yang kemudian dicetak dalam PCB. Antena ini mengadopsi kelebihan kelebihan dari antenna log periodic dipole array dan antenna cetak, sehingga Antena susunan log periodik dipole cetak memiliki bandwidth dan gain yang besar dengan dimensi yang kecil.

2.3 Geometri Fractal

Antena dengan geometri fractal adalah antenna yang dirancang untuk mengoptimalkan struktur dan kinerja dari sebuah antenna. Beberapa keuntungan menggunakan geometri fractal yaitu Dapat mereduksi dimensi patch dari antenna, memiliki impedansi masukan yang baik, dapat memiliki sifat multiband. Berikut ini adalah contoh pola antenna fractal Koch:



Gambar 2.2 geometri fractal koch

Dengan menggunakan teknik optimasi fractal Koch pada Antena susunan log periodik dipole cetak maka dimensi fisik antenna secara keseluruhan akan tereduksi serta dapat bekerja pada frekuensi yang lebih baik dibandingkan tanpa menggunakan teknik tersebut.

2.4 Parameter dimensi Antena susunan log periodik dipole cetak

Dimensi antenna merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam perancangan sebuah antenna. Perhitungan dimensi antenna bertujuan agar antenna yang dirancang dapat bekerja pada spesifikasi yang diinginkan. Beberapa

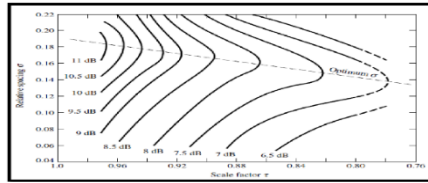
parameter dimensi yang digunakan dalam perancangan Antena susunan log periodik dipole cetak dijabarkan sebagai berikut:

a. scale factor (τ) dan relative spacing (σ)

kedua parameter tersebut berhubungan dengan nilai direktivitas antena, dimana nilai direktivitas dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [4]:

$$D = \frac{G}{\eta} \dots \dots \dots (1)$$

Hubungan dari direktivitas (D), scale factor (τ) dan relative spacing (σ) dapat dilihat pada gambar berikut ini [4]:



Gambar 2.3 Computed contours of constant directivity versus σ and τ for LPDA [4]

b. Apex angel antenna (α)

Apex angel antenna merupakan sudut dari elemen Antena susunan log periodik dipole cetak dirumuskan dengan [4]:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{1-\tau}{4\sigma} \dots \dots \dots (2)$$

c. Bandwidth

Rumus semi empiris yang dibuat oleh R.L Carrel dapat digunakan untuk menghitung daerah aktif ($\bar{B}$) dari antena log periodic [4]:

$$\bar{B} = 1.1 + 7.7(1-\tau)^2 \cot \alpha \dots \dots \dots (3)$$

Bandwidth desain (B_s) merupakan bandwidth dari Antena susunan log periodik dipole cetak yang dapat diatur sesuai dengan bandwidth yang diinginkan.

$$B_s = B \cdot \bar{B} = B[1.1 + 7.7(1-\tau)^2 \cot \alpha] \dots \dots \dots (4)$$

Dimana,

$$B = \frac{f_{max}}{f_{min}} \dots \dots \dots (5)$$

d. Jumlah elemen (N)

Jumlah elemen mendefinisikan banyaknya elemen dipole yang digunakan pada Antena susunan log periodik dipole cetak. jumlah elemen ini bergantung pada besarnya bandwidth yang digunakan. Sehingga dapat digunakan persamaan sebagai berikut [4]:

$$\left[N = 1 + \frac{\ln(B_s)}{\ln\left(\frac{1}{\tau}\right)} \right] \dots \dots \dots (6)$$

e. Panjang tiap elemen (l)

Panjang elemen terbesar dari antena cetak LPDA dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [4]:

$$l_{max} = 0.5 \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r} \cdot f_{min}} \dots \dots \dots (7)$$

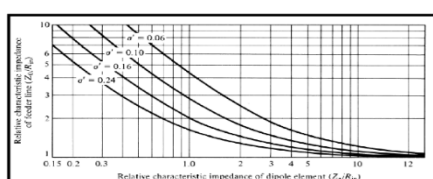
f. lebar elemen (d) dan Jarak center to center (s)

Untuk mendapatkan jarak *center to center* dari elemen Antena susunan log periodik dipole cetak di perlukan nilai impedansi rata-rata dari elemen antena tersebut yang dapat dirumuskan sebagai berikut [4]:

$$\sigma' = \frac{\sigma}{\sqrt{\tau}} \dots \dots \dots (8)$$

$$Z_a = 120 \left[\ln \left(\frac{l_n}{d_n} \right) - 2.25 \right] \dots \dots \dots (9)$$

Dengan $\frac{l_n}{d_n}$ merupakan perbandingan panjang dan lebar dari elemen dipole ke- n dalam antena tersebut. Pada Antena susunan log periodik dipole cetak yang ideal perbandingan keduanya memiliki besar yang sama pada setiap



Gambar 2.4 Relative characteristic impedance of a feeder line as a function

elemennya. Nilai lebar elemen (d) merupakan nilai yang menghasilkan nilai z_0 terendah. Berikut ini adalah gambar dari karakteristik beban efektif elemen dipole pada suatu input line [4]:

Dengan diperolehnya impedansi karakteristik *feeder line* dapat dihitung jarak *center to center* dengan persamaan berikut [4]:

$$s_{max} = d_{max} \cosh\left(\frac{z_0}{120}\right) \dots \dots \dots (10)$$

3. Pembahasan

3.1 Perancangan Antena

Spesifikasi awal antenna ditetapkan berdasarkan hasil yang didapat dari studi literature dan konsultasi ahli yang telah dilakukan. Berikut ini adalah spesifikasi awal antenna yang ditetapkan:

- Frekuensi Kerja : 2GHz – 4 GHz
- Polarisasi : Linear
- Pola Radiasi : Directional
- VSWR : ≤ 2
- Gain : $\geq 6-8$ dB
- Impedansi : 50 Ohm

Berdasarkan spesifikasi tersebut maka dilakukan perhitungan menggunakan persamaan yang terdapat pada pembahasan sebelumnya. Hasil dari perhitungan adalah sebagai berikut:

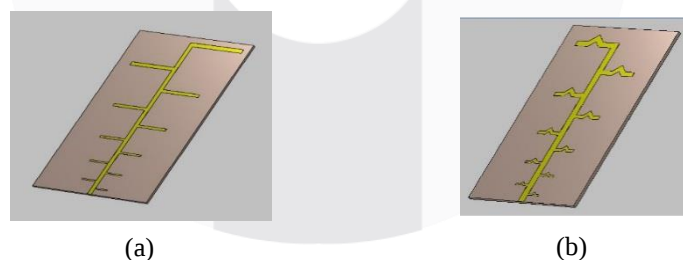
- Jumlah elemen antenna (N) : 11
- Panjang elemen terbesar (L_{max}) : 35.75485 mm
- Lebar elemen terbesar (d_{max}) : 3.38 mm
- Spasi antar elemen terbesar (S_{max}) : 19.89282 mm

Sesuai dengan definisi dari Antena susunan log periodik dipole cetak maka antenna yang disusun memiliki jarak dan susunan antara potongan elemennya berbentuk logaritmik. Untuk membentuk antenna yang log periodic maka dapat menggunakan penurunan dari rumus berikut untuk elemen selanjutnya [4]:

$$\frac{1}{\tau} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{l_{n+1}}{l_n} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{d_{n+1}}{d_n} = \frac{s_2}{s_1} = \frac{s_{n+1}}{s_n} \dots \dots \dots (11)$$

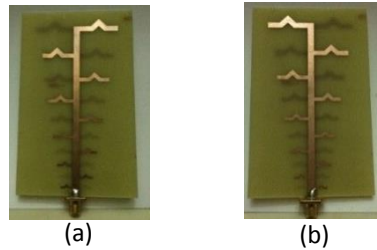
3.2 Simulasi dan Fabrikasi Antena

Pada tahap ini semua hasil dari perhitungan dimensi antenna disimulasikan menggunakan *software* CST. Tujuan dari simulasi ini adalah agar hasil fabrikasi antenna mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi awal antenna. Antena yang dirancang tersebut akan dicetak pada PCB dengan *substrate* FR4 Epoxy ($\epsilon_r = 4,6$) dengan tebal *substrate* 1,6 mm dan konduktor sebagai bahan patch peradiasi menggunakan copper ($\sigma = 5,8 \times 10^7$) dengan tebal sebesar 0,035 mm. desain bentuk dari antenna hasil simulasi dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 3.1 Antena cetak LPDA 11elemen (a) tanpa fractal Koch, (b) dengan fractal koch

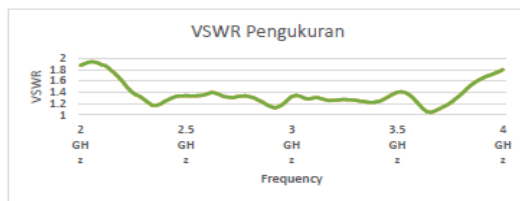
Pada saat simulasi antenna dilakukan proses uji reduksi bentuk elemen dengan menggunakan geometri fractal Koch. Tujuan dari perubahan dari bentuk elemen ini adalah agar antenna yang dibuat memiliki dimensi yang lebih kecil dan efisien. **Gambar 3.1** diatas merupakan gambar perubahan elemen dipole saat dilakukan reduksi elemen menggunakan geometri fractal koch pada satu titik dengan satu kali iterasi dan pengurangan elemen sebanyak 1 elemen. Proses ini berhasil mereduksi antenna yang awalnya berdimensi 84,1097x145,72199 mm menjadi 62,6542x107,293244 mm. setelah antenna berhasil disimulasikan maka dilakukan realisasi antenna dengan cara dicetak. Berikut ini hasil dari antenna yang telah difabrikasi:



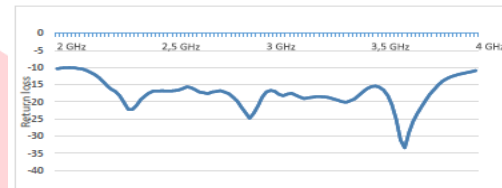
Gambar 3.2 antenna hasil fabrikasi (a) tampak depan, (b) tampak belakang

4. Analisis Hasil Pengukuran

4.1 Hasil pengukuran VSWR dan Return loss



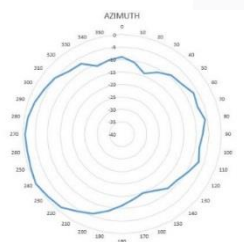
Gambar 4.1 VSWR



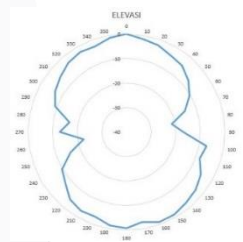
Gambar 4.2 Return loss

Hasil pengukuran menunjukkan nilai VSWR dan return loss memiliki hasil yang sesuai dengan spesifikasi awal yaitu nilai VSWR ≤ 2 dan nilai reurn loss ≤ -10 pada frekuensi 2 GHz – 4 GHz.

4.3 Hasil pengukuran pola radiasi dan polarisasi

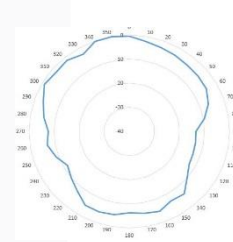


(a)



(b)

Gambar 4.3 Pola radiasi Pengukuran (a) azimuth, (b) elevasi



Gambar 4.4 Polarisasi

Berdasarkan hasil pengukuran yang ditunjukkan oleh gambar diatas dapat dianalisis bahwa antenna tersebut memiliki bentuk pola radiasi directional dengan mainlobe yang mengarah pada satu sisi antenna.

Berdasarkan hasil pengukuran yang ditunjukkan oleh gambar gambar 4. dapat dianalisis bahwa antenna tersebut memiliki bentuk polarisasi Elips. Dengan nilai axial ratio dapat dihitung sebagai berikut [3]:

$$|AR| = E_{major} (dB) - E_{minor} (dB) = 6.745 dB \dots \dots \dots (12)$$

4.5 Hasil pengukuran gain

Pengukuran gain menggunakan teknik membandingkan dua buah antenna, dengan gain antenna referensi telah diketahui yaitu 12 dBi. Pada saat pengukuran didapat daya terima antenna AUT adalah -33.45dB dan daya terima antenna referensi sebesar -29.13dB. setelah dilakukan perhitungan didapat gain antenna AUT sebesar 7.68dBi.

4.6. Analisis

Dari hasil pengukuran dapat dianalisis bahwa antenna yang telah difabrikasi memenuhi spesifikasi awal antenna. Pada hasil pengukuran terdapat perbedaan pada polarisasi antenna dengan polarisasi awala yang diinginkan. Hal ini masih dapat ditoleransi karena antenna memiliki tujuan yaitu akan diterapkan pada ESM yang membutuhkan polarisasi yang dapat mencakup daerah vertikan dan horizontal.

5. Kesimpulan dan saran

5.1 kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Antena susunan log periodik dipole cetak yang dibuat dapat digunakan pada frekuensi kerja s-band dengan toleransi daya yang dipantulkan sebesar 10%.
2. Penggunaan teknik fractal koch dapat mereduksi dimensi fisik dari antena yang dirancang menjadi sebesar 62,6542 x 107,293mm. Selain itu penggunaan teknik fractal Koch pada penelitian ini dapat mengoptimalkan frekuensi kerja dari antena yang mendukung frekuensi 2 GHz sampai 4 GHz.
3. Pengurangan jumlah elemen dapat digunakan sebagai alternative dalam mereduksi dimensi fisik dari antena. Pengurangan jumlah elemen dapat mengakibatkan bandwidth dan gain dari antena menjadi lebih berkurang.
4. Antena yang dirancang mendukung bandwidth sebesar 2 GHz dengan frekuensi bawah 2 GHz yang memiliki nilai VSWR sebesar 1,87 serta nilai return loss sebesar -10,34 dB dan frekuensi atas sebesar 4 GHz yang memiliki nilai VSWR sebesar 1,80 serta nilai return loss sebesar -10,87 dB.
5. Antena yang dirancang memiliki gain sebesar 7.68 dBi, dengan pola radiasi directional yang memiliki mainlobe menuju ke satu sisi antena, serta polarisasi elips dengan nilai $|AR|$ sebesar 6.745 dB.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan antena dengan performa yang lebih baik terdapat beberapa hal yang disarankan dalam perancangan pada penelitian selanjutnya. Berikut ini beberapa saran yang dapat diperhatikan dalam penelitian selanjutnya:

1. Dalam proses pengukuran sebaiknya diperhatikan benda – benda sekitar yang dapat mempengaruhi pengukuran khususnya pada saat pengukuran pola radiasi, polarisasi, dan gain.
2. Sesuaikan bahan dasar yang digunakan pada proses simulasi dengan datasheet yang ada pada pabrik tempat fabrikasi, agar tidak terjadi penyimpangan parameter pada antena.
3. Perhatikan grafik returnloss pada saat akan melakukan pengurangan elemen. Hal ini dilakukan agar pada saat pengurangan elemen tidak terjadi pengurangan bandwidth menjadi dibawah dari frekuensi kerja yang diinginkan.

Daftar Pustaka:

- [1]. T. E. PPET-LIPI, 2012. Penelitian dan pengembangan RF head dan baseband processing elektronis support measure(ESM). Bandung: LIPI.
- [2]. K. S. N. R. Indonesia. 2006. *Geografi Indonesia*. [Online] Available at: http://indonesia.go.id/?page_id=479 [Accessed 3 March 2017].
- [3]. Luh Putu, W. A. 2015. Perancangan dan Realisasi Antena Horn Conical Pada Frekuensi X-band (9.4 GHz) Untuk Aplikasi ESM (Electronic Support Measure). Bandung: Telkom University.
- [4]. C. A. Balanis.2005. ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [5]. Putranto, D. T. 2011. Perancangan dan Realisasi Antena Cetak Log Periodic Fractal Koch Dengan Series Iteration Pada Frekuensi Wideband 0,8 - 2,5 GHz. Bandung: Telkom University.
- [6]. Antena, L.2016. MODUL PELATIHAN PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP MENGGUNAKAN CST STUDENT EDITION. BANDUNG: TELKOM UNIVERSITY.
- [7]. F. Iskandar and S. Ngadino. 2006. ANTENA SLOT MIKROSTIP SEGITIGA ARRAY UNTUK APLIKASI ULTRA – WIDEBAND. Jakarta: Universitas Nasional Jakarta.
- [8]. B. Woods.2016. Printed log-periodic dipole array. [Online] Available at: http://www.antennamagus.com/database/antennas/antenna_page.php?id=64. [Accessed 20 april 2017].
- [9]. Y. Wahyu, U. Syakirotnunnikmah, H. Wijanto, Y. Taryana and A. Setiawan. 2015. Antena Fraktal Koch dengan Catuan EMC pada UHF. JURNAL ELEKTRONIKA DAN TELEKOMUNIKASI, vol. 15. p. 1.
- [10]. M. Gupta, S. Sachdeva, N. K. Swamy and I. P. Singh. 2014. Rectangular Microstrip Patch Antenna Using Air as Substrate for S-Band Communication. Journal of Electromagnetic Analysis and Applications. vol. 6. pp. 38-41.
- [11]. Laboratorium Antena dan Propagasi. 2017. Modul Praktikum Antena dan Propagasi. Bandung: Telkom University.