

DESAIN DAN ANALISIS RECTENNA RECTANGULAR PADA FREKUENSI 900 MHz

DESIGN AND ANALYSIS OF RECTANGULAR RECTENNA AT 900 MHz FREQUENCY

Abdillah Fahmi¹, Levy Olivia Nur², Trasma Yunita³

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

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

³trasmayunita@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Saat ini telah banyak dilakukan penelitian tentang teknologi ramah lingkungan dan efisien. Salah satu dari teknologi tersebut yaitu pemanfaatan dari energi yang sudah ada seperti cahaya, udara, termal atau panas dan gelombang elektromagnetik. Teknologi ini dinamakan *energy harvesting*. Gelombang elektromagnetik yang terdapat di udara bebas dapat dimanfaatkan dengan cara mengubahnya menjadi energi lain, salah satunya adalah energi listrik. Pemanfaatan dengan merubah gelombang elektromagnetik menjadi sumber daya atau energi baru, diperlukan antena sebagai penerima gelombang elektromagnetik dan juga rectifier sebagai penyearah. Teknologi tersebut dinamakan *Rectenna (Rectifier Antenna)* berfungsi untuk mengkonversi gelombang elektromagnetik menjadi sumber arus DC. Dengan *Rectenna*, radiasi gelombang elektromagnetik yang berasal dari *Base Transceiver Station (BTS)* telepon seluler bisa dimanfaatkan untuk menjadi sumber daya baru berupa tegangan untuk perangkat lain. Pada tugas akhir ini dilakukan proses perancangan dan realisasi *Rectenna*. Antena yang realisasikan adalah antena *single patch* mikrostrip. Antena ini ditujukan untuk menyerap gelombang pancar pada rentang frekuensi tertentu pada 900 MHz. Pemilihan frekuensi ini tujuannya adalah untuk mengolah menjadi energi baru, sedangkan kebutuhan saat ini sudah jauh lebih besar sehingga lebih sering menggunakan frekuensi yang lebih tinggi. Pada Frekuensi ini diperoleh VSWR simulasi sebesar 1,05 dan pengukuran sebesar 1,07. Pada antena memiliki pola radiasi linier dan *gain*. Rectifier yang digunakan dalam penelitian ini *rectifier* yang menggunakan dioda Schottky tipe BAT17-04 yang rentang kerjanya pada frekuensi UHF (300 MHz - 3000 MHz) dan dirakit dengan menggunakan *doubler stage*. Hasil output dari rectenna ialah 30mV pada jarak lebih dari 100m dari BTS dan 176 mV pada jarak sekitar 20m dari BTS.

Kata Kunci : *energy harvesting*, gelombang elektromagnetik, rectenna, mikrostrip, rectifier, dioda

Abstract

At present there has been a lot of research on environmentally friendly and efficient technology. One of these technologies is the utilization of existing energy such as light, air, thermal or heat and electromagnetic waves. This technology is called energy harvesting. Electromagnetic waves contained in the free air can be utilized by turning it into other energy, one of which is electrical energy. Utilization by converting electromagnetic waves into new sources of energy or energy, an antenna is needed to receive electromagnetic waves and rectifiers as rectifiers. The technology is called Rectenna (Rectifier Antenna) function to convert electromagnetic waves into a source of DC current. With Rectenna, electromagnetic wave radiation from cell phone Base Transceiver Stations (BTS) can be utilized to become a new power source in the form of voltage for other devices. In this final project, the process of designing and realization of Rectenna is carried out. The antenna that is realized is a microstrip single patch antenna. This antenna is intended to absorb transmit waves at a certain frequency range at 900 MHz. The purpose of this frequency selection is to process it into new energy, while the current needs are far greater so that they often use higher frequencies. At this frequency VSWR simulation is obtained at 1,05 and measurement at 1,07. Antennas have linear and gain radiation patterns. The rectifier used in this study is a rectifier that uses a BAT17-04 Schottky diode that works in the UHF frequency (300 MHz - 3000 MHz) and is assembled using a doubler stage. The output from rectenna is 30mV at a distance of more than 100m from the BTS and 176mV at a distance of about 20m from the BTS.

Keywords: *energy harvesting*, electromagnetic waves, rectenna, microstrip, rectifier, diode.

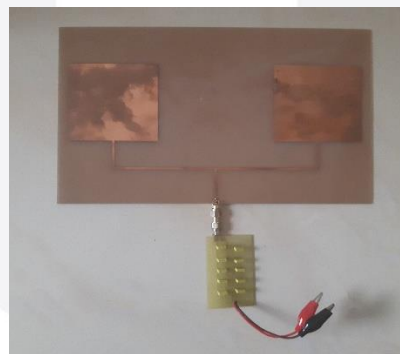
1. Pendahuluan

Semakin banyaknya alat/perangkat komunikasi dan transmisi data saat ini membuat sumber pemancar Radio Frequency (RF) dapat dengan mudah ditemui (khususnya daerah urban) seperti Pemancar Radio, Stasiun Televisi, BTS Seluler, Transmitter Wireless LAN, dan perangkat berbasis RF lainnya. Energi tersebut dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi alternatif yang baru, disebut juga dengan energy harvesting[1]. Energy Harvesting (pemanfaatan energi) adalah proses memanfaatkan energi berasal dari sumber luar (seperti energi panas, tenaga surya, tenaga angin, energi kinetik) dengan cara menangkap dan menyimpannya dalam perangkat nirkabel berdaya kecil[2]. Karena memanfaatkan sinyal RF sebagai sumbernya maka teknologi yang digunakan adalah rectenna. Rectenna merupakan integrasi dari antena dan rangkaian penyearah (rectifier). Antena berfungsi menangkap energi elektromagnetik berupa sinyal RF dari ruang bebas, sedangkan rectifier mengkonversinya menjadi keluaran tegangan DC[3]. Beberapa pengaplikasian dari teknologi ini adalah menghidupkan LED, mengisi ulang tenaga battery. Pada penelitian sebelumnya dilakukan perancangan dan pengaplikasian rectenna yang memanen sinyal RF pada rentang frekuensi 470MHz - 2400 MHz dengan antena horn sebagai pemancar sinyal GSM diruang chamber[4]. Antena yang digunakan adalah Mikrostrip dengan patch rectangular. Pada rectifier menggunakan jenis dioda schottky BAT 17. Rangkaian tersebut selain dapat mengkonversi sinyal AC menjadi keluaran tegangan DC juga dapat memperbesar nilai tegangan output. Dalam penelitian ini, akan dilakukan pengembangan lebih lanjut dengan membuat rectenna. Antena yang dipakai fokus pada frekuensi 900 MHz dan melakukan desain rectifier yang baru dengan menggunakan dioda schottky versi lebih baru yaitu tipe BAT 17-04.

2. Dasar Teori

2.1 Rectenna

Rectenna adalah perangkat energy harvesting yang digunakan untuk memanen daya dari gelombang elektromagnetik yang terpancar diudara[3]. Perangkat ini pada dasarnya memiliki jumlah output yang sangat sedikit, maka dari itu dibutuhkan rangkaian rectifier yang diharapkan dapat memperbesar jumlah *output*. Pada gambar 1 ditunjukkan bahwa antena mikrostrip dapat menerima gelombang electromagnet lalu dikonversi oleh rangkaian rectifier mengubah menjadi tegangan. Untuk mendapatkan hasil *output* yang besar maka dilakukan teknik *voltagedoubler* pada *rectifier*.

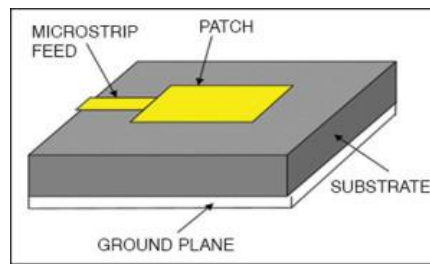


Gambar 1. Rectenna

2.2 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah antena berukuran compact dengan konduktor yang menempel pada ground plane terbuat dari bahan dielektrik[3]. Antena mikrostrip praktis jika digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena bentuknya, selain itu mikrostrip juga mudah pabrikasinya dan mudah diintegrasikan dengan komponen telekomunikasi kecil lainnya. Namun mempunyai kelemahan seperti gain dan directivity yang kecil, bandwidth yang sempit dan efisiensi yang rendah. Berikut struktur pada antena mikrostrip[3]. Pada antena mikrostrip memiliki 3 lapisan yaitu lapisan patch konduktor, substrat dielektrik dan ground plane, setiap bagian memiliki

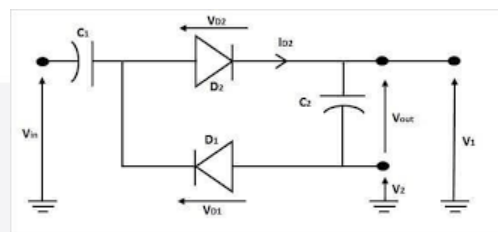
fungsi masing-masing. Bentuk patch antenna mikrostrip juga bermacam-macam sesuai dengan penelitian, namun pada penelitian ini menggunakan *patch rectangular*.



Gambar 2. Struktur Antena Mikrostrip.

2.3 Rectifier

Rectifier atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan penyearah gelombang adalah suatu bagian dari rangkaian catu daya atau power supply yang berfungsi sebagai pengubah sinyal AC (Alternating Current) menjadi sinyal DC (Direct Current)[6]. Rangkaian *rectifier* atau penyearah gelombang ini pada umumnya menggunakan dioda sebagai komponen utamanya. Hal ini dikarenakan dioda memiliki karakteristik yang hanya melewatkan arus listrik ke satu arah dan menghambat arus listrik dari arah sebaliknya. Jika sebuah dioda dialiri arus bolak-balik (AC), maka dioda tersebut hanya akan melewatkan setengah gelombang, sedangkan setengah gelombangnya lagi diblokir.

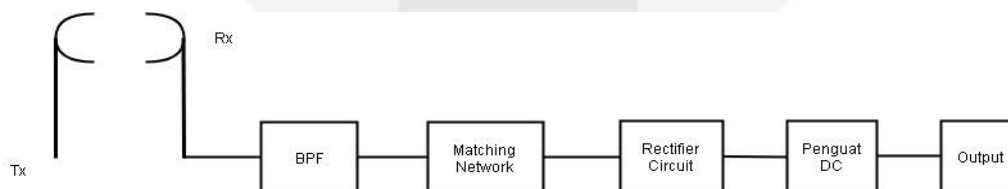


Gambar 4. Rangkaian Voltage Doubler

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.

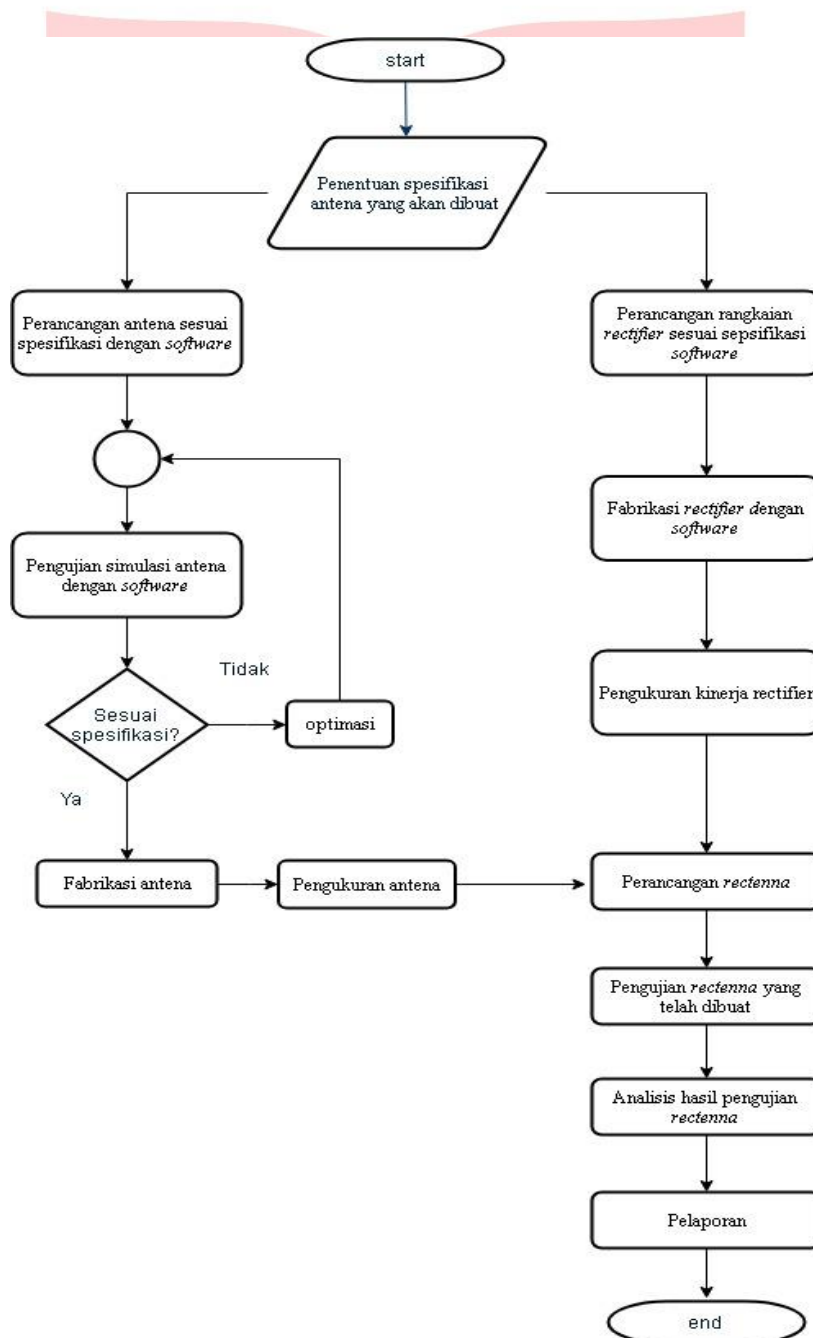


Gambar 5. Blok Diagram Sistem Rectenna

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 gambar 6 merupakan diagram alir perancangan dan realisasi *rectenna*, dalam pembuatannya juga menganut diagram alir diatas agar mudah dalam pembuatan dan mencapai target waktu yang sudah ditentukan. Pada diagram dapat dilihat pembuatan *rectenna* dipecah menjadi 2 bagian yaitu pembuatan antenna dan pembuatan rangkaian *rectifier*. Antena yang akan dibuat merupakan antenna mikrostrip dengan jenis patch *rectangular*. Antena tersebut akan di integrasikan dengan rangkaian *rectifier* menggunakan konektor SMA *male* dan *female*. Antena tersebut akan menangkap frekuensi *cutoff* dan band lain pada rentang yang sudah ditentukan. Setelah frekuensi tersebut ditangkap maka akan diteruskan ke rangkaian *rectifier* atau penyearah gelombang dan diubah menjadi tegangan DC.



Gambar 6. Diagram Alir Rectenna

3.3 Perancangan Antena

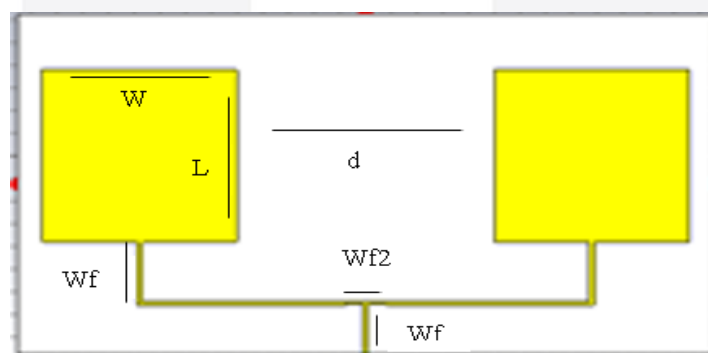
Sebelum merancang sebuah *rectenna* yang harus dilakukan pertama kali adalah menentukan spesifikasi frekuensi kerja antenanya. Spesifikasi ini akan menjadi titik acuan dalam proses pabrikan nantinya. Adapun spesifikasinya sebagai berikut:

1. Frekuensi kerja : 900 MHz
2. *VSWR* : ≤ 2
3. *Gain* : > 2 dBi
4. Polarisasi : Linear

Penelitian ini tidak menangkap semua frekuensi yang ada di udara hanya beberapa frekuensi saja yang ditangkap oleh antenna, sehingga band / multiband antenna sesuai dengan frekuensi kerjanya yaitu frekuensi GSM. Penelitian ini menggunakan teknik pencatutan *microstrip feed line*. Pada perancangannya, patch dan ground plane menggunakan bahan copper dengan ketebalan 0,03 mm, dan untuk substrat menggunakan FR-4 (lossy) dengan nilai $\epsilon_r = 4,6$, ketebalan (H) = 1,6mm, dan loss tangent ($\tan \delta$) = 0,025.

Tabel 1. Parameter dan dimensi antenna

Parameter	Dimensi (mm)	
	Sebelum	Sesudah
W (Lebar <i>patch</i>)	99,6	75.8
L (Panjang <i>patch</i>)	69,4	75.88
W_f (Lebar <i>feedline</i> 50 ohm)	3,01	3,01
W_{f2} (Lebar <i>feedline</i> pembagi)	0	1
d (Jarak antar <i>patch</i>)	0	34
W_g (Lebar <i>groundplane</i>)	109,2	154
L_g (Panjang <i>groundplane</i>)	79,04	53



Gambar 7. Antena Mikrostrip Array Setelah Optimasi

Tabel 2. Perbandingan simulasi antenna sebelum optimasi dan sesudah optimasi

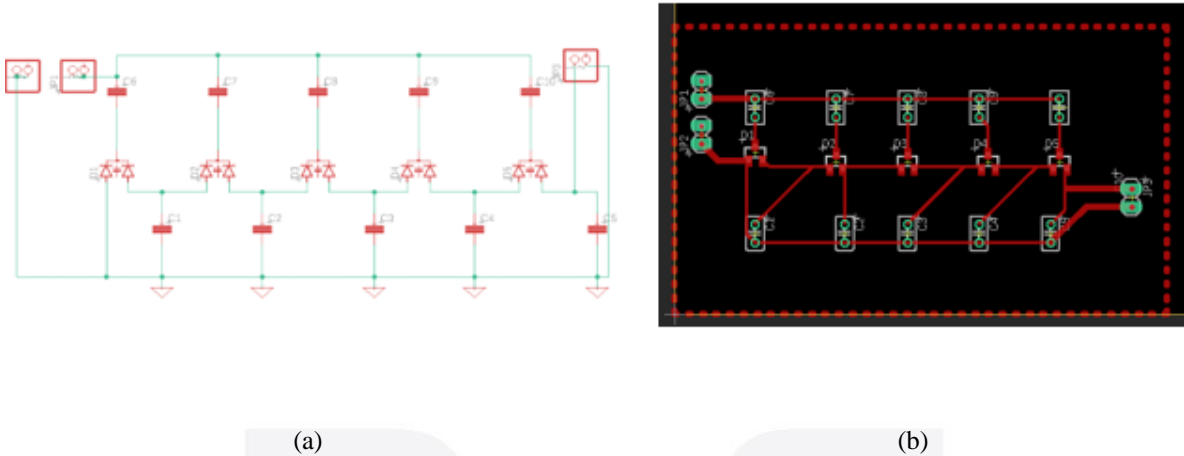
Parameter	Nilai	
	Satu elemen	Array
VSWR	1.05	1,07
<i>Axial Ratio</i>	40 dB	3.6 dB
<i>Gain</i>	2.02 dB	2.42 dB

3.4 Perancangan Rectifier

Jenis dioda yang digunakan adalah *diode schottky* tipe BAT 17-04. Agar dapat menghasilkan keluaran yang besar maka digunakan stage 5 dengan jumlah diode 10. 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	200mV – 1V



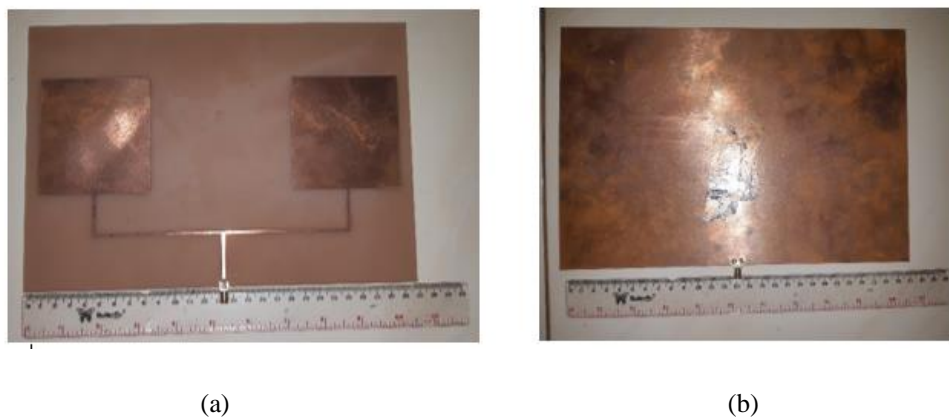
Gambar 8. Desain rangkaian *rectifier*: (a) Skematik, (b) rangkaian *blueprint rectifier* untuk di realisasi

Hasil keluaran daya yang didapatkan sebesar 176.7 mili volt dengan input sebesar 0,5 vrms pada frekuensi 900 MHz. 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, antena mikrostrip lalu di fabrikasi sesuai dimensi yang didapatkan pada Tabel 1 dan hasil akhir parameter setelah optimasi pada Tabel 2. Hasil fabrikasi antena 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.



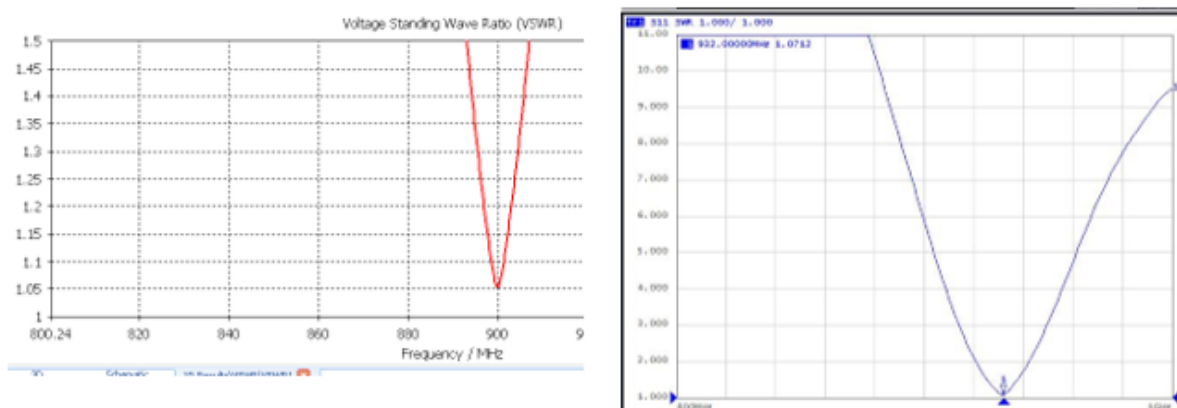
Gambar 10. Realisasi *Rectifier* : (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang

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



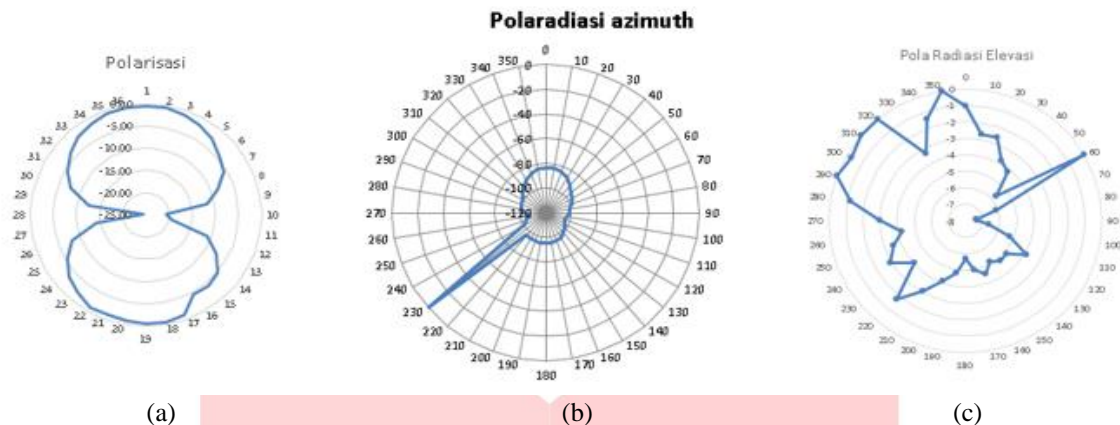
Gambar 11. Hasil perbandingan VSWR simulasi dan pengukuran

Pada saat dilakukan pengukuran VSWR, saat frekuensi 900 MHz bernilai 1,05 dan sedangkan saat pengukuran pada 932 MHz nilai VSWR menunjukkan 1.07. Perbedaan nilai ini tidak terlalu jauh namun frekuensi yang bergeser menyebabkan banyak perubahan pada parameter yang lain, ini dikarenakan kesalahan saat pencetakan sehingga sedikit merubah nilai dimensi antenna.

4.2 Pengukuran parameter Polarisasi, Pola Radiasi dan *Gain*.

A. Hasil Pengukuran Polarisasi dan Pola Radiasi

Hasil polarisasi yang didapat pada simulasi adalah linear sedangkan pengukuran adalah elips dan pengukuran polarisasi yang didapatkan adalah direksional yang dapat dilihat pada Gambar 12. Perbedaan hasil dengan simulasi dikarenakan loss dari kabel konektor dan tidak dilakukan pengukuran di ruangan anechoic chamber



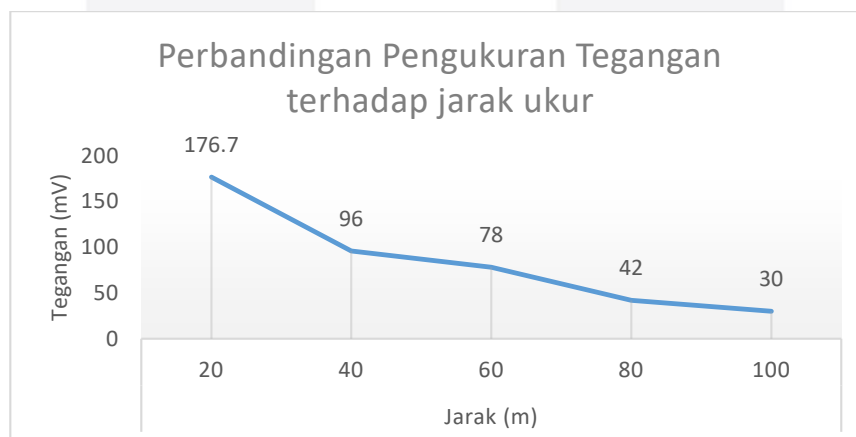
Gambar 12. Hasil pengukuran dan simulasi: (a) Polarisasi, (b) Pola radiasi azimuth, (c) Polaradiasi elevasi.

B. Hasil Pengukuran *Gain*

Pengukuran dilakukan dengan pengambilan data sebanyak 20 kali *Gain* pada antenna merupakan perbandingan intensitas radiasi maksimum antara (AUT) dengan antenna referensi. Hasil pengukuran *gain* pada simulasi adalah 2.02 sedangkan pada pengukuran adalah 2.42 Pada penelitian ini, pengukuran *gain* menggunakan metoda dua antenna identik. Persamaan nilai *gain* antenna dengan metode dua antenna identik yang dipisahkan dengan jarak sebesar R

4.3 Pengukuran Rectenna

Rectenna diukur dengan sumber BTS yang memiliki frekuensi 900 MHz dengan jarak 20 hingga 100 m. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengukuran Rectenna berdasarkan perubahan jarak

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 200 – 1000 mV pada jarak 20 m lebih.

5. Kesimpulan

Dari penelitian tugas akhir dengan judul “Desain dan Analisis Rectenna Rectangular pada Frekuensi 900 Mhz” dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Hasil pengukuran VSWR didapatkan sebesar 1,07 dan simulasi sebesar 1,05.
2. *Gain* yang didapatkan di simulasi sebesar 2,02 dBi sedangkan pada pengukuran sebesar 2,42 dBi.
3. Pengukuran nilai *axial ratio* sebesar 3.6 dB dimana antenna memiliki polarisasi elips.

4. Pola radiasi pada simulasi dan pengukuran memiliki polarisasi direksional.
5. Rectenna yang diukur dengan sumber BTS memiliki tegangan keluaran sebesar 176,7 mV pada jarak 20 m.
6. Semakin jauh jarak rectenna dari sumber BTS maka nilai tegangan keluaran semakin rendah.
7. *Rectenna* hasil penelitian dapat digunakan sebagai perangkat *energy harvesting*

Daftar Pustaka:

- [1] N. A. Moghaddam, A. Maleki, M. Shirichian, and N. S. Panah, "RF energy harvesting system and circuits for charging of wireless devices using spectrum sensing," *ICECS 2017 - 24th IEEE Int. Conf. Electron. Circuits Syst.*, vol. 2018-January, pp. 431–436, 2018.
- [2] 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.
- [3] D. Patel and F. Raval, "Design and cavity model analysis of inset feed rectangular microstrip patch antenna," *3rd Nirma Univ. Int. Conf. Eng. NUiCONE 2012*, no. 4, pp. 2–6, 2012.
- [4] W. Y. Arifin and Y. Wahyu, "Perancangan Dan Realisasi Rectenna Mikrostrip Rectangular Patch Array Pada Frekuensi 470 Mhz - 2400 Mhz Sebagai Energi Penggerak Jam Design And Realization Rectenna Microstrip Rectangular Patch Array Of Frequency 470 Mhz -2400 Mhz For Clock Resources," Vol. 3, No. 3, Pp. 4748–4754, 2016.
- [5] V. W. Equations and F. Complex, "Fields and Waves," vol. 2, no. 6, pp. 1–4, 2007.
- [6] Guler, Ulkuhan; Sendi, Mohammad S.E.; Ghovanloo, Maysam (2017). "A dual-mode passive rectifier for wide-range input power flow". 2017 IEEE 60th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS). pp. 1376–1379. doi:10.1109/MWSCAS.2017.8053188. ISBN 978-1-5090-6389-5.
- [7] K. L. Narayana, | P Rajani, and S. Assistant, "Design and Simulation of Rectenna for RF Energy Harvesting," vol. 6, no. 5, pp. 4–10, 2017.
- [8] William C. Brown. Project #07-1726: Cutting the Cord. 2007-2008 Internet Science & Technology Fair, Mainland High School. 2012. Retrieved 2012-03-30.
- [9] 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.
- [10] Ahmed, Syed Imran *Pipelined ADC Design and Improvement Techniques*, Springer, 2010 ISBN 90-481-8651-X
- [11] Ali, Esraa & Yahaya, Nor Zaihar & Nallagownden, Perumal & Zakariya, Mohd. (2014). DESIGN OF RF TO DC RECTIFIER AT GSM BAND FOR ENERGY HARVESTING APPLICATIONS. platform - A Journal of Engineering, Science and Society. 10.
- [12] A. Constantine Balanics, "Antenna Theory Analysis and Design," 1982.
- [13] Torrey, Lee (Jul 10, 1980). "A trap to harness the sun". *New Scientist*. 87 (1209): 124–127. ISSN 0262-4079. Retrieved 2012-03-30.