

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

## DESIGN AND REALIZATION HARMONIC SUPPRESSION ANTENNA FOR WIRELESS ENERGY HARVESTING

Ridwan Adhitya Pradipta<sup>1</sup>, Zulfi<sup>2</sup>, Yuyu Wahyu<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

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

[radhityapradipta@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:radhityapradipta@student.telkomuniversity.ac.id)<sup>1</sup>, [zulfi@telkomuniversity.ac.id](mailto:zulfi@telkomuniversity.ac.id)<sup>2</sup>, [yuyuwahyusr@gmail.com](mailto:yuyuwahyusr@gmail.com)<sup>3</sup>

### Abstrak

Dalam sistem *wireless energy harvesting*, proses pemanenan energi mengalami kendala karena energi yang dikirim dari antena menuju *rectifier* sebagian akan dikembalikan lagi ke antena. Hal ini disebabkan oleh komponen utama *rectifier*, yaitu dioda, merupakan komponen non linier yang dapat membangkitkan sinyal-sinyal harmonik. Oleh karena itu, untuk meningkatkan energi yang dipanen, maka sinyal-sinyal harmonik yang muncul harus ditekan.

Tugas akhir ini bertujuan merancang dan merealisasikan suatu antena yang berfungsi ganda, yaitu menangkap sinyal sekaligus berfungsi sebagai *filter* yang dapat menekan sinyal-sinyal harmonik yang muncul. Metode yang digunakan dalam menekan sinyal-sinyal harmonik adalah dengan melakukan modifikasi pada bagian *ground plane* antena dengan teknik *defected ground structure* (DGS) dan melakukan modifikasi pada bagian *patch* antena dengan teknik *notch*.

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software* CST 2017, antena yang dirancang dapat menekan sinyal-sinyal harmonik, yaitu nilai *return loss* menjadi lebih besar dari -3 dB. Nilai *return loss* sinyal harmonik kedua pada frekuensi 3,6 GHz dapat ditekan dari -7,1539 dB menjadi -1,2005, sedangkan nilai *return loss* sinyal harmonik ketiga pada frekuensi 5,4 GHz dapat ditekan dari -11,043 dB menjadi -1,1595.

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

### Abstract

In wireless energy harvesting, the process of harvesting energy has a problem because some energy from antenna to the rectifier will be returned back to the antenna. it is caused by the rectifier main component, diode, which is a non linear component that can generates the harmonic signals. Therefore, the harmonic signal must be suppressed to increase the harvested energy.

This final task is proposed to design and realize an antenna that has a dual function, namely capturing the signals and also as a filter that can suppress the generated harmonic signals. The method used to suppress harmonic signals are by modifying the ground plane of the antenna with the defected ground structure (DGS) technique and modifying the patch of the antenna with the notch technique.

Based on the simulation result using CST 2017 software, the design of antenna can suppress harmonic signals, the return loss value is higher than -3 dB. The value of return loss of the second harmonic signal at the frequency of 3,6 GHz can be reduced from -7,1539 dB to -1,2005 dB, meanwhile the return loss value of the third harmonic signal at the frequency of 5,4 GHz can be reduced from -11,043 dB to -1,1595 dB.

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

### 1. Pendahuluan

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 linier 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 [2].

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 [2]. 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*.

Dalam jurnal tugas akhir ini dilakukan perancangan dan realisasi *harmonic suppression antenna*. Antena yang diusulkan adalah antenna mikrostrip bentuk rektanguler dengan *notch*, *slot* dan penggunaan *inset feed* dan bekerja pada frekuensi 1,8 GHz.

## 2. Desain Antena

Antena mikrostrip *patch* rektanguler dengan frekuensi kerja 1,8 GHz menggunakan substrat FR-4 (*lossy*) dengan tebal ( $h$ ) 1,6mm dan konstanta dielektriknya ( $\epsilon_r$ ) 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*
- $\epsilon_r$  : konstanta dielektrik
- f : frekuensi kerja antenna

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

$$L = \frac{1}{2f \sqrt{\epsilon_{eff} \epsilon_0 \mu_0}} - 2 \Delta L \quad (2)$$

Untuk mencari nilai L dapat menggunakan rumus [1]:

$$\frac{\Delta L}{h} = 0,42 \left[ \frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left( \frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) \left( \frac{W}{h} + 0,8 \right)} \right] \quad (3)$$

Permittivitas efektif dapat dicari menggunakan rumus [1]:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}} \quad (4)$$

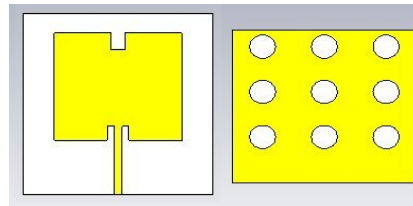
Kemudian untuk menentukan lebar *groundplane* dan *substrate* dapat menggunakan rumus [1]:

$$W_g = W_s = 6h + W \quad (5)$$

Dan untuk panjang *groundplane* dan *substrate* digunakan rumus [1]:

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

Dimensi dari *harmonic suppression antenna* dengan *patch* rektangular yang bekerja pada frekuensi 1,8 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.

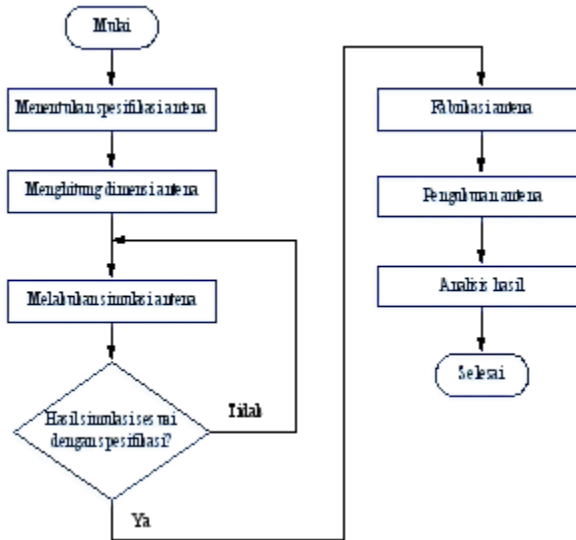
**Tabel 1.** Dimensi *harmonic suppression antenna*.

Parameter Antena	Satuan (mm)
Panjang <i>patch</i> (L)	38,4
Lebar <i>patch</i> (W)	47
Panjang <i>groundplane</i> (L <sub>g</sub> )	70
Lebar <i>groundplane</i> (W <sub>g</sub> )	65
Panjang <i>substrate</i> (L <sub>s</sub> )	70
Lebar <i>substrate</i> (W <sub>s</sub> )	65
Panjang <i>feedline</i> (L <sub>f</sub> )	19,55
Lebar <i>feedline</i> (W <sub>f</sub> )	2,932
Tinggi <i>substrate</i> (h)	1,6
Tinggi <i>copper</i> (t)	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

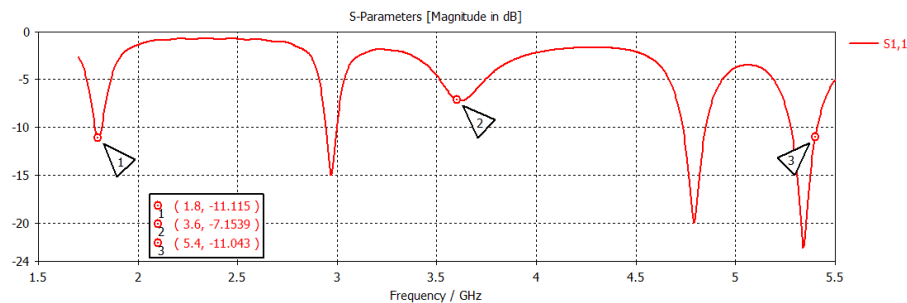
Untuk memudahkan penelitian, perlu dibuat diagram alir penelitian. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

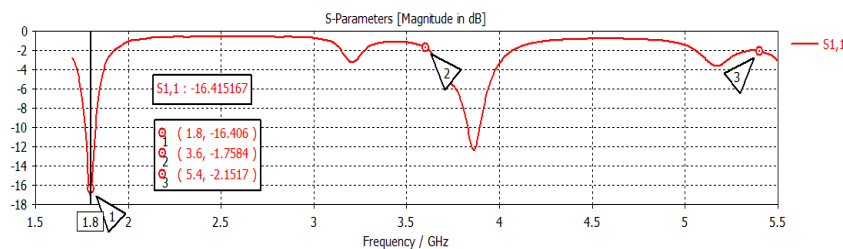
**3.1 Antena Simulasi**

Simulasi antenna dibuat menggunakan simulator CST 2017. 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 1,8 GHz nilai *return loss*nya adalah -11,115 dB. Pada frekuensi harmonik kedua 3,6 GHz nilai *return loss*nya adalah -7,1539 dB dan pada frekuensi harmonik ketiga 5,4 GHz nilai *return loss*nya adalah -11,043 dB. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa pada antenna konvensional frekuensi harmonik masih dibangkitkan.



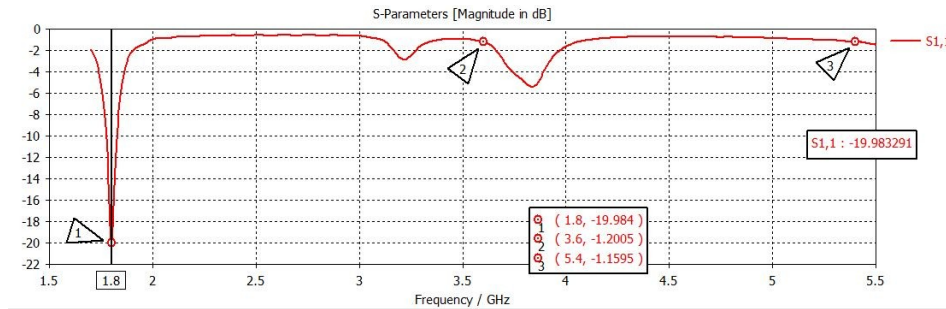
Gambar 3. Kurva *return loss* antenna konvensional *patch* rectangular.

Langkah berikutnya yaitu dengan menggunakan teknik DGS 9 buah lingkaran. Pada Gambar 4 menunjukkan nilai *return loss* pada frekuensi kerja antenna 1,8 GHz adalah -16,406 dB. Pada harmonik kedua, nilai *return loss*nya adalah -1,7584 dB dan pada frekuensi harmonik ketiga adalah -2,1517 dB. Dapat disimpulkan bahwa teknik DGS membantu untuk menekan frekuensi harmonik. Namun kurva *return loss* yang didapat masih belum baik.



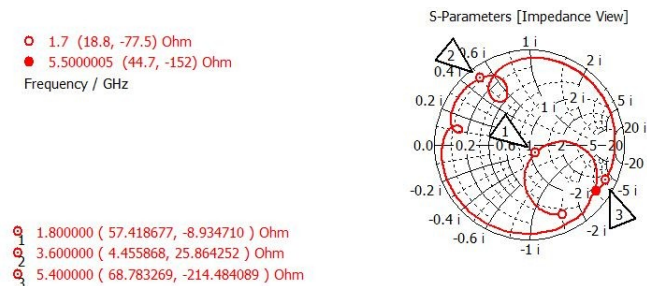
Gambar 4. Kurva *return loss* antenna dengan teknik DGS.

Untuk mendapatkan bentuk kurva yang lebih baik dan lebih menekan frekuensi harmonik, *inset feed* dan *notch* pada bagian patch antenna juga digunakan, dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai *return loss* pada frekuensi kerja antenna 1,8 GHz adalah -19,984 dB. Pada frekuensi harmonik kedua, nilai *return loss*nya adalah -1,2005 dB dan pada frekuensi harmonik ketiga adalah -1,1595 dB. Dapat disimpulkan pada tahap ini setelah menggunakan teknik DGS 9 buah lingkaran, *inset feed* dan juga *notch* frekuensi harmonik kedua dan ketiga antenna berhasil ditekan.

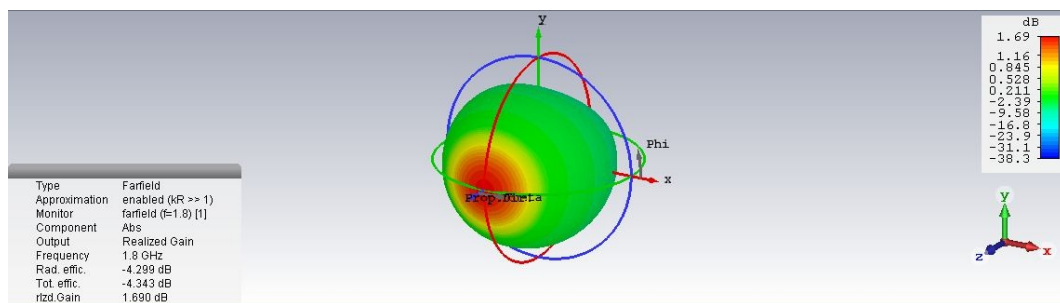


Gambar 5. Kurva *return loss harmonic suppression rectangular patch antenna*.

Pada Gambar 6 menunjukkan *matching impedance* antenna pada frekuensi 1,8 GHz adalah  $(57,418677 - j8,934710) \Omega$ . Dapat disimpulkan bahwa *matching impedance* yang baik telah tercapai. Pada Gambar 7 menunjukkan pola radiasi antenna dan *gain* yang diperoleh adalah 1,69 dB.



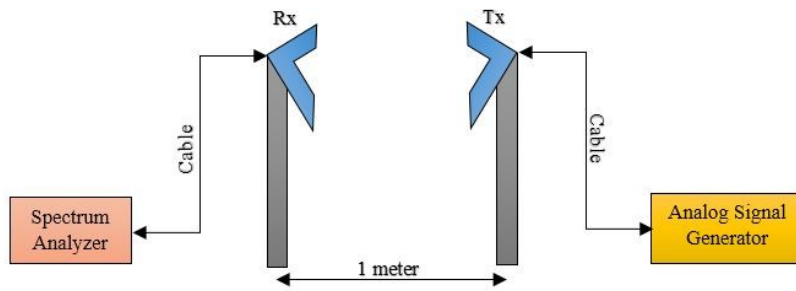
Gambar 6. Nilai impedansi *harmonic suppression antenna simulasi*.



Gambar 7. Pola radiasi dan *gain* antenna

### 3.2 Perbandingan Antena Simulasi dan Realisasi

Antena hasil simulasi direalisasikan atau dicetak kemudian dilakukan pengukuran terhadap parameter antenna realisasi. Pengukuran antenna 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 antenna menggunakan pengukuran identik atau antenna yang kembar. *Set up* pengukuran yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 7.

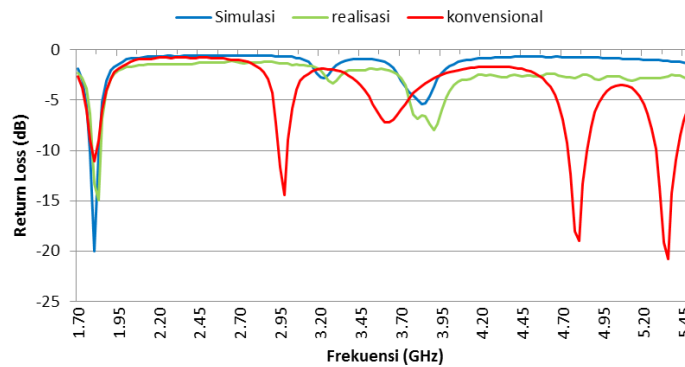


Gambar 7. Set up pengukuran.

Pada Gambar 8, antenna hasil simulasi frekuensi resonansi pada harmonik pertama adalah 1.8 GHz dan nilai *return loss*nya adalah -19,984 dB. Pada harmonik kedua frekuensi resonansinya adalah 3.6 GHz dan nilai *return loss*nya adalah -1,2005 dB. Pada harmonik ketiga frekuensi resonansi nya adalah 5.4 GHz dan nilai *return loss*nya adalah -1,1595 dB.

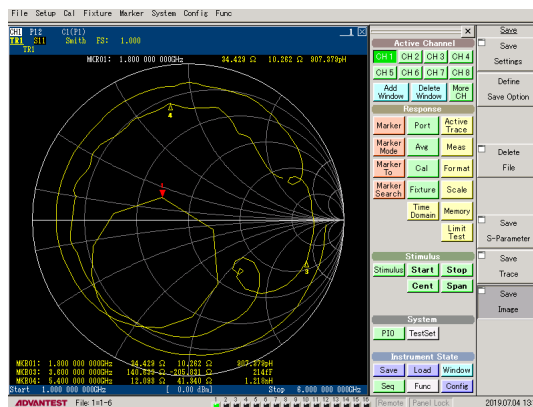
Sedangkan antenna realisasi frekuensi resonansi pada harmonik pertama adalah 1.8 GHz dan nilai *return loss*nya adalah -13,334 dB. Pada harmonik kedua frekuensi resonansinya adalah 3.6 GHz dan nilai *return loss*nya adalah -1,913 dB. Pada harmonik ketiga frekuensi resonansinya adalah 5.4 GHz dan nilai *return loss*nya adalah -2,525 dB.

Dari data di atas menunjukkan nilai *return loss* realisasi *harmonic suppression antenna* mengalami sedikit penurunan daya dibandingkan dengan saat simulasi. Pada frekuensi kerja nilai *return loss* mengalami penurunan sebesar 6,650 dB. Pada frekuensi harmonik kedua mengalami penurunan sebesar 0,7125 dB, dan pada frekuensi harmonik ketiga mengalami penurunan sebesar 1,3655 dB.



Gambar 8. 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.

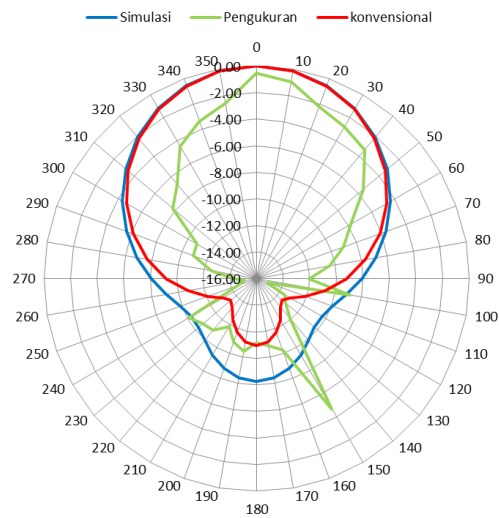


Gambar 9. *Matching impedance* antenna realisasi.

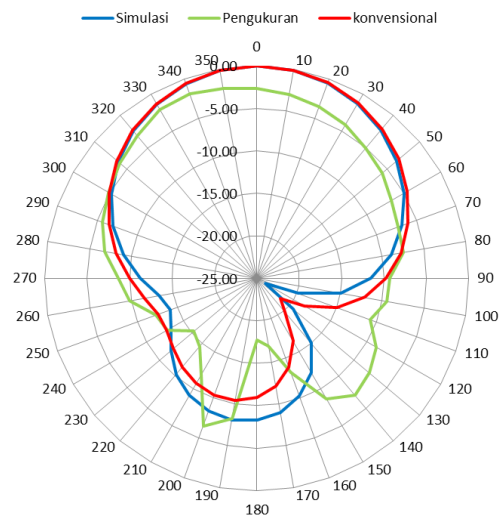
Tabel 2. Perbandingan impedansi antenna simulasi dan realisasi.

Frekuensi (GHz)	Impedansi ( $\Omega$ )	
	Simulasi	Realisasi
1,8	$(57,419 - j8,935)$	$(34,429 + j10,262)$
3,6	$(4,456 + 25,864j)$	$(160,633 - j205,331)$
5,4	$(68,783 - 214,484j)$	$(12,098 + j41,340)$

Pada Gambar 10 menunjukkan pola radiasi azimuth antenna dan Gambar 11 menunjukkan pola radiasi elevasi antenna. Pengukuran dilakukan di ruangan *Anechoic Chamber* (AC).

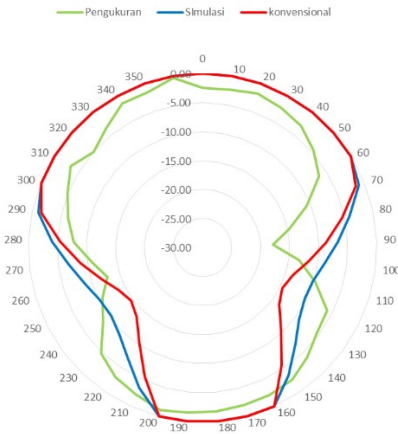


Gambar 10. Perbandingan pola radiasi azimuth antenna simulasi dan realisasi.



Gambar 11. Perbandingan pola radiasi elevasi antenna simulasi dan realisasi.

Pada gambar 12 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 12. Perbandingan polarisasi antenna simulasi dan realisasi.

Nilai parameter antenna simulasi dan realisasi dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan parameter antenna

Parameter	Simulasi	Realisasi
Returnloss (dB)	-19,984	-13,334
VSWR	1.2227018	1.502
Gain (dB)	1,69	0,878
Pola radiasi	<i>unidirectional</i>	<i>unidirectional</i>
Polarisasi	linier	elips

**4. Kesimpulan**

Kombinasi teknik DGS dan teknik notch dapat diterapkan pada antenna mikrostrip dengan bentuk patch rectangular untuk menekan sinyal-sinyal harmonik pada sistem wireless energy harvesting. Antena yang dirancang berhasil menekan sinyal-sinyal harmonik, yaitu nilai return loss menjadi lebih besar dari -3 dB. Nilai return loss sinyal harmonik kedua pada frekuensi 3,6 GHz dapat ditekan dari -7,1539 dB menjadi -1,2005 dB, sedangkan nilai return loss sinyal harmonik ketiga pada frekuensi 5,4 GHz dapat ditekan dari -11,043 dB menjadi -1,1595 dB.

**Daftar Pustaka:**

[1] Constantine. A. Balanis, Antena Theory : Analysis and Design, (USA : John Willey and Sons,1997).Fundamental of Applied Electromagnetics.  
 [2] 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