

SKRIPSI

**OPTIMASI *RECTENNA* RANGKAIAN RF *ENERGY*
HARVESTING PADA FREKUENSI 2,45 GHz**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Program Studi
Pendidikan Teknik Elektronika

Oleh:

MUHAMMAD AKBAR RAMADHAN

NIM: 1513619001

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
TAHUN 2026**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Nama Mahasiswa : Muhammad Akbar Ramadhan
NIM : 1513619001
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektronika
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Optimasi *Rectenna* Rangkaian RF *Energy*
Harvesting Pada Frekuensi 2,45 GHz

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya tulis ilmiah ini.

Jakarta, 13 Juli 2026

Yang menyatakan,



Muhammad Akbar Ramadhan

NIM. 1513619001

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
BENTUK : SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Muhammad Akbar Ramadhan
NIM : 1513619001
Program Studi/Fakultas : Pendidikan Teknik Elektronika/Teknik
Judul Penelitian : Optimasi *Rectenna* Rangkaian RF *Energy Harvesting* Pada Frekuensi 2,45 GHz

Ini telah dipertahankan di hadapan dewan penguji dan dinyatakan Lulus / Tidak Lulus)* Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal 13 Juli 2026.

Tim Penguji,

Ketua Penguji	<u>Dr. Inf. Sc. Aodah Diamah, M.Eng.</u> NIDN. 0019097802	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	<u>Dr. Arum Setyowati, S.T., M.T.</u> NIDN. 0015097301	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	<u>Radimas Putra Muhammad Davi Labib, S.T., M.T.</u> NIDN. 0710079402	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	<u>Dr. Baso Maruddani, S.T., M.T.</u> NIDN. 0002058301	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	<u>Vina Oktaviani, S.Pd., M.T.</u> NIDN. 0012109005	

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Neneng Siti Silfi Ambarwati, S.Si., Apt., M.Si.
NIDN. 0029027204

Koordinator Program Studi
Pendidikan Teknik Elektronika


Dr. Baso Maruddani, S.T., M.T.
NIDN. 0002058301

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan karunia-Nya peneliti dapat menyelesaikan skripsi tanpa hambatan yang berarti dan tepat waktu. Penelitian skripsi ini digunakan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan setiap mahasiswa dalam menempuh tahap studi akhir di Universitas Negeri Jakarta termasuk Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika. Penyelesaian skripsi ini tidak luput dari dukungan berupa materiil maupun bimbingan, nasehat, saran, serta motivasi dari beberapa pihak yang membantu penulis untuk menyusun laporan ini, maka penulis mengucapkan terima kasih yang sedalamnya kepada:

1. Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa dimana telah memberikan kemurahan dan berkat-Nya kepada penulis.
2. Kedua orang tua, keluarga besar, dan orang terdekat yang telah banyak memberikan dukungan baik materiil maupun dukungan motivasi selama peneliti berada di bangku kuliah.
3. Bapak Dr. Baso Maruddani, M.T sebagai Koordinator Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektronika Sekaligus Dosen Pembimbing I.
4. Ibu Vina Oktaviani, S.Pd., M.T. sebagai Dosen Pembimbing II.

Penulis menyadari banyaknya kekurangan yang terdapat dalam penulisan skripsi ini dan dapat dikatakan jauh dari kata sempurna, maka dari itu dengan rendah hati penulis memohon kritik dan sarannya yang dapat membangun demi memperbaiki skripsi di kemudian hari. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Jakarta, 13 Juli 2026

Muhammad Akbar Ramadhan
NIM 1513619001

OPTIMASI RECTENNA RANGKAIAN RF ENERGY HARVESTING PADA FREKUENSI 2,45 GHz

Muhammad Akbar Ramadhan

Dosen Pembimbing: Dr. Baso Maruddani, M.T dan

Vina Oktaviani, S.Pd., M.T.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi nirkabel, khususnya jaringan WiFi pada frekuensi 2,4 GHz, membuka peluang pemanfaatan gelombang elektromagnetik sebagai sumber energi alternatif melalui teknik *RF energy harvesting*. Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan sistem *rectenna* untuk optimasi transfer daya nirkabel pada frekuensi 2,45 GHz sehingga energi RF dari sinyal WiFi dapat dikonversi menjadi tegangan DC yang bermanfaat bagi perangkat berdaya rendah seperti sensor dan perangkat *Internet of Things* (IoT). Metode penelitian dilakukan melalui tahapan perancangan, simulasi menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System* (ADS) 2026, fabrikasi PCB, dan pengujian performa rangkaian *rectifier* dengan konfigurasi *voltage doubler 3-stage* serta teknik *matching impedance* menggunakan mikrostrip *open stub*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rangkaian berhasil direalisasikan dan bekerja sesuai fungsi yang diharapkan. Hasil simulasi memperlihatkan tegangan keluaran meningkat seiring kenaikan daya input RF, yaitu sebesar 0,667 V pada input -5 dBm dan mencapai sekitar 2–3 V pada daya yang lebih tinggi. Pada pengujian nyata, sistem mampu menghasilkan tegangan hingga sekitar 1,1 V pada kondisi antena sangat dekat dengan sumber sinyal WiFi tanpa beban. Selain itu, diperoleh tegangan keluaran sebesar 1,15 V, arus sebesar 17 μA , dan daya sebesar 19,55 μW pada kondisi optimal. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa sistem *RF energy harvesting* berbasis *rectenna* pada frekuensi 2,45 GHz berhasil mengonversi energi RF dari sinyal WiFi menjadi energi listrik DC dengan performa terbaik pada jarak dekat terhadap sumber sinyal, sehingga berpotensi mendukung pengembangan perangkat elektronik mandiri dan teknologi ramah lingkungan.

Kata Kunci: *Rectenna*, *RF energy harvesting*, transfer daya nirkabel, *voltage doubler*, WiFi 2,45 GHz.

**OPTIMIZATION OF A RECTENNA-BASED RF ENERGY HARVESTING
CIRCUIT AT 2.45 GHZ FREQUENCY.**

Muhammad Akbar Ramadhan

Supervisors: Dr. Baso Maruddani, M.T. and

Vina Oktaviani, S.Pd., M.T.

ABSTRACT

The rapid development of wireless technology, particularly WiFi networks operating at 2.4 GHz, has created opportunities to utilize electromagnetic waves as an alternative energy source through RF energy harvesting techniques. This study aims to design and implement a rectenna system to optimize wireless power transfer at a frequency of 2.45 GHz, enabling RF energy from WiFi signals to be converted into DC voltage for low-power devices such as sensors and Internet of Things (IoT) devices. The research methodology consisted of design, simulation using Advanced Design System (ADS) 2026 software, PCB fabrication, and performance testing of a rectifier circuit employing a 3-stage voltage doubler configuration and impedance matching techniques using a microstrip open stub. The results indicate that the circuit was successfully implemented and operated according to the intended design. Simulation results showed that the output voltage increased with higher RF input power, reaching 0.667 V at an input power of -5 dBm and approximately 2–3 V at higher power levels. Experimental testing demonstrated that the system was capable of producing an output voltage of approximately 1.1 V when the antenna was placed very close to the WiFi signal source under no-load conditions. Furthermore, the system produced an output voltage of 1.15 V, an output current of 17 μ A, and an output power of 19.55 μ W under optimal conditions. Overall, this study demonstrates that the proposed rectenna-based RF energy harvesting system operating at 2.45 GHz successfully converts RF energy from WiFi signals into DC electrical energy, achieving the best performance at close distances to the signal source. Therefore, the system shows potential for supporting the development of self-powered electronic devices and environmentally friendly technologies.

Keywords: Rectenna, RF energy harvesting, voltage doubler, wireless power transfer, 2.45 GHz WiFi.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Muhammad Akbar Ramadhan
NIM : 1513619001
Fakultas/Prodi : Teknik / Pendidikan Teknik Elektronika
Alamat email : akbarsimdigei@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (...)

yang berjudul :

Optimasi *Rectenna* Rangkaian RF *Energy Harvesting* Pada Frekuensi 2,45 GHz

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 09 Agustus 2026

Penulis

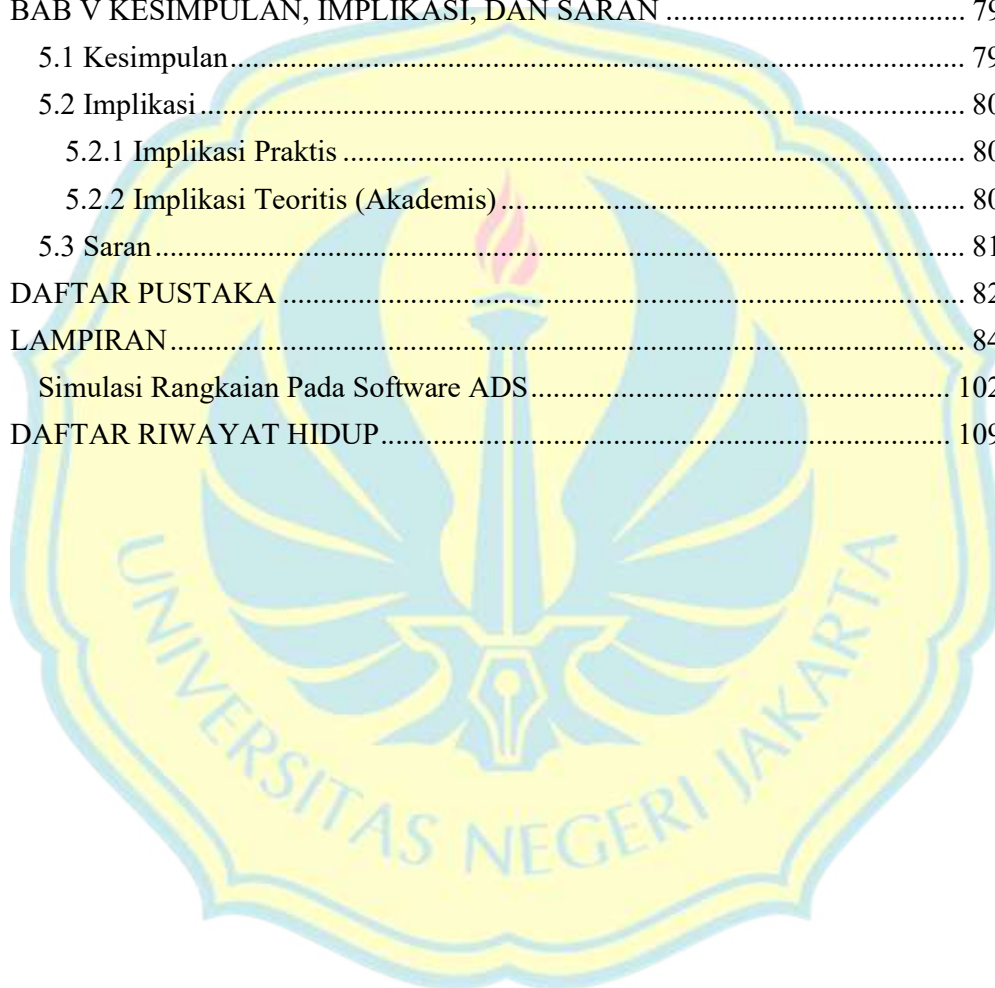
(Muhammad Akbar Ramadhan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Konsep Pengembangan Produk.....	4
2.1.1 Model Pengembangan V-Model.....	4
2.2 Konsep Produk yang Dikembangkan	7
2.3 Kerangka Teorik.....	9
2.3.1 Rancang Bangun	9
2.3.2 Jaringan Nirkabel.....	9
2.3.3 <i>Harvesting Energy</i>	10
2.3.4 Antena WiFi.....	11
2.3.5 <i>Rectifier</i>	17
2.3.6 <i>Matching Impedance</i>	17
2.3.7 Dioda.....	19
2.3.8 Kapasitor	21
2.3.9 Gelombang Elektromagnetik	21
2.3.10 Rangkaian <i>Voltage Doubler</i>	23
2.3.11 <i>Rectenna</i>	24
2.4 Rancangan Produk.....	25

2.5 Penelitian Relevan	26
2.6 Kerangka Pemikiran	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	32
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	32
3.2 Metode Pengembangan Produk.....	32
3.3 Tujuan Pengembangan	32
3.4 Metode Pengembangan	33
3.5 Sasaran Produk	35
3.6 Instrumen.....	36
3.6.1 Perangkat Keras	36
3.6.2 Perangkat Lunak	36
3.7 Prosedur Pengembangan	37
3.7.1 Analisis Kebutuhan.....	37
3.7.2 Desain Sistem	37
3.7.3 Desain <i>Matching Impedance</i>	38
3.7.4 Desain <i>Rectifier</i> dan <i>Voltage Doubler</i>	40
3.7.5 Implementasi.....	40
3.7.6 Pengujian Unit	41
3.7.7 Pengujian Integrasi	41
3.7.8 Pengujian Sistem.....	41
3.7.9 Validasi Sistem	41
3.8 Teknik Pengumpulan Data	42
3.9 Teknik Analisis Data	43
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 Hasil Pengembangan Produk.....	45
4.1.1 Analisis Kebutuhan.....	45
4.1.2 Perancangan Sistem	47
4.1.3 Perancangan <i>Rectifier</i>	48
4.1.4 Optimasi Nilai Kapasitor Stage	49
4.1.5 Optimasi Jumlah Stage	52
4.1.6 Perancangan <i>Matching Impedance</i>	57
4.1.7 Simulasi Sistem RF <i>Energy Harvesting</i>	62
4.1.8 Fabrikasi PCB	65
4.2 Kelayakan Produk (Teoritik dan Empiris)	68
4.2.1 Kelayakan Teoritik	69
4.2.2 Kelayakan Empiris.....	70

4.3 Efektivitas Produk (Melalui Uji Coba).....	71
4.3.1 Pengujian Tanpa Beban	71
4.3.2 Pengujian Tegangan, Arus, dan Daya Keluaran <i>Rectifier</i>	72
4.4 Pembahasan	74
4.4.1 Perbandingan Hasil Simulasi dan Implementasi	74
4.4.2 Analisis Matching Impedance	75
4.4.3 Analisis Kinerja RF <i>Energy Harvesting</i>	76
BAB V KESIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN	79
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Implikasi	80
5.2.1 Implikasi Praktis	80
5.2.2 Implikasi Teoritis (Akademis).....	80
5.3 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	84
Simulasi Rangkaian Pada Software ADS.....	102
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	109



DAFTAR TABEL

3.1	Spesifikasi Rangkaian <i>Voltage Doubler</i>	40
3.2	Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran <i>Rectifier</i> Tanpa Beban	44
3.3	Hasil Pengukuran Tegangan, Arus, dan Daya Keluaran <i>Rectifier</i>	44
4.1	Spesifikasi Sistem Rangkaian	47
4.2	Perbandingan Nilai Kapasitor <i>Stage</i> Sebelum dan Sesudah di <i>Tuning</i>	51
4.3	Perbandingan Hasil Simulasi Berdasarkan Jumlah <i>Stage</i>	56
4.4	Perbandingan Tegangan Keluaran Sebelum dan Sesudah <i>Matching</i>	65
4.5	Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran <i>Rectifier</i> Tanpa Beban	72
4.6	Hasil Pengukuran Tegangan, Arus, dan Daya Keluaran <i>Rectifier</i>	73
4.7	Perbandingan Hasil Simulasi dan Implementasi	74
4.8	Perbandingan Sebelum dan Sesudah <i>Matching Impedance</i>	75
4.9	Perbandingan Tegangan Berdasarkan Jumlah <i>Stage</i>	77

DAFTAR GAMBAR

2.1	Model Penelitian Pengembangan V Model	5
2.2	Antena WiFi	11
2.3	Pola Radiasi Antena	15
2.4	<i>Half Wave Rectifier</i>	17
2.5	<i>Full Wave Rectifier</i>	17
2.6	Dioda	19
2.7	Grafik Perbedaan Dioda <i>Schottky</i> dengan Dioda Konvensional	20
2.8	Kapasitor	21
2.9	Spektrum Gelombang Elektromagnetik	22
2.10	<i>Voltage Doubler</i>	23
2.11	Blok Diagram Pemanen Energi dari Sinyal WiFi	29
2.12	Diagram Alir Penelitian	30
3.1	Diagram Alir Penelitian dengan V-Model	34
3.2	Skematik Rangkaian Keseluruhan	38
3.3	Rangkaian <i>Voltage Doubler</i>	40
4.1	Rangkaian Simulasi <i>Rectifier</i> 1 Stage Sebelum di <i>Tuning</i>	49
4.2	Hasil Simulasi Tegangan Sebelum di <i>Tuning</i>	50
4.3	Rangkaian <i>Rectifier</i> 1 Stage Setelah di <i>Tuning</i>	50
4.4	Hasil Simulasi Tegangan Setelah di <i>Tuning</i>	51
4.5	Rangkaian <i>Rectifier</i> 1 Stage	53
4.6	Hasil Simulasi <i>Rectifier</i> 1 Stage	53
4.7	Rangkaian <i>Rectifier</i> 2 Stage	54
4.8	Hasil Simulasi <i>Rectifier</i> 2 Stage	54
4.9	Rangkaian <i>Rectifier</i> 3 Stage	55
4.10	Hasil Simulasi <i>Rectifier</i> 3 Stage	55
4.11	Rangkaian <i>Rectifier</i> 4 Stage	56
4.12	Hasil Simulasi <i>Rectifier</i> 4 Stage	57
4.13	Kondisi <i>Matching</i> Sebelum <i>Tuning</i>	58
4.14	Kondisi <i>Matching</i> Setelah <i>Tuning</i>	58
4.15	Lintasan Impedansi Menggunakan <i>Smith Chart Utility</i>	59
4.16	Hasil Sintesis Dimensi Mikrostrip Menggunakan <i>LineCalc</i>	61

4.17	Rangkaian <i>Rectifier 3 Stage</i> Sebelum <i>Matching</i>	63
4.18	Hasil Simulasi <i>Rectifier 3 Stage</i> Sebelum <i>Matching</i>	63
4.19	Rangkaian <i>Rectifier 3 Stage</i> Setelah <i>Matching</i>	64
4.20	Hasil Simulasi <i>Rectifier 3 Stage</i> Setelah <i>Matching</i>	64
4.21	Hasil Desain Layout PCB Tampak Atas	66
4.22	Hasil Desain Layout PCB Tampak Bawah	66
4.23	Hasil Fabrikasi PCB Tampak Atas	68
4.24	Hasil Fabrikasi PCB Tampak Bawah	68



DAFTAR LAMPIRAN

1.	Datasheet Dioda <i>Schotky</i> HSMS-2862	85
2.	Hasil Simulasi Rangkaian <i>Rectifier</i> Menggunakan ADS 2026	102
3.	Analisis <i>Smith Chart</i> Sebelum dan Sesudah <i>Matching Impedance</i>	103
4.	Desain Layout PCB Menggunakan Software KiCad	105
5.	Hasil Fabrikasi dan Realisasi PCB <i>Rectenna</i>	106
6.	Pengujian Antena Menggunakan Spectrum Analyzer	107
7.	Dokumentasi Pengujian Tegangan Keluaran <i>Rectifier</i>	108
8.	Dokumentasi Pengujian Arus Keluaran <i>Rectifier</i>	108
9.	Spesifikasi Multimeter Digital yang Digunakan pada Pengujian	109
10.	Daftar Riwayat Hidup	110

