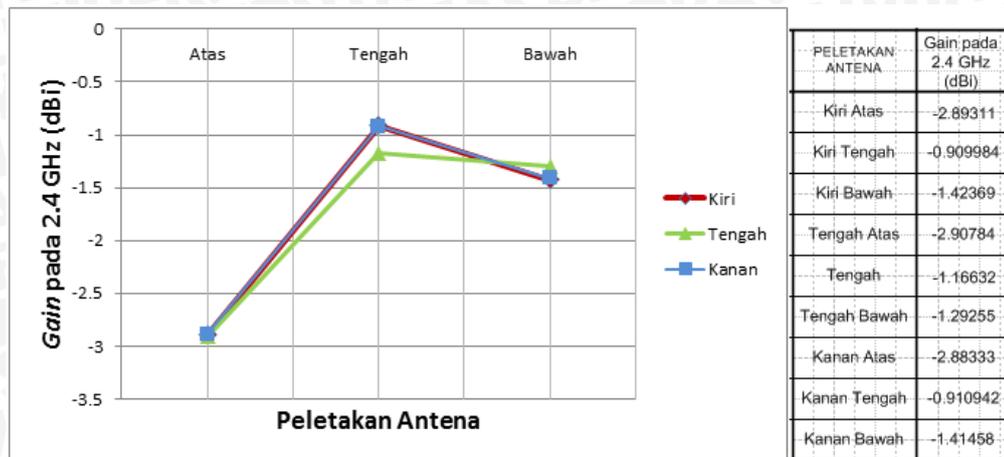


b. Gain



Grafik 5.35 Hubungan Gain dengan Peletakan Antena pada Ground Plane

Sumber : Analisis Simulasi

- Nilai gain semakin besar ketika antenna yang diletakkan pada bagian kiri, tengah, dan kanan digeser dari atas ke tengah, namun ketika antenna digeser dari tengah ke bawah, nilai gain semakin kecil.

c. Axial Ratio



Grafik 5.36 Hubungan Axial Ratio dengan Peletakan Antena pada Ground Plane

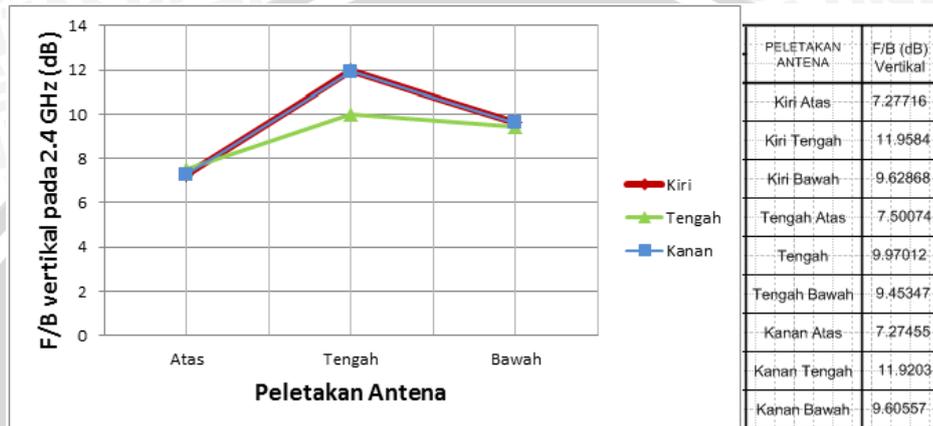
Sumber : Analisis Simulasi

- Nilai axial ratio semakin besar ketika antenna yang diletakkan baik pada bagian kiri maupun kanan digeser dari atas ke tengah, kemudian turun kembali ketika digeser

dari tengah ke bawah. Ketika antenna diletakkan pada bagian tengah dan digeser dari atas ke bawah, nilai *axial ratio* semakin kecil.

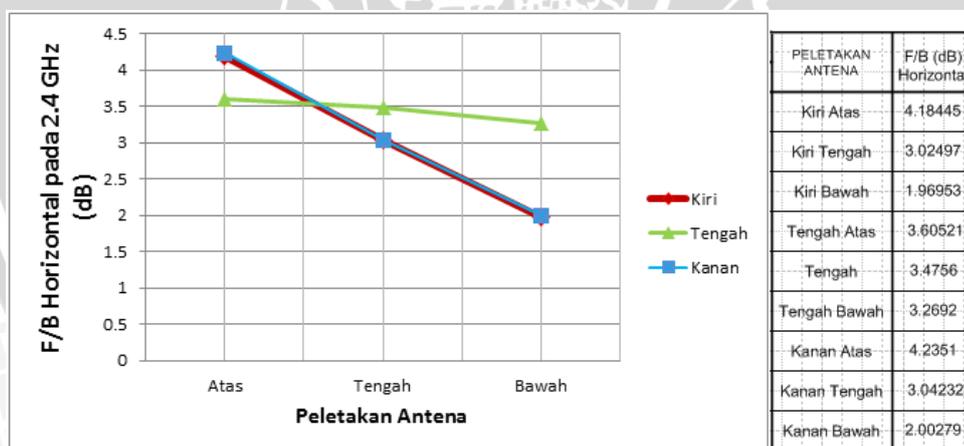
- Nilai *axial ratio* pada konfigurasi *finite* pada semua variabel peletakan antenna berkisar antara 0.06 – 2.31 dB. Polarisasi yang terjadi pada konfigurasi *finite* adalah lingkaran.

d. Pola Radiasi



Grafik 5.37 Hubungan *Front to Back Ratio* vertikal dengan Peletakan Antena pada *Ground Plane*

Sumber : Analisis Simulasi



Grafik 5.38 Hubungan *Front to Back Ratio* horizontal dengan Peletakan Antena pada *Ground Plane*

Sumber : Analisis Simulasi

- Nilai F/B (dB) vertikal mengalami kecenderungan yang sama pada setiap variabel peletakan antenna. Ketika antenna yang diletakkan baik pada bagian kiri, tengah, kanan digeser dari atas ke tengah, nilai F/B (dB) vertikal akan mengalami kenaikan, namun ketika antenna digeser dari tengah ke bawah, nilai F/B (dB) vertikal akan mengalami penurunan. Dapat disimpulkan bahwa ketika antenna (diletakkan pada

bagian kiri, tengah, kanan) digeser dari atas ke tengah, daya maksimum pada *minor lobe* semakin kecil dan ketika antenna digeser dari tengah ke bawah, daya maksimum pada *minor lobe* semakin besar.

- Ketika antenna yang diletakkan baik pada bagian kiri, tengah, kanan digeser dari atas ke bawah, nilai F/B (dB) horizontal mengalami penurunan. Dapat disimpulkan bahwa seiring pergeseran antenna dari atas ke bawah, daya maksimum pada *minor lobe* semakin besar.

5.2.1 Analisis Hasil Simulasi Pengaruh Bentuk *Finite Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan *Slot Persegi Panjang*

Ground Plane yang umum digunakan pada perancangan dan pembuatan antenna adalah berbentuk persegi atau persegi panjang. Pengubahan bentuk *ground plane* digunakan 2 bentuk, yaitu lingkaran yang memiliki luas yang sama dengan *ground plane* persegi (simulasi pengaruh luas *finite ground plane*), dan *ground plane* yang mempunyai bentuk sama dan menyerupai elemen peradiasi.

Pengaruh perubahan bentuk *ground plane* (konfigurasi 19, 20 dan 21) tidak dapat diamati karena *simulator* mengalami *program error*. Hal ini diasumsikan karena bentuk *ground plane* lingkaran yang digunakan memiliki dimensi yang cukup besar, yaitu jari-jari sekitar 7 - 9.875 cm, sehingga perhitungan yang dilakukan oleh *simulator* lebih rumit.

Ground plane yang mempunyai bentuk sama dan menyerupai dimensi elemen peradiasi memiliki 3 variabel pengubahan yaitu A (sisi segitiga *ground plane*), L (lebar persegi panjang *ground plane*), P (panjang persegi panjang *ground plane*). Pengubahan variabel dilakukan bertahap yaitu setelah dilakukan pengubahan terhadap A dan mendapatkan hasil terbaik, kemudian dilakukan pengubahan terhadap L (menggunkan bentuk terbaik hasil simulasi pengubahan terhadap A sebagai bentuk awal), dan pengubahan terhadap P setelah mendapatkan hasil terbaik dari hasil simulasi pengubahan terhadap L.

Tabel 5.9 Pengaruh Bentuk *Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan Slot Persegi Panjang
Variabel : *Ground Plane* memiliki bentuk yang sama dan menyerupai elemen peradiasi

NO	KONFIGURASI	DIMENSI ANTENA (mm)			f_r (GHz)	VSWR pada 2.4 GHz	BANDWIDTH (MHz)	Gain pada 2.4 GHz (dBi)	Polarisasi pada 2.4 GHz		Bentuk Pola Radiasi	F/B (dB) pada 2.4 GHz		-3 dB Beamwidth		
		A	L	P					Axial Ratio (dB)	Bentuk Polarisasi		Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	
1	Konfigurasi 31	75	3.217	80	2.425	1.78471	41.98	-7.52954	0.342697	Lingkaran	Directional	1.61896	1.97699	81.02149	76.737	
2	Konfigurasi 32	80			2.4	1.45785	45.88	-1.86974	1.31337	Lingkaran	Directional	5.21728	14.1975	44.8333	64.039	
3	Konfigurasi 33	90			2.4	1.47688	52.15	0.116997	0.867393	Lingkaran	Directional	3.72568	∞	42.092	167.9694	
4	Konfigurasi 34	100			2.4	1.5181	56.37	0.667535	1.55883	Lingkaran	Directional	3.56391	∞	45.4355	156.301	
5	Konfigurasi 35				25	2.4	1.68055	46.6	-1.2083	0.299942	Lingkaran	Directional	4.91911	∞	76.79234	194.2013
6	Konfigurasi 36				50	2.4	1.61876	50.53	-1.13122	0.369922	Lingkaran	Directional	6.29161	6.37475	80.93986	81.107
7	Konfigurasi 37	75			2.4	1.53256	55.57	1.12989	0.222372	Lingkaran	Directional	11.1798	6.09187	39.7321	79.326	
8	Konfigurasi 38	100			2.4	1.48919	59.87	1.93198	0.404625	Lingkaran	Directional	13.0012	5.38606	40.119	70.872	
9	Konfigurasi 39				90	2.4	1.54794	55.79	1.60782	0.342321	Lingkaran	Directional	12.755	5.0292	39.2774	66.809
9	Konfigurasi 40		58.349	100	2.4	1.42786	60.64	2.11272	0.376313	Lingkaran	Directional	11.2778	6.83558	41.361	75.3733	

Sumber : Simulasi

Pada *range* simulasi 2.3 – 2.5 GHz dan frekuensi kerja perencanaan 2.4 GHz, seiring pertambahan luas *finite ground plane* memberikan pengaruh terhadap parameter antena sebagai berikut :

a. Frekuensi resonansi, VSWR, dan *Bandwidth*

- Ketika bentuk dan dimensi *ground plane* sama dengan elemen peradiasi (Konfigurasi 30), frekuensi resonansi bergeser menjadi 2.425 GHz, namun ketika mulai dilakukan perubahan terhadap variabel-variabel (A,L,P), frekuensi resonansi menjadi 2.4 GHz (sesuai dengan desain perancangan).
- Nilai VSWR pada konfigurasi 31 (bentuk dan dimensi *ground plane* sama dengan elemen peradiasi) lebih besar dibandingkan dengan nilai VSWR pada konfigurasi 32 – 40 yang berkisar antara 1.45 – 1.68. Nilai VSWR yang paling baik dari konfigurasi 31 – 40 adalah 1.42786 pada konfigurasi 40. Nilai VSWR konfigurasi 40 lebih baik daripada konfigurasi *infinite*.
- *Bandwidth* yang dihasilkan pada *ground plane* dengan dimensi dan bentuk yang sama dengan elemen peradiasi lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi *inifinite*, yaitu berkisar antara 41.98 – 60.64 MHz. *Bandwidth* yang paling baik dari konfigurasi 31 – 40 adalah 60.64 MHz pada konfigurasi 40.

b. *Gain*

- Nilai *gain* pada konfigurasi 31 lebih negatif yaitu -7.52954 dBi dibandingkan dengan konfigurasi *infinite* yang bernilai -2.27848 dBi. Nilai *gain* pada konfigurasi

32 – 40 lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi *infinite*, yaitu berkisar antara -1.86 – 2.112 dBi. Nilai *gain* paling baik adalah 2.11272 dBi pada konfigurasi 40.

c. Axial Ratio

- Nilai *axial ratio* pada konfigurasi 31 – 40 berkisar antara 0.22 – 1.58 dB. Polarisasi yang terjadi pada konfigurasi 31 – 40 adalah lingkaran.

d. Pola Radiasi

- Nilai F/B (dB) baik vertikal dan horizontal pada konfigurasi 31 – 40 lebih kecil dibandingkan dengan konfigurasi *infinite*. Konfigurasi 40 (memiliki VSWR dan *gain* terbaik) memiliki nilai F/B (dB) vertikal dan horizontal yang cukup baik karena nilainya cukup besar dibandingkan dengan konfigurasi yang lain (konfigurasi 31-39).

Rangkuman keseluruhan pengaruh perubahan *finite ground plane* terhadap parameter-parameter antenna ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 5.10 Rangkuman Pengaruh Perubahan Ukuran Ground Plane (Lebar Tetap) terhadap Parameter Antena

Perubahan Ukuran <i>Ground Plane</i> (Lebar tetap)			
	Δp_U	Δp_D	
PARAMETER	F_r	Terjadi pergeseran frekuensi resonansi (ketika <i>ground plane</i> diubah menjadi <i>finite</i>), kecuali pada konfigurasi 1, tidak terjadi frekuensi resonansi	Terjadi pergeseran frekuensi resonansi (ketika <i>ground plane</i> diubah menjadi <i>finite</i>), kecuali pada konfigurasi 1, tidak terjadi frekuensi resonansi
	VSWR	Nilai VSWR pada 2.4 GHz cenderung semakin kecil	Nilai VSWR pada 2.4 GHz cenderung semakin besar
	<i>Bandwidth</i>	<i>Bandwidth</i> cenderung semakin besar	<i>Bandwidth</i> cenderung semakin besar
	<i>Gain</i>	<i>Gain</i> pada 2.4 GHz cenderung semakin besar (<i>Gain</i> masih negatif)	<i>Gain</i> pada 2.4 GHz cenderung semakin kecil (<i>Gain</i> masih negatif)
	Polarisasi	Polarisasi berupa Polarisasi lingkaran ditandai dengan nilai Axial Ratio yang berkisar antara 0.1 – 1.8 dB (ketika <i>ground plane</i> diubah menjadi <i>finite</i>)	Polarisasi berupa Polarisasi lingkaran ditandai dengan nilai Axial Ratio yang berkisar antara 0.1 – 0.7 dB (ketika <i>ground plane</i> diubah menjadi <i>finite</i>)
	Pola radiasi	Pola Radiasi <i>Directional</i>	Pola Radiasi <i>Directional</i>
	F/B	Nilai F/B (dB) vertikal cenderung semakin besar, F/B (dB) horizontal cenderung kecil	Nilai F/B (dB) vertikal cenderung tetap, F/B (dB) horizontal naik turun

Sumber : Simulasi

Tabel 5.11 Rangkuman Pengaruh Perubahan Ukuran Ground Plane (Panjang Tetap) terhadap Parameter Antena

Perubahan Ukuran <i>Ground Plane</i> (Panjang tetap)		
PARAMETER	Δl_R	Δl_L
	F_r	Terjadi pergeseran frekuensi resonansi (ketika <i>ground plane</i> diubah menjadi <i>finite</i>), kecuali pada konfigurasi 1, tidak terjadi frekuensi resonansi
VSWR	Nilai VSWR pada 2.4 GHz cenderung semakin besar	Nilai VSWR pada 2.4 GHz cenderung semakin besar
Bandwidth	Bandwidth cenderung naik turun besarnya (berkisar antara 37-38 MHz)	Bandwidth cenderung naik turun besarnya
Gain	Gain pada 2.4 GHz cenderung semakin besar (Gain masih negatif)	Gain pada 2.4 GHz cenderung semakin besar (Gain masih negatif)
Polarisasi	Polarisasi berupa Polarisasi lingkaran ditandai dengan nilai Axial Ratio yang berkisar antara 0.1 – 0.7 dB (ketika <i>ground plane</i> diubah menjadi <i>finite</i>)	Polarisasi berupa Polarisasi lingkaran ditandai dengan nilai Axial Ratio yang nilainya mendekati 0 dB (ketika <i>ground plane</i> diubah menjadi <i>finite</i>)
Pola radiasi	Pola Radiasi <i>Directional</i>	Pola Radiasi <i>Directional</i>
F/B	Nilai F/B (dB) vertikal cenderung semakin besar, F/B (dB) horizontal cenderung semakin besar	Nilai F/B (dB) vertikal cenderung semakin besar, F/B (dB) horizontal cenderung semakin besar

Sumber : Simulasi

Tabel 5.12 Rangkuman Pengaruh Perubahan Luas Ground Plane terhadap Parameter Antena

Perubahan Luas <i>Ground Plane</i>	
F_r	Terjadi pergeseran frekuensi resonansi (ketika <i>ground plane</i> diubah menjadi <i>finite</i>), kecuali pada konfigurasi 1, tidak terjadi frekuensi resonansi
VSWR	Nilai VSWR pada 2.4 GHz cenderung semakin kecil
Bandwidth	Bandwidth cenderung semakin besar
Gain	Gain pada 2.4 GHz cenderung semakin besar (Gain masih negatif)
Polarisasi	Polarisasi berupa Polarisasi lingkaran ditandai dengan nilai Axial Ratio yang cenderung konstan berkisar 1 dB (ketika <i>ground plane</i> diubah menjadi <i>finite</i>)
Pola radiasi	Pola Radiasi <i>Directional</i>
F/B	Nilai F/B (dB) vertikal cenderung semakin besar, F/B (dB) horizontal cenderung semakin kecil

Sumber : Simulasi

Tabel 5.13 Rangkuman Pengaruh Perubahan Peletakan Antena pada Ground Plane terhadap Parameter Antena

Perubahan Peletakan Antena pada <i>Ground Plane</i>			
PARAMETER	Kiri (Atas→Bawah)	Tengah (Atas→Bawah)	Kanan (Atas→Bawah)
	F_r	Terjadi pergeseran frekuensi resonansi	Terjadi pergeseran frekuensi resonansi
VSWR	Nilai VSWR pada 2.4 GHz cenderung semakin kecil	Nilai VSWR pada 2.4 GHz cenderung naik turun (berkisar antara 1.9 – 2.0)	Nilai VSWR pada 2.4 GHz cenderung semakin kecil
<i>Bandwidth</i>	<i>Bandwidth</i> cenderung semakin besar	<i>Bandwidth</i> cenderung semakin besar	<i>Bandwidth</i> cenderung naik turun (berkisar antara 33 – 40 MHz)
<i>Gain</i>	<i>Gain</i> pada 2.4 GHz cenderung naik turun nilainya (<i>Gain</i> masih negatif)	<i>Gain</i> pada 2.4 GHz cenderung naik turun nilainya (<i>Gain</i> masih negatif)	<i>Gain</i> pada 2.4 GHz cenderung naik turun nilainya (<i>Gain</i> masih negatif)
Polarisasi	Polarisasi berupa Polarisasi lingkaran ditandai dengan nilai Axial Ratio yang berkisar antara 0.06 – 1.06 dB	Polarisasi berupa Polarisasi lingkaran ditandai dengan nilai Axial Ratio yang berkisar antara 0.27 – 2.3 dB	Polarisasi berupa Polarisasi lingkaran ditandai dengan nilai Axial Ratio yang berkisar antara 0.34 – 0.86 dB
Pola radiasi	Pola Radiasi <i>Directional</i>	Pola Radiasi <i>Directional</i>	Pola Radiasi <i>Directional</i>
F/B	Nilai F/B (dB) vertikal cenderung naik turun, F/B (dB) horizontal cenderung semakin kecil	Nilai F/B (dB) vertikal cenderung naik turun, F/B (dB) horizontal semakin kecil	Nilai F/B (dB) vertikal cenderung naik turun, F/B (dB) horizontal semakin kecil

Sumber : Simulasi

Tabel 5.14 Rangkuman Pengaruh Perubahan Bentuk *Ground Plane* terhadap Parameter Antena

Perubahan Bentuk <i>Ground Plane</i> (sama dan menyerupai elemen peradiasi)	
F_r	Terjadi pergeseran frekuensi resonansi (ketika <i>ground plane</i> bentuk dan dimensi sama dengan elemen peradiasi). Ketika dilakukan perubahan variabel (A,L,P), frekuensi resonansi menjadi 2.4 GHz
VSWR	Nilai VSWR pada konfigurasi dengan bentuk dan dimensi <i>ground plane</i> sama dengan elemen peradiasi) lebih besar dibandingkan dengan nilai VSWR pada konfigurasi 32 – 40 yang berkisar antara 1.45 – 1.68
<i>Bandwidth</i>	<i>Bandwidth</i> yang dihasilkan pada <i>ground plane</i> dengan dimensi dan bentuk yang sama dengan elemen peradiasi lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi <i>infinite</i> , yaitu berkisar antara 41.98 – 60.64 MHz
<i>Gain</i>	Nilai <i>gain</i> pada konfigurasi 31 lebih negatif yaitu -7.52954 dBi dibandingkan dengan konfigurasi <i>infinite</i> yang bernilai -2.27848 dBi. Nilai <i>gain</i> pada konfigurasi 32 – 40 lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi <i>infinite</i> , yaitu berkisar antara -1.86 – 2.112 dBi.
Polarisasi	□ Nilai <i>axial ratio</i> pada konfigurasi 31 – 40 berkisar antara 0.22 – 1.58 dB. Polarisasi yang terjadi pada konfigurasi 31 – 40 adalah lingkaran.
Pola radiasi	Pola Radiasi <i>Directional</i>
F/B	□ Nilai F/B (dB) baik vertikal dan horizontal pada konfigurasi 31 – 40 lebih kecil dibandingkan dengan konfigurasi <i>infinite</i> . Konfigurasi 40 (memiliki VSWR dan <i>gain</i> terbaik) memiliki nilai F/B (dB) vertikal dan horizontal yang cukup baik karena nilainya cukup besar dibandingkan dengan konfigurasi yang lain (konfigurasi 31-39).

Sumber : Simulasi

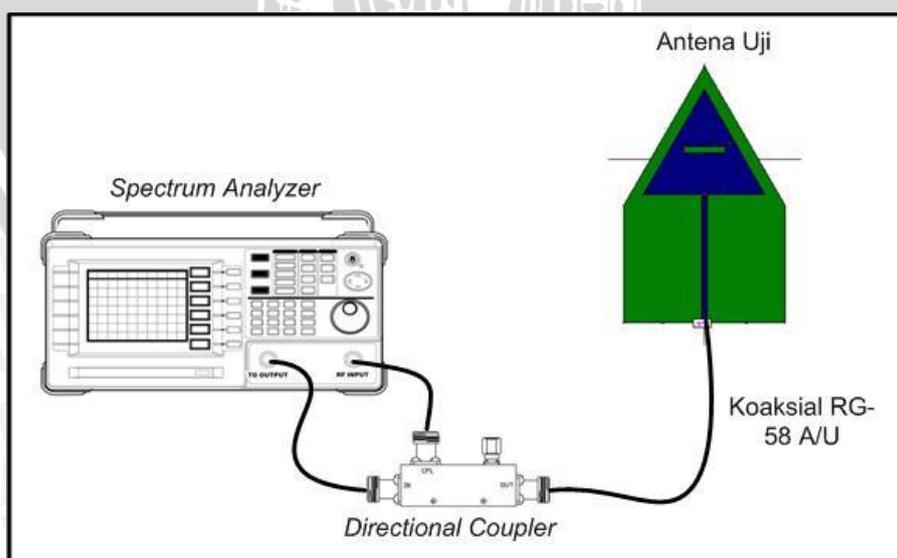
5.3 Pengukuran *Return Loss*, Koefisien Pantul dan Perhitungan VSWR

5.3.1 Alat-alat yang digunakan

1. GW Instek *Spectrum Analyzer* GSP-827 2,7 GHz
2. *Directional Coupler*
3. Antena uji (Antena mikrostrip konfigurasi 40)
4. Kabel koaksial RG-58A/U
5. Kabel adapter N to BNC

5.3.2 Prosedur Pengukuran

1. Menghidupkan alat ukur *Spectrum Analyzer* GSP-827
2. Menghubungkan RF input pada *Spectrum Analyzer* GSP-827 dengan *directional coupler*, ujung lain dari *directional coupler* dihubungkan dengan TG output pada *Spectrum Analyzer* GSP-827. Hal ini dilakukan untuk mengetahui level daya dari *Tracking Generator* (TG).
3. Menghubungkan RF input pada *Spectrum Analyzer* GSP-827 dengan *directional coupler*, ujung lain dari *directional coupler* dihubungkan dengan TG output pada *Spectrum Analyzer* GSP-827. Sedangkan antena uji dihubungkan dengan ujung *directional coupler* yang lainnya, sehingga terbentuk rangkaian seperti pada gambar 5.1.
4. Mengatur alat ukur *Spectrum Analyzer* GSP-827 pada frekuensi 1500 – 2700 MHz



Gambar 5.1 Rangkaian Pengukuran *Return Loss*

Sumber : Pengujian

5. Mencatat nilai level daya yang ditunjukkan oleh alat ukur pada frekuensi 2300 - 2500 MHz.

5.3.3 Hasil Pengukuran

Dengan menggunakan persamaan 2-1 dan 2-5, dapat dihitung besarnya koefisien pantul dan VSWR antenna untuk setiap frekuensi yang didapat dari hasil pengukuran *return loss*.

5.3.3.1 Perhitungan koefisien pantul dan VSWR

$$f = 2400 \text{ MHz}$$

$$RL = -15.3 \text{ dB}$$

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

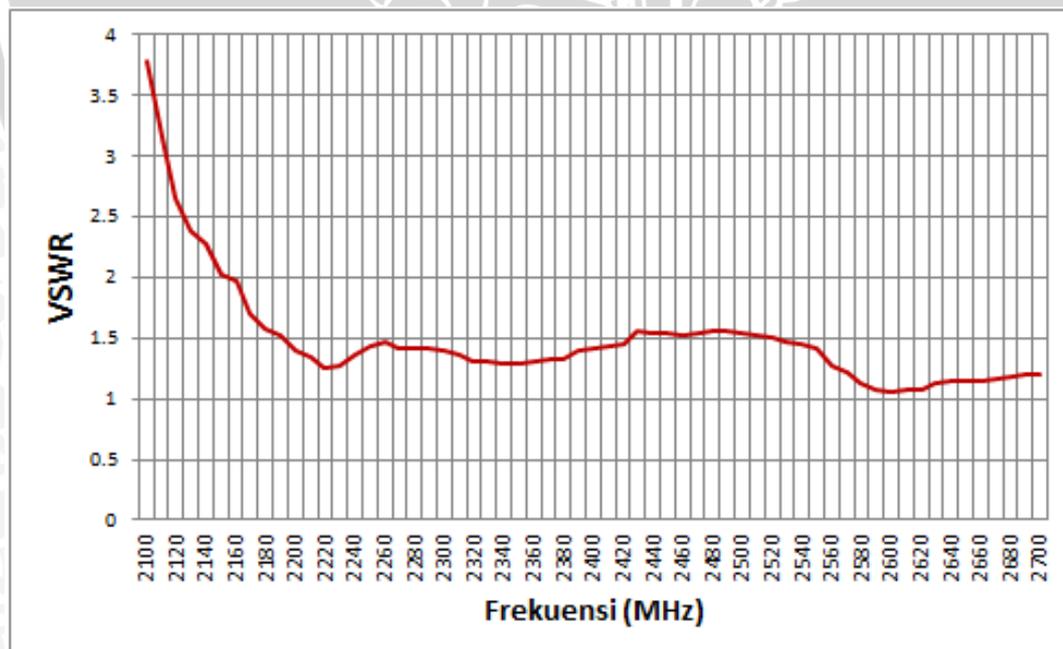
$$-15.3 = 20 \log \Gamma$$

$$-0.765 = \log \Gamma$$

$$\Gamma = 0.1718$$

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} = \frac{1 + 0.1718}{1 - 0.1718} = 1.4148$$

Dengan cara perhitungan yang sama, data hasil pengukuran *Return Loss*, koefisien pantul dan VSWR antenna mikrostrip dapat dilihat pada Tabel 5.15.



Grafik 5.39 Grafik VSWR Antena Uji terhadap Frekuensi (2200 – 2700 MHz)

Sumber : Hasil Pengujian

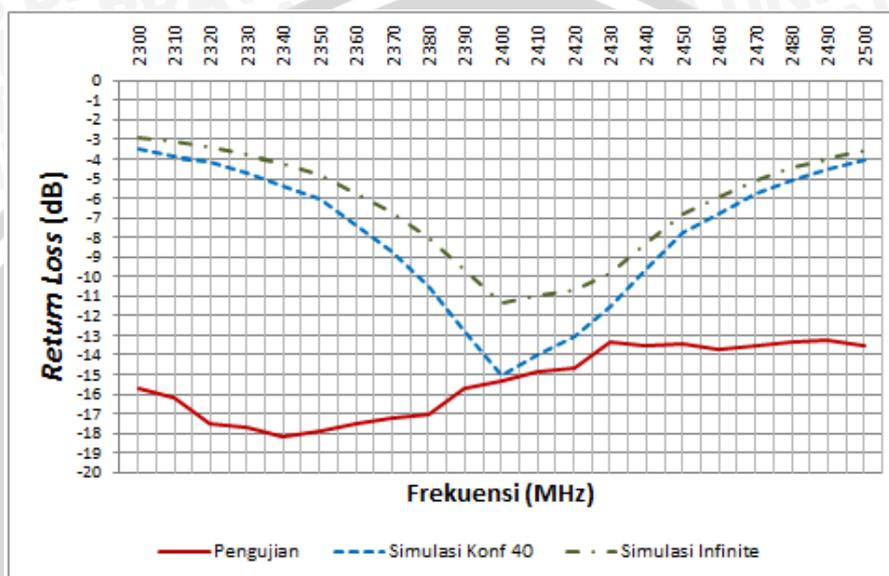
Tabel 5.15 Hasil Pengukuran RL, Perhitungan Koefisien Pantul dan VSWR Antena Uji

NO	F (MHz)	RL (dB)	Koefisien Pantul	VSWR
1	2100	-4.7	0.5821	3.7859
2	2110	-5.7	0.5188	3.1563
3	2120	-6.9	0.4519	2.6487
4	2130	-7.8	0.4074	2.3748
5	2140	-8.2	0.3890	2.2736
6	2150	-9.4	0.3388	2.0250
7	2160	-9.7	0.3273	1.9733
8	2170	-11.7	0.2600	1.7028
9	2180	-13	0.2239	1.5769
10	2190	-13.7	0.2065	1.5206
11	2200	-15.7	0.1641	1.3925
12	2210	-16.7	0.1462	1.3425
13	2220	-18.9	0.1135	1.2561
14	2230	-18.7	0.1161	1.2628
15	2240	-16.2	0.1549	1.3665
16	2250	-14.9	0.1799	1.4387
17	2260	-14.5	0.1884	1.4642
18	2270	-15.2	0.1738	1.4207
19	2280	-15.4	0.1698	1.4091
20	2290	-15.2	0.1738	1.4207
21	2300	-15.7	0.1641	1.3925
22	2310	-16.2	0.1549	1.3665
23	2320	-17.5	0.1334	1.3077
24	2330	-17.7	0.1303	1.2997
25	2340	-18.2	0.1230	1.2806
26	2350	-17.9	0.1274	1.2919
27	2360	-17.5	0.1334	1.3077
28	2370	-17.2	0.1380	1.3203
29	2380	-17	0.1413	1.3290
30	2390	-15.7	0.1641	1.3925
31	2400	-15.3	0.1718	1.4148
32	2410	-14.9	0.1799	1.4387
33	2420	-14.7	0.1841	1.4512
34	2430	-13.3	0.2163	1.5519
35	2440	-13.5	0.2113	1.5360
36	2450	-13.4	0.2138	1.5439
37	2460	-13.7	0.2065	1.5206
38	2470	-13.5	0.2113	1.5360
39	2480	-13.3	0.2163	1.5519
40	2490	-13.2	0.2188	1.5601
41	2500	-13.5	0.2113	1.5360
42	2510	-13.7	0.2065	1.5206
43	2520	-13.9	0.2018	1.5058
44	2530	-14.5	0.1884	1.4642
45	2540	-14.7	0.1841	1.4512
46	2550	-15.3	0.1718	1.4148
47	2560	-18.7	0.1161	1.2628
48	2570	-20.5	0.0944	1.2085
49	2580	-24.2	0.0617	1.1314
50	2590	-28.2	0.0389	1.0810
51	2600	-30.7	0.0292	1.0601
52	2610	-28.7	0.0367	1.0763
53	2620	-28.2	0.0389	1.0810
54	2630	-24.2	0.0617	1.1314
55	2640	-23.7	0.0653	1.1398
56	2650	-23.2	0.0692	1.1487
57	2660	-23	0.0708	1.1524
58	2670	-22.2	0.0776	1.1683
59	2680	-21.7	0.0822	1.1792
60	2690	-21	0.0891	1.1957
61	2700	-21.2	0.0871	1.1908

Sumber: Pengujian

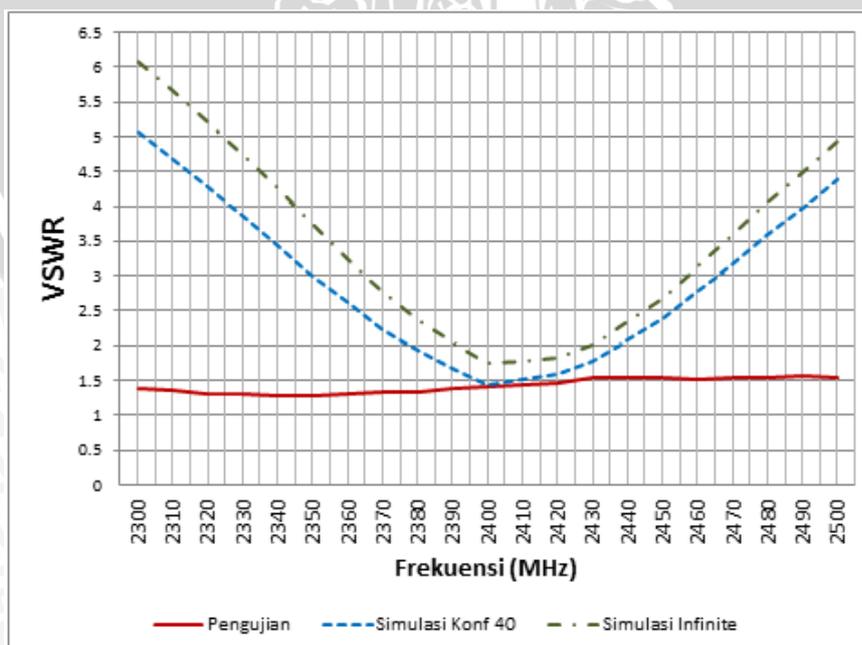
5.3.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran, pada frekuensi 2.4 GHz antenna mikrostrip ini memiliki nilai *Return loss* sebesar -15.3 dB dan nilai VSWR sebesar 1.4148. Nilai tersebut memiliki perbedaan dengan hasil simulasi. Sedangkan untuk *bandwidth* antenna setelah pengujian tidak dapat diketahui dengan jelas, karena keterbatasan alat ukur yang hanya dapat digunakan hingga frekuensi 2.7 GHz.



Grafik 5.40 Grafik *Return Loss* Antena terhadap Frekuensi (2300 – 2500 MHz)

Sumber : Hasil Pengujian



Grafik 5.41 Grafik VSWR Antena terhadap Frekuensi (2300 – 2500 MHz)

Sumber : Hasil Pengujian

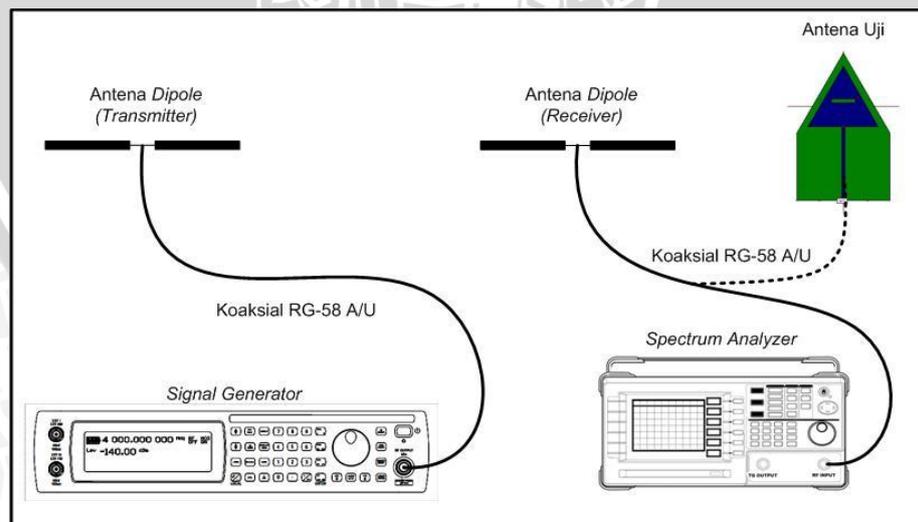
5.4 Pengukuran *Gain* Antena

5.4.1 Alat-alat yang digunakan

1. *Aeroflex IFR 3413 Signal Generator* 250 kHz – 3 GHz
2. *GW Instek Spectrum Analyzer GSP-827* 2,7 GHz
3. Dua buah antena standar *dipole sleeve $\lambda/2$*
4. Antena uji (Antena mikrostrip konfigurasi 40)
5. Kabel adapter N to BNC
6. Dua Buah Tiang penyangga

5.4.2 Prosedur Pengukuran

1. Merangkai peralatan seperti pada gambar 5.2.
2. Antena standar *dipole $\lambda/2$* dipasang sebagai antena pemancar dan yang kedua dipasang sebagai antena referensi pada sisi penerima.
3. *Signal Generator* diatur pada frekuensi 2200 MHz dan catat daya antena *dipole $\lambda/2$* yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.
4. Menaikkan frekuensi *Sweep Oscillator* menjadi 10 MHz hingga pada frekuensi 2500 MHz dan catat daya antena *dipole $\lambda/2$* yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.
5. Antena *dipole $\lambda/2$* pada penerima (referensi) diganti dengan antena uji (Antena mikrostrip segitiga sama sisi dengan *slot* persegi panjang) hasil perancangan.
6. Mengulangi langkah 3 dan 4



Gambar 5.2 Rangkaian Pengukuran *Gain* Antena

Sumber: Pengujian

5.4.3 Hasil Pengukuran

Pada pengukuran *gain* antenna ini, akan diperoleh parameter-parameter yaitu daya antenna referensi (P_{Ref}), daya antenna yang diuji (P_U), dan *gain* antenna yang diuji (G_U). Nilai *gain* antenna yang diuji (G_U) diperoleh dari perhitungan data hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan 2-12.

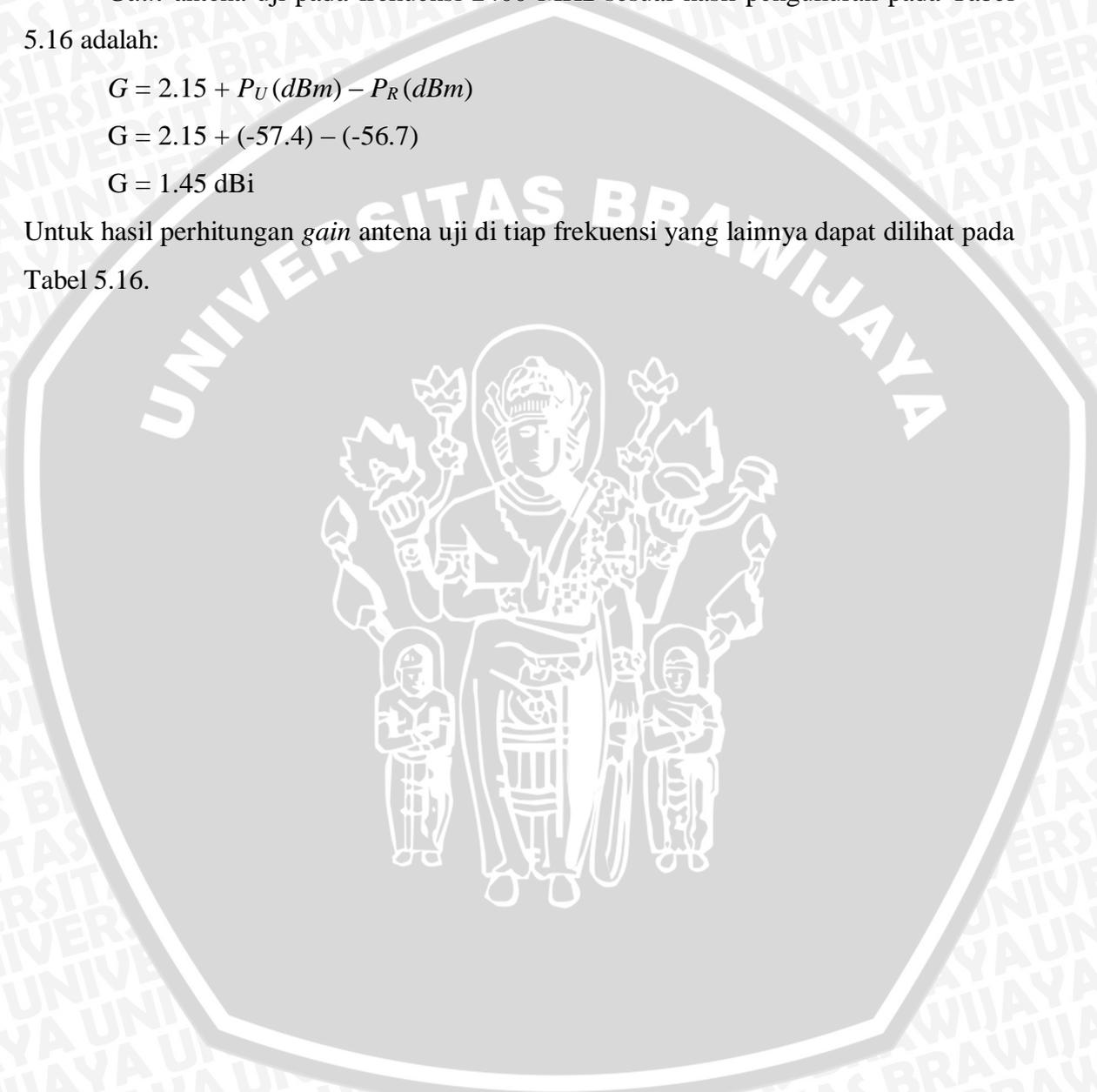
Gain antenna uji pada frekuensi 2400 MHz sesuai hasil pengukuran pada Tabel 5.16 adalah:

$$G = 2.15 + P_U (dBm) - P_R (dBm)$$

$$G = 2.15 + (-57.4) - (-56.7)$$

$$G = 1.45 \text{ dBi}$$

Untuk hasil perhitungan *gain* antenna uji di tiap frekuensi yang lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.16.



Tabel 5.16 Hasil Pengukuran *Gain* Antena Uji

NO	Frekuensi (MHz)	Pengujian		
		Daya Ref (dBm)	Daya Uji (dBm)	Gain (dBi)
1	2200	-56.9	-71.9	-12.85
2	2210	-53.6	-68.8	-13.05
3	2220	-53.3	-67	-11.55
4	2230	-53.7	-62.5	-6.65
5	2240	-51.9	-66.7	-12.65
6	2250	-55.3	-65.6	-8.15
7	2260	-60.2	-75.2	-12.85
8	2270	-57	-75.8	-16.65
9	2280	-56.9	-68.9	-9.85
10	2290	-64.5	-72.4	-5.75
11	2300	-74.5	-75.9	0.75
12	2310	-72.6	-67.5	7.25
13	2320	-64.3	-69.9	-3.45
14	2330	-68.2	-69.5	0.85
15	2340	-59.3	-69.6	-8.15
16	2350	-56.6	-69.5	-10.75
17	2360	-58.8	-68.1	-7.15
18	2370	-56.1	-70.9	-12.65
19	2380	-53.1	-68.1	-12.85
20	2390	-54.8	-55.8	1.15
21	2400	-56.7	-57.4	1.45
22	2410	-56.7	-57.9	0.95
23	2420	-76.9	-71.3	7.75
24	2430	-63.5	-73	-7.35
25	2440	-61	-75.4	-12.25
26	2450	-68.3	-71.7	-1.25
27	2460	-75.7	-74.2	3.65
28	2470	-63.9	-72	-5.95
29	2480	-65.3	-68	-0.55
30	2490	-73.2	-72.4	2.95
31	2500	-62.1	-69.9	-5.65

Sumber: Hasil Pengujian

5.4.4 Analisis Hasil Pengukuran

Pada pengukuran ini digunakan antenna referensi adalah antenna *dipole* $\lambda/2$ dengan nilai *gain* standar 2.15 dBi. Pada frekuensi perencanaan antenna yaitu 2400 MHz antenna memiliki nilai *gain* 1.45 dBi. Nilai *gain* pada antenna hasil fabrikasi berbeda dengan hasil simulasi, yang mana hasil simulasi antenna menunjukkan *gain* sebesar 2.1172 dBi.

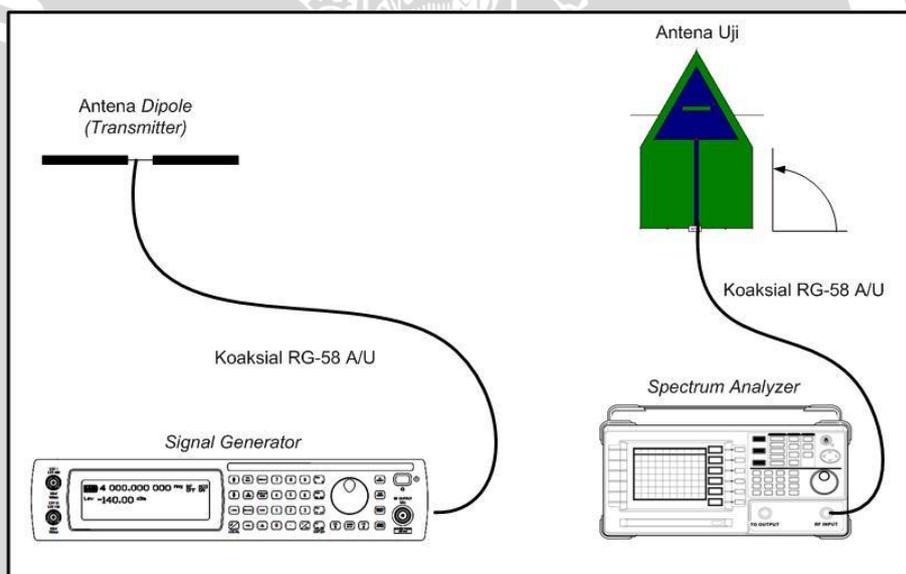
5.5 Pengukuran Polarisasi Antena

5.5.1 Alat-alat yang digunakan

1. Aeroflex *Signal Generator FR M13* 200 kHz - 3 GHz
2. GW Instek *Spectrum Analyzer GSP-827* 2,7 GHz
3. Satu buah antena standar *dipole sleeve $\lambda/2$*
4. Antena uji (Antena Mikrostrip Konfigurasi 40)
5. Kabel adapter N to BNC
6. Dua buah tiang penyangga yang salah satunya memiliki penanda sudut putar tiap kelipatan 10^0 .

5.5.2 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 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Rangkaian Pengukuran Polarisasi Antena

Sumber: Pengujian

2. Memasang antena uji sebagai antena penerima dengan menghubungkannya ke *Spectrum Analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar 5.3.
3. Memposisikan antena pemancar sejajar dengan antena uji, kemudian mengatur *Signal Generator* pada frekuensi 2400 MHz.

4. Memutar antenna uji pada sumbu horizontal antenna, dari 0° sampai 360° dengan interval 10° , dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *Spectrum Analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran.

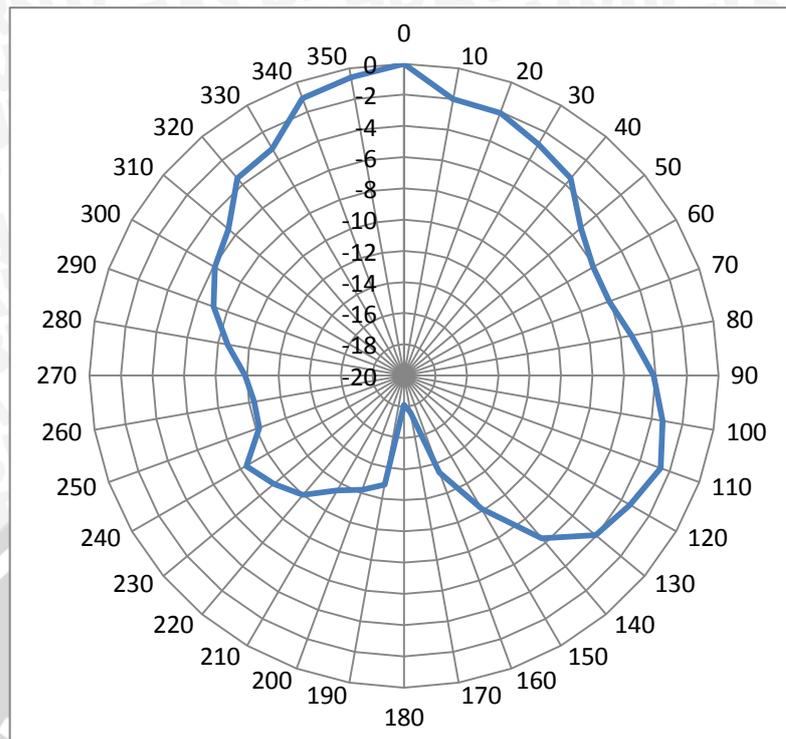
5.5.3 Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran polarisasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diterima oleh antenna uji yang diputar 10° pada sumbu horizontal. Data hasil pengukuran polarisasi pada frekuensi 2400 MHz terlihat dalam tabel 5.17.

Tabel 5.17 Hasil Pengukuran Polarisasi pada Frekuensi 2400 MHz

SUDUT (derajat)	LEVEL TERIMA (dBm)	Normalisasi	SUDUT (derajat)	LEVEL TERIMA (dBm)	Normalisasi
0	-58.5	0	180	-76.6	-76.6
10	-60.5	-2	190	-71.4	-71.4
20	-60.6	-2.1	200	-70.7	-70.7
30	-61.4	-2.9	210	-70	-70
40	-62	-3.5	220	-68.5	-68.5
50	-63.8	-5.3	230	-67.7	-67.7
60	-64.6	-6.1	240	-66.9	-66.9
70	-64.6	-6.1	250	-68.7	-68.7
80	-63.8	-5.3	260	-68.8	-68.8
90	-62.6	-4.1	270	-68.4	-68.4
100	-61.8	-3.3	280	-67.1	-67.1
110	-61.1	-2.6	290	-65.6	-65.6
120	-61.9	-3.4	300	-64.6	-64.6
130	-62.6	-4.1	310	-63.9	-63.9
140	-64.9	-6.4	320	-62	-62
150	-68.6	-10.1	330	-61.7	-61.7
160	-71.9	-13.4	340	-59.6	-59.6
170	-76.1	-17.6	350	-59.1	-59.1

Sumber: Pengujian



Grafik 5.42 Diagram Polar Polarisasi Antena Uji

Sumber: Pengujian

5.5.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan data hasil pengukuran polarisasi dalam tabel 5.17, dengan digambarkan dalam bentuk diagram polar, maka dapat diketahui bentuk polarisasi antenna yang diuji tersebut. Bentuk polarisasi antenna yang diuji pada frekuensi 2400 MHz dapat dilihat dalam grafik 5.42. Berdasarkan grafik 5.42, antenna uji dapat digolongkan sebagai antenna yang berpolarisasi elips. Hasil uji antenna sedikit berbeda dengan hasil simulasi yang mana *axial ratio* hasil simulasi sebesar 0.37613 dB (polarisasi lingkaran).

5.6 Pengujian Pola Radiasi

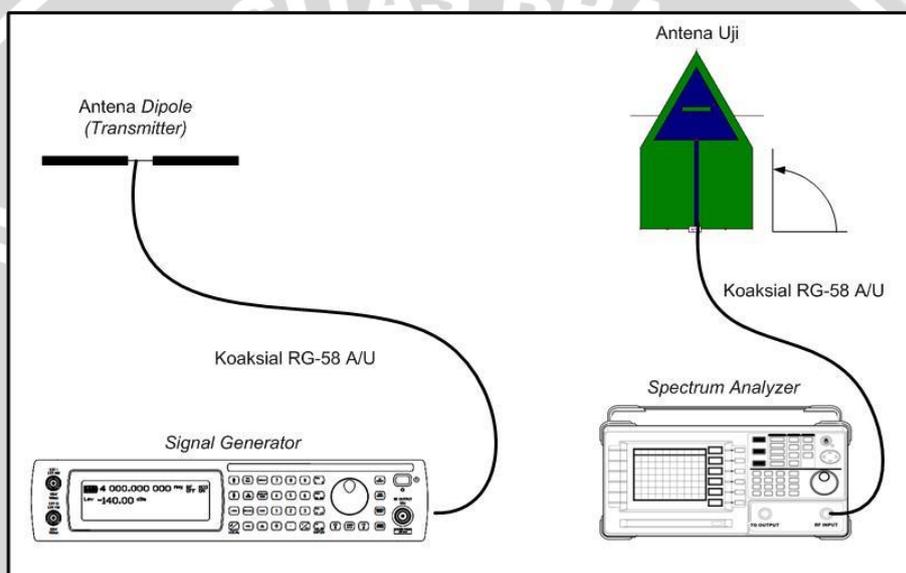
5.6.1 Alat-alat yang digunakan

1. Aeroflex *Signal Generator FR M13* 200 kHz - 3 GHz Aeroflex.
2. GW Instek *Spectrum Analyzer GSP-827* 2,7 GHz
3. Satu buah antenna standar *dipole sleeve $\lambda/2$*
4. Antena uji (Antena mikrostrip konfigurasi 40)
5. Kabel adapter N to BNC
6. Konektor tipe N *Female*

7. Dua buah tiang penyangga yang salah satunya memiliki penanda sudut putar tiap kelipatan 10^0 .

5.6.2 Prosedur Pengukuran

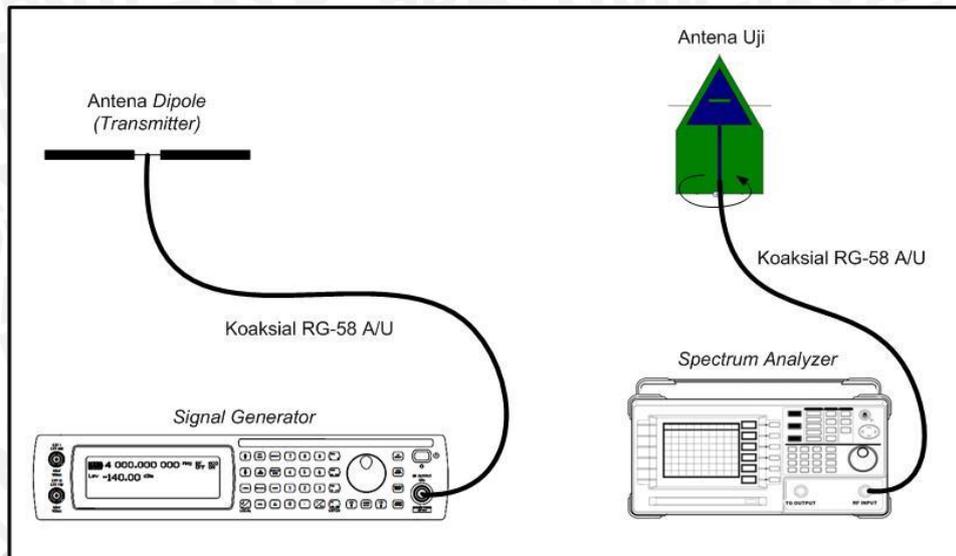
1. Memasang antenna *dipole sleeve* $\lambda/2$ sebagai antenna pemancar dengan menghubungkannya ke *signal generator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U.
2. Memasang antenna uji sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar 5.4.



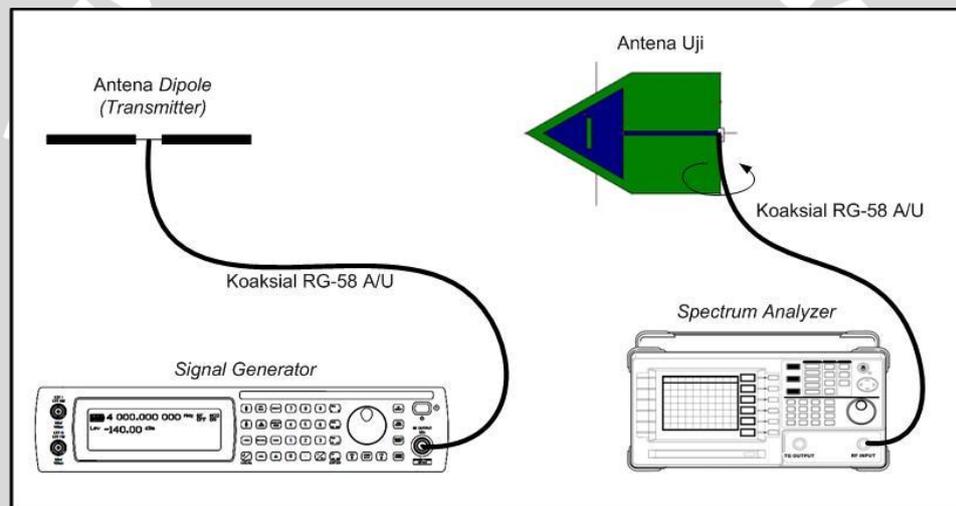
Gambar 5.4 Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Horizontal Antena Uji

Sumber : Pengujian

3. Mengatur *signal generator* pada frekuensi 2400 MHz.
4. Memutar antenna uji dari 0^0 sampai 360^0 dengan interval 10^0 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 secara vertikal sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar 5.5.



(a)



(b)

Gambar 5.5 (a) Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Vertikal Antena Uji untuk mendapatkan θ_1 ,
 (b) Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Vertikal Antena Uji untuk mendapatkan θ_2

Sumber : Pengujian

- Mengulangi langkah 4 sampai 5 untuk untuk mendapatkan nilai pola radiasi vertikal.

5.6.3 Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diradiasikan oleh antena uji. Pola radiasi yang diperoleh yaitu Pola Radiasi Horizontal dan Pola Radiasi Vertikal. Data hasil pengukuran Pola Radiasi Horizontal

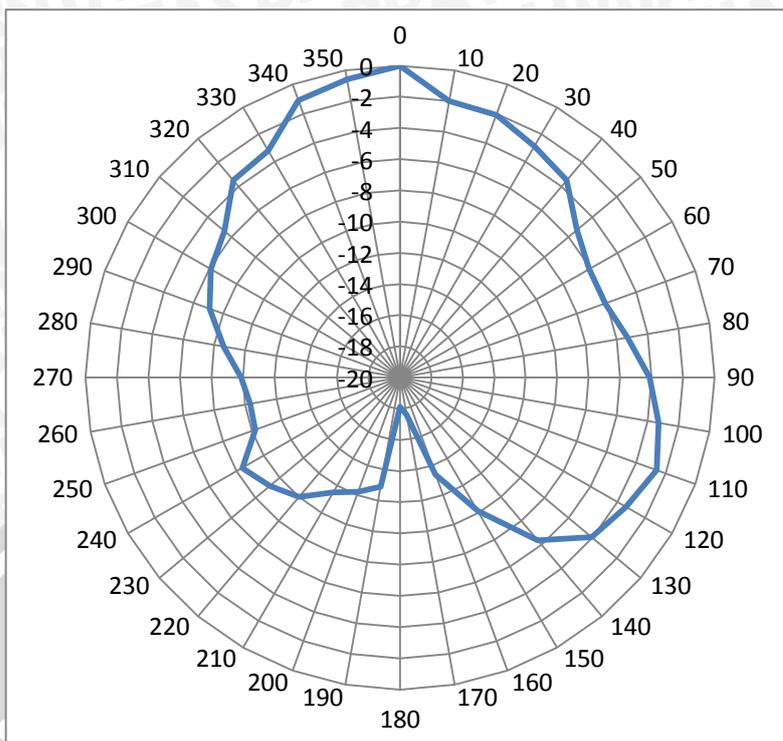


dan Pola Radiasi Vertikal pada frekuensi 2400 MHz (tabel 5.18). Pola radiasi vertikal dan horizontal antenna mikrostrip uji dapat dilihat pada grafik 5.43 dan 5.44.

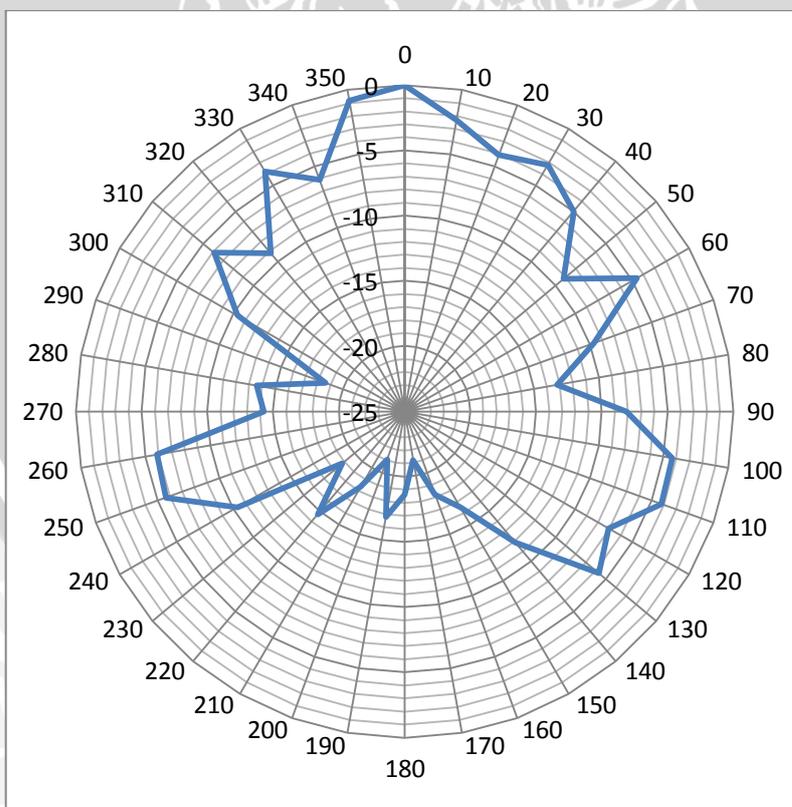
Tabel 5.18 Hasil Pengukuran Pola Radiasi pada Antena Uji

SUDUT (derajat)	POLA RADIASI HORIZONTAL		POLA RADIASI VERTIKAL			
	LEVEL TERIMA (dBm)	Normalisasi	θ_1		θ_2	
			LEVEL TERIMA (dBm)	Normalisasi	LEVEL TERIMA (dBm)	Normalisasi
0	-58.5	0	-57.4	0	-53.3	0
10	-60.5	-2	-59.7	-2.3	-57.3	-4
20	-60.6	-2.1	-61.5	-4.1	-66.5	-13.2
30	-61.4	-2.9	-60.6	-3.2	-68.8	-15.5
40	-62	-3.5	-62.4	-5	-72.4	-19.1
50	-63.8	-5.3	-66.6	-9.2	-75.2	-21.9
60	-64.6	-6.1	-62	-4.6	-72.2	-18.9
70	-64.6	-6.1	-67.1	-9.7	-77.4	-24.1
80	-63.8	-5.3	-70.6	-13.2	-78.2	-24.9
90	-62.6	-4.1	-65.5	-8.1	-71.1	-17.8
100	-61.8	-3.3	-61.7	-4.3	-62.7	-9.4
110	-61.1	-2.6	-61.6	-4.2	-62.5	-9.2
120	-61.9	-3.4	-64.5	-7.1	-65.2	-11.9
130	-62.6	-4.1	-63.1	-5.7	-63.2	-9.9
140	-64.9	-6.4	-69.3	-11.9	-69	-15.7
150	-68.6	-10.1	-73.9	-16.5	-74.6	-21.3
160	-71.9	-13.4	-75.6	-18.2	-74.7	-21.4
170	-76.1	-17.6	-78.6	-21.2	-78.9	-25.6
180	-76.6	-18.1	-76	-18.6	-75.8	-22.5
190	-71.4	-12.9	-74.2	-16.8	-73.7	-20.4
200	-70.7	-12.2	-78.5	-21.1	-81.2	-27.9
210	-70	-11.5	-75.7	-18.3	-77.1	-23.8
220	-68.5	-10	-72.1	-14.7	-72.4	-19.1
230	-67.7	-9.2	-76.2	-18.8	-77.1	-23.8
240	-66.9	-8.4	-67.7	-10.3	-70.7	-17.4
250	-68.7	-10.2	-63.1	-5.7	-67.2	-13.9
260	-68.8	-10.3	-63.3	-5.9	-67.1	-13.8
270	-68.4	-9.9	-71.7	-14.3	-75.6	-22.3
280	-67.1	-8.6	-71	-13.6	-74.3	-21
290	-65.6	-7.1	-76	-18.6	-74.4	-21.1
300	-64.6	-6.1	-67.7	-10.3	-64.3	-11
310	-63.9	-5.4	-63.5	-6.1	-64.4	-11.1
320	-62	-3.5	-66.6	-9.2	-69.1	-15.8
330	-61.7	-3.2	-61.2	-3.8	-64.6	-11.3
340	-59.6	-1.1	-63.5	-6.1	-65.7	-12.4
350	-59.1	-0.6	-58.2	-0.8	-56.9	-3.6

Sumber : Pengujian

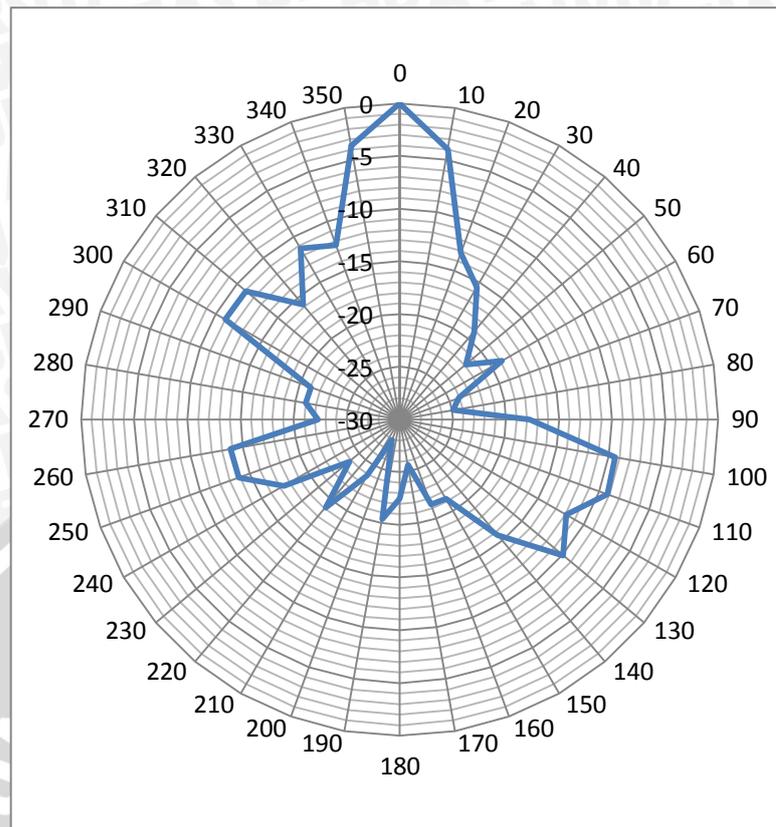


Grafik 5.43 Diagram Polar Pola Radiasi Horizontal Antena Uji
 Sumber: Pengujian



(a)

Grafik 5.44 (a) Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal (θ) Antena Uji
 Sumber: Pengujian



(b)

Grafik 5.44 (b) Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal (θ_2) Antena Uji

Sumber: Pengujian

5.6.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan Tabel 5.18 dapat digambarkan bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan pada diagram polar. Grafik 5.43 dan Grafik 5.44 merupakan diagram polar pola radiasi antenna uji pada frekuensi 2400 MHz. Berdasarkan bentuk pola radiasi yang terlukis dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan adalah *directional*, yaitu memiliki intensitas radiasi maksimum hanya pada satu arah tertentu saja.

Berdasarkan grafik 5.43 diketahui bahwa untuk pola radiasi horizontal pada frekuensi 2400 MHz, antenna ini memiliki nilai -3dB *beamwidth* sebesar 250° dan nilai *Front to Back Ratio (F/B)* antenna ini sebesar ∞ dB.

Berdasarkan grafik 5.44(a) dan (b) diketahui bahwa untuk pola radiasi vertikal pada frekuensi 2400 MHz, antenna ini memiliki nilai -3dB *beamwidth* berturut-turut sebesar 140° ($\theta_1 = 140^\circ$) dan 60° ($\theta_2 = 60^\circ$). *Front to Back Ratio (F/B)* antenna ini berturut-turut sebesar 5.7 dB dan 9.9 dB.

5.7 Perhitungan Keterarahan (*Directivity*)

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

5.7.1 Cara Perhitungan

Directivity dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2-21:

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

Sehingga,

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

dengan :

D = *directivity*

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

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

5.7.2 Hasil Perhitungan

θ_1 = 140°

θ_2 = 60°

Maka nilai *directivity* antena hasil perencanaan adalah :

$$D = \frac{41252.96125}{140^{\circ} \cdot 60^{\circ}} \\ = 4.9111$$

$$D_{(\text{dB})} = 10 \log(4.9111) \\ = 6.9117 \text{ dB}$$

5.8 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 antenna dilakukan dengan cara menentukan frekuensi tertinggi dan terendah antenna dimana masih memiliki nilai $VSWR \leq 2$.

Berdasarkan data hasil perhitungan $VSWR$, antenna ini memiliki frekuensi terendah pada frekuensi 2150 MHz dan frekuensi tertinggi tidak dapat ditentukan karena keterbatasan *Spectrum Analyzer* yang memiliki batas frekuensi hingga 2700 MHz. Sehingga *bandwidth* antenna ini adalah > 500 MHz (lebih lebar daripada *bandwidth* hasil simulasi yaitu sebesar 60.64 MHz).

5.9 Analisis Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi pada Kondisi *Infinite Ground Plane*, *Finite Ground Plane* dan Hasil Pengukuran

Perbandingan parameter hasil simulasi antenna mikrostrip segitiga sama sisi dengan *slot* persegi panjang pada frekuensi kerja 2.4 GHz pada kondisi *infinite ground plane*, *finite ground plane* (konfigurasi 40) dan hasil pengukuran dari antenna hasil fabrikasi yang menggunakan rancangan konfigurasi 40 dan antenna hasil fabrikasi dari skripsi sebelumnya ditunjukkan pada tabel 5.19. Bentuk fisik dari antenna hasil fabrikasi rancangan konfigurasi 40 berbeda dengan antenna hasil fabrikasi skripsi M.Sulthon.

Tabel 5.19 Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi dan Pengukuran

PARAMETER ANTENA	Hasil Simulasi		Hasil Pengukuran	
	Konfigurasi <i>Infinite</i>	Konfigurasi <i>Finite</i> (Konf. 40)	Fabrikasi dari Konfigurasi 40	Fabrikasi dari skripsi sebelumnya
VSWR pada 2.4 GHz	1.74786	1.42786	1.4148	1.894
<i>Bandwidth</i> (MHz)	38	60.64	>500	>300
Gain pada 2.4 Ghz (dBi)	-2.27848	2.11272	1.45	-10.85
Bentuk Polarisasi	Linier	Lingkar	Elips	Elips
Bentuk Pola Radiasi	<i>Directional</i>	<i>Directional</i>	<i>Directional</i>	<i>Directional</i>
<i>Beamwidth</i> -3dB vertikal (derajat)	61.6651	41.361	$\theta_1 = 140^\circ$ $\theta_2 = 60^\circ$	73
<i>Beamwidth</i> -3dB horizontal (derajat)	58.2553	75.3733	250	250.5
F/B (dB) vertikal	∞	11.2778	$\theta_1 \rightarrow 5.7$ $\theta_2 \rightarrow 9.9$	(tidak disebutkan)
F/B (dB) horizontal	1.96932	6.83558	∞	(tidak disebutkan)

Sumber : Simulasi dan Pengujian

a. Frekuensi Resonansi, $VSWR$, dan *Bandwidth*

- Frekuensi resonansi hasil fabrikasi (rancangan konfigurasi 40) berbeda dengan hasil simulasi. Frekuensi resonansi hasil simulasi adalah 2.4 GHz, sedangkan hasil fabrikasi adalah 2.6 GHz.

- VSWR pada 2.4 GHz dari hasil fabrikasi (rancangan konfigurasi 40) lebih baik dibandingkan hasil simulasi (konfigurasi *infinite* dan *finite ground plane*) dan hasil pengukuran antenna skripsi sebelumnya oleh M.Sulthon Kautsar.
- *Bandwidth* antenna hasil fabrikasi (rancangan konfigurasi 40) lebih besar dibandingkan dengan hasil simulasi (konfigurasi *infinite* dan *finite ground plane*) dan hasil pengukuran antenna skripsi sebelumnya.

b. Gain

Gain antenna hasil fabrikasi (rancangan konfigurasi 40) lebih baik dibandingkan dengan hasil pengukuran antenna skripsi sebelumnya karena nilainya positif.

- *Gain* antenna hasil fabrikasi (rancangan konfigurasi 40) berbeda dengan hasil simulasi (konfigurasi *finite ground plane*). Nilai *gain* hasil simulasi lebih baik dibandingkan dengan hasil fabrikasi.

c. Polarisasi

- Polarisasi antenna hasil fabrikasi (rancangan konfigurasi 40) adalah elips. Polarisasi hasil simulasi rancangan konfigurasi 40 adalah lingkaran.
- Polarisasi antenna hasil fabrikasi (rancangan konfigurasi 40) sama dengan hasil pengukuran antenna skripsi sebelumnya.

d. Pola Radiasi

- Pola radiasi antenna hasil fabrikasi (rancangan konfigurasi 40) adalah *directional* sama dengan hasil simulasi dan hasil pengukuran skripsi sebelumnya.
- Nilai F/B (dB) vertikal antenna hasil fabrikasi (rancangan konfigurasi 40) lebih kecil dibandingkan dengan hasil simulasi. Nilai F/B (dB) horizontal lebih besar dibandingkan dengan hasil simulasi.

Simulasi antenna dan pengukuran antenna fabrikasi memiliki hasil yang berbeda.

Penyebab perbedaan hasil diasumsikan karena

1. Substrat yang digunakan pada fabrikasi tidak tepat persis dengan substrat yang digunakan pada desain perancangan. Setiap substrat memiliki koefisien dielektrik (ϵ_r) yang berbeda. Koefisien dielektrik berpengaruh dengan dimensi antenna yang direncanakan.

2. Adanya kesalahan pada proses fabrikasi antenna, misal kurang presisinya ukuran antenna fabrikasi dengan antenna yang direncanakan.
3. Adanya *mismatch* antara impedansi beban (antenna) dan impedansi sumber.
4. Kondisi ruangan yang digunakan pada pengukuran adalah sebuah kelas yang di dalamnya terdapat berbagai benda yang dikhawatirkan dapat mengganggu hasil pengukuran.
5. Pemasangan konektor antenna yang kurang tepat.

