

Rancang Bangun Multi Frekuensi *Rectenna* Untuk *Energy Harvesting* Gelombang Elektromagnetik

Sukriyah Buwarda

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Fajar
Makassar, Indonesia
sukriyah.warda@gmail.com

Asmawaty Azis

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Fajar
Makassar, Indonesia
asmarudhy@gmail.com

Abstract — The increasing need for electrical energy encourages the birth of methods to utilize various forms of energy available in nature called energy harvestin. One of them is from electromagnetic waves that are massif used daily by the community. In this study, a rectifier antenna (rectenna) was created using a 5-stage voltage doubler method with the aim of generating DC electrical energy from the input of electromagnetic waves that propagate freely in the air. Electromagnetic waves are captured using two types of antennas with the aim of capturing different frequencies, namely UHF TV antennas with a working frequency of 470-806 MHz and WiFi antennas with a working frequency of 2400 MHz commonly used by the public. Because testing is conducted in open spaces, where environmental change conditions greatly affect the captured electromagnetic geombang encroachment, DC electrical power tends to change during testing. The largest DC electricity generated by WiFi antenna input is 1,420V and the average voltage is 231.7mV/min with a distance of 90cm from the largest frequency source and UHF TV antenna is 648mV and the average voltage is 478.16mV/min with a distance of 0 cm from the largest frequency source

Keywords — *Rectenna, Energy Harvesting, TV Antenna, WiFi Antenna, Multiband Antenna*

I. PENDAHULUAN

Konsumsi energi khususnya energi listrik di masyarakat dan industri baik nasional maupun global terus mengalami peningkatan, sementara cadangan sumber daya alam berupa minyak bumi, batu bara dan gas alam yang menjadi bahan baku energi listrik semakin terbatas.

Sumber energi alternatif yang telah banyak dimanfaatkan diantaranya air yang digunakan sebagai pembangkit listrik mikrohydro, matahari dengan menggunakan *solar cell* digunakan pula untuk menghasilkan listrik.

Gelombang elektromagnetik pada range frekuensi radio (RF) yang selama ini hanya sebagai media untuk melakukan komunikasi antara pengirim dan

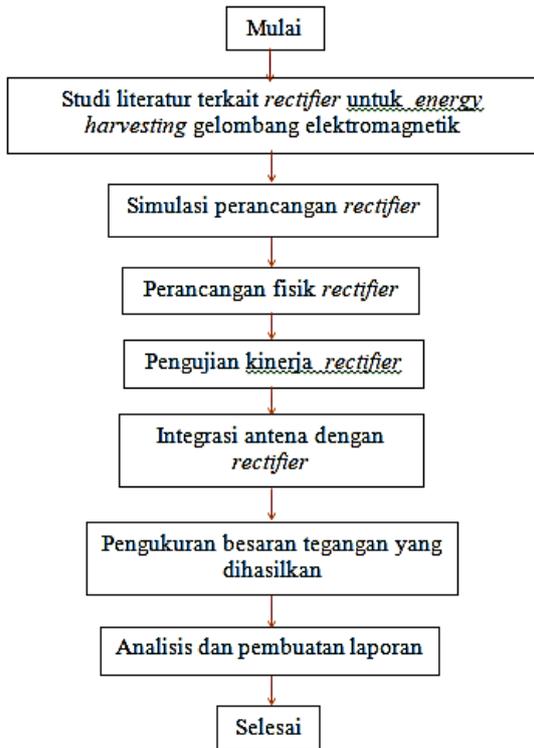
penerima, dapat dimanfaatkan pula untuk memproduksi energi listrik. Sebuah alternatif yang sangat potensial mengingat pemanfaatan gelombang elektromagnetik sebagai media komunikasi saat ini sangat mudah diakses karena digunakan oleh hampir seluruh lapisan masyarakat, contohnya pada penggunaan radio, televisi, Wi-Fi, *bluetooth*, *mobile phone*, RFID dan sebagainya. Untuk memperoleh besaran energi listrik dari gelombang elektromagnetik diperlukan sebuah antena untuk menangkap gelombang elektromagnetik yang merambat bebas di alam. Gelombang elektromagnetik yang berupa arus bolak balik (AC) memerlukan sebuah penyearah (*rectifier*) untuk mengubah besaran gelombang elektromagnetik menjadi besaran listrik.

Integrasi antara antena yang menangkap gelombang elektromagnetik dengan *rectifier* yang menyearahkan arus AC menjadi arus DC disebut antena dan penyearah yang lebih umum dikenal dengan singkatan *rectenna* (*rectifier antenna*) yaitu perangkat yang dapat menangkap gelombang elektromagnetik pada range frekuensi radio (RF) yang selama ini hanya sebagai media untuk melakukan komunikasi, dapat dimanfaatkan pula untuk memproduksi energi listrik. Diantara frekuensi yang populer digunakan sehari-hari yang dapat ditangkap oleh *rectenna* yaitu frekuensi televisi *Ultra High Frequency* pada rentang frekuensi dari 470 MHz sampai 806 MHz dan frekuensi Wi-Fi 2400 MHz yang umum digunakan oleh masyarakat.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat eksperimental melibatkan *software* dan *hardware*. Penelitian diawali dengan membaca beberapa literatur yang berkaitan dengan judul yang diusulkan. Dari hasil studi literatur mengenai topik kajian yaitu rangkaian penyearah (*rectifier*), maka penelitian dilakukan dalam dua tahap yaitu simulasi dan perancangan fisik *rectifier*. Adapun penggambaran tahapan penelitian yang ditempuh ditunjukkan pada Gambar 1.

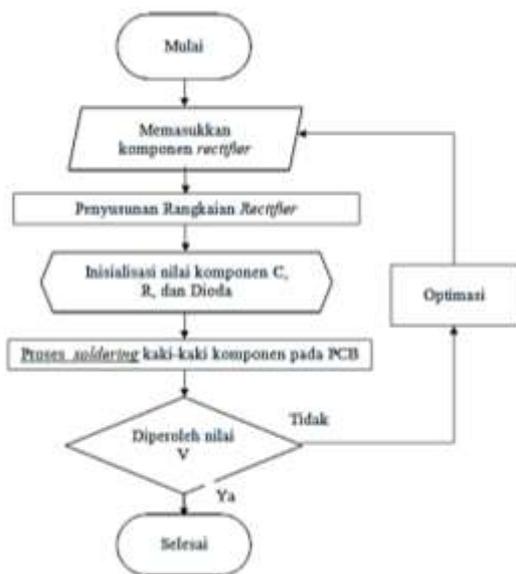
Rancang Bangun Multi Frekuensi Rectenna Untuk Energy Harvesting Gelombang Elektromagnetik



Gambar 1 Tahapan Penelitian

A. Tahap Simulasi

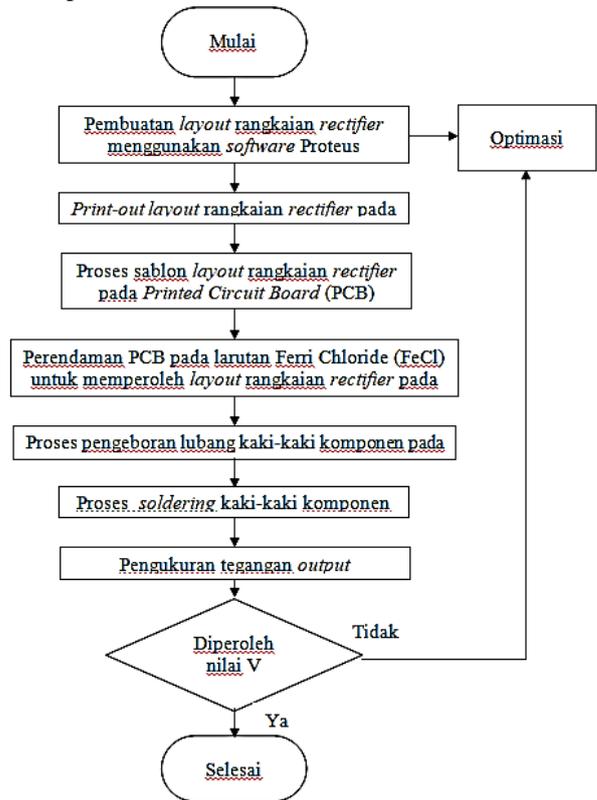
Tahapan pertama yang dilakukan adalah melakukan simulasi rangkaian menggunakan *software* NI Multisim 14.2 untuk mengatur letak atau posisi dari setiap komponen sehingga menghemat waktu dan proses pada tahapan pembuatan fisik rangkaian *rectenna*. Proses yang dilakukan pada tahapan simulasi digambarkan dalam alur proses seperti pada Gambar 2



Gambar 2 Bagan Alir Rectifier Simulasi

B. Tahap Pabrikasi

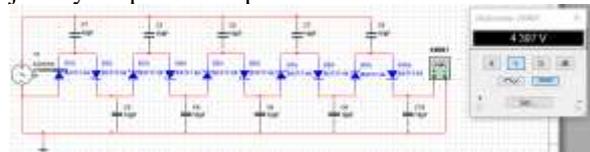
Setelah proses tahapan simulasi, dilanjutkan dengan proses fabrikasi atau pembuatan fisik rangkaian *rectifier* yang digambarkan dalam alur proses seperti Gambar 3.



Gambar 3 Bagan Alir Pembuatan Rangkaian Rectifier

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

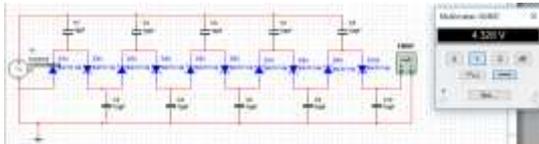
Pengujian pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah menggunakan aplikasi *software* NI Multisim 14.2 untuk menguji tegangan *output* rangkaian *rectifier* antenna dengan cara memasukkan komponen dan alat-alat seperti : kapasitor keramik 10pf, dioda BAT17-04, *power* AC, ground, dan multimeter lalu dihubungkan untuk sehingga menjadi sebuah *rectifier* antenna yang dapat mengubah *output* sinyal AC dari antenna TV UHF yang dapat menangkap frekuensi 470-806MHz dan antenna WiFi yang dapat menangkap frekuensi 2400MHz dan mengubahnya menjadi tegangan DC. Seluruh simulasi ini menggunakan *input power* AC 0,5V agar dapat membandingkan tegangan *output* yang dihasilkan dan tampil pada multimeter yang hasilnya di ambil setelah aplikasi dijalankan selama 1 menit, lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil Pengujian Menggunakan Input Frekuensi 470MHz

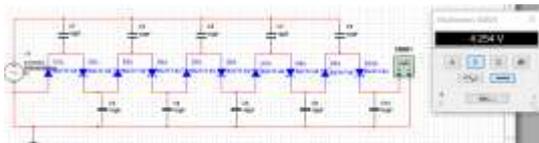
Rancang Bangun Multi Frekuensi Rectenna Untuk Energy Harvesting Gelombang Elektromagnetik

Gambar 4 menunjukkan hasil susunan rangkaian pada aplikasi *software* NI Multisim 14.2 pada saat pengambilan data *output rectifier* dengan tegangan *input power* AC 0.5 Volt dan frekuensi TV 470MHz. Pada Gambar 4 ditunjukkan bahwa setelah *rectifier* dihubungkan dengan *power* AC yang tegangannya telah diatur, lalu dihubungkan dengan alat ukur multimeter menghasilkan *output* tegangan DC 4,397 Volt yang aplikasinya telah dijalankan selama 1 menit, seperti yang tampil pada layar multimeter Gambar 4



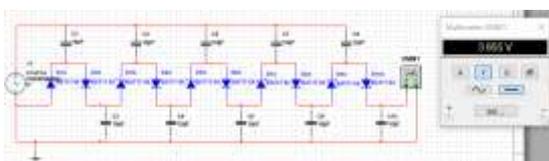
Gambar 5 Hasil Pengujian Menggunakan *Input* Frekuensi 638MHz

Gambar 5 menunjukkan hasil susunan rangkaian pada aplikasi *software* NI Multisim 14.2 pada saat pengambilan data *output rectifier* dengan tegangan *input power* AC 0.5 Volt dan frekuensi TV 638MHz. Pada Gambar 5 ditunjukkan bahwa setelah *rectifier* dihubungkan dengan *power* AC yang tegangannya telah diatur, lalu dihubungkan dengan alat ukur multimeter menghasilkan *output* tegangan DC 4,328 Volt yang aplikasinya telah dijalankan selama 1 menit, seperti yang tampil pada layar multimeter Gambar 5



Gambar 6 Hasil Pengujian Menggunakan *Input* Frekuensi 806MHz

Gambar 6 menunjukkan hasil susunan rangkaian pada aplikasi *software* NI Multisim 14.2 pada saat pengambilan data *output rectifier* dengan tegangan *input power* AC 0.5 Volt dan frekuensi TV 806MHz. Pada Gambar 6 ditunjukkan bahwa setelah *rectifier* dihubungkan dengan *power* AC yang tegangannya telah diatur, lalu dihubungkan dengan alat ukur multimeter menghasilkan *output* tegangan DC 4,254 Volt yang aplikasinya telah dijalankan selama 1 menit, seperti yang tampil pada layar multimeter Gambar 6



Gambar 7 Hasil Pengujian Menggunakan *Input* Frekuensi 2400MHz

Gambar 7 menunjukkan hasil susunan rangkaian pada aplikasi *software* NI Multisim 14.2 pada saat pengambilan data *output rectifier* dengan tegangan *input power* AC 0.5 Volt dan frekuensi WiFi 2400MHz. Pada Gambar 7 ditunjukkan bahwa setelah *rectifier* dihubungkan dengan *power* AC yang tegangannya telah diatur, lalu dihubungkan dengan alat ukur multimeter menghasilkan *output* tegangan DC 3,955 Volt yang aplikasinya telah dijalankan selama 1 menit, seperti yang tampil pada layar multimeter Gambar 7.

Berikut adalah data tabel hasil dari pengujian *rectifier* menggunakan aplikasi *software* NI Multisim 14.2

Tabel 1 Pengujian *Rectifier* Menggunakan Aplikasi *Software* NI Multisim 14.2

No	Power AC (V)	Frekuensi Yang Digunakan (MHz)	Tegangan Output Rectifier Selama 1 Menit (V)
1.	0,5	470	4,397
2.		638	4,328
3.		806	4,254
4.		2400	3,955

Pengukuran ini dilakukan untuk menguji tegangan keluaran yang dihasilkan *rectifier* antenna dengan menggunakan *input* antenna TV yang bekerja pada *range* frekuensi 470-806 MHz lebih rendah dibandingkan frekuensi WiFi.

Data dokumentasi penelitian ini di ambil di kampus Universitas Fajar Makassar, depan antara gedung rektorat dan gedung baru Universitas Fajar. Sebagai bukti hasil penelitian dan berdasarkan jarak titik yang memancarkan frekuensi TV paling besar yang dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 8 Hasil Pengukuran Menggunakan Antena TV Dengan Jarak Dari Sumber Frekuensi Terbesar 0 cm

Rancang Bangun Multi Frekuensi Rectenna Untuk Energy Harvesting Gelombang Elektromagnetik

Gambar 8 menunjukkan bahwa, setelah *rectifier* yang telah dihubungkan dengan antena TV lalu dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital yang di atur pada skala pengukuran tegangan DC maksimal 2V dan antena di arahkan ke sumber frekuensi terbesar dengan jarak 0 cm menghasilkan *output* tegangan DC $324 \times 2 = 648\text{mV}$ dan rata-rata tegangan DC yang dihasilkan $239,08 \times 2 = 478,16\text{mV}/\text{menit}$



Gambar 9 Hasil Pengukuran Menggunakan Antena TV Dengan Jarak Dari Sumber Frekuensi Terbesar 330 cm

Gambar 9 menunjukkan bahwa, setelah *rectifier* yang telah dihubungkan dengan antena TV lalu dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital yang di atur pada skala pengukuran tegangan DC maksimal 2V dan antena di arahkan ke sumber frekuensi terbesar dengan jarak 330 cm menghasilkan *output* tegangan DC $15 \times 2 = 30\text{mV}$ dan rata-rata tegangan DC yang dihasilkan $11,2 \times 2 = 22,4\text{mV}/\text{menit}$



Gambar 10 Hasil Pengukuran Menggunakan Antena TV Outdoor

Gambar 10 di ambil di jalan ujung lorong 150, No. 1, Makassar, menggunakan antena TV *outdoor* yang digunakan sehari-hari. Pengukuran ini dilakukan untuk menguji dan membandingkan hasil pengukuran tegangan menggunakan antena *indoor* dan *outdoor*. Data hasil pengukuran antena *outdoor* di ukur menggunakan multimeter digital pada pengukuran skala tegangan DC maksimal 200mV menghasilkan *output* tegangan DC

terbesar $2 \times 200 = 400\text{mV}$ dan rata-rata tegangan DC yang dihasilkan $1,25 \times 200 = 250\text{mV}$

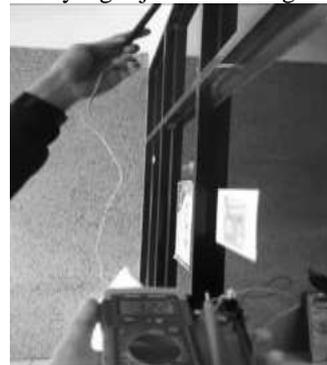
Berikut adalah data tabel hasil dari pengujian *rectifier* menggunakan *input* antena TV :

Tabel 2 Pengujian *Rectifier* Menggunakan *Inputan* Antena TV Di Universitas Fajar Makassar

No	Lokasi Pengambilan Data	Antena Yang Digunakan	Frekuensi f (MHz)	Jarak Dari Sumber Frekuensi (cm)	Tegangan Keluaran Tertinggi Rectifier (mV)	Rata-rata Tegangan Keluaran Rectifier (mV/menit)		
1.				0	648	478,16		
2.				30	310	175,12		
3.				60	187	103,9		
4.				90	64	45,02		
5.	Kampus Universitas Fajar Makassar	Indoor	470-806 MHz	120	44	32,6		
6.				150	40	27		
7.				180	34	23,92		
8.				210	80	59,42		
9.				240	90	54,10		
10.				270	42	25,22		
11.				300	34	28,4		
12.				330	30	22,4		
13.	Jl. Ujung Lr. 150 No. 1			Outdoor	470-806 MHz	-	400	250

Pengukuran ini dilakukan untuk menguji tegangan keluaran yang dihasilkan *rectifier* antena dengan menggunakan *input* dari antena WiFi memiliki frekuensi 2400MHz yang lebih tinggi dibandingkan frekuensi TV.

Data dokumentasi penelitian ini di ambil di kampus Universitas Fajar Makassar, depan gedung rektorat Universitas Fajar. Sebagai bukti hasil penelitian dan berdasarkan jarak titik yang memancarkan frekuensi WiFi paling besar yang dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 11 Hasil Pengukuran Menggunakan Antena WiFi Dengan Jarak Dari Sumber Frekuensi Terbesar 0 cm

Gambar 11 menunjukkan bahwa, setelah *rectifier* yang telah dihubungkan dengan antena WiFi lalu dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital yang di atur pada skala pengukuran tegangan DC maksimal 2V dan antena di arahkan ke sumber frekuensi terbesar dengan jarak 0 cm menghasilkan *output* tegangan DC $322 \times 2 = 644\text{mV}$ dan rata-rata tegangan DC yang dihasilkan $135,01 \times 2 = 170,02\text{mV}/\text{menit}$



Gambar 12 Hasil Pengukuran Menggunakan Antena WiFi Dengan Jarak Dari Sumber Frekuensi 90 cm

Gambar 12 menunjukkan bahwa, setelah *rectifier* yang telah dihubungkan dengan antena WiFi lalu dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital yang di atur pada skala pengukuran tegangan DC maksimal 2V dan antena di arahkan ke sumber frekuensi terbesar dengan jarak 90 cm menghasilkan *output* tegangan DC $710 \times 2 = 1,420V$ dan rata-rata tegangan DC yang dihasilkan $115,5 \times 85 = 231,7mV/menit$



Gambar 13 Hasil Pengukuran Menggunakan Antena WiFi Dengan Jarak Dari Sumber Frekuensi 150 cm

Gambar 13 menunjukkan bahwa, setelah *rectifier* yang telah dihubungkan dengan antena WiFi lalu dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital yang di atur pada skala pengukuran tegangan DC maksimal 2V dan antena di arahkan ke sumber frekuensi terbesar dengan jarak 150 cm menghasilkan *output* tegangan DC $47 \times 2 = 94mV$ dan rata-rata tegangan DC yang dihasilkan $18,93 \times 2 = 37,86mV/menit$

Tabel 3 Pengujian *Rectifier* Menggunakan *Inputan* Antena WiFi Di Universitas Fajar Makassar

No	Lokasi Pengambilan Data	Frekuensi (MHz)	Jarak Dari Sumber Frekuensi (cm)	Tegangan Keluaran Terbesar <i>Rectifier</i> (mV)	Rata-rata Tegangan Keluaran <i>Rectifier</i> (mV/menit)
1.			0	644	170,02
2.			30	584	117,72
3.	Kampus Universitas Fajar Makassar	2400 MHz	40	348	126,56
4.			90	1.420	231,7
5.			120	600	127,56
6.			150	94	37,86

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *rectifier antenna* yang dapat menangkap frekuensi TV UHF 470-806 MHz dan WiFi 2400MHz menggunakan metode *voltage doubler 5 stage* dan menghasilkan energi listrik DC terbesar yaitu 1,420V dengan rata-rata tegangan yang dihasilkan 231,7mV/menit menggunakan inputan antena WiFi frekuensi 2400MHz dengan jarak 90 cm dari sumber frekuensi terbesar. Energi listrik DC yang dihasilkan berdasarkan besar frekuensi WiFi yang diterima dan ketika antena WiFi di tempatkan pada posisi 90 cm dari sumber frekuensi terbesar menghasilkan energi listrik DC terbesar bisa disebabkan oleh antena yang menangkap sesaat frekuensi WiFi yang lebih besar karena memiliki rata-rata tegangan/menit jauh lebih kecil dibandingkan jarak terdekat.

Tegangan DC terbesar yang dihasilkan menggunakan antena TV yaitu 648mV dan rata-rata tegangan yang dihasilkan 478,16mV/menit dengan jarak 0 cm dari sumber frekuensi terbesar. Energi listrik DC yang dihasilkan berdasarkan frekuensi TV yang diterima dan menghasilkan rata-rata tegangan/menit yang tidak jauh berbeda dibanding tegangan terbesar yang dihasilkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardanta PE, Fahmi A, Wahyu Y, Elektro FT, Telkom U. Perancangan Dan Realisasi Rectenna Mikrostrip Fractal Susunan Linier Pada Frekuensi Dual Band Untuk Aplikasi Energy Harvesting. *e-Proceeding Eng.* 2016;3(1):415-424
- [2] Balanis CA. *Antenna Theory - Analysis and Design.* Third Edit. Canada: John Wiley; 2012.
- [3] Chandravanshi S, Member S, Sama S Sen, Akhtar MJ. Design of Triple Band Differential Rectenna for RF Energy Harvesting. *IEEE Trans Antennas Propag.* 2018;(c). doi:10.1109/TAP.2018.2819699.
- [4] Hamka Ikhlasul Amal NZ1, Arfianto Fahmi2 YW. Perancangan Dan Realisasi Sistem Rf Energy Harvesting Pada Frekuensi Uhf. *ISSN 2355-9365 e-Proceeding Eng Vol3, No1 April 2016 | Page 568.* 2016;3(1):568-575
- [5] Hidayat R, Elektro JT, Tinggi S, Mandala T. Sumber Daya Wireless untuk Menghasilkan Energi Listrik Terbarukan. *SINERGI.* 2016;20(2):109-114
- [6] James JR, Hall PS, Wood C. *Microstrip Antenna Theory and Design.* 12th ed. (Professors P.J.B. Clarricoats ED. S and JRW, ed.). London. United Kingdom: Peter Peregrinus; 2012.



Lisensi Creative Commons Attribution 4.0 International Licensi