

Rancang Bangun Antena *Patch* Pada Rectenna Dalam Teknologi *Energy Harvesting* Gelombang Elektromagnetik

Heptaniarti

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Surabaya

e-mail: heptaniarti.21091@mhs.unesa.ac.id

Nurhayati, I Gusti Putu Asto Buditjahjanto, Miftahur Rohman

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

e-mail: nurhayati@unesa.ac.id, asto@unesa.ac.id, miftahurrohman@unesa.ac.id

Abstrak

Kemajuan teknologi mendorong penggunaan dan pemanfaatan energi yang sudah ada menjadi energi alternatif terbarukan. Salah satu sumber energi dengan jumlah yang tidak terbatas serta ramah lingkungan adalah gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik dapat dipanen dan diubah menjadi tegangan DC. Teknik pemanenan ini dinamakan energy harvesting. Dalam energy harvesting gelombang elektromagnetik diperlukan sebuah perangkat yang bernama rectenna yang terdiri dari *rectifier* dan antena. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang antena patch untuk perangkat rectenna dan mengetahui kinerja dari perangkat rectenna pada teknologi energy harvesting gelombang elektromagnetik. Rectenna merupakan perangkat yang dapat mengubah gelombang elektromagnetik yang diterima oleh antena dan disearahkan oleh rangkaian *rectifier* menjadi tegangan DC. Penelitian ini menggunakan tiga jenis antena patch yaitu antena monopole, antena *circular*, dan antena vivaldi, dan menggunakan tiga *rectifier* dengan jumlah stage yang berbeda, yaitu *3-stages*, *4-stages*, dan *5-stages*. Metode pada penelitian ini adalah metode eksperimen, dengan menguji masing-masing antena patch yang diintegrasikan dengan masing-masing *rectifier* pada tiga lokasi pengukuran yang berbeda yaitu dalam ruangan, di atas gedung, dan di lapangan bola. Adapun tujuannya untuk mengetahui kinerja dari perangkat rectenna. Tahap ini mencakup perancangan alat yaitu penentuan spesifikasi dan bahan, perancangan antena, perancangan *rectifier*, fabrikasi antena dan *rectifier*, dan pengujian perangkat rectenna. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah tegangan maksimum yang dihasilkan oleh perangkat rectenna adalah sebesar 22 mV menggunakan antena *circular* dan rangkaian *rectifier 5-stages*. Perangkat rectenna yang diukur pada ketinggian di atas gedung memiliki tegangan yang lebih besar daripada di dalam ruangan dan di lapangan bola.

Kata Kunci : *Energy Harvesting*, Rectenna, Antena Patch

Abstract

Technological advances encourage the use and utilization of existing energy into renewable alternative energy. Electromagnetic waves are one of the energy sources with an unlimited amount and are environmentally friendly. Electromagnetic waves can be harvested and converted into DC voltage. This harvesting technique is called energy harvesting. In energy harvesting electromagnetic waves, a device named rectenna is needed which consists of rectifier and antenna. The main purpose of this research is to design a patch antenna for rectenna device and determine the performance of rectenna device in electromagnetic wave energy harvesting technology. Rectenna is a device that converts electromagnetic waves received by the antenna and rectified by a rectifier circuit into a DC voltage. This research uses three types of patch antennas, which are monopole antenna, circular antenna, and vivaldi antenna, and uses three rectifiers with different numbers of stages, which are *3-stages*, *4-stages*, and *5-stages*. The method in this research uses experimental method, by testing each patch antenna integrated with each rectifier at three different measurement locations, which are indoors, on top of a building, and in a soccer field. The purpose is to determine the performance of the rectenna device. This stage includes tool design, namely determining specifications and materials, designing antennas, designing rectifiers, fabricating antennas and rectifiers, and testing rectenna devices. The results of this research are the maximum voltage generated by the rectenna device is 22 mV using a circular antenna and a *5-stages* rectifier circuit. The rectenna device measured at a height above the building has a greater voltage than indoors and on the soccer field.

Keywords: Energy Harvesting, Rectenna, Antenna Patch

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi mendorong penggunaan dan pemanfaatan energi yang sudah ada menjadi energi alternatif terbarukan. Sumber energi seperti sinar matahari, angin, dan gelombang elektromagnetik, yang tersedia dalam jumlah yang tak terbatas dan ramah bagi lingkungan. Energi gelombang

elektromagnetik, sering digunakan sebagai sumber energi alternatif yang tak terbatas. Gelombang elektromagnetik dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti stasiun satelit, internet nirkabel, stasiun radio, dan penyiaran multimedia digital

(Nurhady Mustofa and Jatmiko Endro Suseno, 2016).

Adapun teknologi yang digunakan untuk memanfaatkan sinyal gelombang elektromagnetik menjadi sumber energi alternatif terbarukan adalah teknik *energy harvesting*. *Energy Harvesting* adalah suatu proses pemanenan energi yang memanfaatkan energi yang berasal dari luar atau sumber eksternal seperti matahari, angin, dan gelombang elektromagnetik yang memancarkan sinyal. (Viji, dkk 2016).

Proses pemanenan energi gelombang elektromagnetik ini membutuhkan sebuah perangkat untuk menerima sinyal gelombang elektromagnetik dan diteruskan menjadi tegangan DC (*Direct Current*). Perangkat ini disebut Rectenna (*Rectifier Antenna*). Perangkat rectenna terdiri dari rangkaian rectifier atau rangkaian penyearah dan diintegrasikan dengan antenna. Rangkaian *rectifier* dan antenna merupakan kunci dari pemanenan energi gelombang elektromagnetik. Rangkaian *rectifier* pada proses pemanenan energi gelombang elektromagnetik digunakan sebagai penyearah dan menghasilkan keluaran berupa tegangan DC. Antena dalam proses pemanenan energi gelombang elektromagnetik digunakan sebagai penerima atau penangkap gelombang elektromagnetik yang terbang di lingkungan sekitar. (Ryan Rivaldo, dkk, 2018).

Permasalahan yang sering muncul pada juteknik pemanenan gelombang elektromagnetik adalah kurang maksimalnya perancangan dan pengaplikasian antenna sehingga energi berupa sinyal gelombang elektromagnetik yang ditangkap oleh antenna kurang maksimal. Proses memaksimalkan pemanenan energi gelombang elektromagnetik dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat antenna yang baik dan tepat agar dapat menerima sinyal gelombang elektromagnetik dengan baik. Perencanaan dan perancangan antenna yang baik dapat meningkatkan kinerja suatu sistem antenna secara keseluruhan (C. A. Balanis, 2016).

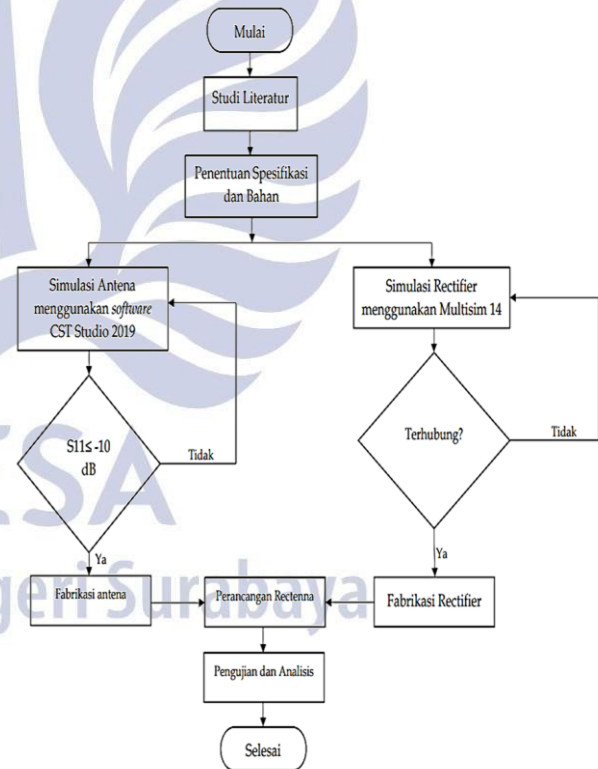
Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bermaksud untuk melakukan perancangan rectenna dan diterapkan pada teknologi *energy harvesting*. Adapun judul penelitian ini adalah “Rancang Bangun Antena *Patch* pada Rectenna dalam Teknologi *Energy Harvesting* Gelombang Elektromagnetik”.

METODE

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode ini memiliki tujuan untuk menguji pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya atau dapat juga menguji hubungan aksi reaksi antar dua variabel yang telah ditentukan. Data yang ada pada eksperimen tersebut adalah data yang dipilih berdasarkan beberapa sumber seperti artikel ilmiah, thesis, maupun skripsi yang telah lulus uji.

Penelitian ini menggunakan tiga antenna yaitu antenna monopole, antenna *circular*, dan antenna vivaldi sebagai uji coba eksperimen untuk mendapatkan sinyal gelombang elektromagnetik kemudian masing-masing antenna akan diintegrasikan rangkaian *rectifier 3-stages, 4-stages*, dan *5-stages* dan menghasilkan output berupa tegangan DC. Berikut adalah *flowchart* atau alur penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Flowchart Penelitian

Perancangan Antena

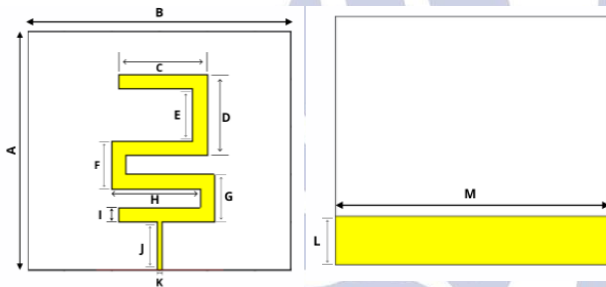
Pada perancangan antenna, penulis menggunakan *software* CST Studio Suite 2019. Antena yang digunakan adalah antenna monopole, *circular*, dan vivaldi. Adapun *patch* dan *ground plane* dengan bahan copper (*annelead*) dan ketebalan 0.035 mm, substrat menggunakan FR-4 (*lossy*) dengan nilai ϵ_r yaitu 4,3, ketebalan sebesar 1,6 mm. Adapun parameter antenna dapat dilihat pada Tabel 1.

Rancang Bangun Antena Patch Pada Rectenna Dalam Teknologi Energy Harvesting Gelombang Elektromagnetik

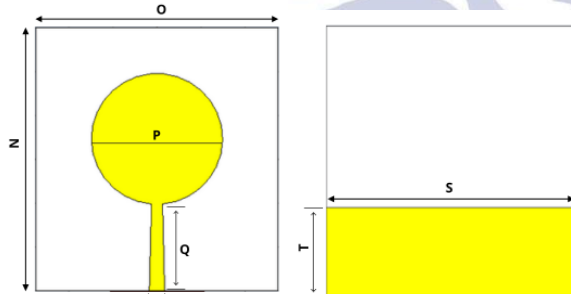
Tabel 1 Parameter Antena

Parameter	Nilai
Frekuensi	2.4 GHz
VSWR	≤ 2
Return Loss	≤ -10 dB
Bandwidth	≥ 500 MHz
Gain	1-3 dBi
Pola Radiasi	Omnidirectional

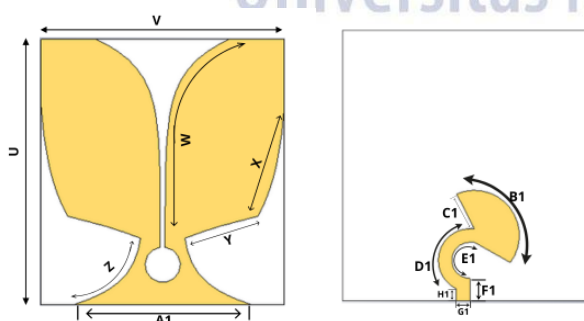
Antena yang baik dan tepat adalah antena dengan *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) bernilai sebesar ≤ 2 dan *Return Loss* ≤ -10 dB. Dan untuk pola radiasi yaitu *omnidirectional* agar dapat menangkap sinyal gelombang elektromagnetik ke segala arah. Adapun rancangan antena dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



Gambar 2 Antena Monopole



Gambar 3 Antena Circular



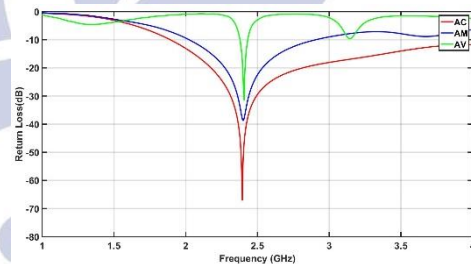
Gambar 4 Antena Vivaldi

Adapun untuk dimensi antena dapat dilihat pada Tabel 2.

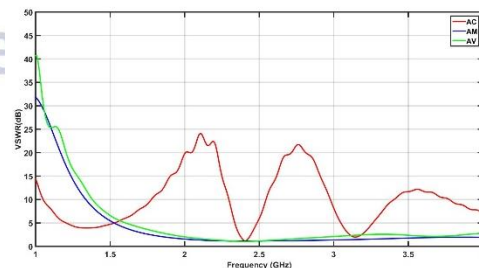
Tabel 2 Dimensi Antena untuk Perangkat Rectenna

Simbol	Dimensi (mm)	Simbol	Dimensi (mm)
A	50	R	3.5
B	55	S	55
C	19	T	19.75
D	19	U	60
E	11	V	55
F	11	W	42.55
G	10	X	25.71
H	19	Y	17.24
I	4	Z	21.21
J	10	A1	40
K	1	B1	19.32
L	9.75	C1	8.46
M	55	D1	13.66
N	60	E1	8
O	55	F1	5
P	14.9	G1	3
Q	20	H1	2.68

Adapun nilai *return loss* pada ketiga antena dapat dilihat pada Gambar 5 adalah sebagai berikut



Gambar 5 Return Loss Antena Monopole, Antena Circular, dan Antena Vivaldi



Gambar 6 Nilai VSWR Antena Monopole, Antena Circular, Antena Vivaldi

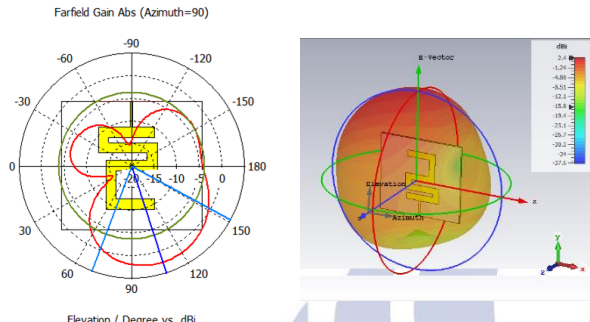
Berdasarkan Gambar 5, nilai pada return loss adalah ≤ -10 dB. Nilai *return loss* pada antena monopole di frekuensi 2.4 GHz adalah -22 dB. Sedangkan *return loss* yang dihasilkan antena circular di frekuensi 2.4 GHz adalah -26 dB. Dan nilai *return loss* yang dihasilkan antena vivaldi di

frekuensi 2.4 GHz yaitu -38 dB. Dan nilai VSWR dapat dilihat pada Gambar 6.

Pada antenna monopole, nilai VSWR nya sebesar 1.05 dB. Nilai VSWR pada antenna *circular* adalah sebesar 1.10 dB. dan nilai VSWR pada antenna vivaldi adalah sebesar 1.02 dB. Pada penelitian ini, ketiga antenna tersebut memiliki nilai VSWR sesuai dengan parameter yaitu ≤ 2 dB.

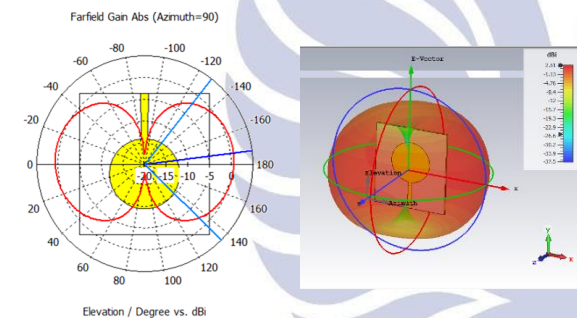
Berikut adalah pola radiasi dari ketiga antenna tersebut ditunjukkan pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.

1. Antena Monopole



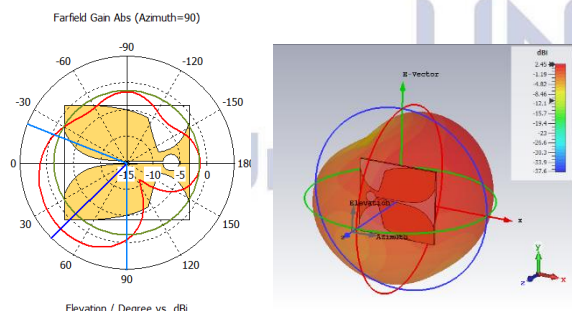
Gambar 7 Pola Radiasi Antena Monopole

2. Antena Circular



Gambar 8 Pola Radiasi Antena Circular

3. Antena Vivaldi

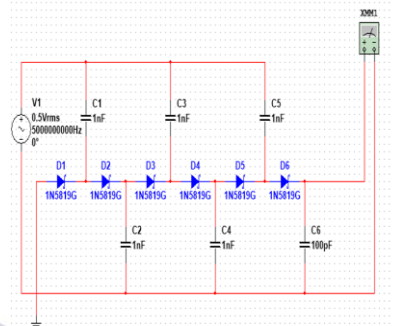


Gambar 9 Pola Radiasi Antena Vivaldi

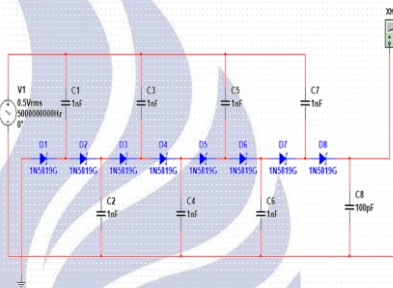
Perancangan Rectifier

Pada perancangan rangkaian *rectifier* ini menggunakan Dioda Schottky dengan tipe 1N5819 dengan kelebihan melewati frekuensi yang tinggi dengan daya input yang rendah. Adapun jumlah *stage* yang digunakan pada rangkaian *rectifier* di

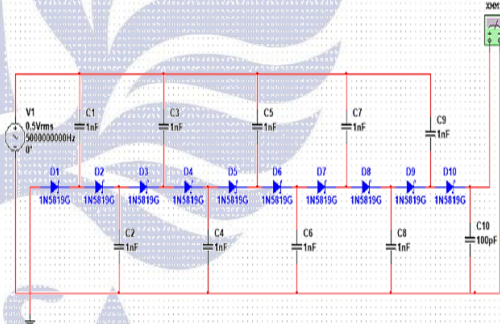
penelitian ini yaitu *rectifier 3-stages*, *4-stages*, dan *5-stages*. Hal ini untuk mengetahui tegangan tertinggi yang dihasilkan dan disearahkan oleh rangkaian *rectifier* yang terintegrasi antenna. Adapun simulasi rangkaian *rectifier 3-stages*, *4-stages*, dan *5-stages* secara berurutan seperti yang ditunjukkan Gambar 10, Gambar 11, dan Gambar 12.



Gambar 10 Rangkaian Rectifier 3-stages



Gambar 11 Rangkaian Rectifier 4-stages



Gambar 12 Rangkaian Rectifier 5-stages

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian perangkat rectenna pada penelitian ini, yaitu masing-masing semua antenna diintegrasikan dengan masing-masing *rectifier* sehingga dapat diketahui masing-masing tegangan pada perangkat rectenna dan mengetahui tegangan tertinggi. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran di tiga lokasi yaitu di Dalam Ruangan, di Atas Gedung A8 Unesa Ketintang, dan di Lapangan Bola Unesa Ketintang. Adapun hasil pengujiannya disajikan pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.

Rancang Bangun Antena Patch Pada Rectenna Dalam Teknologi Energy Harvesting Gelombang Elektromagnetik

Tabel 3 Pengujian Rectenna di Dalam Ruangan

NO	Jenis Antena	Jenis Rectifier	Tegangan (V)
1	Antena Monopole	3-stages	0.1 mV
		4-stages	0.2 mV
		5-stages	1.0 mV
2	Antena Circular	3-stages	0.6 mV
		4-stages	0.8 mV
		5-stages	1.9 mV
3	Antena Vivaldi	3-stages	0.3 mV
		4-stages	0.6 mV
		5-stages	1.2 mV

Pada pengukuran di dalam ruangan, tegangan maksimum didapatkan dengan antena *circular* yang diintegrasikan dengan rangkaian *rectifier 5-stages*, yaitu sebesar 1.9 mV. Adapun tegangan terkecil yang dihasilkan oleh antena monopole dengan *rectifier 3-stages*, yaitu sebesar 0.1 mV. Hal ini dapat disebabkan karena faktor penghalang gelombang elektromagnetik yang diterima oleh antena pada perangkat rectenna.

Tabel 4 Pengujian Rectenna di Atas Gedung A8 Unesa Ketintang

NO	Jenis Antena	Jenis Rectifier	Tegangan (V)
1	Antena Monopole	3-stages	2 mV
		4-stages	5.5 mV
		5-stages	10 mV
2	Antena Circular	3-stages	5.8 mV
		4-stages	10.9 mV
		5-stages	22 mV
3	Antena Vivaldi	3-stages	6.5 mV
		4-stages	8 mV
		5-stages	16 mV

Pada pengukuran rectenna di atas gedung A8 Unesa Ketintang, didapatkan tegangan maksimum pada antena *circular* dengan rangkaian *rectifier 5-stages* yaitu sebesar 22 mV. Dan tegangan terendah didapatkan pada antena monopole dengan rangkaian *rectifier 3-stages* yaitu sebesar 2 mV. Pengujian rectenna yang diukur di atas gedung A8 Unesa Ketintang menghasilkan tegangan yang lebih banyak daripada pengujian rectenna yang diukur di dalam ruangan. Antena justru lebih banyak menangkap sinyal gelombang elektromagnetik pada saat berada di ketinggian, hal ini ketika berada di ketinggian yang minim penghalang antena dapat menangkap sinyal gelombang elektromagnetik secara maksimal.

Tabel 5 Pengujian Rectenna di Lapangan Bola Unesa Ketintang

NO	Jenis Antena	Jenis Rectifier	Tegangan (V)
1	Antena Monopole	3-stages	0.2 mV
		4-stages	0.7 mV
		5-stages	1 mV
2	Antena Circular	3-stages	0.4 mV
		4-stages	1.7 mV
		5-stages	2 mV
3	Antena Vivaldi	3-stages	0.3 mV
		4-stages	1.0 mV
		5-stages	1.3 mV

Pada pengukuran rectenna di lapangan bola Unesa Ketintang, didapatkan tegangan maksimum pada antena *circular* dengan rangkaian *rectifier 5-stages* yaitu sebesar 2 mV. Pengukuran rectenna dengan tegangan terendah didapatkan oleh antena monopole dengan rangkaian *rectifier 3-stages* yaitu sebesar 0.2 mV. Pengujian rectenna yang diukur di lapangan bola menghasilkan tegangan lebih kecil dari pengukuran rectenna di atas gedung namun lebih besar dari pengukuran di dalam ruangan. Hal ini dapat disebabkan karena faktor posisi antena yang mempengaruhi banyaknya gelombang elektromagnetik yang didapat.

PENUTUP

Simpulan

Pada penelitian ini antena yang paling baik untuk perangkat rectenna dalam teknologi *energy harvesting* gelombang elektromagnetik antena *circular* dengan nilai *return loss* nya sebesar -26 dB dan VSWR 1.10 dB serta pola radiasi *omnidirectional*. Pada antena monopole, nilai *return loss* adalah sebesar -22 dB dan VSWR 1.05 dB dengan pola radiasi *omnidirectional*. Pada antena vivaldi, nilai *return loss* nya sebesar -38 dB dan VSWR sebesar 1.02 dB dengan pola radiasi *omnidirectional*.

Kinerja rectenna dalam teknologi *energy harvesting* gelombang elektromagnetik didapatkan dengan mengambil data berupa tegangan output dari *rectifier*. Pada pengujian di dalam ruangan, didapatkan tegangan maksimum pada antena *circular* dengan *rectifier 5-stages*. Hal ini dipengaruhi oleh faktor sinyal yang ditangkap oleh antena dan jumlah *stage* pada *rectifier*. Semakin banyak jumlah *stage* atau jumlah dioda pada rangkaian *rectifier* yang digunakan maka semakin banyak tegangan yang dihasilkan dan hal ini

menandakan bahwa semakin banyak gelombang elektromagnetik yang ditangkap oleh antena.

Saran

Perhatikan faktor yang mempengaruhi proses penangkapan sinyal gelombang elektro-magnetik oleh antena, karena hal tersebut dapat mempengaruhi tegangan yang dihasilkan

DAFTAR PUSTAKA

- Akila, Akshaya, Aparna. 2018. *Design and Analysis of Microstrip Patch Antenna Using Alumina and Paper Substrate for Wifi Application*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 5(4).
- Balanis 2016. *Antenna theory: analysis and design*. John Wiley dan sons.
- Darwis, Rizadi Sasmita. 2020. *Antena Broadband Untuk Aplikasi TV, Seluler, dan Wifi*. Jurnal Elektro dan Mesin Terapan, 6(1), 61-74.
- Eid, Hester, Nauroze. 2018. *A flexible compact rectenna for 2.40 Hz ISM energy harvesting applications*. In 2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation dan USNC/URSI National Radio Science Meeting (pp. 1887-1888). IEEE.
- Fahmi, Nur dan Yunita, 2020. *Desain Dan Analisis Rectenna Rectangular Pada Frekuensi 900 MHz*. eProceedings of Engineering, 7(3). ISSN: 2355-9365
- Fauzi, Yuwono. 2014. *Perancangan Rectenna (Rectifier Antenna) Sebagai Pengubah Daya Elektromagnetik Menjadi Output Dc Pada Frekuensi Wifi 2,4 Ghz*. Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya, 2(4).
- Hijriani, E., Maruddani, B., dan Sandi, E. 2018. *Rancang Bangun Rectifier Pada Rectenna Untuk Transfer Daya Wireless Pada Frekuensi 2,45 GHz*. Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika (JVOTE), 1(1), 6-9.
- Irtawaty, Andi Sri. 2018. *Pengaruh Beamwidth, Gain dan Pola Radiasi terhadap Performansi Antena Penerima*. JTT (Jurnal Teknologi Terpadu), 6(1), 14-22.
- Mustofa dan Suseno. 2016. *Studi Rectenna (Rectifier Antenna) Untuk Mengubah Gelombang Elektromagnetik RF Menjadi Sumber Tegangan DC*. Youngster Physics Journal, 5(1), 27-34. ISSN: 2302 – 7371.
- Rajab, Koesmarijanto., Saptono Rachmad. 2019. *Perancangan Rangkaian Rectifier Pada Sistem RF Energy Harvesting dengan Antena Televisi pada Frekuensi UHF*. Journal of Telecommunication Network (Jurnal Jaringan Telekomunikasi), 9(4), 25-30. ISSN: 2654-6531
- Rifikiano, Zulfi. 2016. *Perancangan dan Implementasi Rectenna (Rectifier Antenna) Pada Frekuensi Wifi 2.4 Ghz*. eProceedings of Engineering, 3(3).
- Rivaldo, Wijanto. 2018. *Rectenna (Rectifier Antenna) 800 MHz-2500 MHz*. eProceedings of Engineering, 5(2). ISSN: 2355-9365
- Santosa, Rizky. Putra., Yuwono, Rudy., dan Mustofa, Ali. 2015. *Perancangan Rectifier Antenna Microstrip Array Tiga Elemen untuk Pemanen Energi Elektromagnetik pada Frekuensi GSM 900 MHz*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Viji. 2016. *Energy Harvesting Using Slot Antenna at 2.4GHz*. International Journal of Antennas (JANT). (2)2.
- Visser dan Vullers. 2013. *RF energy harvesting and transport for wireless sensor network applications Principles and requirements*. Proceedings of the IEEE, 101(6), 1410-1423.
- Wildan., Cahyasiwi., Ramza. 2021. *Design of Rectifier Antenna (Rectenna) for Electromagnetic Energy Harvesting at Frequency of 3500 MHz*. Jurnal Akta Teknik Elektro. 1(1).
- Zakaria, Zainuddin. 2013. *Dual-band monopole antenna for energy harvesting system*. In 2013 IEEE Symposium on Wireless Technology dan Applications (ISWTA) (pp. 225-229). IEEE.
- Zulkifli, Leza, Y. M., dan Rahardjo. 2015. *Design of rectifier for rectenna application*. In 2015 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC) (Vol. 2. pp. 1-3). IEEE.