



Jurnal Politeknik Caltex Riau

<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

| ISSN : 2460 – 5263 (online) | ISSN : 2443 – 4167 (print)

Simulasi dan Perancangan *Septum* pada *Gigahertz Transverse Electromagnetic (GTEM) Cell* dalam Pengujian *Radiated Emission*

Trifandi Wibowo¹, Noptin Harpawi² dan Muhammad Yanuar Hariyawan³

¹ Politeknik Caltex Riau, email: trifandi15tet@mahasiswa.pcr.ac.id

² Politeknik Caltex Riau, email: noptin@pcr.ac.id

³ Politeknik Caltex Riau, email: yanuar@pcr.ac.id

Abstrak

Gigahertz Transverse Electromagnetic Chamber (GTEM) cell merupakan suatu solusi dalam pengujian radiated immunity dan emission pada perangkat yang memancarkan sumber emisi (EMI). Septum GTEM cell yang berperan sebagai antena penerima radiasi dirancang menggunakan metode antena microstrip log periodic dipole array (LPDA). Sebelum diimplementasikan dalam perancangannya, karakteristik septum dilihat terlebih dahulu dari parameter return loss, VSWR dan gain yang dihasilkan. Desain dengan metode antena LPDA menggunakan spesifikasi khusus dengan parameter $\tau = 0.871$ dan $\sigma = 0.161$ untuk mendapatkan gain = 7 dB. Septum dirancang dengan frekuensi Ultra Wide Band (UWB) dengan range 300 MHz – 1 GHz. Bahan substrat yang digunakan adalah FR4, dengan konstanta dielektrik sebesar 4.6 dan ketebalan 1.6 mm. Septum dirancang menggunakan simulasi CST sebelum diimplementasikan dalam pengujian radiated emission. Parameter yang dihasilkan dari hasil septum ini adalah nilai return loss -10 dB direntang frekuensi 300 MHz – 1 GHz, sementara nilai return loss terendah adalah -60.34 dB pada frekuensi 682.2 MHz dan nilai VSWR >2 pada frekuensi 300 MHz – 1 GHz dengan nilai VSWR terendah adalah 1.104 difrekuensi 552 MHz. Dari hasil pengukuran didapatkan gain sebesar 8.4 dBi dengan tipe polarisasi directional. Septum yang dirancang berhasil melakukan pengukuran radiasi pada EMI source dan smartphone.

Kata kunci : *GTEM cell, Radiated emissions, Septum, Antena Mikrostrip Log Periodik Dipole.*

Abstract

Gigahertz Transverse Electromagnetic Chamber (GTEM) cell is a solution for testing radiated immunity and emission from electromagnetic interference devices. The septum of GTEM cell which acts as a radiation receiving antenna, the septum is designed with micro periodic dipole array (LPDA) microstrip antenna method. Before being implemented hardware, septum characteristics such as return loss, VSWR and the resulting gain are optimized by simulation. The design of the LPDA antenna method uses special specifications with parameters $\tau = 0.871$ and $\sigma = 0.161$ to get gain = 7 dB. Septum is designed on the Ultra Wideband (UWB) frequency with a

range of 300 MHz - 1 GHz. The substrate material used is FR4, with a dielectric constant of 4.6 and a thickness of 1.6 mm. *Septum* was designed using CST simulation before it was implemented in radiated emission testing. The parameters produced from the results of this *septum* are return loss below -10 dB at frequency 300 MHz - 1 GHz, with the lowest return loss value is -60.34 dB at 682.2 MHz and $VSWR > 2$ at a frequency of 300 MHz - 1 GHz. The lowest VSWR is 1.104 at a frequency of 552 MHz. From the measurement results obtained a gain of 8.4 dBi with directional polaradiation type. *Septum* was designed to successfully carry out radiation measurements on the EMI source and smartphone.

Keywords : GTEM cell, Radiated emissions, *Septum*, Log Periodic Dipol Array Antenna

1 Pendahuluan

Pengendalian standarisasi dibahas pada *Electromagnetic Compatible* (EMC), salah satu pengujian di area terbuka *Open Area Test Site* (OATS) yang tertutupi panel logam RF serta peredam gelombang mikro pada antenanya berfungsi untuk mengukur tingkat interferensi radio frekuensi yang terpancar. Dengan menggunakan GTEM cell memungkinkan untuk melakukan uji ketahanan dan radiasi suatu perangkat elektronik terhadap EMI dari suatu DUT (Stander & Sinha, 2013). *Gigahertz Transverse Electromagnetic Chamber* (GTEM) cell dapat beroperasi pada frekuensi tinggi dibandingkan TEM cell yang hanya dapat beroperasi hingga 200 MHz. Hasil pengujian *radiated emission* menggunakan GTEM cell lebih presisi dan tidak terinterferensi sumber EMI dari luar, dikarenakan dalam perancangannya GTEM cell dirancang agar tidak terdapat celah yang dapat masuk didalam ruang *chamber* yang dapat mengganggu hasil pengujian. *Septum* pada GTEM cell dirancang untuk meningkatkan kinerja sehingga dapat fleksibel pada frekuensi tinggi. Material penyusun dimensi *septum* dapat meningkatkan kinerja GTEM cell dengan metode *capacitively loaded loop* (Araujo & Kretly, 2013).

Pembacaan nilai *radiated emission* dipengaruhi oleh rancangan *septum* yang berperan sebagai antenna. *Septum* pada bagian GTEM cell berperan sebagai penerima dari radiasi yang dipancarkan oleh *Driver Under Test* (DUT). Antena mikrostrip *Log Periodic Dipole Array* (LPDA) digunakan sebagai alat ukur radiasi medan elektromagnetik pada *Base Transceiver Station* (BTS). Pembuatan antenna secara mikrostrip dengan bahan dielektrik berupa FR4 sebagai substrat dan elemen antenna berupa tembaga. Antena mikrostrip LPDA mendapatkan hasil yang akurat pada rentang frekuensi 800 – 2400 MHz dengan parameter τ dan σ sebesar 0.8 dan 0.12. Hasil karakteristik *return loss* yang didapat cukup baik karena bernilai dibawah -10 dB, namun hasil pola radiasi yang dihasilkan pada frekuensi 850, 900, dan 2100 MHz belum maksimal dikarenakan *back lobe* yang dihasilkan cukup besar. Oleh karena itu desain antenna ini cukup baik digunakan untuk pengukur radiasi BTS di frekuensi 1800 dan 2300 MHz. (Prananto & Wibowo, 2017).

Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan *septum* GTEM cell menggunakan metode antenna mikrostrip *Log Periodic Dipole Array* (LPDA) yang digunakan untuk pengujian *radiated emission*. *Septum* yang di rancang ini dapat beroperasi pada rentang frekuensi kerja 300 MHz – 1 GHz sesuai standar uji CISPR 22.

2 Perhitungan

Berikut ini akan dijabarkan perhitungan dimensi *septum* menggunakan metode antenna LPDA secara teori sesuai spesifikasi *septum* yang ditentukan.

Langkah 1 : Gain 7 dB didapatkan parameter *scale factor* (τ) = 0.871 dan *relative spacing* (σ) = 0.161 berdasarkan perhitungan *direktivitas*.

Langkah 2 : Perhitungan sudut *septum* (α)

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{1 - 0.871}{4 \times 0.161} = 11.547^\circ$$

Langkah 3 : Perhitungan daerah aktif (*Bar*) digunakan persamaan :

$$Bar = 1.1 + 7.7(1 - 0.871)^2 \cot 11.547^\circ = 1.727$$

Bandwidth desain (B_s) dari *septum* menggunakan metode antena LPDA yang dapat diatur sesuai dengan *bandwidth* yang diinginkan : $B_s = B \cdot Bar = 3.33 \times 1.727 = 5.6996$

Langkah 4 : Perhitungan jumlah elemen (N) dari banyaknya dipol penyusun metode antena mikrostrip LPDA digunakan persamaan :

$$N = 1 + \frac{\ln(5.6996)}{\ln\left(\frac{1}{0.871}\right)} = 13.6 = 14 \text{ Elemen}$$

Langkah 5 : Perhitungan panjang maksiman dipol dari metode antena mikrostrip LPDA digunakan persamaan :

$$l_{max} = 0.5 \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{4.4} \times (3 \times 10)^8} = 23.83 \text{ cm}$$

Langkah 6 : Penentuan lebar berdasarkan syarat bahwa nilai Z_a tidak negatif dan nilai $R_{in} = 50 \text{ ohm}$, sehingga dipilih nilai $W_{max} = 2.12 \text{ cm}$.

$$\text{Dan Impedansi rata-rata antena : } Z_a = 120 \left[\ln\left(\frac{23.83}{2.12}\right) - 2.25 \right] = 20.37 \text{ ohm}$$

Berdasarkan Z_a/R_{in} maka didapatkan $Z_o/R_{in} = 4 \text{ ohm}$. Dengan mengetahui nilai- nilai diatas maka dapat ditentukan nilai impedansi karakteristik *feeder line* (Z_o) dengan penurunan sebagai berikut:

$$Z_o \cong 4 \times 50 = 200 \text{ ohm}$$

Langkah 7 : Dengan mengetahui nilai Z_o maka nilai w_{max} dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut :

$$S_{max} = 2.12 \times \text{Cosh}\left(\frac{200}{120}\right) = 5.812 \text{ cm}$$

Langkah 8 : Perhitungan lebar dan panjang *feed* digunakan persamaan *feedline* didapatkan lebar $W_f = 3.461 \text{ mm}$ dan panjang $l_f = 11.918 \text{ mm}$

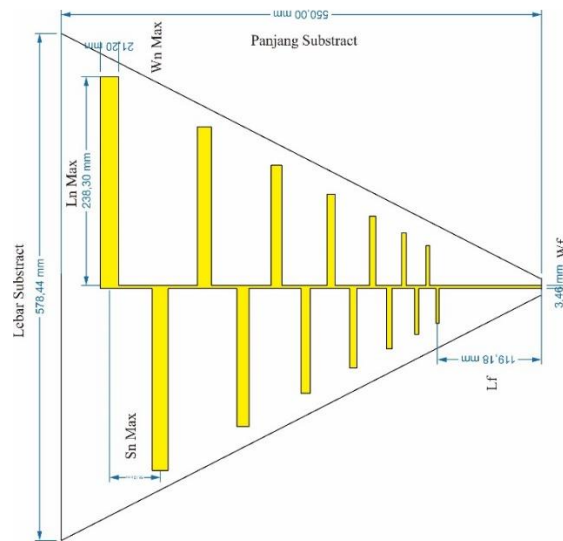
Langkah 9 : Menggunakan persamaan perbandingan tiap elemen *dipole*

Tabel 2.1 Ukuran dimensi tiap dipol

No	Ln (cm)	Sn (cm)	Wn (cm)
1	23.83	5.812	2.12
2	20.761	5.062	1.846
3	18.083	4.409	1.608
4	15.75	3.840	1.401
5	13.718	3.345	1.220
6	11.949	2.914	1.063
7	10.407	2.538	0.925
8	9.065	2.210	0.806
9	7.895	1.925	0.702
10	6.877	1.677	0.612
11	5.99	1.460	0.533
12	5.217	1.272	0.464
13	4.544	1.108	0.404
14	3.958	0.965	0.352

a. Spesifikasi Antena

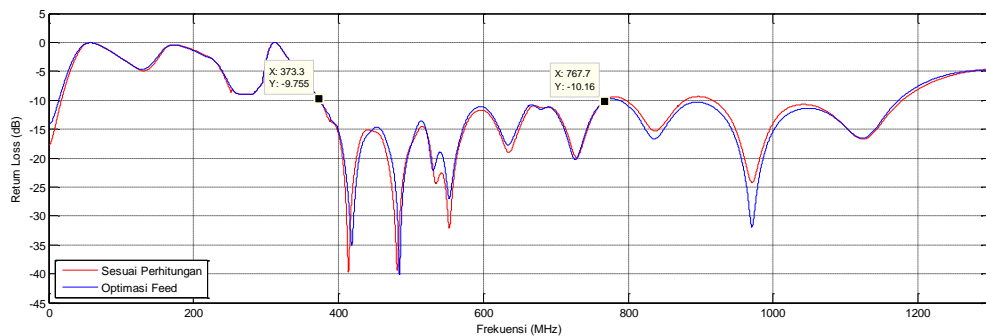
1. Frekuensi kerja : 300MHz – 1 GHz
2. *Return loss* : ≤ -10 dB
3. VSWR : $1 \leq \text{VSWR} < 2$
4. Konstanta dielektrik : 4.6
5. Ketebalan *substract* : 1.6 mm
6. Desain *septum*

Gambar 2.1 Dimensi *septum* sesuai perhitungan

3 Pengujian dan Analisis

3.1 Optimasi *Feed Septum*

Optimasi *feed septum* bertujuan untuk mendapatkan *matching impedance* menjadi 50 *ohm*. Berdasarkan dimensi *septum* sesuai perhitungan secara teori, didapatkan hasil *reference impedance* yaitu 58 *ohm*. Dari proses optimasi dapat dianalisa bahwa semakin besar nilai *Wf* pada *feed* maka nilai *reference impedance* akan semakin menurun, begitu juga sebaliknya. Sehingga untuk menurunkan nilai *reference impedance* dapat dilakukan dengan memperbesar lebar *Wf* pada *feed*. Menggunakan metode *parameter sweep* didapatkan nilai *Wf* yang mendekati *reference impedance* 50 *ohm* yaitu pada 4.05 mm.

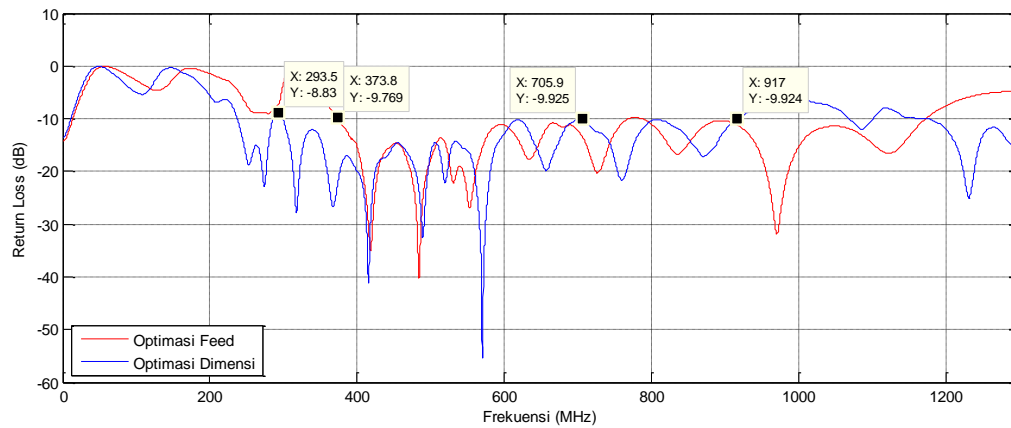
Gambar 3.1 Optimasi *feed septum*

3.2 Perubahan Dimensi Tiap Dipol

Dengan mengubah perhitungan, diharapkan desain *septum* lebih panjang sesuai idealnya *septum* pada GTEM *cell*. Dalam perhitungan untuk pengoptimasian dimensi dipol, parameter frekuensi terendah diganti dari 300 MHz menjadi 245 MHz. Sehingga didapatkan dimensi dipol yang lebih besar, hasil perubahan tersebut menyebabkan penurunan nilai *returnloss* frekuensi rendah.

Tabel 3.1 Perubahan dimensi dipol maksimal

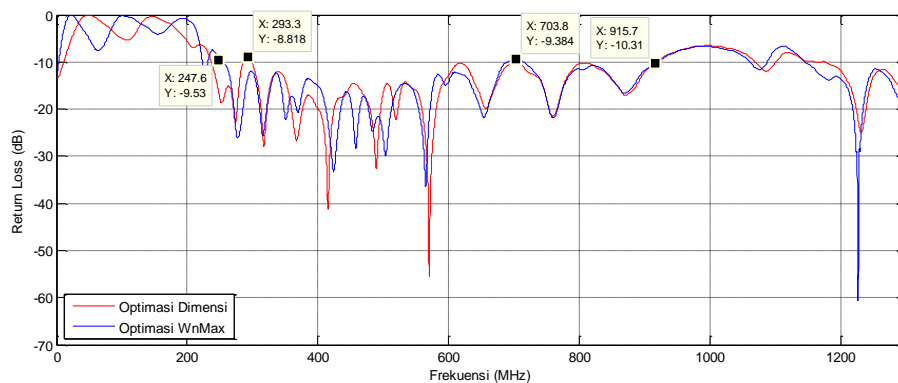
Dimensi	Perhitungan awal (mm)	Optimasi (mm)
Panjang Dipol Maksimal ($L_n Max$)	238.3	285.46
Lebar Dipol Maksimal ($W_n Max$)	21.2	25.5
Jarak Maksimal Antar Dipol ($S_n Max$)	58.12	71.74



Gambar 3.2 Optimasi setelah perubahan tiap dimensi dipol

3.2.1 Optimasi Nilai $W_n Max$

Pengoptimasian nilai W_{max} bertujuan menurunkan *returnloss* difrekuensi 287 MHz – 400 MHz sehingga *bandwidth* difrekuensi rendah menjadi lebih lebar. Dapat dianalisa bahwa semakin besar nilai W_{max} maka *returnloss* difrekuensi rendah menjadi turun. Namun apabila W_{max} terlalu besar akan menyebabkan *returnloss* pada frekuensi tinggi menjadi naik, sehingga didapatkan nilai W_{max} yang ideal berada pada 2.55 cm. Hal itu terbukti dari hasil nilai *returnloss* yang didapatkan, dimana pada rentang frekuensi 263 MHz – 385 MHz mengalami penurunan.

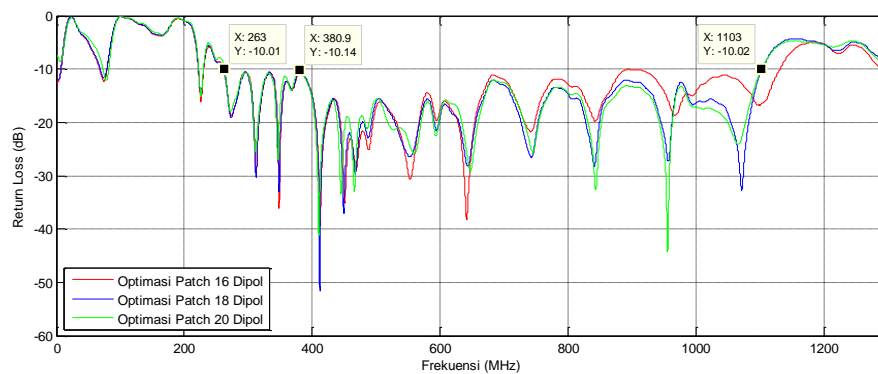


Gambar 3.3 Hasil Optimasi ketika pelebaran dan penambahan $W_n Max$

3.2.2 Penambahan Jumlah Dipol

Penambahan dipol untuk frekuensi tinggi ini dapat menyebabkan kenaikan nilai *return loss* difrekuensi rendah, oleh karena itu penambahan dipol pada *patch* dan *ground* hanya ditambah 1 dipol. Dari pengoptimasian tersebut didapatkan penurunan nilai *return loss* difrekuensi tinggi. Hasil yang didapatkan lebih signifikan perbedaannya difrekuensi tinggi. Namun dalam penambahan dipol untuk frekuensi tinggi ini dapat menyebabkan kenaikan nilai *return loss* difrekuensi rendah, oleh karena itu penambahan dipol pada *patch* dan *ground* hanya ditambah 1 dipol.

Untuk menurunkan nilai *return loss* frekuensi tinggi namun tetap menjaga agar frekuensi rendah tidak naik signifikan, maka dilakukan penambahan dipol pada bagian *patch* saja. Hasil yang didapatkan lebih baik, dimana frekuensi tinggi turun secara perlahan.

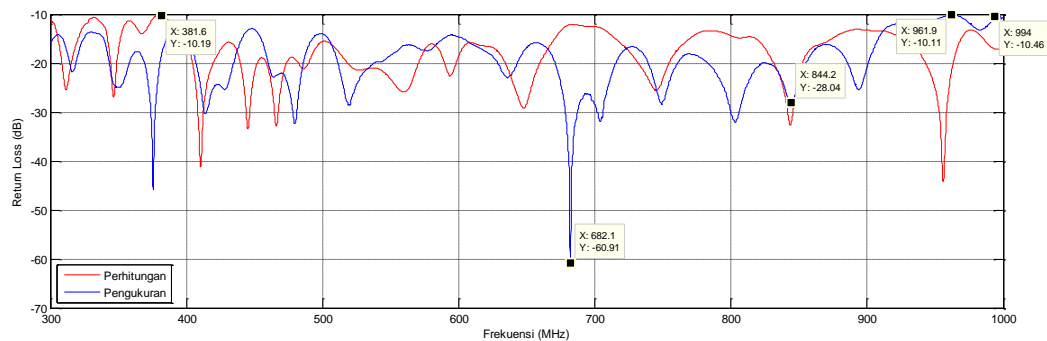


Gambar 3.4 Hasil Optimasi penambahan dipol *patch*

3.3 Pengujian *return loss* pada fabrikasi

Didapatkan hasil nilai *return loss* terendah *septum* hasil pabrikan lebih baik dibandingkan dengan nilai *return loss* terendah simulasi, karena hasil pabrikan memiliki nilai *return loss* terendah adalah -61.37 dB pada frekuensi 681.5 MHz dan hasil simulasi memiliki nilai *return loss* terendah adalah -50.06 dB pada frekuensi 843.2 GHz. Hal ini terjadi adanya pergeseran frekuensi oleh beberapa faktor diantaranya terdapat rugi-rugi dari hubungan *port* ke antena. Kesalahan yang ditemukan dalam fabrikasi adalah pergeseran posisi *center feed* diujung dipol 1 mm sehingga menyebabkan perbedaan hasil simulasi dan pengukuran. *Return loss septum* yang naik dapat disebabkan oleh pemasangan *port*. Saluran transmisi dan impedansi masukan yang kurang

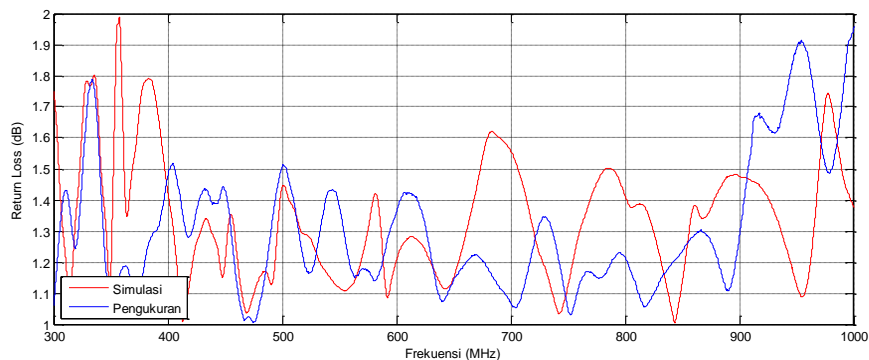
matching mengakibatkan terjadinya pantulan sehingga antenna tidak menyerap sinyal secara maksimal atau menimbulkan rugi-rugi pada antenna.



Gambar 3.5 Hasil pengukuran *returnloss*

3.4 Pengujian VSWR

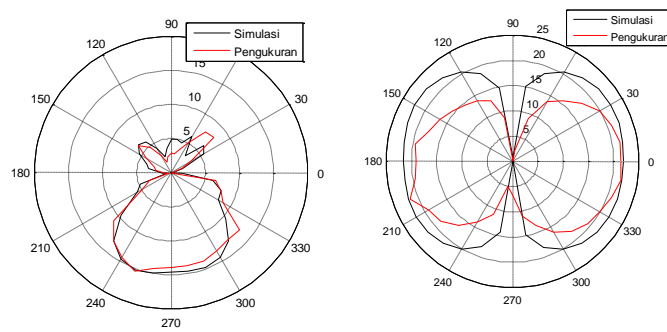
Grafik nilai pengukuran VSWR difrekuensi 300 MHz-1 GHz antara simulasi dan pengukuran telah memenuhi syarat ≤ 2 . Dari hasil simulasi didapatkan VSWR terbaik pada frekuensi 843 MHz dengan VSWR 1,0063, sedangkan hasil pengukuran didapatkan nilai *return loss* terbaik pada frekuensi 475 MHz dengan VSWR 1,0056.



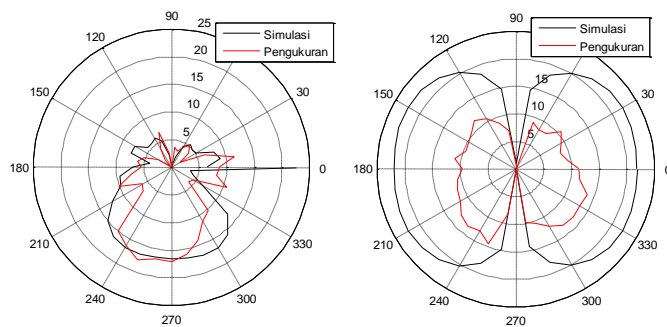
Gambar 3.6 Grafik pengukuran VSWR simulasi dan pengukuran

3.5 Pengujian Pola Radiasi

Pengujian polaradiasi dilakukan dengan dua cara yaitu secara vertikal dan horizontal. Pada pengujian secara horizontal dilakukan pada frekuensi 681.5 MHz dan 844.2 MHz. Pada pengujian ini didapatkan hasil fabrikasi mendekati hasil simulasi. Polaradiasi yang diperoleh sesuai yaitu *directional* dengan nilai polaradiasi terbaik diperoleh saat antenna diputar vertikal dengan posisi antenna 0 derajat pada frekuensi 681.5 MHz dan disaat antenna diputar Horizontal dengan posisi antenna 250 derajat pada frekuensi 844.2 MHz. Berikut perbandingan polaradiasi antara simulasi dan pabriaksi:



Gambar 3.7 Perbandingan polaradiasi antara simulasi dan pabrikasi secara vertikal dan horizontal frekuensi 618.5 MHz



Gambar 3.8 Perbandingan polaradiasi antara simulasi dan pabrikasi secara vertikal dan horizontal frekuensi 844.2 MHz

3.6 Pengujian Gain

Pengujian *gain* dilakukan dengan antenna referensi, untuk mengukur daya yang diterima antenna hasil pabrikasi dilakukan juga pengukuran daya terhadap antenna referensi.

Tabel 3.2 Perndingan *gain* simulasi dan pengukuran

Frekuensi	Simulasi	Pengukuran
681.5 MHz	5.21 dBi	8.54 dBi
844.2 MHz	4.28 dBi	8.43 dBi

4 Kesimpulan

Dari hasil data yang diperoleh, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Nilai returnloss dan VSWR antara simulasi dan fabrikasi mendapatkan hasil sesuai karakteristik standar antenna dengan returnloss -10 dB dan $1 < VSWR < 2$.
- Polaradiasi antenna hasil dari simulasi dan pengukuran adalah directional, dengan hasil terbaik disudut 0° saat kondisi vertikal, dan disudut 270° saat kondisi Horizontal.
- Gain antenna yang dihasilkan >5 dBi. Gain di 681.5 MHz 8.54 dBi dan di 844.2 MHz 8.43 dBi.
- Hasil perancangan septum dapat bekerja hingga frekuensi 3 GHz, meskipun di beberapa titik frekuensi antara 1-2.5 GHz returnloss melewati -10 dB.

Daftar Pustaka

- [1] Araujo, H. X., & Kretly, L. C. (2013). A GTEM chamber design with frequency flexibility using metamaterial concepts on the septum, 2(2), 47–55. (jurnal)
- [2] Stander, T., & Sinha, S. (2013). Development , S imulation and C onstruction of C ost-effective GTEM C ells, 39–44. (jurnal)
- [3] Prananto, H. D., & Wibowo, P. (2017). RANCANG BANGUN ANTENA LOG PERIODIC DIPOLE ARRAY, (1), 30–36. (jurnal)
- [4] Abdullah Aziz, Amir Hamzah, B. S. N. (2014). Design and Realization of Printed Log-Periodic Dipole Array Antenna, 1–5. (jurnal)
- [5] Denny, M., Wijanto, H., Wahyu, Y., Teknik, F., Universitas, E., Log, A., & Dipole, P. (2018). Antena Log Periodik Mikrostrip Ku-Band untuk ESM, 5(1), 313–320. (jurnal)
- [6] Pawar, S. S., Shandilya, M., & Chaurasia, V. (2017). Engineering Science and Technology , an International Journal Parametric evaluation of microstrip log periodic dipole array. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 20(4), 1260–1274. (jurnal)