



**RANCANG BANGUN PENYIMPAN DAYA RECTIFIER  
ANTENNA MULTIFREQUENCY UNTUK ENERGY  
HARVESTING**

**ANDI ABDU KHALID KAHARUDDIN**

**1620221084**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS FAJAR**

**2022**

**RANCANG BANGUN PENYIMPAN DAYA RECTIFIER ANTENA  
MULTIFREQUENCY UNTUK ENERGY HARVESTING**

**TUGAS AKHIR**

**Karya tulis sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana dari  
Universitas Fajar**

**Oleh**

**ANDI ABDU KHALID KAHARUDDIN**

**1620221084**



**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS FAJAR**

**2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**Rancang Bangun Penyimpan Daya Rectifier Antena Multifrequency  
untuk Energi Harvesting**

Disusun oleh:

**Andi Abdu Khalid Kaharuddin**  
**1620221084**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing

Makassar, 17 Oktober 2022

**Pembimbing I**



**Sukriyah Buwarda. S.T., M.T.**  
NIDN. 0918078703

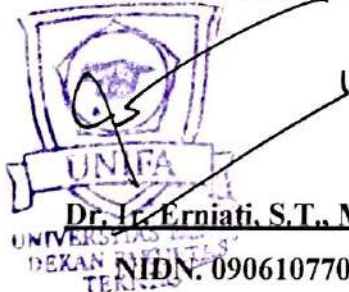
**Pembimbing II**



**Ika Puspita. S.T., M.T.**  
NIDN. 0927098801

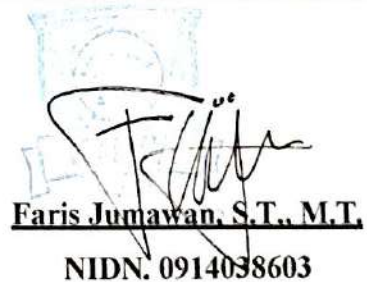
**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Ir. Erniati. S.T., M.T.**  
NIDN. 0906107701

**Plt. Ketua Prodi Teknik Elektro**



**Faris Jumawan. S.T., M.T.**  
NIDN. 0914038603

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir:

“Rancang Bangun Penyimpan Daya Rectifier Antenna Multifrequency untuk Energy Harvesting” adalah karya orisinil saya dan setiap serta seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan Panduan Penulisan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 17 Oktober 2022

Yang menyatakan



ANDI ABDU KHALID K

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmannirrahim. Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian yang berjudul **“RANCANG BANGUN PENYIMPAN DAYA RECTIFIER ANTENNA MULTIFREQUENCY UNTUK ENERGY HARVESTING”**.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moril maupun materil sehingga proposal penelitian ini dapat selesai. Ucapan terima kasih ini penulis tujukan kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.
2. Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar, Ibu Asmawaty Azis, ST., MT.
3. Dosen Pembimbing Ibu Sukriyah Buwarda, ST., MT. selaku pembimbing I serta Ibu Ika Puspita S.T., MT. selaku pembimbing II di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.
4. Orang tua dan keluarga besar yang senantiasa mendoakan agar penulis selalu diberi kekuatan dan kesabaran.
5. Rekan-rekan Mahasiswa Universitas Fajar, yang telah memberi banyak saran dalam menyelesaikan proposal penelitian ini.

Meskipun telah berusaha menyelesaikan proposal penelitian ini sebaik mungkin, penulis menyadari bahwa proposal penelitian ini masih ada kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca guna menyempurnakan segala kekurangan dalam penyusunan proposal penelitian ini. Akhir kata, penulis berharap semoga proposal penelitian ini berguna bagi para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan.

## ABSTRAK

**Andi Abdu Khalid Kaharuddin, Teknik Elektro, RANCANG BANGUN PENYIMPAN DAYA RECTIFIER ANTENNA MULTIFREQUENCY UNTUK ENERGY HARVESTING.** Salah satu metode *energy harvesting* yaitu *rectenna*. *Rectenna* merupakan *antenna* yang diintegrasikan dengan *rectifier* yang mampu mengubah gelombang elektromagnetik menjadi energi listrik. Pada penelitian ini telah dibuat sebuah rangkaian penyimpan daya dengan tujuan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh *rectifier*. Dari hasil pengujian yang dilakukan, dihasilkan tegangan sebesar 5,96 V pada rangkaian penyimpan daya dengan lama proses pengecasan 54menit 27 detik dengan menggunakan *antenna Wi-Fi* yang diintegrasikan dengan *rectifier* dan *step up dc to dc converter*. Sedangkan, dengan menggunakan *antenna TV* dihasilkan tegangan sebesar 4,25 V dengan lama proses pengecasan 57 menit 19 detik.

**Kata Kunci :** Penyimpan Daya, *Rectenna*, Energi *Harvesting*, antena TV UHF, antena WiFi

## ABSTRACT

**Andi Abdu Khalid Kaharuddin, Electrical Engineering, DESIGN OF MULTIFREQUENCY RECTIFIER POWER STORAGE ANTENNA FOR ENERGY HARVESTING.** One method of energy harvesting is rectenna. Rectenna is an antenna that is integrated with a rectifier that is able to convert electromagnetic waves into electrical energy. In this research, a power storage circuit has been created with the aim of storing electrical energy generated by the rectifier. From the results of the tests carried out, the resulting voltage is 5.96 V in the power storage circuit with a long charging process of 54 minutes 27 seconds using a Wi-Fi antenna integrated with a rectifier and a step up dc to dc converter. Meanwhile, by using a TV antenna, a voltage of 4.25 V is generated with a long charging process of 57 minutes 19 seconds.

**Keywords :**Power Saver, *Rectena*, Harvesting Energy, UHF TV antenna, WiFi antenna

# DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI</b> .....	xi
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>I.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>I.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>I.3 Tujuan Penelitian</b> .....	2
<b>I.4 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>II.1 Tinjauan Teori</b> .....	4
<b>II.1.1 Rectifier</b> .....	4
<b>II.1.2 Antenna Mikrostrip</b> .....	11
<b>II.1.3 Rectenna</b> .....	13
<b>II.1.4 Dioda Schottky</b> .....	15
<b>II.1.5 Teori Daya, Arus dan tegangan</b> .....	18
<b>II.1.6 Voltage Doubler</b> .....	21
<b>II.1.7 Kecepatan Perambatan Gelombang Elektromagnetik</b> .....	23



II.1.8 Transformator .....	26
II.1.9 Lithium Ion .....	28
II.2 Penelitian Terdahulu ( <i>State of The Art</i> ).....	29
II.3 Kerangka Pemikiran .....	33
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>34</b>
III.1 Tahapan Penelitian.....	34
III.2 Rancangan Penelitian.....	35
III.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	39
III.4 Alat dan Bahan .....	39
III.5 Metode Pengumpulan Data .....	41
III.5.1 Data Primer .....	41
III.5.2 Data Sekunder .....	41
III.6 Analisis Data .....	42
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>43</b>
IV.1 Hasil.....	43
IV.1.1 Perancangan Rangkaian Penyimpan menggunakan Software Proteus 8 Professional.....	43
IV.1.2 Perancangan Fisik Rangkaian Penyimpan Daya .....	44
IV.1.3 Pengukuran Output Rectifier Antenna dengan menggunakan Input Power Suplly AC .....	45
IV.1.4 Pengukuran Output Rectifier yang Diintegrasikan dengan Step up Converter dan Rangkaian Penyimpan Input Power Suplly AC.....	46
IV.1.5 Pengukuran Output Rangkaian Penyimpan dengan menggunakan Input Power Suplly DC.....	48
IV.1.6 Pengukuran Output Rangkaian Penyimpan dengan menggunakan Input Antenna Wi-Fi.....	49
IV.1.7 Pengukuran Output Rangkaian Penyimpan dengan menggunakan Input Antenna TV UHF.....	51
IV.2 Pembahasan .....	53

IV.2.1 Pengujian Rangkaian Penyimpan menggunakan Software Proteus 8 Professional .....	53
IV.2.2 Pengukuran Output Rectifier Antenna dengan menggunakan Input Power Suplly AC .....	55
IV.2.3 Pengukuran Output Rectifier yang Diintegrasikan dengan Step up Converter dan Rangkaian Penyimpan Input Power Suplly AC.....	72
IV.2.4 Pengukuran Output Rangkaian Penyimpan dengan menggunakan Input Power Suplly DC.....	74
IV.2.5 Pengukuran Output Rangkaian Penyimpan dengan menggunakan Input Antenna Wi-Fi.....	79
IV.2.6 Pengukuran Output Rangkaian Penyimpan dengan menggunakan Input Antenna TV UHF.....	84
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	88
<b>V.1 Kesimpulan</b> .....	88
<b>V.2 Saran</b> .....	88
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	89

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel II. 1	Material dan kategori hambatan..... 25
Tabel II. 2	State of the art ..... 29
Tabel III. 1	Alat dan bahan..... 39
Tabel III. 2	Alat dan bahan..... 41
Tabel IV. 1	Hasil pengujian simulasi ..... 43
Tabel IV. 2	Hasil pengujian rectifier dengan input power suply ac..... 46
Tabel IV. 3	Hasil pengujian rangkaian penyimpan daya yang diintegrasikan dengan rectifier dan step up ..... 47
Tabel IV. 4	Hasil pengujian rangkaian penyimpan daya dengan input power suply dc ..... 49
Tabel IV. 5	Hasil pengujian rangkaian penyimpan daya input antenna wi-fi ..... 50
Tabel IV. 6	Hasil pengujian rangkaian penyimpan daya dengan input antenna tv .. ..... 52
Tabel IV. 7	Pengujian simulasi rangkaian penyimpan dengan menggunakan aplikasi proteus 8 professional ..... 54
Tabel IV. 8	Hasil pengukuran output rectifier dan output rectifier dengan beban rl input power suply ac ..... 65
Tabel IV. 9	Hasil pengukuran output rectifier pada penelitian terdahulu ..... 66
Tabel IV. 10	Perbandingan output rectifier dengan beban secara pengukuran dan teori ..... 71
Tabel IV. 11	Hasil pengukuran rangkaian penyimpan daya yang diintegrasikan dengan rectifier dan step up input power suply ac..... 73
Tabel IV. 12	Hasil pengukuran rangkaian penyimpan dengan input power suply dc ..... 78
Tabel IV. 13	Hasil pengukuran rangkaian penyimpan daya input antenna wi-fi... 82

Tabel IV. 14	Hasil pengukuran rangkaian penyimpan daya dengan input antenna tv .....	87
--------------	--	----

## DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI

		<b>Halaman</b>
Gambar II. 1	Rangkaian setengah gelombang.....	5
Gambar II. 2	Sinyal output penyearah setengah gelombang .....	6
Gambar II. 3	Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 buah dioda .....	7
Gambar II. 4	Rangkaian penyearah gelombang penuh 4 dioda.....	7
Gambar II. 5	Rangkaian penyearah gelombang penuh dibangun dari sebuah transformator ct dengan 2 dioda penyearah .....	8
Gambar II. 6	Output dari penyearah gelombang penuh .....	8
Gambar II. 7	Rangkaian pengali tegangan .....	10
Gambar II. 8	Struktur antenna mikrostrip.....	12
Gambar II. 9	Layout rancangan rectifier antenna.....	13
Gambar II. 10	Sistem kerja rectenna .....	14
Gambar II. 11	Dioda schottky .....	15
Gambar II. 12	Model dioda schottky.....	15
Gambar II. 13	Simbol dioda schottky.....	15
Gambar II. 14	Rangkaian voltage doubler.....	21
Gambar II. 15	Simulasi rangkaian voltage doubler 1 stage, 2 stage, 5 stage .....	22
Gambar II. 16	Simbol transformator .....	26
Gambar II. 17	Transformator dengan beban.....	27
Gambar II. 18	Bagan kerangka pikir .....	33
Gambar III. 1	Tahapan penelitian.....	34
Gambar III. 2	Rancangan sistem.....	35
Gambar III. 3	Bagan alir simulasi rangkaian .....	36

Gambar III. 4	Simulasi rangkaian penyimpan menggunakan software proteus 8 professional .....	37
Gambar III. 5	Pengujian hasil simulasi .....	37
Gambar III. 6	Bagan alir pembuatan rangkaian penyimpan .....	38
Gambar IV. 1	Perancangan menggunakan software proteus 8 professional .....	43
Gambar IV. 2	Fabrikasi rangkaian penyimpan .....	44
Gambar IV. 3	Pengujian data menggunakan input power suply ac .....	45
Gambar IV. 4	Alur pengujian rectifier input power suply ac .....	45
Gambar IV. 5	Penguian data rangkaian penyimpan yang diintegrasikan dengan rectifier dan step up converter menggunakan input power suply ac	46
Gambar IV. 6	Alur pengujian rangkaian penyimpan daya input power suply ac yang diintegrasikan dengan rectifier dan step up .....	47
Gambar IV. 7	Pengujian data menggunakan input power suply dc .....	48
Gambar IV. 8	Alur pengujian rangkaian penyimpan daya input power suply dc...	48
Gambar IV. 9	Pengujian data menggunakan antenna wi-fi .....	49
Gambar IV. 10	Alur pengujian rangkaian penyimpan daya input antenna wi-fi .....	50
Gambar IV. 11	Pengujian data menggunakan input antenna tv uhf.....	51
Gambar IV. 12	Alur pengujian rangkaian penyimpan daya input antenna tv .....	52
Gambar IV. 13	Pengujian simulasi rangkaian penyimpan dengan input battery 3 v .	53
Gambar IV. 14	Pengujian simulasi rangkaian penyimpan dengan input battery 5 v .	54
Gambar IV. 15	Pengukuran output power suply ac 4,9 volt dan 6,5 volt.....	55
Gambar IV. 16	Pengukuran output rectifier menggunakan multimeter digital input power suply ac .....	56
Gambar IV. 17	Pengukuran menggunakan tegangan input 4,9 volt dan beban rl 27 $\omega$ .. .....	57
Gambar IV. 18	Pengukuran menggunakan tegangan input 4,9v dan beban rl 22 $\omega$ ...	58
Gambar IV. 19	Pengukuran menggunakan tegangan input 4,95v dan beban rl 10 $\omega$ .....	59

Gambar IV. 20 Pengukuran menggunakan tegangan input 4,95v dan beban rl 5,6 $\omega$ ...	60
Gambar IV. 21 Pengukuran menggunakan tegangan input 6,5v dan beban rl 27 $\omega$ ...	61
Gambar IV. 22 Pengukuran menggunakan tegangan input 6,5v dan beban rl 22 $\omega$ ...	62
Gambar IV. 23 Pengukuran menggunakan tegangan input 6,5v dan beban rl 10 $\omega$ ...	63
Gambar IV. 24 Pengukuran menggunakan tegangan input 6,53v dan beban rl 5,6 $\omega$ ....	64
Gambar IV. 25 Hasil pengukuran output rectifier yang diintegrasikan dengan step up converter dan rangkaian penyimpan input power supllly ac.....	72
Gambar IV. 26 Hasil pengukuran output power supply dc 3 volt dan 6 volt menggunakan multimeter digital.....	74
Gambar IV. 27 Hasil pengukuran dengan menggunakan power supllly dc input tegangan 3 volt .....	75
Gambar IV. 28 Hasil pengukuran dengan menggunakan power supllly dc input tegangan 6 volt .....	76
Gambar IV. 29 Pengukuran output arus rangkaian penyimpan input power supllly dc .	77
Gambar IV. 30 Hasil proses pengecasan battery li-ion pada rangkaian penyimpan..	78
Gambar IV. 31 Hasil pengukuran <i>output</i> tegangan rangkaian dengan menggunakan input antenna wi-fi (2400 mhz).....	79
Gambar IV. 32 Pengukuran <i>output</i> arus rangkaian penyimpan <i>input antenna wi-fi</i> ..	80
Gambar IV. 33 Proses pengecasan baterai li-ion .....	81
Gambar IV. 34 Baterai li-ion dalam keadaan low dan full .....	82
Gambar IV. 35 Hasil pengukuran output rangkaian dengan menggunakan input antenna tv uhf (470-806 mhz).....	84
Gambar IV. 36 Pengukuran output arus rangkaian penyimpan input antenna tv uhf ....	85
Gambar IV. 37 Proses pengecasan baterai li-ion .....	86
Gambar IV. 38 Baterai li-ion dalam keadaan low dan full .....	86

## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
AC	<i>Alternating Current</i>	1
DC	<i>Direct Current</i>	1
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>	1
RF	<i>Radio Frequency</i>	1
TV	<i>Televisi</i>	1
MHz	<i>Mega Hertz</i>	1
Li-Ion	<i>Lithium Ion</i>	3
CT	<i>Center Tap</i>	4
BTS	<i>Base Transceiver Station</i>	13
LAN	<i>Local Area Network</i>	13
GSM	<i>Global System for Mobile Communication</i>	14
NI-CD	<i>Nickel Cadmium</i>	30
NI-MH	<i>Nickel Metal</i>	30
PCB	<i>printer Circuit Board</i>	41
RAM	<i>Random Access Memory</i>	42
GB	<i>Giga Byte</i>	42
LED	<i>Light Emitting Diode</i>	42
HT	<i>Handy Talky</i>	83

## SIMBOL

$R_{ms}$	Tegangan Efektif	6
$I$	Arus	6
$V_{DC}$	Tegangan Searah	9
$\pi$	Pi	9
$V_{max}$	Tegangan Puncak	9
$V_{out}$	Tegangan Output	10
$V_0$	Tegangan Rangkaian Terbuka	10
$R_0$	Hambatan	10
$R_L$	Beban	10
$n$	Stage	11
$f_o$	Frekuensi Resonansi	11
$C$	Kapasitor	11
$R$	Tahanan (ohm)	18
$V$	Tegangan	18
$V_n$	Rugi-rugi n-stage	24
$V_{in}$	Tegangan Masuk (Input)	24
$C$	Kecepatan Gelombang Elektromagnetik	27
$\lambda$	Panjang Gelombang	27
$f$	Frekuensi (Hertz)	27



## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Halaman**

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Penggunaan energi listrik telah mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan bertambahnya populasi manusia di era *modern* saat ini. Konsumsi energi listrik di kalangan masyarakat menjadi kebutuhan primer yang sangat penting sehingga dapat memberikan banyak kemudahan dan manfaat bagi masyarakat itu sendiri. Akan tetapi, cadangan sumber daya alam seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam yang menjadi bahan baku energi listrik semakin terbatas.

*Energy harvesting* atau pemanenan energi merupakan proses dimana energi berasal dari sumber eksternal seperti surya atau matahari, panas, gelombang RF (radio frekuensi), dan gelombang elektromagnetik lain yang memancarkan sinyal. Salah satu perangkat yang dapat digunakan untuk memanen energi adalah *rectifier* yang diintegrasikan dengan antena. Antena digunakan sebagai penangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas, sedangkan *rectifier* atau penyearah gelombang yang digunakan sebagai converter sinyal listrik AC yang telah diterima oleh antena menjadi sinyal listrik DC.

Pada tahun 2020, telah dirancang sebuah rectenna oleh Muhammad Fajar Sahid dengan judul Penelitian “Rancang Bangun Rectifier Antenna untuk *Energy Harvesting*”. Pada penelitian ini, *rectifier* di rancang menggunakan *software NI Multisim 14.2* dengan metode yang di gunakan yaitu *Voltage Doubler 5 stage* dengan tujuan untuk menghasilkan energi listrik DC dari inputan gelombang elektromagnetik yang merambat bebas di udara dan di terima oleh antenna TV UHF yang bekerja pada frekuensi 470-806 MHz dan antenna *Wi-Fi* dengan frekuensi 2400MHz namun belum memiliki penyimpanan daya untuk menyimpan listrik yang dihasilkan oleh *rectifier*.

Berdasarkan permasalahan tersebut penulis ingin membuat sebuah penelitian yang berkaitan dengan penelitian sebelumnya dengan judul “**Rancang Bangun Penyimpan Daya Rectifier Antenna Multifrequency**”. Dengan adanya penyimpanan daya ini, diharapkan daya output dari rangkaian *rectifier* dapat di simpan sebagai salah satu sumber energi.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada sub bab latar belakang, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah yang akan dikaji dan dibuat dalam bentuk rumusan sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat rangkaian penyimpan daya *rectifier antenna multifrequency*?
2. Bagaimana mengukur tegangan keluaran rangkaian penyimpan daya *rectifier antenna multifrequency*?
3. Bagaimana menganalisis proses *charging* pada baterai?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Membuat rangkaian penyimpan daya *rectifier antenna multifrequency*
2. Mengukur tegangan keluaran rangkaian penyimpan daya *rectifier antenna multifrequency*
3. Menganalisis proses *charging* pada baterai

#### **I.4 Batasan Masalah**

Dengan mengacu pada pokok permasalahan di atas maka perlu adanya batasan masalah agar tidak menimbulkan permasalahan yang bertambah, maka perlu penulis memberikan batasan masalah antara lain :

1. Frekuensi yang digunakan yaitu, televisi UHF (470-806 MHz) dan Wi-Fi (2400 MHz)
2. Baterai yang digunakan yaitu baterai *Li-Ion (Lithium Ion)*
3. Ketahanan baterai tidak diuji

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Tinjauan Teori

#### II.1.1 Rectifier

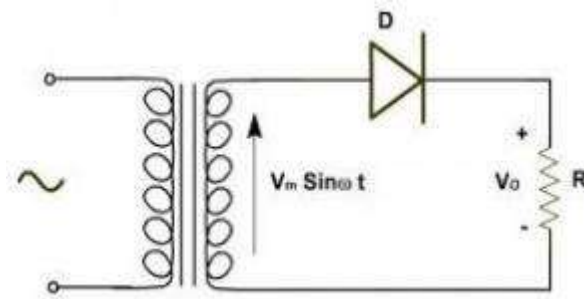
*Rectifier* atau penyearah gelombang adalah bagian dari *power supply* / catu daya yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi sinyal tegangan bolak-balik AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan searah DC (*Direct Current*). Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah dioda yang dikonfigurasi secara *forward bias*. Dalam sebuah *power supply* tegangan rendah, sebelum tegangan AC tersebut di ubah menjadi tegangan DC maka tegangan AC tersebut perlu di turunkan menggunakan transformator *stepdown*. Ada 3 bagian utama dalam penyearah gelombang pada suatu *power supply* yaitu, penurun tegangan (transformer), penyearah gelombang / *rectifier* (dioda) dan filter (kapasitor). (Hamka Ikhlasul Amal NZ, Arfianto Fahmi, Yuyu Wahyu.2016)

Ada 2 jenis penyearah yaitu, penyearah setengah gelombang dan gelombang penuh, dan untuk penyearah gelombang penuh dibagi menjadi penyearah gelombang penuh dengan *center tap* (CT), dan penyearah gelombang penuh dengan menggunakan dioda *bridge*.

#### 1. Penyearah Setengah Gelombang

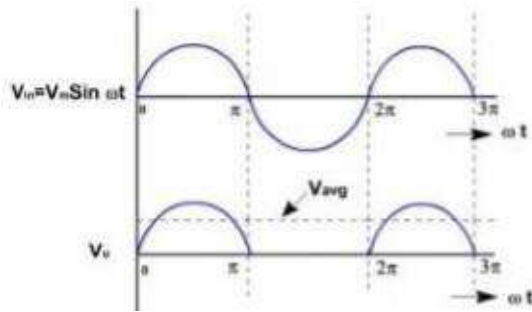
Rangkaian penyearah hanya menggunakan satu dioda. Dioda akan bertindak sebagai kawat ketika dibias maju, sehingga akan bertindak sebagai saklar terbuka. Tujuan dari bias maju adalah untuk menerapkan energi positif ke terminal anoda dan kemudian energi negatif ke terminal katoda. Faktanya adalah bahwa arus listrik dapat mengalir jika diarahkan ke arah panah, dan jika kita menghubungkannya ke arah yang berlawanan, maka arus tidak dapat mengalir. Bentuk sinyal input dalam setengah gelombang adalah gelombang di bagian bawah dan gelombang output

Hal ini di atas. Dalam siklus positif, penurunan tegangan antara terminal output idealnya sama dengan tegangan suplai, atau tegangan suplai  $-0,7\text{ V}$  (dioda silikon) dan tegangan suplai  $-0,3\text{ V}$  (dioda germanium). Hal ini karena dioda diberi bias maju sehingga arus mengalir melalui dioda seperti kawat.



Gambar II. 1 Rangkaian Setengah Gelombang (Dimas Dwinata.2017)

Di sisi lain, pada siklus negatif, dioda dibias mundur dan dioda bertindak sebagai kabel terbuka atau sakelar terbuka, sehingga tegangan keluarannya kira-kira  $0\text{ V}$ . Penyearah setengah gelombang adalah rangkaian penyearah paling sederhana, terdiri dari dioda tunggal. Sisi negatif dari sinyal tegangan AC dipertahankan atau tidak ditransmisikan, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut dari keluaran penyearah setengah gelombang.



Gambar II. 2 Sinyal Output Penyearah Setengah Gelombang (Dimas Dwinata.2017)

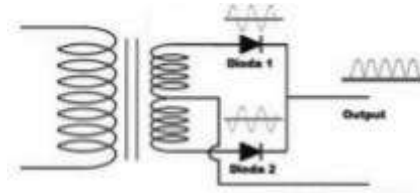
Hubungan antara tegangan puncak  $V_m$  dan akar rata-rata kuadrat ( $V_{rms}$ ) atau tegangan RMS. Prinsip kerja penyearah setengah gelombang adalah pada saat sinyal input positif, dioda dibias maju, sehingga arus ( $i$ ) mengalir ke beban ( $RL$ ) dan sebaliknya, sehingga sinyal input naik. Jika ini adalah siklus negatif, dioda akan dibias mundur untuk mencegah arus mengalir. Dalam keadaan aktif (bias maju) resistansi dioda adalah  $R_f$ , yang biasanya lebih kecil dari  $RL$ . Ketika dioda mati (bias terbalik) resistansi sangat tinggi atau dianggap tak terbatas dalam deskripsi ini sehingga tidak ada arus dioda yang mengalir atau  $i=0$ .

## 2. Penyearah Gelombang Penuh

Penyearah gelombang penuh (*full wave rectifier*) adalah sistem penyearah yang menyearahkan semua siklus gelombang sinus menggunakan dua blok dioda (satu blok dioda bisa berupa satu atau beberapa dioda yang diparalel) yang bekerja secara komplen. Satu dioda bekerja pada fase siklus positif dan satu dioda bekerja pada fase siklus negatif yang telah dibalik. Oleh karena itu penyearah gelombang penuh identik dengan penggunaan transformator *center tap* (CT) yang memiliki dua buah *output* sinyal AC dengan fase berkebalikan. Rangkaian penyearah gelombang penuh menghasilkan tegangan DC dengan riak (*ripple*) yang lebih sedikit dibanding penyearah setengan gelombang. Hal ini karena gelombang yang dihasilkan lebih rapat yaitu hasil penggabungan dari siklus sinyal sinus positif dan siklus sinyalsinus negatif yang telah dibalik

menjadi siklus positif. Jadi penyearah akan tetap mengeluarkan *output* pada periode gunung dan lembah dari sinyal sinus.

a. Penyearah gelombang Penuh dengan Dua Buah Dioda

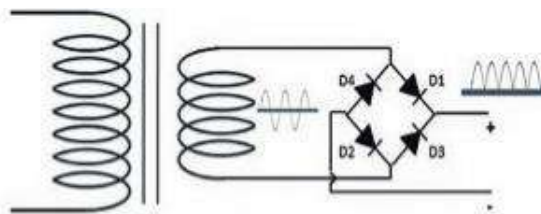


Gambar II. 3 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dengan 2 Buah Dioda (Dimas Dwinata.2017)

Penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda harus menggunakan trafo CT atau center tapping, trafo tersebut memberikan perbedaan fasa hingga  $180^\circ$ . Dengan dua dioda terhubung ke output dari konverter CT, mengirimkan sinyal untuk membuat gelombang penuh.

b. Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda

Penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda tidak menggunakan trafo CT. Dioda dirancang membentuk dioda *bridge* sehingga keluaran trafo yang menjadi masukan ke dalam rangkaian dioda diubah sehingga membuat sinyal membentuk gelombang penuh atau *full wave*.

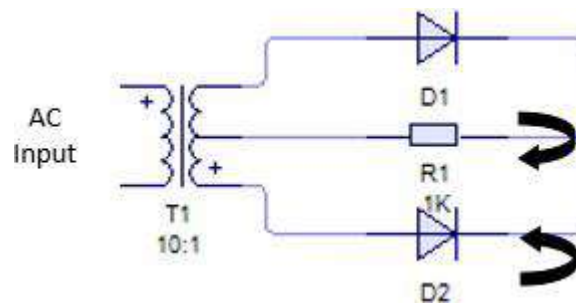


Gambar II. 4 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda (Dimas Dwinata.2017)



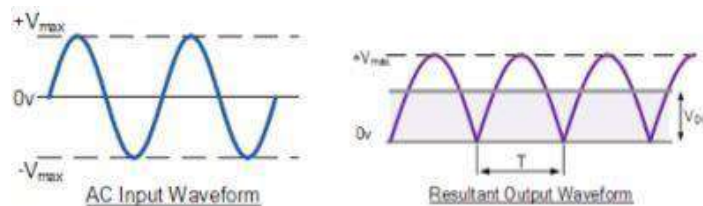
### c. Prinsip Kerja Penyearah Gelombang Penuh

Rangkaian penyearah gelombang penuh terdiri dari transformator CT dengan dua dioda penyearah. Fungsi dari trafo CT adalah untuk membangkitkan dua sinyal sinusoidal dengan fasa yang berlawanan. Satu belitan menciptakan fase yang sama dengan sinyal input, dan belitan lainnya menciptakan fase yang berlawanan dari sinyal input.



Gambar II. 5 Rangkaian Penyearah Gelombang penuh Dibangun dari Sebuah Transformator CT dengan 2 Dioda Penyearah (Dimas Dwinata.2017)

Menggunakan dua sinyal arus bolak-balik yang tidak sefasa satu sama lain, dua dioda, masing-masing bertindak sebagai penyearah setengah gelombang, dapat beroperasi secara bergantian. Dioda mengoreksi siklus positif dari belitan atas, dan kemudian dioda diganti dengan siklus positif dari koreksi belitan bawah. Ini adalah fase kebalikan dari siklus negatif dari sinyal input AC.



Gambar II. 6 Output dari Penyearah Gelombang Penuh (Dimas Dwinata.2017)

Keluaran penyearah gelombang penuh, yang lebih padat daripada penyearah setengah gelombang, menyebabkan riak pada keluaran tegangan DC sian menjadi lebih kecil. Output penyearah gelombang lebih halus dan lebih stabil daripada penyearah setengah gelombang. Perhitungan tegangan DC pada penyearah gelombang penuh dapat dikatakan dua kali lipat dari penyearah setengah gelombang. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa semua siklus sinyal AC adalah keluaran. Oleh karena itu amplitudo tegangan keluaran penyearah gelombang penuh 2 volt  $V_{max}$  dibagi dengan ( $\pi$ ). Dimana amplitudo  $V_{max}$  adalah tegangan puncak ( $V$ -peak) dari satu siklus sinyal AC. Atau sama dengan  $0.637V_{max}$ . Dan jika dihitung dengan nilai RMS menjadi  $0,637$  kali 2 yang sama dengan  $0,9V_{rms}$ .

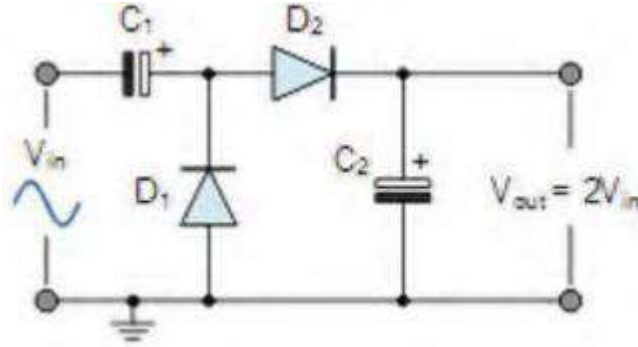
$$V_{dc} = 2 V_{max} \pi = 0.637 V_{max} = 0.9 \text{ rms} \quad (1)$$

(Dimas Dwinata.2017)

### 3. Power Harvester

*Power Harvester* atau modul konversi energi adalah sebuah rangkaian *voltage doubler* yang digunakan untuk mengubah energi yang telah dipanen dari frekuensi radio di sekitar tempat menjadi tegangan DC. Tegangan *output* yang dihasilkan dapat mencapai 2 kali tegangan *input*. Rangkaian tersebut terdiri atas dua bagian, yakni dioda dan kapasitor. Sinyal input RF disearahkan pada siklus *input* positif diikuti siklus *input* negatif. Ketika siklus negatif, D1 menjadi *short circuit* dan tegangan C1 terisi hingga nilai puncak ( $V_{in}$ ). Disebabkan tidak ada jalur bagi C1 untuk *discharge*, maka tegangan C1 tetap terisi penuh dan berperan sebagai penyimpan tegangan. Pada saat yang sama, dioda D2 menghantar arus melalui D1 melakukan pengisian kapasitor C2. Ketika siklus positif, dioda D1 bersifat *open circuit* sedangkan dioda D2 bersifat *short circuit*. Karena tegangan kapasitor C1 telah sama dengan nilai tegangan *input*, tegangan kapasitor C2 terisi hingga dua kali tegangan *input*.

Dengan kata lain, tegangan yang disimpan pada kapasitor *input* ketika siklus pertama ditransfer ke *output* kapasitor pada siklus selanjutnya sehingga tegangan yang dihasilkan pada *output* kapasitor sekitar dua kali tegangan puncak dari sumber RF dikurangi drop tegangan diode



Gambar II. 7 Rangkaian Pengali Tegangan (Angga Ruhyat.2015)

Adapun kelebihan dari rangkaian ini adalah ketika beberapa *stages* dihubungkan secara seri. Metode ini mirip dengan prinsip penyusunan baterai secara seri dimana akan menghasilkan tegangan yang lebih tinggi. Tiap *stage* dapat dipandang sebagai sebuah baterai dengan tegangan rangkaian terbuka (*open circuit*)  $V_o$ , hambatan dalam  $R_o$ . Dengan beban  $R_L$ , maka tegangan *output* yang dihasilkan adalah

$$V_{out} = \frac{V_o}{R_o + R_L} R_L \quad (2)$$

Ketika mempunyai jumlah  $n$  *stage* dan dihubungkan dengan beban  $R_L$ , tegangan *output* yang dihasilkan adalah

$$V_{out} = \frac{nV_o}{nR_o + R_L} R_L \quad (3)$$

#### 4. Frekuensi Resonansi

Frekuensi resonansi adalah sebuah rangkaian listrik berada dalam frekuensi resonan tertentu, yaitu ketika impedansi di antara masukan dan keluaran rangkaian mencapai minimum. (Aliim Waspodo, Ir. Agung Warsito, DHET,

Mochammad Facta,ST, MT)

Adapun rumus yang digunakan untuk mencari frekuensi resonansi dapat dicari dengan rumus berikut :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad (4)$$

(Valdryan Ivandito.2018)

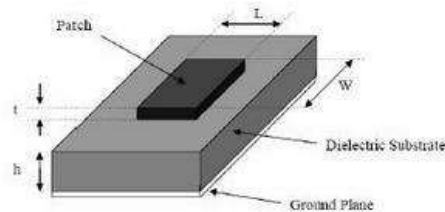
### II.1.2 Antenna Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas *ground plane* yang diantaranya terdapat bahan dielektrik. Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki massa ringan, mudah untuk di fabrikasi, dengan sifatnya yang konformal sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil dibandingkan dengan antena jenis lain. Karena sifat yang dimilikinya, antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil, akan tetapi antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu: *bandwidth* yang sempit, *gain* dan *directivity* yang kecil, serta efisiensi rendah. (Arnandha Rifkiano, Zulfi, Yuyu Wahyu.2016).

Lapisan-lapisan pada substrat adalah sebagai berikut:

- a. *Conducting Patch* atau *patch* terletak paling atas dari lapisan substrat antena mikrostrip. *Patch* terbuat dari bahan konduktor. Pada lapisan ini akan dibentuk menjadi suatu bentuk antena tertentu, seperti lingkaran, *rektangular*, segitiga, ataupun berbentuk *angular ring*.
- b. *Electric Substrate* adalah lapisan tengah substrat yang berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari catuan menuju daerah dibawah *patch*. Bagian ini menggunakan bahan dielektrik dengan permitivitas relatif tertentu sesuai dengan kebutuhan perancangan.

- c. *Ground plane* adalah lapisan paling bawah dari substrat biasanya terbuat dari bahan konduktor yang berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan. (Pradika Erta Ardanta, Arfianto Fahmi, Yuyu Wahyu.2016)

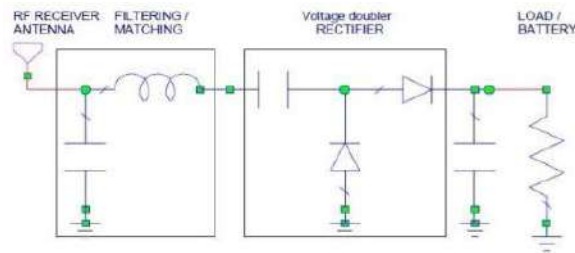


Gambar II. 8 Struktur Antena Mikrostrip (Arnandha Rifkiano,Zulfi,Yuyu Wahyu.2016)

Antena mikrostrip memiliki keunggulan dibandingkan antena lain seperti secara fisik lebih tipis, lebih kecil dan sederhana, biaya produksi rendah, polarisasi linier dan melingkar, yang dapat diwujudkan dengan catu daya sederhana, dan sebagainya. Namun antena mikrostrip juga memiliki keterbatasan dibandingkan antena lainnya, antara lain bandwidth yang sempit, gain yang rendah, dan efek gelombang. ( *Surface wave* ). (Budi Irawan.2017)

### II.1.3 Rectenna

*Rectenna* merupakan antenna yang dintegrasikan dengan *rectifier*, secara sederhana *rectenna* bisa dikatakan adalah perangkat yang memiliki kemampuan untuk mengkonversi gelombang RF menjadi tegangan DC. Antena berfungsi menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas yang banyak dipancarkan perangkat-perangkat telekomunikasi yang berada disekitar kita seperti yang dipancarkan oleh BTS, *Access Point*, dan lain-lain, sedangkan *rectifier* digunakan untuk mengkonversi gelombang elektromagnetik tersebut menjadi tegangan DC. Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah dioda yang dikonfigurasi secara *forward bias*.

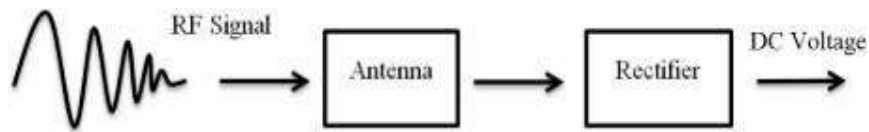


Gambar II. 9 Layout Rancangan Rectifier Antenna (Dirton Parubak.2014)

#### 1. RF (Radio Frequency) to DC

Sinyal frekuensi radio/ *Radio Frequency* (RF) merupakan gelombang radiasi elektromagnetik yang berpropagasi diudara pada alokasi frekuensi 30 KHz hingga 300 GHz. Sinyal RF banyak digunakan pada teknologi komunikasi dan transmisi data. dengan begitu banyak sumber sinyal RF dapat ditemui khususnya pada daerah urban, yaitu Pemancar Radio, Stasiun Televisi, BTS Seluler, Transmitter Wireless LAN, dan perangkat berbasis RF lainnya. Pada tiap aplikasi teknologi komunikasi tersebut memiliki range frekuensi yang berbeda untuk transmisi sinyal RF. Pemancar radio menggunakan *range* 30 MHz – 300 MHz, stasiun televisi menggunakan *range* 47 MHz - 960 MHz, komunikasi seluler GSM menggunakan

frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz, dan pada *wireless* LAN menggunakan frekuensi 2400 MHz. Karena sumber daya energi sangat melimpah maka dapat dimanfaatkan menjadi energi alternatif salah satunya energi radio frekuensi (gelombang elektromagnetik). Pemanfaatan energi RF dimungkinkan karena semakin berkembangnya metode energi *harvesting*. Energi *harvesting* merupakan pemanenan energi dari dari sumber eksternal, salah satu contohnya adalah *rectenna*.



Gambar II. 10 Sistem Kerja Rectenna (Ryan Rivaldo,Heroe Wijanto,Yuyu Wahyu.2018)

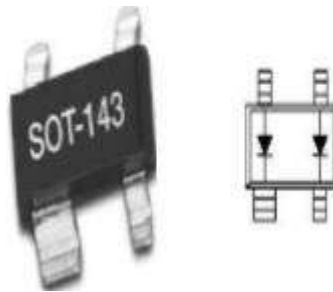
*Rectenna (Rectifier Antenna)* merupakan integrasi dari *antenna* dan *rectifier* / penyearah. Antena berfungsi menangkap gelombang RF dari udara bebas, lalu dikonversi/diubah oleh *rectifier* menjadi keluaran arus DC [5]. Sistemnya dapat dilihat pada gambar 1 diatas. (Ryan Rivaldo, Heroe Wijanto, Yuyu Wahyu.2018).

## 2. Energy Harvesting

*Energy Harvesting* adalah suatu proses dimana energi ditangkap dan dikonversi langsung menjadi listrik untuk perangkat kecil dan menengah seperti *autonomous wireless sensor nodes, consumer electronics*, dan kendaraan. Sumber energi tersebut berasal dari sumber eksternal seperti gelombang radio (RF energy),energi panas, energi alam , energi matahari, dan lain-lain. (Pradika Erta Ardanta, Arfianto Fahmi, Yuyu Wahyu.2016)

### II.1.4 Dioda Schottky

Dioda Schottky adalah dioda khusus dengan tegangan kecil. ketika arus mengalir melalui dioda, itu akan ditahan oleh resistansi internal, yang menyebabkan tegangan menjadi kecil di terminal dioda. Dioda normal mulai bekerja jika tegangan input antara 0,7 dan 1,7 volt, sedangkan tegangan dioda Schottky antara 0,15 dan 0,45 volt sudah dapat bekerja. Selain frekuensi kerja yang tinggi (2,4 GHz) tidak semua dioda dapat bekerja di daerah tersebut. Jadi dioda yang digunakan adalah dioda yang masih linier pada frekuensi tinggi. (Arnandha Rifkiano, Zulfi, Yuyu Wahyu.2016)



Gambar II. 11 Dioda Schottky (Arnandha Rifkiano,Zulfi,Yuyu Wahyu.2016)

Komponen dioda ini diberikan tambahan metal pada cuplikan permukaan bagian tengah semikonduktor. Karakteristik yang menjadi keunggulan dioda ini adalah tegangan aktivasi yang rendah dan waktu pemulihan yang singkat. Dioda ini sangat umum digunakan untuk rangkaian elektronik berfrekuensi tinggi, seperti perangkat-perangkat radio dan gerbang logika.



Gambar II. 12 Simbol Dioda Schottky (Hantje Ponto., MAP.2018)



Dioda Schottky adalah jenis dioda dengan tegangan jatuh (*drop voltage*) yang rendah jika dibandingkan dengan dioda normal lainnya. Perbedaan mendasar antara dioda Schottky dengan dioda normal adalah penggunaan logam semikonduktor (*metal – semiconductor junction*) untuk persimpangan dioda Schottky sedangkan dioda normal pada umumnya menggunakan persimpangan semikonduktor (*semiconductor junction*).



Gambar II. 13 Model Dioda Schottky (Hantje Ponto DEA., MAP.2018)

Dioda ini digunakan pada rangkaian *switching* berkecepatan tinggi, rangkaian frekuensi radio (RF), *mixer* dan rangkaian penyearah pencatu daya. Istilah Schottky berasal dari nama penemu efek Schottky yaitu Walter H. Schottky yang berasal dari Jerman. Efek Schottky adalah penghalang potensial yang terbentuk pada pertemuan logam- semikonduktor yang mempunyai karakteristik penyearahan. Efek tersebut cocok untuk penggunaannya pada dioda, sehingga dioda Schottky disebut juga dengan dioda penghalang atau *Barrier Diode*.

Pada dioda normal yang menggunakan persimpangan positif-negatif (*PN Junction*), semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n digunakan untuk membentuk persimpangan p-n. sedangkan pada dioda Schottky, semikonduktor tipe-p digantikan dengan bahan jenis logam seperti aluminium atau platinum sehingga dapat membentuk sambungan persimpangan logam-semikonduktor tipe-n (*metal- semiconductor tipe-n*). Sambungan antara logam dan semikonduktor ini menghasilkan lapisan penghalang yang dikenal dengan istilah “*Schottky barrier*” atau “penghalang Schottky”. Prinsip

kerja dioda Schottky yaitu pada saat dioda ini tidak diberikan tegangan atau dalam kondisi *unbiased* (kondisi tanpa tegangan), tingkat energi elektron yang berada di sisi semikonduktor tipe-n sangat rendah jika dibandingkan dengan tingkat energi di sisi logam. Dengan demikian, *electron* tidak dapat mengalir melalui penghalang persimpangan yang disebut dengan penghalang Schottky ini. Namun apabila dioda Schottky diberikan tegangan *bias* maju (*forward bias*), *electron* di sisi semikonduktor tipe-n akan mendapat energi yang cukup untuk melewati penghalang persimpangan dan masuk ke wilayah logam. *Electron* ini masuk kedalam wilayah logam dengan energi yang sangat besar sehingga disebut juga *electron* pembawa panas (*hot carrier*). Oleh karena itu, dioda ini sering juga disebut dengan dioda pembawa panas (*hot carrier diode*).

Arus listrik akan mengalir melalui dioda Schottky secara *bias* maju (*forward bias*) jika terdapat tegangan maju yang cukup diberikan ke dioda ini. Karena aliran arus listrik ini, akan terjadi kehilangan tegangan kecil pada saat melintasi terminal dioda Schottky, kehilangan tegangan inilah yang disebut dengan “*drop voltage*”. Kehilangan tegangan pada dioda silikon (dioda normal) biasanya adalah sekitar 0,6V hingga 0,7V, sementara *drop voltage* pada dioda Schottky hanya sekitar 0,2V hingga 0,3V. Dalam hal ini tegangan yang terbuang untuk mengaktifkan dioda silikon adalah sekitar 0,6V hingga 0,7V sedangkan tegangan yang terbuang hanya sekitar 0,2V hingga 0,3V. artinya, dioda Schottky. mengkonsumsi tegangan yang lebih kecil dari dioda normal pada umumnya. Karakteristik utama dioda Schottky yang bisa dinyalakan (*switch on*) dan dimatikan (*switch off*) lebih cepat serta tidak menghasilkan *noise* yang berlebihan (*noise* yang tidak diinginkan) dibandingkan dengan dioda normal yang menggunakan persimpangan PN ini menjadikannya cocok untuk diaplikasikan ke rangkaian yang memerlukan *switching off* berkecepatan tinggi. (Hantje Ponto DEA., MAP.2018)

## II.1.5 Teori Daya, Arus dan tegangan

### 1. Arus Listrik

Arus listrik adalah aliran elektron dari atom ke atom yang terjadi dalam suatu penghantar dengan laju tertentu dalam waktu tertentu. Penyebab terjadinya arus listrik adalah karena adanya beda potensial pada kedua ujung penghantar, yang terjadi karena menerima energi untuk membuat elektron bergerak. Pada umumnya pergerakan aliran elektron ini akan menuju ke tempat dengan tekanan yang lebih lemah. Sedangkan besarnya arus listrik yang terjadi tentunya tergantung dari pembangkit yang menghasilkan listrik tersebut, agar kita dapat menggunakan alat-alat elektronik, maka dorongan listrik yang dibutuhkan harus cukup dan sesuai dengan kebutuhan. Arus listrik juga harus dapat mengalir atau terpisah agar arus yang mengalir aman dengan laju yang stabil. Kecepatan perpindahan arus listrik ini dapat disebut sebagai laju arus, yang dapat ditulis sebagai  $I$  dalam satuan ampere. Dan arus listrik tercipta ketika muatan listrik mengalir setiap detik. persamaan aliran

$$I = \frac{V}{R} \quad (5)$$

Dimana :

$R$  = Tahanan (ohm)

$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus (Ampere)

Arus listrik dibedakan menjadi 2 jenis yaitu :

#### a. Arus Bolak-balik (*Alternating Current*)

Arus bolak-balik (AC) adalah arus yang mengalir dengan polaritas bolak-balik dan setiap terminal memiliki polaritas bolak-balik. Pada umumnya arus bolak-balik ini merupakan arus yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, seperti

alat-alat elektronik. Tenaga ini dibangkitkan oleh pembangkit listrik yang disebut generator pembangkit listrik..

b. Arus Searah (*Direct Current*)

Arus searah (DC) adalah arus yang mengalir dalam arah tetap (bilangan bulat), dengan setiap terminal selalu menjaga polaritasnya. Arus ini dapat disebabkan oleh akumulator (Accu). DC ini merupakan penyearah daya yang dapat menyearahkan AC ke DC, yang dapat dibangkitkan dengan mengubah AC ke DC menggunakan catu daya dengan dioda.

## 2. Tegangan

Sebuah benda bertegangan menjadi bermuatan positif ketika kehilangan elektron dan menjadi bermuatan negatif ketika memiliki kelebihan elektron. Dalam keadaan muatan yang berbeda ini, energi potensial tercipta di antara benda-benda tersebut. Jadi, ketika Anda menghubungkan seutas kawat antara dua benda dengan muatan berbeda, energi ditransfer di antara benda-benda tersebut. Perpindahan energi ini terus berlangsung selama ada perbedaan tegangan. Munculnya tegangan disebabkan oleh perbedaan setiap muatan yang memiliki energi potensial untuk memindahkan muatan lain dengan gaya tarik-menarik atau tolak-menolak. Di pembangkit listrik, menerapkan tekanan listrik ke salah satu konduktor dapat menyebabkan perbedaan tegangan. Satuan untuk mengukur tegangan adalah volt. Perbedaan tegangan dapat bervariasi dari satu juta volt hingga jutaan volt. Perbedaan tegangan antara terminal PLN adalah 110 volt atau 220 volt, perbedaan tegangan antara kedua terminal baterai adalah 6 volt atau 12 volt, sedangkan perbedaan tegangan pada baterai biasanya 1,5 volt. persamaan tegangan

$$V = I \times R \quad (6)$$

Dimana :

R = Tahanan (Ohm)

V = Tegangan/beda potensial (Volt)

I = Arus (Ampere).

### 3. Daya

Energi listrik adalah energi yang dibawa oleh elektron yang bergerak dalam satuan waktu. Saat arus mengalir dalam rangkaian, energi listrik diubah menjadi bentuk energi lain. Misalnya, arus yang mengalir melalui filamen mengubah energi listrik menjadi cahaya dan panas. Energi listrik dapat didefinisikan sebagai ukuran (laju) di mana energi listrik diubah dan merupakan jumlah yang signifikan dalam rangkaian praktis. Daya adalah ukuran disipasi energi dalam perangkat. Karena tegangan dan arus dapat berubah dari waktu ke waktu, kami langsung berasumsi bahwa nilai rata-rata dan sesaat dapat digunakan untuk menggambarkan disipasi daya. Konsumsi AC lebih rumit karena tegangannya sinusoidal dan amplitudo arus terus berubah dan dapat dalam fase oposisi atau dalam fase oposisi. Ada beberapa rangkaian AC dengan komponen resistif dan reaktif. Komponen ohmik menghilangkan (sisa) energi dalam rangkaian AC seperti pada rangkaian DC. Ada kalanya komponen reaktif tidak menghilangkan energi, tetapi memberikannya ke sumber energi selama interval siklus tegangan sebanyak energi yang diserap sebelumnya. Hasil bersihnya adalah energi total yang dihamburkan dalam rangkaian AC yang mengandung komponen resistif dan tidak ada komponen reaktif. Watt (W) adalah ukuran dasar daya listrik. Kesimpulan untuk pengukuran daya pada rangkaian DC dan AC adalah sebagai berikut:

$$P = V \times I \quad (7)$$

Dimana :

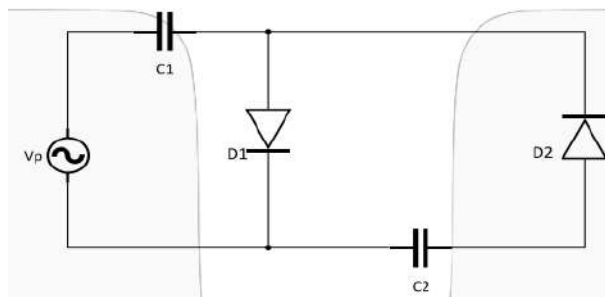
$P = \text{Daya (Watt)}$

$V = \text{Tegangan (Volt)}$

$I = \text{Arus (Ampere)}$

### II.1.6 Voltage Doubler

Rangkaian *voltage doubler* merupakan rangkaian elektronik yang jika diberi masukan sinyal AC, maka menghasilkan tegangan keluaran DC dua kali lebih besar dibanding tegangan puncak input dikurangi tegangan *threshold* dioda pada rangkaian. Rangkaian *voltage doubler* bertindak sebagai *rectifier* mengkonversi sinyal AC menjadi tegangan DC sekaligus bertindak sebagai *amplifier* memperbesar nilai tegangan *output* DC



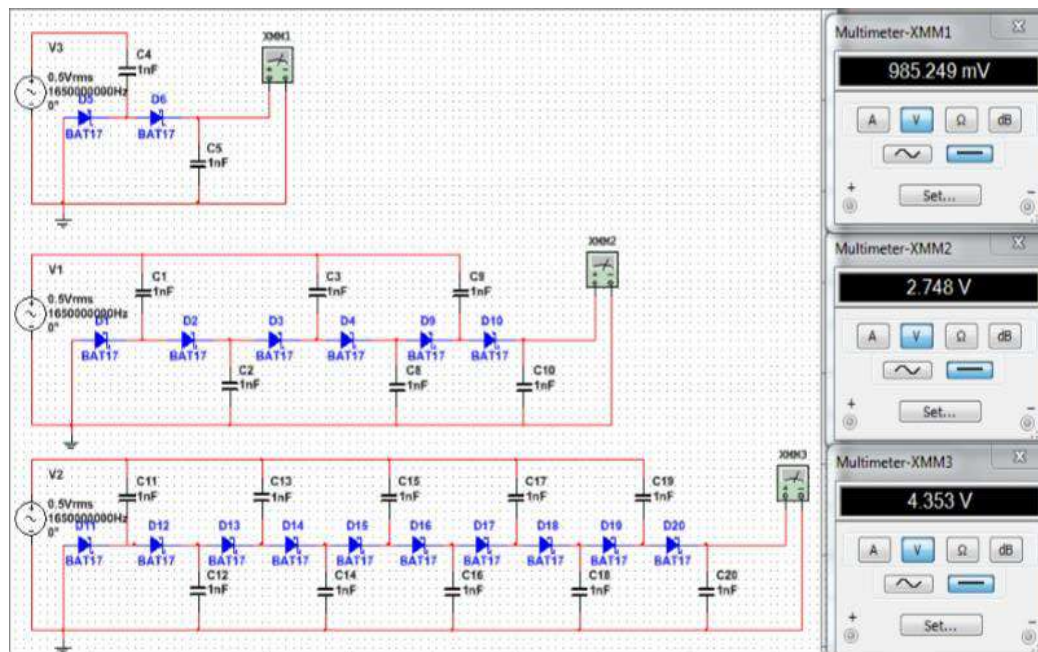
Gambar II. 14 Rangkaian Voltage Doubler (Ryan Rivaldo,Heroe Wijanto,Yuyu Wahyu.2018)

Rangkaian *rectifier* bekerja saat gelombang AC memulai setengah siklus positif pertama berupa gelombang sinusoidal  $V_{in} = A \sin(\omega t)$ . Jika besar tegangan puncak input lebih besar dari tegangan *threshold* dioda ( $V_{th}$ ), maka rangkaian mengalirkan arus melewati dioda D1, sehingga kapasitor C1 akan menyimpan muatan, yang berarti tegangan pada  $V_{C1} = A - V_{th}$ , dan D2 menjadi rangkaian terbuka karena dalam keadaan *reverse bias*. Saat gelombang Sinusoidal mengalami siklus negatif maka kapasitor C1 akan tetap menyimpan muatan dan dioda D1 menjadi rangkaian terbuka

sedangkan D2 yang dapat mengalirkan arus, maka kapasitor C2 akan terisi muatan sebesar tegangan *input* ditambah tegangan yang tersimpan pada C1. Dari proses tersebut dapat disimpulkan tegangan output C2 lebih besar dua kali tegangan puncak input dikurangi tegangan *threshold* dioda. Pada penyambungan rangkaian antar *stage voltage doubler* secara seri juga didapatkan penambahan nilai tegangan *output*.

Rangkaian *rectifier* dilakukan dengan membandingkan rangkaian *voltage doubler* susunan Dickson 1 stage, 3 stage, dan 5 stage. Simulasi menggunakan *software multisim 13.0*. Susunan rangkaianannya dapat dilihat pada gambar dibawah.

Dari hasil simulasi pada gambar diatas dari hasil tegangan *output* yang didapatkan, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak *stage* yang digunakan maka rugi-rugi yang dihasilkan juga semakin besar. Dengan inputan 0.5 Vrms menghasilkan 985.249 mV pada rangkaian 1stage, 2.748 V pada 3 stage, dan 4.353 V pada 5 stage. Dengan menggunakan persamaan dari *voltage doubler n-stage*, dapat diketahui rugi-rugi sepanjang *stage*. Persamaannya sebagai berikut:



Gambar II. 15 Simulasi Rangkaian Voltage Doubler 1 Stage, 2 Stage, 5 Stage

$$V_n = 2_n \times V_{in} \quad (8)$$

Maka :

$$V_1 = 2 \times 1 \times 0.5 \text{ Vrms} = 1 \text{ V}$$

$$V_3 = 2 \times 3 \times 0.5 \text{ Vrms} = 3 \text{ V}$$

$$V_5 = 2 \times 5 \times 0.5 \text{ Vrms} = 5 \text{ V}$$

Dengan membandingkan perhitungan secara matematis dengan simulasi, efisiensi dari rangkaian *voltage doubler* 1 stage mengalami rugi-rugi sebesar 0.014751 V atau dengan efisiensi sebesar 98.5 %. Pada rangkaian *voltage doubler* 3 stage mengalami rugi-rugi sebesar 0.252 V atau dengan efisiensi sebesar 82.6 %, dan pada rangkaian *voltage doubler* 5 stage mengalami rugi-rugi sebesar 0.647 V atau dengan efisiensi sebesar 87.1 %. Dari hasil perbandingan tersebut dapat dibuktikan semakin banyak *stage* rangkaian maka semakin besar rugi-rugi sepanjang *stage*. Penelitian ini menggunakan rangkaian *voltage doubler* 5-stage untuk direalisasikan karena selain rugi-rugi yang dihasilkan tidak terlalu besar juga menghemat biaya dan komponen saat realisasi. (Ryan Rivaldo, Heroe Wijanto, YuyuWahyu.2018).

### **II.1.7 Kecepatan Perambatan Gelombang Elektromagnetik**

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dapat merambat walaupun tidak ada medium dan terdiri dari medan listrik dan medan magnetik. Dan energi elektromagnetik merambat dalam gelombang dengan beberapa parameter yang bisa diukur, yaitu panjang gelombang, frekuensi, amplitudo, dan kecepatan. Amplitudo adalah tinggi gelombang, sedangkan panjang gelombang adalah jarak antara dua puncak, frekuensi adalah jumlah gelombang yang melalui suatu titik dalam satuan waktu. Frekuensi tergantung dari kecepatan merambatnya gelombang. Karena kecepatan energi elektromagnetik adalah konstan, panjang gelombang dan frekuensi



berbanding terbalik. Semakin panjang suatu gelombang maka semakin rendah frekuensinya, dan semakin pendek suatu gelombang maka semakin tinggi frekuensinya pula. Spektrum gelombang elektromagnetik berdasarkan panjang gelombangnya, antara lain, gelombang radio, gelombang mikro, sinar inframerah, cahaya tampak, sinar *ultraviolet*, sinar-X, sinar gamma. Cepat rambat gelombang elektromagnetik bergantung kepada sifat listrik dan sifat magnetik medium yang ditempuhnya. Gelombang elektromagnetik juga mengalami peristiwa seperti absorpsi, interferensi, refleksi, difraksi, dan refraksi.

#### a. Material Penghalang Gelombang Elektromagnetik

Pada saat gelombang elektromagnetik menabrak suatu material, gelombang tersebut akan menjadi lebih lemah atau teredam. Sebagian energi sinyal diserap dan diubah menjadi bentuk energi yang lain, sebagian lainnya diteruskan berpropagasi. Besarnya pelemahan daya sinyal yang terjadi berbeda-beda tergantung dari jenis bahan material tersebut. Dalam sebuah jaringan *wireless*, beberapa material yang digunakan dalam sebuah bangunan dapat menghalangi sinyal. Berikut beberapa material dan besarnya hambatan yang ditimbulkannya tampak pada Tabel 1. Material seperti logam merupakan penghalang sinyal dalam kategori besar karena logam merupakan konduktor. Bahan konduktor yang baik adalah bahan yang mudah mengalirkan arus listrik. Kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik ditunjukkan oleh besarnya harga konduktivitas listrik atau daya hantar listrik bahan tersebut.

(Rudy Yuwono, Hafis Pradana Putra. 2017)

Tabel II. 1 Material dan Kategori Hambatan

Material	Besarnya Hambatan
Kayu	Kecil
Kaca	Kecil
Bahan sintetis	Kecil
Beton	Besar
Keramik	Besar
Kertas	Besar
Logam	Besar

b. Radiasi Gelombang Elektromagnetik

Radiasi gelombang elektromagnetik dapat dikonseptualisasikan sebagai aliran foton, energi radiasi dapat dilihat sebagai energi foton. Atau, radiasi elektromagnetik dapat dilihat sebagai gelombang elektromagnetik yang membawa energi dalam osilasi medan listrik dan magnetik. Kedua pandangan ini benarbenar setara dan digunakan satu sama lain dalam teori medan kuantum. Ketika gelombang elektromagnetik diserap oleh suatu benda, energi gelombang diubah menjadi panas (atau dikonversi ke listrik dalam kasus bahan fotolistrik). Seringkali fenomena ini dikaitkan terutama dengan radiasi inframerah, tetapi setiap jenis radiasi elektromagnetik akan menghangatkan sebuah benda yang menyerapnya. Gelombang elektromagnetik juga dapat dipantulkan atau tersebar, dalam hal ini energi mereka diarahkan atau didistribusikan. (Rudy Yuwono, Hafis Pradana Putra. 2017) Secara umum, panjang gelombang, frekuensi dan kecepatan perambatan gelombang elektromagnetik memenuhi persamaan berikut :

$$C = \lambda \cdot f \quad (9)$$

Dimana :

c = Kecepatan gelombang elektromagnetik / kecepatan cahaya

$\lambda$  = Panjang gelombang (m)

$f$  = Frekuensi (Hertz)

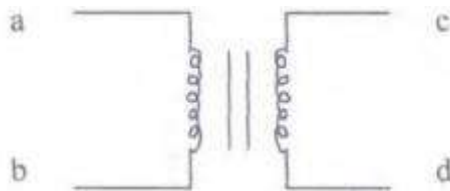
Maka persamaan untuk mencari frekuensi adalah :

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (10)$$

(Ayuni Nuraeni, Ulfa Hanifa Azzahra, Nana.2019)

### II.1.8 Transformator

Trafo adalah suatu alat yang terdiri dari 2 lilitan kawat (kumparan) yang ditempatkan berdampingan (disebut gulungan primer dan sekunder). Sambungan AC yang diberikan pada primer muncul pada sekunder dalam kelipatan sebanding dengan rasio belitan transformator. Arus yang melalui trafo ini pasti akan mengalami hambatan yang besar. Salah satu kegunaan trafo adalah untuk menaikkan tegangan dan menurunkan tegangan. Trafo melakukan dua fungsi penting dalam instrumen elektronik, yaitu untuk mengubah tegangan listrik AC ke nilai tegangan tertentu (biasanya lebih rendah) yang akan digunakan oleh rangkaian dan untuk "mengisolasi" perangkat elektronik dari koneksi sebenarnya ke jaringan, karena gulungan kawat transformator terhubung secara elektronik. Lihat simbol trafo pada gambar di bawah ini untuk lebih jelasnya.



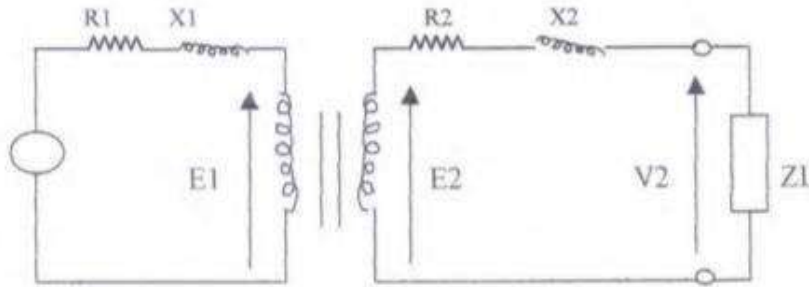
Gambar II. 16 Simbol Transformator (Nur Khozin Ridwan.2002)

Dimana :

a-b adalah gulungan primer

c-d adalah gulungan sekunder

Perhatikan transformator yang dibebani oleh tahanan pada gambar dibawah ini :



Gambar II. 17 Transformator dengan Beban (Nur Khozin Ridwan.2002)

Keterangan :

$R_1$  = Resistensi belitan primer (ohm)

$X_1$  = Reaktansi bocor induktif dari lilitan primer

$R_2$  = Resistensi belitan sekunder

$X_2$  = Reaktansi bocor induktif dari lilitan sekunder

Dengan trafo kecil hingga 150 watt, daya belitan yang berhasil ditransfer ke belitan sekunder kira-kira. 70% - 80%. Kemudian bagian-bagian yang tidak bekerja dipindahkan sebagai kerugian dari panas besi. Rugi ini sekitar 20% sampai 30% dari daya belitan primer. Jadi jika kita ingin merancang sebuah gulungan sekunder 100 watt, daya primer harus 20% - 25% lebih besar dari daya sekunder. Hal ini dilakukan agar trafo yang diproduksi tahan panas. (Nur Khozin Ridwan.2002)

### **II.1.9 *Lithium Ion***

Baterai adalah suatu sel elektrokimia yang mengubah dari energi kimia menjadi energi listrik. Salah satu jenis baterai yang saat ini berkembang adalah Lithium-Ion Battery atau baterai lithium ion. Baterai lithium-ion merupakan salah satu jenis baterai sekunder rechargeable battery) yang dapat diisi ulang dan merupakan baterai yang ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan yang berbahaya seperti baterai-baterai yg berkembang lebih dahulu yaitu baterai NI-Cd dan Ni-MH. Baterai ini memiliki kelebihan dibandingkan baterai sekunder jenis lain, yaitu memiliki stabilitas penyimpanan energi yang sangat baik (daya tahan sampai 10 tahun atau lebih), energi densitas tinggi, tidak ada memori efek dan berat yang relatif lebih ringan dibandingkan dengan baterai jenis lain. Sehingga dengan berat yang sama energi yang dihasilkan baterai lithium dua kali lipat dari baterai jenis lain. (Muhammad Thowil Afif.2015)

## II.2 Penelitian Terdahulu (*State of The Art*)

Tabel II. 2 State of The Art

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Dirton BG Parubak, Rudy Yuwono, S.T., M.Sc., Fauzan Edy Pramono, S.T, M.T	Rancang Bangun Antena Penyearah (Rectifier antenna) untuk pemanen energy elektromagnetik pada frekuensi GSM 1800 MHz	2014	Antenna Mikrostrip Rectangular Patch	Nilai tegangan output hasil konversi terbaik dari rectenna yaitu sebesar 0,4 mV
2.	Angga Ruhyat	Perancangan Rectenna Rectangular PatchArray Untuk Pemanen Energi Pada	2015	Studi literatur, analisis, simulasi dan pabriksi	Tegangan yang dihasilkan system electromagnetic harvesting adalah

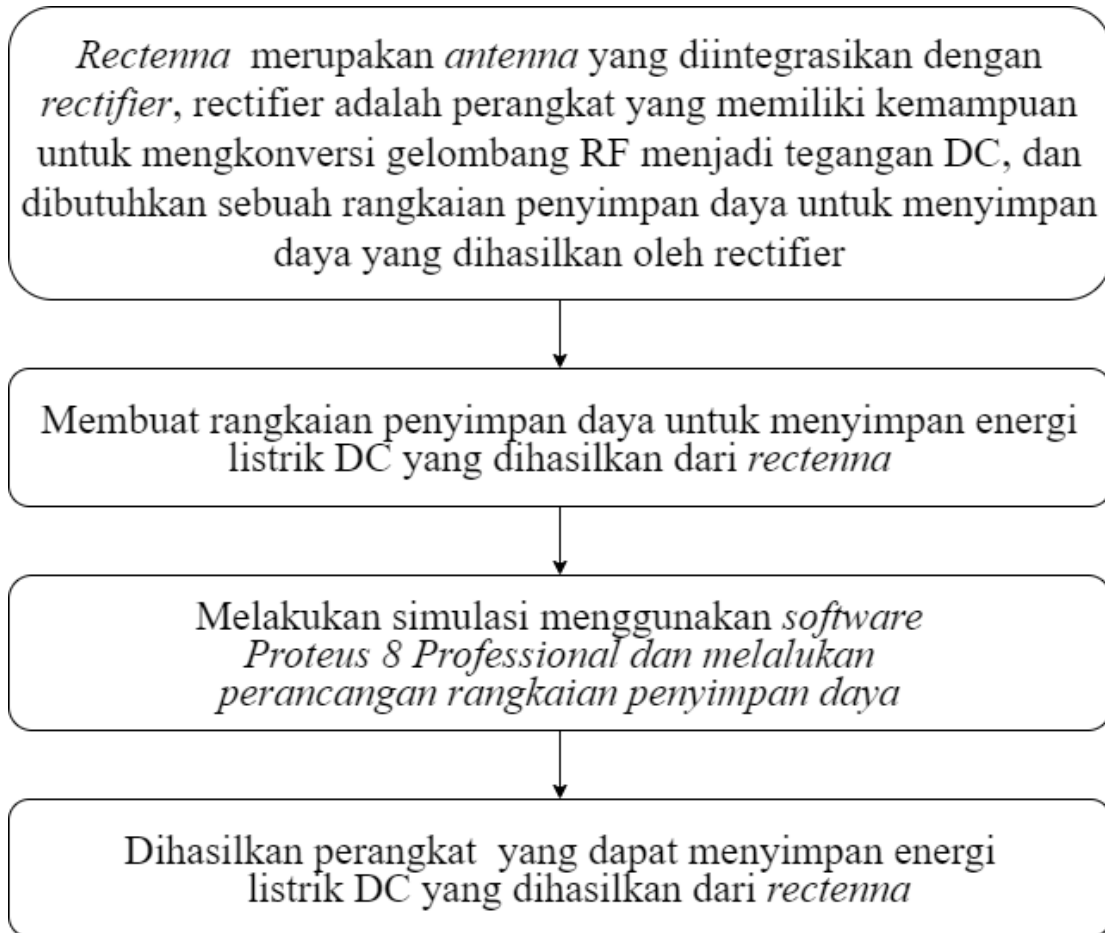
		Frekuensi 900 Mhz			490 mV pada jarak 40 cm dari SSG, 127 mV disekitar BTS
3.	Muhammad Thowil Afif, Ilham Ayu Putri Pratiwi	Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid Dan Nickel-Metal Hydride Pada Penggunaan Mobil Listrik - Review	2015	Analisis Perbandingan	Ketika akan memilih jenis baterai maka banyak faktor yang harus dipertimbangkan. Pentingnya biaya awal, life time, massa, volume, sensitivitas suhu, akses perawatan dan akses ke produk semua memainkan peran dalam seleksi baterai.
4.	Amandha Rifkiano, Zulfi dan Wahyu	Perancangan dan implementasi rectenna pada	2016	Microstrip array 2x2 dan double diode	Nilai power output DC sebesar 4,306 mV

		frekuensi Wi-Fi 2,4 GHz		rectifier	
5.	Rizadi Sasmita Darwis, M. Yanuar Hariyawan dan Arie Setiawan	Antena Mikrostrip Ultrawideband Monopole Patch Segitiga Untuk Aplikasi RF Power harvesting pita frekuensi RF Power Harvesting Pita Frekuensi 1700-2500 MHz	2016	Antena mikrostri p <i>patch</i> segitiga dan <i>stepup voltage booster</i>	Tegangan keluaran sistem power harvesting sebesar 600,5 mV diperoleh dalam waktu 60 menit
6.	Ryan Rivaldo, Heroe Wijanto,	<i>Rectenna (Rectifier Antenna) 800 MHz – 2500 MHz</i>	2018	Tapered Slot <i>Antenna</i> dan <i>rectifier voltage</i>	Output maksimal yang dihasilkan <i>rectenna</i> yaitu pada frekuensi



	Yuyu Wahyu			<i>doubler 5 stage</i>	900MHz dengan level daya 10 dBm sebesar 474,2mV pada jarak antena 30cm, 345,53 mV pada jarak 1m, dan 208,27 mV pada jarak 1.5 m
7.	Muhammad Fajar Sahid	Rancang Bangun <i>Rectifier</i> Antenna untuk <i>Energy Harvesting</i>	2020	<i>Rectifier</i> dirancang dengan menggunakan metode <i>Voltage Doubler</i>	Menghasilkan <i>output rectifier</i> dengan <i>input antenna Wi-Fi</i> sebesar 1,420V dan <i>antenna TV</i> sebesar 648mV.

### II.3 Kerangka Pemikiran

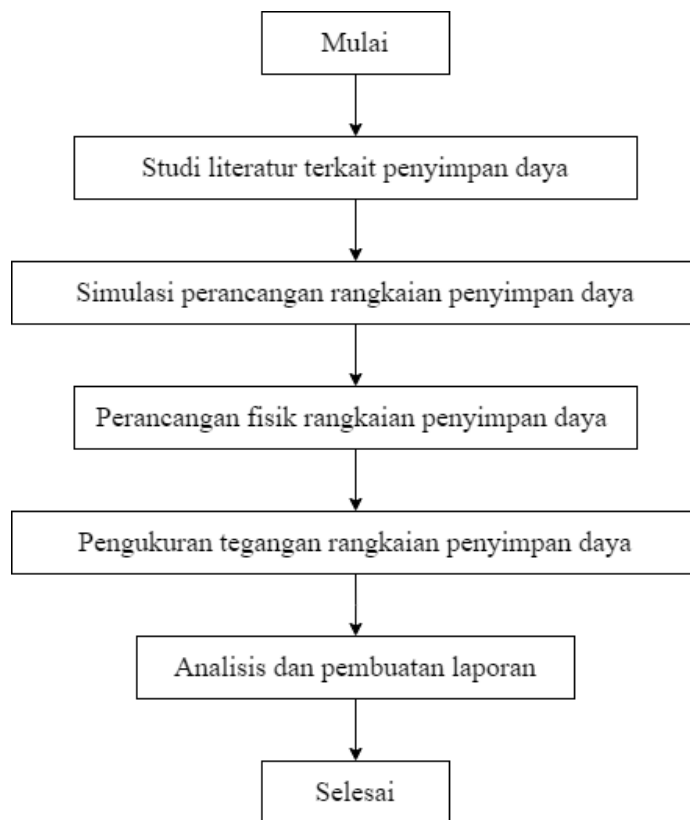


Gambar II. 18 Bagan Kerangka Pikir

## BAB III METODE PENELITIAN

### III.1 Tahapan Penelitian

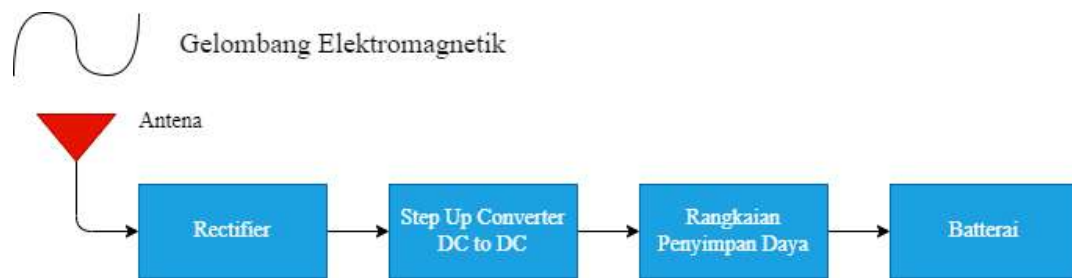
Tahap pertama yang dilakukan penelitian ini yaitu membaca beberapa literatur yang berhubungan dengan judul yang diajukan. Dari hasil membaca tentang mengenai penyimpanan daya, kemudian dilakukan tahap simulasi dan perancangan fisik penyimpanan daya. Secara garis besar tahapan yang ditempuh dalam penelitian ini digambarkan dalam bagan alur seperti pada Gambar III.1.



Gambar III. 1 Tahapan Penelitian

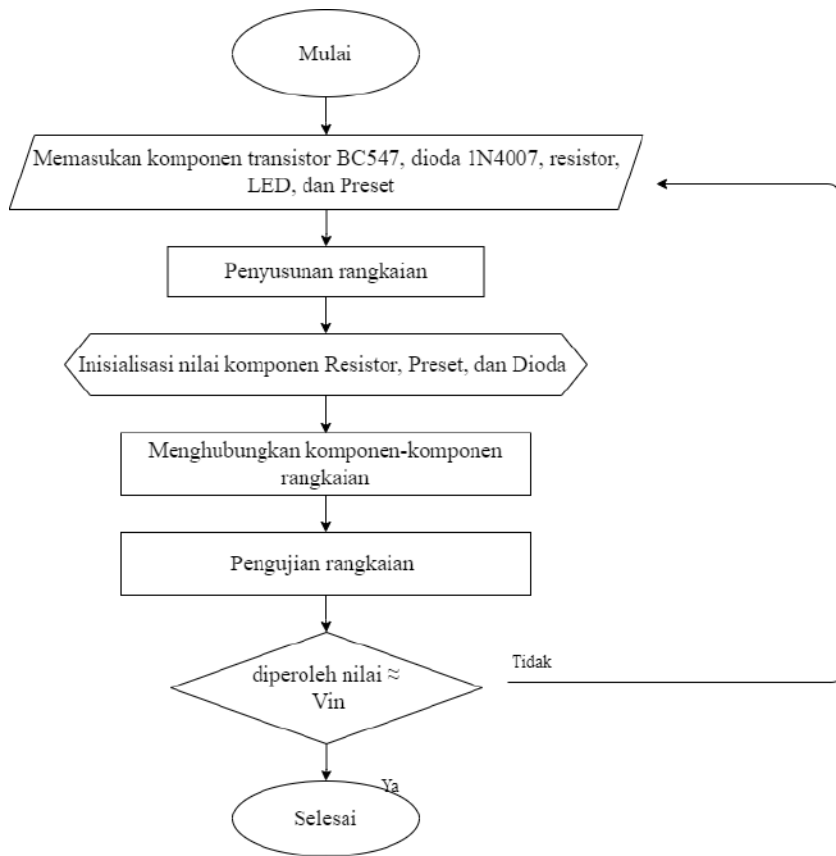
### III.2 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini, gelombang elektromagnetik yang merambat bebas di alam khususnya pada frekuensi yang digunakan pada aplikasi televisi 407-806 MHz dan pada frekuensi *Wi-Fi* 2400 MHz ditangkap menggunakan piranti antena sekaligus menjadi masukan sinyal tegangan bolak-balik (AC) pada rangkaian rectifier yang kemudian dikonversikan menjadi tegangan searah (DC). Keluaran tegangan DC yang dihasilkan rectifier kemudian akan dinaikkan tegangannya menggunakan *step up converter DC to DC (Input 1V-5V, Output 1V-5V)*. Output dari *step up* ini yang akan menjadi masukan tegangan pada rangkaian penyimpan daya yang digunakan untuk proses *charging* pada baterai rangkaian penyimpan daya, rancangan system seperti ditunjukkan pada Gambar III.2



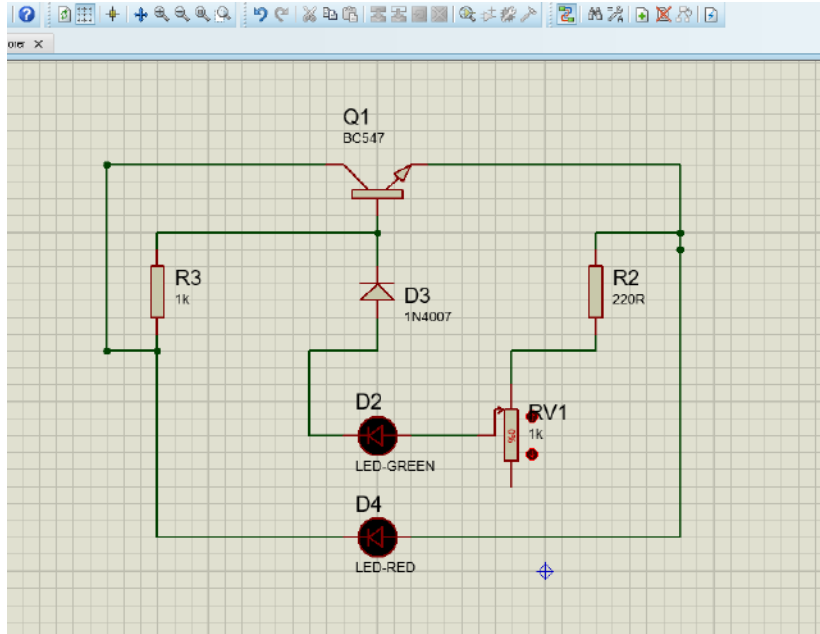
Gambar III. 2 Rancangan Sistem

Penelitian ini terbagi atas dua tahapan. pertama yang dilakukan adalah simulasi rangkaian menggunakan *Proteus 8 Professional* untuk mencoba dan menentukan letak dari setiap komponen rangkaian Penyimpan daya. Proses yang dilakukan pada tahapan simulasi digambarkan dalam alur proses seperti pada Gambar III.3



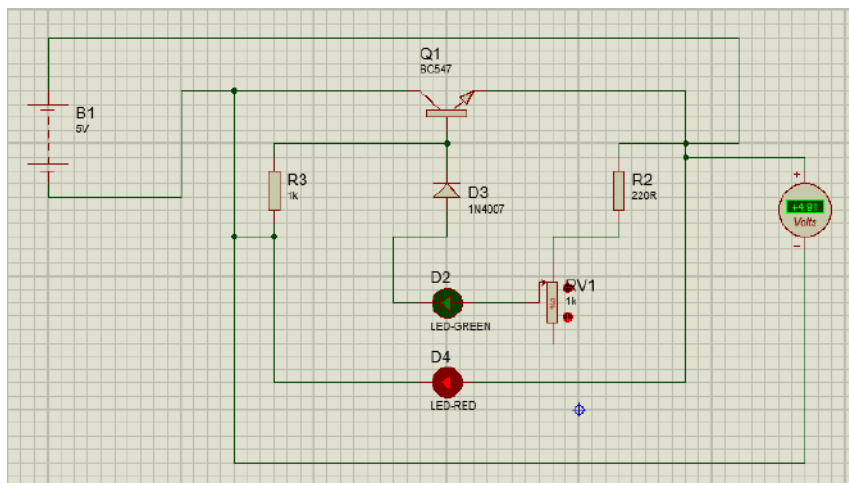
Gambar III. 3 Bagan Alir Simulasi Rangkaian

Dalam proses simulasi perancangan rangkaian *rectifier* digunakan *software Proteus 8 Professional*. Langkah awal dari perancangan rangkaian pada tahapan simulasi dilakukan dengan menyusun rangkaian Penyimpan yang terdiri dari beberapa komponen seperti transistor BC-547, resistor, preset, dioda, dan LED. Seperti yang terlihat pada gambar III.4



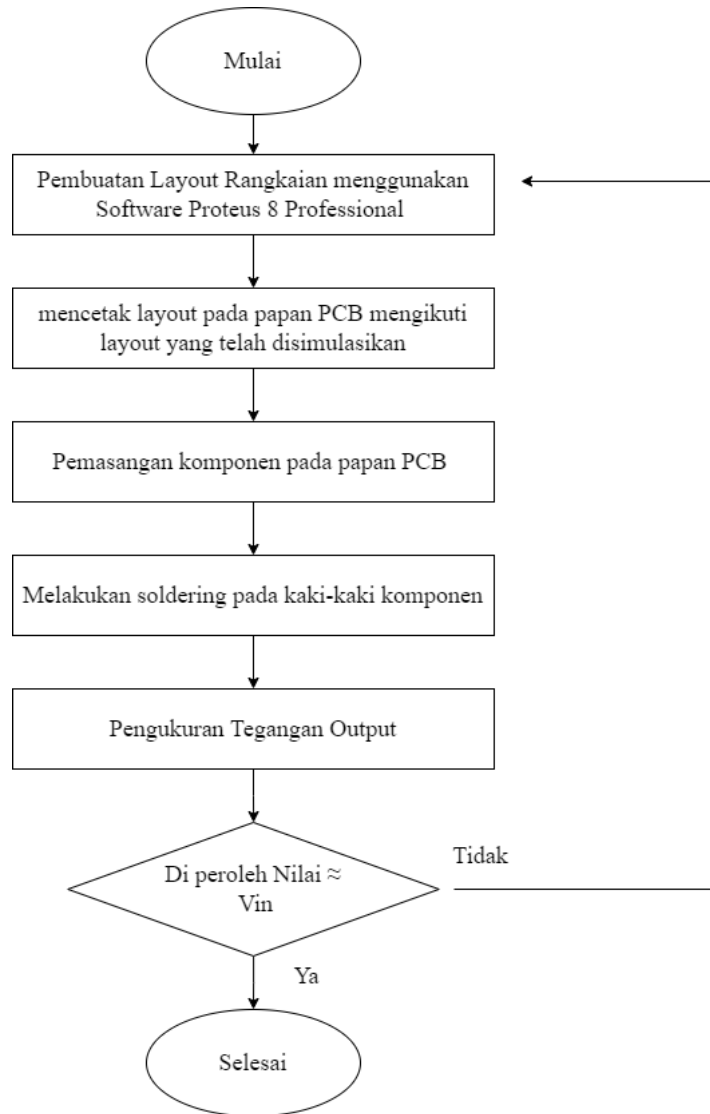
Gambar III. 4 Simulasi Rangkaian Penyimpan menggunakan Software Proteus 8 Professional

Untuk pengujian hasil simulasi dilakukan dengan memasang alat ukur DC *Voltmeter* untuk mengukur besarnya tegangan keluaran pada titik terminasi rangkaian Penyimpan dan menjalankan program seperti pada Gambar III.5



Gambar III. 5 Pengujian Hasil Simulasi

Proses pada tahapan simulasi dilanjutkan dengan proses fabrikasi atau pembuatan fisik rangkaian penyimpan yang digambarkan dalam alur proses seperti Gambar III.6



Gambar III. 6 Bagan Alir Pembuatan Rangkaian Penyimpan

### III.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian mengenai “Rancang Bangun Penyimpan Daya *Rectifier Antenna Multifrequency*” dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Fajar Makassar. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2021– Maret 2022.

### III.4 Alat dan Bahan

Penelitian ini bersifat eksperimental yang melibatkan *software* dan *Hardware*.

*Hardware* yang digunakan untuk proses penelitian, yaitu :

Tabel III. 1 Alat dan Bahan

No	Hardware/Komponen	Jumlah
1.	Notebook ASUS intel core i5 8 <sup>th</sup> Gen, NVIDIA GEFORCE 930MX, RAM 4 GB 64 bit	1
2.	Transistor BC547	1
3.	Dioda 1N4007	1
4.	LED Merah	1
5.	LED Hijau	1
6.	Holder Baterai 18650	1
7.	Baterai Li-Ion (Lithium Ion)	1



8.	Antena TV UHF (470-806 MHz)	1
9.	Antena Wi-Fi (2400 MHz)	1
10.	<i>Step Up Converter DC to DC</i>	1
11.	Preset 10K $\Omega$	1
12.	Kabel Jumper Tunggal Mini	1
13.	Solder	1
14.	Penghisap Timah Desoldering	1
15.	Timah Pancing	1
16.	Terminal Blok 10 mm	2
17.	Multimeter Digital Heles UX-838TR	1
18.	Papan PCB	2
19.	<i>Power Supply AC</i>	1
20.	<i>Power Supply DC</i>	1
21.	Resistor Beban $R_L$ (27 $\Omega$ , 22 $\Omega$ , 10 $\Omega$ , 5,6 $\Omega$ , 1K $\Omega$ , 220 $\Omega$ )	6

*Software* yang digunakan untuk proses penelitian, yaitu :

Tabel III. 2 Alat dan Bahan

No	Software
1.	Proteus 8 Professional

### **III.5 Metode Pengumpulan Data**

#### **III.5.1 Data Primer**

data primer adalah data yang diperoleh secara langsung atau dengan kata lain, data yang didapatkan dari hasil simulasi menggunakan *Proteus v.8 Profesional* dan pengambilan data langsung di lapangan.

#### **III.5.2 Data Sekunder**

Data sekunder merupakan hasil yang didapatkan dengan mengumpulkan sumber *literature* yang sudah ada seperti buku, jurnal, dan sebagainya, yang meliputi perancangan rangkaian.

### III.6 Analisis Data

Secara ideal, analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran tegangan keluaran dari rangkaian *rectenna* dari setiap mekanisme pengujian yang telah dilakukan, baik pengukuran tegangan keluaran *rectenna* dengan *input power supply* AC, pengukuran tegangan keluaran *rectenna* dengan *input* antena TV maupun pengukuran tegangan keluaran *rectenna* dengan *input* antena Wi-Fi dan membandingkannya dengan teori. Namun salah satu kendala yang dihadapi adalah keterbatasan alat ukur yang tidak dapat mengukur secara pasti besaran tegangan inputan.

Adapun rumus yang digunakan untuk mencari perhitungan % *error* adalah :

$$\%error = \frac{Nilai Asli - Nilai Ukur}{Nilai Asli} \times 100\% \quad (11)$$

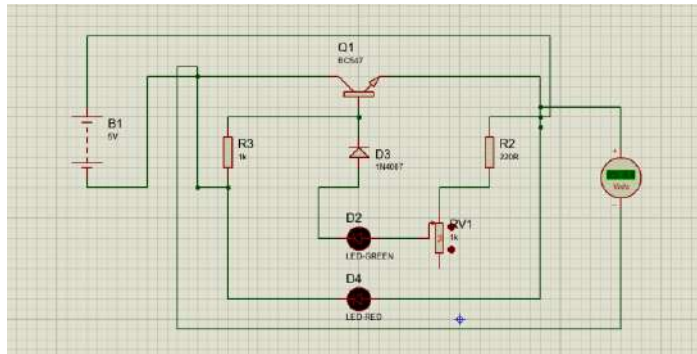
(Ndaru Aji Tyasmara.2018)

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### IV.1 Hasil

#### IV.1.1 Perancangan Rangkaian Penyimpan menggunakan Software Proteus 8 Professional

Pengujian pertama dilakukan menggunakan aplikasi *software Proteus 8 Professional* dengan menginput komponen-komponen dan alat yang dibutuhkan untuk membuat rangkaian penyimpan



Gambar IV. 1 Perancangan Menggunakan Software Proteus 8 Professional

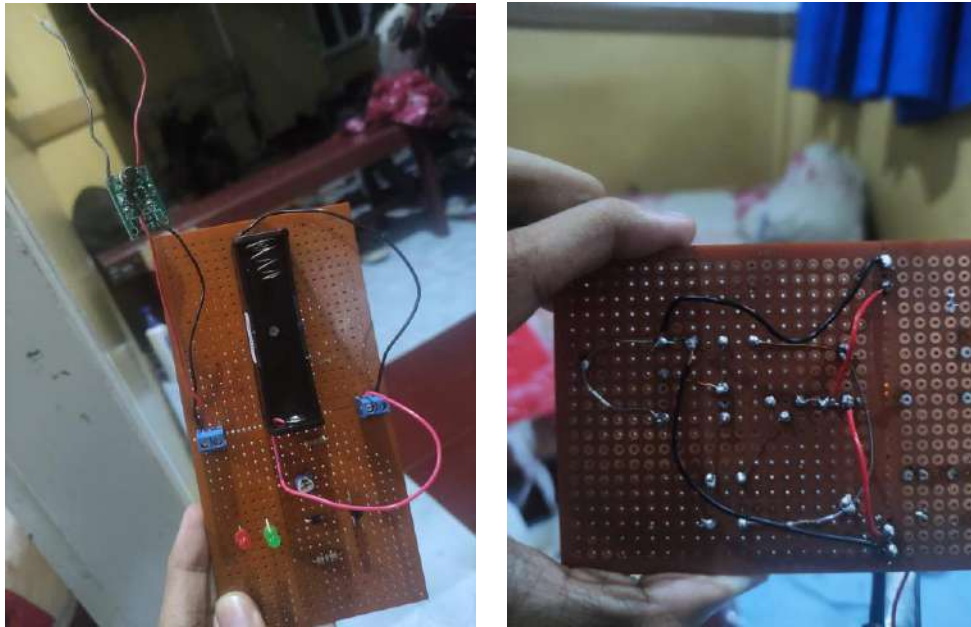
Lalu menghubungkan seluruh komponen dengan jalur kabel dengan masing-masing komponen sehingga menjadi sebuah rangkaian penyimpan seperti ditunjukkan pada Gambar IV.1

Tabel IV. 1 Hasil Pengujian Simulasi

No	Input Baterai (V)	Output Rangkaian Penyimpan (V)
1.	3	2,97
2.	5	4,91

#### IV.1.2 Perancangan Fisik Rangkaian Penyimpan Daya

Pada tahap pembuatan fisik rangkaian penyimpan daya, pada dasarnya sama dengan yang di lakukan pada tahap simulasi. Akan tetapi pada tahap fabrikasi ini dilakukan beberapa langkah untuk keperluan pemindahan *layout* atau jalur rangkaian *software* Proteus 8 Profesional ke papan PCB. Setelah pemasangan komponen pada papan PCB, selanjutnya dilakukan *soldering* pada komponen dengan mengikuti jalur yang sesuai dengan simulasi. Penambahan lainnya seperti kabel tunggal sebagai input penyimpan dan *battery holder* 18650 sebagai media untuk menempatkan baterai. Seperti yang ditunjukkan pada gambar IV.2



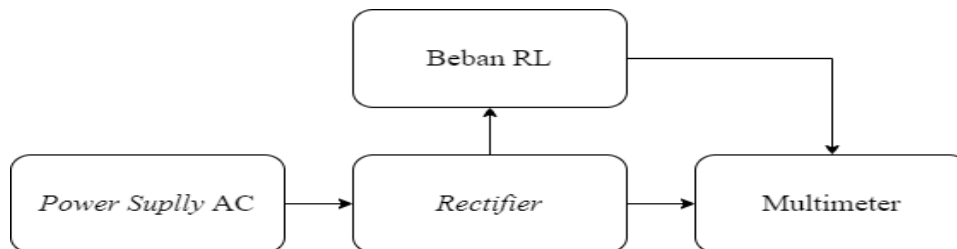
Gambar IV. 2 Fabrikasi Rangkaian Penyimpan

### IV.1.3 Pengukuran Output Rectifier Antenna dengan menggunakan Input Power Suplly AC



Gambar IV. 3 Pengujian Data Menggunakan Input Power Suplly AC

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan menghubungkan *rectifier* dan *power supply* tegangan AC sebagai inputan, dan menambahkan resistor padabeban  $R_L$  dengan nilai resistansi  $27\Omega$ ,  $22\Omega$ ,  $10\Omega$ ,  $5,6\Omega$  sesuai dengan persamaan (4) agar tegangan *output* pada *rectifier* dapat terbaca. Tegangan keluaran DC yang dihasilkan dapat dibaca menggunakan multimeter digital seperti ditunjukkan pada Gambar IV.3. Berikut alur pengujian yang dilakukan dengan menggunakan *input power suplly* AC dan tabel hasil pengujiannya.



Gambar IV. 4 Alur Pengujian Rectifier Input Power Suplly AC

Tabel IV. 2 Hasil Pengujian Rectifier dengan Input Power Suply AC

No	Input AC (V)	Beban $R_L$ ( $\Omega$ )	Nilai $V_{out}$ (DC)
1.	4,9	27	4
2.		22	4
3.		10	4,1
4.		5,6	4,1
5.	6,5	27	5
6.		22	5,4
7.		10	5,3
8.		5,6	5,4

#### IV.1.4 Pengukuran Output Rectifier yang Diintegrasikan dengan Step up Converter dan Rangkaian Penyimpan Input Power Suply AC



Gambar IV. 5 Pengujian Data rangkaian Penyimpan yang Diintegrasikan dengan Rectifier dan Step up Converter menggunakan Input Power Suply AC

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan menghubungkan *rectifier, step Up Converter* dan rangkaian penyimpan dengan *power suply AC* sebagai tegangan masukan atau inputan. Tegangan keluaran DC dapat dibaca menggunakan multimeter digital yang dihubungkan pada *battery holder* rangkaian penyimpan seperti ditunjukkan pada Gambar IV.7



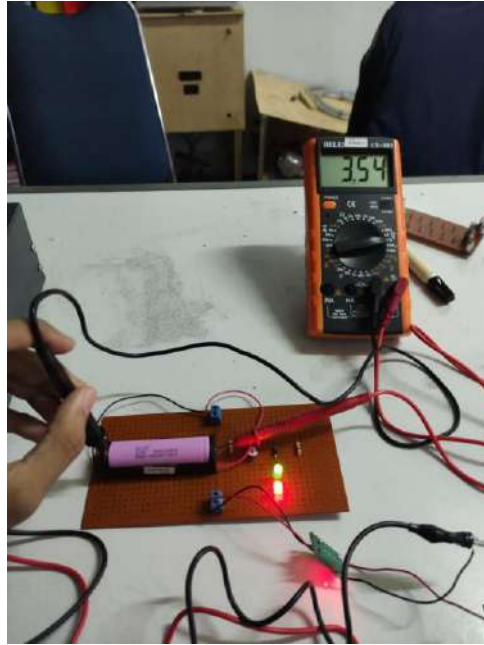
Gambar IV. 6 Alur Pengujian Rangkaian Penyimpan Daya Input Power Suply AC yang diintegrasikan dengan Rectifier dan Step Up

Tabel IV. 3 Hasil Pengujian Rangkaian Penyimpan Daya yang Diintegrasikan dengan Rectifier dan Step Up

No	Input Power Suply AC (V)	Output Rangkaian Penyimpan Daya (mV)
1.	6,5	267

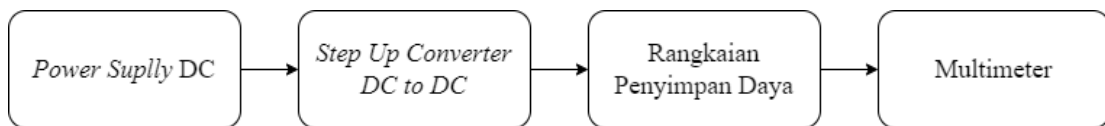


#### IV.1.5 Pengukuran Output Rangkaian Penyimpan dengan menggunakan Input Power Suplly DC



Gambar IV. 7 Pengujian Data Menggunakan Input Power Suplly DC

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan menghubungkan *Step up converter* yang dihubungkan pada rangkaian penyimpan dengan menggunakan input *power suplly DC*. Tegangan keluaran DC dapat dibaca menggunakan multimeter digital yang dihubungkan pada battery holder rangkaian penyimpan seperti ditunjukkan pada Gambar IV.5. Berikut alur pengujian menggunakan *input power suplly DC* dan tabel hasil pengujiannya.

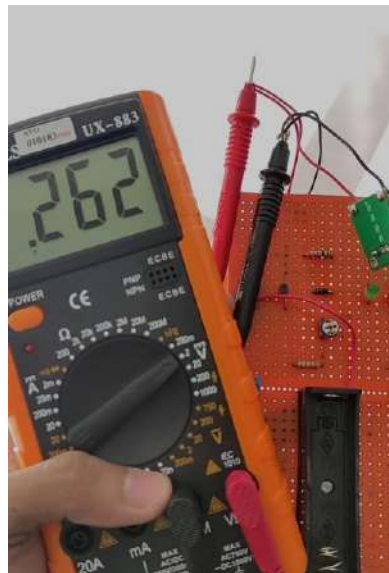


Gambar IV. 8 Alur Pengujian Rangkaian Penyimpan Daya Input Power Suplly DC

Tabel IV. 4 Hasil Pengujian Rangkaian Penyimpan Daya dengan Input Power Suplly DC

No.	Input Power Suplly (DC)	Output Rangkaian(V)	Level Baterai (Low)	Level Baterai (Full)	Lama Pengecasan
1.	6 V	5,8 V	3,54	3,88	13 Menit 45 Detik

#### IV.1.6 Pengukuran Output Rangkaian Penyimpan dengan menggunakan Input Antenna Wi-Fi



Gambar IV. 9 Pengujian Data menggunakan Antenna Wi-FI

Pengujian selanjutnya dilakukan pengukuran dengan menggunakan antenna *Wi-Fi* frekuensi 2400MHz sebagai input dari *rectifier* yang kemudian diintegrasikan dengan *step up converter* dan rangkaian penyimpan. Tegangan *output* DC dapat diukur dengan menggunakan multimeter digital yang dihubungkan pada *battery holder* rangkaian penyimpan, seperti yang terlihat pada gambar IV.9. Berikut alur pengujian dan tabel

hasil pengujian dengan menggunakan input antenna wi-fi.



Gambar IV. 10 Alur Pengujian Rangkaian Penyimpan Daya  
Input Antenna Wi-Fi

Tabel IV. 5 Hasil Pengujian Rangkaian Penyimpan Daya Input Antenna Wi-Fi

No	Output Rangkaian Penyimpan Daya (V)	Arus (A)	Baterai Li-ion (Low)	Baterai Li-ion (Full)	Lama Pengecasan
1.	5,96	0,24	3,82	4,00	54 menit 27 detik

#### IV.1.7 Pengukuran Output Rangkaian Penyimpan dengan menggunakan Input Antenna TV UHF



Gambar IV. 11 Pengujian Data menggunakan Input Antenna TV UHF

Pengujian selanjutnya dilakukan pengukuran dengan menggunakan antenna TV UHF frekuensi 470-806 MHz sebagai *input* dari *rectifier* yang kemudian diintegrasikan dengan *step up converter* dan rangkaian penyimpan. Tegangan *output* DC dapat diukur dengan menggunakan multimeter digital yang dihubungkan pada *battery holder* rangkaian penyimpan, seperti yang terlihat pada gambar IV. 11. Berikut alur pengujian dan tabel hasil pengujian dengan menggunakan input antena TV.



Gambar IV. 12 Alur Pengujian Rangkaian Penyimpan Daya Input Antenna TV

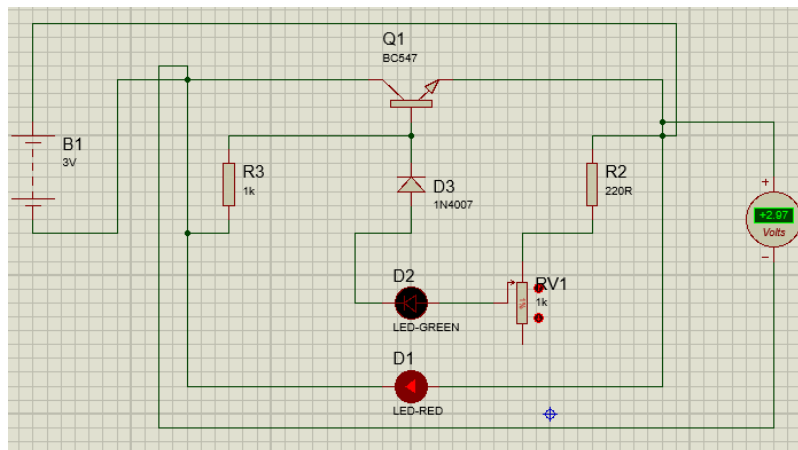
Tabel IV. 6 Hasil Pengujian Rangkaian Penyimpan Daya dengan Input Antenna TV

No	Output Rangkaian Penyimpan Daya (V)	Arus (A)	Baterai Li-ion (Low)	Baterai Li-ion (Full)	Lama Pengecasan
1.	4,25	0,10	3,86	4,00	57 menit 19 detik

## IV.2 Pembahasan

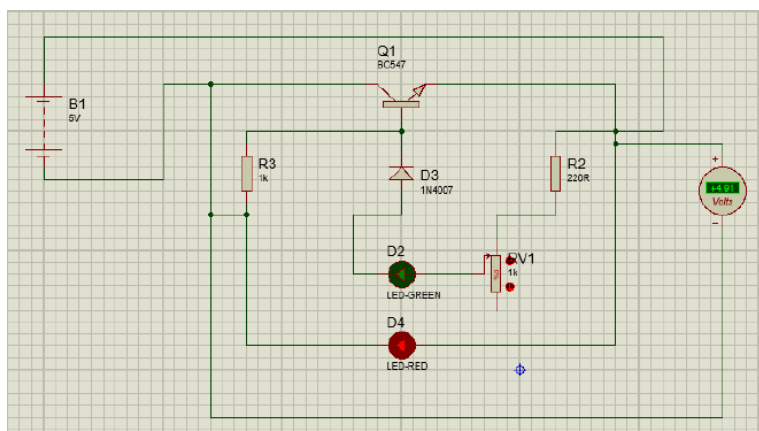
### IV.2.1 Pengujian Rangkaian Penyimpan menggunakan Software Proteus 8 Professional

Pada penelitian ini, tahap pertama yang dilakukan adalah pengujian dengan menggunakan aplikasi *software Proteus 8 professional* untuk menguji tegangan *output* rangkaian penyimpanan dengan cara memasukkan komponen dan alat-alat seperti : transistor BC547, dioda 1N4007, resistor  $1K\Omega$ ,  $220\Omega$ , Preset  $1K\Omega$ , LED, *battery*, dan DC *voltmeter* lalu dihubungkan sehingga menjadi sebuah rangkaian penyimpanan yang dapat menyimpan *tegangan output* DC yang berasal dari *rectifier* . Simulasi ini menggunakan *input Battery* 5V dan 3V agar dapat membandingkan tegangan *output* yang dihasilkan dan tampil pada DC *voltmeter*, lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dan penjelasan dibawah ini :



Gambar IV. 13 Pengujian Simulasi rangkaian Penyimpan dengan Input Battery 3 V

Pada Gambar IV.13 ditunjukkan bahwa setelah rangkaian dihubungkan dengan *battery* yang tegangan *output* nya telah diatur, kemudian dihubungkan dengan alat ukur DC *voltmeter* menghasilkan *output* tegangan DC 2,97 dengan indikasi LED merah menyala dan LED hijau mati. Seperti yang tampil pada layar multimeter Gambar IV.13



Gambar IV. 14 Pengujian Simulasi Rangkaian Penyimpan dengan Input Battery 5 V

Pada Gambar IV.14 ditunjukkan bahwa setelah rangkaian dihubungkan dengan *battery* yang tegangan outputnya telah diatur, kemudian dihubungkan dengan alat ukur *DC voltmeter* menghasilkan *output* tegangan DC 4,91 dengan indikasi LED merah menyala dan LED hijau menyala. Seperti yang tampil pada layar multimeter Gambar IV.14. Berikut adalah data table hasil dari pengujian rangkaian penyimpanan menggunakan software *proteus 8 professional*.

Tabel IV. 7 Pengujian Simulasi Rangkaian Penyimpan dengan menggunakan Aplikasi Proteus 8 Professional

No	Input Baterai (V)	Output Rangkaian Penyimpan (V)
1.	3	2,97
2.	5	4,91

Setelah melakukan pengujian dengan menggunakan aplikasi *proteus 8 professional* didapatkan hasil :

- a. Semakin rendah tegangan inputan, maka LED tidak akan aktif

- b. Semakin tinggi tegangan inputan, maka LED akan aktif
- c. Pada pengaturan preset ditujukan 0% dengan inputan tegangan 5V, maka indicator LED merah dan hijau akan menyala
- d. Pada pengaturan preset ditujukan 100% dengan inputan tegangan 5V, maka indicator LED merah akan menyala dan hijau akan redup

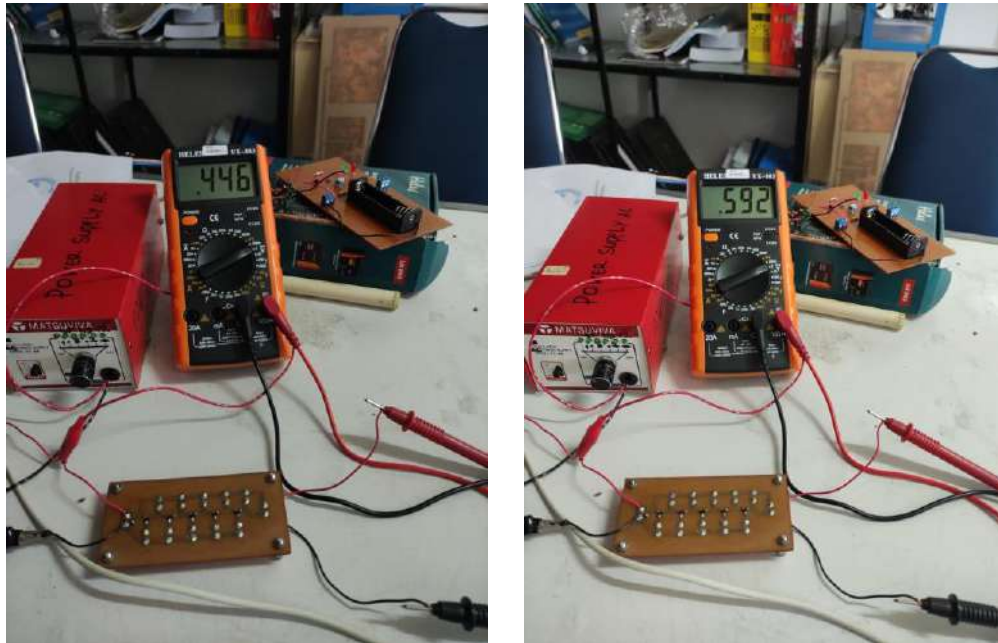
#### IV.2.2 Pengukuran Output Rectifier Antenna dengan menggunakan Input Power Suplly AC



Gambar IV. 15 Pengukuran Output Power Suplly AC 4,9 Volt dan 6,5 Volt

Pada gambar IV.15 dilakukan pengujian dengan mengukur tegangan *output* dari *power suplly* yang juga menjadi *input rectifier*. Jika dibandingkan dengan gelombang elektromagnetik, penggunaan *power suplly* sebagai inputan *rectifier* lebih baik dikarenakan *outputnya* lebih stabil dibandingkan dengan gelombang elektromagnetik yang cenderung berubah-ubah atau tidak stabil.





Gambar IV. 16 Pengukuran Output Rectifier menggunakan Multimeter Digital Input Power Suplly AC

Pada gambar IV.16 menunjukkan pengambilan data pengukuran *output rectifier* dengan tegangan *input* 4.9 Volt dan 6,5 volt. Setelah *rectifier* dihubungkan dengan *power supply* yang diberikan tegangan, kemudian dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital yang di atur pada skala pengukuran tegangan DC maksimal 2V menghasilkan *output* tegangan pada *rectifier* sebesar 446 mV dengan *input* 4,9 V dan 592 mV dengan *input* 6,5 V



Gambar IV. 17 Pengukuran Menggunakan Tegangan Input 4,9 Volt  
Dan Beban  $R_L 27\Omega$

Pada gambar IV.17 menunjukkan pengambilan data pengukuran *output rectifier* dengan tegangan *input* 4.9 Volt dengan resistansi beban  $R_L 27\Omega$ . Setelah *rectifier* diberi beban  $R_L 27\Omega$ , kemudian *rectifier* dihubungkan dengan *power supply* yang diberikan tegangan dan dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital yang di atur pada skala pengukuran tegangan DC maksimal 2V menghasilkan *output* tegangan DC  $440 \times 2 = 880 \text{ mV}$ , seperti yang tampil pada layar multimeter Gambar IV.17



Gambar IV. 18 Pengukuran Menggunakan Tegangan Input 4,9V  
Dan Beban  $R_L$  22 $\Omega$

Pada gambar IV.18 menunjukkan pengambilan data *output rectifier* dengan tegangan *input* 4.9 Volt dan resistansi beban  $R_L$  22 $\Omega$ . Setelah *rectifier* diberi beban  $R_L$  22 $\Omega$ , kemudian *rectifier* dihubungkan dengan *power supply* yang diberikan tegangan dan dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital yang di atur pada skala pengukuran tegangan DC maksimal 2V menghasilkan *output* tegangan DC  $563 \times 2 = 1,126$  Volt, seperti yang tampil pada layar multimeter Gambar IV.18



Gambar IV. 19 Pengukuran Menggunakan Tegangan Input 4,95V  
Dan Beban  $R_L$  10 $\Omega$

Pada gambar IV.19 menunjukkan pengambil data *output rectifier* dengan tegangan *input* 4.9 Volt dan resistansi beban  $R_L$  10 $\Omega$ . Setelah *rectifier* diberi beban  $R_L$  10 $\Omega$ , kemudian *rectifier* dihubungkan dengan *power supply* yang diberikan tegangan dan dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital yang di atur pada skala pengukuran tegangan DC maksimal 2V menghasilkan *output* tegangan DC  $501 \times 2 = 1,002$  Volt, seperti yang tampil pada layar multimeter Gambar IV.19



Gambar IV. 20 Pengukuran Menggunakan Tegangan Input 4,95V Dan Beban  $R_L$  5,6 $\Omega$

Pada gambar IV.20 menunjukkan pengambilan data *output rectifier* dengan tegangan *input* 4.9 Volt dan resistansi beban  $R_L$  5,6 $\Omega$ . Setelah *rectifier* diberi beban  $R_L$  5,6 $\Omega$ , kemudian *rectifier* dihubungkan dengan *power supply* yang diberikan tegangan dan dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital yang di atur pada skala pengukuran tegangan DC maksimal 2V menghasilkan *output* tegangan DC  $444 \times 2 = 888$  mV, seperti yang tampil pada layar multimeter Gambar IV.20



Gambar IV. 21 Pengukuran Menggunakan Tegangan Input 6,5V Dan  
Beban  $R_L 27\Omega$

Pada gambar IV.21 menunjukkan pengambil data *output rectifier* dengan tegangan *input* 6.5 Volt dan resistansi beban  $R_L 27\Omega$ . Setelah *rectifier* diberi beban  $R_L 27\Omega$ , kemudian *rectifier* dihubungkan dengan *power supply* yang diberikan tegangan dan dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital yang di atur pada skala pengukuran tegangan DC maksimal 2V menghasilkan *output* tegangan DC  $541 \times 2 = 1,082$  Volt, seperti yang tampil pada layar multimeter Gambar IV.21



Gambar IV. 22 Pengukuran Menggunakan Tegangan Input 6,5V  
Dan Beban  $R_L$  22 $\Omega$

Pada gambar IV.22 menunjukkan pengambil data *output rectifier* dengan tegangan *input* 6.5 Volt dan resistansi beban  $R_L$  22 $\Omega$ . Setelah *rectifier* diberi beban  $R_L$  22 $\Omega$ , kemudian *rectifier* dihubungkan dengan *power supply* yang diberikan tegangan dan dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital yang di atur pada skala pengukuran tegangan DC maksimal 2V menghasilkan *output* tegangan DC  $587 \times 2 = 1,174$  Volt, seperti yang tampil pada layar multimeter Gambar IV.22



Gambar IV. 23 Pengukuran Menggunakan Tegangan Input 6,5V Dan Beban  $R_L$  10 $\Omega$

Pada gambar IV.23 menunjukkan pengambil data *output rectifier* dengan tegangan *input* 6.5 Volt dan resistansi beban  $R_L$  10 $\Omega$ . Setelah *rectifier* diberi beban  $R_L$  10 $\Omega$ , kemudian *rectifier* dihubungkan dengan *power supply* yang diberikan tegangan dan dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital yang di atur pada skala pengukuran tegangan DC maksimal 2V menghasilkan *output* tegangan DC  $585 \times 2 = 1,170$  Volt, seperti yang tampil pada layar multimeter Gambar IV.23





Gambar IV. 24 Pengukuran Menggunakan Tegangan Input 6,53V Dan Beban  $R_L$  5,6 $\Omega$

Pada gambar IV.24 menunjukkan pengambil data *output rectifier* dengan tegangan *input* 6.5 Volt dan resistansi beban  $R_L$  5,6 $\Omega$ . Setelah *rectifier* diberi beban  $R_L$  5,6 $\Omega$ , kemudian *rectifier* dihubungkan dengan *power supply* yang diberikan tegangan dan dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital yang di atur pada skala pengukuran tegangan DC maksimal 2V menghasilkan *output* tegangan DC  $696 \times 2 = 1,392$  Volt, seperti yang tampil pada layar multimeter Gambar IV.24

Berikut adalah data tabel hasil dari pengujian *rectifier* menggunakan *input power suply* :

Tabel IV. 8 Hasil Pengukuran Output Rectifier dan Output Rectifier dengan Beban RL Input Power Suplly AC

No	Input AC (V)	Output Rectifier (mV)	Beban $R_L$ ( $\Omega$ )	Output Rectifier dengan Beban (V)
1.	4,9	446	27	0,88
2.			22	1,1
3.			10	1
4.			5,6	0,8
5.	6,5	592	27	1
6.			22	1,1
7.			10	1,2
8.			5,6	1,3

Tabel IV. 9 Hasil pengukuran output rectifier pada penelitian terdahulu

No	Input AC (V)	Beban $R_L$ ( $\Omega$ )	Tegangan Keluaran Rectifier (V)
1.	3,6	27	4,4
2.		22	4,8
3.		10	5
4.		5,6	4,4
5.	5	27	5,6
6.		22	5
7.		10	5,6
8.		5,6	5,4

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan sebuah perbandingan tegangan keluaran *rectifier* yang dimana pengujian pada penelitian ini dibandingkan dengan pengujian penelitian sebelumnya. Seperti yang terlihat pada tabel IV.8 dan IV.9

Berdasarkan persamaan (3) untuk setiap nilai input tegangan AC dengan nilai resistansi beban  $R_L$  yang berbeda-beda, maka dilakukan analisis berdasarkan teori sebagai berikut :

1. Input AC 4,9 Volt

a. Resistansi beban  $R_L$  27  $\Omega$

Persamaan (3) yang digunakan untuk menghitung tegangan *output* adalah :

$$V_{Out} = \frac{4,9 + 4,9 + 4,9 + 4,9 + 4,9}{27 + 27 + 27 + 27 + 27} 27$$

$$V_{Out} = \frac{24,5}{162} 27$$

$$V_{Out} = 4V$$

Persamaan (11) digunakan untuk menghitung persentase %error :

$$= \frac{4 - 0,88}{4} 100\%$$

$$= \frac{3,12}{4} 100\%$$

$$\%error = 78\%$$

b. Resistansi beban  $R_L$  22  $\Omega$

$$V_{Out} = \frac{4,9 + 4,9 + 4,9 + 4,9 + 4,9}{22 + 22 + 22 + 22 + 22 + 22} 22$$

$$V_{Out} = \frac{24,5}{132} 22$$

$$V_{Out} = 4V$$

Persamaan (11) digunakan untuk menghitung persentase %error :

$$= \frac{4 - 1,1}{4} 100\%$$

$$= \frac{2,9}{4} 100\%$$

$$\%error = 72\%$$

c. Resistansi beban  $R_L$  10  $\Omega$

$$V_{Out} = \frac{4,9 + 4,9 + 4,9 + 4,9 + 4,9}{10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10} 10$$

$$V_{Out} = \frac{24,5}{60} 10$$

$$V_{Out} = 4,1V$$

Persamaan (11) digunakan untuk menghitung persentase %error :

$$= \frac{4,1 - 1}{4,1} 100\%$$

$$= \frac{3,1}{4} 100\%$$

$$\%error = 75\%$$

d. Resistansi beban  $R_L$  5,6  $\Omega$

$$V_{Out} = \frac{4,9 + 4,9 + 4,9 + 4,9 + 4,9}{5,6 + 5,6 + 5,6 + 5,6 + 5,6} 5,6$$

$$V_{Out} = \frac{24,5}{33,6} 5,6$$

$$V_{Out} = 4,1V$$

Persamaan (11) digunakan untuk menghitung persentase %error :

$$= \frac{4,1 - 0,8}{4,1} 100\%$$

$$= \frac{3,3}{0,8} 100\%$$

$$\%error = 80\%$$

2. Input AC 6,5 Volt

a. Resistansi beban  $R_L$  27  $\Omega$

$$V_{Out} = \frac{6,5 + 6,5 + 6,5 + 6,5 + 6,5}{27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27} 27$$

$$V_{Out} = \frac{32,5}{162} 27$$

$$V_{Out} = 5V$$

Persamaan (11) digunakan untuk menghitung persentase %error :

$$= \frac{5 - 1}{5} 100\%$$

$$= \frac{4}{5} 100\%$$

$$\%error = 80\%$$

b. Resistansi beban  $R_L$  22  $\Omega$

$$V_{Out} = \frac{6,5 + 6,5 + 6,5 + 6,5 + 6,5}{22 + 22 + 22 + 22 + 22 + 22} 22$$

$$V_{Out} = \frac{32,5}{132} 22$$

$$V_{Out} = 5,4V$$

Persamaan (11) digunakan untuk menghitung persentase %error :

$$= \frac{5,4 - 1,1}{5,4} 100\%$$

$$= \frac{4,3}{5,4} 100\%$$

$$\%error = 79\%$$

c. Resistansi beban  $R_L$  10  $\Omega$

$$V_{Out} = \frac{6,5 + 6,5 + 6,5 + 6,5 + 6,5}{10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10} 10$$

$$V_{Out} = \frac{32,5}{60} 10$$

$$V_{Out} = 5,3V$$

Persamaan (11) digunakan untuk menghitung persentase *%error* :

$$= \frac{5,3 - 1,2}{5,3} 100\%$$

$$= \frac{4,1}{5,3} 100\%$$

$$\%error = 70\%$$

d. Resistansi beban  $R_L$  5,6  $\Omega$

$$V_{Out} = \frac{6,5 + 6,5 + 6,5 + 6,5 + 6,5}{5,6 + 5,6 + 5,6 + 5,6 + 5,6} 5,6$$

$$V_{Out} = \frac{32,5}{33,6} 5,6$$

$$V_{Out} = 5,4V$$

Persamaan (11) digunakan untuk menghitung persentase *%error* :

$$= \frac{5,4 - 1,3}{5,4} 100\%$$

$$= \frac{4,1}{5,4} 100\%$$

$$\%error = 75\%$$

Tabel IV. 10 Perbandingan output rectifier dengan beban secara pengukuran dan teori

No	Input AC (V)	Beban $R_L$ ( $\Omega$ )	Nilai $V_{out}$ (Pengukuran)	Nilai $V_{out}$ (Teori)	Nilai preestase error %
1.	4,9	27	0,88	4	78
2.		22	1,1	4	72
3.		10	1	4,1	75
4.		5,6	0,8	4,1	80
5.	6,5	27	1	5	80
6.		22	1,1	5,4	79
7.		10	1,2	5,3	70
8.		5,6	1,3	5,4	75

Setelah melakukan pengujian menggunakan *input power supply AC* didapatkan hasil :

1. Semakin besar tegangan *inputan* yang diberikan *power supply* ke *rectifier* maka semakin besar pula tegangan *output* yang dihasilkan.
2. Hasil pengukuran memiliki persentase *error* terkecil 70% hingga 80% dengan teori yang bisa diakibatkan karena Penurunan kualitas kinerja dari *rectifier* dikarenakan tidak digunakan dalam jangka waktu yang lama.
3. Persentase *error* pada *rectifier* lebih tinggi dari pada penelitian sebelumnya, Dikarenakan tidak digunakan dalam jangka waktu yang lama.



### IV.2.3 Pengukuran Output Rectifier yang Diintegrasikan dengan Step up Converter dan Rangkaian Penyimpan Input Power Suply AC



Gambar IV. 25 Hasil Pengukuran Output Rectifier yang diintegrasikan dengan Step up converter dan Rangkaian Penyimpan Input Power Suply AC

Pada pengujian ini, dilakukan pengukuran untuk menguji *output* rangkaian penyimpan yang diintegrasikan dengan *rectifier* dan *step up converter DC to DC input power suply AC* yang diberi tegangan 6,5 V. Kemudian, tegangan *output DC* pada *battery holder* rangkaian penyimpan dihubungkan dengan alat ukur multimeter digital, menghasilkan *output* sebesar 267 mV. Seperti yang terlihat pada gambar IV.25

Tabel IV. 11 Hasil Pengukuran Rangkaian Penyimpan Daya yang Diintegrasikan dengan Rectifier dan Step up Input Power Suplly AC

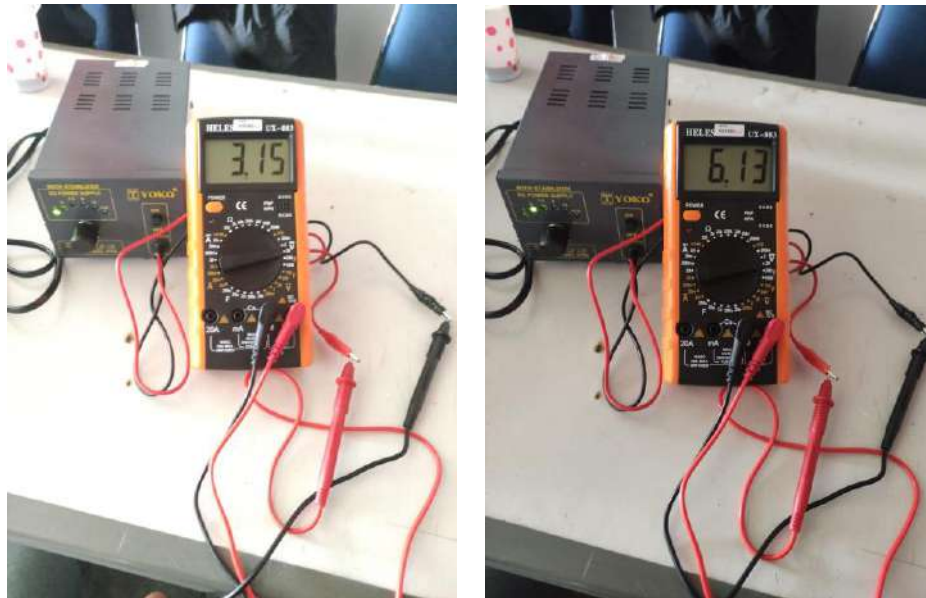
No	Input Power Suplly AC (V)	Output Rangkaian Penyimpan Daya (mV)
1.	6,5	267

Setelah di lakukan pengujian, didapatkan analisis hasil :

1. Tegangan output yang dihasilkan rangkaian penyimpan daya 267mV jika diintegrasikan dengan rectifier dan step up converter DC to DC
2. Dengan menggunakan *input power suplly AC*, tegangan output rangkaian penyimpan lebih stabil jika dibandingkan dengan menggunakan antenna
3. Output tegangan dari rangkaian penyimpan yang diintegrasikan dengan *rectifier* dan *Step up converter DC to DC*, *input power supply AC* masih terbilang rendah untuk melakukan proses *charging* dikarenakan banyaknya rugi-rugi pada rangkaian rectifier dan rangkaian penyimpan.

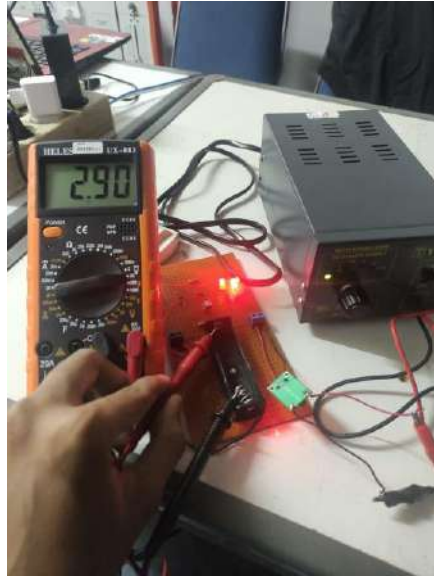
#### IV.2.4 Pengukuran Output Rangkaian Penyimpan dengan menggunakan Input Power Suply DC

Pada pengujian kali ini, pengukuran dilakukan untuk menguji tegangan keluaran yang dihasilkan rangkaian penyimpan dengan menggunakan *input power suply DC* yang dimana nilai *ouput* pada *power suplly* dapat diatur dan menghasilkan *output* tegangan DC yang lebih besar dan stabil dibandingkan dengan *output* dari *rectifier*.



Gambar IV. 26 Hasil Pengukuran Output Power Supply DC 3 Volt Dan 6 Volt Menggunakan Multimeter Digital

Kemudian, dilakukan pengukuran untuk menguji *output* tegangan pada *power suplly* DC yang sekaligus menjadi *input* dari rangkaian penyimpan. *Output* tegangan *power suplly* dapat diatur dengan menggunakan *switch* yang terdapat pada bagian *power suplly* dan dihubungkan dengan alat ukur multimeter dengan nilai tegangan *output* 3 volt dan 6 volt seperti yang terlihat pada gambar IV.26



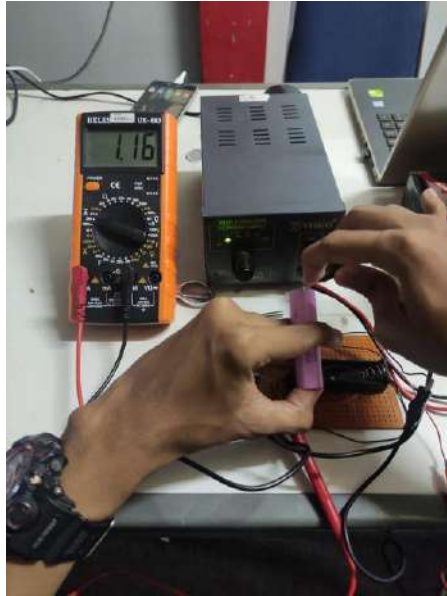
Gambar IV. 27 Hasil Pengukuran dengan Menggunakan Power Suplly  
DC Input Tegangan 3 volt

Pada pengujian ini, rangkaian peyimpan dihubungkan dengan *power suplly DC input* tegangan 3 volt kemudian dihubungkan dengan alat ukur multimeter menghasilkan *output* tegangan DC sebesar 2,90 V pada *battery holder* dengan indikator LED merah menyala. Seperti yang tampil pada layar multimeter gambar IV.27

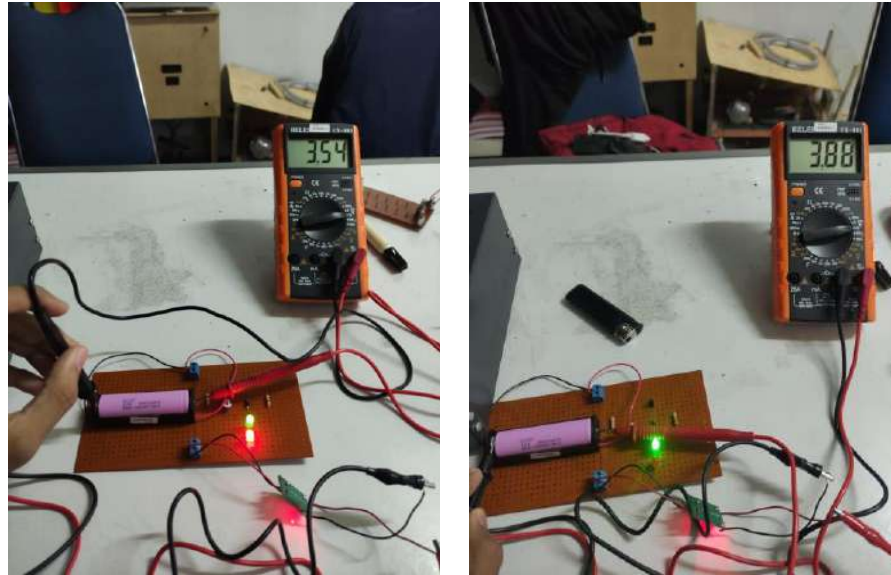


. Gambar IV. 28 Hasil Pengukuran dengan Menggunakan Power Suplly DC  
Input Tegangan 6 Volt

Kemudian dilakukan pengukuran rangkaian peyimpan yang dihubungkan dengan *power suplly DC input* tegangan 6 volt kemudian dihubungkan dengan alat ukur multimeter menghasilkan *output* tegangan DC sebesar 5,83 V pada *battery holder* dengan indicator LED merah menyala. Seperti yang tampil pada layar multimeter gambar IV.28



Gambar IV. 29 Pengukuran output arus rangkaian penyimpan input power suply DC pengukuran selanjutnya yaitu rangkaian peyimpan yang dihubungkan dengan *power suply DC input* tegangan 6 volt kemudian dihubungkan dengan alat ukur multimeter menghasilkan *output* arus DC sebesar 1,16 V. Seperti yang tampil pada layar multimeter gambar IV.28



Gambar IV. 30 Hasil proses Pengecasan Battery Li-ion pada Rangkaian Penyimpan

Pada pengujian ini, dilakukan proses pengecasan atau *charging battery li-ion input* tegangan *power suply* DC sebesar 6 volt, menghasilkan tegangan 5,8 V pada *battery holder* rangkaian penyimpanan. Pada saat proses *charging* pada *battery li-ion*, dihubungkan alat ukur multimeter untuk mengukur tegangan pada baterai ketika dalam keadaan low (indicator LED merah terang, indicator LED hijau redup) dan dalam keadaan full (Indikator LED merah mati, indicator LED hijau terang).

Tabel IV. 12 Hasil Pengukuran Rangkaian Penyimpan dengan Input Power Suplly DC

No.	Input Power Suplly (DC)	Arus (A)	Output Rangkaian(V)	Level Baterai (Low)	Level Baterai (Full)	Lama Pengecasan
1.	6 V	1,16 A	5,8 V	3,54	3,88	13 Menit 45 Detik

Setelah melakukan pengujian menggunakan *input Power Suplly DC* didapatkan hasil :

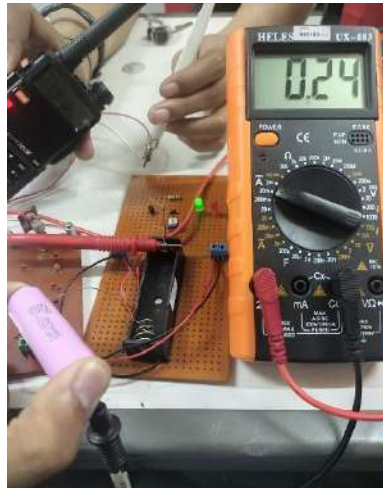
1. Tegangan *output* yang dihasilkan rangkaian penyimpan yaitu 5,8 volt menggunakan inputan *power suplly DC 6V*
2. Proses *charging* dapat dilakukan dikarenakan tegangan *output* dari *power suplly DC* lebih besar dan stabil dibandingkan dengan input *power suplly AC* dengan perantara rangkaian *rectifier*.
3. *Input power suplly DC* dengan tegangan 3V dalam pengujian ini tidak diukur dikarenakan tegangannya terlalu rendah untuk melakukan proses pengecasan yang berpengaruh pada lama pengecasan

#### **IV.2.5 Pengukuran Output Rangkaian Penyimpan dengan menggunakan Input Antenna Wi-Fi**



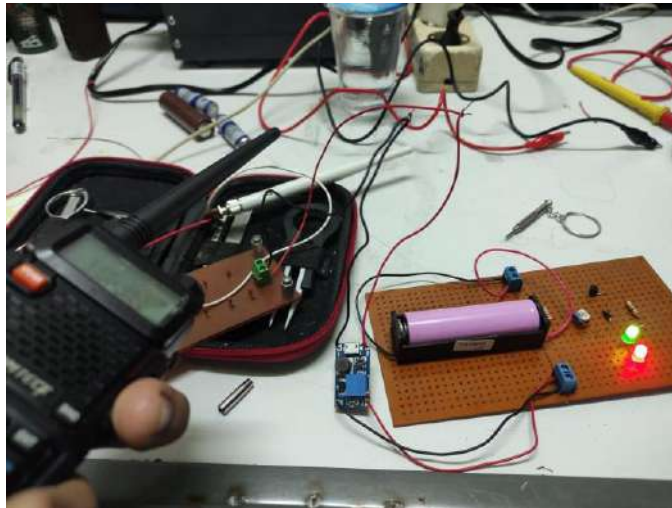
Gambar IV. 31 Hasil pengukuran *output* tegangan rangkaian dengan menggunakan input antenna Wi-Fi (2400 MHz)





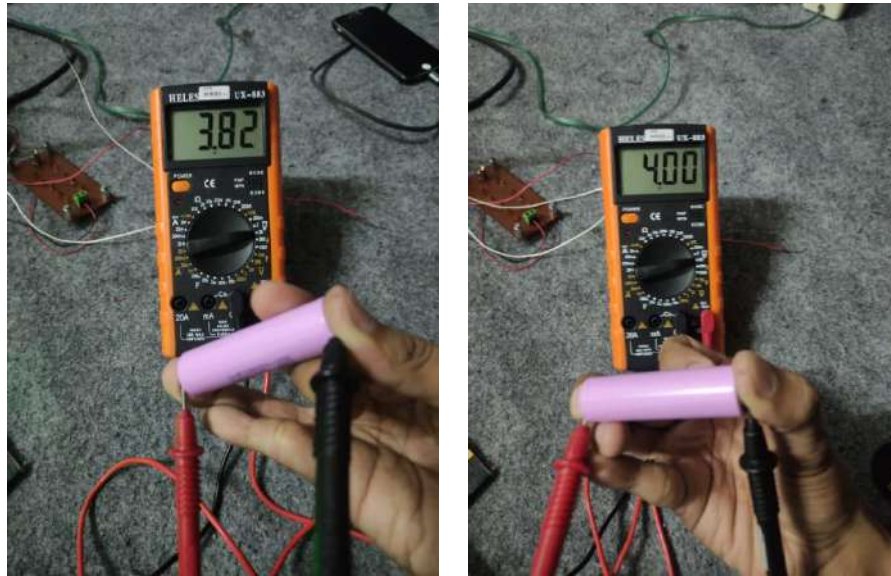
Gambar IV. 32 Pengukuran *output* arus rangkaian penyimpan  
*input* antenna Wi-Fi

Pada pengujian kali ini, pengukuran dilakukan untuk menguji *output* tegangan dan arus yang dihasilkan rangkaian penyimpan menggunakan *input* dari antenna Wi-Fi (2400 MHz) yang diintegrasikan dengan *rectifier* dan *step up converter DC to DC*. Tegangan DC yang dihasilkan kemudian diukur dengan menggunakan alat ukur multimeter yang dihubungkan langsung pada *battery holder* rangkaian penyimpan, dihasilkan tegangan sebesar 5,96 V dan arus sebesar 0,24 A. Seperti yang terlihat pada gambar IV. 30 dan gambar IV.31



Gambar IV. 33 Proses Pengecasan Baterai Li-Ion

Selanjutnya, pada gambar 4. 31 dilakukan proses pengecasan atau *charging battery li-ion* dengan menggunakan *rectifier* sebagai sumber tegangan. Pada saat proses pengecasan dilakukan, digunakan sebuah HT yang didekatkan dengan *antenna wifi* agar tegangan pada rangkaian penyimpan dapat lebih maksimal dan lebih stabil.



Gambar IV. 34 Baterai Li-Ion Dalam keadaan low dan full

Setelah proses pengecasan atau charging telah selesai dilakukan, baterai kemudian diukur menggunakan multimeter digital dengan menghubungkan kabel probe multimeter dengan baterai li-ion. Seperti yang terlihat pada gambar IV. 32

Tabel IV. 13 Hasil Pengukuran Rangkaian Penyimpan Daya Input Antenna Wi-Fi

No	Output Rangkaian Penyimpan Daya (V)	Arus (A)	Baterai Li-ion (Low)	Baterai Li-ion (Full)	Lama Pengecasan
1.	5,96	0,24	3,82	4,00	54 menit 27 detik

Berdasarkan persamaan (7) pada sub bab teori daya, maka dilakukan analisis berdasarkan teori sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

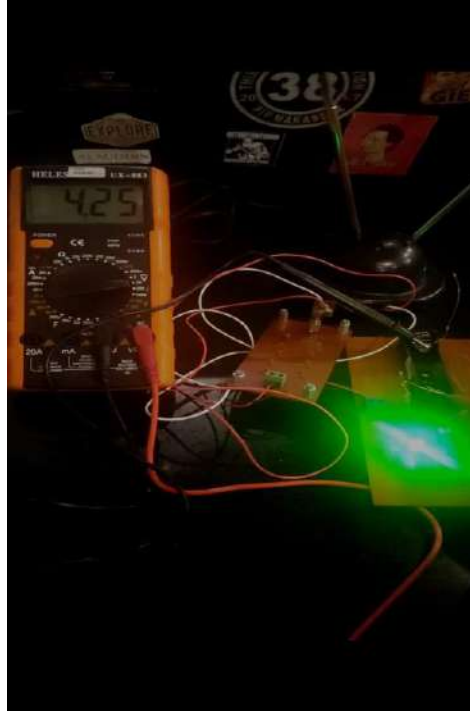
$$= 5,96 \times 0,24$$

$$= 1,43 \text{ W}$$

Setelah melakukan pengujian menggunakan *input antenna Wi-Fi* didapatkan hasil :

1. Lama proses charging 54 menit 27 detik dengan tegangan output sebesar 5,96 V.
2. Dengan tegangan sebesar 5,96 V dan arus sebesar 0,24 A dapat menghasilkan daya sebesar 1,43 W berdasarkan persamaan (7)
3. Tegangan *output* pada rangkaian penyimpan dapat stabil. Hal ini terjadi dikarenakan adanya HT yang didekatkan langsung dengan *antenna Wi-Fi*.

#### IV.2.6 Pengukuran Output Rangkaian Penyimpan dengan menggunakan Input Antenna TV UHF

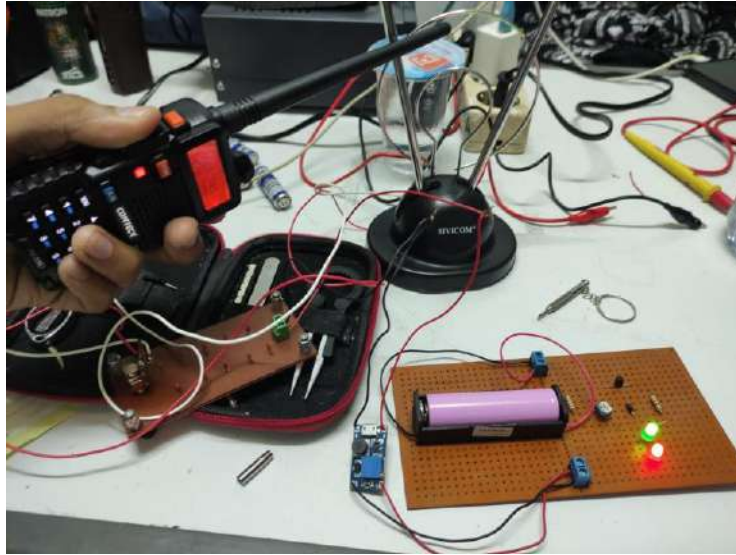


Gambar IV. 35 Hasil pengukuran output rangkaian dengan menggunakan input antenna TV UHF (470-806 MHz)



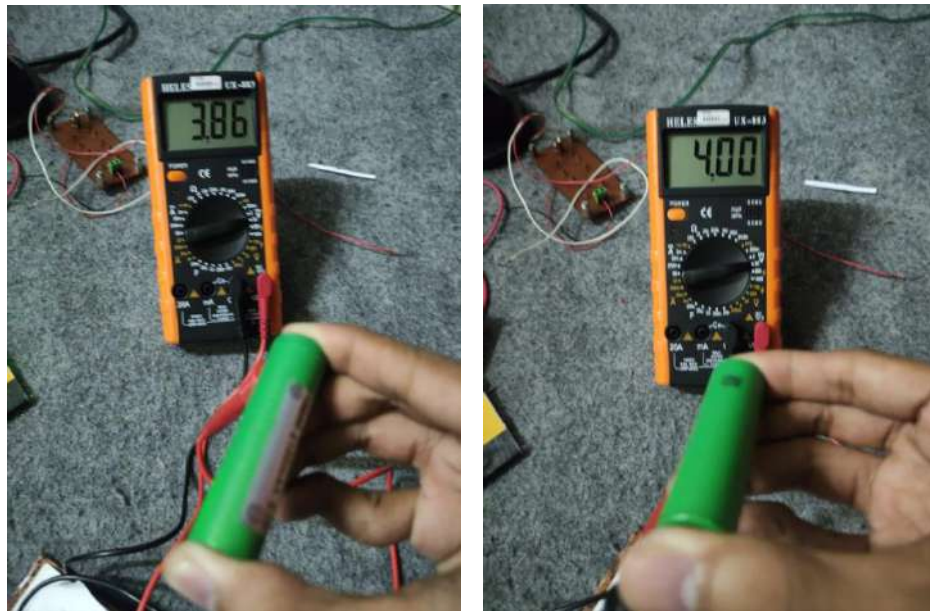
Gambar IV. 36 Pengukuran output arus rangkaian penyimpan input antenna TV UHF

Pada pengujian kali ini, pengukuran dilakukan untuk menguji *output* tegangan dan arus yang dihasilkan rangkaian penyimpan menggunakan *input* dari antenna TV UHF (470-806 MHz) yang diintegrasikan dengan *rectifier* dan *step up converter DC to DC*. Tegangan DC yang dihasilkan kemudian diukur dengan menggunakan alat ukur multimeter yang dihubungkan langsung pada *battery holder* rangkaian penyimpan, dihasilkan tegangan sebesar 2,62 V dan arus sebesar 0,10 A. Seperti yang terlihat pada gambar IV. 33 dan gambar IV.34



Gambar IV. 37 Proses Pengecasan Baterai Li-Ion

Selanjutnya, pada gambar 4. 34 dilakukan proses pengecasan atau *charging battery li-ion* dengan menggunakan *rectifier* sebagai sumber tegangan. Pada saat proses pengecasan dilakukan, digunakan sebuah HT yang didekatkan dengan antenna TV agar tegangan pada rangkaian penyimpan dapat lebih maksimal dan lebih stabil.



Gambar IV. 38 Baterai Li-Ion dalam keadaan Low dan Full

Setelah proses pengecasan atau charging telah selesai dilakukan, baterai kemudian diukur menggunakan multimeter digital dengan menghubungkan kabel probe multimeter dengan baterai li-ion. Seperti yang terlihat pada gambar IV. 35

Tabel IV. 14 Hasil Pengukuran Rangkaian Penyimpan Daya dengan Input Antenna TV

No	Output Rangkaian Penyimpan Daya (V)	Arus (A)	Baterai Li-ion (Low)	Baterai Li-ion (Full)	Lama Pengecasan
1.	4,25	0,10	3,86	4,00	57 menit 19 detik

Berdasarkan persamaan (7) pada sub bab teori daya, maka dilakukan analisis berdasarkan teori sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

$$= 4,25 \times 0,10$$

$$= 0,42 \text{ W}$$

Setelah melakukan pengujian menggunakan *input Power Suplly DC* didapatkan hasil :

1. Lama proses charging 57 menit 19 detik dengan tegangan output sebesar 4,25 V.
2. Dengan tegangan sebesar 4,25 V dan arus sebesar 0,10 A dapat menghasilkan daya sebesar 0,42 W berdasarkan persamaan (7)
3. Tegangan *output* pada rangkaian penyimpan dapat stabil. Hal ini terjadi dikarenakan adanya HT yang didekatkan langsung dengan *antenna* TV UHF.



## BAB V PENUTUP

### V.1 Kesimpulan

Setelah dilakukannya penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa :

1. Telah dibuat sebuah rangkaian penyimpan daya yang dapat menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh *rectifier* yang diintegrasikan dengan sebuah *step up converter DC to DC*.
2. Tegangan output yang dihasilkan rangkaian penyimpan daya menggunakan *antenna Wi-Fi* yang diintegrasikan dengan *rectifier* dan *step up converter DC to DC* sebesar 5,96 V dan *antenna TV* sebesar 4,25 V.
3. Untuk *antenna Wi-Fi*, dengan tegangan sebesar 5,96 V dan arus 0,24 A menghasilkan daya sebesar 1,43 W dengan lama proses pengecasan 54 menit 27 detik. Sedangkan untuk *antenna TV*, *output* tegangan sebesar 4,25 V dan arus 0,10 A menghasilkan daya sebesar 0,42 W dengan lama proses pengecasan 57 menit 19 detik.

### V.2 Saran

Berdasarkan beberapa proses pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, diharapkan menjadi suatu motivasi untuk melakukan pengembangan selanjutnya mengingat masih banyaknya keterbatasan dan kekurangan pada penelitian ini. Maka di sub bab ini, diusulkan beberapa saran pengembangan yaitu :

1. Diharapkan untuk peneliti selanjutnya, dapat melakukan proses fabrikasi ulang pada rangkaian *rectifier* agar dapat mengurangi rugi-rugi daya pada rangkaian.
2. Diharapkan untuk peneliti selanjutnya dapat menggunakan sumber energi alternatif (*Energy harvesting*) lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardanta, P. E., Fahmi, A., & Wahyu, Y. (2016). Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Fractal Susunan Linier Dual Band Untuk Aplikasi Energy Harvesting. *eProceedings of Engineering*, 3(1).
- Dirton BG Parubak, Rudy Yuwono, S.T., M.Sc., Fauzan Edy Pramono, S.T, M. . (2014). RANCANG BANGUN ANTENA PENYEARAH (RECTIFIER ANTENNA) UNTUK PEMANEN ENERGI ELEKTROMAGNETIK PADA FREKUENSI GSM 1800 MHZ. *Disability and Rehabilitation*, 20(1), 87–108. <https://doi.org/10.1080/14768320500230185>
- Fitrianda, M. I. (2013). *Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember*.
- Frekuensi, P., Ghz, W., & Frequency, W. G. H. Z. (2016). *Perancangan dan implementasi rectenna ( rectifier antena ) pada frekuensi wifi 2.4 ghz design and implementation rectenna (rectifier antenna) for wifi 2.4 ghz frequency*. 3(3), 4435–4441.
- Hamka Ikhlasul Amal NZ, Arfianto Fahmi, Y. W. (2016). *PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM RF ENERGY HARVESTING PADA FREKUENSI UHF*. 12(1), 61–72.
- Hidayat, R., Elektro, J. T., Tinggi, S., & Mandala, T. (n.d.). *Sumber Daya Wireless Untuk Menghasilkan Energi*. 109–114.
- Irawan, B. (2017). *Biquad Untuk Wlan 2 4 Ghz Dengan Menggunakan Pencatuan Proximity Coupled*.

- Journal, Y. P., Fisika, J., & Diponegoro, U. (2016). Studi Rectenna (Rectifier Antenna) Untuk Mengubah Gelombang Elektromagnetik Rf Menjadi Sumber Tegangan Dc. *Youngster Physics Journal*, 5(1), 27–34.
- Khabbaz, A., Sobhi, J., & Daei Koozehkanani, Z. (2018). A sub-mW 2.9-dB noise figure Inductor-less low noise amplifier for wireless sensor network applications. *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, 93(March), 132–139.
- Muhammad Ruswandi, D., & Rahmat, R. (2020). Characteristic Test of Diode Based Multisim Software. *PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 7(1), 1–6. <https://doi.org/10.33387/protk.v7i1.1213>
- Muryadi, A. D. (2017). *Analisis Kerja Rangkaian Rectifier Signal Amplifier Sebagai Pembersih Siaran Televisi*. 3(1), 1–14.
- Ponto, Hantje, DEA., MAP. 2018. Dasar Teknik Listrik. Penerbit Deepublish (Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)
- Porter, J., Hulbert-Williams, L., Chadwick, D., Vicary, S., Young, A., Hicks, S., Hamill, R., Carson, S., Dorahy, M., Meddick, L., Bampouras, T. M., Miller, P. K., Knudson, B., Coyle, A., Beestin, L., Hugh-Jones, S., Gough, B., Alase, A., Semlyen, J., ... Barker, C. (2014). RANCANG BANGUN ANTENA PENYEARAH (RECTIFIER ANTENNA) UNTUK PEMANEN ENERGI ELEKTROMAGNETIK PADA FREKUENSI GSM 1800 MHz. *Disability and Rehabilitation*, 20(1), 87–108. <https://doi.org/10.1080/14768320500230185>

- Raban, R., Surya, P., & Converter, B. (2015). *DESAIN DAN IMPLEMENTASI CHARGER BATERAI PORTABLE MENGGUNAKAN MODUL IC XL6009E1 SEBAGAI BOOST CONVERTER DENGAN MEMANFAATKAN TENAGA SURYA*. 2(2), 1900–1908.
- Rivaldo, R., Wijanto, H., & Wahyu, Y. (2018). *RECTENNA ( RECTIFIER ANTENNA ) 800 MHz - 2500 MHz*. 5(2), 2281–2288.
- Ruhyat, A. (2015). *Perancangan Rectena Rectangular Patch Array Untuk Pemanen Energi Pada Frekuensi 900 MHz*.
- Sasmita Darwis, R. (2016). Antena Mikrostrip Broadband Monopole Patch Segitiga Untuk Aplikasi RF Power Harvesting Pita Frekuensi 1700-2500 MHz. *Jurnal Elektro Dan Mesin Terapan*, 2(1), 15–26. <https://doi.org/10.35143/elementer.v2i1.64>
- Buwarda, S., & Azis, A. (2021). Rancang Bangun Multi Frekuensi Rectenna Untuk Energy Harvesting Gelombang Elektromagnetik. *PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 8(1), 49-53.
- Afif, M. T., & Pratiwi, I. A. P. (2015). Analisis perbandingan baterai lithium-ion, lithium-polymer, lead acid dan nickel-metal hydride pada penggunaan mobil listrik-review. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(2), 95-99.
- Sahid, F, M. (2020). Rancang Bangun rectifier Antenna Multifrequency untuk Energy Harvesting. Universitas Fajar. 1-9