

RECTENNA MIKROSTRIP DENGAN TRUNCATED PATCH PADA FREKUENSI 2,45 GHZ

RECTENNA MICROSTRIP WITH TRUNCATED PATCH ON 2,45 GHZ FREQUENCY

Rizki Prasetya¹, Levy Olivia Nur², Trasma Yunita³

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹rizkiprass@student.telkomuniversity.ac.id, ²levyolivia@telkomuniversity.ac.id,

³trasmayunita@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Banyak disekitar kita alat pemancar Radio Frekuensi (RF) yang memancarkan radiasinya, dengan banyaknya pancaran sinyal RF tersebut, dapat dimanfaatkan kembali menjadi energi listrik dengan cara *energy harvesting* gelombang elektromagnetik. Pada tugas akhir ini diusulkan *energy harvesting* gelombang elektromagnetik dengan menggunakan alat rectenna. Akan tetapi keluaran dari rectenna ini rendah. Untuk meningkatkan hasil keluaran tegangan listrik diperlukan rangkaian *voltage doubler* pada *rectifier*. Antena penerima yang digunakan adalah antena mikrostrip dengan *truncated patch* yang bekerja pada frekuensi 2,45 GHz.. Hasil simulasi pada frekuensi 2,45 GHz diperoleh VSWR sebesar 1,02 dan pengukuran sebesar 1,36. Antena memiliki polarisasi elips dan gain antena sebesar 3,08 dBi pada pengukuran. Pemotongan pada ujung *patch* dapat menurunkan nilai *axial ratio*. Nilai keluaran tegangan pada rectenna sebesar 1,302 V pada jarak 10 cm. Semakin jauh jarak rectenna dari sumber maka keluaran tegangan semakin kecil. Pengukuran rectenna terbesar pada sudut 0° disebabkan antena memiliki polarisasi unidireksional.

Kata Kunci: *Rectenna, rectifier, antena mikrostrip, voltage multiplier, tegangan.*

Abstract

Many of us around Radio Frequency (RF) transmitters that emit radiation, with the amount of RF signals emitted, can be reused into electrical energy by energy harvesting electromagnetic waves. In this final project, energy harvesting electromagnetic waves using a rectenna device are proposed. However, the output of this rectenna is low. To increase the output voltage need a voltage doubler circuit on the rectifier. The receiving antenna used is a microstrip antenna with truncated patch that works at a frequency of 2.45 GHz.. Simulation results at 2.45 GHz frequency obtained VSWR of 1.02 and measurements of 1.36. The antenna has elliptical polarization and the antenna gain is 3.08 dBi on the measurement. Cutting off the patch can reduce the axial ratio. The value of the output voltage on the rectenna is 1,302 V at a distance of 10 cm. The farther the distance of the rectenna from the source, the smaller the output voltage. The biggest measurement of rectenna at 0° is due to the antenna having unidirectional polaradiation.

Keywords: *Rectenna, Rectifier, Antenna Microstrip, voltage multiplier, voltage.*

1. Pendahuluan

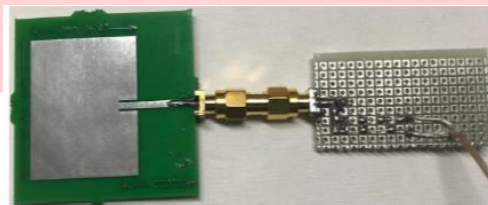
Saat ini teknologi dalam pengiriman sinyal untuk berkomunikasi telah berkembang dengan pesat. Radio digunakan untuk pengiriman sinyal dengan cara memodulasi dan meradiasikan gelombang elektromagnetik. Gelombang ini melintas dan merambat lewat udara dan bisa merambat di hampa udara. Banyak disekitar kita alat pemancar Radio Frekuensi (RF) yang memancarkan radiasinya, dengan pancaran sinyal RF tersebut diharapkan dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan cara *energy harvesting* gelombang elektromagnetik. *Energy harvesting* menangkap gelombang RF dan mengubah arus AC menjadi arus DC. Rectenna merupakan alat yang digunakan untuk *energy harvesting* gelombang elektromagnetik dengan menggabungkan *rectifier* dan antena [1]. Penelitian sebelumnya dilakukan pada frekuensi WiFi dengan antena *rectangular patch array* menghasilkan polarisasi linier, menggunakan diode BAT-17, keluaran tegangan sekitar 0,4 mV jarak 50 cm dan daya terima -20 dBm dengan menggunakan tiga *stage*. [2]. Antena mikrostrip *rectangular patch* pada frekuensi 2,45 GHz menghasilkan keluaran daya sebesar 50 mV dengan *power transmit* 10 dBm [3]. Perancangan antena *array bowtie dipole* dengan *bandwidth* yang lebar, bekerja pada frekuensi 2,4 GHz, menggunakan jenis dioda BAT-46 dengan tujuh *stage*, memiliki daya keluaran rata-rata sebesar 8,09 mV dengan daya terima -26 dBm [4]. Pada tugas akhir ini dirancang dan merealisasikan *rectenna* pada frekuensi 2,45 GHz dengan menggunakan antena mikrostrip

truncated patch untuk menghasilkan polarisasi sirkular. Hasil dari penelitian ini dianalisis berupa keluaran daya listrik dari *rectenna*.

2. Dasar Teori

2.1 Rectenna

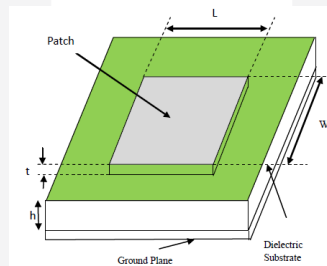
Energy harvesting adalah proses pengumpulan dan penyimpanan energi dari berbagai sumber di lingkungan [3]. Rectenna merupakan singkatan dari *rectifier* dan antena yang dipakai untuk *energy harvesting* dari gelombang elektromagnetik [5]. Keluaran dari rectenna dapat digunakan untuk komponen yang mempunyai daya rendah seperti LED dan sensor. Pada sistem rectenna dapat dilihat pada Gambar 1 terdapat antena penerima yang berfungsi untuk menangkap sumber sinyal RF. *Rectifier circuit* merupakan rangkaian penyearah untuk mengubah arus AC menjadi arus DC dan rangkaian ini juga berfungsi sebagai *voltage doubler* karena daya yang masuk pada *input rectifier* akan di multiplikasikan dayanya menjadi lebih besar [6]. Agar sistem Rectenna dapat bekerja dengan baik diperlukannya *gain* antena penerima yang tinggi, pola radiasi antena ke segala arah jika arah sumber tidak diketahui dan penyesuaian impedansi (*matching network*) antara antena penerima dengan rangkaian *rectifier* diperlukan untuk transfer daya maksimum [7].



Gambar 1. Antena dan *rectifier* yang digabungkan

2.2 Antena Mikrostrip

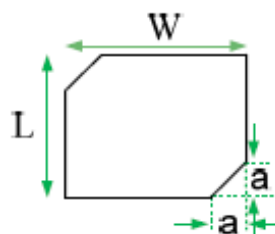
Antena mikrostrip merupakan lempengan konduktor tipis yang diletakan di atas lempengan konduktor tipis lainnya dipisahkan dengan bahan isolator (*substrate*) yang dapat dilihat pada Gambar 2. Pada tugas akhir ini akan memakai teknik pencatutan *microstrip line* dimana langsung terhubung ke tepi bidang. Pemilihan jenis ini karena mudah dalam fabrikasi [8].



Gambar 2. Struktur Antena Mikrostrip.

2.3 Truncated Patch at Corner

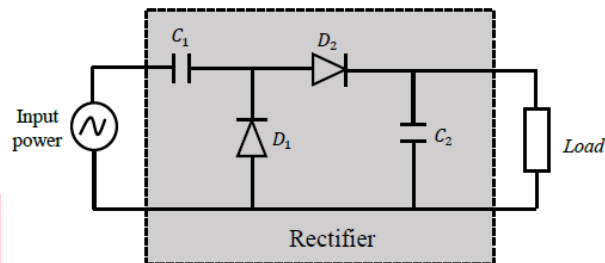
Polarisasi sirkular dapat diperoleh dari hasil pemotongan secara diagonal pada bagian ujung *patch rectangular* [9] dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Truncated Patch at corner*.

2.4 Rectifier

Rectifier merupakan rangkaian penyearah yang dapat mengubah arus AC menjadi arus DC. Rangkaian ini pada Gambar 4 terdiri dari dioda yang digunakan untuk penyearah, resistor dan kapasitor. Pada tugas akhir ini memakai dioda *schottky diode*. Pemakaian jenis dioda ini dikarenakan mampu bekerja di frekuensi tinggi. *Voltage multiplier* merupakan rangkaian penyearah yang mengubah arus AC ke DC untuk mendapatkan peningkatan tegangan DC yang tinggi dari tegangan AC [1].

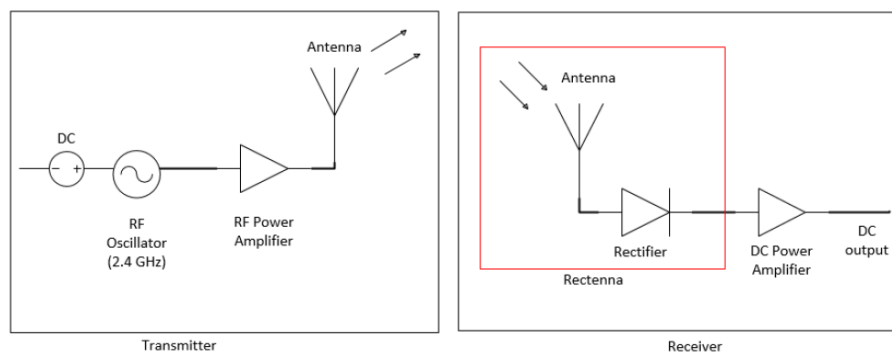


Gambar 4. Rangkaian Voltage Doubler

3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem

Pada *rectenna* terdapat komponen antenna dan *rectifier*. Gambar 5 adalah blok diagram sistem menjelaskan cara kerja dari *rectenna* secara umum.

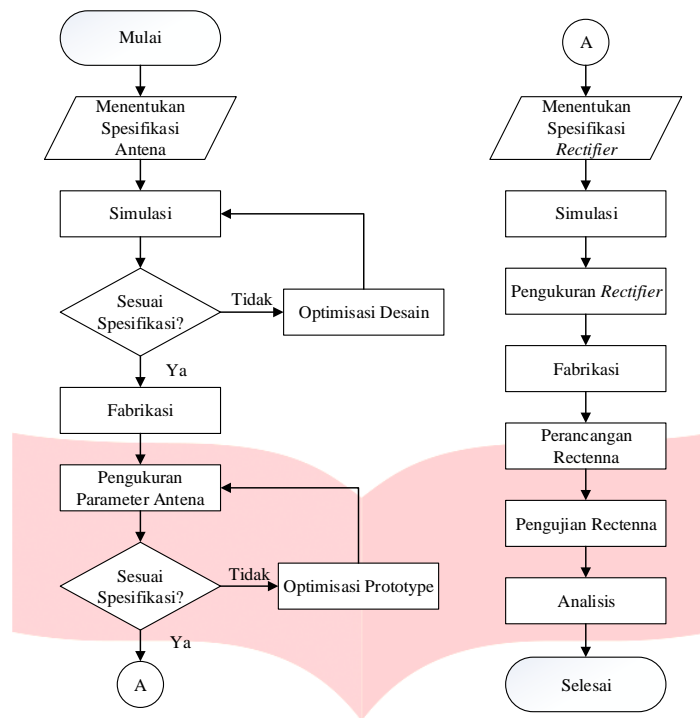


Gambar 5. Blok Diagram Sistem Rectenna

Kotak merah menunjukkan sistem *Rectenna* terdiri dari antenna penerima dan *rectifier* yang mengubah arus AC menjadi arus DC dan meningkatkan hasil keluaran tegangan dengan cara menggunakan rangkaian *voltage doubler*. Lalu diperoleh hasil keluaran tegangan dari *rectenna*.

3.2 Diagram Alir

Pada perancangan tugas akhir ini akan dirancang sebuah antenna dan *rectifier*. Gambar 6 adalah blok diagram sistem menjelaskan cara kerja dari *rectenna* secara umum. Pada perancangan *rectenna* pertama dilakukan penentuan spesifikasi antenna yang diinginkan. Setelah melakukan penentuan spesifikasi dan dimensi antenna lalu mendesain dan mensimulasikan antenna menggunakan *software*. Pada simulasi dilakukan optimasi antenna sampai sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Setelah optimasi dan mendapatkan spesifikasi yang sesuai lalu melakukan pencetakan antenna, selanjutnya mengukur parameter antenna yaitu VSWR, polarisasi, dan *gain*. Setelah perancangan dan realisasi antenna selesai, selanjutnya merancang *rectifier*. Pertama *rectifier* didesain menggunakan *software* untuk mendapatkan spesifikasi yang diinginkan. Setelah disimulasikan lalu *rectifier* direalisasikan. Antenna dan *rectifier* lalu digabungkan menjadi *rectenna* dan dilakukan pengujian serta analisis hasil keluaran tegangan yang didapatkan.



Gambar 6. Diagram Alir Rectenna

3.3 Perancangan Antena

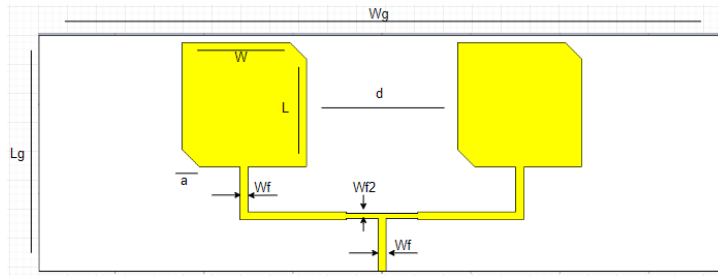
Pada penelitian ini antena dirancang menggunakan *software* dan dioptimasi. Dalam perancangan antena perlu memperhatikan spesifikasi yang diinginkan sebagai berikut:

- 1) Frekuensi : 2,45 GHz
- 2) VSWR : ≤ 2
- 3) Gain : 3-5 dBi
- 4) Polarisasi : Sirkular

Untuk bahan dielektrik substrat yang digunakan adalah FR-4 (Lossy). Sedangkan bahan *patch* adalah tembaga (copper) dengan ketebalan 0,035 mm. Setelah dilakukan perhitungan dan optimasi, maka didapatkan hasil dimensi antena yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 7 hasil desain antena.

Tabel 1. Parameter dimensi antena sebelum dan sesudah optimasi

Parameter	Dimensi (mm)	
	Sebelum	Sesudah
W (Lebar <i>patch</i>)	28.78	27.93
L (Panjang <i>patch</i>)	28.78	27.93
W_f (Lebar <i>feedline</i> 50 ohm)	3.11	1.85
W_{f2} (Lebar <i>feedline</i> pembagi)	0,64	1
d (Jarak antar <i>patch</i>)	61	34
W_g (Lebar <i>groundplane</i>)	137	154
L_g (Panjang <i>groundplane</i>)	69	53
a (Panjang <i>truncating</i>)	3,7	3,8



Gambar 7. Antena Mikrostrip Array Setelah Optimasi

Tabel 2. Perbandingan simulasi antenna sebelum optimasi dan sesudah optimasi

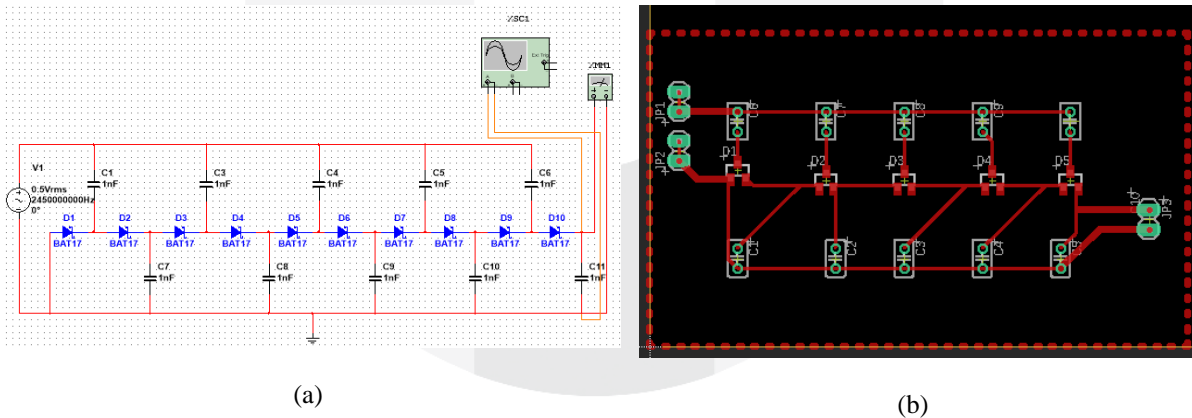
Parameter	Nilai	
	Satu elemen	Array dengan <i>truncated patch</i>
VSWR	2,18	1,02
<i>Axial Ratio</i>	40 dB	2,62 dB
<i>Gain</i>	0,92 dB	3,92 dB

3.4 Perancangan Rectifier

Tipe dioda yang dipakai adalah *diode schottky* BAT 17-04. Untuk menghasilkan daya keluaran yang besar maka digunakan *voltage multiplier* rangkaian 5 *stage* yang terdiri dari 1 nF kapasitor dan 10 dioda [6]. Tabel 3 merupakan keluaran tegangan dari rectenna yang ingin dicapai. Rectifier disimulasikan menggunakan software pada Gambar 8.

Tabel 3. Keluaran rectenna yang diinginkan

Parameter	Nilai
Tegangan Keluaran	1,5 V – 5 V



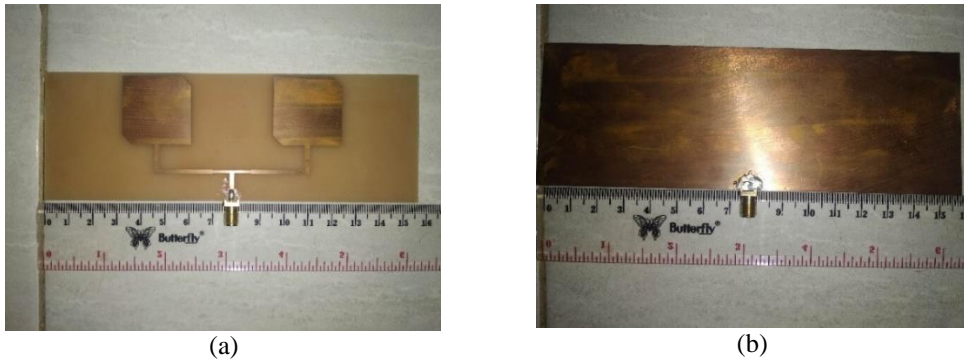
Gambar 8. Desain rangkaian *rectifier*: (a) Simulasi, (b) rangkaian *rectifier* untuk di realisasi

Hasil keluaran daya yang didapatkan sebesar 1,798 volt dengan input sebesar 0,5 vrms pada frekuensi 2,45 GHz. Hasil ini terbukti bahwa dengan rangkaian 5 *stage* dapat memperbesar daya keluaran *rectifier*.

4. Hasil dan Analisis

4.1 Realisasi

Setelah melakukan simulasi dan mendapatkan spesifikasi yang diinginkan, antenna mikrostrip dengan *truncated patch* lalu di fabrikasi sesuai dimensi yang didapatkan pada Tabel 1 dan hasil akhir parameter setelah optimasi pada Tabel 2. Hasil fabrikasi antenna dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Realisasi Antena: (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang

Pada Gambar 10 merupakan hasil realisasi *rectifier 5 stage* yang sudah dirancang menggunakan *software*. Pada bagian input *rectifier* menggunakan konektor SMA *female*, sedangkan bagian *output* menggunakan kabel yang akan dihubungkan dengan multimeter.



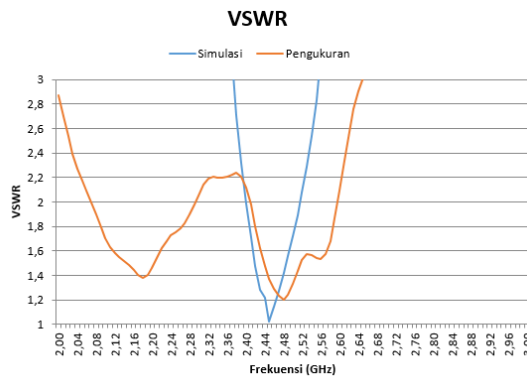
Gambar 10. Realisasi *Rectifier* : (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang

4.1 Pengukuran parameter VSWR

Untuk menguji hasil rancangan, dilakukan pengukuran parameter VSWR menggunakan alat yang dapat bekerja pada frekuensi 30 KHz – 8 GHz.

A. Hasil Simulasi dan Pengukuran VSWR

Hasil pengukuran VSWR dibandingkan dengan hasil simulasi dapat di lihat pada Gambar 11



Gambar 11. Hasil perbandingan VSWR simulasi dan pengukuran

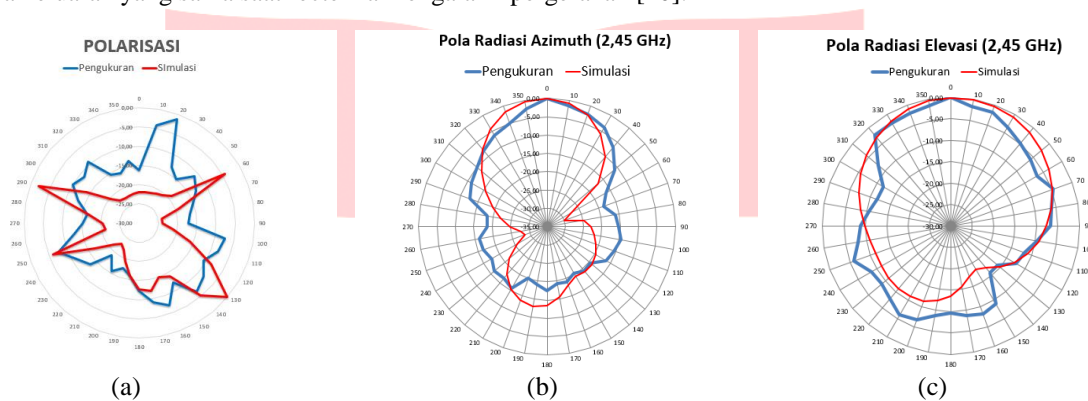
Pada saat dilakukan pengukuran VSWR, terdapat nilai minimum sebesar 1,19 pada frekuensi 2,48 GHz. Sedangkan untuk frekuensi 2,45 GHz diperoleh sebesar 1,36, dan nilai saat simulasi sebesar 1,02. Namun terdapat

juga nilai VSWR yang dibawah 2 pada saat pengukuran di frekuensi 2,07 GHz sampai dengan 2,29 GHz. Nilai VSWR hasil pengukuran lebih tinggi 0,34 daripada hasil simulasi. Perbedaan nilai VSWR pada simulasi dan pengukuran berbeda disebabkan proses penyolderan konektor SMA dan pada saat proses fabrikasi antenna yang kurang baik. Namun nilai ini sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu VSWR dibawah 2

4.2 Pengukuran parameter Polarisasi, Pola Radiasi dan Gain.

A. Hasil Pengukuran Polarisasi dan Pola Radiasi

Hasil polarisasi yang didapat pada simulasi adalah sirkular sedangkan pengukuran adalah elips dan pengukuran polaradiasi yang didapatkan adalah unidireksional yang dapat dilihat pada Gambar 12. Hasil yang berbeda dari simulasi ini dikarenakan pada saat pengukuran tidak dilakukan di ruangan *anechoic chamber* yang menyebabkan terjadinya pantulan gelombang. Hasil pengukuran polarisasi elips ini akan membantu mendapatkan nilai daya keluaran yang sama saat rectenna mengalami pergerakan [10].



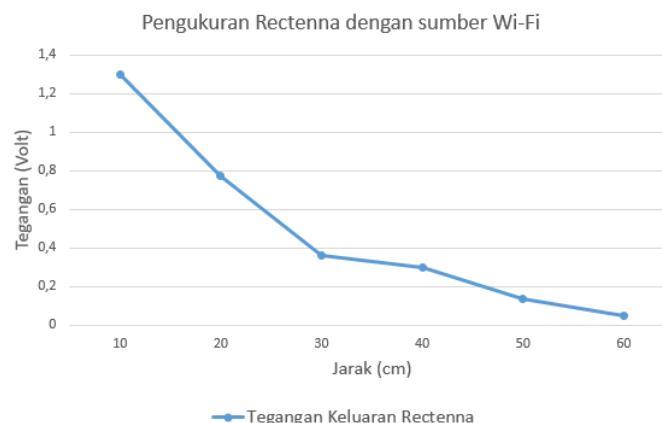
Gambar 12. Hasil pengukuran dan simulasi: (a) Polarisasi, (b) Pola radiasi azimuth, (c) Polaradiasi elevasi.

B. Hasil Pengukuran Gain

Pengambilan level daya terima antenna dilakukan sebanyak dua puluh kali, lalu didapatkan hasil rata-ratanya. Hasil pengukuran gain yang diperoleh sebesar 3,08 dBi. Hasil ini tidak lebih besar dari hasil simulasi yaitu sebesar 4,12 dBi. Hasil simulasi dan pengukuran berbeda disebabkan terjadinya refleksi gelombang.

4.3 Pengukuran Rectenna

Rectenna diukur dengan sumber WiFi yang memiliki frekuensi 2,4 GHz dengan jarak 10 hingga 60 cm. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengukuran Rectenna berdasarkan perubahan jarak

Pada Tabel 4 menunjukkan hasil keluaran yang paling tinggi terdapat pada sudut 0° yaitu sebesar 1,292 V dibandingkan dengan sudut lainnya.

Tabel 4. Hasil keluaran rectenna terhadap polaradiasi antenna

Sudut			
0°	90°	180°	270°
1,292 V	0,859 V	0,879 V	0,667 V

Nilai yang tinggi ini disebabkan antenna memiliki polaradiasi unidireksional dimana pada sudut 0° nilai daya terimanya tinggi. Pada penelitian ini hasil keluaran rectenna mampu meningkatkan keluaran tegangan yang lebih besar daripada penelitian sebelumnya dengan menambahkan jumlah *stage* pada *rectifier*, pemilihan jenis dioda yang sesuai dengan spesifikasi antenna dan meningkatkan *gain* antenna penerima. Tetapi hasil keluaran rectenna belum mampu menghasilkan tegangan yang diinginkan yaitu 1,5-5 V pada jarak 10 cm lebih.

5. Kesimpulan

Pada Tugas Akhir ini telah dirancang Rectenna mikrostrip pada frekuensi 2,45 GHz dengan *truncated patch* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran VSWR didapatkan sebesar 1,36 dan simulasi sebesar 1,02.
2. *Gain* yang didapatkan di simulasi sebesar 4,12 dBi sedangkan pada pengukuran sebesar 3,08 dBi.
3. Pemotongan pada ujung *patch* dapat menurunkan nilai *axial ratio* menjadi 2,62 dB pada simulasi, sedangkan pada saat pengukuran nilai *axial ratio* sebesar 8,9 dB dimana antenna memiliki polarisasi elips. Keluaran rectenna yang di dapat sebesar 0,13 V pada jarak 50 cm dengan polarisasi elips.
4. Pola radiasi pada simulasi dan pengukuran memiliki polaradiasi unidireksional.
5. Rectenna yang diukur dengan sumber WiFi memiliki tegangan keluaran sebesar 1,302 V pada jarak 10 cm.
6. Semakin jauh jarak rectenna dari sumber WiFi maka nilai tegangan keluaran semakin rendah.

Daftar Pustaka:

- [1] B. H. Zhang, J. W. Zhang, Z. P. Wu, C. G. Liu, and B. Zhang, "A 2.45 GHz dielectric resonator rectenna for wireless power transmission," *2017 IEEE 6th Asia-Pacific Conf. Antennas Propagation, APCAP 2017 - Proceeding*, pp. 1–3, 2018.
- [2] S. Sulianti Natalia A, H. Heroe Wijanto, and Y. Wahyu, "Perancangan dan Realisasi Rectenna Pada Frekuensi WIFI untuk Elektromagnetic Harvesting (Panen Gelombang Elektromagnetik)," 2018.
- [3] N. Abdullah, A. M. Shire, and E. Mohd, "Rectenna for Energy Harvesting," pp. 14–16, 2016.
- [4] H. F. Situmeang, L. O. Nur, and Zulfi, "Perancangan dan Realisasi Rectenna Array Bow-tie Dipole Frekuensi 2,4 GHz dengan Voltage Multiplier untuk Energy Harvesting," pp. 1–8, 2019.
- [5] S. D. Assimonis and V. Fusco, "RF Energy Harvesting with Dense Rectenna-Arrays Using Electrically Small Rectennas Suitable for IoT 5G Embedded Sensor Nodes," *2018 IEEE MTT-S Int. Microw. Work. Ser. 5G Hardw. Syst. Technol. IMWS-5G 2018*, no. Im, pp. 1–3, 2018.
- [6] R. Rivaldo, H. Wijanto, and Y. Wahyu, "RECTENNA (RECTIFIER ANTENNA) 800 MHz - 2500 MHz RECTENNA (RECTIFIER ANTENNA) 800 MHz - 2500 MHz," vol. 5, no. 2, pp. 2281–2288, 2018.
- [7] A. Mouapi, N. Hakem, and N. Kandil, "High efficiency rectifier for RF energy harvesting in the GSM band," *2017 IEEE Antennas Propag. Soc. Int. Symp. Proc.*, vol. 2017-Janua, pp. 1617–1618, 2017.
- [8] C. A. Balanis, *Antenna Theory*, 3rd ed. New York: John Wiley and Sons, 1982.
- [9] K. S. Aung and S. S. Mon, "Comparison of Rectangular and Truncated Rectangular Patch Antenna for Ku-Band," pp. 159–166, 1956.
- [10] M. Ali, G. Yang, and R. Dougal, "A new circularly polarized rectenna for wireless power transmission and data communication," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 4, no. 1, pp. 205–208, 2005.