

## BAB V

### PENGUKURAN DAN ANALISIS

#### ANTENA MIKROSTRIP *EQUILATERAL TRIANGULAR ARRAY*

##### 5.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan diuraikan prosedur pengukuran parameter-parameter antena, hasil pengukuran yang diperoleh, serta analisisnya. Dengan demikian dapat diketahui bagaimana karakteristik dan peromansi dari antena mikrostrip *equilateral triangular array* dua elemen hasil perancangan.

Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mendapatkan data-data parameter antena yang telah dirancang dan difabrikasi. Dalam hal ini pengukuran yang dilakukan meliputi :

- Pengukuran VSWR
- Pengukuran *return loss*
- Perhitungan koefisien pantul
- Pengukuran *gain* antena.
- Pengukuran pola radiasi.
- Pengukuran polarisasi.
- Perhitungan *bandwidth*
- Perhitungan *directivity*

Pengukuran parameter-parameter tersebut dilakukan di Laboratorium *Microwave* Institut Teknologi Telkom Bandung.

##### 5.2 Pengukuran VSWR

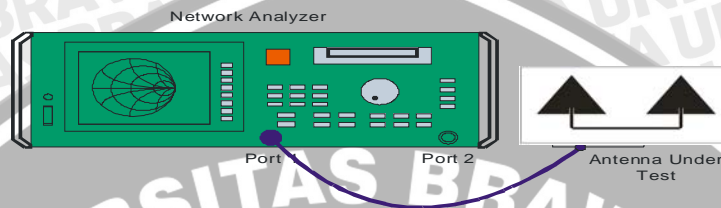
###### 5.2.1 Alat-alat yang digunakan

- *RF Network Analyzer* Agilent 8714ES 300 kHz – 3000 MHz.
- Antena uji (Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array*).
- Kabel koaksial RG-58A/U.
- Konektor N *Female* dan *converter* N to SMA.

###### 5.2.2 Prosedur Pengukuran

1. Menghidupkan alat ukur *RF Network Analyzer* dan tunggu  $\pm 5$  menit untuk persiapan pengukuran.

2. Menghubungkan kabel koaksial RG-58A/U dengan alat ukur *RF Network Analyzer*.
3. Mengkalibrasi alat ukur *RF Network Analyzer* yang telah dihubungkan kabel koaksial RG-58A/U.
4. Menghubungkan ujung lain kabel koaksial RG-58A/U dengan antenna uji sehingga terbentuk rangkaian seperti pada Gambar 5.1 di bawah ini.



Gambar 5.1 Rangkaian Pengukuran VSWR

Sumber : Pengukuran

5. Mengatur alat ukur *RF Network Analyzer* pada range frekuensi 100 MHz – 3000 MHz.
6. Mencatat nilai VSWR yang ditunjukkan oleh alat ukur *RF Network Analyzer* pada range frekuensi 1400 MHz-1800 MHz dengan step kenaikan setiap 25 MHz.

### 5.2.3 Hasil Pengukuran

Dengan prosedur pengukuran tersebut, didapat data hasil pengukuran VSWR antenna mikrostrip *equilateral triangular array* seperti pada Tabel 5.1 berikut.

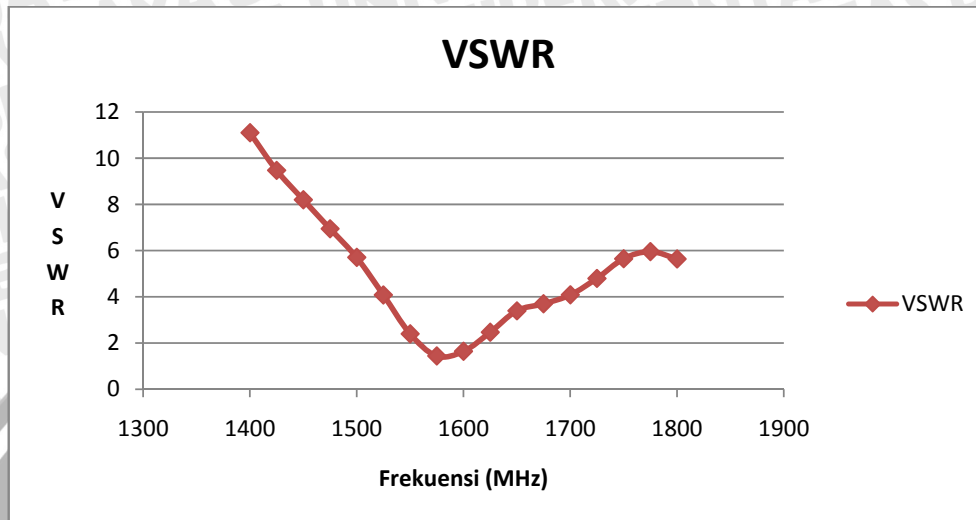
Tabel 5.1 Hasil Pengukuran *VSWR* Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array*

No	Frekuensi (MHz)	VSWR
1	1400	11.1
2	1425	9.476
3	1450	8.201
4	1475	6.948
5	1500	5.704
6	1525	4.076
7	1550	2.397
8	1575	1.437
9	1600	1.639
10	1625	2.468
11	1650	3.396
12	1675	3.698
13	1700	4.081
14	1725	4.797
15	1750	5.65
16	1775	5.955
17	1800	5.642

Sumber : Hasil Pengukuran



Selanjutnya dari data hasil pengukuran *VSWR* dapat dibuat grafik fungsi *VSWR* terhadap frekuensi, seperti ditunjukkan pada Grafik 5.1 berikut.

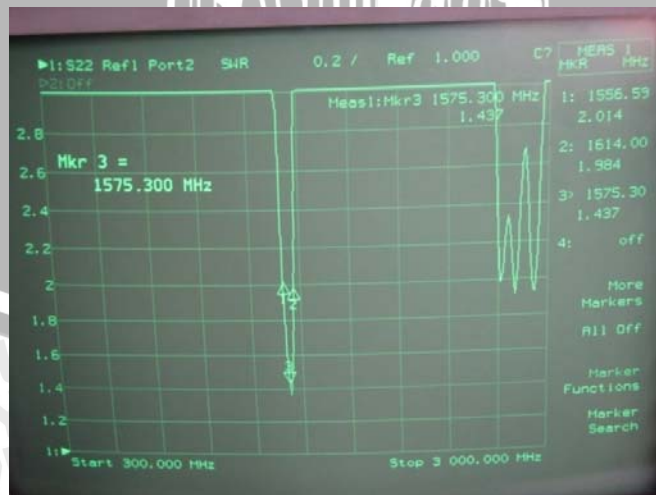


Grafik 5.1 Grafik Fungsi *VSWR* Terhadap Frekuensi

Sumber : Hasil Pengukuran

#### 5.2.4. Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran, antenna mikrostrip *equilateral triangular array* ini memiliki nilai *VSWR* yang berbeda-beda di setiap frekuensinya. Pada frekuensi kerja 1575 MHz antenna memiliki nilai *VSWR* sebesar 1,437. Ini berarti antenna dapat bekerja pada frekuensi kerja yang direncanakan dan masih dalam batas yang diijinkan yaitu  $VSWR \leq 2$ .



Gambar 5.2 Tampilan Pengujian *VSWR* pada *Network Analyzer*

Sumber : Pengukuran

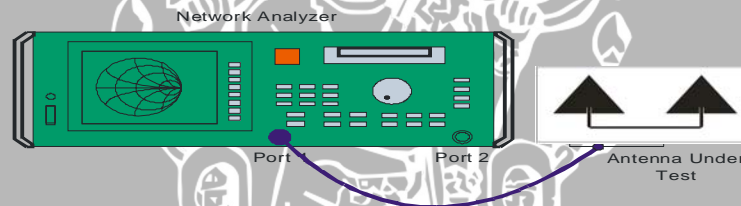
### 5.3 Pengukuran *Return Loss* dan Perhitungan Koefisien Pantul

#### 5.3.1 Alat-alat yang digunakan

- *RF Network Analyzer* Agilent 8714ES 300 kHz – 3000 MHz.
- Antena uji (Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array*).
- Kabel koaksial RG-58A/U.
- Konektor N *Female* dan *converter* N to SMA

#### 5.3.2 Prosedur Pengukuran

1. Menghidupkan alat ukur *RF Network Analyzer* dan tunggu  $\pm 5$  menit untuk persiapan pengukuran.
2. Menghubungkan kabel koaksial RG-58A/U dengan alat ukur *RF Network Analyzer*.
3. Mengkalibrasi alat ukur *RF Network Analyzer* yang telah dihubungkan kabel koaksial RG-58A/U.
4. Menghubungkan ujung lain kabel koaksial RG-58A/U dengan antena uji sehingga terbentuk rangkaian seperti pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Rangkaian Pengukuran *Return Loss*

Sumber : Pengukuran

7. Mengatur alat ukur *RF Network Analyzer* pada range frekuensi 1000 MHz – 3000 MHz.
8. Mencatat nilai *return loss* yang ditunjukkan oleh alat ukur *RF Network Analyzer* pada range frekuensi 1400 MHz-1800 MHz dengan *step* kenaikan setiap 25 MHz..
9. Dengan persamaan 2-19, diperoleh besarnya koefisien pantul untuk setiap frekuensi yang diukur.



### 5.3.3 Hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran *return loss* dapat dihitung nilai koefisien pantul antena.

Perhitungan nilai koefisien pantul dengan persamaan 2-19 adalah sebagai berikut:

$$f_r = 1575 \text{ MHz}$$

$$RL = -15,014 \text{ dB}$$

$$RL = 20 \log \Gamma \text{ (dB) ,}$$

$$\Gamma = 0,177$$

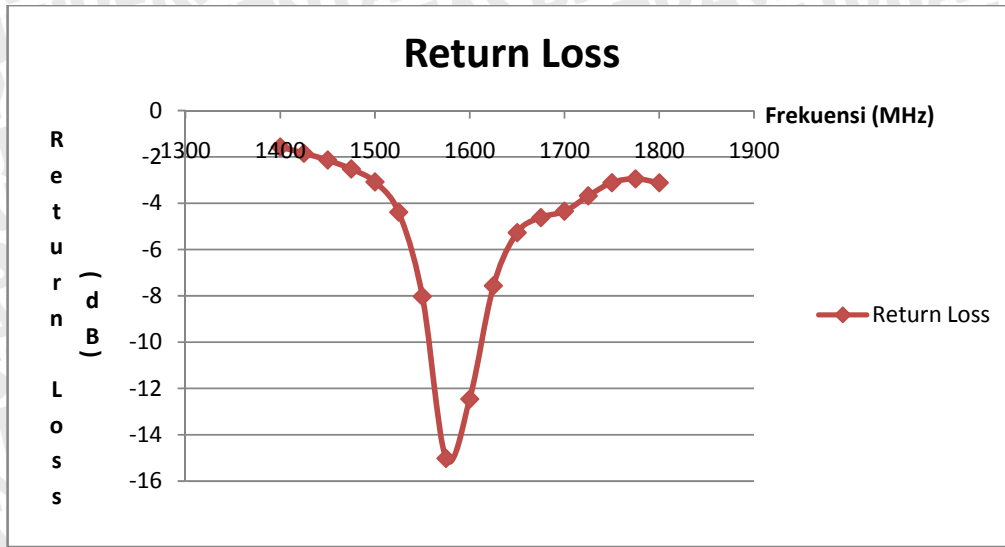
Dengan cara perhitungan yang sama, data hasil pengukuran *return loss*, maka koefisien pantul antena mikrostrip *equilateral triangular array* dua elemen dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Hasil pengukuran *Return Loss* dan Koefisien Pantul Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array*

No	Frekuensi (MHz)	Return Loss	Koefisien Pantul
1	1400	-1.573	0.834353323
2	1425	-1.841	0.809002754
3	1450	-2.137	0.781897816
4	1475	-2.52	0.748169501
5	1500	-3.079	0.701536061
6	1525	-4.388	0.603392628
7	1550	-8.021	0.397145824
8	1575	-15.014	0.177541547
9	1600	-12.459	0.238259376
10	1625	-7.564	0.418600748
11	1650	-5.271	0.545067139
12	1675	-4.618	0.587624643
13	1700	-4.349	0.606107977
14	1725	-3.684	0.654334772
15	1750	-3.111	0.698956262
16	1775	-2.946	0.712360779
17	1800	-3.115	0.698634455

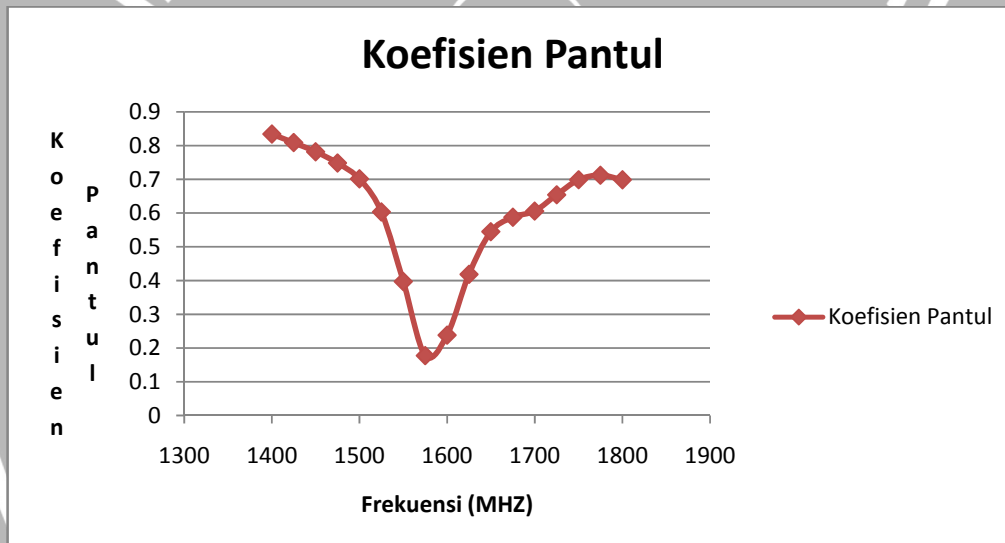
Sumber : Hasil Pengukuran

Selanjutnya dari data hasil pengukuran *return loss* dan koefisien pantul dapat dibuat grafik fungsi terhadap frekuensi, seperti ditunjukkan pada Grafik 5.2 dan 5.3 sebagai berikut.



Grafik 5.2 Grafik Fungsi *Return Loss* Terhadap Frekuensi

Sumber : Hasil Pengukuran



Grafik 5.3 Grafik Fungsi Koefisien Pantul Terhadap Frekuensi

Sumber : Hasil Pengukuran

### 5.3.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran, antenna mikrostrip *equilateral triangular array* ini memiliki nilai *Return loss* yang masih memenuhi parameter kerja. Pada frekuensi kerja 1575 MHz antenna memiliki nilai *return loss* sebesar  $-15,014$  dB dan koefisien pantul sebesar 0,177. Hal ini berarti antenna dapat bekerja pada frekuensi kerja yang direncanakan dan masih dalam batas yang diijinkan yaitu  $RL \leq -10$  dB.

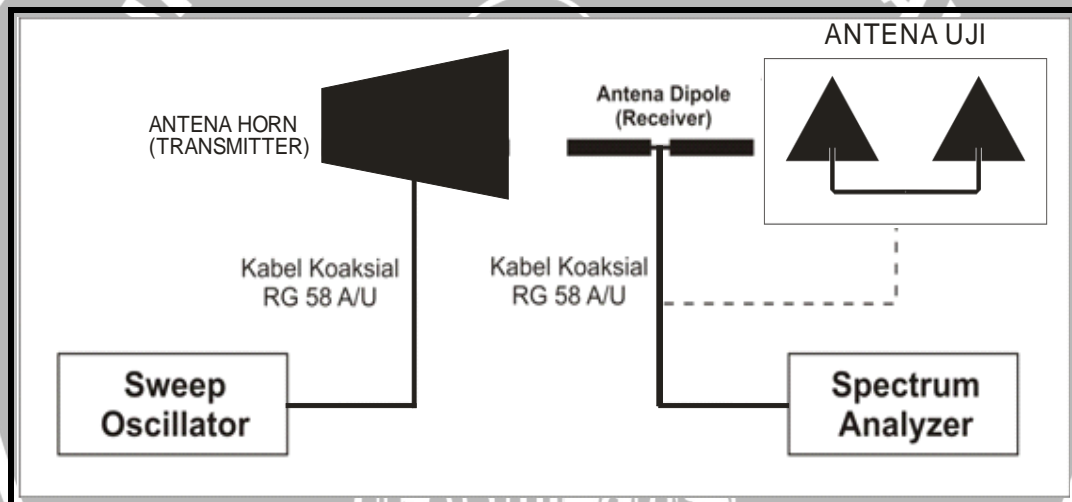


## 5.4 Pengukuran *Gain* Antena

### 5.4.1 Alat-alat yang digunakan

- *Sweep Oscillator 8350B* 1 - 26.5 GHz *Hewlett Packard*.
- *Spectrum Analyzer 8653E* 30 Hz – 26.5 GHz *Hewlett Packard*.
- Satu buah antena standar *dipole sleeve  $\lambda/2$*
- Satu buah antena *horn* sebagai *transmitter*.
- Antena uji (Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array*)
- Kabel koaksial RG-58A/U
- Konektor tipe N *Female* dan *converter N to SMA*
- Dua Buah Tiang penyangga

### 5.4.2 Prosedur Pengukuran



Gambar 5.4 Rangkaian Pengukuran *Gain* Antena

Sumber : Pengukuran

1. Merangkai peralatan seperti pada Gambar 5.4
2. Antena *horn* dipasang sebagai antena pemancar dan antena dipole  $\lambda/2$  dipasang sebagai antena referensi pada sisi penerima.
3. *Sweep Oscillator* diatur pada frekuensi 1575 MHz dan catat daya antena *horn* yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.
4. Antena *dipole  $\lambda/2$*  pada penerima (referensi) diganti dengan antena uji (Antena mikrostrip *equilateral triangular array*) hasil perancangan.
5. Mengulangi langkah 4 dengan masing-masing pengambilan data 10 kali kemudian mencatat daya yang diterima.

### 5.4.3 Hasil Pengukuran

Pada pengukuran gain antenna ini, akan diperoleh parameter-parameter yaitu daya yang diterima antenna referensi ( $P_R$ ), daya antenna yang diuji ( $P_U$ ), dan *gain* antenna yang diuji ( $G_{AUT}$ ). Nilai Gain antenna ( $G$ ) yang diuji diperoleh dari perhitungan data hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan 2-15 di bawah ini :

$$f_r = 1575 \text{ MHz}$$

$$P_R = -42.738 \text{ dBm}$$

$$P_U = -39.42 \text{ dBm}$$

$$G_R = 2,15 \text{ dBi}$$

$$G_{AUT}(\text{dBi}) = G_R(\text{dBi}) + 10 \log \left( \frac{W_U}{W_R} \right)$$

$$G_{AUT}(\text{dBi}) = G_R(\text{dBi}) + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm})$$

$$G_{AUT}(\text{dBi}) = 2.15(\text{dBi}) - 39.42(\text{dBm}) - (-42.738)(\text{dBm}) = 5.468 \text{ dBi}$$

Untuk hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5.3 di bawah ini

Tabel 5.3. Hasil pengukuran *Gain* Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array*

No. Pengukuran	Antena	
	Antena Uji <i>Under Test</i> (dBm)	Antena Referensi (dBm)
1	-39.67	-42.22
2	-39.87	-42.33
3	-39.17	-42.67
4	-39.5	-42.5
5	-39.83	-42.83
6	-39.93	-43.33
7	-39.4	-43
8	-39.33	-42.17
9	-38.83	-42.83
10	-38.67	-43.5
Rata-rata	-39.42	-42.738
Gain (dBi)	5.468	2.15

Sumber : Hasil Pengukuran

### 5.4.4 Analisis Hasil Pengukuran

Pada pengukuran ini digunakan antenna referensi adalah antenna *dipole*  $\lambda/2$  isotropis dengan nilai *gain* standar 2,15 dBi.

Pada frekuensi perencanaan antenna yaitu 1575 MHz antenna memiliki nilai *gain* 5,468 dBi yang berarti melebihi hasil simulasi yaitu 1,85 dBi. Ini telah memenuhi persyaratan yang diinginkan pada gain antenna mikrostrip yang umumnya > 4dBi.



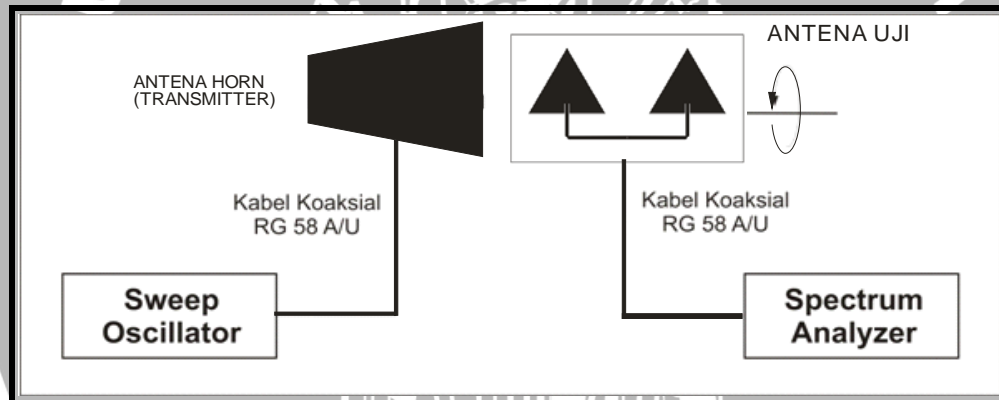
## 5.5. Pengukuran Polarisasi

### 5.5.1. Alat-alat yang digunakan

- *Sweep Oscillator* 8350B 1 - 26.5 GHz *Hewlett Packard*.
- *Spectrum Analyzer* 8653E 30 Hz – 26.5 GHz *Hewlett Packard*.
- Satu buah antena *horn* sebagai *transmitter*.
- Antena uji (Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array*)
- Kabel koaksial RG-58A/U
- Konektor tipe N *Female* dan *converter* N to SMA
- Dua buah tiang penyangga dengan interval sudut putar tiap  $10^{\circ}$

### 5.5.2. Prosedur Pengukuran

1. Memasang antena *horn* sebagai antena pemancar dengan menghubungkannya ke *Sweep Oscillator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5. Rangkaian Pengukuran Polarisasi Antena

Sumber : Pengukuran

2. Memasang antena uji (Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array*) sebagai antena penerima dengan menghubungkannya ke *Spectrum Analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar 5.5.
3. Memposisikan antena pemancar sejajar dengan antena uji, kemudian mengatur *Sweep Oscillator* pada frekuensi 1575 MHz.
4. Memutar antena uji pada sumbu horizontal antena, dari  $0^{\circ}$  sampai  $360^{\circ}$  dengan interval  $10^{\circ}$ , dan mencatat nilai daya diterima yang ditunjukkan oleh *Spectrum Analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran.
5. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya.

### 5.5.3. Hasil Pengukuran

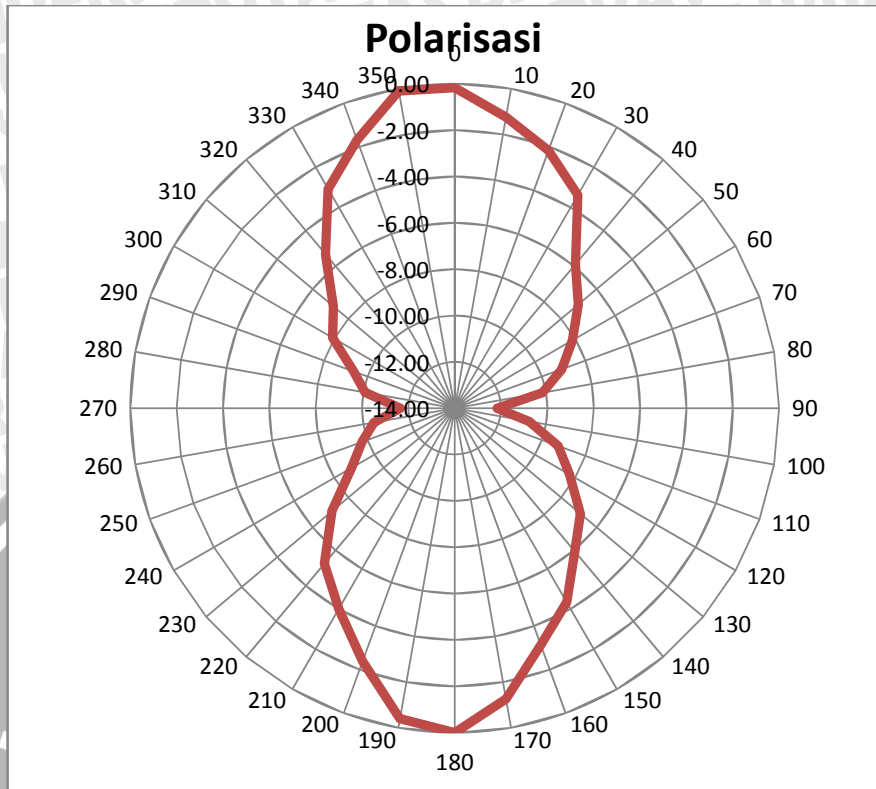
Berdasarkan hasil pengukuran polarisasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diterima oleh antenna uji (Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array*) yang diputar  $10^\circ$  pada sumbu horizontal. Nilai normalisasi hasil pengukuran kemudian diubah ke dalam bentuk diagram polar. Data hasil pengukuran polarisasi pada frekuensi 1575 MHz terlihat dalam Tabel 5.4 di bawah ini

Tabel 5.4. Hasil Pengukuran Polarisasi Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array* pada Frekuensi 1575 MHz

Sudut	Level terima (-dBm)	Level terima (-dBm)	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
0	39.67	39.33	-39.67	-39.33	-39.50	-0.16
10	40.83	40.33	-40.83	-40.33	-40.57	-1.24
20	41.33	41.67	-41.33	-41.67	-41.50	-2.16
30	42.86	42.55	-42.86	-42.55	-42.70	-3.37
40	45.66	44.83	-45.66	-44.83	-45.23	-5.89
50	46.57	46.17	-46.57	-46.17	-46.37	-7.03
60	47.83	47.13	-47.83	-47.13	-47.47	-8.13
70	48.33	48.5	-48.33	-48.50	-48.41	-9.08
80	49.87	49.13	-49.87	-49.13	-49.48	-10.15
90	51.33	51.67	-51.33	-51.67	-51.50	-12.16
100	50.33	49.83	-50.33	-49.83	-50.07	-10.74
110	48.67	48.5	-48.67	-48.50	-48.58	-9.25
120	47.55	47.67	-47.55	-47.67	-47.61	-8.28
130	46.33	46.17	-46.33	-46.17	-46.25	-6.92
140	45.17	45.37	-45.17	-45.37	-45.27	-5.94
150	43.83	43.5	-43.83	-43.50	-43.66	-4.33
160	42.43	42.5	-42.43	-42.50	-42.46	-3.13
170	40.5	40.67	-40.50	-40.67	-40.58	-1.25
180	39.17	39.5	-39.17	-39.50	-39.33	0.00
190	39.63	39.83	-39.63	-39.83	-39.73	-0.40
200	42.33	41.17	-42.33	-41.17	-41.71	-2.38
210	43.5	43.17	-43.50	-43.17	-43.33	-4.00
220	44.67	44.5	-44.67	-44.50	-44.58	-5.25
230	46.17	46.67	-46.17	-46.67	-46.41	-7.08
240	48.55	47.87	-48.55	-47.87	-48.20	-8.86
250	49.33	48.83	-49.33	-48.83	-49.07	-9.74
260	50.12	49.5	-50.12	-49.50	-49.80	-10.47
270	51.33	50.67	-51.33	-50.67	-50.99	-11.66
280	49.67	49.17	-49.67	-49.17	-49.41	-10.08
290	48.55	48.83	-48.55	-48.83	-48.69	-9.36
300	47.17	47.33	-47.17	-47.33	-47.25	-7.92
310	46.33	46.67	-46.33	-46.67	-46.50	-7.16
320	44.5	44.83	-44.50	-44.83	-44.66	-5.33
330	42.33	42.5	-42.33	-42.50	-42.41	-3.08
340	41.83	40.33	-41.83	-40.33	-41.02	-1.68
350	39.46	39.4	-39.46	-39.40	-39.43	-0.10

Sumber : Hasil Pengukuran





Gambar 5.6. Diagram Polar Polarisasi Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array* pada frekuensi 1575 MHz  
 Sumber : Hasil Pengukuran

#### 5.5.4. Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan data hasil pengukuran polarisasi Tabel 5.4, dengan mengubah data nilai daya yang telah dinormalisasi ke dalam bentuk diagram polar, maka dapat diketahui bentuk polarisasi antenna. Bentuk polarisasi antenna yang diuji pada frekuensi 1575 MHz dapat dilihat dalam Gambar 5.6 di atas.

Berdasarkan Gambar 5.6 antenna ini dapat digolongkan sebagai antenna yang berpolarisasi linier. Walaupun tidak linier sempurna namun dengan memiliki nilai maksimum pada sudut  $0^{\circ}$  dan  $180^{\circ}$  serta minimum pada sekitar  $90^{\circ}$  dan  $270^{\circ}$  maka sudah dapat dikatakan memiliki polarisasi linier. Ini sesuai dengan teori bahwa antenna mikrostrip memang memiliki polarisasi linier.

#### 5.6. Pengujian Pola Radiasi

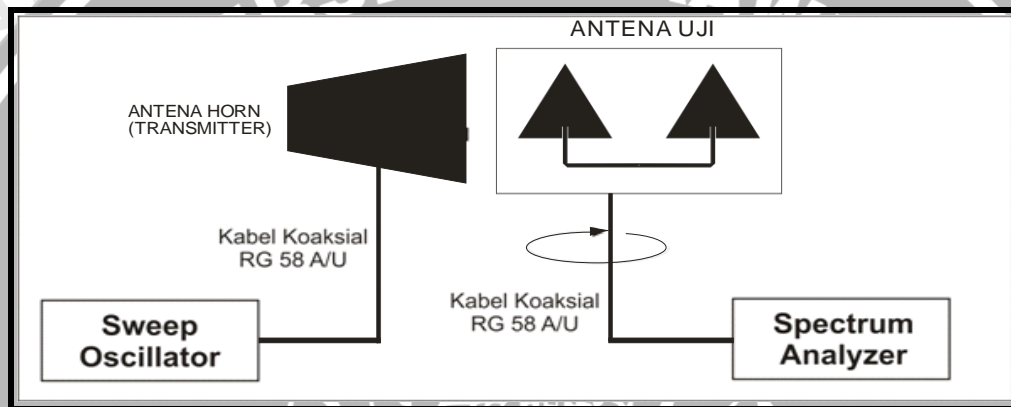
##### 5.6.1. Alat-alat yang digunakan

- *Sweep Oscillator 8350B 1 - 26.5 GHz Hewlett Packard.*
- *Spectrum Analyzer 8653E 30 Hz – 26.5 GHz Hewlett Packard.*

- Satu buah antena *horn* sebagai *transmitter*.
- Antena uji (Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array*)
- Kabel koaksial RG-58A/U
- Konektor tipe N *Female* dan *converter* N to SMA
- Dua buah tiang penyangga dengan interval sudut putar  $10^\circ$

### 5.6.2. Prosedur Pengukuran

1. Memasang antena *horn* sebagai antena pemancar dengan menghubungkannya ke *Sweep Oscillator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5.7. Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Antena

Sumber : Pengukuran

2. Memasang antena uji (antena mikrostrip *Equilateral Triangular Array*) sebagai antena penerima dengan menghubungkannya ke *Spectrum Analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.7.
3. Mengatur *Sweep Oscillator* pada frekuensi 1575 MHz.
4. Memutar antena uji (antena mikrostrip *Equilateral Triangular Array*) secara horizontal, dari  $0^\circ$  sampai  $360^\circ$  dengan interval  $10^\circ$ , dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *Spectrum Analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran untuk mendapatkan nilai pola radiasi horizontal.
5. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya.
6. Memutar antena pemancar dan antena uji (antena mikrostrip *Equilateral Triangular Array*) pada sumbu sejauh  $90^\circ$ , untuk mendapatkan nilai Pola Radiasi Vertikal.
7. Mengulangi langkah 4 dan 5.



### 5.6.3. Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diradiasikan oleh antenna uji. Pola radiasi yang diperoleh yaitu Pola Radiasi Horizontal dan Pola Radiasi Vertikal. Data hasil pengukuran Pola Radiasi Horizontal dan Pola Radiasi Vertikal pada frekuensi 1575 MHz terlihat dalam Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.5. Hasil Pengukuran Pola Radiasi Horizontal Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array* pada frekuensi 1575 MHz.

Sudut	Level terima (-dBm)	Level terima (-dBm)	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
0	39.67	39.50	-39.67	-39.50	-39.58	0.00
10	41.33	41.67	-41.33	-41.67	-41.50	-1.91
20	42.50	42.33	-42.50	-42.33	-42.41	-2.83
30	45.67	45.50	-45.67	-45.50	-45.58	-6.00
40	46.83	46.67	-46.83	-46.67	-46.75	-7.17
50	48.33	48.17	-48.33	-48.17	-48.25	-8.67
60	49.23	49.50	-49.23	-49.50	-49.36	-9.78
70	46.00	46.13	-46.00	-46.13	-46.06	-6.48
80	46.50	46.78	-46.50	-46.78	-46.64	-7.05
90	50.33	50.23	-50.33	-50.23	-50.28	-10.70
100	50.83	50.33	-50.83	-50.33	-50.57	-10.99
110	51.67	51.17	-51.67	-51.17	-51.41	-11.83
120	49.83	49.50	-49.83	-49.50	-49.66	-10.08
130	46.33	46.17	-46.33	-46.17	-46.25	-6.67
140	48.50	48.67	-48.50	-48.67	-48.58	-9.00
150	49.33	49.50	-49.33	-49.50	-49.41	-9.83
160	43.22	43.83	-43.22	-43.83	-43.51	-3.93
170	44.17	44.67	-44.17	-44.67	-44.41	-4.83
180	43.50	43.50	-43.50	-43.50	-43.50	-3.92
190	44.34	44.56	-44.34	-44.56	-44.45	-4.86
200	47.00	47.67	-47.00	-47.67	-47.32	-7.74
210	48.33	48.14	-48.33	-48.14	-48.23	-8.65
220	43.45	43.83	-43.45	-43.83	-43.64	-4.05
230	42.50	42.83	-42.50	-42.83	-42.66	-3.08
240	46.33	46.50	-46.33	-46.50	-46.41	-6.83
250	50.33	50.23	-50.33	-50.23	-50.28	-10.70
260	50.50	50.83	-50.50	-50.83	-50.66	-11.08
270	49.83	49.67	-49.83	-49.67	-49.75	-10.17
280	49.50	49.33	-49.50	-49.33	-49.41	-9.83
290	45.23	46.17	-45.23	-46.17	-45.67	-6.09
300	49.50	49.17	-49.50	-49.17	-49.33	-9.75
310	46.78	46.33	-46.78	-46.33	-46.55	-6.97
320	45.66	45.83	-45.66	-45.83	-45.74	-6.16
330	42.50	43.17	-42.50	-43.17	-42.82	-3.24
340	41.17	41.50	-41.17	-41.50	-41.33	-1.75
350	40.33	40.67	-40.33	-40.67	-40.50	-0.91

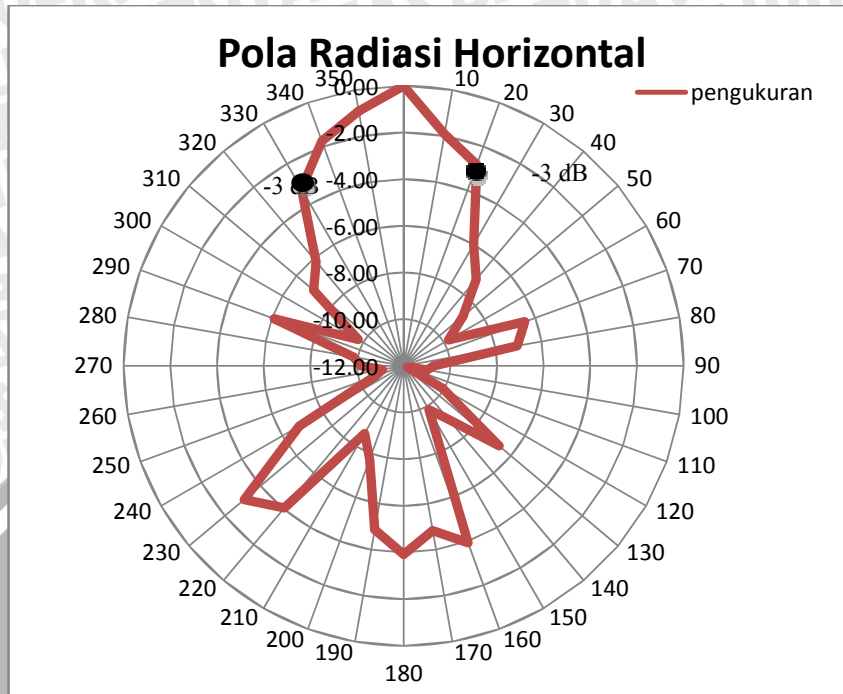
Sumber : Hasil Pengukuran

Tabel 5.6. Hasil Pengukuran Pola Radiasi Vertikal Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array* pada frekuensi 1575 MHz

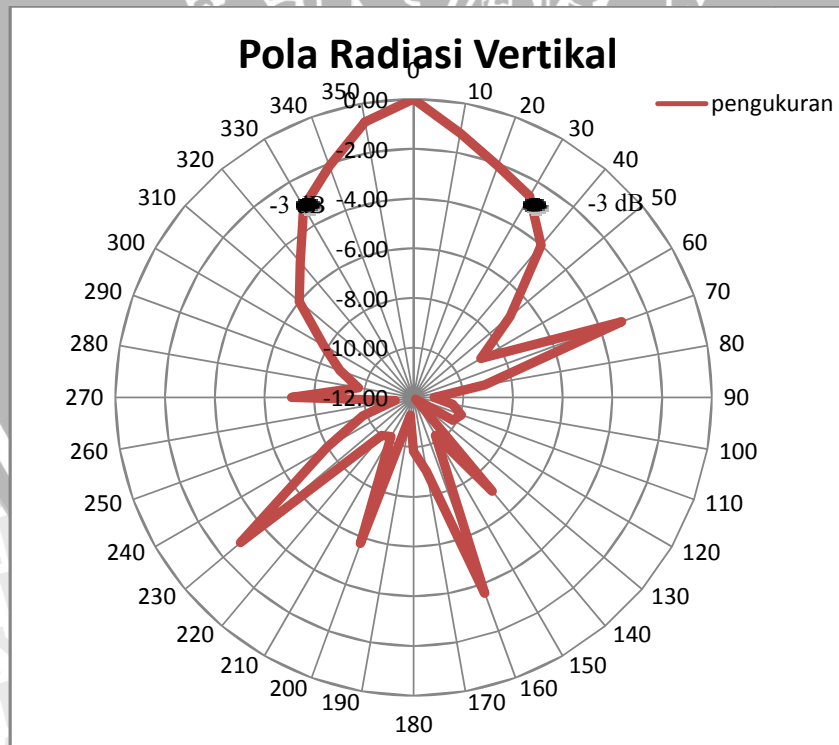
Sudut	Level terima (-dBm)	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
0	39.67	39.50	-39.67	-39.50	-39.58	0.00
10	41.33	41.67	-41.33	-41.67	-41.50	-1.91
20	42.50	42.33	-42.50	-42.33	-42.41	-2.83
30	45.67	45.50	-45.67	-45.50	-45.58	-6.00
40	46.83	46.67	-46.83	-46.67	-46.75	-7.17
50	48.33	48.17	-48.33	-48.17	-48.25	-8.67
60	49.23	49.50	-49.23	-49.50	-49.36	-9.78
70	46.00	46.13	-46.00	-46.13	-46.06	-6.48
80	46.50	46.78	-46.50	-46.78	-46.64	-7.05
90	50.33	50.23	-50.33	-50.23	-50.28	-10.70
100	50.83	50.33	-50.83	-50.33	-50.57	-10.99
110	51.67	51.17	-51.67	-51.17	-51.41	-11.83
120	49.83	49.50	-49.83	-49.50	-49.66	-10.08
130	46.33	46.17	-46.33	-46.17	-46.25	-6.67
140	48.50	48.67	-48.50	-48.67	-48.58	-9.00
150	49.33	49.50	-49.33	-49.50	-49.41	-9.83
160	43.22	43.83	-43.22	-43.83	-43.51	-3.93
170	44.17	44.67	-44.17	-44.67	-44.41	-4.83
180	43.50	43.50	-43.50	-43.50	-43.50	-3.92
190	44.34	44.56	-44.34	-44.56	-44.45	-4.86
200	47.00	47.67	-47.00	-47.67	-47.32	-7.74
210	48.33	48.14	-48.33	-48.14	-48.23	-8.65
220	43.45	43.83	-43.45	-43.83	-43.64	-4.05
230	42.50	42.83	-42.50	-42.83	-42.66	-3.08
240	46.33	46.50	-46.33	-46.50	-46.41	-6.83
250	50.33	50.23	-50.33	-50.23	-50.28	-10.70
260	50.50	50.83	-50.50	-50.83	-50.66	-11.08
270	49.83	49.67	-49.83	-49.67	-49.75	-10.17
280	49.50	49.33	-49.50	-49.33	-49.41	-9.83
290	45.23	46.17	-45.23	-46.17	-45.67	-6.09
300	49.50	49.17	-49.50	-49.17	-49.33	-9.75
310	46.78	46.33	-46.78	-46.33	-46.55	-6.97
320	45.66	45.83	-45.66	-45.83	-45.74	-6.16
330	42.50	43.17	-42.50	-43.17	-42.82	-3.24
340	41.17	41.50	-41.17	-41.50	-41.33	-1.75
350	40.33	40.67	-40.33	-40.67	-40.50	-0.91

Sumber : Hasil Pengukuran





Gambar 5.8. Pola Radiasi Horizontal Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array* pada Frekuensi 1575 MHz  
Sumber : Hasil Pengukuran



Gambar 5.9. Pola Radiasi Vertikal Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array* pada Frekuensi 1575 MHz  
Sumber : Hasil Pengukuran

#### 5.6.4. Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 dapat digambarkan bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan pada diagram polar, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 untuk frekuensi 1575 MHz. Berdasarkan Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 tersebut dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan (antena mikrostrip *equilateral triangular array*) adalah *unidirectional*, yaitu memiliki intensitas radiasi maksimum hanya pada satu arah tertentu saja.

Berdasarkan Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 diperoleh nilai  $-3dB$  *beamwidth* pola radiasi horizontal untuk frekuensi 1575 MHz adalah  $50^\circ$  ( $\theta_{HP} = 50^\circ$ ), dan nilai  $-3dB$  *beamwidth* pola radiasi vertikal adalah  $60^\circ$  ( $\phi_{HP} = 60^\circ$ ).

#### 5.7. Perhitungan Keterarahan (*Directivity*)

Untuk mengetahui nilai keterarahan (*directivity*) antenna yang diuji, dapat digunakan data hasil pengukuran pola radiasi.

##### 5.7.1. Cara Perhitungan

*Directivity* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut :

$$D = \frac{4\pi_{(steradian)}}{\theta \cdot \phi_{(radian^2)}}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ steradian} &= 1 \text{ radian}^2 \\ &= \left(\frac{180}{\pi}\right)^2 (\text{derajat}^2) \end{aligned}$$

sehingga,

$$D \approx \frac{4\pi \left(\frac{180}{\pi}\right)^2 (\text{derajat}^2)}{\theta_{HP}^\circ \phi_{HP}^\circ (\text{derajat}^2)} \approx \frac{41000}{\theta_{HP}^\circ \phi_{HP}^\circ}$$

dengan :

- $D$  = *directivity*
- $\theta$  = *beamwidth* pola radiasi vertikal (rad)
- $\phi$  = *beamwidth* pola radiasi horisontal (rad)
- $\theta_{HP}$  = *beamwidth* pola radiasi vertikal (derajat)
- $\phi_{HP}$  = *beamwidth* pola radiasi horisontal (derajat)



### 5.7.2. Hasil Perhitungan

Berdasarkan data hasil pengukuran pola radiasi, diperoleh nilai  $-3dB$  *beamwidth* pola radiasi horizontal untuk frekuensi 1575 MHz adalah  $50^\circ$  ( $\theta_{HP} = 50^\circ$ ), dan nilai  $-3dB$  *beamwidth* pola radiasi vertikal adalah  $60^\circ$  ( $\theta_{HP} = 60^\circ$ ). Maka nilai *directivity* antenna mikrostrip *equilateral triangular array* dua elemen hasil pembuatan adalah :

$$D = \frac{41000}{50^\circ \cdot 60^\circ}$$

$$= 13,67$$

$$D_{(dB)} = 10 \log 13,67$$

$$= 11,356 \text{ dBi}$$

### 5.8. Perhitungan *Bandwidth*

Perhitungan *bandwidth* antenna yang diuji dilakukan dengan cara menghitung selisih antara frekuensi atas dengan frekuensi bawah antenna uji. Penentuan frekuensi atas dan frekuensi bawah antenna dilakukan dengan cara menentukan frekuensi tertinggi dan terendah antenna dimana masih memiliki nilai  $VSWR \leq 2$ .

Berdasarkan data hasil pengukuran  $VSWR$  pada frekuensi 1575 MHz, antenna ini memiliki frekuensi terendah pada frekuensi 1556 MHz, dan frekuensi tertinggi pada frekuensi 1614 MHz. Sehingga *bandwidth* antenna ini adalah:

$$B = f_u - f_l$$

$$B = 1614 \text{ MHz} - 1556 \text{ MHz} = 58 \text{ MHz}$$

*Bandwidth* dalam persen :

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% = \frac{1614 - 1556}{1575} \times 100\% = 3,68 \%$$

*Bandwidth* antenna hasil pengukuran masih lebih besar dari *bandwidth* hasil perancangan yang hanya sebesar 33 MHz.

### 5.9 Analisis Parameter Antena

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan pada parameter-parameter antenna yang meliputi pengukuran *Return Loss*,  $VSWR$ , Koefisien Pantul, *Gain*, Pola Radiasi, Polarisasi, *Bandwidth*, dan *Directivity* antenna mikrostrip *equilateral triangular array* dua elemen yang akhirnya dapat diketahui karakteristik antenna sebagai berikut:

Tabel 5.7 Karakteristik Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array* Dua Elemen Hasil Pembuatan

Frekuensi kerja	1575 MHz
<i>Return Loss</i>	-15,014 dB
VSWR	1,437
Koefisien Pantul	0,177
<i>Gain</i>	5,468 dBi
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>
Polarisasi	Linier
<i>Bandwidth</i>	58 MHz
<i>Directivity</i>	11,356 dBi

Sumber: Hasil Pengukuran

Berdasarkan Tabel 5.7 di atas dapat kita lihat beberapa parameter antena mikrostrip *equilateral triangular array* dua elemen hasil pembuatan yang meliputi *return loss* sebesar -15,014 dB yang sesuai dengan standar *return loss* yang diijinkan yakni  $RL \leq -10$  dB dan VSWR antena sebesar 1,437 yang berarti sesuai dengan perencanaan bahwa nilai  $VSWR < 2$ . Koefisien pantul sebesar 0,122 yang menunjukkan bahwa sebagian besar sinyal dari antena dapat tersalurkan. Adapun nilai penguatan *gain* antena mikrostrip *equilateral triangular array* dua elemen hasil fabrikasi ialah sebesar 5,468 dBi. Pola radiasi antena adalah *unidirectional* dengan polarisasinya yang berbentuk linier. *Bandwidth* antena sebesar 58 MHz dengan *directivity* antena sebesar 11,356 dB

Dengan memperhatikan karakteristik antena hasil fabrikasi, dapat dinyatakan bahwa antena ini bisa digunakan untuk aplikasi GPS L1 1,575 GHz karena nilai VSWR dan *return loss* yang sesuai dengan batas yang diijinkan yaitu  $VSWR < 2$  dan  $RL < -10$ dB, nilai *gain* pun sesuai dengan persyaratan umum antena mikrostrip yaitu di atas 4 dBi. Nilai *bandwidth* sebesar 58 MHz pun lebih besar dari *requirement bandwidth* antena untuk aplikasi GPS L1 1,575 GHz yang hanya sebesar 10 MHz. Dengan melihat parameter-parameter tersebut dapat dikatakan bahwa antena mikrostrip *equilateral triangular array* dua elemen hasil fabrikasi ini dapat bekerja pada frekuensi GPS L1 1575 MHz.



### 5.10 Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

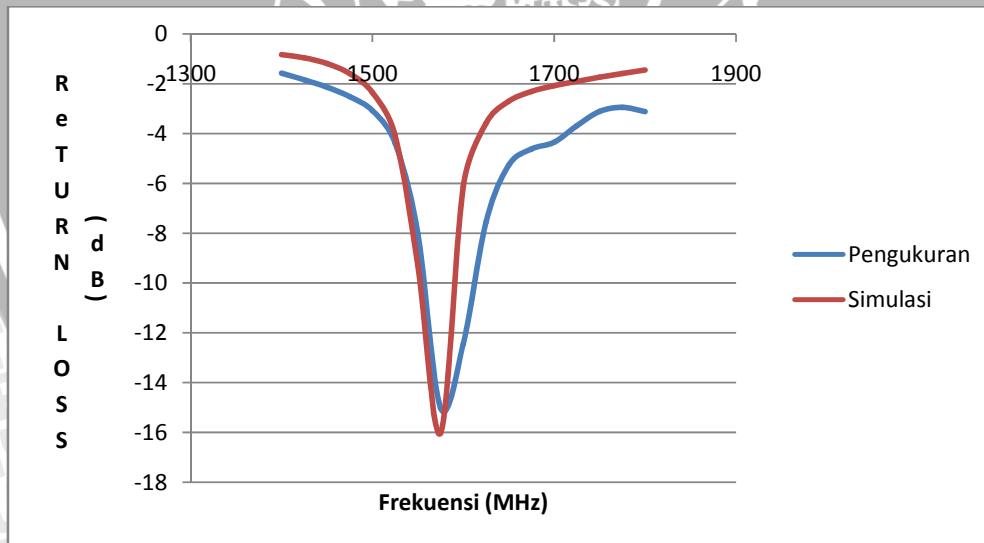
Perbandingan simulasi dan pengukuran yang telah dilakukan pada parameter-parameter antenna yang meliputi pengukuran *Return Loss*, *VSWR*, *Gain*, *Bandwidth*, dan *Directivity* antenna mikrostrip *equilateral triangular array* dua elemen dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut :

Tabel 5.8 Perbandingan Parameter Hasil Simulasi dan Pengukuran

Parameter	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
<i>Return Loss</i>	-16,027 dB	-15,014 dB
VSWR	1,375	1,437
<i>Gain</i>	1,95 dBi	5,468 dBi
<i>Bandwidth</i>	33 MHz	58 MHz
<i>Directivity</i>	7,947 dBi	11,356 dBi

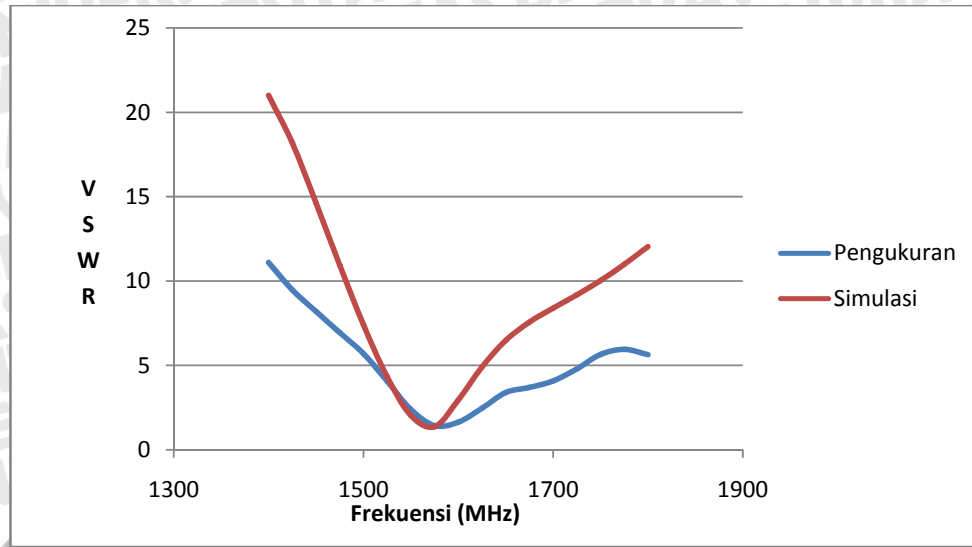
Sumber: Hasil Simulasi dan Pengukuran

Berdasarkan Tabel 5.8 di atas dapat kita lihat bahwa parameter antenna mikrostrip *equilateral triangular array* dua elemen hasil pembuatan memiliki nilai yang berbeda dengan hasil simulasi. Parameter *return loss* dan VSWR antenna hasil pengukuran lebih besar daripada hasil simulasi. Perbandingan parameter *return loss* dan VSWR pada terhadap frekuensi dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Grafik 5.4 Grafik Perbandingan *Return Loss* Simulasi dan Pengukuran

Sumber : Hasil Pengukuran dan Simulasi



Grafik 5.5 Grafik Perbandingan VSWR Simulasi dan Pengukuran

Sumber : Hasil Pengukuran dan Simulasi

Nilai parameter *return loss* dan VSWR hasil pengukuran lebih besar daripada hasil simulasi yang berarti lebih banyak daya yang dipantulkan akibat ketidaksesuaian impedansi terminal dan antena. Semakin naiknya nilai kedua parameter ini pada hasil pengukuran disebabkan karena antena hasil fabrikasi tidak ideal seperti pada simulasi. Selain itu terdapat juga faktor konektor yang dipergunakan ditambah lagi pada pengukuran digunakan *converter N to SMA* sehingga terdapat lebih banyak *loss* pada saluran transmisi sehingga menambah besarnya ketidaksesuaian impedansi yang terjadi. Sedangkan untuk parameter *gain*, *directivity* dan *bandwidth* hasil pengukuran lebih besar dibandingkan hasil simulasi.