

RANCANG BANGUN RECTIFIER PADA RECTENNA UNTUK TRANSFER DAYA WIRELESS PADA FREKUENSI 2,45 GHZ

Endah Hijriani¹, Baso Maruddani² dan Efri Sandi³

^{1,2,3} Prodi Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta
Email: ¹endahhijriani@gmail.com, ²basomaruddani@unj.ac.id, ³efri.sandi@unj.ac.id

Abstrak—Sistem Transfer Daya *Wireless* merupakan sistem yang digunakan untuk memanfaatkan energi elektromagnetik yang tersebar bebas di udara dengan mengolah sumber energi untuk mengisi daya pada perangkat elektronik berdaya rendah. Salah satu sumber energi yang mudah diperoleh karena ketersediaannya yang cukup melimpah adalah *access point* (Wi-Fi). *Rectenna* adalah perangkat yang dapat digunakan untuk mengubah gelombang elektromagnetik di udara menjadi arus listrik searah. *Rectenna* terdiri dari antena dan rangkaian penyearah (*rectifier*). Antena digunakan untuk menangkap gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh sumber RF. Daya yang diterima oleh antena akan diteruskan ke rangkaian *rectifier*, untuk diubah menjadi arus listrik searah (DC). Penelitian bertujuan untuk merancang, membuat, dan mengukur parameter rangkaian *rectifier* pada *rectenna* yang mampu bekerja pada jangkauan frekuensi 2,45 GHz. Setelah dirancang dari hasil simulasi menggunakan software ADS 2011 didapatkan frekuensi kerja 2,449 GHz, *output voltage* 2,027 Volt, Return S11 (*Return Loss*) -34,87, dan VSWR 1,037. Pada hasil pengukuran pada signal generator pada frekuensi 2,45 GHz didapatkan *output voltage* dengan *input* -5 dBm sebesar 54,8 mV, S11 (*Return Loss*) sebesar -10,416 dB, dan VSWR sebesar 1,862. Hasil pengukuran kedua dengan menggunakan *access point* Wi-Fi pada jarak 5 cm didapatkan *output voltage* sebesar 2,066 Volt, sedangkan pada jarak 20 cm didapat *output voltage* sebesar 0,092 mV.

Kata Kunci : *Rectifier, Rectenna, Transfer Daya Wireless, stage, Single Stub, Output Voltage, Advance Design System (ADS) 2011,, Signal Generator, Vector Network Analyzer (VNA), dan access point Wi-Fi.*

Abstract— *The Wireless Power Transfer System is a system used to harness the free electromagnetic energy in the air by processing energy sources to charge on low-power electronic devices. One source of energy that is easily obtained because of its availability is quite abundant access point (Wi-Fi). Rectenna is a device that can be used to convert electromagnetic waves in the air into direct electric currents. Rectenna consists of an antenna and a rectifier circuit. Antenna is used to capture the electromagnetic waves emitted by RF sources. The power received by the antenna will be forwarded to the rectifier circuit, to be converted to direct current (DC). The study aimed to design, construct, and measure the parameters of rectifier circuits in rectenna capable of working at a frequency range of 2.45 GHz. After designed from the simulation results using ADS software 2011 didapatkan working frequency of 2.449 GHz, output voltage 2.027 Volt, Return S11 (Return Loss) -34.87, and VSWR 1.037. On the result of measurement at signal generator at frequency 2,45 GHz obtained output voltage with input -5 dBm equal to 54,8 mV, S11 (Return Loss) equal to -10,416 dB, and VSWR equal to 1,862. The second measurement result using Wi-Fi access point at 5 cm distance obtained output voltage of 2.066 Volt, while at a distance of 20 cm obtained output voltage of 0.092 mV.*

Keywords : *Rectifier, Rectenna, Transfer Daya Wireless, stage, Single Stub, Output Voltage, Advance Design System (ADS) 2011, Signal Generator, dan Vector Network Analyzer (VNA), access point Wi-Fi.*

I. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya teknologi dibutuhkan upaya dalam penyediaan atau penghematan energi, Pemanenan energi dari gelombang elektromagnetik menjadi menarik untuk dikembangkan sebagai sumber untuk mengisi daya pada perangkat elektronik berdaya rendah yang disebut dengan sistem Transfer Daya *Wireless*.

Sistem Transfer Daya *Wireless* adalah sistem yang digunakan untuk memanfaatkan energi elektromagnetik yang tersebar bebas di udara. Kemudian energi tersebut dilakukan pengolahan sehingga menghasilkan daya yang dapat digunakan untuk mencatu perangkat elektronik berdaya rendah.

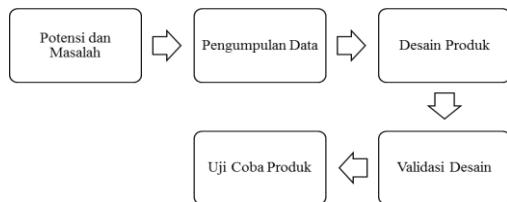
Salah satu alat utama pada Sistem Transfer Daya *Wireless* adalah *rectenna*. *Rectenna* adalah

perangkat yang dapat digunakan untuk mengubah gelombang elektromagnetik di udara menjadi arus listrik searah. *Rectenna* umumnya terdiri dari antena dan rangkaian penyearah (*rectifier*). Antena digunakan untuk menangkap gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh sumber RF. Daya yang diterima oleh antena pada *rectenna* akan diteruskan ke rangkaian *rectifier*, untuk diubah menjadi arus listrik searah (DC).

Daya yang ditangkap antena berupa sinyal gelombang elektromagnetik akan disearahkan menjadi tegangan DC oleh rangkaian *rectifier* dengan *matching* terlebih dahulu sesuai dengan nilai *matching impedance* yang ada di antena, kemudian tegangan DC yang didapat akan dinaikan lagi hingga mencapai nilai tegangan yang konstan menggunakan rangkaian *rectifier* yang telah dimodifikasi sebagai pelipat tegangan. Energi listrik DC keluaran yang telah dikuatkan tersebut diharapkan dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik berdaya rendah.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah Metode *Research and Development* (R&D).



Gambar 1. Langkah Metode *Research and Development* (R&D) yang digunakan dalam Penelitian

Peneliti mengambil beberapa langkah penelitian pengembangan, yaitu:

A. Potensi dan Masalah

Penelitian bermula dari potensi gelombang elektromagnetik yang terdapat dalam gelombang frekuensi radio (Radio Frequency/ RF) bebas di udara untuk digunakan sebagai sumber energi alternatif.

B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data berbagai informasi yang digunakan sebagai bahan untuk perencanaan desain *rectifier* sesuai yang diharapkan.

C. Desain produk

Rectifier pada *rectenna* yang dihasilkan dalam penelitian, didesain dengan bantuan software simulasi yakni menggunakan *Advance Design System* 2011 dalam perancangan sesuai dengan pengumpulan data.

D. Validasi Desain

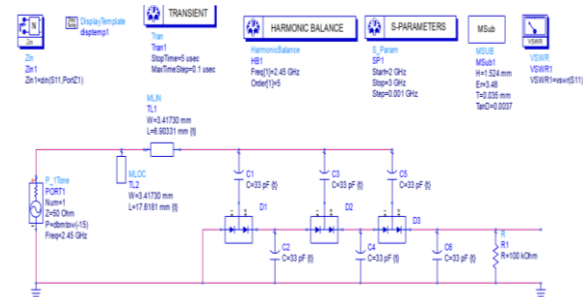
Validasi desain merupakan hasil simulasi dari desain produk pada *software* simulasi, dimana untuk menilai apakah rancangan *rectifier* sesuai dengan yang diharapkan.

E. Uji Coba Produk

Uji Coba produk meliputi fabrikasi *rectifier*, penyolderan komponen *rectifier*, dan pengukuran hasil fabrikasi dan penyolderan *rectifier*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Akhir Rangkaian Rectifier Pada Rectenna



Gambar 2. Penggabungan *Single Stub Match* ke dalam Rangkaian *Rectifier 3 Stages*

Tabel 1 adalah daftar nilai komponen rangkaian *Rectifier* pada *rectenna*.

TABEL 1
DAFTAR NILAI KOMPONEN RANGKAIAN *RECTIFIER*

Komponen	Nilai (Spesifikasi)	Jumlah
Dioda <i>schottky</i>	HSMS 2862	3
Kapasitor	33 Pf	6
Antena Wi-Fi	TL-WN722N	1
Wi-Fi Router	En-Genius ENS202E	1

TABEL 2
DAFTAR NILAI DARI LEBAR, JARAK STUB KE BEBAN (DS) DAN PANJANG STUB (LS)

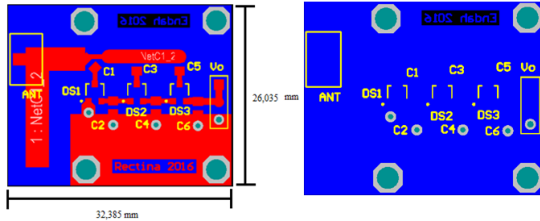
Parameter	Nilai (mm)
ds	8,66
ls	17,38

B. Hasil Desain Layout dan Fabrikasi Rectifier pada Rectenna

Setelah semua rangkaian *Rectifier* pada *Rectenna* dirancang pada *software* ADS 2011 dan semua nilai komponen yang telah disesuaikan dengan yang terdapat di pasaran serta ukuran saluran mikrostrip yang telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah membuat

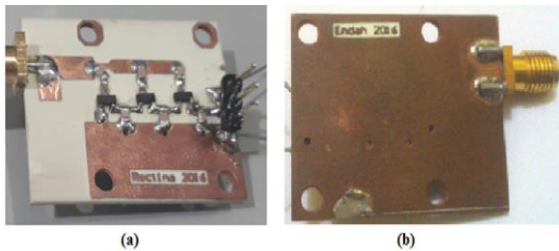
layout Rectifier pada Rectenna menggunakan software Altium Designer Summer yang nantinya akan lanjut proses fabrikasi.

Gambar 2 adalah gambar hasil desain layout Rectifier pada Rectenna pada Altium 2013.



Gambar 3. Desain Layout LNA (a) Tampak Atas dan (b) Tampak Bawah

Setelah dilakukan simulasi untuk mendapatkan hasil parameter yang sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan, maka fabrikasi rectifier pada rectenna dengan konfigurasi 3 stages dapat direalisasikan. Gambar 3 adalah fabrikasi rectifier dan penyolderan yang telah direalisasikan sesuai dengan perancangan.



Gambar 4. Hasil Fabrikasi LNA (a) Tampak Depan dan (b) Tampak Belakang

C. Hasil Pengukuran Rectifier

1) Pengukuran Tegangan

Hasil pengukuran tegangan rectifier dengan signal generator ditunjukkan pada Tabel 3. Sedangkan untuk hasil pengukuran dengan menggunakan perangkat tambahan antenna ditunjukkan pada Tabel 4.

2) Pengukuran VSWR

Pada hasil pengukuran VSWR di frekuensi 2,45 didapatkan sebesar 1,862. Sedangkan hasil pengukuran VSWR terbaik terjadi pada frekuensi 2,550 GHz dengan nilai VSWR 1,833.

3) Pengukuran S₁₁ (Return Loss)

Pada hasil pengukuran S₁₁ (Return Loss) di frekuensi 2,45 didapatkan sebesar -10,416 dB. Sedangkan hasil pengukuran S₁₁ (Return Loss) terbaik terjadi pada frekuensi 2,550 GHz dengan nilai VSWR -10,586 dB.

TABEL 3
HASIL PENGUKURAN RECTIFIER DENGAN SIGNAL GENERATOR

Input RF (dBm)	Tegangan Output (V)	Arus (A)	Daya (watt)
10	1.59 V	0.4 μA	0.636 μwatt
9	1.355 V	0.2 μA	0.271 μwatt
8	1.351 V	0.1 μA	0.1351 μwatt
7	0.945 V		
6	0.76 V		
5	0.6 V		
4	0.48 V		
3	377.2 mV		
2	299.6 mV		
1	239.3 mV		
0	193.5 mV		
-1	152.5 mV		
-5	54.8 mV		
-10	16.5 mV		
-15	5.7 mV		
-20	2.3 mV		
-25	1.2 mV		
-26	1.2 mV		
-28	1.1 mV		
-30	0.9 mV		
-32	0.9 mV		
-35	0.7 mV		

Arus = 0,1 μA
sehingga tidak terbaca alat ukur
Daya = 0,1 μwatt

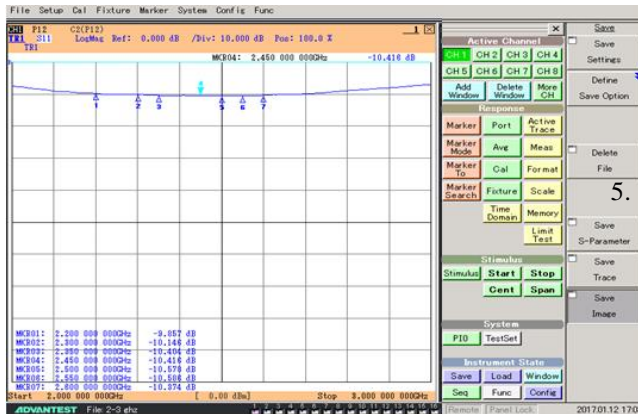
TABEL 4
HASIL PENGUKURAN MENGGUNAKAN PERANGKAT TAMBAHAN ANTENA

Jarak (cm)	Tegangan output (V)	Arus (A)
5 cm	2.066 V	20 μA
7 cm	879 mV	18 μA
10 cm	770 mV	7 μA
12 cm	170 mV	
15 cm	113,3 mV	
17 cm	52 mV	
20 cm	0.092 mV	

Arus = 0,1 μA
sehingga tidak terbaca alat ukur



Gambar 5. Hasil Pengukuran VSWR



Gambar 6. Hasil Pengukuran S_{11} (Return Loss)

D. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

TABEL 5
HASIL PERBANDINGAN ANTARA SPESIFIKASI AWAL DENGAN PENGUKURAN HASIL SIMULASI, DAN HASIL PENGUKURAN RANGKAIAN RECTIFIER

Parameter	Spesifikasi Awal	Hasil Simulasi pada -5 dBm	Hasil pengukuran
Frekuensi kerja	2,45 GHz	2,449 GHz	2,45 GHz
Tegangan output	2 Volt	2,027 Volt	54,8 mV
S_{11} (Return Loss)	-10 dB	-34,87 dB	-10,416 dB
VSWR	< 2	1,037	1,862 dB

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didesain sebuah Rectifier pada Rectenna yang mampu bekerja pada jangkauan frekuensi 2,45 GHz dengan perangkat lunak Advance Design System (ADS) 2011, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil perancangan Rectifier pada frekuensi 2,45 GHz dengan jangkauan 2,4–2,5 GHz berdasarkan simulasi telah memenuhi spesifikasi yang diharapkan yaitu dengan nilai Output Voltage sebesar 2,027 Volt, S_{11} (Return Loss) sebesar -31,529 dB, dan VSWR 1,089. Impedansi input 50,022 – j4,278.
2. Hasil pengukuran menggunakan Vector Network Analyzer menunjukkan perbedaan dengan hasil simulasi. Pada pengukuran di frekuensi 2,45 GHz didapatkan S_{11} (Return Loss) sebesar -10,416 dB, dan VSWR sebesar 1,862.
3. Hasil pengukuran output voltage menggunakan Signal Generator dengan input RF sebesar -5 dBm, didapatkan hasil tegangan sebesar 54,8 mV. Terjadi penurunan tegangan sebesar 1,9722 Volt dari hasil simulasi.
4. Hasil pengukuran output voltage yang didapat dari access point dengan jarak

terdekat yaitu 5 cm, didapatkan hasil tegangan sebesar 2,066 Volt dengan arus 20 μ A. Sedangkan jarak terjauh 20 cm didapat tegangan sebesar 0,092 mV dengan arus \leq 0,1 μ A.

5. Dalam pengukuran menggunakan Signal Generator, Vector Network Analyzer dan multimeter digital terdapat perbedaan antara hasil simulasi dan pengukuran. Hal ini disebabkan, nilai komponen pasif yang memiliki nilai toleransi (tidak se-ideal pada simulasi), nilai komponen aktif yang tidak seideal datasheet dan bersifat ESD (Electro Static Discharge), pengikisan jalur mikrostrip yang terlalu dalam saat fabrikasi, pengaruh noise internal yang tinggi dan terdapat loss pada sambungan kabel antara signal generator dan, rangkaian rectifier, serta sambungan kabel pada port VNA ke rangkaian rectifier.

REFERENSI

- [1] Balanis, C.A. 2005, *Antenna Theory Third Edition : Analysis and Design*, USA : John Wiley & Sons, INC.
- [2] Bahan Ajar Materi Penyesuaian Impedansi. Politeknik Negeri Bandung.
- [3] D. Pavone, A. Buonanno, M. D. Urso, and F. D. Corte, "Design Considerations For Radio Frequency Energy Harvesting Devices", *Progress In Electromagnetics Research B*, vol. 45, pp. 19-35, 2012.
- [4] Fakultas Teknik (2015), *Buku Panduan Penyusunan Skripsi dan Non Skripsi*, Jakarta, UNJ
- [5] Herdiana, Budi, dkk, 2014, *Rangkaian Penyearah RF ke DC Bertingkat untuk Multi Frekuensi Kerja pada Sistem Pengisian Listrik Secara Nirkabel*, Bandung : LIPI 40-44.
- [6] Jabbar, Hamid, 2010, *RF Energy Harvesting System And Circuits For Charging Of Mobile Devices*, IEEE
- [7] Oka, Azlul Fadhly 2011, *Skripsi : Rancang Bangun Prototipe Sistem Daya Telepon Selular Berbasis RF Energi Harvesting Dan Sel Surya*, Progra studi teknik elektro fakultas teknik, Universitas Indonesia.
- [8] Stefan Tudose, Dan, 2013, *Rectifier Antenna Design for Wireless Sensor Networks*, IEEE
- [9] Sugiyono, 2009. *Metode Penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*, Bandung: Penerbit Alfabeta.
- [10] Malvino, terj. Hanapi Gunawan., 1979, *Prinsip-Prinsip Elektronik*, 2nd Ed., Jakarta: Erlangga.
- [11] Paradiso, J, A dan Stamer, T, 2005, *Energy Scavenging For Mobile And Wireless Electronics, IEEE Pervasive Computing*, 4, pp. 18-27
- [12] Zhang J. Dan Huang Y, 2007, *Rectennas For Wireless Energy Harvesting, Departement Of Electrical Engineering And Electronics*, University of Liverpool, pp 22
- [13] William C Brown, 1974, *The Tecnology And Application Off Free Space Power Transmission By Microwave Beam*, proceddings of the IEEE, vol. 62, pp 11-25.
- [14] Michelon, Dino, dkk, 2014, *Optimization of Integrated Dickson Voultage Multiplier For RF Energy Harvesting*, IEEE