

RANCANG BANGUN *RECTIFIER ANTENNA* MIKROSTRIP UFO PADA FREKUENSI *ULTRA WIDEBAND (UWB)* SEBAGAI PEMANEN ENERGI ELEKTROMAGNETIK

Irfan Mujahidin¹, Rudy Yuwono, ST.,MSc.², Ali Mustofa, S.T., MT.²
¹Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, ²Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: Irfanmju@gmail.com

Abstrak - Antena penyearah (*rectifier antenna*) adalah suatu antena yang diintegrasikan dengan sebuah rangkaian *rectifier* yang memiliki kemampuan untuk mengkonversi gelombang RF menjadi tegangan DC. Antena mikrostrip pada *rectenna* dapat berfungsi sebagai menangkap gelombang elektromagnetik kemudian diubah menjadi gelombang AC yang nantinya oleh *rectifier* akan didaur ulang lagi menjadi gelombang DC. Konsep daur ulang gelombang elektromagnetik ini dapat diaplikasikan pada frekuensi 1650 – 2700 MHz, yang kemudian frekuensi tersebut nantinya akan diubah untuk menghasilkan gelombang DC yang dapat diukur menjadi sebuah tegangan. Untuk membuat sebuah *rectenna* yang mampu bekerja pada frekuensi 1650 – 2700 MHz, maka perlu dirancang sebuah antena mikrostrip dan rangkaian *rectifier* yang mampu bekerja pada frekuensi tersebut. Perancangan dimensi antena mikrostrip diperoleh melalui perhitungan dan optimasi serta dilakukan simulasi, dan perancangan komponen rangkaian *rectifier* diperoleh melalui simulasi rangkaian. Fabrikasi antena mikrostrip ini menggunakan bahan Phenolic White Paper – FR4 dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) = 3,9.

Kata Kunci: *Rectenna*, Antena, *Rectifier*, *Ultra Wideband*

I. PENDAHULUAN

Pada masa sekarang banyak Manusia yang membutuhkan energi sebagai pendukung dalam proses bergerak dan berkembangnya produk teknologi, baik produk teknologi elektrik maupun mekanik. Sumber energi elektrik dan mekanik memiliki keterbatasan dan kelangkaan khususnya sumber yang bersal dari energi fosil yang juga tidak ramah lingkungan[3] dan memiliki harga yang cukup mahal. Namun seiring berkembangnya ilmu pengetahuan maka ditemukan berbagai alternatif dalam memperoleh sumber energi yang lebih murah dan ramah lingkungan serta jumlahnya yang tidak terbatas di alam seperti sinar matahari, angin, bunyi, ataupun energi thermal.

Dewasa ini, Seiring dengan berkembangnya perangkat yang memancarkan radio frekuensi dan memiliki energi elektromagnetik kemudian disebar di suatu area, maka dari energi yang di sebar tersebut tidak seluruhnya di terima oleh perangkat *recaiver*, namun terbuang secara percuma di udara bersama gelombang

radio yang lain. Maka di buatlah teknologi untuk memanfaatkan sumber-sumber energi tersebut yang disebut dengan *energy harvesting* (pemanenan energi). Salah satu alat utama untuk melakukan *RF harvesting* adalah *rectenna* yang pada umumnya terdiri dari *rectifier* dan antena [2].

Rectenna pada dasarnya adalah *rectifier* dan *antenna*, sebuah perangkat yang dapat mengubah gelombang RF menjadi energi listrik yang mempunyai daya rendah. Pada umumnya, *Rectenna* dibagi menjadi dua jenis, yang pertama melalui sinyal Wi-Fi, dan yang kedua melalui gelombang radio yang dipancarkan oleh menara radio atau TV yang keduanya di bebaskan secara regulasi untuk diterima dan di serap oleh perangkat . Namun tidak menutup kemungkinan untuk memanen pada gelombang radio yang dipancarkan oleh perangkat yang lain seperti perangkat pada teknologi GSM, CDMA atau perangkat yang lain.

Pada skripsi yang akan dikerjakan ini akan membahas perancangan sebuah *rectenna* dengan menggunakan sumber dari antena mikrostrip *UFO* pada frekuensi *ultra wideband* (UWB). Antena yang di fabrikasi pada skripsi ini di fokuskan untuk digunakan sebagai *rectenna*. Pembahasan yang dilakukan meliputi perancangan dan pengujian antena mikrostrip *UFO* dan rangkaian *rectenna* yang menggunakan dioda *Schottky* sebagai penyearah dengan struktur setengah gelombang dan gelombang penuh.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan antena yang terdiri dari *patch* logam (konduktor) yang diletakkan pada bidang tanah (*ground plane*) yang terdapat substrat dielektrik diantaranya [1].

2.2 Perencanaan Dimensi Antena

Dalam penelitian ini *patch* yang digunakan adalah *circular patch*, dimana radius dimensi elemen peradiasi dapat didapatkan melalui persamaan [1]:

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}}$$

Keterangan :

a = jari-jari elemen peradiasi (cm)

h = ketebalan substrat (m)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

F = fungsi logaritmik (F) dari elemen peradiasi

Dimensi minimum *ground plane* yang dibutuhkan oleh antenna mikrostrip dapat dicari melalui persamaan [1]:

$$L_g = 6h + 2R$$

dengan:

$$W_g = 6h + \frac{\pi}{2}R$$

dengan:

L_g = panjang sisi minimum *ground plane* (m)

W_g = lebar sisi minimum *ground plane* (m)

R = radius *patch* lingkaran (m)

H = ketebalan substrat (m)

Bentuk desain yang melengkapi antenna mikrostrip berupa saluran transmisi, saluran penyesuaian impedansi, jarak antar elemen peradiasi, panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip mengacu pada sumber [1].

Spesifikasi substrat dan bahan konduktor yang digunakan dalam perancangan antenna mikrostrip adalah sebagai berikut:

- Bahan dielektrik : FR - 4

Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 3.9

Ketebalan dielektrik (h) = 1.6 mm

Loss tangent ($\tan \delta$) = 0.018

- Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga:

Ketebalan bahan konduktor (t) = 0.0001 m

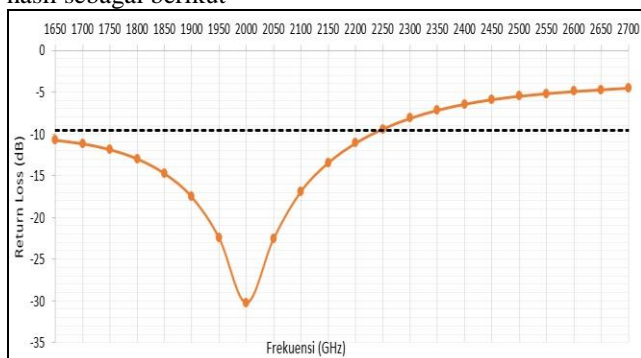
Konduktifitas tembaga (σ) = $5.80 \times 10^7 \text{ mho m}^{-1}$

Ukuran bahan = 29.7 x 21 mm

2.3 Optimasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan bentuk patch UFO

Untuk dimensi elemen peradiasi sesuai dengan perhitungan berdasarkan teori maka di dapatkan; lebar saluran transmisi mikrostrip (W) untuk impedansi 50 Ω yaitu 3.72 mm, a = Dimensi radius *circular patch* = 20.4425 mm, L = Panjang saluran transmisi = 17.5 mm, W = Lebar saluran transmisi = 3.3418 mm, L_g = Panjang *ground plane* = 50.485 mm, W_g = Lebar *ground plane* = 41.9647 mm.

Setelah disimulasi, antenna mikrostrip menunjukkan hasil sebagai berikut

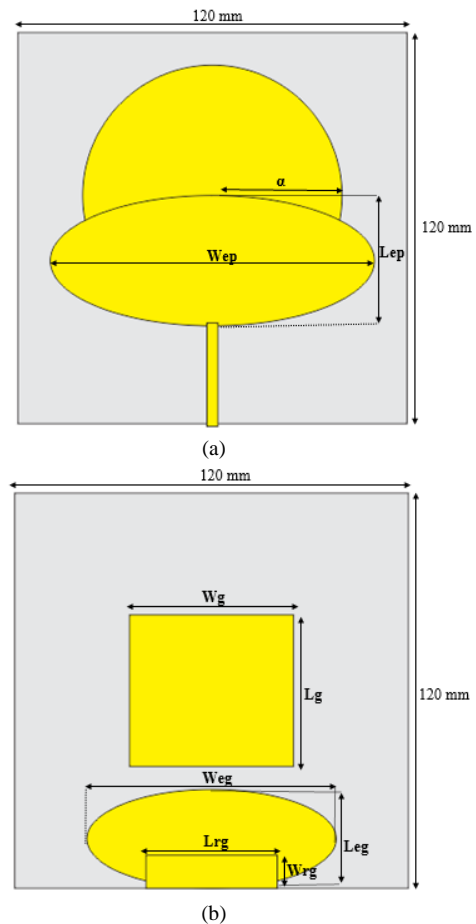


Grafik 1. Grafik RL terhadap frekuensi (sebelum dioptimasi)

Hasil simulasi pada grafik 1 menunjukkan frekuensi dengan kisaran Return Loss ≤ 9.54 berada pada frekuensi 1650 - 2250 MHz. Hasil simulasi menunjukkan antenna belum memenuhi syarat perencanaan antenna, yaitu bekerja pada rentang frekuensi 1650 – 2700 MHz. Untuk perancangan antenna *ultra wideband*, parameter utama yang perlu diperhatikan adalah *bandwidth* antenna. sehingga masih perlu dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

2.4 Optimasi Antena Mikrostrip Patch UFO

Karena pada perancangan antenna *ultra wideband* parameter yang menjadi perhatian utama merupakan *bandwidth* antenna, maka faktor utama yang menjadi pertimbangan pada proses optimasi patch dan *ground plane* hanya *bandwidth* antenna. Parameter lain seperti *gain*, polarisasi, dan pola radiasi akan diperhitungkan setelah didapatkan dimensi *patch* dan *ground plane*. Dan hasil akhir geometri dan dimensi *patch* dan *ground plane* optimasi ditunjukkan pada gambar dan tabel berikut ini.



Gambar 1. Bentuk Geometri Antena Mikrostrip Patch UFO (setelah Optimasi):
(a) tampak depan; (b) tampak belakang
Sumber: Simulasi

Tabel 1
Tabel Dimensi Antena Setelah Optimasi

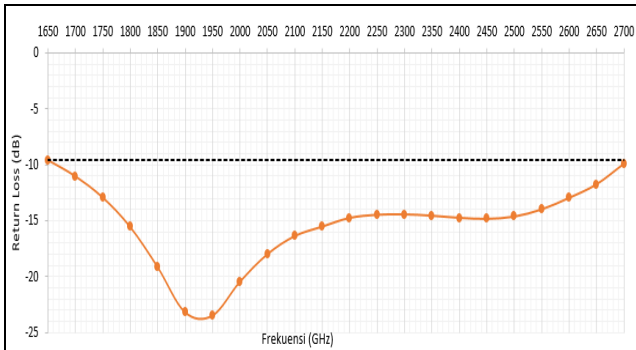
Variabel	Dimensi (mm)
a	40
Lep	40
Wep	100
Lg	46
Wg	50
Leg	30
Weg	76
Lrg	10
Wrg	40

Sumber: perancangan

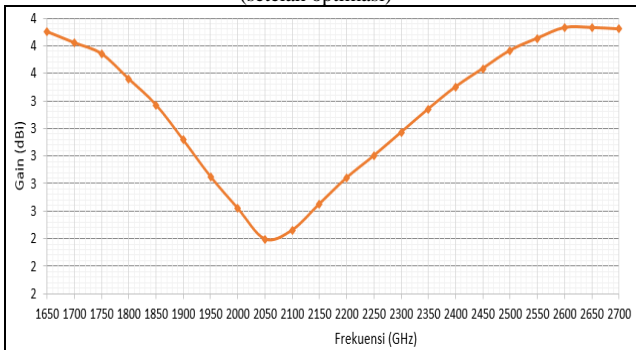
Hasil simulasi antenna mikrostrip *patch UFO* yang

telah di optimasi.

Rentang frekuensi hasil simulasi antenna yang telah di optimasi dalam grafik 2, menunjukkan rentang frekuensi yang berada pada $Return Loss \leq -10$ dB terdapat pada frekuensi pada rentang frekuensi 1650 – 2700 MHz.



Grafik 2. Nilai *Return Loss* terhadap frekuensi pada antenna (setelah optimasi)



Grafik 3. Nilai *gain* terhadap frekuensi pada antenna (setelah optimasi)

Nilai *gain* antenna yang telah dioptimasi dalam grafik 3, menunjukkan bahwa *gain* antenna pada frekuensi 1800 MHz sebesar 3.56 dBi dan pada frekuensi 2400 MHz sebesar 3.5 dBi.

2.5 Perbandingan Hasil Simulasi Antena *Circular Patch* (sebelum optimasi) Dengan Antena *Patch UFO* (optimasi dari *circular patch*)

Berikut ini adalah tabel perbandingan performansi parameter antenna pada simulasi antenna *Circular Patch* (sebelum optimasi) dengan antenna *patch UFO* (optimasi dari *circular patch*)

Tabel 2
Tabel Perbandingan Parameter Antena Mikrostrip
Sumber: hasil simulasi

Jenis Antena	Bandwidth		Gain		Polarisasi	Polaradiasi
	Rentang Frekuensi (MHz)	Total Bandwidth (MHz)	Frekuensi Kerja Antena (MHz)	Gain Maksimum (dBi)		
Circular Patch	1650 - 2250	600	1800	3.3	Elips	Bidireksional
			2400	2.82	Elips	Bidireksional
Patch UFO	1650 - 2700	1050	1800	3.56	Circular	Bidireksional
			2400	3.5	Elips	Bidireksional

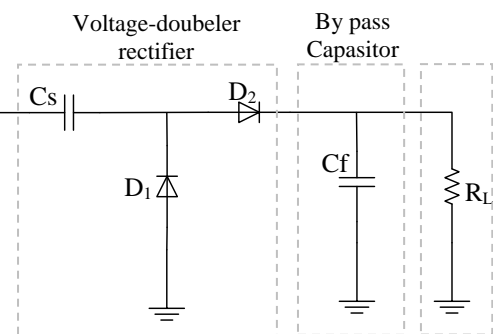
Berdasarkan tabel 2, terlihat bahwa antenna mikrostrip *patch UFO* menyebabkan peningkatan *bandwidth* sebesar 450 MHz dan peningkatan *gain* menjadi 3.56 dBi pada frekuensi 1800 MHz serta 3.50 dBi pada frekuensi 2400 MHz.

2.6 Perancangan *Rectifier*

Dalam perancangan rangkaian penyearah (*rectifier*) ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan. Diantaranya adalah nilai komponen yang akan digunakan. Karena frekuensi gelombang elektromagnetik adalah sinyal AC, dan untuk mendapatkan sinyal DC maka digunakan rangkaian penyearah yang disesuaikan dengan karakteristik antenna penerima hasil perancangan.

Antena penerima yang digunakan pada skripsi ini merupakan antenna yang bekerja pada frekuensi 1800 MHz dan 2400 MHz, maka perlu dilakukan perancangan *rectifier* yang sesuai (*match*) dan mampu menangkap gelombang elektromagnetik pada frekuensi 1800 MHz dan 2400 MHz.

Antena patch UFO

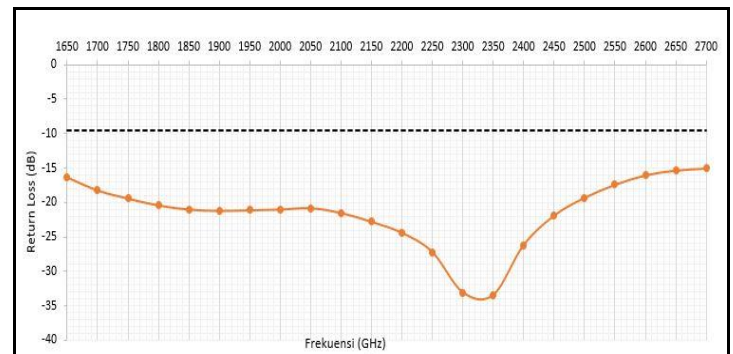


Gambar 2. Rangkaian *Rectenna*

III. ANALISIS HASIL PENGUKURAN DAN PENGUJIAN

3.1 Pengujian Parameter Antena Mikrostrip *Patch UFO*

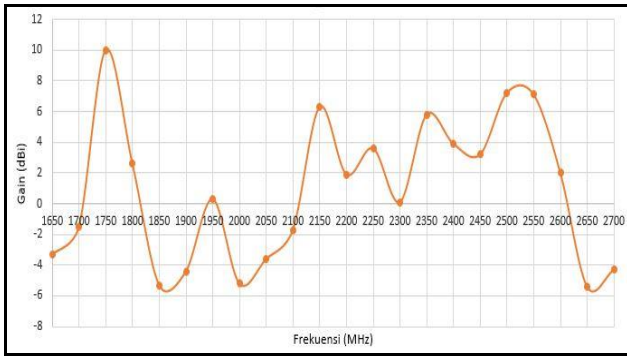
Berdasarkan hasil pengukuran, antenna mikrostrip *patch UFO* memiliki *bandwidth* sebesar 1050 MHz.



Grafik 4. Nilai *Return Loss* terhadap frekuensi
Sumber: Hasil Pengukuran

Dalam grafik 4, terlihat bahwa rentang frekuensi dengan nilai *return loss* ≤ -10 dB terdapat pada rentang frekuensi 1650 – 2700 MHz.

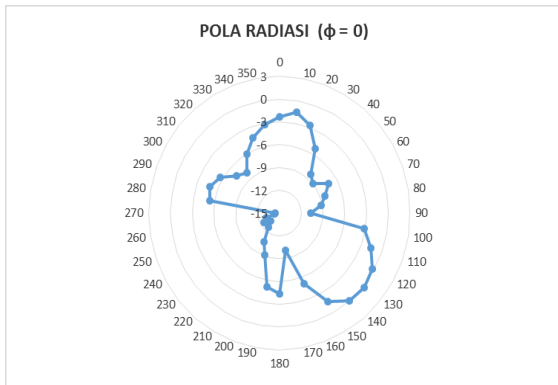
Hasil pengujian *gain* antenna mikrostrip *patch UFO* dengan rentang frekuensi 1650 – 2700 MHz ditunjukkan dalam grafik 5.



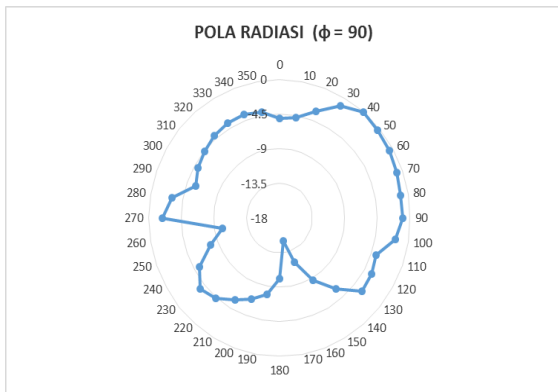
Grafik 5. Nilai *gain* terhadap frekuensi.
Sumber: Hasil pengukuran

Hasil pengukuran *gain* dalam menunjukkan antenna memiliki nilai *gain* dengan *gain* 2.60 dBi pada frekuensi 1800 MHz serta 3.90 dBi pada frekuensi 2400 MHz.

Pola radiasi yang diuji yaitu pola radiasi horizontal dengan $\Phi = 0^\circ$ dan $\Phi = 90^\circ$ dapat dilihat dalam gambar berikut ini.



Gambar 3. Diagram Polar Pola Radiasi $\Phi = 0^\circ$ Antena Hasil Pengukuran
Sumber: Pengukuran



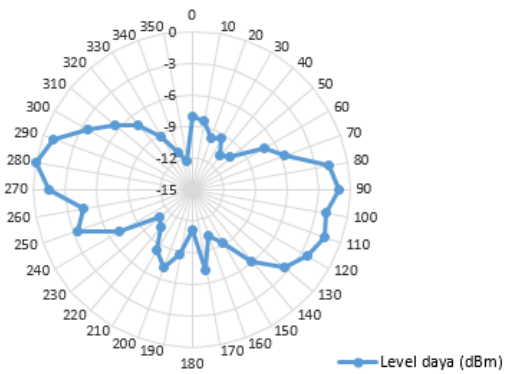
Gambar 4. Diagram Polar Pola Radiasi $\phi = 90^\circ$ Antena Hasil Pengukuran
Sumber: Pengukuran

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran, dapat digambarkan bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan dalam bentuk diagram polar. Gambar di atas merupakan diagram polar pola radiasi antenna uji pada frekuensi 2100 MHz yang merupakan frekuensi tengah antenna uji. Berdasarkan bentuk pola radiasi pada gambar dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil pengukuran adalah *bidirectional*. Hal ini berarti bahwa antenna memiliki intensitas radiasi maksimum dua arah.

Jenis polarisasi berdasarkan hasil pengukuran dapat dilihat di diagram polar pada gambar 5 yang

menunjukkan bahwa antenna mikrostrip *patch UFO* memiliki polarisasi linier.

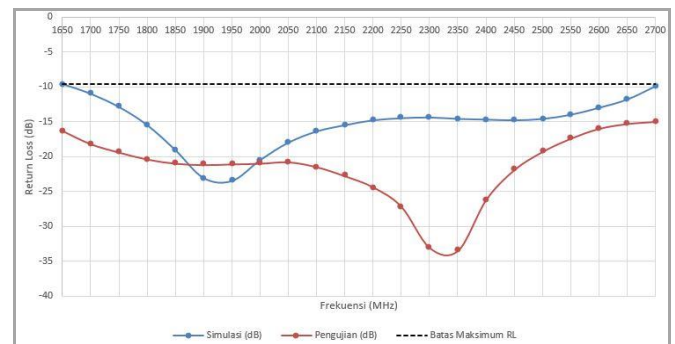
POLARISASI



Gambar 5. Diagram Polar Polarisasi
Sumber: Pengukuran

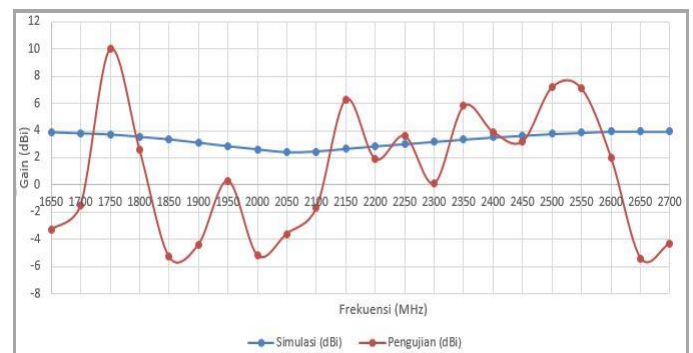
3.2 Analisis Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi dan Hasil Pengujian

Berikut ini adalah grafik perbandingan nilai *return loss* hasil simulasi dan pengukuran



Grafik 6. Grafik *Return Loss* Antena Hasil Simulasi dan Pengukuran
Sumber : Hasil Simulasi dan Pengukuran

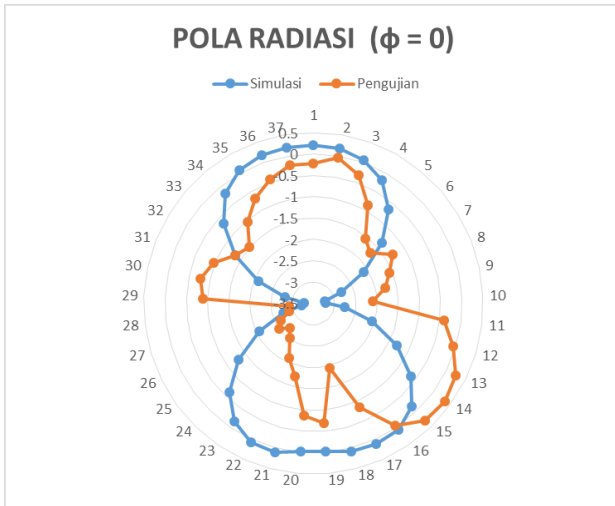
Grafik di atas menunjukkan perbandingan antara *return loss* hasil simulasi dan pengukuran. Terdapat perbedaan nilai *return loss* yang diperoleh dari hasil simulasi dan pengukuran. Meskipun begitu, hasil simulasi dan pengukuran menunjukkan rentang frekuensi 1650 – 2700 MHz berada pada *return loss* ≤ -10 dB sehingga dapat dikatakan bahwa antenna dapat bekerja dengan baik pada rentang frekuensi tersebut dan antenna tersebut merupakan antenna *ultra wideband* (UWB) karena dapat bekerja dengan lebar band diatas 500 MHz.



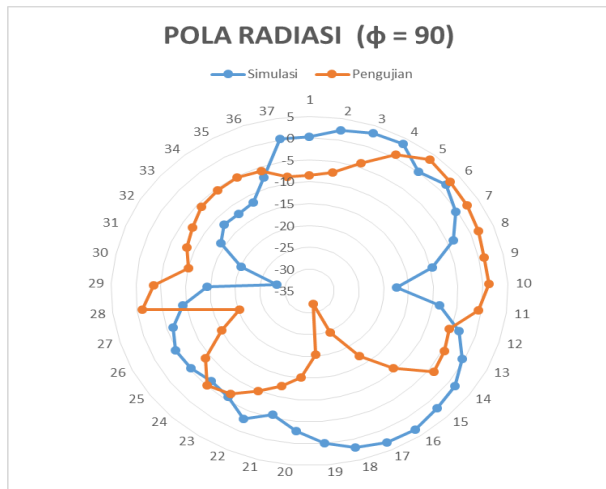
Grafik 7. Grafik *Gain* Antena Hasil Simulasi dan Pengukuran
Sumber : Hasil Simulasi dan Pengukuran

Nilai *gain* hasil pengukuran dan simulasi menunjukkan perbedaan. Nilai *gain* hasil pengukuran memiliki *gain* pada frekuensi 1800 MHz (frakuensi telekomunikasi GSM) adalah sebesar 2.6 dBi dan 2400 (frakuensi Wifi) adalah 3.9 dBi dengan pengukuran *gain* menggunakan antenna referensi yaitu antenna *dipole* $\lambda/2$ dengan nilai *gain* standar 2.15 dBi.

Berikut ini adalah perbandingan pola radiasi antenna hasil simulasi dan pengukuran



Gambar 6. Perbandingan Pola Radiasi $\Phi = 0$ Hasil Simulasi dan Pengukuran
Sumber: Simulasi dan Pengukuran



Gambar 7. Perbandingan Pola Radiasi $\phi = 90^\circ$ Hasil Simulasi dan Pengukuran
Sumber : Simulasi dan Pengukuran

Diagram polar di atas menunjukkan bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil simulasi dan pola radiasi tidak sama persis, namun pola radiasi pada simulasi dan pengukuran antenna memiliki pola radiasi serupa yaitu *bidirectional*.

Jenis polarisasi hasil simulasi dapat dilihat dari nilai *axial ratio* (AR). Axial ratio yang ditunjukkan pada hasil simulasi yaitu 1800 MHz (frakuensi telekomunikasi GSM) adalah sebesar 0.207 dB dan 2400 (frakuensi Wifi) adalah -1.16 dB. Dengan karakteristik seperti itu maka polarisasi yang terdapat pada antenna Mikrostrip Patch UFO pada frekuensi 1800 adalah circular dan pada frekuensi 2400 adalah linier. Sedangkan polarisasi

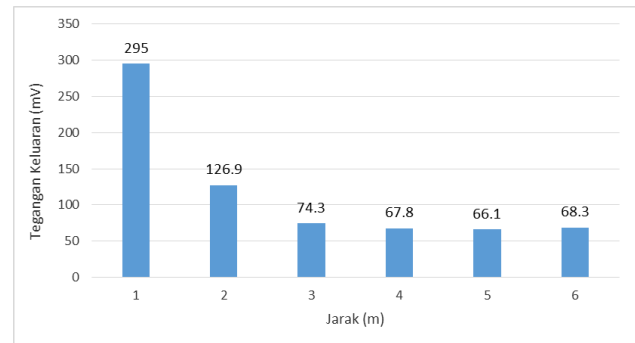
berdasarkan hasil pengukuran dapat dilihat pada diagram polar yang menunjukkan bahwa antenna mikrostrip *patch UFO* memiliki polarisasi linier.

3.3 Pengukuran dan Pengujian Output Rectenna

3.3.1 Pengukuran Output Rectenna

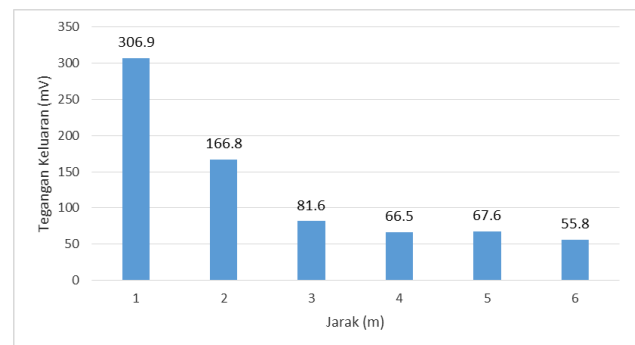
Tujuan utama dari pengukuran *output rectifier* ini adalah untuk mengetahui apakah *rectifier* dapat bekerja dengan optimal. Pengukuran *output rectifier* ini menggunakan sebuah *signal generator* sebagai pemancar sinyal frekuensi 1800 MHz dan 2400 MHz.

a. Hasil pengukuran frekuensi 1800 MHz



Grafik 8. Hasil Tegangan Keluaran Rectenna
Sumber : Hasil Pengukuran

b. Hasil pengukuran frekuensi 2400 MHz



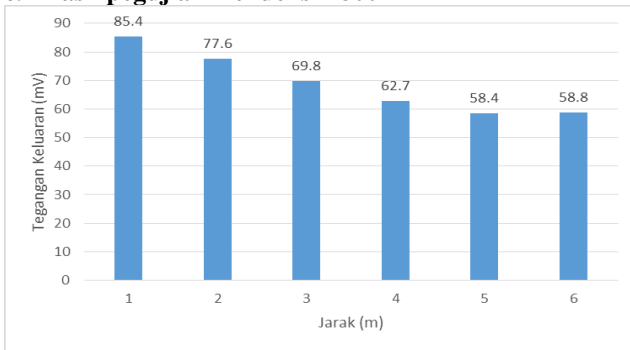
Grafik 9. Hasil Tegangan Keluaran Rectenna
Sumber : Hasil Pengukuran

Tegangan tertinggi yang terukur pada *rectenna* adalah sekitar pada frekuensi 1800 MHz adalah 295 mV dan pada frekuensi 2400 MHz adalah 306.9 mV, dengan menggunakan *signal generator* sebagai pemancar.

3.3.2 Pengujian Output Rectenna

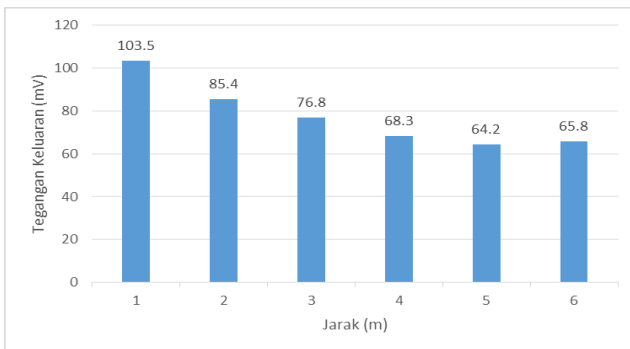
Tujuan utama dari pengujian *rectifier* ini adalah untuk mengetahui apakah *rectifier* dapat bekerja dengan optimal dengan frekuensi yang digunakan pada perangkat dilapangan.

c. Hasil pengujian frekuensi 1800 MHz



Grafik 10. Hasil Tegangan Keluaran Rectenna
Sumber : Hasil Pengujian

d. Hasil pengujian pada perangkat pemancar 2400 MHz



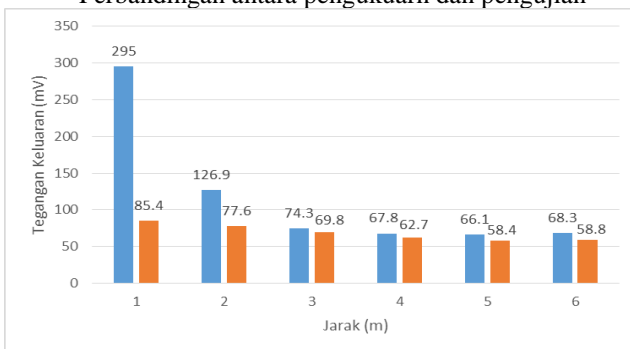
Grafik 11. Hasil Tegangan Keluaran Rectenna
Sumber : Hasil Pengujian

Tegangan tertinggi yang terukur pada *rectenna* adalah sekitar pada frekuensi 1800 MHz adalah 85.4 mV dan pada frekuensi 2400 MHz adalah 103.5 mV, dengan menggunakan perangkat wifi dan handphone aktif sebagai pemancar yang keduanya memiliki daya yang berbeda.

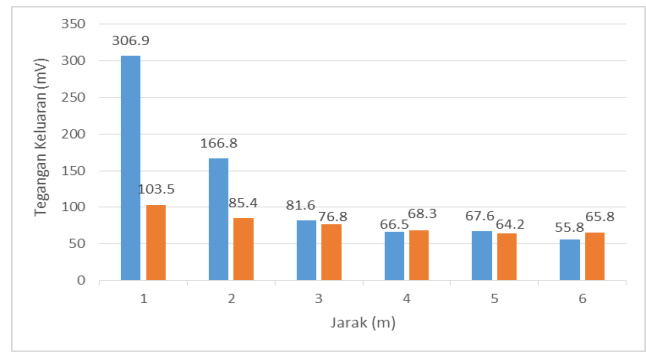
3.3.2 Analisis Perbandingan Hasil Pengukuran dan Pengujian

Hasil konversi tegangan DC dilakukan oleh *rectenna* pada saat pengukuran dan pengujian memiliki kluaran tegangan DC yang berbeda namun tegangan DC yang paling besar pada jarak paling dekat yaitu pada jarak 1 m di depan perangkat pemancar dan paling kecil pada jarak 6 m di depan perangkat pemancar. Sehingga dari grafik 5.14 dan 5.15 dapat disimpulkan bahwa daya yang ditransmisikan dan jarak antara antenna pemancar dengan *rectenna* berpengaruh pada *input rectifier*, sehingga mempengaruhi *output rectifier*.

Perbandingan antara pengukuran dan pengujian



Grafik 5.12 Perbandingan Pengukuran dan Pengujian Tegangan Keluaran Rectenna Terhadap Frekuensi 1800 MHz
Sumber: Pengujian



Grafik 5.13 Perbandingan Pengukuran dan Pengujian Tegangan Keluaran Rectenna Terhadap Frekuensi 2400 MHz
Sumber: Pengujian

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, pengukuran, serta analisis parameter-parameter antenna mikrostrip *patch UFO*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Antena mikrostrip *patch UFO* mampu bekerja pada frekuensi 1650 – 2700 MHz.
2. Nilai tegangan keluaran (output) yang dihasilkan oleh rangkaian *rectifier* sangat dipengaruhi oleh jarak antara antenna pemancar gelombang elektromagnetik dengan *rectenna* tersebut.
3. Nilai tegangan keluaran (output) yang dihasilkan oleh rangkaian *rectifier* sangat dipengaruhi oleh daya pemancar gelombang elektromagnetik.
4. *Rectenna* mampu mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Pada penelitian didapatkan hasil sebesar 306.9 mV untuk keluaran tegangan DC.

4.2 Saran

- 1 Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, optimasi lebih lanjut yang dapat dilakukan dengan menambahkan jumlah segmen dari *voltage doubler*.
- 2 Karena keluaran pada *rectifier* kecil, untuk penelitian selanjutnya dapat ditambahkan batrai untuk menyimpan tegangan DC setelah rangkain *rectifier*.
- 3 Menambahkan jenis perangkat trasmitter yang sering di gunakan dan frekuensi kerjanya berbeda, agar didapatkan hasil yang bervariasi pula pada pengujian *rectifier*.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Balanis, Constantine A. 1982. *Antena Theory: Analysis and Design, 2nd Edition*. John Wiley and Sons, Inc,
- [2] Thierry, T & dan Valerie, V. 2012. *A 900Mhz RF Energy Harvesting Module*. “New Circuit and Systems Conference (NEWCAS). IEEE 10th International Meeting, Canada”. hal-00827697.
- [3] Vullers, R.J.M & Visser, H.J. 2008. *RF Harvesting Using Antenna Structures on Foil. Proceeding of Power MEMS*. Japan.