

PERANCANGAN DAN REALISASI *HARMONIC SUPPRESSION CIRCULAR ANTENNA* UNTUK APLIKASI *WIRELESS ENERGY HARVESTING*

DESIGN AND REALIZATION *HARMONIC SUPPRESSION CIRCULAR PATCH ANTENNA* FOR *WIRELESS ENERGY HARVESTING*

Wildan Fadil Muhammad¹, Zulfi², Yuyu Wahyu³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Laboratorium Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET)-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung

wildanfadilm@student.telkomuniversity.ac.id¹, zulfi@telkomuniversity.ac.id², yuyuwahyusr@gmail.com³

Abstrak

Pertimbangan penting dalam perancangan sistem *wireless energy harvesting* adalah bagaimana mencapai efisiensi yang tinggi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencapai efisiensi yang tinggi tersebut adalah dengan cara menekan sinyal-sinyal harmonik yang dibangkitkan oleh dioda yang terdapat di dalam *rectifier*.

Tugas akhir ini membahas tentang perancangan dan realisasi antena yang memiliki fungsi ganda, yaitu menangkap sinyal dan menekan sinyal-sinyal harmonik. Antena yang digunakan adalah *microstrip circular patch antenna* yang dirancang pada substrat FR4 dengan $\epsilon_r = 4,7$ dengan ketebalan 1,6 mm. Teknik yang digunakan untuk menekan sinyal-sinyal harmonik adalah dengan mencacati bagian *ground plane* dengan susunan teratur sebanyak 9 buah bidang lingkaran masing-masing berjari-jari 5 mm.

Kinerja antena dalam menahan sinyal-sinyal harmonik akan dinyatakan dengan parameter *return loss* antena. Antena yang dirancang mampu menahan frekuensi harmonik kedua dan harmonik ketiga. Sinyal harmonik kedua pada frekuensi 4,9 GHz dapat ditekan sebesar $-0,567 - (-11,541) = 10,974$ dB dan sinyal harmonik ketiga pada frekuensi 7,35 GHz dapat ditekan sebesar $-4,736 - (-10,765) = 6,029$ dB.

Kata kunci : *wireless energy harvesting, microstrip patch antenna, harmonic suppression*

Abstract

An important consideration in designing a wireless energy harvesting system is how to achieve high efficiency. One effort that can be done to achieve high efficiency is by suppressing the harmonic signals generated by the diode contained in the rectifier.

This final project discusses the design and realization of antennas that have multiple functions, namely capturing signals and suppressing harmonic signals. The antenna used is a *microstrip circular patch antenna* designed on a FR4 substrate with $\epsilon_r = 4.7$ with a thickness of 1.6 mm. The technique used to suppress harmonic signals is to choke the ground plane with a regular arrangement of 9 pieces of circle each with a radius of 5 mm.

Antenna performance in holding harmonic signals will be expressed with the antenna return loss parameter. The antenna designed is able to withstand the second harmonic frequency and the third harmonic. The second harmonic signal at a frequency of 4.9 GHz can be suppressed at $-0.567 - (-11.541) = 10.974$ dB and the third harmonic signal at a frequency of 7.35 GHz can be suppressed at $-4.736 - (-10.765) = 6.029$ dB.

Keywords: *Wireless energy harvesting, microstrip patch antenna, harmonic suppression*

1. Pendahuluan

Pemanenan energi dapat dilakukan pada energi yang bersumber dari alam, seperti sinar matahari, angin, panas bumi dan gelombang laut. Namun energi-energi tersebut tidak tersedia sepanjang waktu, contohnya adalah sinar matahari hanya tersedia pada siang hari. Gelombang elektromagnetik tersedia sepanjang waktu, karena sumber energi gelombang elektromagnetik seperti *base transceiver station* (BTS) selalu aktif dan hampir selalu ada di kota-kota besar di seluruh dunia. Oleh karena itu, energi gelombang elektromagnetik memiliki potensi yang lebih baik untuk pemanenan energi [9].

Prinsip pemanenan energi gelombang elektromagnetik adalah antena diharapkan dapat menangkap energi sebanyak mungkin. Alat pemanenan energi gelombang elektromagnetik terdiri dari dua bagian utama, yaitu antena dan *rectifier*. Komponen utama dari *rectifier* adalah dioda yang berfungsi sebagai *switch*. Karakteristik non linear dari

dioda menyebabkan aliran arus tidak konsisten sehingga dapat membangkitkan sinyal tak diinginkan pada frekuensi-frekuensi harmonik. Sinyal-sinyal harmonik ini dipantulkan oleh *rectifier* menuju antenna dan selanjutnya bercampur dengan gelombang elektromagnetik yang terdapat di sekitar antenna. Hal ini mengakibatkan total gelombang elektromagnetik yang dapat ditangkap oleh antenna menjadi relatif kecil atau jumlah energi yang dapat dipanen menjadi sedikit.

Untuk mengatasi permasalahan sinyal-sinyal harmonik tersebut di atas, telah digunakan sebuah filter, disebut sebagai *harmonic filter*, yang dipasang di antara antenna dan *rectifier*. Namun, pemasangan *harmonic filter* justru menambah rugi-rugi berupa *insertion loss* pada sistem. Selain itu, pemasangan *harmonic filter* memperbesar ukuran sistem, menambah berat sistem dan menambah biaya sistem. Tugas Akhir ini mengusulkan penggunaan *harmonic suppression antenna* untuk mengatasi permasalahan sinyal-sinyal harmonik. *Harmonic suppression antenna* adalah antenna yang berfungsi menangkap sinyal sekaligus berfungsi sebagai filter yang dapat menahan sinyal-sinyal harmonik tidak sampai ke *rectifier* [9].

2. Desain Antena

Antena mikrostrip *patch* rektanguler dengan frekuensi kerja 2,45 GHz menggunakan substrat FR-4 (*lossy*) dengan tebal (h) 1,6mm dan konstanta dielektriknya (ϵ_r) adalah 4,7. Pendekatan yang dilakukan untuk menentukan dimensi antenna yaitu menggunakan rumus [1]:

$$W = \frac{1}{2fr\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

Dimana :

- W : lebar *patch*
- ϵ_r : konstanta dielektrik
- f : frekuensi kerja antenna

Sedangkan untuk menentukan dimensi panjang *patch* (L) diperlukan parameter ΔL , yaitu pertambahan panjang *patch* akibat *fringing effect*. Untuk mencari panjang *patch* dapat menggunakan rumus [1]:

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi\epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) \right] + 1,7726 \right\}} \quad (2.1)$$

$$r = a \left\{ 1 + \frac{2h}{\pi a \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi a}{2h} \right) \right] + 1,7726 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Konstanta dielektrik efektif:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}} \quad (2.2)$$

dimana fr dan h berturut-turut adalah frekuensi kerja antenna dan tinggi *substrate*.

Lebar minimum *substrate* dan *groundplane*:

$$W_g = W_s = 6h + W \quad (2.4)$$

Panjang minimum *substrate* dan *ground plane*:

$$L_g = L_s = 6h + L \quad (2.5)$$

Lebar *feedline*:

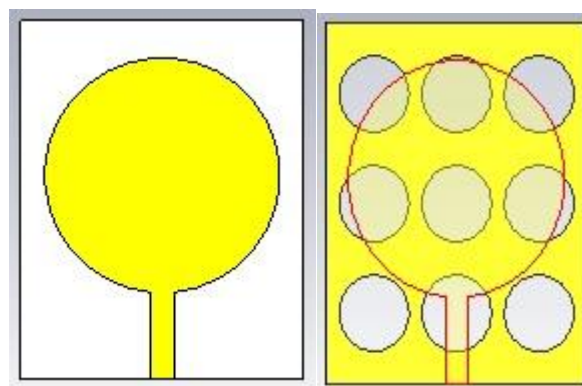
$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right\} \right] \quad (2.6)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \tag{2.7}$$

Panjang *feedline*:

$$L_f = \frac{C}{4f\sqrt{\epsilon_{eff}}} \tag{2.8}$$

Dimensi dari *harmonic suppression antenna* dengan *patch* rektangular yang bekerja pada frekuensi 2,45 GHz ditunjukkan pada gambar 1. Spesifikasi parameter desain antenna dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Desain *harmonic suppression antenna* (kiri) tampak depan (kanan) tampak belakang.

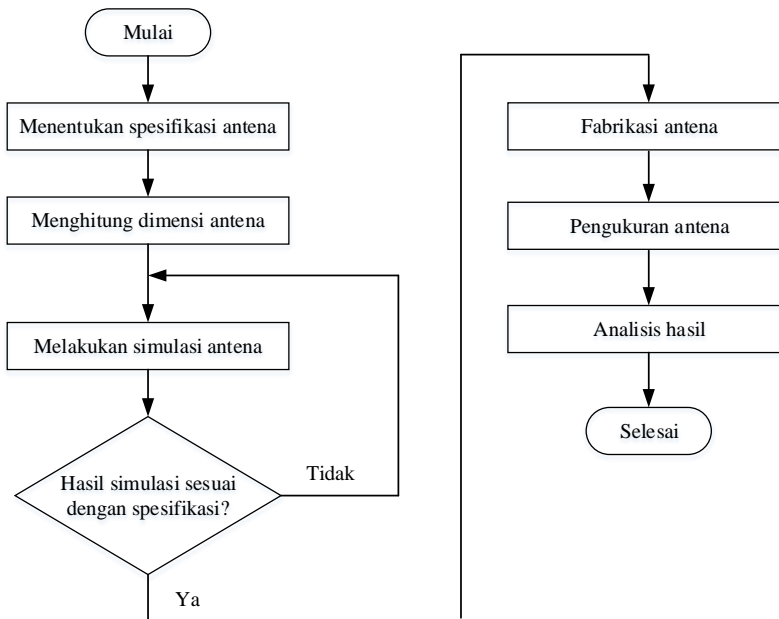
Tabel 1. Dimensi *harmonic suppression antenna*.

Parameter	Hasil perhitungan (mm)	Hasil Optimasi (mm)
Jari-Jari Patch (r)	13,28	16,8
Panjang <i>groundplane</i> (Lg)	47,46	47,46
Lebar <i>groundplane</i> (Wg)	36,16	36,16
Panjang <i>feedline</i> (Lf)	11,3	11,3
Lebar <i>feedline</i> (Wf)	3,057	3,057
Tinggi <i>substrate</i> (h)	1,6	1,6
Tinggi <i>copper</i> (t)	0,035	0,035

Teknik DGS berbentuk 9 buah lingkaran yang letaknya disesuaikan dengan *patch*, *inset feed*, dan juga notch pada patch bertujuan untuk menekan frekuensi harmonik.

3. Perancangan dan Realisasi Antena

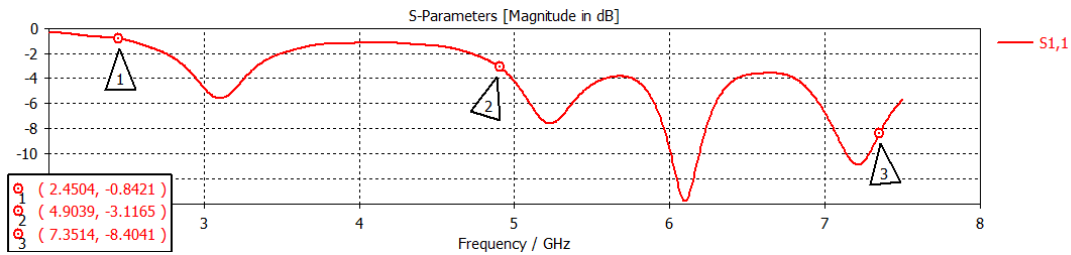
Untuk memudahkan penelitian, perlu dibuat diagram alir penelitian. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

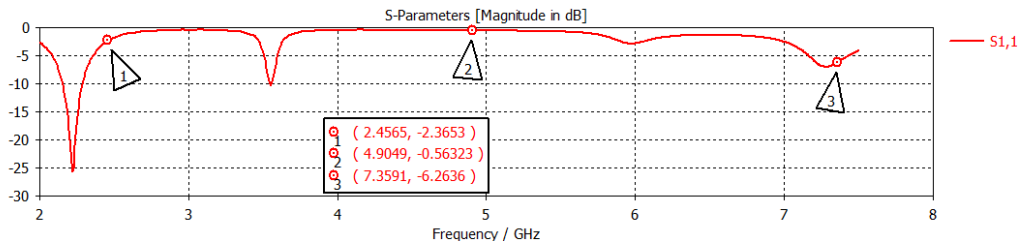
3.1 Antena Simulasi

Simulasi antenna dibuat menggunakan simulator CST Studio. Dimensi antenna konvensional dihitung menggunakan persamaan (2.1-2.6). Substrat yang digunakan adalah FR-4 dengan nilai permitivitas sebesar 4,7 dan tebal 1,6 mm. Hasil simulasi antenna konvensional dapat dilihat pada Gambar 3. Pada gambar dapat dilihat bahwa pada frekuensi kerja 2,45 GHz nilai *return loss*nya adalah -0,83722 dB. Pada frekuensi harmonik kedua 4,9 GHz nilai *return loss*nya adalah -3,0942 dB dan pada frekuensi harmonik ketiga 7,35 GHz nilai *return loss*nya adalah -8,4361 dB. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa pada antenna konvensional frekuensi harmonik masih dibangkitkan.



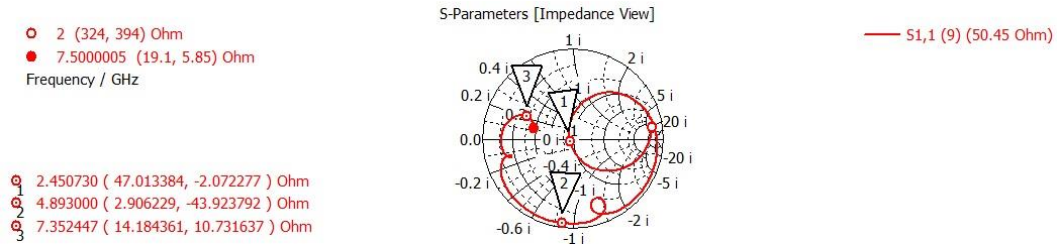
Gambar 3. Kurva *return loss* antenna konvensional *patch* rectangular.

Langkah berikutnya yaitu dengan menggunakan teknik DGS 9 buah lingkaran. Pada Gambar 4 menunjukkan nilai *return loss* pada frekuensi kerja antenna 2,45 GHz adalah -19,984 dB. Pada harmonik kedua, nilai *return loss*nya adalah -1,2005 dB dan pada frekuensi harmonik ketiga adalah -1,1595 dB. Dapat disimpulkan bahwa teknik DGS membantu untuk menekan frekuensi harmonik. Namun kurva *return loss* yang didapat masih belum baik.

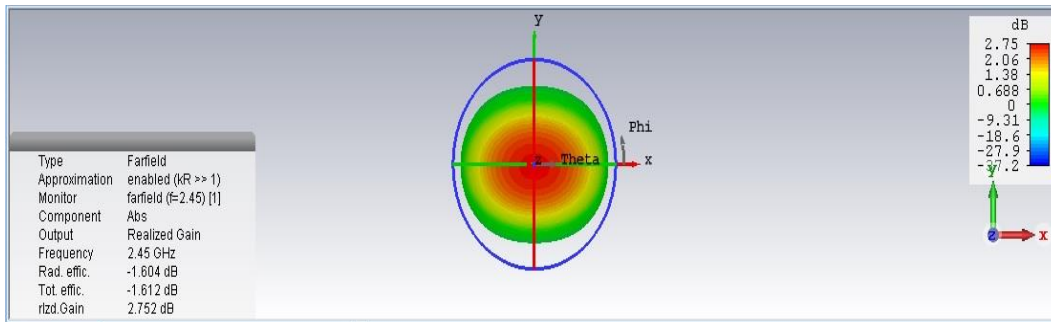


Gambar 4. Kurva *return loss* antenna dengan teknik DGS.

Pada Gambar 6 menunjukkan *matching impedance* antenna pada frekuensi 2,45 GHz adalah $(47,013384 - j2,072277) \Omega$. Dapat disimpulkan bahwa *matching impedance* yang baik telah tercapai. Pada Gambar 7 menunjukkan pola radiasi antenna dan *gain* yang diperoleh adalah 2 dB.

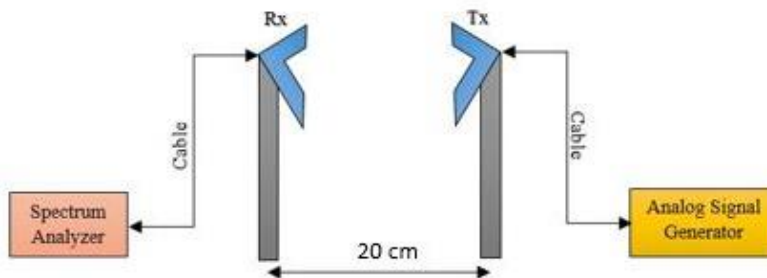


Gambar 5. Nilai impedansi *harmonic suppression antenna* simulasi.



3.2 Perbandingan Antena Simulasi dan Realisasi

Antena hasil simulasi direalisasikan atau dicetak kemudian dilakukan pengukuran terhadap parameter antena realisasi. Pengukuran antena dilakukan di LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) pada dua tempat berbeda yaitu ruangan Anechoic Chamber (AC) dan Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro. Metode pengukuran antena menggunakan pengukuran identik atau antena yang kembar. *Set up* pengukuran yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 7.

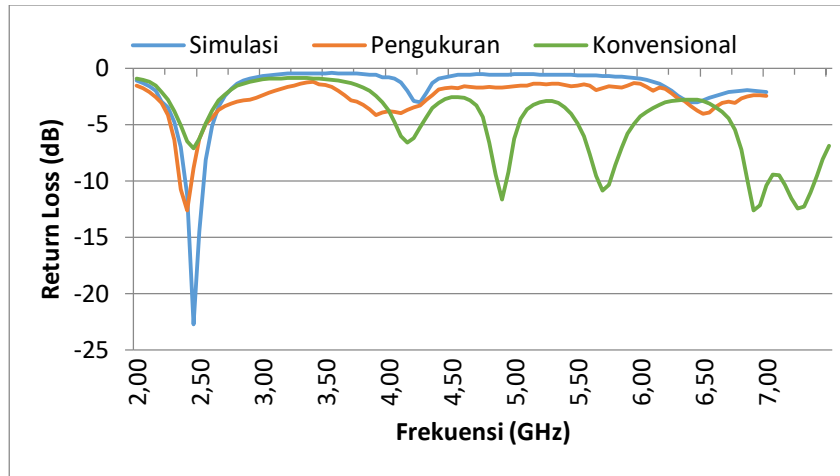


Gambar 6. *Set up* pengukuran.

Pada gambar 4.3, antena hasil simulasi frekuensi resonansi pada harmonik pertama adalah 2,45 GHz dan nilai *return loss*nya adalah -27,886 dB. Pada harmonik kedua frekuensi resonansinya adalah 4,9 GHz dan nilai *return loss*nya adalah -0,566 dB. Pada harmonik ketiga frekuensi resonansi nya adalah 7,35 GHz dan nilai *return loss*nya adalah -4,872 dB.

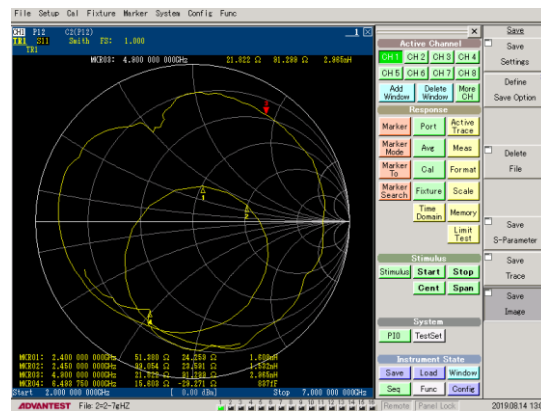
Sedangkan antena realisasi frekuensi resonansi pada harmonik pertama adalah 2,45 GHz dan nilai *return loss*nya adalah -8,824 dB. Pada harmonik kedua frekuensi resonansinya adalah 4,9 GHz dan nilai *return loss*nya adalah -1,762 dB. Pada harmonik ketiga frekuensi resonansinya adalah 7,35 GHz dan nilai *return loss*nya adalah -4,045 dB.

Dari data di atas menunjukkan nilai *return loss* realisasi *harmonic suppression antenna* mengalami sedikit penurunan performa dibandingkan dengan saat simulasi. Pada frekuensi kerja nilai *return loss* mengalami penurunan sebesar 19,062 dB. Pada frekuensi harmonik kedua mengalami penurunan sebesar 1,196 dB, dan pada frekuensi harmonik ketiga mengalami penurunan sebesar 0,827dB.



Gambar 7. Perbandingan return loss antenna simulasi, konvensional dan realisasi.

Pada Gambar 9 menunjukkan nilai *matching impedance* antenna realisasi. Perbandingan nilai *matching impedance* antenna realisasi dan simulasi ditunjukkan pada Tabel 2.



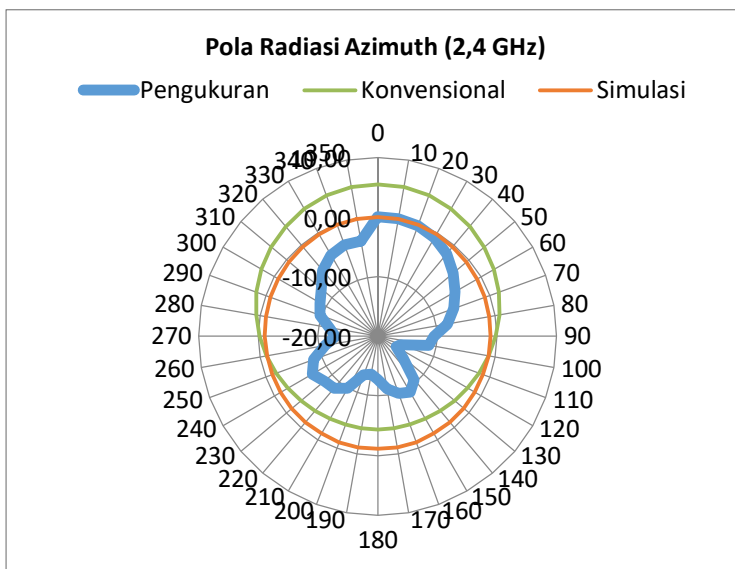
Gambar 8. Matching impedance antenna realisasi.

Tabel 2. Perbandingan impedansi antenna simulasi dan realisasi.

Frekuensi (GHz)	Impedansi (Ω)	
	Simulasi	Realisasi
2,45	(46,562+j0,439)	(51,380 + j24,259)
4,9	(2,867 - 43,493j)	(21,822 + j31,299)
,35	(68,783 + j10,708)	(15,603 – 29,271j)

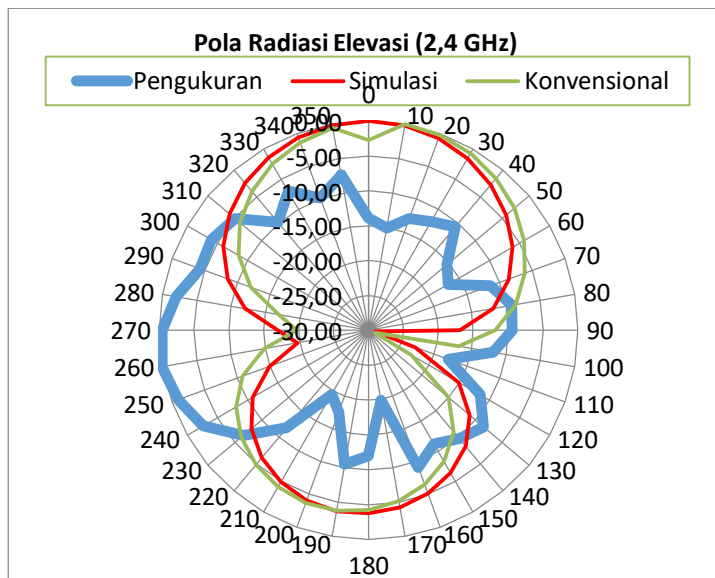
Pada Gambar 9 menunjukkan pola radiasi azimuth antenna dan Gambar 11 menunjukkan pola radiasi elevasi antenna. Pengukuran dilakukan di ruangan Anechoic Chamber (AC).

Gambar 9. Perbandingan pola radiasi azimuth antenna simulasi dan realisasi.



Pada gambar 10 menunjukkan polarisasi antenna simulasi dan realisasi. Terjadi perubahan polarisasi. Pada simulasi, polarisasi antenna adalah polarisasi linier, sedangkan pada realisasi, polarisasi antenna adalah polarisasi elips.

Gambar 10. Perbandingan pola radiasi elevasi antenna simulai dan realisasi.



Nilai parameter antenna simulasi dan realisasi dirangkum pada Tabel 3.

Parameter	Simulasi	Realisasi
<i>Returnloss</i> (dB)	-27,886	-8,824
VSWR	1,1011426	1.606
<i>Gain</i> (dB)	2,75	0,990
Pola radiasi	<i>bidirectional</i>	<i>bidirectional</i>
Polarisasi	linier	elips

Tabel 3. Perbandingan parameter antenna

4. Kesimpulan

Tugas akhir ini berhasil merancang dan merealisasikan *harmonic suppression circular patch antenna*, yaitu antenna yang berfungsi menangkap sinyal dan sebagai filter untuk menekan sinyal-sinyal harmonik. Antena yang dirancang mampu menahan frekuensi harmonik kedua dan harmonik ketiga. Sinyal harmonik kedua pada frekuensi 4,9 GHz dapat ditekan sebesar $-0,567 - (-11,541) = 10,974$ dB dan sinyal harmonik ketiga pada frekuensi 7,35 GHz dapat ditekan sebesar $-4,736 - (-10,765) = 6,029$ dB.

Daftar Pustaka:

- [1] C. A. Balanis, *Antenna Theory, Analysis, and Design*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2005.
- [2] T. Kobori, H. Arai, *Harmonics Suppression for Circular Microstrip Antenna with Slits and Open Stubs*, Department of Electrical and Computer Engineering, Yokohama National Univ.
- [3] Y. Horii and M. Tsutsumi, "Harmonic control by photonic bandgap on microstrip patch antenna," *Microwave and Guided Wave Letters, IEEE*, vol. 9, no. 1, pp. 13-15, Jan. 1999.
- [4] J. Yeo, D. Kim, *Harmonic Suppression Characteristic of a CPW-FED Circular Slot Antenna Using Single Slot on A Ground Conductor*, *Progress In Electromagnetics Research Letters*, pp 11-19, Vol. 11, 2009
- [5] R.A.Rahim, S.I.S.Hassan, F.Malek, M.N.Junita, "A 2.45 GHz Circular Patch Antenna with Harmonic Suppression for Wireless Power Transmission," 2012 IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering Research, Kota Kinabalu, Malaysia, pp. 283-287.
- [6] R.A.Rahim, S.I.S.Hassan, F.Malek, M.N.Junita, F.Jamlos, M.N.Azizan, *A Harmonic Suppression Circularly Polarized Patch Antenna for an Ambient Energy Harvesting System*, 2013 IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CEAT).
- [7] F.J. Huang, T.C. Yo, C.M. Lee, C.H. Luo, *Design of Circular Polarization Antenna With Harmonic Suppression for Rectenna Application*, *IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters*, pp 592-595, Vol. 11, 2012.
- [8] I.S.Taha, K.M. Ayyuce, I. Ismail, *Circularly Polarized Microstrip Patch Antenna with Slits*, *Progress in Applied Computational Electromagnetics*, pp 754-758, April 2010.
- [9] R.A.Rahim, S.I.S.Hassan, F.Malek, M.N.Junita, F.Jamlos, M.N.Azizan, *A 2.45 GHz Harmonic Suppression Rectangular Patch Antenna*, 2012 IEEE Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics.
- [10] C.W.Pobanz and T.Itoh, *A Two-dimensional retrodirective array using slot ring FET mixers*, *Proc 26th European Microwave Conference*, Czech Republic, pp 217-220, Sept 1996.