

PERANCANGAN *RECTIFIER ANTENNA* MIKROSTRIP ARRAY TIGA ELEMEN UNTUK PEMANEN ENERGI ELEKTROMAGNETIK PADA FREKUENSI GSM 900 MHz

Rizky Putra Santosa¹, 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: rizky.putra.s30@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 di daur ulang lagi menjadi gelombang DC. Konsep daur ulang gelombang elektromagnetik ini dapat diaplikasikan pada frekuensi 900 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 900 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*

I. PENDAHULUAN

Sumber energi yang jumlahnya tidak terbatas dan ramah lingkungan seperti sinar matahari, angin, getaran, bunyi, ataupun energi termal yang dewasa ini sering digunakan sebagai sumber energi alternatif. Teknik *energy harvesting* hadir sebagai teknik dengan sumber energi yang ramah lingkungan [7], yang merupakan alternatif yang menjanjikan dengan memanfaatkan sumber energi yang ada dan dapat diintegrasikan pada sebuah *rectifier* dan sebuah antena.

Konsep utama dari teknik *energy harvesting* adalah pendekatan dengan mengambil energi yang ada dari berbagai sumber daya untuk meningkatkan fungsi baterai atau dapat dikatakan melakukan fungsi operasi tanpa baterai [2]. Salah satu alat utama untuk melakukan RF *harvesting* adalah *Rectenna* yang pada umumnya terdiri dari *rectifier* dan *antenna* [6].

Antena mikrostrip adalah antena yang terdiri atas elemen radiasi (konduktor) yang sangat tipis yang diletakkan di bidang pentanahan atau *ground* [4]. Walaupun memiliki banyak kelebihan, antena mikrostrip juga memiliki kekurangan. Beberapa kekurangannya adalah *bandwidth* yang sempit, efisiensi yang rendah serta *gain* yang kecil. Ada banyak cara untuk menanggulangi kekurangan dari antena mikrostrip ini. Mulai dari

mengganti konstanta dielektrik dari substratnya, mengubah desain bidangnya (*patch*) serta menambahkan bidang pada substratnya sehingga berbentuk *array*.

Antena *array* adalah susunan dari beberapa antena yang identik. Untuk membentuk pola yang memiliki keterarahan tertentu, diperlukan medan dari setiap elemen *array* berinterferensi secara membangun pada arah yang diinginkan dan berinterferensi secara merusak pada arah yang lain [3].

Pada skripsi ini akan dibahas perancangan sebuah *rectenna* dengan menggunakan sumber dari antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 900 MHz. Pembahasan yang dilakukan meliputi perancangan rangkaian *rectenna* yang menggunakan dioda *Schottky* HSMS 2850 sebagai penyearah dengan struktur setengah gelombang dan gelombang penuh.

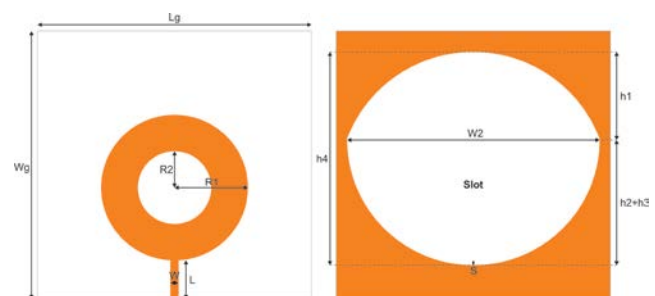
II. TINJAUAN PUSTAKA

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, antena yang digunakan merupakan pengembangan dari antena sebelumnya yaitu antena mikrostrip *patch annular ring* dengan slot *rugby ball* [8]. Dengan memiliki bentuk sebagai berikut:



Gambar 1. Bentuk antena
(Sumber: Perencanaan)

Untuk lebar saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini [5] [6]:

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B-1) + \frac{(\epsilon_r - 1)}{(2\epsilon_r)} \left[\ln(B-1) + 0,39 \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

$$B = \frac{60\pi^2}{(Z_0 \sqrt{\epsilon_r})}$$

Keterangan :

- W = lebar saluran transmisi mikrostrip (m)
- Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)
- h = tebal substrat (m)
- ϵ_r = konstanta dielektrik relatif substrat (F/m)

Untuk panjang saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut^[1].

$$\lambda_d = c / (f_r \sqrt{\epsilon_r}) \text{ (m)}$$

keterangan:

- ϵ_r = *permittivitas dielektrik* relatif substrat (F/m)
- c = cepat rambat cahaya di udara (3×10^8 m/s)
- L_0 = panjang saluran transmisi (mm)
- λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

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 [8].

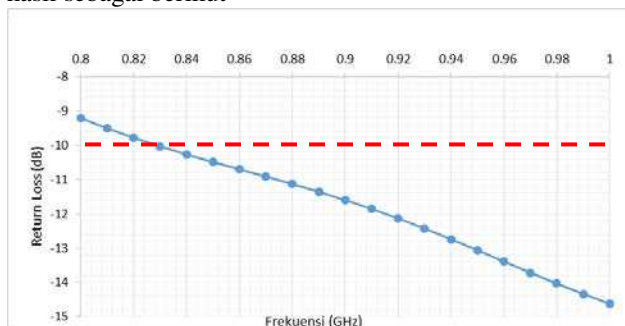
Spesifikasi substrat dan bahan konduktor yang digunakan dalam perancangan antenna mikrostrip adalah sebagai berikut:

- 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
 - Konduktivitas tembaga (σ) = 5.80×10^7 mho m^{-1}
 - Ukuran bahan = 29.7 x 21 mm

2.3 Perancangan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk dimensi elemen peradiasi maka terlebih f_r = 900 MHz; lebar saluran transmisi mikrostrip (W) untuk impedansi 50Ω yaitu 3.72 mm, $R_1 = 30$ mm, $R_2 = 15$ mm, $L = 16$ mm, $S = -2$ mm, $W = 3.372$ mm, $W_1 = 110.2$ mm, $W_2 = 103.2$ mm, $h_1 = 36.3375$ mm, $h_2 = 18.742$ mm, $h_3 = 32.895$ mm, $h_4 = 87.975$ mm, $W_g = 112$ mm dan $L_g = 108$ mm.

Setelah disimulasi, antenna mikrostrip menunjukkan hasil sebagai berikut



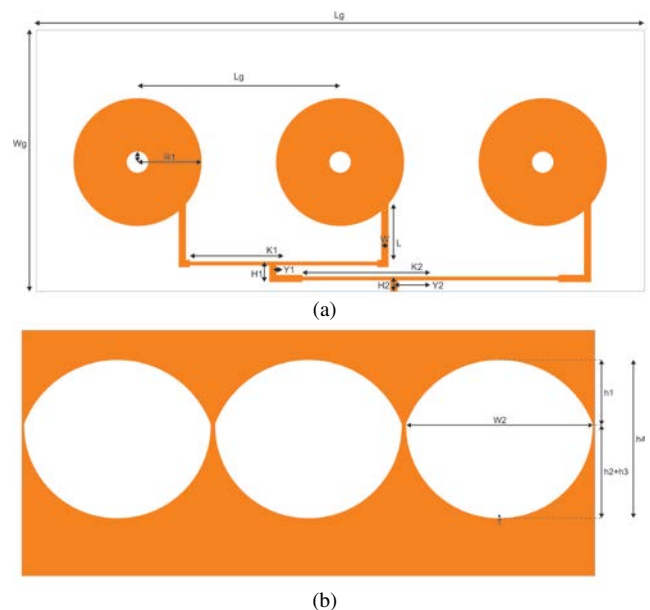
Grafik 1. Grafik RL terhadap frekuensi (sebelum dioptimasi)

Hasil simulasi *return loss* antenna mikrostrip single patch terhadap frekuensi antenna, menunjukkan bahwa antenna belum memenuhi parameter antenna yang

direncanakan karena nilai *return loss* ≤ -10 dB pada frekuensi 900 MHz dengan tidak memiliki *bandwidth*.

2.4 Optimasi Antena Mikrostrip Array Tiga Elemen

Hasil simulasi pada grafik 1, menunjukkan rentang frekuensi yang berada pada *Return Loss* ≤ -10 dB terdapat pada frekuensi 830 – 1000 MHz. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada frekuensi 900 MHz antenna belum memiliki karakteristik yang di inginkan, sehingga masih perlu dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Optimasi dilakukan dengan mengubah-ubah dimensi *patch*, panjang saluran transmisi, ukuran slot *rugby ball* dan ukuran *ground plane*. Setelah itu di lakukan simulasi secara *array*. Hasil akhir geometri dan dimensi elemen peradiasi, saluran transmisi, ukuran slot *rugby ball* dan ukuran *ground plane* setelah optimasi ditunjukkan pada gambar dan tabel berikut ini.



Gambar 3. Bentuk Geometri Antena Mikrostrip Array Tiga Elemen (setelah Optimasi):
(a) tampak depan; (b) tampak belakang
Sumber: Simulasi

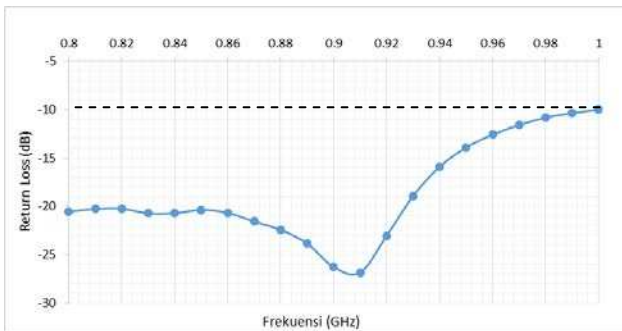
Tabel 1
Tabel Dimensi Antena Setelah Optimasi

Variabel	Dimensi (mm)
R ₁	30
R ₂	5
L	26
S	-2
W	3.372
W ₁	99.18
W ₂	92.88
h ₁	32.7038
h ₂	16.8683
h ₃	29.6055
h ₄	79.1775
W _g	285
L _g	122.791
Y1	-5
Y2	-17
K1	44
K2	60
H1	9.5
H2	7

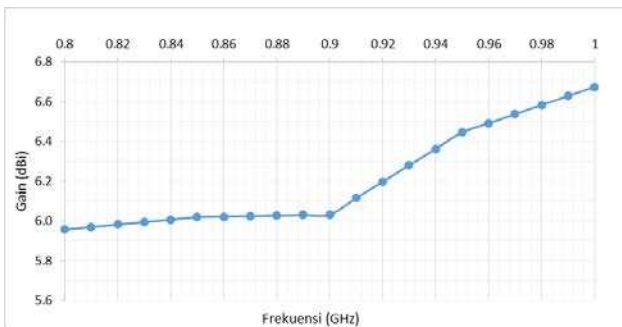
Sumber: perancangan

Hasil simulasi antena mikrostrip *array* tiga elemen yang telah di optimasi.

Rentang frekuensi hasil simulasi antena yang telah di optimasi dalam grafik 2, menunjukkan rentang frekuensi yang berada pada *Return Loss* ≤ -10 dB terdapat pada frekuensi pada rentang frekuensi 800 – 1000 MHz.



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



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

Nilai *gain* antena yang telah dioptimasi dalam grafik 3, menunjukkan bahwa *gain* antena pada frekuensi 900 MHz sebesar 6.03 dBi

2.5 Perbandingan Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Array* Tiga Elemen, Dengan Antena *Single Patch*

Berikut ini adalah tabel perbandingan performansi parameter antena pada simulasi antena *single patch*, dengan antena mikrostrip *array* tiga elemen yang telah dioptimasi.

Tabel 2
Tabel Perbandingan Parameter Antena Mikrostrip
Sumber: hasil simulasi

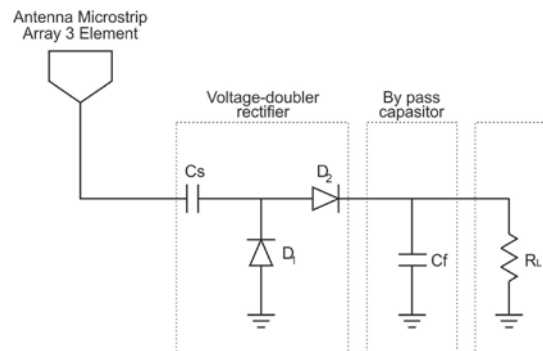
Jenis Antena	Bandwidth		Gain		Polarisasi	Jenis Pola Radiasi
	Rentang Frekuensi (MHz)	Total Bandwidth (MHz)	Frekuensi Kerja Antena (MHz)	Gain Maksimum (dBi)		
Antena <i>Array</i> Tiga Elemen	800-1000	200	900	6.0324	Elips	Bidireksional
Antena <i>Single Patch</i>	830-1000	200	900	3.3817	Elips	Bidireksional

Berdasarkan tabel 2, terlihat bahwa antena mikrostrip *array* tiga elemen menyebabkan peningkatan *bandwidth* menjadi 20 MHz dan peningkatan *gain* menjadi 6.03 dBi pada frekuensi 900 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 antena penerima hasil perancangan.

Antena penerima yang digunakan pada skripsi ini merupakan antena yang bekerja pada frekuensi 900 MHz, maka perlu dilakukan perancangan *rectifier* yang sesuai (*match*) dan mampu menangkap gelombang elektromagnetik pada frekuensi 900 MHz.

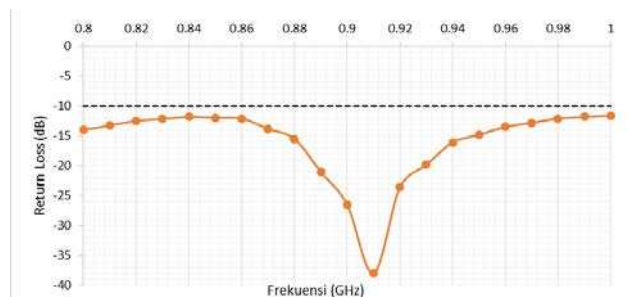


Gambar 4. Rangkaian *Rectenna*

III. ANALISIS HASIL PENGUJIAN

3.1 Pengujian Parameter Antena Mikrostrip *Array* Tiga Elemen

Berdasarkan hasil pengukuran, antena mikrostrip *array* tiga elemen memiliki *bandwidth* sebesar 200 MHz.

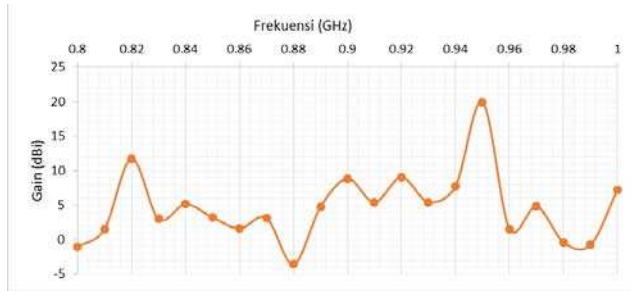


Grafik 4. Nilai *Return Loss* terhadap frekuensi
Sumber: Hasil Pengujian

Dalam grafik 4, terlihat bahwa rentang frekuensi dengan nilai *return loss* ≤ -10 dB terdapat pada rentang

frekuensi 800 – 1000 MHz.

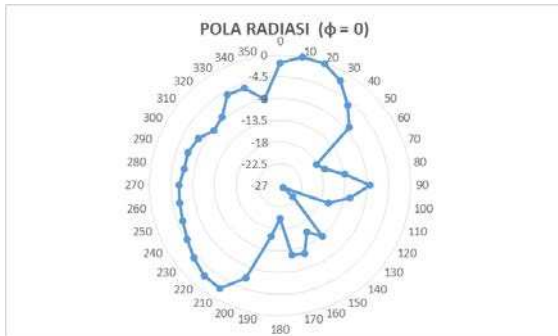
Hasil pengujian *gain* antenna mikrostrip *array* tiga elemen dengan rentang frekuensi 800 – 1000 MHz ditunjukkan dalam grafik 5.



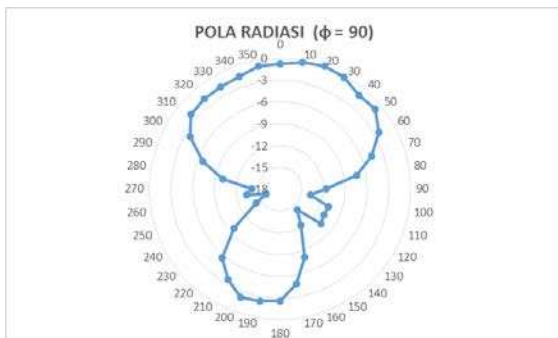
Grafik 5. Nilai *gain* terhadap frekuensi.
Sumber: Hasil pengujian

Hasil pengukuran *gain* dalam menunjukkan antenna memiliki nilai *gain* dengan *gain* pada frekuensi 900 MHz sebesar 8.85 dBi

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



Gambar 4. Diagram Polar Pola Radiasi $\Phi = 0^\circ$ Antena Hasil Pengujian.
Sumber: Pengujian



Gambar 5. Diagram Polar Pola Radiasi $\Phi = 90^\circ$ Antena Hasil Pengujian
Sumber: Pengujian

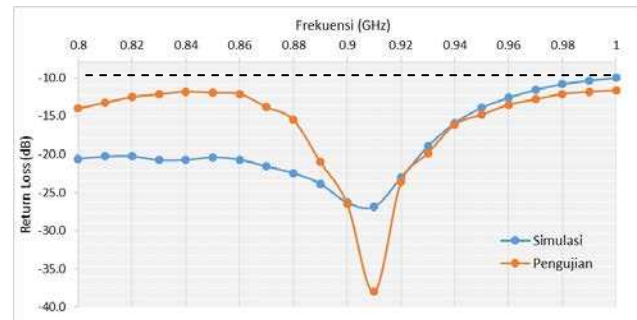
Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian, dapat digambarkan bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan dalam bentuk diagram polar. Gambar di atas merupakan diagram polar pola radiasi antenna uji pada frekuensi 900 MHz. Berdasarkan bentuk pola radiasi yang terlukis dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil pengujian adalah *bidirectional*. Hal ini berarti bahwa antenna memiliki intensitas radiasi maksimum dua arah.

Jenis polarisasi hasil simulasi dapat dilihat dari nilai *axial ratio* (AR) antenna pada frekuensi 900 MHz yaitu 40 dB yang berarti antenna memiliki jenis polarisasi linier karena nilai *axial ratio* berada pada rentang $0 \leq AR \leq \infty$

dB.

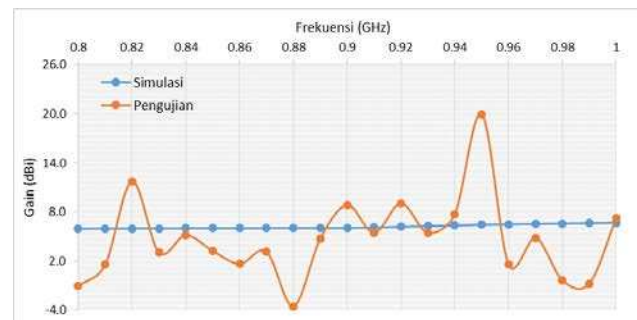
3.2 Analisis Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi dan Hasil Pengujian

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



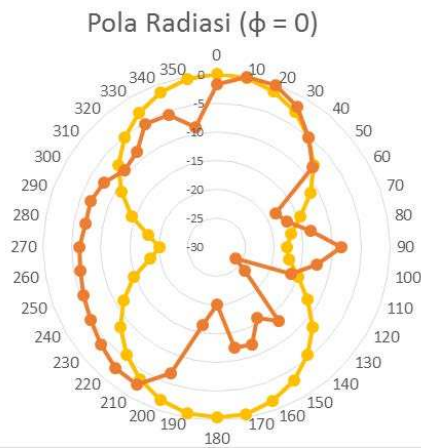
Grafik 6. Grafik *Return Loss* Antena Hasil Simulasi dan Pengujian
Sumber : Hasil Simulasi dan Pengujian

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 800 – 1000 MHz berada pada *return loss* ≤ -10 dB sehingga dapat dikatakan bahwa antenna dapat bekerja dengan baik pada rentang frekuensi tersebut.

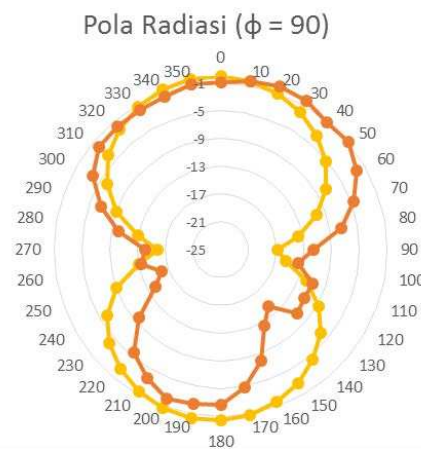


Grafik 7. Grafik *Gain* Antena Hasil Simulasi dan Pengujian
Sumber : Hasil Simulasi dan Pengujian

Nilai *gain* hasil pengukuran dan simulasi menunjukkan perbedaan. Nilai *gain* hasil pengukuran memiliki *gain* pada frekuensi 900 MHz sebesar 8.85 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 pengujian



Gambar 8. Perbandingan Pola Radiasi $\Phi = 0$ Hasil Simulasi dan Pengujian
Sumber: Simulasi dan Pengujian



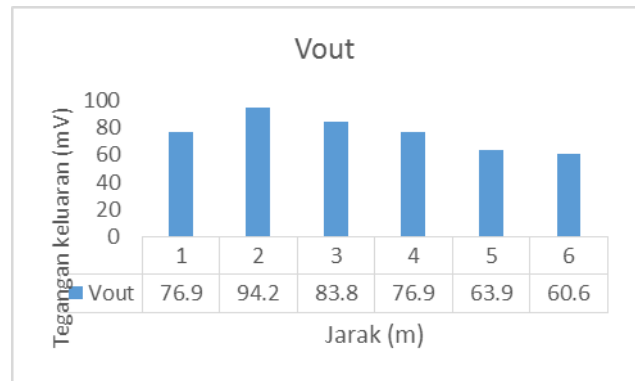
Gambar 9. Perbandingan Pola Radiasi $\Phi = 90$ Hasil Simulasi dan Pengujian
Sumber : Simulasi dan Pengujian

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

Berdasarkan data hasil pengukuran polarisasi yang dikonversi ke bentuk diagram polar, dapat diketahui bentuk polarisasi antenna yang diuji. Diagram polar hasil pengujian menunjukkan bahwa antenna memiliki polarisasi elips. Sedangkan hasil simulasi antenna menunjukkan pada frekuensi 900 MHz, diperoleh nilai *axial ratio* hasil simulasi sebesar 40 dB yang menandakan bahwa polarisasi antenna hasil simulasi berbentuk linier. Berdasarkan hasil simulasi dan pengujian diperoleh bahwa antenna memiliki polarisasi elips dengan nilai *axial ratio* yang berada pada rentang $20 \leq AR \leq \infty$ dB.

3.3 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 900 MHz.



Grafik 8. Hasil Tegangan Keluaran *Rectenna*
Sumber : Hasil Pengujian

Tegangan tertinggi yang terukur pada *rectenna* adalah sekitar 94.2 mV, dengan menggunakan *signal generator* sebagai pemancar.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, pengukuran, serta analisis parameter-parameter antenna mikrostrip *array* tiga elemen, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Antena mikrostrip *array* tiga elemen mampu bekerja pada frekuensi 900 MHz.
2. Nilai tegangan keluaran (output) yang dihasilkan oleh rangkaian *rectifier* sangat dipengaruhi oleh jarak antara antenna pemancar gelombang elektromagnetik dengan *rectenna* tersebut.
3. *Rectenna* mampu mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Pada penelitian didapatkan hasil sebesar 94.2 mV untuk keluaran tegangan DC.

4.2 Saran

1. Dapat dilakukan optimasi lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan sesuai dengan aplikasi yang diinginkan.
2. Karena masukan pada *rectifier* kecil, untuk penelitian selanjutnya dapat ditambahkan transformator untuk menguatkan tegangan masukan AC sebelum rangkain *rectifier*.
3. Melakukan pengujian pada ruangan khusus *anechoic chamber* agar mendapatkan hasil pengujian yang maksimal.
4. Membuat 5 atau lebih antenna referensi yang frekuensi kerjanya berbeda, agar didapatkan hasil yang bervariasi pula pada pengujian gain ataupun pengujian *rectifier*.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Balanis, Constantine A. 1982. *Antena Theory: Analysis and Design, 2nd Edition*. John Wiley and Sons, Inc,
- [2] Barack, J.M & Hakan, P.P. 2008. *Efficient RF Energy Harvesting by Using Multiband Microstrip Antenna Arrays with Multistages Rectifiers*. Jurnal IEEE.

- [3] Hanafiah, A. 2008. *Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Segiempat Planar Array 4 Elemen dengan Pencatuan Aperture-Coupled untuk Aplikasi CPE pada Wimax*. Skripsi tidak dipublikasikan. Depok: Universitas Indonesia.
- [4] Leung, M. 2002. *Microstrip Antenna Using Mstrip40*. Division of Management and Technology University of Canberra Act 2601.
- [5] Liang, J., C. C. Chiau, X. Chen, and C. G. Parini, "Printed circular disc monopole antenna for Ultrawideband applications", *Electronics Letters*, Vol. 40, No. 20, September 30, Jurnal IEEE 2004.
- [6] 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.
- [7] Vullers, R.J.M & Visser, H.J. 2008. *RF Harvesting Using Antenna Structures on Foil. Proceeding of Power MEMS*. Japan.
- [8] Wendaria, P.A. 2013. Pengaruh Slot *Rugby Ball* Terhadap Antena Mikrostrip Sehingga Dapat Bekerja Pada *Ultra Wideband* (UWB). Malang: Universitas Brawijaya.