

RANGKAIAN *RECTENNA* MENGGUNAKAN ANTENA MIKROSTRIP *CIRCULAR PATCH* DENGAN *GROUND PLANE FREE SPACE* PADA FREKUENSI 2,4 GHz SEBAGAI PIRANTI *WIRELESS POWER TRANSMISSION* (WPT)

Gezadio Dhuha S NIM. 125060300111025

Pembimbing: Rudy Yuwono S.T., M.Eng. dan Dwi Fadilla Kurniawan, ST., M.T.

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email: gezadio@gmail.com

Abstrak—*Wireless Power Transmission* (WPT) adalah teknologi *charging* tanpa kabel. Teknologi ini merupakan solusi dari tingginya tingkat mobilitas masyarakat. *Wireless Power Transmission* (WPT) berhubungan *rectenna* (*rectifying antenna*) yang merupakan gabungan dari kata "*rectifying*" dan "*antenna*" yaitu teknologi yang memanfaatkan energi elektromagnetik di udara yang dikonversikan ke energi listrik (tegangan DC). Pada penelitian ini dirancang empat buah *rectenna* dengan spesifikasi yang sama dan dirangkai menjadi rangkaian seri *rectenna*. Tiap *rectifier* yang ddirancang menggunakan dioda 1N5711 sebanyak 4 buah dan 1 buah kapasitor SMD C1206. Antena yang dirancang pada penelitian ini adalah antena mikrostrip circular patch dan antena mikrostrip *star patch with additional elliptical shape*. Desain antena pada penelitian ini disimulasikan menggunakan *software Computer Simulation Technology* (CST) *Studio Suite* 2014. Antena di fabrikasi menggunakan bahan FR-4 dengan $\epsilon_r = 3,9$ dan $h = 1,6$ mm.

Kata Kunci: *Wireless Power Transmission*, *rectenna*, energi elektromagnetik.

I. PENDAHULUAN

Charging baterai merupakan salah satu kebutuhan primer dari masyarakat modern. Aktivitas-aktifitas masyarakat yang semakin tinggi tingkat mobilitasnya membutuhkan dukungan sehingga *power bank* merupakan solusi. Kemampuan *power bank* dalam hal *charging* terbatas, sehingga terinspirasi teknologi *charging* tanpa kabel atau yang lebih dikenal dengan *Wireless Power Transmission* (WPT). Metode pentransmision energi listrik tanpa kabel atau biasa disebut dengan *Wireless Power Transmission* (WPT) berhubungan dengan energi elektromagnetik yang dipancarkan oleh perangkat nirkabel (*wireless*).

Teknik yang digunakan untuk mengubah energi elektromagnetik menjadi daya untuk operasi tanpa baterai disebut *energy harvesting*. Teknik *energy harvesting* muncul sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan (Vullers, 2009), selain energi elektromagnetik teknik *harvesting* juga diterapkan pada angin dan cahaya matahari. Perangkat yang dapat menyerap energi elektromagnetik tanpa memerlukan catu daya adalah *rectenna*.

Rectenna merupakan gabungan dari kata "*rectifying*" dan "*antenna*" yaitu teknologi yang memanfaatkan energi elektromagnetik di udara yang dikonversikan ke energi listrik (tegangan DC). Energi listrik yang dihasilkan oleh *rectenna* dapat digunakan untuk menjalankan peralatan elektronik yang mempunyai daya listrik rendah (Escala, 2011) misalnya mengisi ulang baterai atau menyalakan lampu LED (*light emitting diode*).

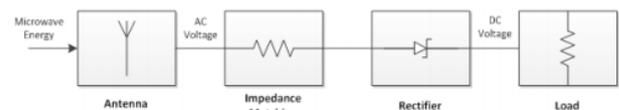
Lingkup kajian pada penelitian ini dibatasi pada:

1. Perancangan rangkaian *rectenna* sebagai media *wireless power transmission*.
2. Pengujian tegangan keluaran (*output*) DC yang dihasilkan oleh rangkaian *rectenna*.
3. Analisis hasil pengujian tegangan keluaran (*output*) DC rangkaian *rectenna*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Dasar *Rectenna*

Rectenna merupakan gabungan dari kata "*rectifying*" dan "*antenna*" yaitu sebuah teknologi yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk dikonversi ke energi listrik. *Rectenna* yang saat ini dikembangkan memungkinkan kita bisa mendapatkan sumber listrik dari gelombang elektromagnetik yang ada di sekitar, hal tersebut karena *rectenna* terdiri dari komponen pasif dan dioda yang dapat menerima dan memperbaiki daya gelombang mikro menjadi tegangan searah.



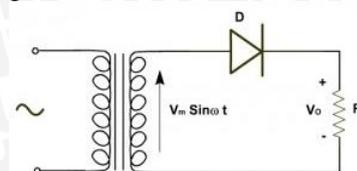
Gambar 1 Diagram Blok *Rectenna* dengan RF frekuensi
Sumber: Dan S (2013)

B. Rectifier

Rectifier adalah alat yang digunakan untuk mengubah sumber arus bolak-balik (AC) menjadi sinyal sumber arus searah (DC). Prinsip *rectifier* dalam mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi sinyal sumber arus searah (DC) ada 3:

a. *Rectifier* Setengah Gelombang

Rectifier jenis ini hanya menggunakan 1 buah dioda sebagai komponen utama dalam menyearahkan gelombang AC.

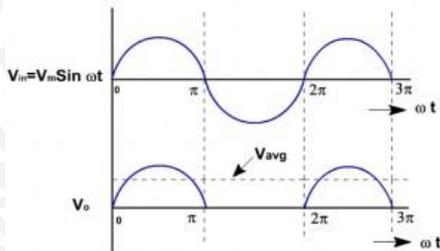


Gambar 2 Rangkaian *Rectifier* setengah gelombang

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id>

Prinsip kerja penyearah setengah gelombang adalah bahwa pada saat sinyal input berupa siklus positif maka

dioda mendapat bias maju sehingga arus (i) mengalir ke beban, dan sebaliknya bila sinyal input berupa siklus negatif maka dioda mendapat bias mundur sehingga tidak mengalir arus.

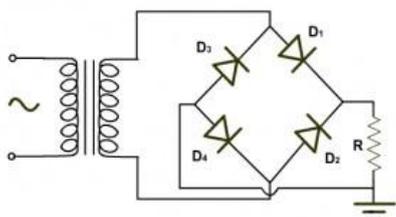


Gambar 3 Gelombang masuk dan keluaran *rectifier* setengah gelombang

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id>

b. Rectifier Gelombang Penuh

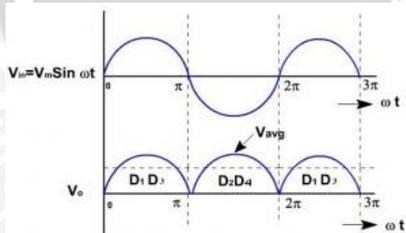
Rectifier jenis ini menggunakan 4 (empat) diode yang dirangkai secara *bridge*.



Gambar 4 Rangkaian *Rectifier* gelombang penuh

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id>

Prinsip kerja *rectifier* gelombang penuh adalah bahwa pada saat sinyal input berupa siklus positif, maka D1 dan D4 aktif, sedangkan D2 dan D3 tidak aktif, sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan di lewatkan melalui D1 ke D4. Pada saat sinyal siklus negatif maka D2 dan D3 aktif, sedangkan D1 dan D4 tidak aktif, sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D2 dan D3.

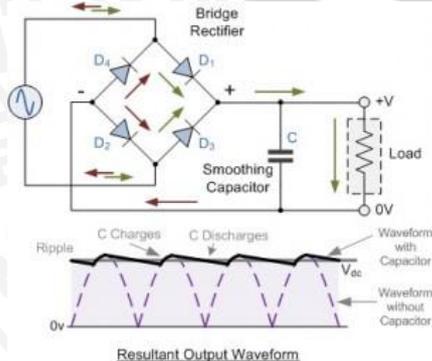


Gambar 5 Gelombang masuk dan keluaran *rectifier* gelombang penuh

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id>

c. Rectifier Gelombang Penuh dengan Filter.

Ripple harus dikurangi supaya *output rectifier* sinyalnya mendekati DC murni.



Gambar 6 Rangkaian serta gelombang masuk dan keluaran *rectifier* gelombang penuh dengan filter kapasitor

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id>

d. Dioda Schottky

Dioda yang akan digunakan pada rangkaian penyearah tegangan merupakan dioda *schottky*. Dioda *schottky* merupakan tipe khusus dari dioda yang mampu dialiri tegangan yang relatif rendah (*Datasheet* Dioda 1N5711).

C. Antena

Berdasarkan *IEEE Standard Definitions of Terms for Antenna*, antena merupakan suatu alat untuk memancarkan dan menerima gelombang radio. Antena dapat juga diartikan sebagai suatu media peralihan antara ruang bebas dengan alat pandu atau saluran transmisi yang dapat berupa kabel koaksial atau pandu gelombang (*waveguide*) yang digunakan untuk memindahkan energi elektromagnetik dari sumber transmisi menuju antena atau dari antena menuju penerima. Berdasarkan hal ini, maka antena dapat dikategorikan sebagai antena pengirim serta antena penerima (Balanis, 2005:1). Menurut Syam (2011), secara umum terdapat dua jenis antena yaitu: antena *omni directional* dan antena *directional*.

Beberapa parameter antena yang perlu dan penting untuk diketahui dalam perancangan sebuah antena yaitu *Return loss* (RL), *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), polarisasi, *gain*, *bandwidth*, impedansi masukan, *directivity*, dan pola radiasi.

a. Return loss (RL)

Return loss (RL) adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. Antena yang baik mempunyai nilai *return loss* (RL) di bawah -10 dB, yaitu 90% sinyal dapat diserap dan 10%-nya terpantulkan kembali. Koefisien pantul dan *return loss* (RL) didefinisikan sebagai berikut (Nakar, 2004):

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \tag{1}$$

$$RL = -20 \log \Gamma \text{ (dB)} \tag{2}$$

keterangan:

Γ = koefisien pantul

V_r = tegangan gelombang pantul (*reflected wave*)

V_i = tegangan gelombang maju (*incident wave*)

RL = *return loss* (dB)

b. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah rasio amplitudo tegangan maksimum terhadap amplitudo tegangan minimum dalam pola tegangan berdiri. Fluktuasi level daya yang dikarenakan adanya ketidaksesuaian saluran transmisi dengan beban. Besarnya nilai *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) bervariasi antara 1 sampai ~ (tak terhingga). Semakin tinggi *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), semakin besar pula ketidaksesuaian. *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) dapat ditentukan dengan persamaan (2-5) sebagai berikut:

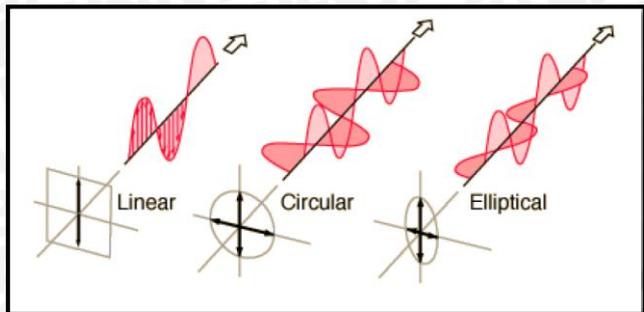
$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \tag{3}$$

c. Polarisasi

Polarisasi gelombang dapat didefinisikan pemancaran atau penerimaan gelombang oleh antena dalam arah



tertentu. Polarisasi dapat dikelompokkan sebagai linier, lingkaran, dan *elips*.



Gambar 7 Bentuk umum polarisasi
Sumber: Shakeeb (2010:8)

d. Gain

Gain antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi yang diberikan pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang didapatkan oleh antenna bila diradiasikan secara isotropis.

e. Bandwidth

Bandwidth didefinisikan sebagai jangkauan frekuensi dimana performa antenna, dengan mengacu pada beberapa karakteristik, dapat memenuhi standar yang telah ditentukan. *Bandwidth* biasanya dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi atas dengan frekuensi bawah dalam rentang frekuensi kerja untuk antenna *broadband*. Persamaan *bandwidth* dalam persen (B_p) atau sebagai *bandwidth* rasio (B_r) dinyatakan sebagai (Nakar, 2004):

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \tag{4}$$

$$f_c = \frac{f_l + f_u}{2} \tag{5}$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \tag{6}$$

dengan:

B_p = *bandwidth* dalam persen (%)

B_r = *bandwidth* rasio

f_u = jangkauan frekuensi atas (Hz)

f_l = jangkauan frekuensi bawah (Hz)

f. impedansi masukan

Impedansi terminal antenna secara umum didefinisikan sebagai impedansi yang ditimbulkan antenna pada terminalnya atau perbandingan antara tegangan terhadap arus pada pasangan terminalnya, dapat dituliskan sebagai berikut (Balanis, 2005:80):

$$Z_A = R_A + jX_A \tag{7}$$

keterangan:

Z_A = Impedansi terminal antenna (Ω)

R_A = Resistansi terminal antenna (Ω)

X_A = Reaktansi terminal antenna (Ω)

Impedansi antenna dapat diperoleh dari koefisien pantul dengan persamaan sebagai berikut (Edgar Hund, 1989:44):

$$|\Gamma| = \left| \frac{Z_{ant} - Z_c}{Z_{ant} + Z_c} \right| \tag{8}$$

sehingga diperoleh:

$$Z_{ant} = Z_c \left(\frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \right) \tag{9}$$

keterangan:

Z_{ant} = impedansi antenna (Ω)

Z_c = impedansi karakteristik (Ω)

Γ = koefisien pantul

g. directivity

Directivity atau keterarahan suatu antenna didefinisikan sebagai kemampuan antenna untuk mengkonsentrasikan energinya pada suatu arah tertentu. *Directivity* dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$D_{max} = D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \tag{10}$$

keterangan:

D = keterarahan (tanpa satuan)

D_0 = keterarahan maksimum (tanpa satuan)

U = intensitas radiasi (W/satuan sudut ruang)

U_0 = intensitas radiasi sumber isotropis (W/satuan sudut ruang)

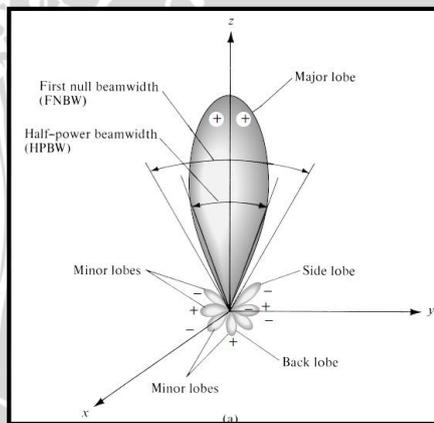
U_{max} = intensitas radiasi maksimum (W/satuan sudut ruang)

P_{rad} = daya radiasi total (W)

h. pola radiasi

Pola radiasi didefinisikan sebagai pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antenna pada fungsi koordinat ruang. Pola radiasi disebut juga pola medan (*field pattern*) dan digambarkan sebagai fungsi koordinat arah. Pola radiasi memiliki bagian-bagian yang disebut juga *lobe*. *Lobe* dalam pola radiasi dapat dibagi menjadi dua yaitu *main lobe*, yaitu bagian dari daerah radiasi dimana arah radiasi antenna maksimum. Dan *minor lobe*, yaitu semua bagian *lobe* kecuali *main lobe*. *Minor lobe* menunjukkan arah radiasi yang tidak diinginkan. *Minor lobe* dibagi menjadi:

1. *Back lobe*, yaitu bagian dari *minor lobe* yang berlawanan dengan *main lobe*.
2. *Side lobe*, yaitu bagian dari *minor lobe* yang bersebelahan dengan *main lobe*.

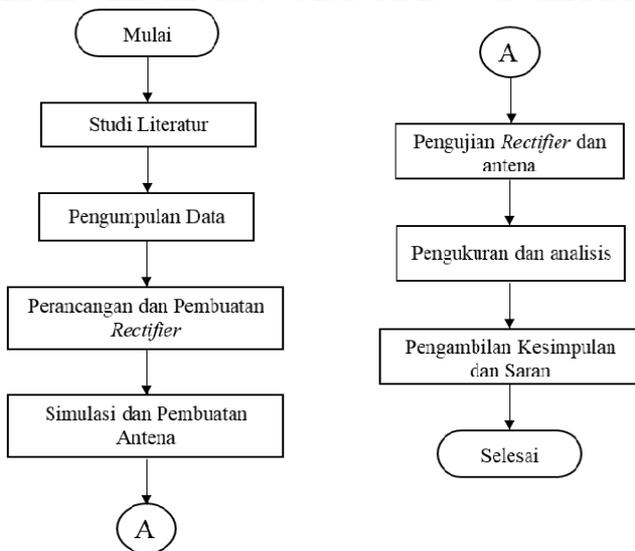


Gambar 8 Pola Radiasi
Sumber: Balanis (2005:30)

III.METODE PENELITIAN

Kajian yang dilakukan pada skripsi ini adalah mengenai rangkaian *rectenna* menggunakan antenna mikrostrip *circular patch* dengan *ground plane free space* pada frekuensi 2,4 GHz sebagai piranti *wireless power transmission (WPT)*. Adapun metode yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini adalah sebagai berikut:





Gambar 9 Diagram alir metode penelitian
(Sumber: Perancangan)

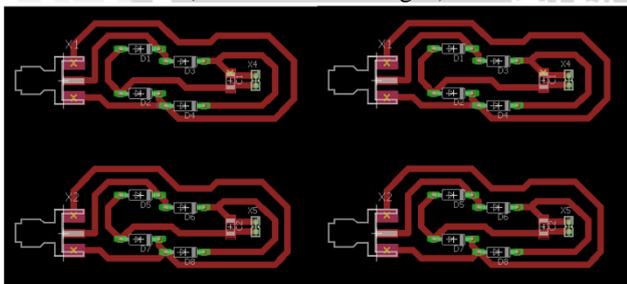
A. Perancangan Rectifier

Detail komponen yang dipakai dapat dilihat pada tabel 1. Skema *rectifier* dapat dilihat pada gambar 11. *Board rectifier* yang akan dibuat dengan ukuran 34,3×101,6 mm dapat dilihat pada gambar 12.

Tabel 1 Spesifikasi komponen *rectifier*

	Port	Dioda	Kapasitor
<i>Rectifier</i>	4×SMA Female	16×1N5711	4× C1206 μ F

Gambar 10 Skema *rectifier*
(Sumber: Perancangan)



Gambar 11 *Board rectifier*
(Sumber: Perancangan)

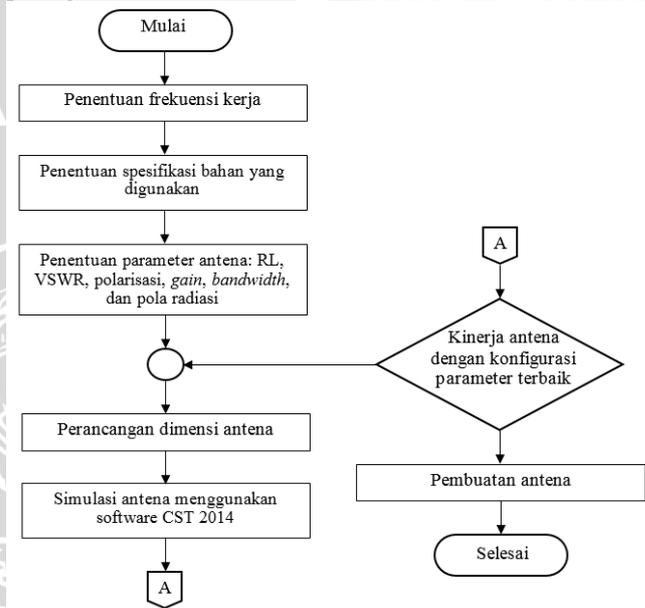
B. Perancangan Antena

Pada skripsi ini akan dirancang dan dibuat antena mikrostrip *circular patch* dengan *ground plane free space* dan antena mikrostrip *star patch with additional elliptical shape*. Perancangan antena tahap awal adalah melakukan simulasi menggunakan software CST Microwave Studio 2014 untuk mengetahui parameter antena, jika parameter antena belum memenuhi syarat yang diperlukan, maka dilakukan optimasi. Antena mikrostrip yang dirancang menggunakan *printed circuit board* (PCB) dengan substrat menggunakan bahan *epoxy fiberglass-FR4* dengan spesifikasi:

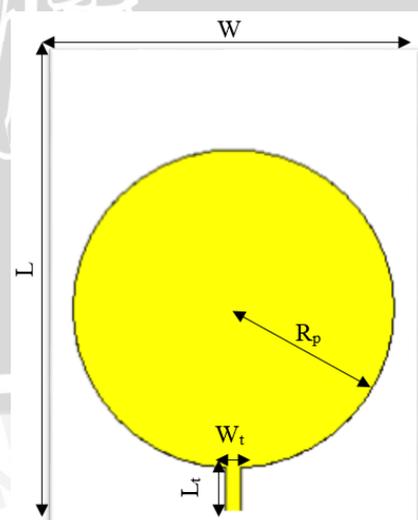
a. Bahan *epoxy fiberglass-FR4*:

1. Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 3,9
 2. Ketebalan dielektrik (h) = 0,0016 m = 1,6 mm
 3. *Loss tangen* ($\tan \delta$) = 0,018
- b. Bahan pelapis *substrat* (konduktor) tembaga:
1. Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,0001 m = 0.1 mm
 2. Konduktifitas tembaga (σ) = $5,80 \times 10^{-7}$ mho m^{-1}
 3. Impedansi karakteristik saluran (Z_0) = 50 ohm

Pada pembuatan antena mikrostrip terdapat beberapa macam substrat diantaranya adalah *duroid*, kain, kertas, dan lain-lain. Konstanta dielektrik *substrat* tersebut biasanya terdapat pada range $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$, semakin kecil nilai konstanta dielektrik, maka semakin bagus substrat tersebut dan memiliki *bandwidth* yang lebar (Hidayatullah, 2016). Perancangan dan pembuatan di jelaskan dengan diagram alir pada gambar 13 berikut:



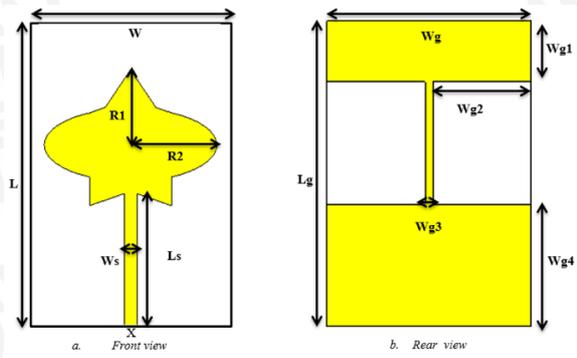
Gambar 12 Diagram alir perancangan dan pembuatan antena
(Sumber: Perancangan)



Gambar 13 Antena mikrostrip *circular patch* dengan teknik pencatutan *microstrip line-feed*
(Sumber: Perancangan)

Tabel 2 Nilai variabel antenna mikrostrip circular patch dengan teknik pencatutan *microstrip line-feed*

No.	Variabel	Dimensi (mm)
1.	R_p	22,5
2.	L_t	6,8
3.	W_t	2
4.	L	65
5.	W	50

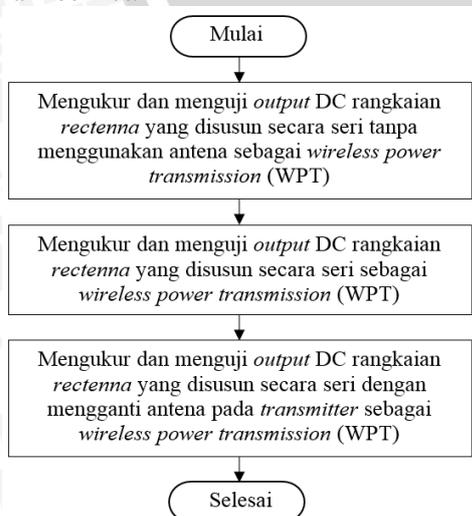


Gambar 14 Antena mikrostrip *star patch with additional elliptical shape*
(Sumber: Yuwono (2015))

Tabel 3 Nilai variabel Antena mikrostrip *star patch with additional elliptical shape*

No.	Variabel	Dimensi (mm)
1.	$W = W_g$	50
2.	$L = L_g$	75
3.	W_s	3.372
4.	L_s	34
5.	R_1	18.5
6.	R_2	23
7.	W_{g1}	15
8.	W_{g2}	24
9.	W_{g3}	2
10.	W_{g4}	30

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan terhadap rangkaian seri *rectenna*. Pengujian dijelaskan pada diagram alir berikut:



Gambar 15 Diagram alir analisa
(Sumber: Perancangan)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Antena Mikrostrip *Circular Patch* Dengan *Ground Free Space*

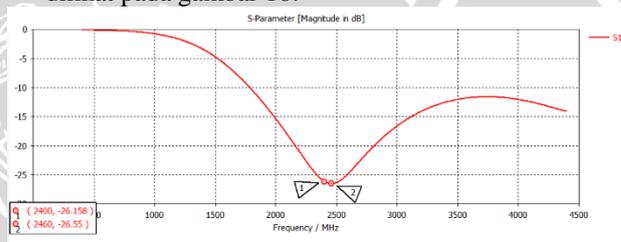
Antena mikrostrip *circular patch* dengan *ground free space* dirancang dengan dimensi 60 mm × 50 mm. Antena ini telah difabrikasi dan dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 16 Antena mikrostrip *circular patch* dengan teknik pencatutan *microstrip line-feed*
(Sumber: Fabrikasi)

a. Return loss (RL)

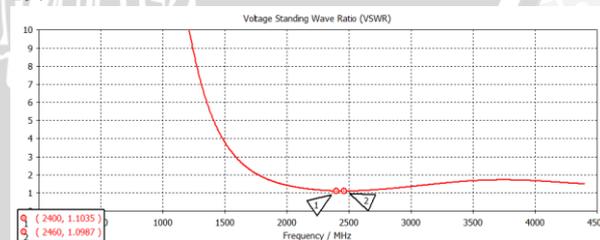
Nilai *return loss* antena ini setelah di optimasi pada frekuensi 2,4 GHz sebesar -26,158 dB, sedangkan nilai *return loss* terendah berada pada frekuensi 2,46 GHz dengan nilai sebesar -26,55 dB. Grafik *return loss* dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 17 Grafik *return loss* antena mikrostrip *circular patch* dengan *ground free space*
(Sumber: Simulasi)

b. Voltage standing wave ratio (VSWR)

Nilai *voltage standing wave ratio* (VSWR) antena ini pada frekuensi 2,4 GHz sebesar 1,1035 sedangkan nilai *voltage standing wave ratio* (VSWR) terendah terdapat pada frekuensi 2,46 GHz yaitu 1,0987. Grafik *voltage standing wave ratio* (VSWR) dapat dilihat pada gambar 19.

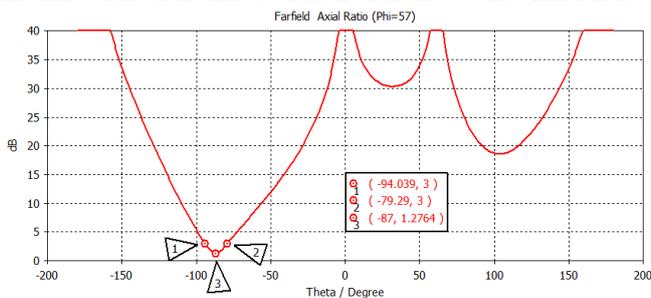


Gambar 18 Grafik *voltage standing wave ratio* (VSWR) antena mikrostrip *circular patch* dengan *ground free space*
(Sumber: Simulasi)

c. Polarisasi

Polarisasi antena mikrostrip *circular patch* dengan *ground free space* sirkular karena memiliki nilai *axial ratio* di antara 1 dB-3 dB. Nilai *axial ratio* terendah pada grafik terdapat pada titik 2 dengan nilai sebesar 1,2764 dB. Grafik *axial ratio* dapat dilihat pada gambar 20.

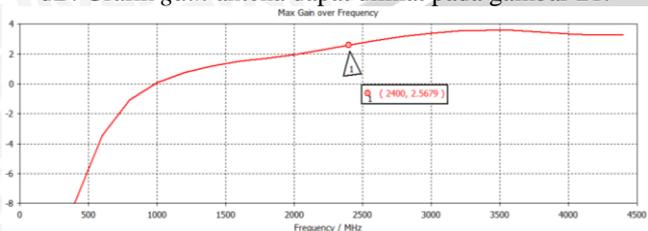




Gambar 19 Grafik polarisasi antenna mikrostrip circular patch dengan ground free space (Sumber: Simulasi)

d. Gain

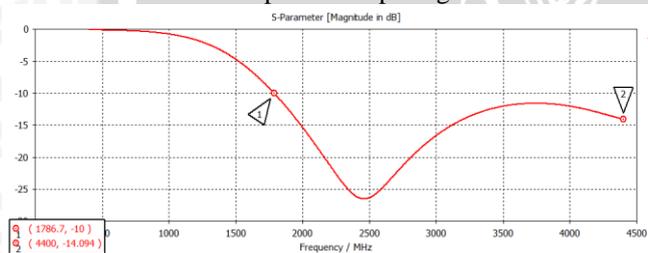
Gain antenna ini pada frekuensi 2,4 GHz sebesar 2,5679 dB. Grafik gain antenna dapat dilihat pada gambar 21.



Gambar 20 Grafik gain antenna mikrostrip circular patch dengan ground free space (Sumber: Simulasi)

e. Bandwidth

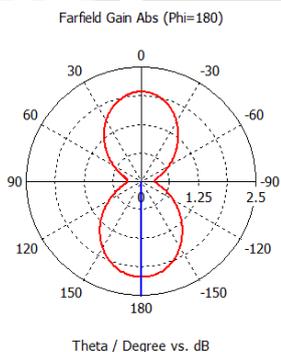
Antena ini bekerja pada frekuensi 1,7867 GHz-4,4 GHz sehingga bandwidth antenna ini sebesar 2,6133 GHz. Bandwidth antenna dapat dilihat pada gambar 22.



Gambar 21 Grafik bandwidth antenna mikrostrip circular patch dengan ground free space (Sumber: Simulasi)

f. Pola Radiasi

Antena ini termasuk antenna omnidirectional karena pola radiasinya memiliki pola non-directional pada suatu bidang tertentu dan sebuah pola directional pada bidang tegak lurus lainnya. Pola radiasi antenna dapat dilihat pada gambar 23.



Gambar 22 Pola radiasi antenna mikrostrip circular patch dengan ground free space pada diagram polar (Sumber: Simulasi)

B. Antena Mikrostrip star patch with additional elliptical shape

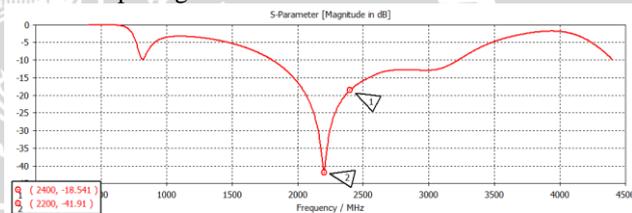
Antena mikrostrip circular patch dengan ground free space dirancang dengan dimensi 60 mm x 50 mm. Antena ini telah difabrikasi dan dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 23 Antena mikrostrip star patch with additional elliptical shape (Sumber: Fabrikasi)

g. Return loss (RL)

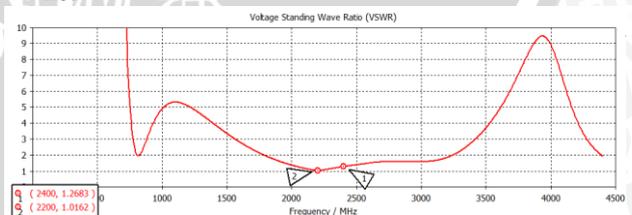
Nilai return loss antenna ini setelah di optimasi pada frekuensi 2,4 GHz sebesar -15,541 dB, sedangkan nilai return loss terendah berada pada frekuensi 2,2 GHz dengan nilai sebesar -41,51 dB. Grafik return loss dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 24 Grafik return loss antenna mikrostrip star patch with additional elliptical shape (Sumber: Simulasi)

h. Voltage standing wave ratio (VSWR)

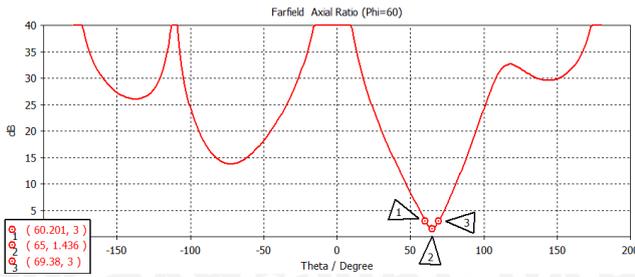
Nilai voltage standing wave ratio (VSWR) antenna ini pada frekuensi 2,4 GHz sebesar 1,2683 sedangkan nilai voltage standing wave ratio (VSWR) terendah terdapat pada frekuensi 2,2 GHz yaitu 1,0162. Grafik voltage standing wave ratio (VSWR) dapat dilihat pada gambar 26.



Gambar 25 Grafik voltage standing wave ratio (VSWR) antenna mikrostrip star patch with additional elliptical shape (Sumber: Simulasi)

i. Polarisasi

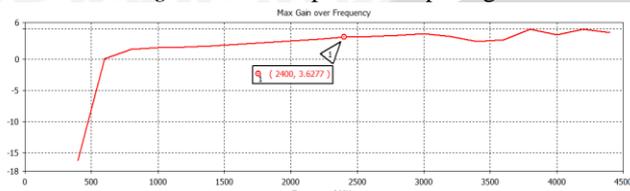
Polarisasi antenna mikrostrip circular patch dengan ground free space sirkular karena memiliki nilai axial ratio di antara 1 dB-3 dB. Nilai axial ratio terendah pada grafik terdapat pada titik 2 dengan nilai sebesar 1,4359 dB. Grafik axial ratio dapat dilihat pada gambar 27.



Gambar 26 Grafik polarisasi antenna mikrostrip star patch with additional elliptical shape (Sumber: Simulasi)

j. Gain

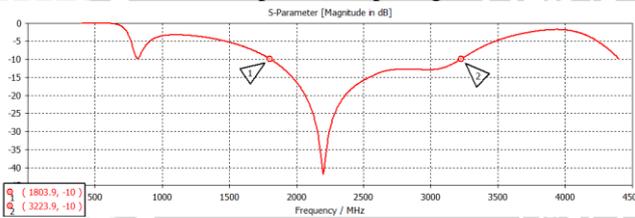
Gain antenna ini pada frekuensi 2,4 GHz sebesar 3,6277 dB. Grafik gain antenna dapat dilihat pada gambar 28.



Gambar 27 Grafik gain antenna mikrostrip star patch with additional elliptical shape (Sumber: Simulasi)

k. Bandwidth

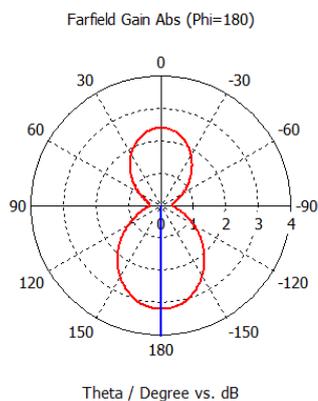
Antena ini bekerja pada frekuensi 1,8039 GHz-3,2239 GHz sehingga bandwidth antenna ini sebesar 1,42 GHz. Bandwidth antenna dapat dilihat pada gambar 29.



Gambar 28 Grafik bandwidth antenna mikrostrip star patch with additional elliptical shape (Sumber: Simulasi)

l. Pola Radiasi

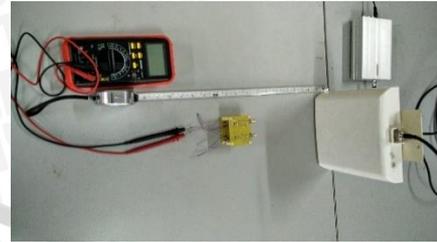
Antena ini termasuk antenna omnidirectional karena pola radiasinya memiliki pola non-directional pada suatu bidang tertentu dan sebuah pola directional pada bidang tegak lurus lainnya. Pola radiasi antenna dapat dilihat pada gambar 30.



Gambar 29 Pola radiasi antenna mikrostrip circular patch dengan ground free space pada diagram polar (Sumber: Simulasi)

C. Pengujian output DC rangkaian rectenna

Pada pengujian awal yaitu pengujian rangkaian seri rectenna untuk menentukan apakah rectenna dapat bekerja tanpa menggunakan antenna seperti pada gambar 31.



Gambar 30 Pengujian rangkaian seri rectenna tanpa menggunakan antenna

Pada pengujian ini pada jarak 5 cm dengan tegangan rectifier 10030 mV hingga jarak 30 cm dengan tegangan rectifier 3204 mV lampu menyala. Namun pada jarak 35 cm tegangan rectifier menjadi 1404 mV dan lampu tidak menyala. Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 32.

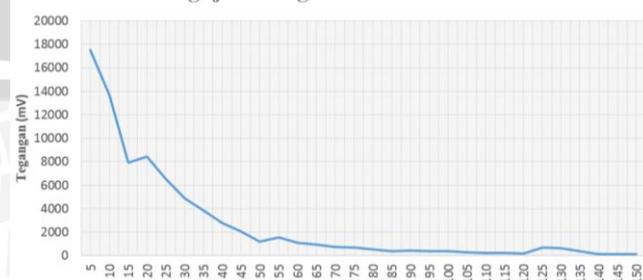


Gambar 31 Grafik pengujian output DC rangkaian seri rectenna tanpa menggunakan antenna (Sumber : Pengujian)

Pada pengujian selanjutnya pengujian rangkaian seri rectenna. Pada jarak 5 cm dengan tegangan rectifier 17520 mV hingga jarak 40 cm dengan tegangan rectifier 2788 mV lampu menyala. Namun pada jarak 45 cm tegangan rectifier menjadi 2044 mV dan lampu tidak menyala. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 33.

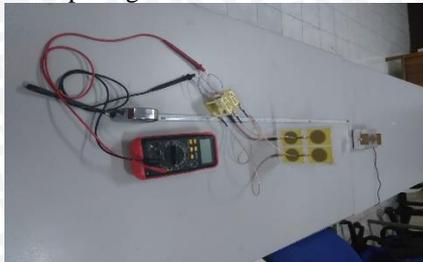


Gambar 32 Pengujian rangkaian seri rectenna Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 34. Pengujian rangkaian seri rectenna



Gambar 33 Grafik pengujian output DC rangkaian seri rectenna menggunakan antenna (Sumber : Pengujian)

Pada pengujian terakhir pengujian rangkaian seri *rectenna* pada transmitter antenna yang digunakan antenna mikrostrip *star patch with additional elliptical shape*. Pada pengujian ini pada jarak 5 cm dengan tegangan *rectifier* 6860 mV hingga jarak 15 cm dengan tegangan *rectifier* 4230 mV lampu menyala. Namun pada jarak 20 cm tegangan *rectifier* menjadi 2148 mV dan lampu tidak menyala. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 34.



Gambar 34 Pengujian rangkaian seri *rectenna* pada transmitter antenna yang digunakan antenna mikrostrip *star patch with additional elliptical shape*. Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 35.



Gambar 35 Grafik pengujian rangkaian seri *rectenna* pada transmitter menggunakan antenna mikrostrip *star patch with additional elliptical shape* (Sumber: Pengujian)

Perbandingan hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 36. Indikator warna abu-abu menunjukkan grafik hasil pengujian *output* DC rangkaian seri *rectenna*, indikator warna merah menunjukkan grafik hasil pengujian *output* DC rangkaian seri *rectenna* tanpa antenna, sedangkan indikator warna biru menunjukkan grafik hasil pengujian *output* DC rangkaian seri *rectenna* pada sisi *transmitter* antenna yang digunakan antenna mikrostrip *star patch with additional elliptical shape*. Gambar 36 menunjukkan bahwa pengujian rangkaian seri *rectenna* menggunakan antenna lebih baik daripada tanpa menggunakan antenna, hal ini dikarenakan *rectenna* yang memakai antenna memiliki impedansi masukan yang lebih *matching* serta memiliki nilai VSWR yang lebih baik. Sedangkan perbandingan antara pengujian *output* DC dengan merubah antenna *transmitter* 2,4 GHz menggunakan antenna mikrostrip *star patch with additional elliptical shape* memiliki hasil yang lebih rendah dikarenakan antenna mikrostrip *star patch with additional elliptical shape* merupakan antenna *omnidirectional* sehingga daya yang di pancarkan tidak hanya pada 1 arah saja (tidak terfokus) sedangkan antenna *transmitter* 2,4 GHz memiliki hasil yang lebih tinggi antenna mikrostrip *star patch with additional elliptical shape* dikarenakan antenna ini merupakan antenna *directional* sehingga daya yang dipancarkan terfokus.



Gambar 36 perbandingan pengujian *output* DC rangkaian *rectenna* (Sumber: Pengujian)

PENUTUP

Kesimpulan

1. *Rectenna* dapat digunakan sebagai piranti *wireless power transmission* (WPT). Agar *output* (DC) semakin besar maka diperlukan beberapa *rectenna* yang disusun menjadi rangkaian *rectenna*. Pada skripsi ini menggunakan 4 buah *rectenna* yang disusun menjadi rangkaian *rectenna*.
2. Pada jarak 5 cm, pengujian rangkaian seri *rectenna* memiliki *output* 17520 mV, pengujian rangkaian seri *rectenna* tanpa antenna memiliki *output* 10030 mV, dan pada pengujian dengan mengubah antenna pada *transmitter* menggunakan antenna mikrostrip *star patch with additional elliptical shape* memiliki *output* 6560 mV. Rangkaian seri *rectenna* lebih efektif ketika menggunakan antenna, karena impedansi pada antenna lebih *matching* dibanding tanpa antenna. Pada pengujian dengan mengganti antenna *transmitter* menggunakan antenna mikrostrip *star patch with additional elliptical shape* memiliki *output* yang lebih rendah dibanding dengan *transmitter* menggunakan antenna *transmitter* 2,4 GHz karena antenna ini merupakan antenna *omnidirectional* sehingga daya yang dipancarkan tidak terfokus.
3. Pada rangkaian seri *rectenna* tanpa menggunakan antenna dapat menyalakan lampu LED hingga jarak 30 cm, ketika rangkaian seri *rectenna* menggunakan antenna dapat menyalakan lampu LED hingga jarak 40 cm. Pada saat antenna pada *transmitter* diubah menjadi antenna mikrostrip *star patch with additional elliptical shape* hanya dapat menyalakan lampu LED hingga jarak 15 cm, akan tetapi dengan menggunakan antenna ini dapat menyalakan lampu LED pada posisi bukan *line of sight*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afif. 2014. *Sistem Charging Ramah Lingkungan Pada Piranti Komunikasi Bergerak Melalui Mekanisme Transfer Daya Listrik Secara*. Thesis, Universitas Hasanuddin Makassar.
- [2] Anonim. 2012. *Konsep Dasar Penyearah Gelombang*. <http://elektronika-dasar.web.id/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier>. (diakses pada tanggal 20 maret 2016).
- [3] Anonim. *HyperPhysics: Georgia State University*. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/class/p11129.html#c1>. (diakses pada tanggal 20 maret 2016).

- [4] Balanis, Constantine A. 2005. *Antena Theory: Analysis and Design, 3rd Edition*. John Wiley and Sons, Inc.
- [5] Dan S, Tefan Tudose. 2013. *Rectifier Antenna Design for Wireless Sensor Networks*. Bucharest, Romania: Polytechnic University of Bucharest.
- [6] Edminister, Joseph A. 1993. *Elektromagnetika, 3rd Edition*. Murjono, Erlangga.
- [7] Escala, O. A. C., Bazan, G. A. S, Georgiadis A., dan Collado, A., "A 2,45 GHz Rectenna with Optimized RF-toDC Conversion Efficiency", *Jurnal PIERS* 2011, p. 681.
- [8] Hamdany, M. Azharie. 2016. *Perancangan Serial Rectifier Antenna Dalam Upaya Peningkatan Daya Sebagai Alternatif Sumber Tegangan DC*. Skripsi, Universitas Brawijaya.
- [9] Hidayatullah, Bayu Ramadhan. 2015. *Perancangan Alat Pengurang Radiasi Gelombang Elektromagnetik*. Skripsi, Universitas Brawijaya.
- [10] Hund, Edgar. 1989. *Microwave Communications: Components and Circuits*. McGraw-Hill Inc: US.
- [11] Kusuma, Dandy B. 2015. *Rancang Bangun Antena Mikrostrip dengan Single dan Switch Polarity Sebagai Pengurang Radiasi Gelombang Elektromagnetik*. Skripsi, Universitas Brawijaya.
- [12] Kho, Dickson. *Rangkaian Seri dan Paralel Baterai*. <http://teknikelektronika.com/rangkaian-seri-dan-paralel-baterai>. (diakses pada tanggal 20 maret 2016).
- [13] 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.
- [14] Nakar, Punit S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for Use in Nircable/Cellular Devices*. Thesis, The Florida State University.
- [15] Parubak, Dhirton. 2014. *Rancang Bangun Antena Penyearah (Rectifier Antenna) Untuk Pemanen Energi Elektromagnetik Pada Frekuensi GSM 1800 MHz*. Skripsi, Universitas Brawijaya.
- [16] Shakeeb, Marwa. 2010. *Circularly Polarized Microstrip Antenna*. Thesis, Concordia University Canada.
- [17] Stutzman, Warren L. Thiele, Gary A. 2008. *Antena Theory and Design, 3rd Edition*. John Wiley and Sons Inc. US.
- [18] Syam, Syabaniah. 2011. *Antena Jaringan*. <https://niiasaba.wordpress.com>. (diakses pada tanggal 20 maret 2016).
- [19] Yuwono, R, Yudaningtias, E., Purnomowati, E. Budi, Sujarwo, G. Dhuha, Ramadhan, Faisal. 2015. *The additional elliptical shape on star patch microstrip antenna for dual UWB*. *QIR* 2015, Lombok.
- [20] Vullers, R. J. M., Schaijk, R. Van, Doms, I., Hoof, C. Van, Mertens, R. 2009. *Micropower Energy Harvesting. 38th European Solid-State Device Research Conference* p.684-693.