

# PERANCANGAN DAN REALISASI RECTENNA MIKROSTRIP FRACTAL SUSUNAN LINIER PADA FREKUENSI DUAL BAND UNTUK APLIKASI ENERGY HARVESTING

## DESIGN AND REALIZATION OF LINEAR ARRAY FRACTAL MICROSTRIP AT FREQUENCY DUAL BAND FOR ENERGY HARVESTING APPLICATION

Pradika Erta Ardanta<sup>1</sup> Arfianto Fahmi<sup>2</sup> Yuyu Wahyu<sup>3</sup>

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

<sup>3</sup>Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI, Bandung

<sup>1</sup>[pradika.erta@gmail.com](mailto:pradika.erta@gmail.com) <sup>2</sup>[arfianto.fahmi@telkomuniversity.ac.id](mailto:arfianto.fahmi@telkomuniversity.ac.id) <sup>3</sup>[yuyu@ppet.lipi.go.id](mailto:yuyu@ppet.lipi.go.id)

### Abstrak

Frekuensi merupakan sumber daya atau energi yang terbatas. Pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dinyatakan bahwa frekuensi dapat diubah menjadi sumber daya yang berupa tegangan. Untuk mengubah frekuensi ke sumber daya lain, diperlukan antenna sebagai penerima frekuensi dan *rectifier* sebagai penyearah gelombang, hal ini bisa disebut *Rectenna (Rectifier Antenna)* yang berfungsi untuk mengkonversi gelombang elektromagnetik menjadi sumber arus DC. Radiasi gelombang elektromagnetik yang berasal dari televisi dan *Base Transceiver Station (BTS)* dapat dimanfaatkan untuk menjadi sumber daya baru berupa tegangan dengan menggunakan *Rectenna*. Pada penelitian Tugas Akhir ini akan dilakukan perancangan dan realisasi antenna *array* mikrostrip dengan bentuk patch *rectangular Sierpinski Carpet*. Antena ini digunakan untuk menyerap gelombang daya pancar dari frekuensi 1900 MHz dan 2100 MHz pada  $VSWR \leq 2$ .

**Kata kunci :** *Rectenna, Rectifier, Antena.*

### Abstract

Frequency is source of energy or limited energy. In the studies that have been done before, it was stated that the frequency can be converted into voltage. To change the frequency to other resources, required antenna as a receiver for rectifier. it can be called *Rectenna (Rectifier Antenna)* that has a function to convert electromagnetic waves into DC current source. Radiation of electromagnetic waves emanating from the television and the *Base Transceiver Station (BTS)* can be exploited to become a new resource in the form of voltage by using a *rectenna*. At this final project will be done the design and realization of the microstrip array antenna with rectangular patch form *Sierpinski Carpet*. This antenna is used to transmit power to absorb waves of frequency 1900 MHz and 2100 MHz at  $VSWR \leq 2$

**Keywords:** *Rectenna, Rectifier, Antenna.*

### 1. Pendahuluan

Energi tidak dapat lepas dari kehidupan manusia. Manusia membutuhkan energi untuk berbagai kegiatan. Menurut hukum kekekalan energi yang berbunyi “Energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, energi hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk energi yang lain”, hal inilah yang mendorong manusia untuk terus memanfaatkan energi yang ada di sekitar kita. Ditambah lagi dengan situasi global saat ini sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui semakin menipis. Banyak sekali penelitian yang membahas energi alternatif yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbarui, seperti sinar matahari, air, biogas dari sisa buangan hewan atau manusia, dan masih banyak lagi.

Dalam dunia telekomunikasi frekuensi merupakan sumber daya atau energi yang terbatas. Pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dinyatakan bahwa frekuensi dapat diubah menjadi sumber daya yang berupa tegangan. Untuk mengubah frekuensi ke sumber daya lain, diperlukan antenna sebagai penerima frekuensi dan *rectifier* sebagai penyearah gelombang, hal ini bisa disebut *Rectenna (Rectifier Antenna)* yang berfungsi untuk mengkonversi gelombang elektromagnetik menjadi sumber arus DC. Radiasi gelombang elektromagnetik yang berasal dari televisi dan *Base Transceiver Station (BTS)* dapat dimanfaatkan untuk menjadi sumber daya baru berupa tegangan dengan menggunakan *Rectenna*.

Pada penelitian Tugas Akhir ini akan dilakukan perancangan dan realisasi antenna *array* mikrostrip dengan bentuk patch *rectangular Sierpinski Carpet*. Antena ini digunakan untuk menyerap gelombang daya pancar dari frekuensi 1900 MHz dan 2100 MHz pada  $VSWR \leq 2$

## 2. Dasar Teori

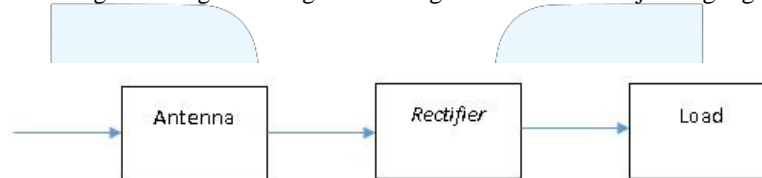
### 2.1 Energy Harvesting

*Energy Harvesting* adalah suatu proses dimana energi ditangkap dan dikonversi langsung menjadi listrik untuk perangkat kecil dan menengah seperti *autonomous wireless sensor nodes*, *consumer electronics*, dan kendaraan. Sumber energi tersebut berasal dari sumber eksternal seperti gelombang radio (*RF energy*), energy panas, energy alam, energy matahari, dan lain-lain. [1]

*RF energy* saat ini dipancarkan oleh *radio transmitters*, termasuk telepon genggam, BTS, televisi/*radio broadcast stations*. Kemampuan untuk memanen energi dari energi yang disekitar atau suatu sumber memungkinkan pengisian energi nirkabel dari perangkat dengan daya rendah. Seiring berkembangnya teknologi, frekuensi dapat ditangkap dan diubah menjadi energi baru berupa listrik/tegangan DC (*Direct Current*). [8]

### 2.2 Rectenna

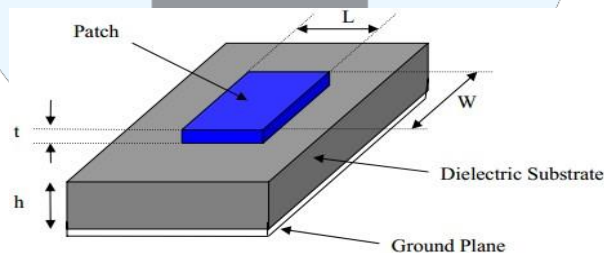
Rectenna merupakan antenna yang dintegrasikan dengan rectifier, secara sederhana rectenna bisa dikatakan adalah perangkat yang memiliki kemampuan untuk mengkonversi gelombang RF menjadi tegangan DC. Antenna berfungsi menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas yang banyak dipancarkan perangkat-perangkat telekomunikasi yang berada disekitar kita seperti yang dipancarkan oleh BTS, Access Point, dan lain-lain, sedangkan rectifier digunakan untuk mengkonversigelombang elektromagnetik tersebut menjadi tegangan DC. [5]



Gambar 1. Sistem Blok Rectenna.

### 2.3 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah antenna yang memiliki bentuk seperti lempengan tipis. Antena mikrostrip dibuat pada substrat yang terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan *conducting patch*, *dielectric substrate*, dan *groundplane*. [2]



Gambar 2. Antena Mikrostrip Umum (Sumber : [3])

Lapisan-lapisan pada substrat adalah sebagai berikut:

a) *Conducting Patch*

*Conducting patch* atau *patch* terletak paling atas dari lapisan substrat antenna mikrostrip. *Patch* terbuat dari bahan konduktor. Pada lapisan ini akan dibentuk menjadi suatu bentuk antenna tertentu, seperti lingkaran, rektangular, segitiga, ataupun berbentuk angular ring.

b) *Dielectric substrate*

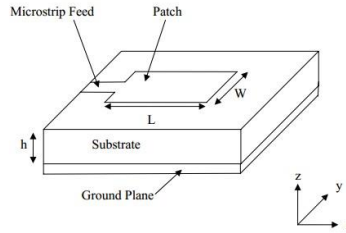
*Dielectric substrate* adalah lapisan tengah substrat yang berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari catuan menuju daerah dibawah *patch*. Bagian ini menggunakan bahan dielektrik dengan permitivitas relatif tertentu sesuai dengan kebutuhan perancangan.

c) *Groundplane*

*Groundplane* adalah lapisan paling bawah dari substrat biasanya terbuat dari bahan konduktor yang berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

**2.4 Antena Patch Rectangular**

Salah satu yang paling mudah dan paling banyak digunakan dalam perancangan *patch* antena *microstrip* adalah bentuk *rectangular patch*. Karena ketebalan substrat jauh lebih tipis daripada panjang gelombang, maka *rectangular patch* dianggap sebagai bidang planar dua dimensi untuk lebih memudahkan dalam analisa. *Patch rectangular* menghasilkan polarisasi linier. [4]



**Gambar 3. Rectangular Patch** (Sumber : [3])

*rectangular patch*, W bisa diperbesar untuk menanggulangi radiasi dari tepi *patch*. Sedangkan L harus  $< \lambda/2$ , dimana  $\lambda$  adalah panjang gelombang medium dielektrik. [4]

$$W = \frac{\lambda_0}{2\sqrt{\epsilon_{\text{reff}} + 1}} \tag{2.1}$$

Dimana  $\lambda_0$  adalah panjang gelombang ruang hampa dan  $\epsilon_{\text{reff}}$  adalah konstanta dielektrik efektif *patch*. Nilai  $\epsilon_{\text{reff}}$  dapat diperoleh dari persamaan [4] :

$$\epsilon_{\text{reff}} = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2}\right) + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2}\right) \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}}\right) \tag{2.2}$$

Sedangkan untuk mencari panjang L dapat digunakan persamaan berikut [4] :

$$\frac{\Delta L}{2h} = 0.412 \frac{(\epsilon_r + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_r - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \tag{2.3}$$

$$L = \frac{\lambda_0}{2\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2\Delta L \tag{2.4}$$

$$L = L_{\text{eff}} - 2\Delta L \tag{2.5}$$

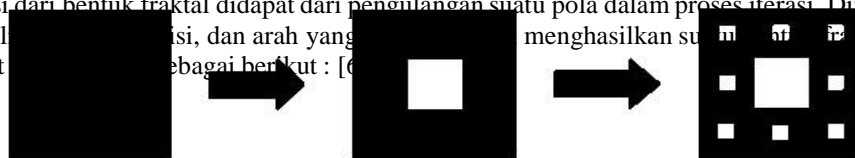
Ukuran *Ground plane* sama dengan ukuran substrat, yaitu [4] :

$$W_g = 6h + L \tag{2.6}$$

$$W_g = 6h + W \tag{2.7}$$

**2.5 Metode Fractal Sierpinski Carpet**

Bentuk dari fraktal memiliki bentuk yang sama dari dirinya secara keseluruhan tetapi memiliki ukuran yang berbeda. Konstruksi dari bentuk fraktal didapat dari pengulangan suatu pola dalam proses iterasi. Dimana pengulangan pola tersebut memiliki dimensi, dan arah yang berbeda-beda menghasilkan suatu fraktal. Geometri dari antena fraktal dapat digambarkan sebagai berikut : [6]



(a)

(b)

(c)

**Gambar 4. Proses fraktalisasi Sierpinski Carpet** (a) Geometri fraktal Sierpinski Carpet 0 iterasi , (b) Geometri fraktal Sierpinski Carpet 1 iterasi, (c) Geometri fraktal Sierpinski Carpet 2 iterasi

Pada iterasi 1, mencari nilai sisi  $X_1$  dapat menggunakan rumus [7]

$$Lp(n) = (1/3)^n \quad (2.8)$$

Keterangan :

$L_p(n)$  = Sisi persegi iterasi n  
 n = Iterasi ke-n

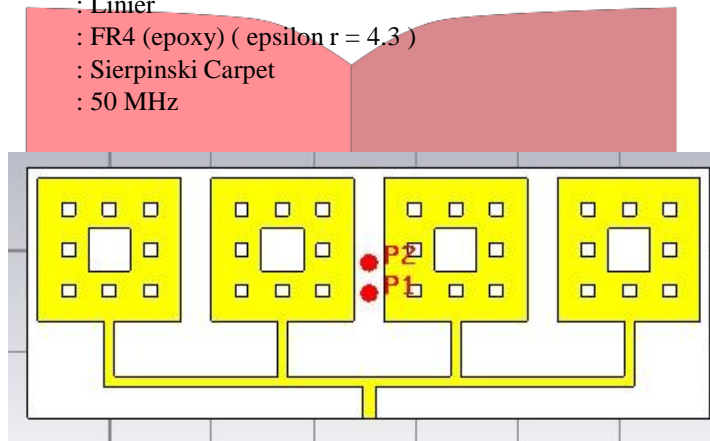
Untuk mencari nilai sisi X2 pada iterasi 2, dapat menggunakan rumus [7] dengan input X1.

**2.6 Spesifikasi Antena**

Adapun spesifikasi yang diperlukan untuk merancang satu modul antenna ini yaitu :

- Frekuensi kerja : 1900 MHz dan 2100 MHz
- VSWR :  $\leq 2$
- Gain :  $> 1$  dB
- Pola Radiasi : Unidireksional
- Polarisasi : Linier
- Substrat : FR4 (epoxy) ( epsilon r = 4.3 )
- Geometri Fractal : Sierpinski Carpet
- Bandwith : 50 MHz

**2.7 Simulasi**



**Gambar 5.** Antena empat patch

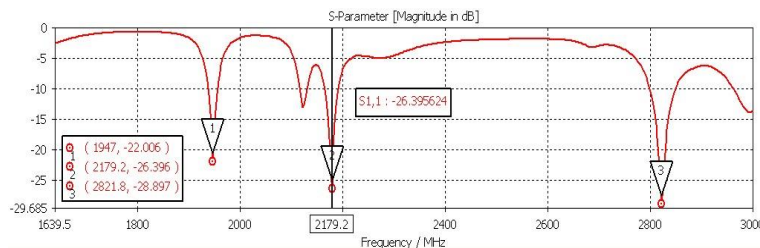
Melakukan simulasi empat elemen dan didapatkan hasil simulasi yang sudah dioptimasi sebagai berikut :

**Tabel 1.** Tabel dimensi antenna delapan elemen sesudah optimasi

Parameter	Nilai (mm)	Nama Parameter
L Groundplane	79.87	Lg
L Stripline	26.85	Ls
W Stripline	5	Ws
W Patch iterasi 0	69.84	W / L
W Patch iterasi 1	20.5	W1 / Lp1
W Patch iterasi 2	6.5	W2 / Lp2

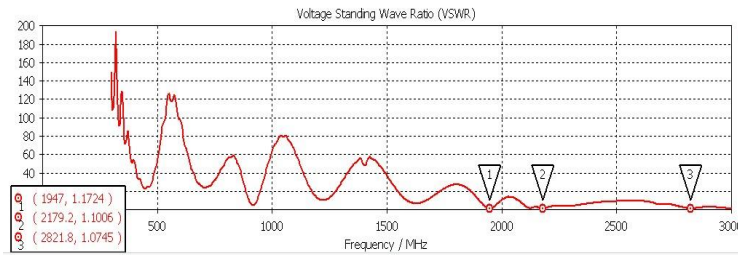
**2.8 Hasil Simulasi**

**2.81 Return loss, VSWR dan Bandwidth**

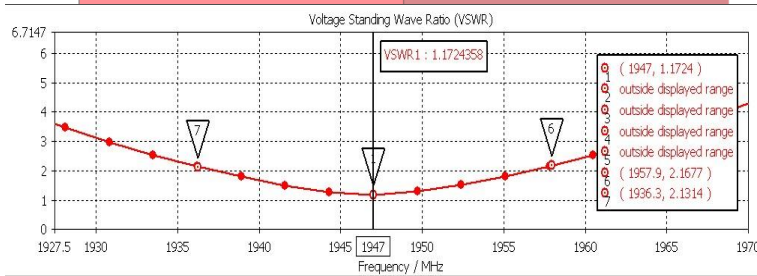


**Gambar 6.** Grafik return loss

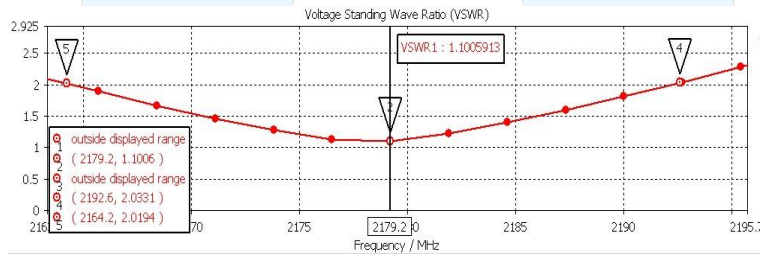
Dari gambar 2.6 terlihat bahwa didapatkan frekuensi resonansi pada 1,947 GHz dan didapatkan *Return Loss* pada frekuensi 1,947 GHz sebesar -22,006 dB, dan *Return Loss* pada 2,1792 GHz sebesar -26,396 dB. *Return Loss* pada 2,821 GHz sebesar -28,897



Gambar 7. Grafik VSWR



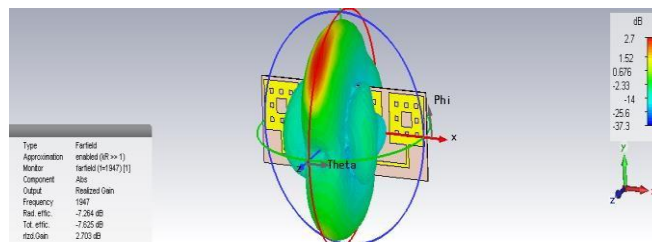
Gambar 8. Grafik Bandwith frekuensi 1,947 GHz



Gambar 9. Grafik Bandwith frekuensi 2,1792 GHz

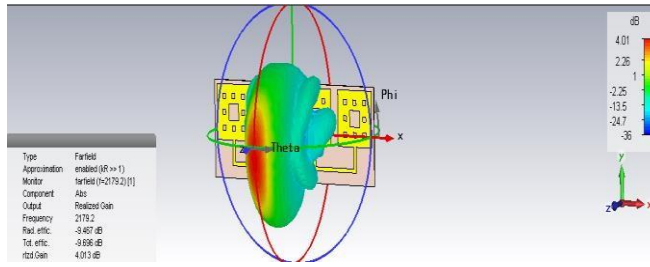
VSWR yang dihasilkan pada frekuensi 1,947 GHz adalah sebesar 1.1724 yang mana sudah mendekati 1, dapat dilihat pada gambar 7,8,9. Nilai VSWR berubah akan seiring dengan perubahan *return loss*. *Bandwidth* untuk frekuensi 1,947 GHz yang didapatkan pada VSWR 2 adalah sekitar 21,6 MHz dan untuk frekuensi 2,1792 GHz sebesar 28,4 MHz.

2.8.2 Gain



Gambar 10. Gain pada frekuensi 1,947 GHz



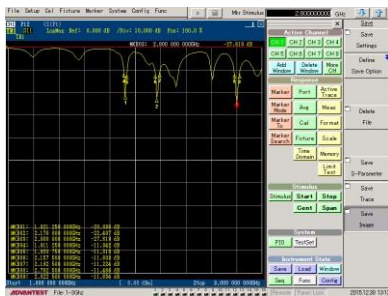


Gambar 11. Gain pada frekuensi 2,1792 GHz

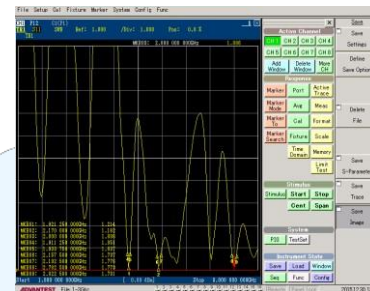
Dari gambar 10 dan 11 menunjukkan pola radiasi yang dihasilkan oleh satu modul antenna secara 3 dimensi. Tampak dari *main lobe* memiliki bagian yang berwarna merah. Spektrum warna yang ditampilkan merepresentasikan penguatan dari antenna. Biru berarti pelemahan dan merah berarti penguatan. Dapat dilihat bahwa *gain* yang didapatkan pada simulasi yaitu sebesar 2,7 dB (frekuensi 1,947 GHz) dan 4,01 dB (frekuensi 2,1792 GHz) pada *main lobe*. Dan dapat disimpulkan dari pola radiasi ini adalah unidireksional.

### 3. Pembahasan

#### 3.1 Pengukuran Return loss, VSWR dan bandwidth



Gambar 12. Grafik return loss



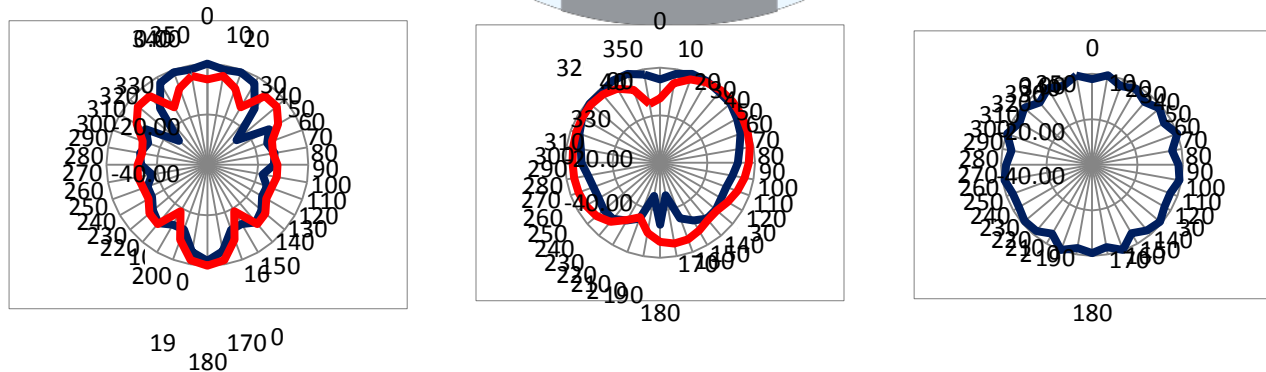
Gambar 13. Grafik VSWR

Pada gambar 4.1, dapat dilihat pada marker 1 berada pada frekuensi 1,92125 GHz dengan *return loss* sebesar -20.836 dB. Pada marker 2 berada frekuensi 2,17 GHz dengan *return loss* sebesar -22.487 dB. Pada frekuensi 1,92125 GHz dari pengukuran VSWR didapat nilai VSWR sebesar 1,214 yang ditunjuk oleh marker 1, dan pada VSWR 2 diperoleh nilai *lower frequency* 1,91125 GHz dan *upper frequency* 1,93375 GHz yang ditunjuk oleh marker 4 dan 5. Sehingga *bandwith* pada VSWR 2 adalah  $1,93375 - 1,91125 = 22,5$  MHz.

Pada frekuensi 2,17 GHz dari pengukuran VSWR didapat nilai VSWR sebesar 1,162 yang ditunjuk oleh marker 2, dan pada VSWR 2 diperoleh nilai *lower frequency* 2,1575 GHz dan *upper frequency* 2,1925 GHz yang ditunjuk oleh marker 6 dan 7. Sehingga *bandwith* pada VSWR 2 adalah  $2,1925 - 2,1575 = 35$  MHz.

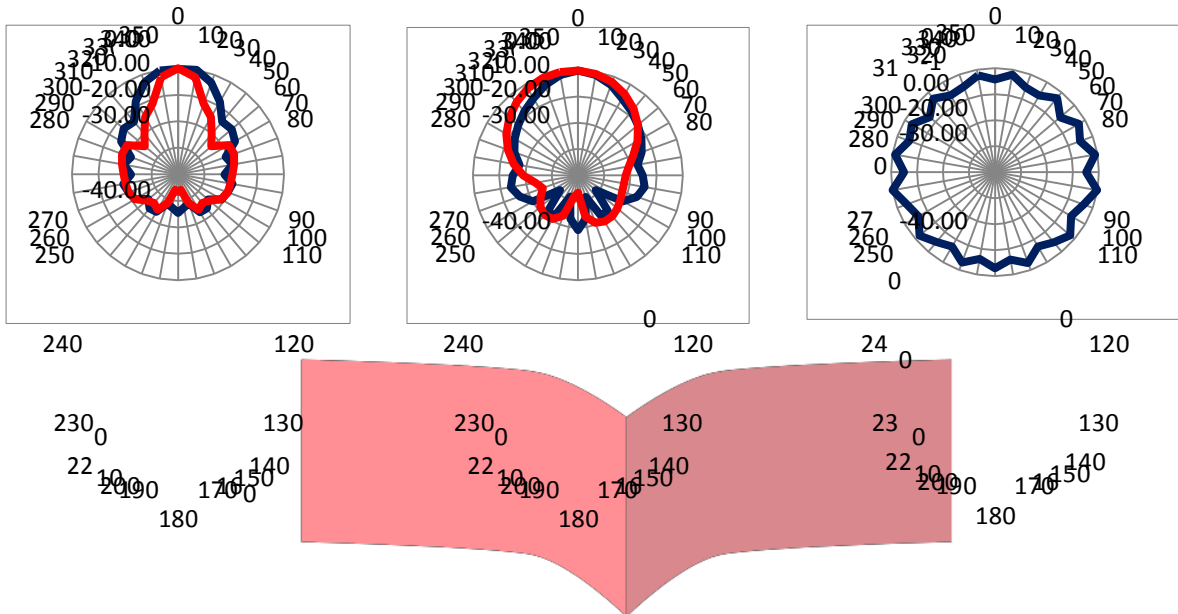
#### 3.2 Polaradiasi dan polarisasi

Untuk frekuensi 1,92125 GHz, maka didapatkan



Gambar 14. Grafik pola radiasi azimuth, elevasi, dan polarisasi

Dari grafik polarisasi didapatkan daya terima sudut  $0^{\circ}$  adalah atau  $-65.87$  dBm. Dan dengan daya terima sudut  $90^{\circ}$  adalah  $-65.19$  dBm sehingga *axial ratio*-nya didapatkan sebesar 1,78 artinya polarisasinya adalah ellipsis. Untuk frekuensi 2,17 GHz, maka didapatkan



Gambar 15. Grafik pola radiasi azimuth, elevasi, dan polarisasi

Dari grafik polarisasi didapatkan daya terima sudut  $0^{\circ}$  adalah  $-62.9$  dBm. Dan dengan daya terima sudut  $90^{\circ}$  adalah atau  $-63.6$  dBm sehingga *axial ratio*-nya didapatkan sebesar 3,4 artinya polarisasinya adalah ellipsis.

3.3 Gain

Tabel 2. Tabel perbandingan gain pada frekuensi 1,92125 GHz

	Gain
Simulasi	2.7 dB
Pengukuran	2.15 dB

Tabel 3. Tabel perbandingan gain pada frekuensi 2,1792 GHz

	Gain
Simulasi	4.01 dB
Pengukuran	3.65 dB

3.4 Perbandingan Hasil Simulasi dengan Pengukuran

Tabel 4. Tabel perbandingan parameter simulasi dan pengukuran frekuensi 1900 MHz

Parameter	Spesifikasi	Simulasi	Pengukuran
Frekuensi	1,9 GHz	1,947 GHz	1,92125 GHz
Bandwith	50 MHz	21.6 MHz	22,5 MHz
VSWR	< 2	1.1724	1,214
Pola radiasi	Unidireksional	Unidireksional	Unidireksional
Polarisasi	Linier	Linier	Elips
Gain	>1 dB	2,7 dB	2,15 dB



<b>Impedansi</b>	50 Ohm	$49,562017 - j0,021622 \Omega$	$48,231 \Omega - j0,523627 \Omega$
------------------	--------	--------------------------------	------------------------------------

**Tabel 5.** Tabel perbandingan parameter simulasi dan pengukuran frekuensi 2100 MHz

Parameter	Spesifikasi	Simulasi	Pengukuran
Frekuensi	2,1 GHz	2,1792 GHz	2,17 GHz
Bandwith	50 MHz	28.4 MHz	35 MHz
VSWR	< 2	1.1006	1,162
Pola radiasi	Unidireksional	Unidireksional	Unidireksional
Polarisasi	Linier	Linier	Elips
Gain	>1 dB	4,01 dB	3.65dB
Impedansi	50 Ohm	49,16563 – j0,021622 $\Omega$	48,527 $\Omega$ - j0,632432 $\Omega$

Jika dilihat dari parameter-parameter simulasi, hasilnya sudah hampir mendekati dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

#### 4 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu didapatkan hasil pengukuran parameter-parameter antenna pada frekuensi 1,92125 GHz, memiliki VSWR sebesar 1,214 dari spesifikasi awal yaitu kecil dari 2 dengan *return loss* -22,487 dB, impedansi 48,231  $\Omega$  - j0,523627  $\Omega$  dari spesifikasi awal 50 Ohm, *gain* 2,15 dB dan *bandwidth* 22,5 MHz dari spek awalnya yaitu besar dari 20 MHz pada perpotongan VSWR 2. Pada frekuensi 2,17 GHz, memiliki VSWR sebesar 1,162, *return loss* -22.487 dB, impedansi 48,527  $\Omega$  - j0,632432  $\Omega$  dan *bandwidth* 35 MHz. Dapat disimpulkan antenna yang telah dirancang mendekati spesifikasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://www.idtechex.com/research/topics/energy-harvesting.asp>
- [2] Gard, R., Bartia, P., Bahl, I., & Apisak. (2010). *Microstrip Antenna Design Handbook*. Boston : Artech House.
- [3] Nakar, Punit S. 2004. Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for use in Wireless/Cellular Devices. The Florida State University. Thesis
- [4] Balanis, Constantine A. 1982, *Antenna Theory : Analysis and Design*, Haper & Row, Publisher, New York.
- [5] Qadri, Muh.Qautsar, " Perancangan Dan Realisasi Rectenna Untuk Frekuensi 900 MHz Dengan Output Mencapai 1.2 Volt Sebagai Pencatu Daya Alternatif Untuk Jam Analog", Institut Teknologi Telkom, 2013.
- [6] Baidhowy, Zakky, " Perancangan Dan Realisasi *Fractal Planar Inverted F Antenna* (F- PIFA) Pada Frekuensi 2,4 GHz, 3,3 GHz Dan 5,8 GHz Untuk Aplikasi WI-FI Dan WIMAX, Bandung, Universitas Telkom, 2015.
- [7] Kumar, S.B. and Singhal, P.K. *On The Investigation of A Sierpinski's Carpet Microstrip Fractal Antenna*, International Journal of Engineering Science & Advanced Technology, Vol. 2 Issue-2, 200 – 203, 2012.
- [8] [http://www.mouser.co.id/applications/rf\\_energy\\_harvesting/](http://www.mouser.co.id/applications/rf_energy_harvesting/)
- [9] RF-based Wireless Charging and Energy Harvesting Enables New Applications and Improves Product Design.
- [10] Amal, Hamka.Ikhlusal, "Perancangan dan Realisasi Sistem RF Energy Harvesting pada Frekuensi UHF", Universitas Telkom, 2015.