

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL PENGUKURAN ANTENA MIKROSTRIP KOTAK-LINGKARAN *PATCH* ARRAY EMPAT ELEMEN UNTUK FREKUENSI KERJA 2,4 GHz

5.1 Pendahuluan

Untuk mengetahui karakteristik antena mikrostrip kotak-lingkaran *patch array* empat elemen untuk frekuensi kerja 2,4 GHz yang telah dirancang dan dibuat, maka dilakukan pengukuran terhadap parameter-parameter antena tersebut terhadap frekuensi kerjanya. Selanjutnya, dari pengukuran parameter-parameter antena yang didapat akan dilakukan analisis.

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

- Pengukuran RL, koefisien pantul dan VSWR
- Pengukuran *gain*
- Pengukuran polarisasi
- Pengukuran pola radiasi

Pengukuran parameter-parameter tersebut dilakukan di Laboratorium Sistem Transmisi Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Malang. Selain keempat pengukuran diatas, dari data hasil pengukuran VSWR didapatkan perhitungan *bandwidth* antena sedangkan dari data hasil pengukuran pola radiasi didapatkan perhitungan *directivity* antena.

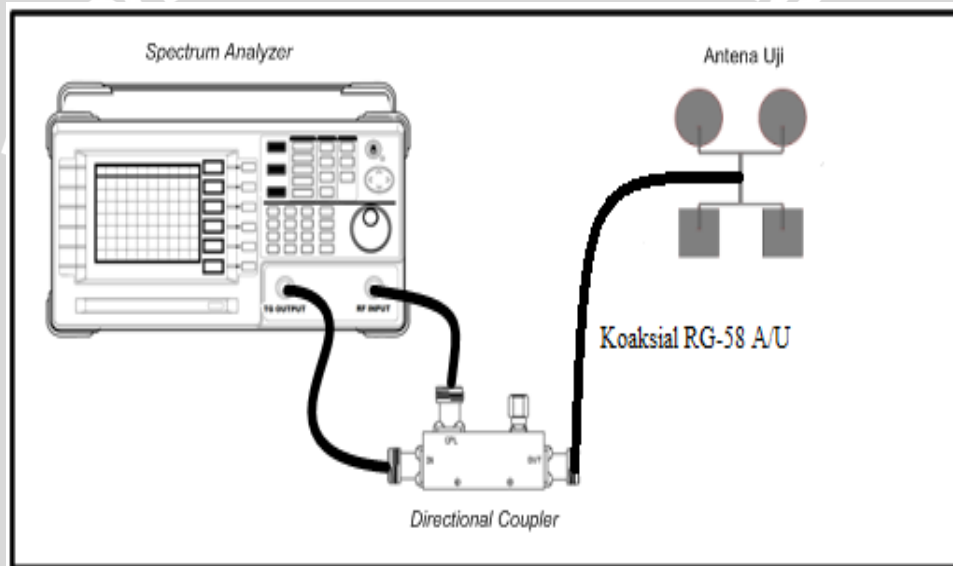
5.2 Pengukuran RL, Koefisien Pantul dan VSWR

5.2.1 Alat-alat yang digunakan

- *GW Instek Spectrum Analyzer 2,7 GHz*
- *Directional Coupler*
- Antena uji
- Kabel koaksial RG-58A/U
- Kabel adapter N to BNC

5.2.2 Prosedur Pengukuran

1. Menghidupkan alat ukur *spectrum analyzer* yang telah tersambung dengan *directional coupler* dan mengaturnya sesuai dengan kebutuhan pengukuran.
2. Menghubungkan kabel koaksial RG-58A/U dengan alat ukur *spectrum analyzer*.
3. Mengkalibrasi alat ukur *spectrum analyzer* yang telah dihubungkan kabel koaksial RG-58A/U.
4. Menghubungkan ujung lain kabel koaksial RG-58A/U dengan antenna uji (antena mikrostrip kotak-lingkar *patch array* empat elemen), seperti ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Rangkaian Pengukuran RL

Sumber : Pengujian

5. Mengatur alat ukur *spectrum analyzer* pada range frekuensi 1,5 GHz – 2,7 GHz.
6. Mencatat nilai RL yang ditunjukkan oleh alat ukur *spectrum analyzer* pada range frekuensi 2 GHz – 2,7 GHz.
7. Dengan persamaan (2-5) dan (2-7), diperoleh besarnya nilai koefisien pantul dan VSWR untuk setiap frekuensi yang diukur.

5.2.3 Hasil Pengukuran

Dengan menggunakan persamaan (2-5) dan (2-7), dapat dihitung besarnya koefisien pantul dan VSWR antenna untuk setiap frekuensi yang didapat dari hasil pengukuran RL.

5.2.3.1 Perhitungan koefisien pantul dan VSWR

$$f = 2,45 \text{ GHz}$$

$$\text{RL} = -20,7 \text{ dB}$$

$$\text{RL} = 20 \cdot \log|\Gamma|, \Gamma = 0,09$$

$$\text{VSWR} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} = \frac{1+0,09}{1-0,09} = 1,19$$

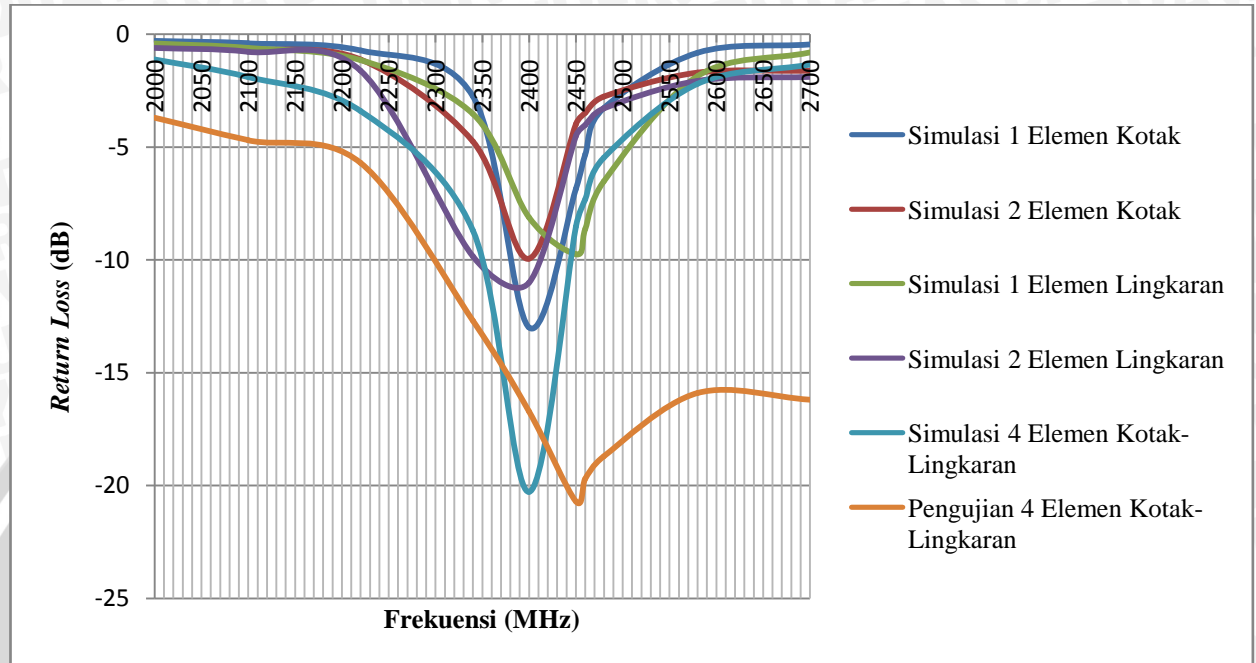
Dengan cara perhitungan yang sama, data hasil pengukuran RL, koefisien pantul dan VSWR antenna mikrostrip kotak-lingkar *patch array* empat elemen untuk frekuensi kerja 2,4 GHz dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengukuran RL, Koefisien Pantul dan VSWR Antena Uji

No.	Frekuensi (GHz)	RL (dB)	Koefisien Pantul	VSWR
1	2	-3,7	0,653	4,76
2	2,1	-4,7	0,582	3,78
3	2,22	-5,7	0,518	3,14
4	2,34	-12,7	0,231	1,60
5	2,4	-16,7	0,146	1,34
6	2,45	-20,7	0,090	1,19
7	2,46	-19,7	0,103	1,22
8	2,48	-18,7	0,116	1,26
9	2,58	-15,9	0,160	1,38
10	2,7	-16,2	0,154	1,36

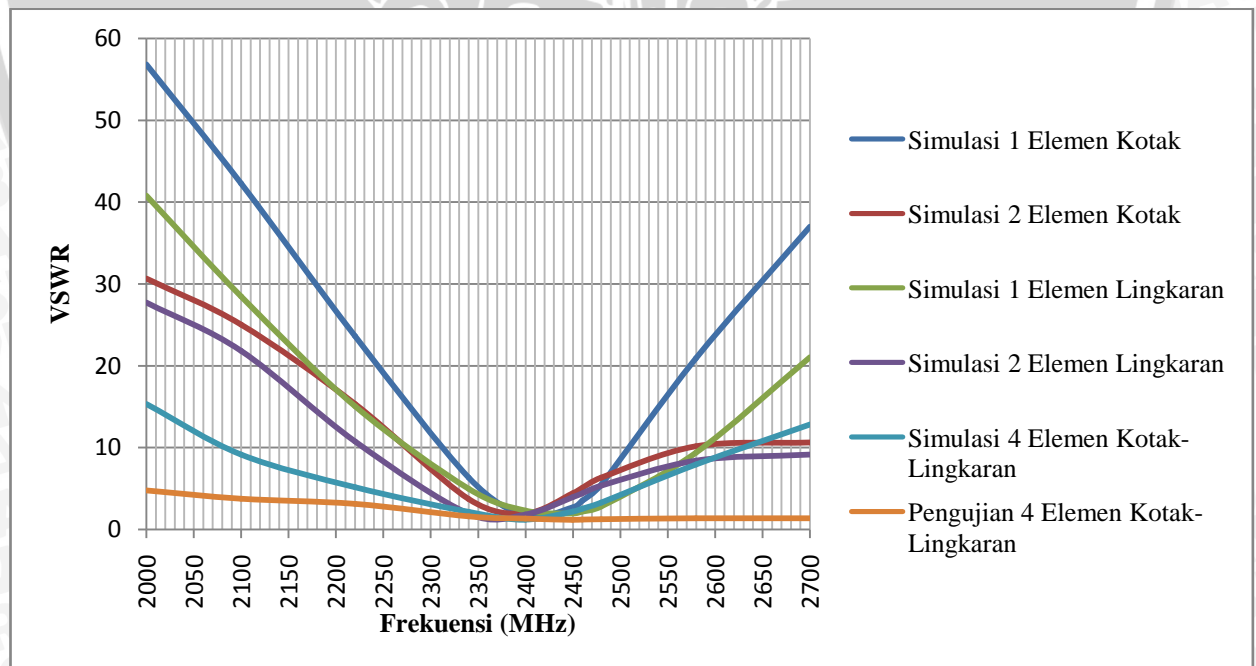
Sumber : Pengujian

Selanjutnya dari data hasil pengukuran RL, perhitungan koefisien pantul dan perhitungan VSWR, dapat dibuat grafik fungsi terhadap frekuensi, seperti ditunjukkan pada Grafik 5.1 dan Grafik 5.2.



Grafik 5.1 Grafik Fungsi RL Antena Uji Terhadap Frekuensi

Sumber : Hasil Pengujian



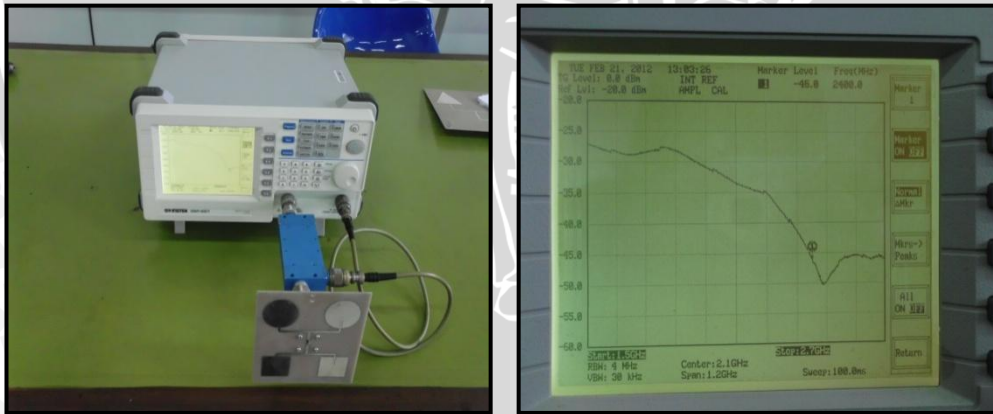
Grafik 5.2 Grafik Fungsi VSWR Antena Uji Terhadap Frekuensi

Sumber : Hasil Pengujian

5.2.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran, antenna mikrostrip kotak-lingkaran *patch array* empat elemen untuk frekuensi kerja 2,4 GHz ini memiliki nilai RL dan VSWR yang memenuhi parameter kerja antenna yang baik. Pada pita frekuensi WLAN dengan standar 802.11b, yaitu antara frekuensi 2,4 GHz sampai 2,48 GHz, antenna bekerja maksimum pada frekuensi 2,45 GHz dimana pada frekuensi tersebut memiliki nilai RL sebesar -20,7 dB, koefisien pantul sebesar 0,09, dan nilai VSWR sebesar 1,19. Sedangkan pada frekuensi 2,4 GHz, nilai RL sebesar -16,7 dB, koefisien pantul sebesar 0,146, dan nilai VSWR sebesar 1,34. Kemudian pada frekuensi 2,48 GHz, nilai RL, koefisien pantul dan VSWR berturut-turut sebesar -18,7 dB, 0,116 dan 1,26.

Hasil pengukuran dapat dibandingkan dengan hasil simulasi. Pada simulasi, di rentang frekuensi 2,4 GHz sampai 2,48 GHz, antenna bekerja maksimum pada frekuensi 2,4 GHz. Walaupun hasil yang diperoleh saat simulasi dengan hasil yang diperoleh saat pengukuran berbeda namun antenna ini dapat dikatakan mampu bekerja pada frekuensi kerja yang direncanakan karena perbedaan yang ada tidak terlalu signifikan.



Gambar 5.2 Pengukuran RL

Sumber : Pengujian

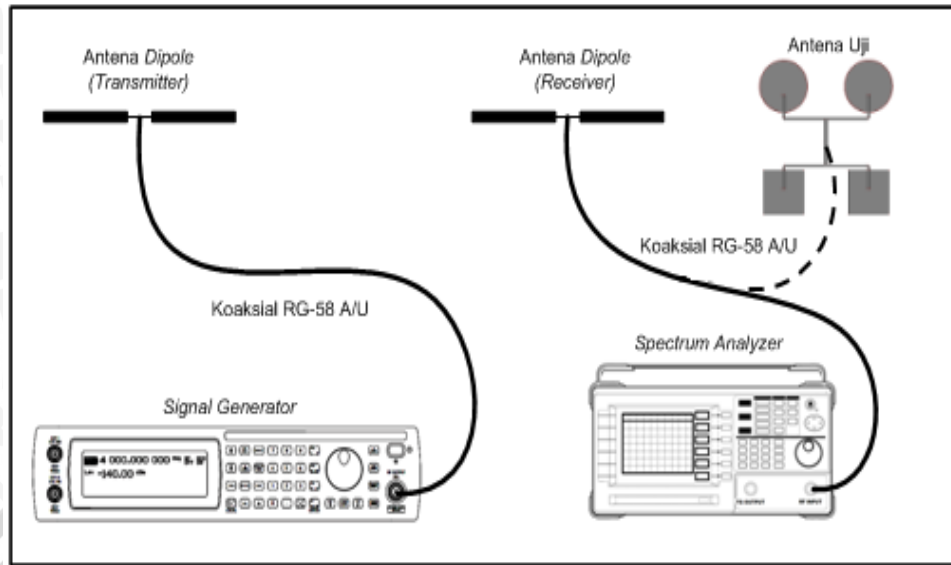
5.3 Pengukuran *Gain*

5.3.1 Alat-alat yang digunakan

- Aeroflex IFR 3413 *Signal Generator* 250 KHz - 3 GHz
- GW Instek *Spectrum Analyzer* 2,7 GHz
- Dua buah antena standar *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$
- Antena uji
- Kabel adapter N to BNC
- Dua buah tiang penyangga

5.3.2 Prosedur Pengukuran

1. Merangkai peralatan seperti pada Gambar 5.3
2. Satu antena *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ dipasang sebagai antena pemancar dan satu antena *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ dipasang sebagai antena referensi pada sisi penerima. Kedua antena ini harus dipasang sejajar.
3. *Signal generator* diatur pada frekuensi awal 2,3 GHz dan catat daya antena *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ yang terukur pada *spectrum analyzer*.
4. Naikkan frekuensi pada *signal generator* dengan *step* kenaikan sebesar 0,01 GHz dan catat hasilnya pada tiap perubahan frekuensi hingga frekuensi 2,7 GHz.
5. Antena *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ pada sisi penerima (referensi) diganti dengan antena uji hasil perancangan (antena mikrostrip kotak-lingkaran *patch array* empat elemen).
6. Mengulangi langkah 4 dan 5.



Gambar 5.3 Rangkaian Pengukuran *Gain* Antena

Sumber : Pengujian

5.3.3 Hasil Pengukuran

Pada pengukuran *gain* antena, akan diperoleh daya antena referensi (P_R), daya antena uji (P_U), dan *gain* antena yang diuji (G_U).

Nilai *gain* antena yang diuji (G_U) diperoleh dari perhitungan data hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan (2-28).

5.3.3.1 Perhitungan *Gain*

Gain antena uji pada frekuensi 2,4 GHz sesuai hasil pengukuran pada Tabel 5.2 adalah:

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm})$$

$$G = 2,15 + (-51,8) - (-54,1)$$

$$G = 4,45 \text{ dBi}$$

Untuk hasil perhitungan *gain* antena uji di tiap frekuensi yang lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengukuran *Gain* Antena Uji

No.	Frekuensi (GHz)	Pengujian			Simulasi
		Pref (dBm)	Pu (dBm)	Gain (dBi)	Gain (dBi)
1	2,3	-74,5	-75,6	1,05	3,25
2	2,31	-72,6	-73,5	1,25	3,64
3	2,32	-64,3	-65,0	1,45	4,04
4	2,33	-68,2	-68,7	1,65	4,45
5	2,34	-59,3	-59,6	1,85	4,88
6	2,35	-56,6	-56,6	2,15	5,31
7	2,36	-58,8	-58,2	2,75	5,34
8	2,37	-56,1	-55,3	2,95	5,37
9	2,38	-53,1	-52,1	3,15	5,40
10	2,39	-54,8	-53,3	3,65	5,43
11	2,4	-54,1	-51,8	4,45	5,47
12	2,41	-56,7	-54,3	4,55	5,15
13	2,42	-76,9	-72,8	6,25	4,84
14	2,43	-63,5	-56,3	9,35	4,54
15	2,44	-61,0	-51,6	11,55	4,23
16	2,45	-68,3	-57,7	12,75	3,75
17	2,46	-75,7	-65,3	12,55	3,28
18	2,47	-63,9	-61,1	4,95	2,77
19	2,48	-59,1	-56,8	4,45	2,23
20	2,49	-56,5	-54,9	3,75	1,68
21	2,5	-58,7	-57,6	3,25	1,14

Sumber : Pengujian

5.3.4 Analisis Hasil Pengukuran

Pada pengukuran ini, yang digunakan sebagai antenna referensi adalah antenna *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ dengan nilai *gain* standar 2,15 dBi.

Pada frekuensi perancangan antenna yaitu 2,4 GHz sampai 2,48 GHz, antenna memiliki nilai *gain* yang lebih besar dari 3 dBi. Nilai *gain* maksimum yang

terukur pada rentang frekuensi ini adalah sebesar 12,75 dBi, tepatnya berada di frekuensi 2,45 GHz.

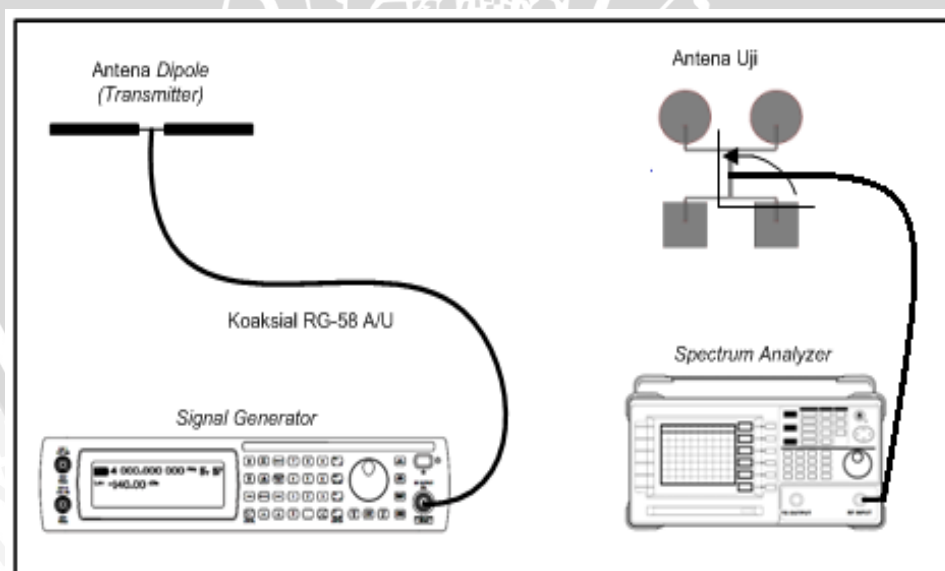
5.4 Pengukuran Polarisasi

5.4.1 Alat-alat yang digunakan

- Aeroflex IFR 3413 *Signal Generator* 250 KHz - 3 GHz
- GW Instek *Spectrum Analyzer* 2,7 GHz
- Sebuah antena standar *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ sebagai pemancar
- Antena uji
- Kabel adapter N to BNC
- Dua buah tiang penyangga yang salah satunya memiliki penanda sudut putar tiap kelipatan 10^0

5.4.2 Prosedur Pengukuran

1. Memasang antena *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ sebagai antena pemancar dengan menghubungkannya ke *signal generator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.4 berikut :



Gambar 5.4. Rangkaian Pengukuran Polarisasi Antena

Sumber : Pengujian

2. Memasang antena uji (antena mikrostrip kotak-lingkaran *patch array* empat elemen) sebagai antena penerima dengan menghubungkannya

ke *spectrum analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.4.

3. Memposisikan antena pemancar sejajar dengan antena uji, kemudian mengatur *signal generator* pada frekuensi 2,4 GHz.
4. Memutar antena uji pada sumbu horizontal antena, dari 0° sampai 360° dengan interval 10° , dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *spectrum analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran.
5. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya.

5.4.3 Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran polarisasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diterima oleh antena uji yang diputar 10° pada sumbu horizontal. Data hasil pengukuran polarisasi pada frekuensi 2,4 GHz dapat dilihat dalam Tabel 5.3 berikut.

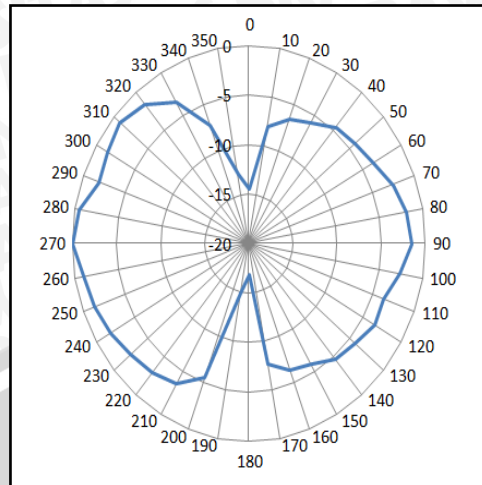
Tabel 5.3 Hasil Pengukuran Polarisasi Antena Uji Pada Frekuensi 2,4 GHz

No.	Sudut (derajat)	Level Terima (dBm)	Normalisasi
1	0	-84,3	-14,4
2	10	-77,8	-7,9
3	20	-76,4	-6,5
4	30	-75,7	-5,8
5	40	-74,5	-4,6
6	50	-74,1	-4,2
7	60	-73,6	-3,7
8	70	-72,4	-2,5
9	80	-71,8	-1,9
10	90	-71,4	-1,5
11	100	-72,5	-2,6
12	110	-73,6	-3,7
13	120	-73,4	-3,5
14	130	-74,1	-4,2

15	140	-74,6	-4,7
16	150	-75,8	-5,9
17	160	-76,2	-6,3
18	170	-77,5	-7,6
19	180	-86,7	-16,8
20	190	-84,8	-14,9
21	200	-75,4	-5,5
22	210	-73,5	-3,6
23	220	-72,8	-2,9
24	230	-72,4	-2,5
25	240	-71,8	-1,9
26	250	-71,2	-1,3
27	260	-70,8	-0,9
28	270	-69,9	0
29	280	-70,3	-0,4
30	290	-71,8	-1,9
31	300	-71,4	-1,5
32	310	-70,8	-0,9
33	320	-71,5	-1,6
34	330	-73,3	-3,4
35	340	-77,1	-7,2
36	350	-82,8	-12,9

Sumber : Pengujian

Polarisasi antena mikrostrip kotak-lingkar *patch array* empat elemen untuk frekuensi kerja 2,4 GHz dalam diagram polar dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Diagram Polar Polarisasi Antena Uji

Sumber : Hasil Pengujian

5.4.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan Tabel 5.3 dapat digambarkan bentuk polarisasi antenna hasil perancangan (antena mikrostrip kotak-lingkar *patch array* empat elemen untuk frekuensi kerja 2,4 GHz) pada diagram polar, seperti yang terlihat pada Gambar 5.5.

Berdasarkan Gambar 5.5 dapat diketahui bahwa bentuk polarisasi antenna hasil perancangan (antena mikrostrip kotak-lingkar *patch array* empat elemen untuk frekuensi kerja 2,4 GHz) adalah polarisasi linier.

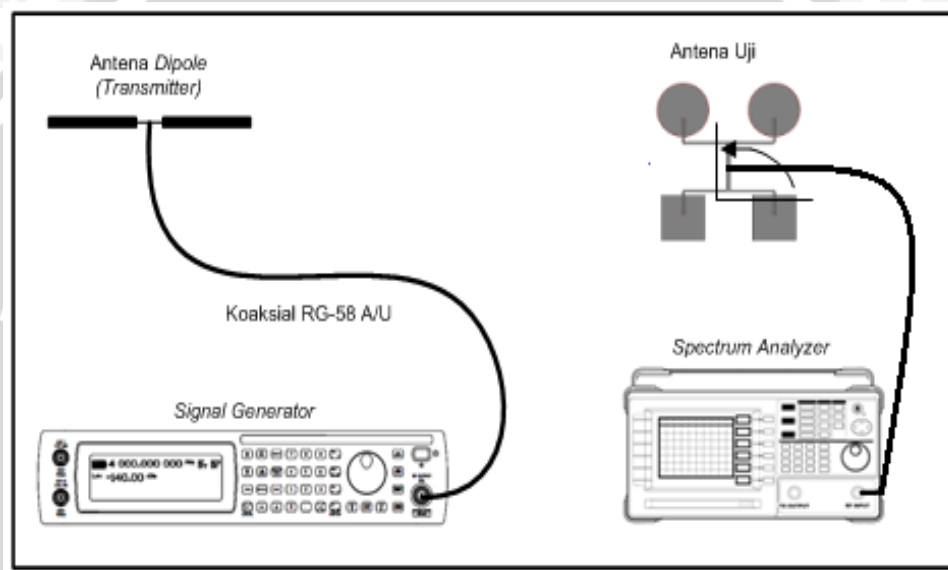
5.5 Pengukuran Pola Radiasi

5.5.1 Alat-alat yang digunakan

- Aeroflex IFR 3413 *Signal Generator* 250 KHz - 3 GHz
- GW Instek *Spectrum Analyzer* 2,7 GHz
- Sebuah antenna standar *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ sebagai pemancar
- Antena uji
- Kabel adapter N to BNC
- Dua buah tiang penyangga yang salah satunya memiliki penanda sudut putar tiap kelipatan 10^0

5.5.2 Prosedur Pengukuran

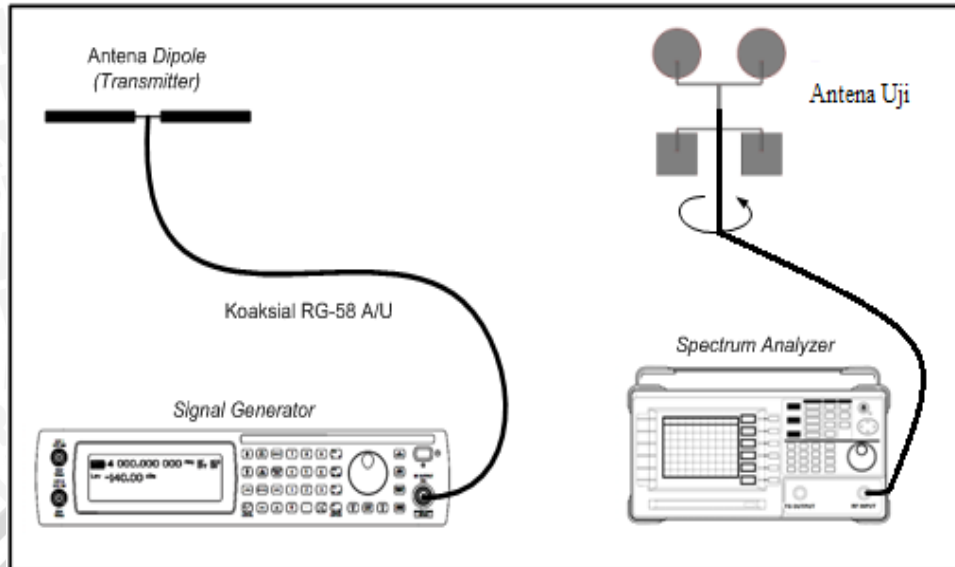
1. Memasang antenna *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ sebagai antenna pemancar dengan menghubungkannya ke *signal generator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U.
2. Memasang antenna uji (antenna mikrostrip kotak-lingkar *patch array* empat elemen) sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.6.



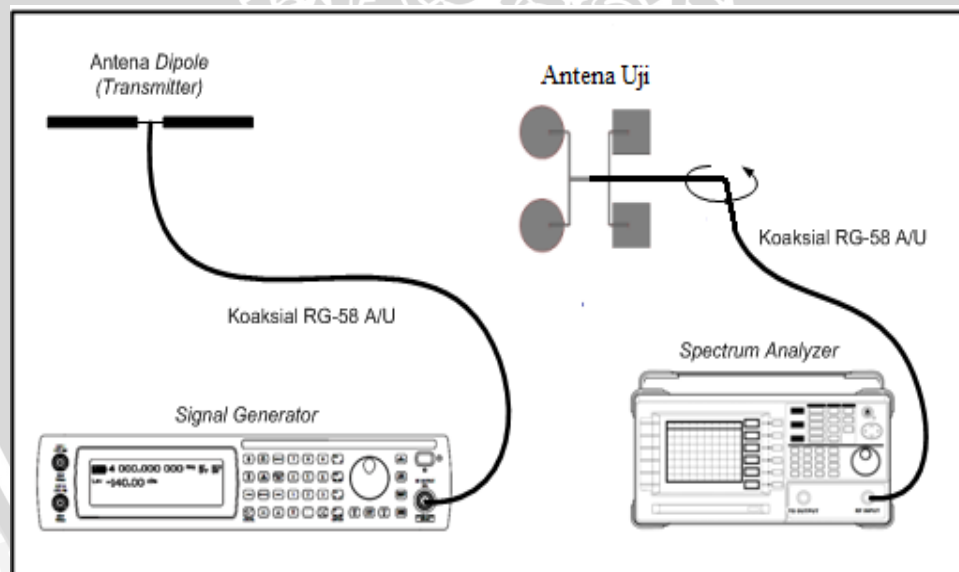
Gambar 5.6 Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Horizontal Antena Uji

Sumber : Pengujian

3. Mengatur *signal generator* pada frekuensi 2,4 GHz.
4. Memutar antenna uji dari 0° sampai 360° dengan interval 10° terhadap sumbu horizontal 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. Memasang antenna uji (antenna mikrostrip kotak-lingkar *patch array* empat elemen) sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8.



Gambar 5.7 Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Vertikal Antena Uji Untuk Mendapatkan θ_1
 Sumber : Pengujian



Gambar 5.8 Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Vertikal Antena Uji Untuk Mendapatkan θ_2
 Sumber : Pengujian

7. Mengatur *signal generator* pada frekuensi 2,4 GHz.
8. Memutar antena uji dari 0° sampai 360° dengan interval 10° terhadap sumbu vertikal dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh

spectrum analyzer pada tiap-tiap interval pemutaran untuk mendapatkan nilai pola radiasi vertikal.

9. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya.

5.5.3 Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi yang dilakukan, maka diperoleh daya yang diradiasikan oleh antenna uji sehingga didapatkan pola radiasi horizontal dan pola radiasi vertikal. Data hasil pengukuran pola radiasi horizontal dan pola radiasi vertikal pada frekuensi 2,4 GHz dapat dilihat pada Tabel 5.4.

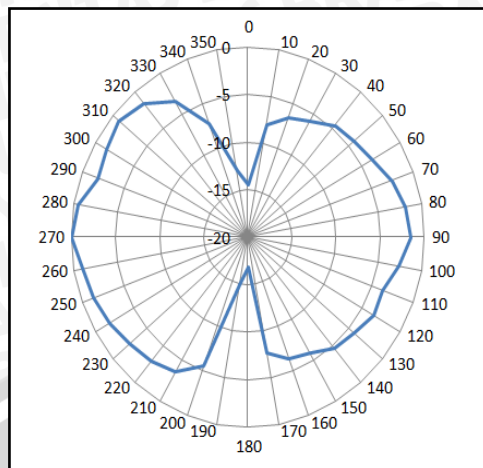
Tabel 5.4 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Antena Uji

No.	Sudut (derajat)	Pola Radiasi Horizontal		Pola Radiasi Vertikal	
		Level Terima (dBm)	Normalisasi	Level Terima (dBm)	Normalisasi
1	0	-57,5	0	-57,5	0
2	10	-60,0	-2,5	-58,4	-0,9
3	20	-64,4	-6,9	-58,7	-1,2
4	30	-65,9	-8,4	-60,0	-2,5
5	40	-66,6	-9,1	-60,7	-3,2
6	50	-62,6	-5,1	-62,3	-4,8
7	60	-64,2	-6,7	-65,4	-7,9
8	70	-66,4	-8,9	-68,3	-10,8
9	80	-68,1	-10,6	-68,6	-11,1
10	90	-70,3	-12,8	-72,1	-14,6
11	100	-69,4	-11,9	-69,4	-11,9
12	110	-67,1	-9,6	-67,1	-9,6
13	120	-64,2	-6,7	-64,2	-6,7
14	130	-64,8	-7,3	-64,8	-7,3
15	140	-63,8	-6,3	-63,8	-6,3
16	150	-65,6	-8,1	-65,6	-8,1
17	160	-67,3	-9,8	-67,3	-9,8

18	170	-65,2	-7,7	-65,2	-7,7
19	180	-66,7	-9,2	-66,7	-9,2
20	190	-67,5	-10,0	-67,5	-10,0
21	200	-67,5	-10,0	-67,5	-10,0
22	210	-67,8	-10,3	-69,5	-12,0
23	220	-65,4	-7,9	-64,5	-7,0
24	230	-66,3	-8,8	-66,3	-8,8
25	240	-66,9	-9,4	-66,9	-9,4
26	250	-66,0	-8,5	-68,4	-10,9
27	260	-67,1	-9,6	-67,1	-9,6
28	270	-69,0	-11,5	-69,0	-11,5
29	280	-66,4	-8,9	-67,1	-9,6
30	290	-63,2	-5,7	-66,2	-8,7
31	300	-62,4	-4,9	-63,8	-6,3
32	310	-62,0	-4,5	-61,2	-3,7
33	320	-62,6	-5,1	-61,4	-3,9
34	330	-63,9	-6,4	-60,4	-2,9
35	340	-60,6	-3,1	-58,7	-1,2
36	350	-58,1	-0,6	-58,1	-0,6

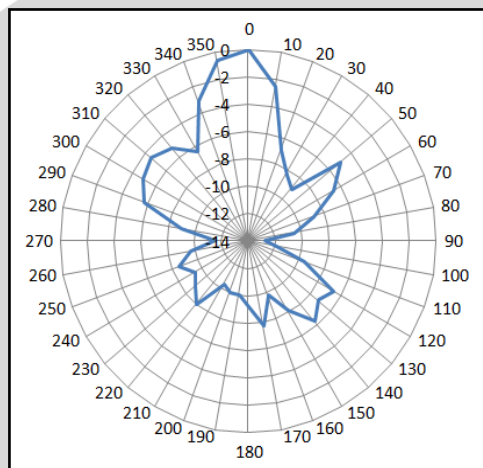
Sumber : Pengujian

Pola radiasi vertikal dan pola radiasi horizontal antenna mikrostrip kotak-lingkaran *patch array* empat elemen untuk frekuensi kerja 2,4 GHz dalam diagram polar dapat dilihat pada Gambar 5.9, Gambar 5.10, dan Gambar 5.11.



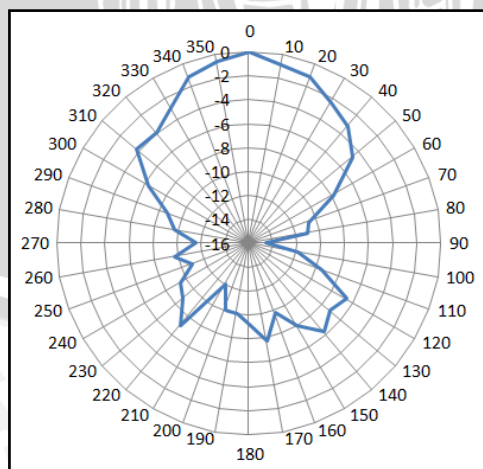
Gambar 5.9 Diagram Polar Pola Radiasi Horizontal Antena Uji

Sumber : Hasil Pengujian



Gambar 5.10 Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal (θ_1) Antena Uji

Sumber : Hasil Pengujian



Gambar 5.11 Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal (θ_2) Antena Uji

Sumber : Hasil Pengujian

5.5.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan Tabel 5.4 dapat digambarkan bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan (antena mikrostrip kotak-lingkar *patch array* empat elemen untuk frekuensi kerja 2,4 GHz) pada diagram polar, seperti yang terlihat pada Gambar 5.9, Gambar 5.10, dan Gambar 5.11.

Berdasarkan diagram polar dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan (antena mikrostrip kotak-lingkar *patch array* empat elemen untuk frekuensi kerja 2,4 GHz) adalah pola radiasi *directional*, yang memiliki daya radiasi maksimum hanya pada satu arah tertentu saja.

Berdasarkan Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 diperoleh nilai -3 dB *beamwidth* pola radiasi untuk antenna mikrostrip kotak-lingkar *patch array* empat elemen untuk frekuensi kerja 2,4 GHz berturut-turut $\theta_1 = 49^\circ$ dan $\theta_2 = 121^\circ$.

5.6 Perhitungan Directivity

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

5.6.1 Cara Perhitungan

Directivity dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-21) :

$$D = 10 \log \frac{4\pi \left(\frac{180}{\pi} \right)^2}{\theta_1 \cdot \theta_2}$$

maka,

$$D = \frac{4\pi \left(\frac{180}{\pi} \right)^2}{\theta_1 \cdot \theta_2} = \frac{41252,96125}{\theta_1 \cdot \theta_2}$$

dengan :

D = *directivity*

θ_1 = lebar berkas daya pada bidang xz ($^\circ$)

θ_2 = lebar berkas daya pada bidang yz ($^\circ$)

5.6.2 Hasil Perhitungan

$$\theta_1 = 49^\circ$$

$$\theta_2 = 121^\circ$$

maka,

$$D = \frac{41252,96125}{49^\circ \cdot 121^\circ}$$

$$= 6,96$$

$$D = 10 \log 6,96$$

$$= 8,43 \text{ dB}$$

5.7 Perhitungan Bandwidth

Perhitungan *bandwidth* antena yang diuji dilakukan dengan cara menghitung selisih antara frekuensi atas dengan frekuensi bawah antena uji. Penentuan frekuensi atas dan frekuensi bawah antena dilakukan dengan cara menentukan frekuensi tertinggi dan terendah antena dimana masih memiliki nilai $1 < \text{VSWR} < 2$ (Warren L. Stutzman, 1981) dan $\text{RL} \leq -10 \text{ dB}$ (Punit, 2004: 19).

Berdasarkan data hasil pengukuran RL pada Tabel 5.1, antena ini memiliki frekuensi terendah pada frekuensi 2,34 GHz dan frekuensi tertinggi pada frekuensi 2,7 GHz, sehingga *bandwidth* antena ini adalah :

$$B = f_u - f_l$$

$$B = 2,7 \text{ GHz} - 2,34 \text{ GHz} = 0,36 \text{ GHz}$$

Bandwidth hasil pengukuran lebih besar jika dibandingkan dengan *bandwidth* dari hasil perancangan yang memiliki nilai sebesar 0,096 GHz.

Untuk mencari frekuensi tengah, maka digunakan persamaan (2-9) :

$$f_c = \frac{f_l + f_u}{2} = \frac{2,7 \text{ GHz} + 2,34 \text{ GHz}}{2} = 2,52 \text{ GHz}$$

Untuk mencari *bandwidth* dalam persen, maka digunakan persamaan (2-8) :

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% = \frac{2,7 \text{ GHz} - 2,34 \text{ GHz}}{2,52 \text{ GHz}} \times 100\% = 14,28\%$$

5.8 Analisis Parameter-Parameter Antena

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan pada parameter-parameter antena yang meliputi pengukuran RL, koefisien pantul, VSWR, *gain*, polarisasi, pola radiasi, *directivity* dan *bandwidth* antena uji yang akhirnya didapatkan karakteristik antena sebagai berikut :

Tabel 5.5 Karakteristik Antena Mikrostrip Kotak-Lingkar
Patch Array Empat Elemen

Frekuensi Kerja	2,34-2,7 GHz
<i>Return Loss</i> minimum pada WLAN dengan standar 802.11b	-20,7 dB pada frekuensi 2,45 GHz
Koefisien pantul minimum pada WLAN dengan standar 802.11b	0,09 pada frekuensi 2,45 GHz
VSWR minimum pada WLAN dengan standar 802.11b	1,19 pada frekuensi 2,45 GHz
<i>Gain</i>	12,75 pada frekuensi 2,45 GHz
Pola Radiasi	<i>Directional</i>
Polarisasi	Linier
<i>Bandwidth</i>	0,36 GHz
<i>Directivity</i>	8,43 dB

Sumber : Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran antena mikrostrip kotak-lingkar *patch array* empat elemen untuk frekuensi kerja 2,4 GHz menunjukkan bahwa antena ini memenuhi kriteria minimal sebuah antena. Tabel 5.5 menunjukkan nilai RL minimum sebesar -20,7 dB pada frekuensi 2,45 GHz. Dengan nilai RL tersebut didapatkan bahwa besarnya koefisien pantul minimum sebesar 0,09 yang menunjukkan bahwa sekitar 91 % sinyal dari antena diradiasikan.

VSWR minimum antena sebesar 1,19 memenuhi hasil perencanaan bahwa nilai $1 < \text{VSWR} < 2$. *Gain* maksimum antena ini pada aplikasi WLAN dengan standar 802.11b adalah sebesar 12,75 dBi, nilai *gain* berbeda-beda untuk setiap frekuensi. Pola radiasi antena ini adalah *directional* serta memiliki polarisasi linier, berapapun frekuensi yang digunakan pada pengukuran, pola radiasi dan polarisasi akan tetap menunjukkan karakteristik yang sama. *Bandwidth* antena ini adalah sebesar 0,36 GHz.

Dengan memperhatikan karakteristik antenna hasil fabrikasi, dapat dinyatakan bahwa antenna ini bisa digunakan untuk aplikasi WLAN 802.11b, karena nilai RL dan VSWR yang sesuai dengan batas-batas yang diijinkan yaitu $1 < \text{VSWR} < 2$ (Warren L. Stutzman, 1981) dan $\text{RL} \leq -10$ dB (Punit, 2004: 19), nilai *gain* pun sesuai dengan persyaratan umum antenna yaitu di atas 3 dBi. Nilai *bandwidth* juga lebih besar dari kebutuhan *bandwidth* antenna untuk aplikasi WLAN 802.11b. Dengan melihat parameter-parameter tersebut dapat dikatakan bahwa antenna mikrostrip kotak-lingkar *patch array* empat elemen untuk frekuensi kerja 2,4 GHz hasil fabrikasi ini dapat bekerja baik pada frekuensi WLAN 802.11b dengan karakteristik *gain* yang besar, antenna ini dapat digunakan sebagai antenna pemancar yang cukup baik. Nilai *gain* yang cukup besar ini diperoleh karena antenna ini mempunyai pola radiasi *directional* dan *directivity* yang cukup baik.

