

PERANCANGAN DAN REALISASI RECTENNA  
PADA FREKUENSI WIFI UNTUK ELEKTOMAGNETIC HARVESTING  
( PANEN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK )

DESIGN AND REALIZATION RECTENNA AS HARVESTING ENERGY  
ELECTROMAGNETIC ON WIFI FREQUENCY

Sus Sulianti Natalia A<sup>1</sup>, Dr. Heroe Wijanto, Ir., M.T.<sup>2</sup>, Dr. Yuyu Wahyu, Ir., M.T.<sup>3</sup>,

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

<sup>4</sup>Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Bandung

<sup>1</sup>sussulianti.natalia@gmail.com, <sup>2</sup>heroe.wijanto@gmail.com, <sup>3</sup>yuyuwahyusr@gmail.com

### Abstrak

Energi tidak akan dapat dimusnakan oleh siapa pun akan tetapi dapat dirubah bentuknya dalam energi yang satu ke energi yang lainnya. hal ini lah yang menyebabkan manusia mau berusaha untuk dapat mencari energi yang baru agar dapat di gunakan dan memanfaatkan energi yang terbuang atau berhamburan terbuang dengan sia-sia agar menjadi bermanfaat bagi manusia. Getaran pada suatu benda dapat menyimpan potensi energi yang dapat di bangkitkan dan dapat juga digunakan sebagai energi alternatif. Penelitian ini membahas tentang perancangan dan pembuatan *rectenna* (*rectifier antenna*) sebagai pengubah daya elektromagnetik menjadi *output DC* yang bekerja pada frekuensi *WIFI*. Pemanenan energi ini merupakan salah satu alternatif konversi energi, di mana melalui proses ini dapat menghasilkan daya listrik yang dapat digunakan pada perangkat yang membutuhkan daya yang kecil. Dalam proses perancangan dan pembuatan *rectenna* ini dilakukan simulasi dengan menggunakan software NI Multisim untuk mengetahui kinerja dan daya yang dihasilkan dari *rectifier*. Rangkaian *rectifier* yang digunakan dalam *rectenna* ini adalah Voltage Doubler tiga stage. Pada rangkaian *rectifier* ini menggunakan enam buah diode schottky tipe *BAT17*. Pada tugas akhir ini, nilai *VSWR*, *return loss* dan impedansi bergeser pada frekuensi 2,470 GHz – 2,521 GHz. *VSWR* pada frekuensi 2.47 GHz setelah pengukuran sebesar 1.889, frekuensi 2,492 GHz sebesar 1,453 dan pada frekuensi 2,521 GHz sebesar 1,908 dan hasil gain pada frekuensi 2,4 GHz sebesar 3,32 dBi. Pada pengujian *rectenna* voltage doubler tiga stage saat pengukuran nilai tegangan pada jarak lima puluh cm meter lebih besar dibandingkan dengan jarak satu meter. Semakin dekat jarak yang ditentukan semakin besar tegangan yang didapatkan dan semakin besar frekuensi yang ditentukan maka semakin kecil tegangan yang didapatkan.

**Kata kunci :** *rectenna, rectifier, antenna, panen energi, dioda schottky*

### Abstract

*Energy will not be destroyed by anyone but can be changed the shape of in one energy to other energy. This is the reason why people want to be looking for a new energy to be used and take advantages of energy is wasted or strew to be useful for people. Vibration of an object can save the potential energy that can be raised up and also can be used as an alternative energy. This research discuss about design and manufacture of rectenna (rectifier antenna) as a modifiers of electromagnetic power become DC Output working on WIFI frequency. Harvesting is one of energy conversy alternative, by this process can generate electrical power can use on device that need a little power. In the process of rectenna design the simulation do by using NI Multisim software to find out the performance and the power results from the rectenna. A series of rectifier that used in this Voltage Doubler 3 stage. In this series of the rectifier using six schottky diode with BAT 17 type. In this final project, the value of VSWR, return loss and impedance move to the frequency of 2,470 GHz – 2,521 GHz. VSWR at frequency 2.47 GHz after the measurement amount to 1889, the frequency of 2,492 amount to 1,453 and on the frequency of 2,521 amount to 1,908. The gain at frequency of 2.4 GHz amount to 3,32 dBi, in testing of rectenna and the series of rectifier voltage doubler 3 stage when the measurement value of the voltage on the rectifier is higher than antenna of rectifier and the closer distance is determine that it is the larger voltage obtained.*

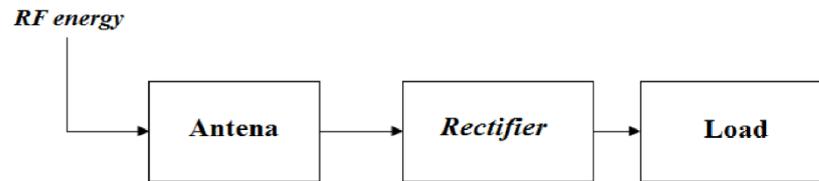
**Kata kunci :** *rectenna, rectifier, antenna, energy harvesting, dioda schottky*

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Rectenna adalah singkatan dari *rectifier antenna* atau antenna penyearah yang memiliki kemampuan untuk mengkonfersikan gelombang RF menjadi tegangan DC. Rectenna dapat memanfaatkan gelombang RF untuk mengirimkan catuan melewati media tanpa kabel atau wireless dengan tujuan untuk meningkatkan fungsi seperti baterai atau perangkat elektronika yang memiliki daya rendah lainnya. Rectenna ini terdiri dari antenna dan *rectifier*



Gambar 1.1 Sistem Rectenna secara umum

Rectenna atau penyearah antenna dapat membuktikan bahwa sinyal RF yang ditangkap oleh antenna dapat diubah menjadi tegangan DC dengan menggunakan rangkaian rectifier atau penyearah. Hasil dari perancangan rectenna atau penyearah antenna ini dapat digunakan untuk daya tanpa kabel atau *wireless power transfer* pada perangkat elektronik yang memiliki daya rendah.

### 1.2 Tujuan Perancangan

Tujuan perancangan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan merealisasikan sebuah rectenna yang dapat bekerja pada frekuensi wifi
2. Rectenna dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan
3. Mengetahui cara kerja dari rectenna yang sudah dikerjakan
4. Merancang dan merealisasikan antenna mikrostrip array 1x2 untuk rectenna

### 1.3 Rumusan masalah

Beberapa rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan merealisasikan rectenna ?
2. Apakah rectenna yang telah dirancang sudah sesuai dengan yang diinginkan ?
3. Bagaimana melakukan pengujian parameter-parameter pada antenna dan rectifier ?

### 1.4 Batasan masalah

Batasan – batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut: Antenna yang digunakan adalah antenna mikrostrip rectangular patch array 1x2.

1. Simulasi antenna menggunakan software CST 13.0
2. Bahan substrat yang digunakan adalah Epoxy FR-4
3. Spesifikasi antenna :
  - a. Frekuensi : WIFI
  - b. VSWR : < 2
  - c. Gain : > 3
4. Perancangan rectifier dengan menggunakan voltage doubler 3 stage dan pengukuran tegangan keluaran dari rectenna berdasarkan jaraknya terhadap pemancar

## BAB II

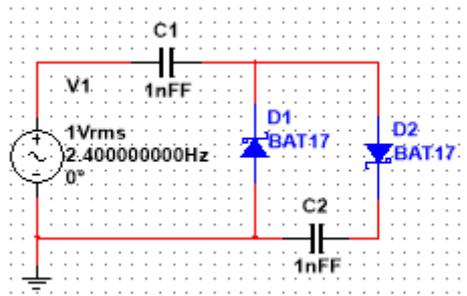
### DASAR TEORI

#### 2.1 Konsep Dasar Rectenna [1]

Rectenna merupakan antenna yang diintegrasikan dengan rectifier, secara sederhana rectenna dapat dikatakan sebagai perangkat yang memiliki kemampuan untuk mengkonversi gelombang RF menjadi tegangan DC. Antenna berfungsi untuk menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas yang banyak dipancarkan oleh pemancar radio, seperti telepon genggam, BTS, sinyal Wi-Fi (Access Point), stasiun siaran televisi / radio, dan energi dari perangkat telekomunikasi lain yang memancarkan sinyal. Sedangkan *rectifier* digunakan untuk mengkonversi gelombang elektromagnetik tersebut menjadi tegangan DC.

##### 2.1.1 Rectenna Voltage doubler

Rangkaian *voltage doubler* merupakan rangkaian yang menghasilkan tegangan keluaran yang dua kali lebih besar dibandingkan tegangan puncak *input* dikurangi dua kali tegangan *threshold* dioda pada rangkaian. Skema rangkaian *voltage doubler* dengan satu *stage* ditunjukkan oleh gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.1 rangkaian penyearah voltage doubler 1 stage

Saat tegangan *input* memasuki setengah siklus positifnya, hanya D2 yang akan mengalirkan arus dari sumber. Hal ini akan menyebabkan kapasitor C1 terisi dengan besar tegangan yang sama dengan nilai tegangan input ditambah besar tegangan yang telah tersimpan di kapasitor C1.

### 2.2.2 Antena Mikrostrip Array

Umumnya antena mikrostrip dengan *patch* elemen tunggal memiliki pola radiasi yang sangat lebar, dan menghasilkan keterarahan dan perolehan *gain* yang kurang baik. Sedangkan pada beberapa aplikasinya diperlukan antena dengan keterarahan yang baik dan perolehan (*gain*) yang tinggi. Untuk memenuhi kebutuhan karakteristik tersebut, maka antena mikrostrip disusun dengan beberapa konfigurasi. Susunan antena ini sering disebut sebagai antena susun.

### 2.4 Dioda schottky

Dioda Schottky adalah tipe khusus dari dioda dengan tegangan yang rendah. Ketika arus mengalir melalui dioda akan ditahan oleh hambatan internal, yang menyebabkan tegangannya menjadi kecil di terminal dioda. Dioda normal antara 0.7-1.7 volt, sementara dioda Schottky tegangan kira-kira antara 0.15-0.45 volt. Dioda ini memiliki efisiensi yang tinggi dibandingkan dengan dioda pada umumnya.

Dioda yang dipakai pada tugas akhir ini bertipe BAT17. Alasan penggunaan dioda ini, karena *project-project* sebelumnya mendapatkan hasil yang bagus saat menggunakan dioda ini dan mampu bekerja pada frekuensi *wifi* (2,4 – 2,48 GHz). Karakteristik dari dioda ini menampilkan tegangan barrier yang rendah, resistansi seri yang rendah, tegangan rendah maju disemua tingkat, dan karakteristik gelombang RF yang baik.

## BAB III

### PERANCANGAN DAN REALISASI

#### 3.2 Realisasi Antenna

Dalam perancangan *rectenna* maka yang pertama yang akan dibuat adalah antenna. Jenis antenna yang digunakan adalah antenna mikrostrip rectangular patch array 1x2.

Tahap awal pembuatan antenna adalah menentukan spesifikasi antenna yang akan dirancang. Spesifikasi antenna mikrostrip patch pada *rectenna* ini adalah sebagai berikut :

1. Frekuensi : WIFI
2. VSWR : < 2
3. Gain : > 3

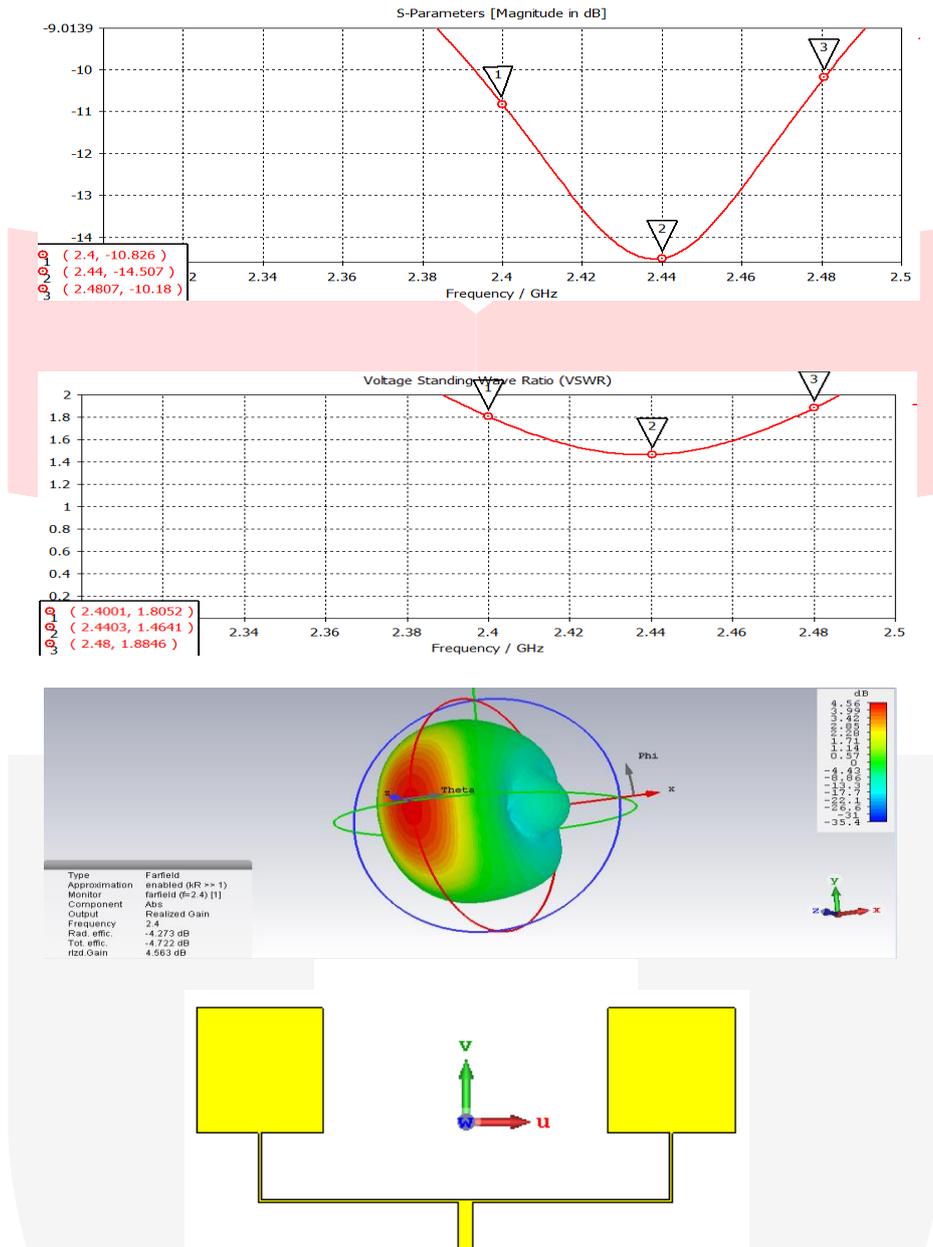
Adapun bahan dielektrik yang digunakan sebagai substrat adalah FR4 Epoxy. Karakteristik dasar dari FR4 epoxy ini adalah sebagai berikut :

1. Permittivitas relative : 4,3
2. Loss tangent : 0,035
3. Tebal substrat : 1,6 mm

Dalam perhitungan dimensi atau ukuran antenna sangat dipengaruhi oleh frekuensi kerja. Semakin tinggi frekuensi maka dimensinya akan semakin kecil dan semakin rendah frekuensi maka semakin besar dimensi antenanya.

#### 3.2.3 Optimasi pada Antenna

Berdasarkan hasil yang diperoleh saat simulasi dilakukan menggunakan parameter – parameter yang telah ditentukan sebelumnya. Ternyata masih belum sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Karena belum memenuhi spesifikasi parameter pada antenna maka dilakukan optimasi yaitu dengan cara merubah nilai parameter-parameter yang sudah dihitung seperti ukuran ground plane, panjang dan lebar pada saluran antenna dan panjang dan lebar pada patch antenna array 1x2. Dioptimasi agar ukuran antenna semakin mengecil agar sesuai dengan spesifikasi parameter antenna yang sudah ditentukan. Maka hasil yang diperoleh setelah melakukan optimasi sudah cukup baik dan memenuhi spesifikasi antenna yang diinginkan, seperti gambar dibawah ini :



Gambar 3.2 Hasil optimasi S-parameter (a), VSWR (b), Gain (c) dan gambar simulasi pada antenna

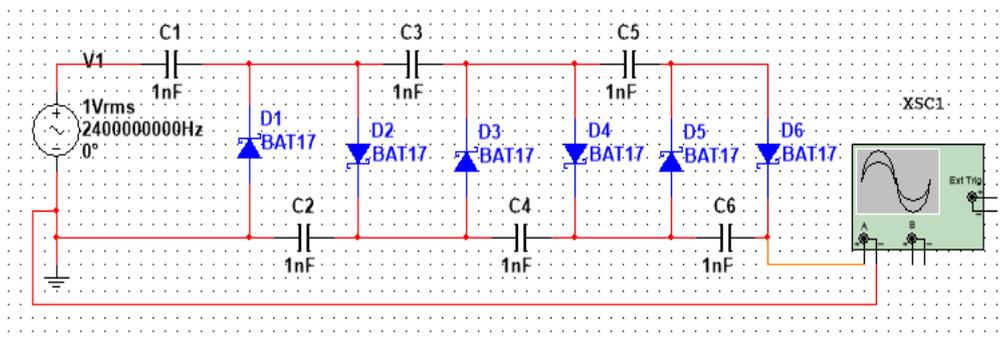
Setelah dilakukannya optimasi pada simulasi antenna dengan memperkecil setiap perhitungan yang dilakukan sebelumnya, maka hasil yang didapatkan pada optimasi ini dengan mendapatkan nilai S-parameter yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan, nilai VSWR dan Gain juga sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Nilai S-parameter yang dihasilkan -10.826 dB pada frekuensi 2.4 Ghz -14.507 dB pada frekuensi 2.44 Ghz dan -10.18 dB pada frekuensi 2.48 Ghz, nilai VSWR yang didapatkan adalah 2.4 Ghz ( 1.8052 ), 2.44 Ghz ( 1.461 ) dan 4.48 Ghz ( 1.8846 ), nilai Gain pada simulasi setelah dilakukannya optimasi adalah 4.56 dB dan gambar (d) adalah bentuk setelah dilakukannya optimasi dan hasilnya semakin mengecil dan spesifikasi yang didapatkan sudah sesuai dengan parameter yang ditentukan. Berikut ini adalah tabel perancangan setelah dilakukannya optimasi pada simulasi menggunakan software CST studio suite.

### 3.3 Realisasi Rectifier

Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai dalam merangkai rectenna ini adalah dapat mengkonversikan arus AC ke arus DC dengan nilai tegangan yang besar. Pada tugas akhir ini rectifier yang digunakan adalah voltage doubler 3 stage karena rectifier tersebut dapat mengkonversikan arus AC ke DC dan memiliki nilai penguatan yang cukup besar. Selanjutnya akan dilakukan simulasi pada software multisim 13.0 yaitu merangkai rangkaian rectifier voltage doubler 3 stage yaitu menggunakan enam buah dioda dan 6 buah kapasitor.

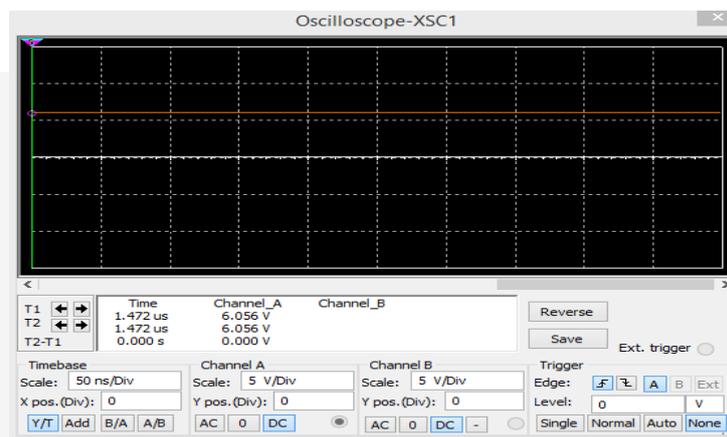
### 3.3.1 Simulasi Rangkaian Rectifier

Rangkaian yang dirancang adalah rangkaian penyearah voltage doubler 3 stage.

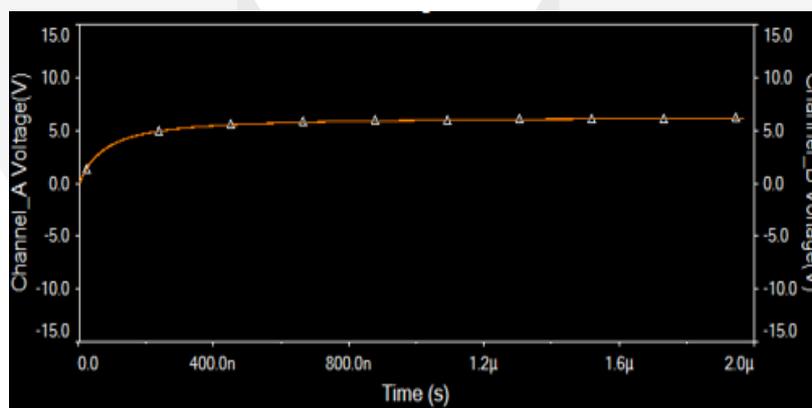


Gambar 3.3 rangkaian penyearah voltage doubler 3 stage\

Cara kerja dari rangkaian penyearah diatas ini dimulai pada saat input gelombang RF dari sumber pemancar memberikan level tegangan sisi positif maka D2, D4 dan D6 mengalami forward bias dan D1, D3 dan D5 akan mengalami reverse bias. Pada siklus positif yang pertama ini C1 akan menyimpan muatan sebesar tegangan yang diberikan pada input. Selanjutnya pada siklus negatif yang pertama akan mengakibatkan D2, D4 dan D6 akan mengalami reverse bias dan D1, D3 dan D5 akan mengalami forward bias.



Gambar 3.4 hasil simulasi running simulasi NI Multisim 13.0



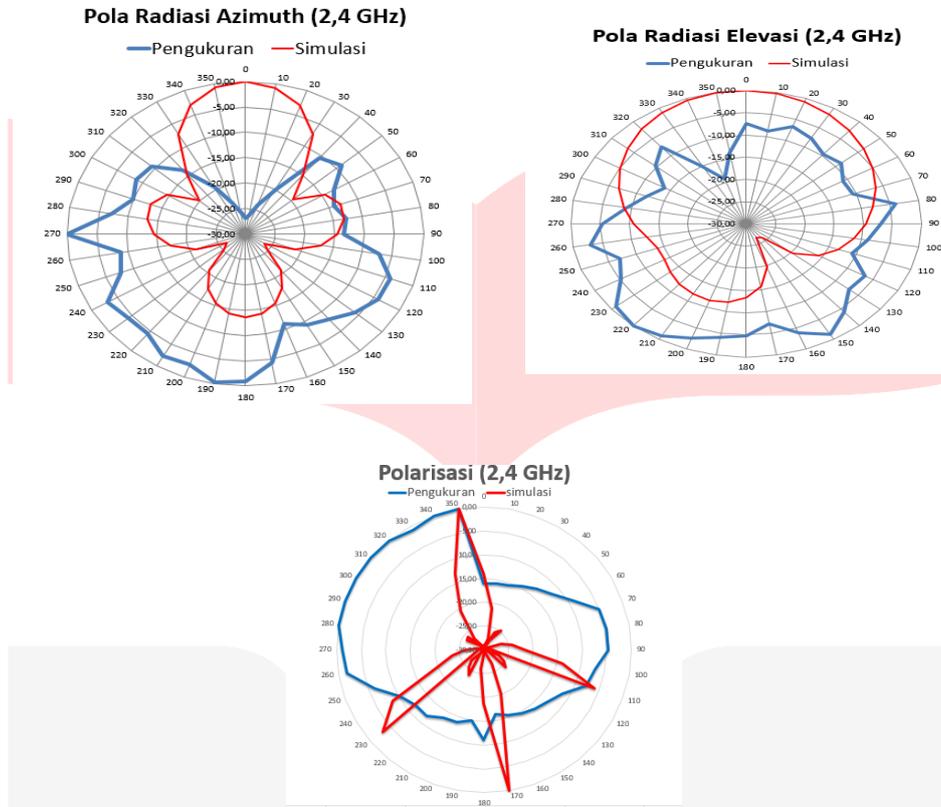
Gambar 3.5 hasil running simulasi NI Multisim 13.0 pada grapher view

Pada gambar 3.5 dan 3.6 hasil dari running rangkaian penyearah tersebut menghasilkan tegangan listrik seperti yang diinginkan. Sinyal DC diatas adalah hasil dari konversi dari input rangkaian penyearah yaitu sinyal AC. Output pada rectifier ini diperoleh dari penjumlahan nilai muatan pada C1, C3 dan C5 yang telah terisi dengan membutuhkan waktu transient.

**BAB IV**  
**PENGUKURAN DAN Analisis**

**4.4 Pengukuran Pola Radiasi, Polarisasi dan Gain**

Berikut ini adalah hasil pengukuran pola radiasi antenna pada frekuensi 2.4 GHz.



Gambar 4.1 Hasil dari simulasi dan pengukuran polaradiasi dan polarisasi

Tabel 4.1 hasil pengukuran Gain antenna

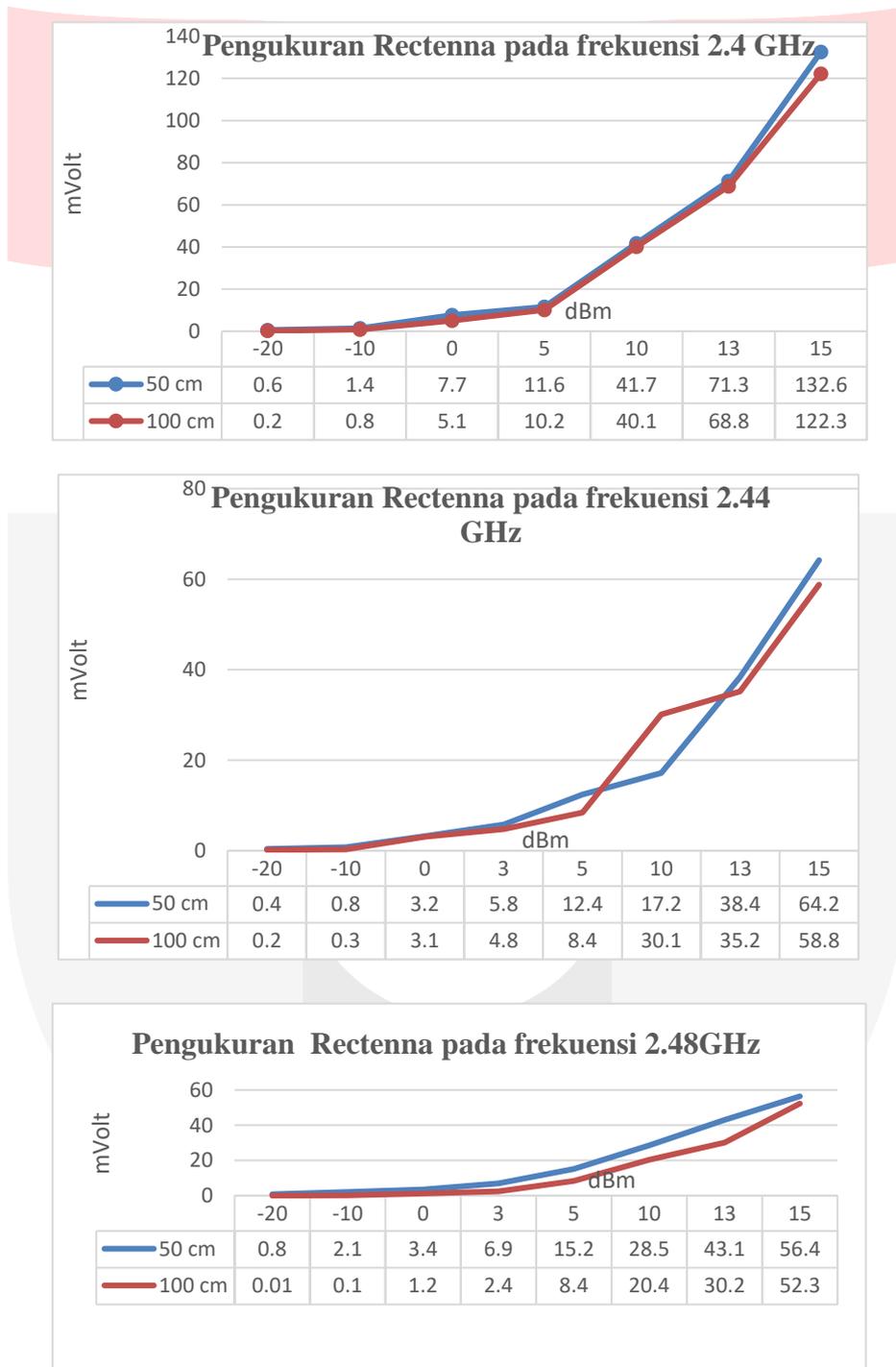
| Tx-Rx        | Daya Terima (dBm) | Daya Terima (mW) |
|--------------|-------------------|------------------|
| Pengukuran 1 | -38,53            | 0,000140281      |
| 2            | -38,47            | 0,000142233      |
| 3            | -38,37            | 0,000145546      |
| 4            | -38,40            | 0,000144544      |
| 5            | -38,32            | 0,000147231      |
| 6            | -38,27            | 0,000148936      |
| 7            | -38,30            | 0,000147911      |
| 8            | -38,31            | 0,000147571      |
| 9            | -38,32            | 0,000147231      |
| 10           | -38,28            | 0,000148594      |
| G(dBi)       |                   | 3,322676251      |

Sehingga dari hasil perhitungan rasio kuat medan elektrik dapat diketahui bahwa antenna tersebut berpolarisasi elips. Antenna yang telah direalisasikan memiliki nilai axial ratio sebesar 0,71 yang artinya antenna tersebut memiliki polarisasi elips, Dari hasil pengukuran polaradiasi baik secara elevasi dan azimuth sudah hampir mendekati spesifikasi yang sudah ditentukan tapi masih belum ideal dan Gain hasil pengukuran lebih kecil

dibandingkan dengan simulasi, pada simulasi gain yang didapatkan sebesar 4,56 dB dan pada saat pengukuran 3,32 dBi.

**4.7 Pengukuran Rectenna**

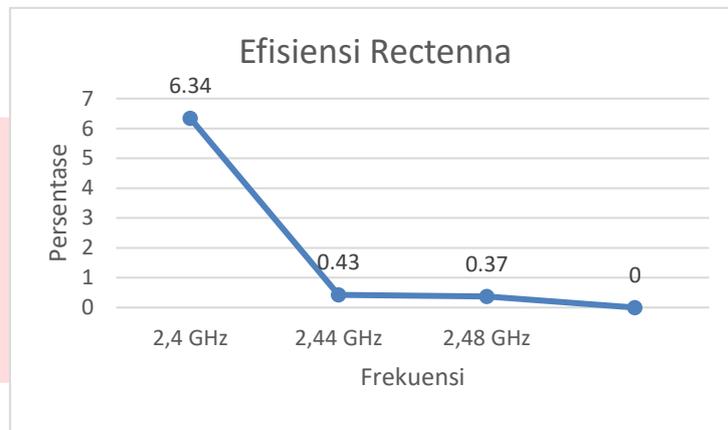
Dalam pengukuran rectenna, rangkaian rectifier disambungkan dengan antenna penerima kemudian diukur tegangan output DC yang dihasilkan rectenna.



Gambar 4.2 pengukuran rectenna pada frekuensi 2.4GHz-2.48 GHz

Dari hasil pengukuran, output DC yang didapatkan tidak konstan di satu level tegangan, rectenna dengan jarak 50 cm menghasilkan output DC yang lebih besar dibandingkan dengan jarak 100 cm jarak berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan oleh rectenna, semakin dekat jarak yang dibuat maka semakin besar juga

tegangan yang didapatkan. Jarak pengukuran pada rectenna diatas adalah 50cm dan 100 cm. Berdasarkan grafik pada gambar diatas rectenna yang didapat adalah semakin besar frekuensi maka semakin kecil tegangan yang didapatkan dan semakin banyak stage yangkitagunakan maka tegangan yang dihasilkan juga semakin besar, namun watu yang dibutuhkan rangkaian untuk menaikkan tegangan juga semakin lama.



Gambar 4.3 Efisiensi rectenna

Grafik diatas didapatkan efisiensi rectenna maximal 6,34 % pada frekuensi 2,4 GHz, 0,43 % pada frekuensi 2,44 GHz dan paling kecil 0,37 % pada frekuensi 2,48 GHz. Hasil tersebut sangatlah kecil dibandingkan dengan hasil simulasi atau spesifikasi yang sudah ditentukan. Rendahnya nilai efisiensi tersebut disebabkan oleh banyak faktor, yaitu penyolderan pada rangkaian, bahan pabriksi pada rangkaian dan komponen-komponen yang digunakan.

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari seluruh proses perancangan dan realisasi rectenna mikrostrip array 1x2 yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pada saat melakukan pengukuran frekuensi yang didapatkan 2,470 GHz – 2,521 GHz
2. Nilai VSWR yang didapatkan adalah sebesar 1,435-1,908
3. Gain yang didapatkan dari hasil pengukuran sebesar 3,32 dBi dan dari simulasi sebesar 4,56 dB
4. Polaradiasi yang diperoleh dari hasil pengukuran adalah unidirectional
5. Polarisasi yang yang diperoleh dari hasil pengukuran adalah elips dan pada simulasi yang telah dibuat adalah linear.
6. Pada rectenna semakin besar jarak yang ditentukan maka semakin kecil tegangan yang didapatkan, semakin banyak jumlah stage maka semakin besar tegangan yang didapatkan dan semakin besar frekuensi maka semakin kecil tegangan yang didapatkan.
7. Efisiensi rectenna yang didapatkan masih belum optimal. Nilai maximal efisiensi rectenna sebesar 6,34 % dan nilai minimal efisiensi 0,37 %.

### 5.2 Saran

Untuk mendapatkan performansi rectenna yang lebih bagus, ada beberapa hal yan dapat dijadikan saran sebagai pengembangan tugas akhir selanjutnya yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya agar dapat mengembangkan penelitian tentang rectenna dengan cara memperbanyak stage pada rangkaian agar semakin besar tegangan yang didapatkan.
2. Memastikan bahan pada antenna pada saat melakukan pabriksi agar pada saat pengukuran frekuensi tidak bergeser dan bisa akurat
3. Memastikan ketelitian dalam pemasangan konektor pada rectenna agar loss pada saat pengukuran tidak besar.
4. Memastikan ketelitian pada saat pabriksi rangkaian rectifier dan pada saat penyolderan komponen-komponen rectifier agar tegangan yang dihasilkan maximal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Bouchouicha, F. Dupont, M. Latrach, and L. Ventura, "Ambient RF Energy Harvesting", International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'10), Granada (Spain), March, 2010.
- [2] PS, Taylor. JC, Batchelor. "Radio Frequency Energy Harvesting Project".
- [3] Nugraha, Rawan. Sunarya, Unang. Wahyu, Yuyu. 2014. "Perancangan dan Realisasi Rectenna(Rectifier Antenna) untuk Frekuensi 900 MHz - 5GHz Sebagai Sumber Daya Alternatif Untuk Mengisi Baterai Handphone". Bandung: Universitas Telkom
- [4] Hiroshi Nishimoto, Yoshihiro Kawahara, Tohru Asami, "Prototype Implementation of Ambient RF Energy Harvesting Wireless Sensor Networks", Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo, Japan 113-8656
- [5] Elektronika dasar. 2012. *Konsep dasar penyearah gelombang*. Diakses Januari 2015 *elektronika-dasar.web.id/*
- [6] F. Tegar, Harief Pembudhi. Darjat. dan Ajub Ajulian. 2010. "Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip dengan Metode Aperture Coupled Feed pada Frekuensi 800 MHz". *Jurnal UNDIP*, 12(1):14-20
- [7] Purbak, Dirton. 2014. "Rancang Bangun Antena Penyearah (Rectifier Antenna) Untuk Pemanen Energi Elektromagnetik Pada Frekuensi GSM 1800 MHz". *Jurnal Universitas Brawijaya*.
- [8] Alaydrus, Murdik. 2011. "Antena Prinsip dan Aplikasi". Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [9] RaihanAlfitrah. 2014 ."rancang bangun antena penyearah rectifier antenna"