

BAB IV

PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA MIKROSTRIP CIRCULAR PATCH DENGAN SLOT EGG

4.1 Tinjauan Umum

Pada skripsi ini akan dirancang antenna mikrostrip *circular patch* dengan penambahan slot *egg* pada bagian *ground plane* untuk mendapatkan karakteristik antenna yang telah ditentukan. Jenis antenna mikrostrip yang dirancang adalah antenna mikrostrip slot berbentuk *egg* dan teknik pencatutan menggunakan saluran mikrostrip (*microstrip line feed*). Keuntungan rancangan ini adalah desain yang sederhana dan mudah dalam proses fabrikasinya serta dapat menghasilkan *bandwidth* yang lebar sehingga mampu memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan.

Ada beberapa tahapan dalam perancangan antenna ini, diantaranya adalah penentuan spesifikasi substrat yang akan digunakan, penentuan dimensi antenna, saluran transmisi, *ground plane* dan slot serta penentuan dimensi stub. Kemudian dilakukan simulasi dengan simulator Ansoft HFSS™ 13.0 untuk mengetahui performansi antenna. Apabila performansi antenna belum menunjukkan hasil yang diinginkan, maka dilakukan proses optimasi untuk meningkatkan performansi antenna.

4.2 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

Terdapat beberapa macam substrat yang dapat digunakan dalam pembuatan antenna mikrostrip, konstanta dielektrik substrat tersebut biasanya pada $range 2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Substrat yang tebal dan memiliki konstanta dielektrik yang rendah akan menghasilkan efisiensi yang lebih bagus, *bandwidth* yang lebar, dan sebagainya (Balanis, 2005: 812).

Dalam perancangan antenna mikrostrip perlu diketahui terlebih dahulu mengenai substrat yang akan digunakan. Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Bahan *Phenolic White Paper* – FR 2

Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5

Ketebalan lapisan dielektrik (h) = 0,0019 m = 1,9 mm

Loss tangent = 0.018

- Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga

Ketebalan bahan konduktor (t) = 0.00001 m = 0,01 m

Konduktifitas tembaga (σ) = 5.80×10^7 mho m⁻¹

4.3 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi, maka terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi acuan (f_r) yang digunakan, yaitu 2400 MHz. Frekuensi acuan pada antenna *ultra wideband* didapatkan ditentukan pada antenna yang akan diaplikasikan pada gelombang mikro 2400 MHz, sedangkan untuk pengujian, pada penulisan skripsi ini, antenna kan diuji pada frekuensi 1700-2700 MHz. Nilai perambatan di ruang bebas (c) sebesar 3×10^8 m/s. Dengan menggunakan persamaan (2-19):

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r}$$

$$\lambda_0 = \frac{3 \times 10^8}{2,4 \times 10^9} = 0,125 \text{ m}$$

Setelah nilai λ_0 diperoleh, maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan (2-20):

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\lambda_d = \frac{0.136}{\sqrt{4.5}} = 0,0589 \text{ m}$$

konstanta dielektrik material ϵ_r mempengaruhi bagaimana gelombang elektromagnetik bergerak melalui sebuah materi. Nilai tinggi dari konstanta dielektrik membuat jarak dalam material terlihat lebih besar. Ini berarti bahwa perambatan cahaya lebih lambat. Hal ini juga mempengaruhi perilaku gelombang ketika melewati sebuah materi dimana gelombang berperilaku seolah-olah sinyal memiliki panjang gelombang λ_d lebih pendek.

4.3.1 Perencanaan Dimensi *Circular Patch*

Untuk menentukan radius elemen peradiasi antenna mikrostrip *circular patch* diperoleh dengan menggunakan persamaan (2-21):

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi\epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}}$$

Terlebih dahulu dilakukan penghitungan fungsi logaritmik F . Dengan $f_r = 2400$ MHz; (ϵ_r) = 4,5, maka nilai fungsi logaritmik F dapat dihitung dengan persamaan (2-22):

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \\
 &= \frac{8,791 \times 10^9}{2,4 \times 10^9 \sqrt{4,5}} \\
 &= 1,7267
 \end{aligned}$$

Maka besar radius elemen peradiasi (a) untuk frekuensi 2400 MHz adalah

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2 \times 1,9 \times 10^{-3}}{3,14 \times 4,5 \times 1,7267} \times \left[\ln \left(\frac{3,14 \times 1,7267}{2 \times 1,9 \times 10^{-3}} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} \\
 &= 1,7256 \text{ cm} = 17,256 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Perencanaan Dimensi *Ground Plane*

Untuk menghitung panjang dan lebar minimal *ground plane*, masing-masing didapatkan dengan menggunakan persamaan (2-26) dan (2-27):

$$\begin{aligned}
 L_g &= 6h + 2R = (6 \times 1,9 \times 10^{-3}) + (2 \times 18,8 \times 10^{-3}) \\
 &= 49 \times 10^{-3} \text{ m} = 49 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_g &= 6h + \frac{\pi}{2}R = (6 \times 1,9 \times 10^{-3}) + \left(\frac{\pi}{2} \times 18,8 \times 10^{-3}\right) \\
 &= 40,9 \times 10^{-3} \text{ m} = 40,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pada penulisan skripsi ini, karena penggunaan antena didasarkan sebagai aplikasi RFID tag, maka diharapkan dimensi *ground plane* maksimal sebesar kartu mahasiswa yaitu 55 mm × 85 mm

4.4 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Untuk menghitung dimensi saluran transmisi menggunakan persamaan (2-23) dan (2-24) :

$$\begin{aligned}
 B &= \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \\
 &= \frac{60 \times 3,14^2}{50 \sqrt{4,5}} = 5,517
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \\
 &= \frac{2 \times 1,6}{3,14} \left\{ 5,517 - 1 - \ln(2 \times 5,517 - 1) + \frac{4,6 - 1}{2 \times 4,5} \left[\ln(5,517 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,6} \right] \right\} \\
 &= 1,109 \{ 4,517 - \ln(10,034) + 0,391 [\ln(4,517) + 0,257] \}
 \end{aligned}$$

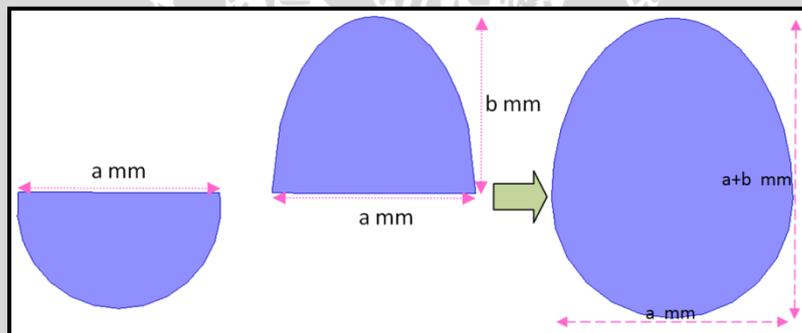
$$\begin{aligned}
 &= 1,109\{4,517 - 2,306 + 0,391[1,508 + 0,257]\} \\
 &= 1,109(2,211 + 0,391[1,765]) \\
 &= 1,109(2,211 + 0,69) \\
 &= 3,217 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk panjang dari saluran transmisi mikrostrip dihitung dengan menggunakan persamaan (2-25):

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{1}{4} \lambda_d \\
 L &= \frac{1}{4} 0,0589 = 0,014725 \text{ m} = 14,7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.5 Perencanaan Slot Egg

Slot *egg* akan dirancang berdasarkan geometri dari dimensi antenna *egg* oleh Rudy Yuwono (2010) yang telah terbukti dapat bekerja pada frekuensi *ultra wideband* seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.14 dimana perancangan dimensi slot *egg* akan menyesuaikan dimensi *ground plane* yang akan memenuhi syarat perancangan bila mencakup dimensi minimalnya.

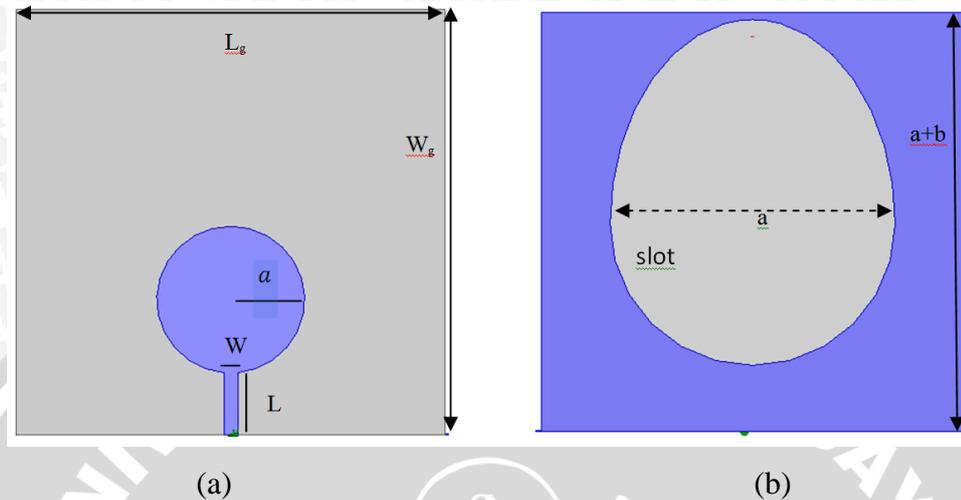


Dimensi slot *egg* pada perancangan awal diambil dari dimensi asli antenna *egg* yaitu 90 mm – 100 mm. Akan tetapi mengingat kegunaannya sebagai antenna RFID, maka dimensi slot *egg* awal yang digunakan adalah 75% dari dimensi awal, yaitu dengan diameter setengah lingkaran (a) sebesar 67,5 mm dan setengah diameter sekunder sebesar 48,75 mm.

4.6 Simulasi dan Optimasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot *Egg*

Perancangan antenna mikrostrip dilakukan secara sistematis berdasarkan pada materi dan referensi yang telah diperoleh dari hasil studi literatur. Setelah didapatkan

dimensi *patch*, *ground plane*, slot dan saluran transmisi, kemudian dilakukan proses simulasi untuk mengetahui performansi antena. Simulasi dilakukan dengan menggunakan simulator *HFSS Ansoft*TM versi 13.0. Berikut ini adalah dimensi antena berdasarkan dari perhitungan dan hasil studi literatur.

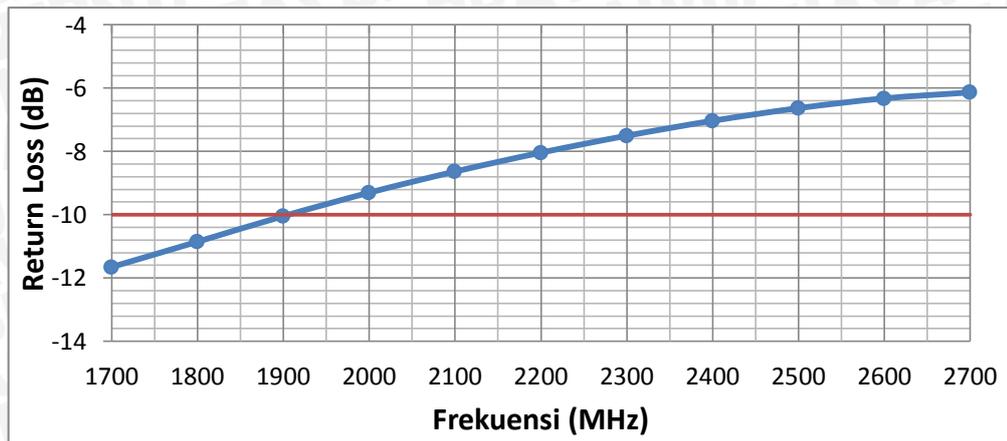


Gambar 4.1 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* (sebelum Optimasi).
(a) tampak depan; (b) tampak belakang
Sumber: Perancangan

Keterangan:

a	= Dimensi radius <i>circular patch</i>	= 17,256 mm
L	= Panjang saluran transmisi	= 14,7 mm
W	= Lebar saluran transmisi	= 3,217 mm
L_g	= Panjang <i>ground plane</i>	= 100 mm
W_g	= Lebar <i>ground plane</i>	= 100 mm
a	= Diameter setengah lingkaran	= 67,5 mm
b	= Setengah diameter sekunder	= 48,75 mm

Setelah disimulasi dengan menggunakan simulator *HFSS Ansoft*TM versi 13.0, didapatkan hasil simulasi seperti pada Grafik 4.1



Gambar 4.2 Grafik *Return Loss* terhadap frekuensi (Sebelum Optimasi)
 Sumber: Simulasi

Hasil simulasi pada gambar 4.2 menunjukkan frekuensi dengan kisaran $Return Loss \leq -10 \text{ dB}$ berada pada frekuensi 1700 – 1903 MHz. Hasil simulasi menunjukkan antenna belum memenuhi syarat perencanaan antenna, yaitu bekerja pada rentang frekuensi 1700 – 2700 MHz. Untuk perancangan antenna *ultra wideband*, parameter utama yang perlu diperhatikan adalah *bandwidth* antenna. Selain itu, antenna ini akan diaplikasikan sebagai antenna pada RFID tag yang dimensi antenanya diupayakan sekecil mungkin, sehingga masih perlu dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

4.6.1 Optimasi Dimensi *Circular Patch*

Berdasarkan perhitungan, didapatkan antenna dengan radius *circular patch* sebesar 17,256 mm belum mencakup *bandwidth* yang direncanakan. Oleh karena itu, optimasi akan dilakukan dengan cara mengubah dimensi *circular patch* dengan perhitungan dimensi yang lain yang tetap sesuai perhitungan sebelumnya.

Tabel 4.1 Optimasi Dimensi *Circular Patch*

Antena	a (mm)	Rentang frekuensi (MHz)	<i>Bandwidth</i> (MHz)
01	18	1700 - 1823	123
02	14	1823 - 2379	556
03	12	2069 - 2650	580
04	10	2021- 2700	679
05	8	2456 - 2700	244

Sumber: Simulasi

Berdasarkan hasil optimasi *circular patch* dalam tabel 4.1, terlihat bahwa *bandwidth* paling lebar terdapat pada antenna 04 dengan radius *circular patch* 10 mm yaitu dengan *bandwidth* sebesar 679 MHz yang bekerja pada frekuensi 2012 – 2700 MHz.

4.6.2 Optimasi Dimensi Saluran Transmisi

Optimasi dimensi *circular patch* menunjukkan bahwa dimensi antenna terbaik ditunjukkan oleh antenna 04 dengan dimensi saluran transmisi awal 14,7 mm. Sehingga untuk selanjutnya, akan dilakukan optimasi panjang saluran transmisi seperti yang terdapat dalam tabel 4.2

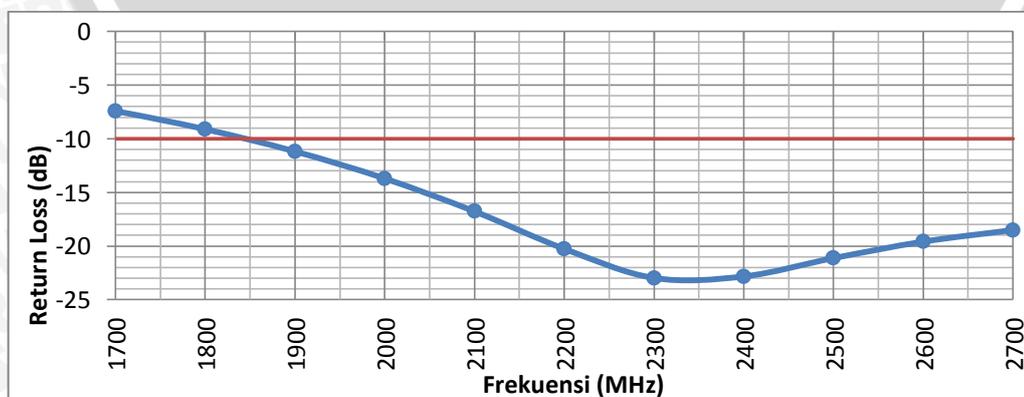
Tabel 4.2 Optimasi Dimensi Saluran Transmisi

Antena	L (mm)	Rentang frekuensi (MHz)	Bandwidth (MHz)
06	10	1965 - 2700	735
07	8	1923 - 2700	777
08	6	1860 - 2700	840
09	5	1845 - 2700	855
10	4	2102 - 2700	598
11	3	-	-

Sumber: Simulasi

Dalam tabel 4.2 ditunjukkan bahwa antenna 09 dengan saluran transmisi sepanjang 5 mm memiliki *bandwidth* yang paling lebar diantara saluran transmisi lain.

Berdasarkan hasil optimasi radius *circular patch* dan saluran transmisi, didapatkan bahwa antenna dengan radius *circular patch* (a) 10 mm dengan saluran transmisi sepanjang 5 mm memiliki *bandwidth* terbesar diantara konfigurasi antenna lain seperti yang ditunjukkan dalam gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik *Return Loss* terhadap frekuensi (Setelah optimasi *patch* dan saluran transmisi)

Sumber: Simulasi

Gambar 4.3 menunjukkan grafik hasil optimasi patch dan saluran transmisi dengan *bandwidth* sebesar 855 yang terdapat pada frekuensi 1845 – 2700 MHz. Karena dalam skripsi ini, antenna diaplikasikan sebagai antenna RFID, maka akan dilakukan optimasi dimensi slot *egg* untuk mendapatkan dimensi antenna yang lebih kecil dengan performansi yang terbaik.

4.6.3 Optimasi Dimensi Slot *Egg*

Optimasi slot *egg* mencakup optimasi besar slot *egg* serta besar dimensi pada *ground plane* di mana tujuan optimasi ini adalah untuk mendapatkan dimensi keseluruhan antenna sekecil mungkin untuk aplikasi RFID *tag* dengan hasil yang optimal. Dimensi *egg* yang akan diaplikasikan pada slot antenna mikrosstrip *circular patch* divariasikan mulai dari skala 100% yang merupakan dimensi asli dari antenna *egg* yaitu diameter setengah lingkaran (a) sebesar 90 mm dan setengah diameter sekunder (b) sebesar 65 mm hingga skala tertentu hingga didapatkan hasil yang diinginkan

Tabel 4.3 Variasi dimensi Slot *egg*

Skala (%)	a (mm)	b (mm)	Rentang frekuensi (MHz)	Bandwidth (MHz)	Gain (dBi) pada frekuensi 2,4 GHz
100	90	65	1810 – 2700	890	-25,84
90	81	58,5	1966 – 2700	734	-25,92
80	76,5	52	1797 - 2700	903	-25,61
70	63	45,5	1823 – 2700	877	-23,44
60	54	39	1850 – 2700	850	-22,96
50	45	32,5	1777 – 2700	923	-22,84
40	36	26	2496 – 2700	204	-20,89

Sumber: hasil simulasi

Berdasarkan tabel 4.3, diketahui bahwa *bandwidth* paling lebar dihasilkan oleh antenna slot *egg* dengan skala 50% dari dimensi asli antenna *egg*. Oleh karena itu, dilakukan optimasi lebih lanjut dengan kisaran skala 50% dari dimensi antenna *egg* yaitu dengan diameter setengah lingkaran (a) sebesar 45 mm dan setengah diameter sekunder (b) sebesar 32,5 mm agar didapatkan hasil yang lebih baik.

Tabel 4.4 Optimasi dimensi Slot egg dan dimensi ground plane

antena	a (mm)	b (mm)	L _g (mm)	W _g (mm)	Rentang Frekuensi (Mhz)	Bandwidth (MHz)
12	45	32,5	85	60	2126 – 2700	574
12a			60	85	2279 – 2700	421
13			80	60	2153 – 2700	547
14			75	60	2143 – 2700	557
15			70	60	2236 – 2700	464
16			65	60	2143 – 2700	557
17			60	60	2203 – 2700	497
18	44	32	85	60	2148 – 2700	552
18a			60	85	2314 – 2700	386
19			80	60	2172 – 2700	528
20			75	60	2314 – 2700	386
21			70	60	2258 – 2700	442
22			65	60	2300 – 2700	400
23			60	60	2362 – 2700	338
24	42	31	85	60	2199 – 2700	501
24a			60	85	2325 – 2700	375
25			80	60	2227 – 2700	473
26			75	60	2309 – 2700	391
27			70	60	2265 – 2700	435
28			65	60	2329 – 2700	371
29			60	60	2349 – 2700	351
30	41	30,5	85	60	2150 – 2700	550
30a			60	85	2281 – 2700	419
31			80	57,5	2137 – 2700	563
32			75	57,5	2141 – 2700	559
33			70	57,5	2139 – 2700	561
34			65	57,5	2141 – 2700	559
35			60	57,5	2205 – 2700	495
36	57,5	57,5	2177 – 2700	523		
37	40	30	85	60	2187 – 2700	513
37a			60	85	2263 – 2700	437
38			85	55	2148 – 2700	552
39			80	55	2123 – 2700	577
40			75	55	2150 – 2700	550

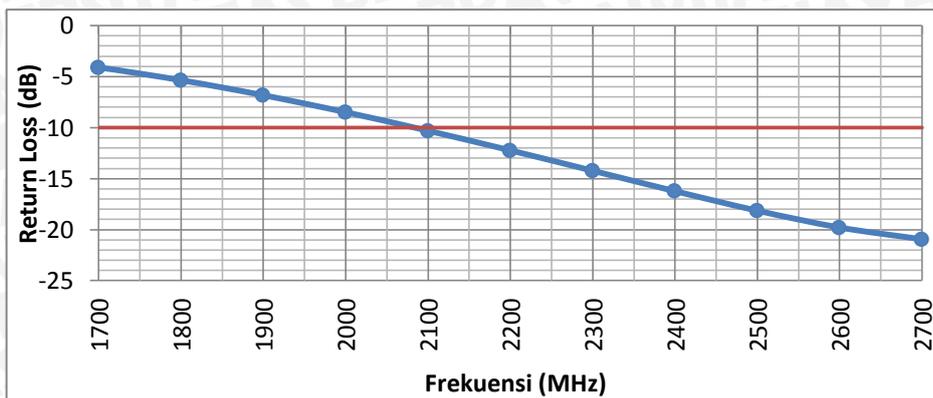
41			70	55	2117 – 2700	583
42			65	55	2101 – 2700	599
43			60	55	2112 – 2700	588
44			55	55	2074 – 2700	626
45			85	60	2171 – 2700	529
45a			60	85	2256 – 2700	444
46			85	55	2144 – 2700	556
47			85	52	2133 – 2700	567
48			80	52	2123 – 2700	577
49	40	27,5	75	52	2112 – 2700	588
50			70	52	2087 – 2700	613
51			65	52	2195 – 2700	505
52			60	52	2222 – 2700	478
53			55	52	2183 – 2700	517
54			52	52	2284 – 2700	416

Sumber: Simulasi

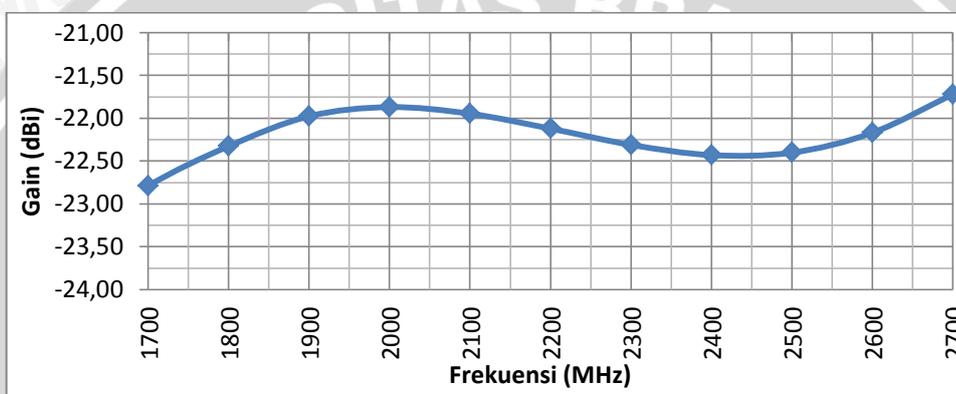
Optimasi slot *egg* disertai dengan penyesuaian dimensi *ground plane* terdapat dalam tabel 4.4. Dari data hasil simulasi tersebut, didapatkan bahwa nilai *bandwidth* tertinggi yaitu 613 MHz, terdapat pada antenna 50 dengan dimensi slot *egg* 40 mm untuk diameter setengah setengah lingkaran dan 27,5 mm untuk setengah diameter sekunder elips serta dimensi *ground plane* sebesar 70×52 mm.

4.7 Penambahan Stub pada *Ground Plane*

Dalam proses optimasi slot *egg* dan dimensi *ground plane* sebelumnya, selain nilai *bandwidth* yang menyempit, ternyata nilai *gain* pada frekuensi 2400 MHz yang didapat juga sangat rendah. Hal ini tentu akan mempengaruhi kemampuan antenna yang akan diaplikasikan sebagai antenna UWB-RFID *tag* yang bekerja pada frekuensi 2400 MHz. Berikut ini adalah nilai *gain* pada antenna 50 dengan *bandwidth* 613 MHz. Pada tabel 4.5 diketahui bahwa nilai *gain* pada frekuensi 2400 MHz hanya sebesar -22,43 dBi.



Gambar 4.4 Grafik *Return Loss* antenna 50 terhadap frekuensi (Setelah optimasi slot *egg* dan dimensi *ground plane*). Sumber: Simulasi



Gambar 4.5 Grafik nilai *gain* antenna 50 terhadap frekuensi (Setelah optimasi slot *egg* dan *ground plane*) Sumber: Simulasi

Tabel 4.5 Nilai *gain* Antena 50 (setelah optimasi slot *egg* dan dimensi *ground plane*)

Frekuensi (MHz)	Gain (dBi)
1700	-22,79
1800	-22,33
1900	-21,98
2000	-21,87
2100	-21,95
2200	-22,12
2300	-22,31
2400	-22,43
2500	-22,40
2600	-22,17
2700	-21,72

Sumber : hasil simulasi

Penambahan stub dimaksudkan untuk meningkatkan *bandwidth* (Khan, 2013). Dengan adanya stub yang diletakkan pada *ground plane* diharapkan dapat

mengoptimalkan kinerja antenna dengan ukuran antenna yang kecil. Selain itu diharapkan dengan adanya stub, nilai *gain* pada frekuensi 2400 MHz dapat meningkat.

4.7.1 Variasi Stub

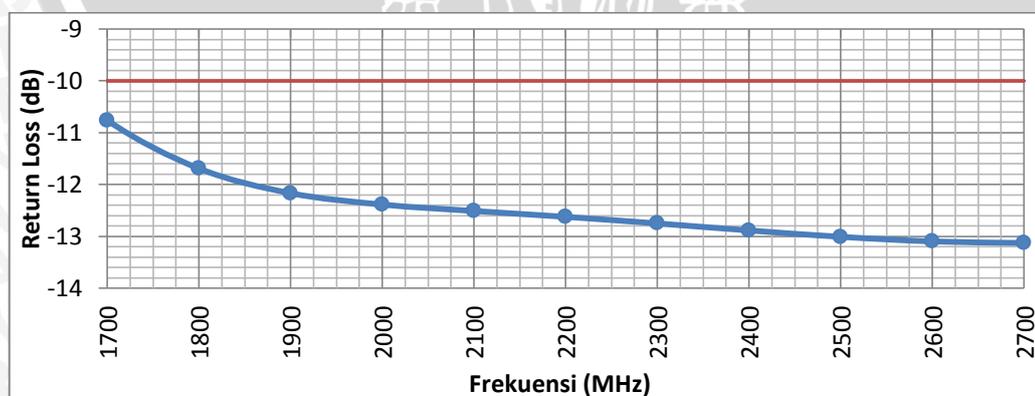
Optimasi berikutnya adalah optimasi stub pada *ground plane* yang mencakup variasi dimensi serta letak stub terhadap slot *egg*. Pada optimasi ini, parameter yang diperhatikan adalah *bandwidth* adalah *gain*. Stub berukuran Pada awalnya, mencari kebutuhan stub dengan membandingkan performansi antenna saat diberi stub dengan jumlah tertentu seperti dalam tabel 4.5. dengan dimensi stub yang digunakan sebesar 14,5 mm untuk panjangnya dan lebar 6 mm.

Tabel 4.6 Optimasi kebutuhan stub pada *ground plane*

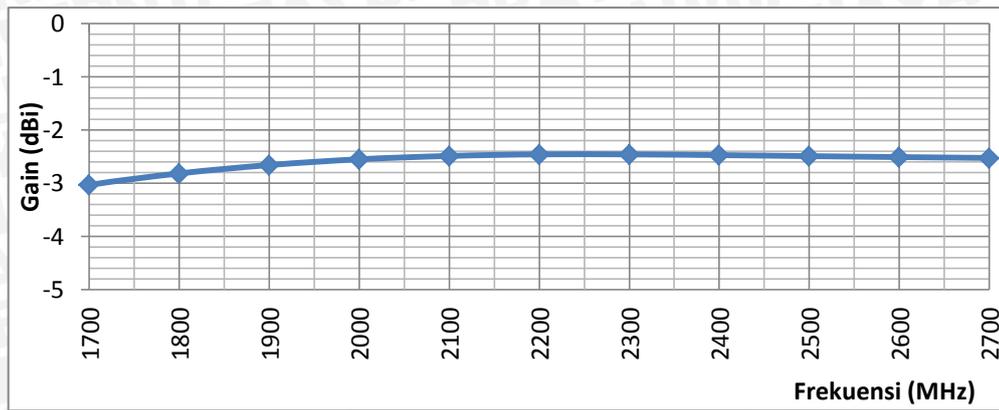
Antena	<i>banyak stub</i>	<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Gain</i> (dBi) pada frekuensi 2400 MHz
55	1	1000	-2,47
56	2	-	-22,52
57	3	-	-25,43
58	4	-	-8,3

Sumber: Simulasi

Dari tabel 4.6 di atas terbukti bahwa stub yang dibutuhkan pada *ground plane* adalah sebanyak satu buah. Dengan adanya stub, *bandwidth* antenna bertambah dari yang sebelumnya hanya sebesar 613 MHz (gambar 4.4) pada ukuran *ground plane* yang sama menjadi 1000 MHz dengan rentang frekuensi antara 1700 – 2700 MHz serta *gain* pada frekuensi 2400 MHz sebesar -2,47.



Gambar 4.6 Grafik *Return Loss* antenna 55 terhadap frekuensi (Setelah optimasi slot *egg* dan dimensi *ground plane*). Sumber: Simulasi



Gambar 4.7 Grafik nilai *gain* antenna 55 terhadap frekuensi (Setelah ditambahkan stub pada *ground plane*). Sumber: Simulasi

4.7.1.1 Dimensi Stub pada *Ground Plane*

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dimensi stub pada *ground plane* terhadap performansi antenna yang telah dirancang, maka dimensi stub divariasikan dengan:

- panjang tetap, lebar berubah
merubah lebar stub yang mulanya 6 mm dengan mengurangi dan menambah lebar stub dengan panjang stub dibuat tetap yaitu 14,5 mm
- lebar tetap, panjang berubah
merubah panjang stub yang mulanya 14,5 mm dengan mengurangi dan menambah panjang stub dengan lebar stub dibuat tetap yaitu 6 mm

Tabel 4.7 Variasi dimensi stub terhadap *bandwidth* dan nilai *gain*

antena	W_s (mm)	L_s (mm)	Rentang frekuensi (MHz)	Bandwidth (MHz)	<i>Gain</i> (dBi) pada frekuensi 2400 MHz
55	6	14,5	1000 – 2700	1000	-2,47
59	5	14,5	1708 – 2700	992	-2,55
60	7		1000 – 2700	1000	-2,17
61	6	13,5	1823 – 2700	877	-2,84
62		15,5	1000 – 2700	1000	-2,29

Sumber: Simulasi

Berdasarkan tabel 4.7, diketahui bahwa *gain* pada antenna 60 mengalami peningkatan menjadi -2,17 dBi dengan *bandwidth* sebesar 1000 MHz.

4.7.1.2 Letak Stub pada *Ground Plane*

Setelah dilakukan optimasi dengan variasi dimensi stub, variasi selanjutnya dilakukan dengan merubah letak stub terhadap *ground plane*. Nilai P positif menunjukkan bahwa stub digeser ke atas dan nilai negatif menunjukkan bahwa stub digeser ke arah bawah. Penempatan stub awal pada *ground plane* terletak pada jarak 23 mm terhadap bidang vertikal antenna.

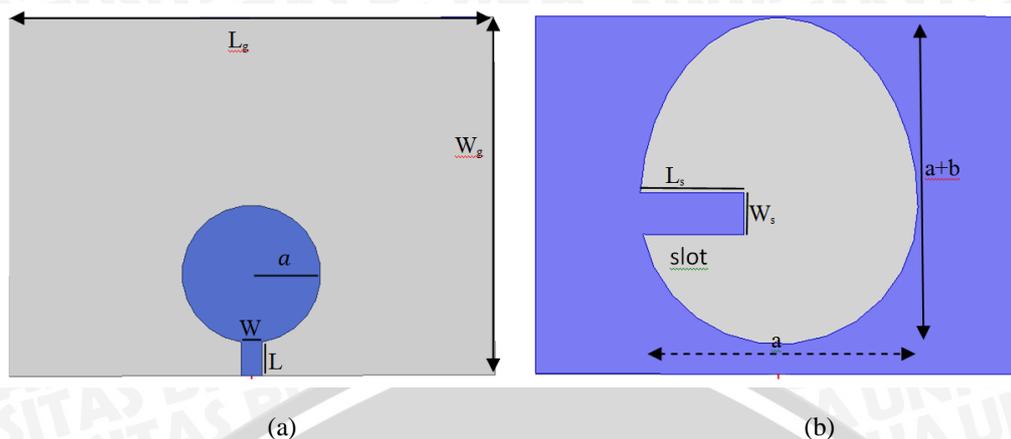
Tabel 4.8 Variasi letak stub terhadap nilai *bandwidth* dan *gain*

antena	P (mm)	Rentang frekuensi (MHz)	Bandwidth (MHz)	<i>Gain</i> (dBi) pada frekuensi 2400 MHz
55	0	1700 – 2700	1000	-2,47
63	1	1713 – 2700	990	-2,80
64	2	1777 – 2700	923	-3,42
65	-1	1700 – 2700	1000	-2,07
66	-2	1700 – 2700	1000	-2,15

Sumber: Simulasi

Berdasarkan tabel 4.8 yang menampilkan hasil simulasi dari variasi letak stub didapatkan bahwa antenna 65 memiliki konfigurasi terbaik dengan *bandwidth* sebesar 1000 MHz yang memenuhi persyaratan perancangan antenna yaitu pada frekuensi sebesar 1700 – 2700 MHz dan *gain* pada 2400 MHz sebesar -2,07 dBi. Hal ini berarti antenna memiliki rentang frekuensi kerja sesuai dengan perencanaan antenna selain itu, *gain* pada frekuensi 2400 MHz memiliki nilai tertinggi sebesar -2,07 dBi.

Setelah dilakukan optimasi, antenna 65 ditunjukkan dalam gambar 4.2 yang merupakan konfigurasi terbaik antenna dengan rincian dimensinya yang terdapat dalam tabel 4.9



Gambar 4.8 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane*.

(a) tampak depan; (b) tampak belakang. Sumber: Perancangan

Tabel 4.9 Tabel Dimensi Antena 65

Variabel	Keterangan	Dimensi (mm)
a	Dimensi radius <i>circular patch</i>	10 mm
L	Panjang saluran transmisi	5 mm
W	Lebar saluran transmisi	3,217 mm
L_g	Panjang <i>ground plane</i>	70 mm
W_g	Lebar <i>ground plane</i>	52 mm
a	Diameter setengah lingkaran	40 mm
b	Setengah diameter sekunder	27,5 mm

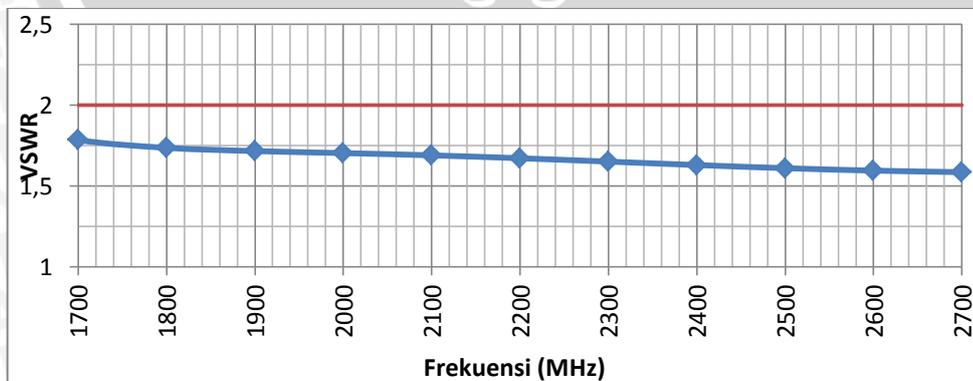
Sumber: Simulasi

Dengan dimensi tersebut, antena kembali disimulasikan sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Bandwidth (VSWR dan *Return Loss*)

- VSWR**

Berikut ini adalah besar *bandwidth* dari nilai VSWR



Gambar 4.9 Grafik VSWR Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane* terhadap frekuensi.

Sumber: Simulasi

Tabel 4.10 Nilai VSWR Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane*

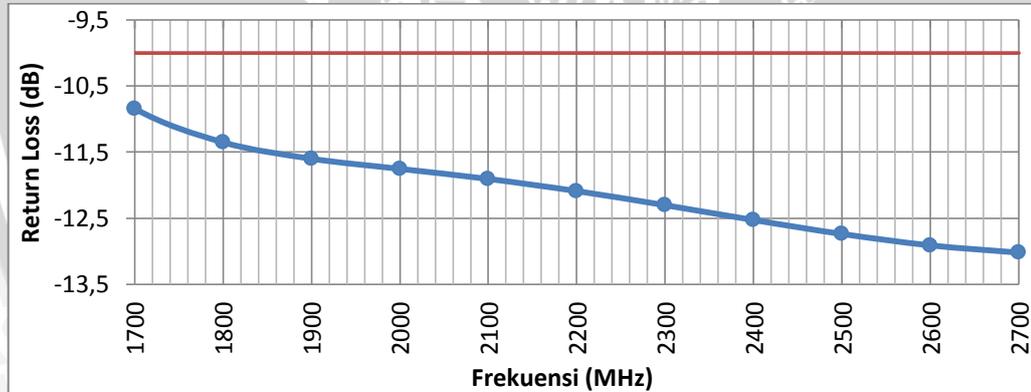
Frekuensi (MHz)	VSWR
1700	1,78
1800	1,74
1900	1,72
2000	1,70
2100	1,69
2200	1,67
2300	1,65
2400	1,63
2500	1,61
2600	1,60
2700	1,59

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi VSWR antena konfigurasi 65 terhadap frekuensi antena, menunjukkan bahwa antena konfigurasi 65 memenuhi perencanaan antena dengan $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$ dengan frekuensi 1700 – 2700 MHz.

- **Return Loss**

Berikut ini adalah *bandwidth* dari *Return loss*

Gambar 4.10 Grafik *return loss* Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane* terhadap frekuensi.

Sumber: Simulasi

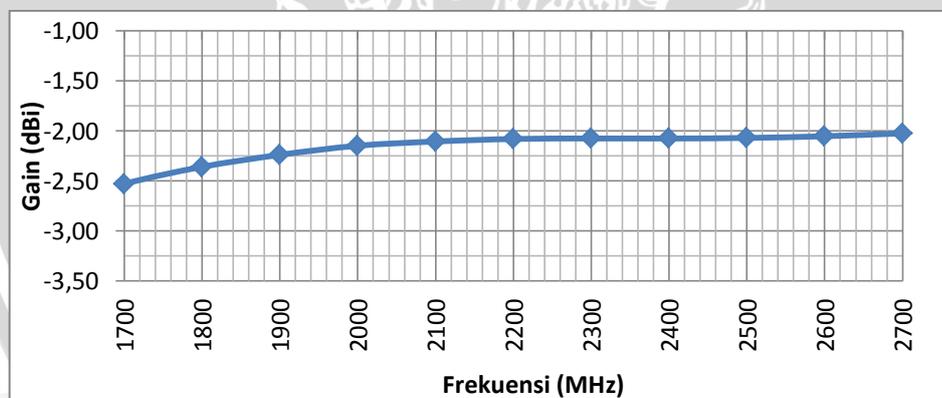
Tabel 4.11 Nilai *return loss* Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane*

Frekuensi (MHz)	<i>Return Loss</i> (dB)
1700	-10,84
1800	-11,35
1900	-11,60
2000	-11,75
2100	-11,91
2200	-12,09
2300	-12,30
2400	-12,53
2500	-12,74
2600	-12,91
2700	-13,02

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi antena 65 terhadap parameter *return loss* menunjukkan bahwa antena konfigurasi 65 memiliki nilai *return loss* dibawah -10 dB pada rentang frekuensi 1700 – 2700 MHz.

b. Gain



Gambar 4.11 Grafik *gain* Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane* terhadap frekuensi.

Sumber: Simulasi

Tabel 4.12 Nilai *Gain* Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane*

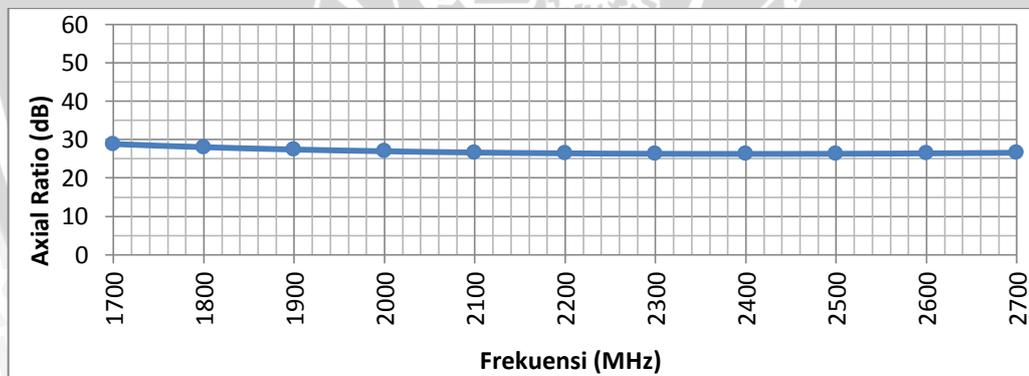
Frekuensi (MHz)	Gain (dBi)
1700	-2,53
1800	-2,36
1900	-2,24
2000	-2,15
2100	-2,10
2200	-2,08
2300	-2,07
2400	-2,07
2500	-2,07
2600	-2,05
2700	-2,02

Sumber: simulasi

Hasil simulasi *gain* pada antena 65 menunjukkan pada frekuensi 2400 MHz, nilai *gain* antena mencapai -2,07 dBi pada frekuensi 2400 MHz.

c. Polarisasi

Antena akan diaplikasikan pada frekuensi 2400 MHz, maka polarisasi antena didefinisikan pada frekuensi 2400 MHz adalah sebagai berikut

Gambar 4.12 Grafik *Axial Ratio* Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane* terhadap frekuensi.

Sumber: Simulasi

Tabel 4.13 Nilai *Axial Ratio* Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane*

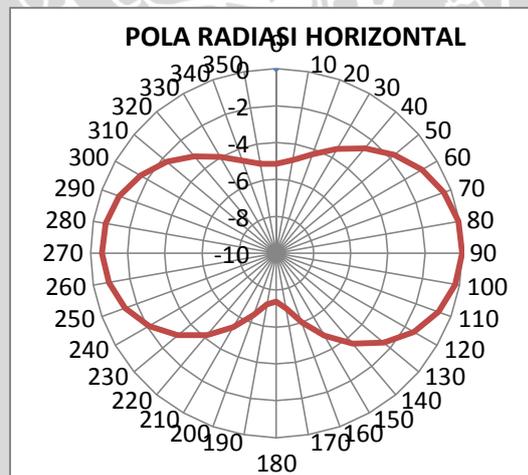
Frekuensi (MHz)	<i>Axial Ratio</i> (dB)
1700	28,86
1800	28,04
1900	27,42
2000	26,97
2100	26,64
2200	26,43
2300	26,31
2400	26,28
2500	26,31
2600	26,42
2700	26,58

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi polarisasi antena 65 menunjukkan nilai *axial ratio* pada frekuensi 2400 MHz sebesar 26,28 dB dengan polarisasinya berupa elips.

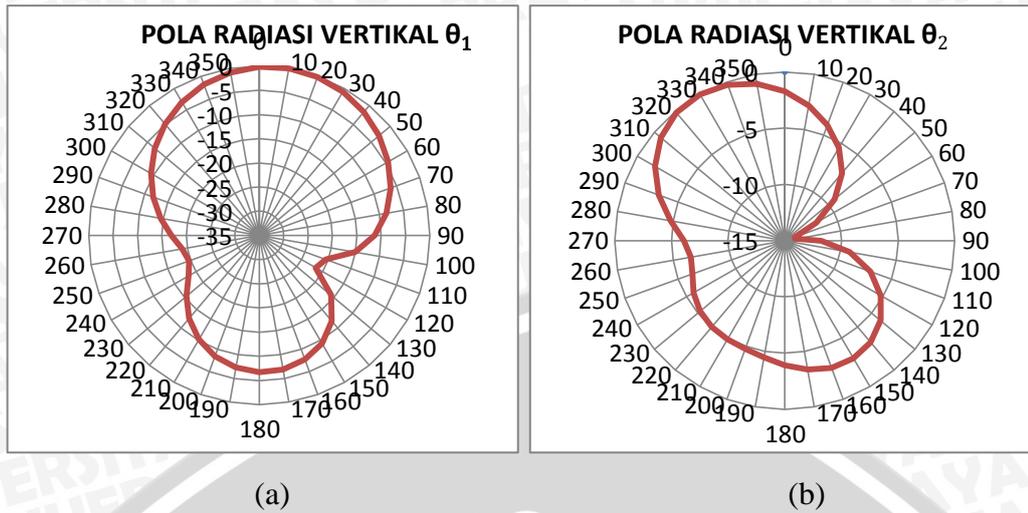
d. Pola radiasi

Karena antena akan diaplikasikan pada frekuensi 2400 MHz, maka jenis pola radiasi antena didefinisikan pada frekuensi 2400 MHz



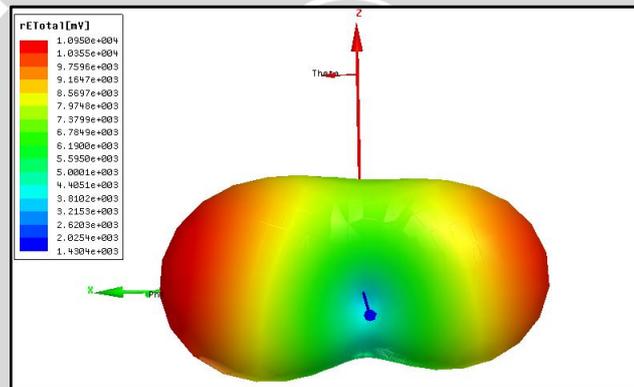
Gambar 4.13 Diagram Polar Pola Radiasi Horizontal Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane*.

Sumber: simulasi



Gambar 4.14 Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane*

(a) Pola Radiasi Vertikal θ_1 , (b) Pola Radiasi Vertikal θ_2 . Sumber: simulasi



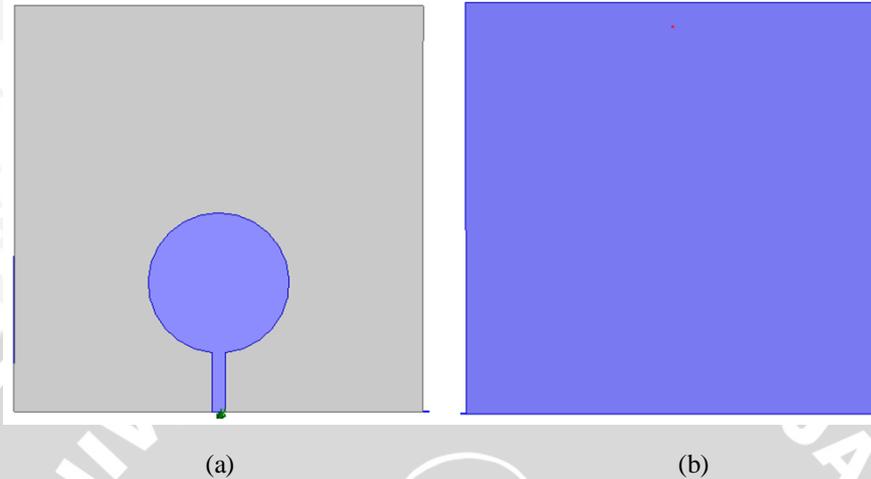
Gambar 4.15 Gambar 3D Polar Pola Radiasi Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane*.

Sumber: simulasi

Hasil simulasi antena 65 terhadap pola radiasinya menunjukkan bahwa antena memiliki pola radiasi *bidirectional* dengan arah pancar radiasi maksimum pada dua arah.

4.8 Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot *Egg* dan Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot *Egg* Tanpa Penambahan Stub Pada *Ground Plane*.

4.8.1 Antena Mikrostrip *Circular Patch* tanpa slot *Egg*



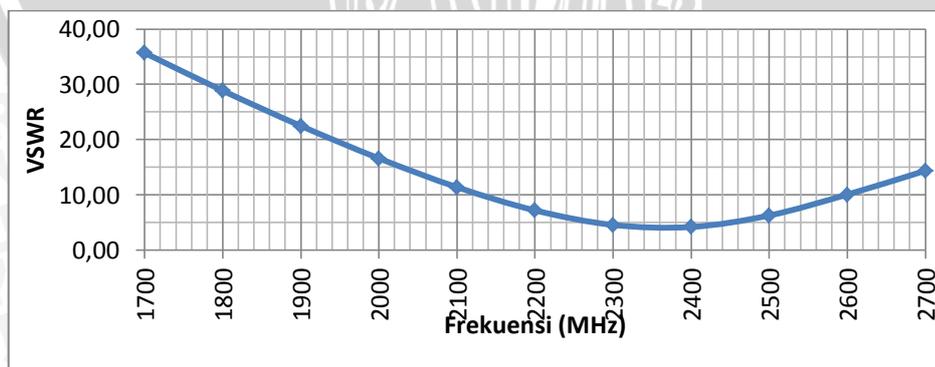
Gambar 4.16 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg*
(a) tampak depan; (b) tampak belakang
Sumber: Perancangan

Gambar 4.6 merupakan geometri antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* dengan dimensi yang sama dengan dimensi hasil perhitungan dan optimasi antena *circular patch*. Berikut ini merupakan hasil simulasi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg*:

a. *Bandwidth* (VSWR dan *Return Loss*)

- **VSWR**

Berikut ini adalah besar *bandwidth* dari nilai VSWR



Gambar 4.17 Grafik VSWR Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* terhadap frekuensi
Sumber: Simulasi

Tabel 4.14 Nilai VSWR Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa Slot *egg*

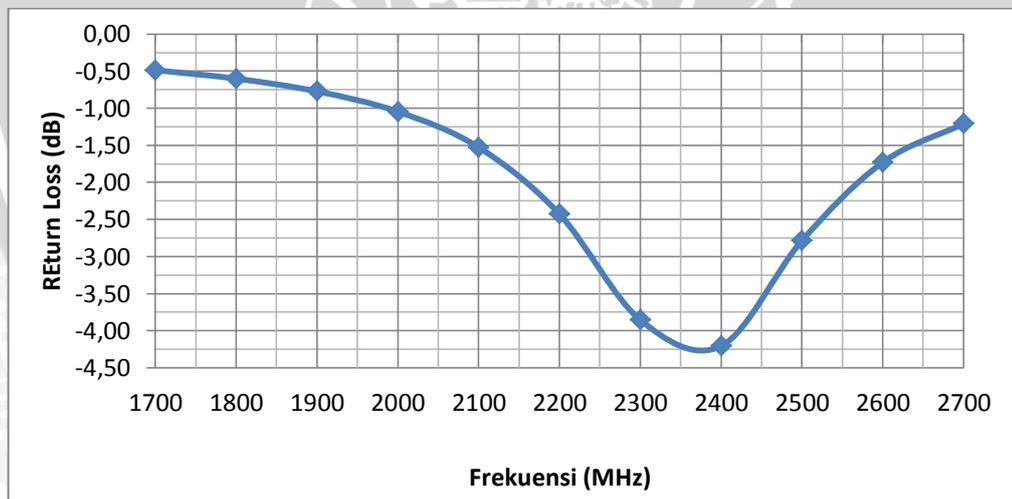
Frekuensi (MHz)	VSWR
1700	35,69
1800	28,86
1900	22,49
2000	16,62
2100	11,40
2200	7,20
2300	4,58
2400	4,21
2500	6,29
2600	10,07
2700	13,02

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi nilai VSWR antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* terhadap frekuensi antena, menunjukkan bahwa antena belum memenuhi parameter antena yang baik karena nilai VSWR lebih dari 2 dengan frekuensi 1700 – 2700 MHz.

- **Return Loss**

Berikut ini adalah *bandwidth* dari *Return loss*

Gambar 4.18 Grafik *Return Loss* Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa Slot *egg* terhadap frekuensi

Sumber: Simulasi

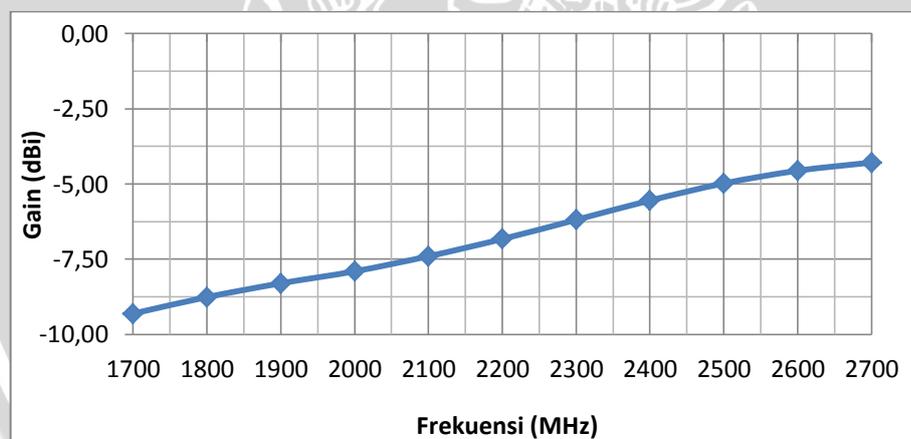
Tabel 4.15 Nilai *Return loss* Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa Slot *egg*

Frekuensi (MHz)	<i>Return Loss</i> (dB)
1700	-0,49
1800	-0,60
1900	-0,77
2000	-1,05
2100	-1,53
2200	-2,43
2300	-3,85
2400	-4,21
2500	-2,79
2600	-1,73
2700	-1,21

Sumber: simulasi

Hasil simulasi *return loss* antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* terhadap frekuensi antena, menunjukkan bahwa antena belum memenuhi parameter antena yang baik karena nilai *return loss* lebih dari -10 dB pada frekuensi 1700 – 2700 MHz.

b. Gain

Gambar 4.19 Grafik *gain* Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa Slot *egg* terhadap frekuensi

Sumber: Simulasi

Tabel 4.16 Nilai *gain* Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa Slot *egg*

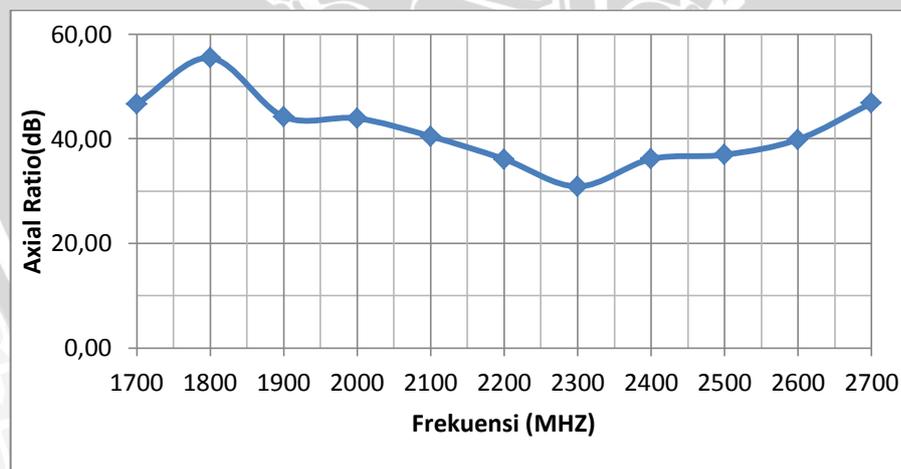
Frekuensi (MHz)	<i>Gain</i> (dBi)
1700	-9,31
1800	-8,76
1900	-8,30
2000	-7,90
2100	-7,40
2200	-6,83
2300	-6,19
2400	-5,55
2500	-4,98
2600	-4,56
2700	-4,29

Sumber: simulasi

Hasil simulasi *gain* antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* terhadap frekuensi antena, menunjukkan bahwa nilai *gain* antena pada frekuensi 2400 MHz sebesar -5,55 dBi.

c. Polarisasi

Hasil simulasi *axial ratio* antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* yang didefinisikan pada frekuensi 2400 MHz adalah sebagai berikut

Gambar 4.20 Grafik *Axial Ratio* Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa Slot *egg* terhadap frekuensi

Sumber: Simulasi

Tabel 4.17 Nilai *Axial Ratio* Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa Slot *egg*

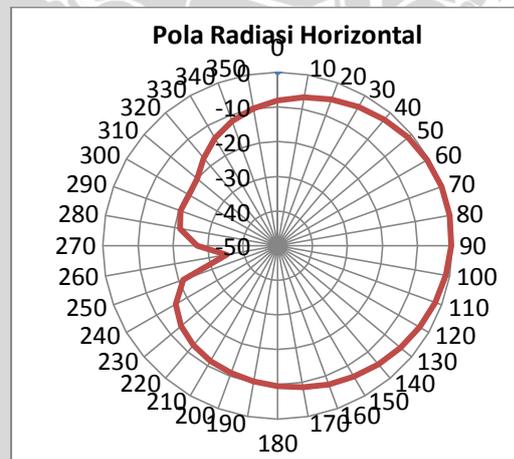
Frekuensi (MHz)	<i>Axial Ratio</i> (dB)
1700	46,61
1800	55,44
1900	44,22
2000	43,89
2100	40,46
2200	36,10
2300	30,87
2400	36,12
2500	36,93
2600	39,87
2700	46,82

Sumber: Simulasi

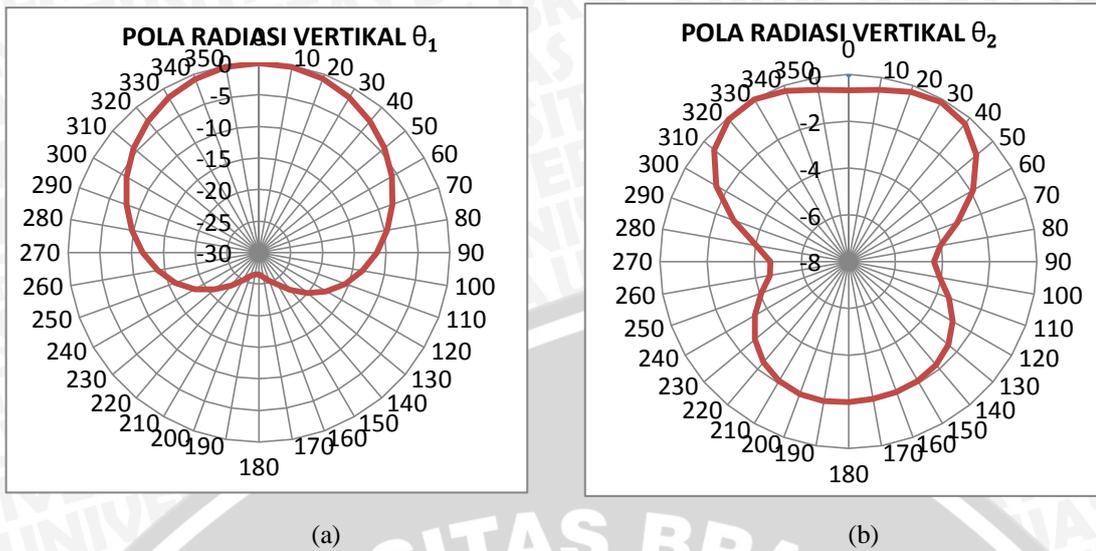
Hasil simulasi polarisasi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* menunjukkan nilai *axial ratio* pada frekuensi 2400 MHz sebesar 36,12 dB dengan polarisasinya berupa elips.

d. Pola radiasi

Hasil simulasi pola radiasi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* yang didefinisikan pada frekuensi 2400 MHz adalah sebagai berikut

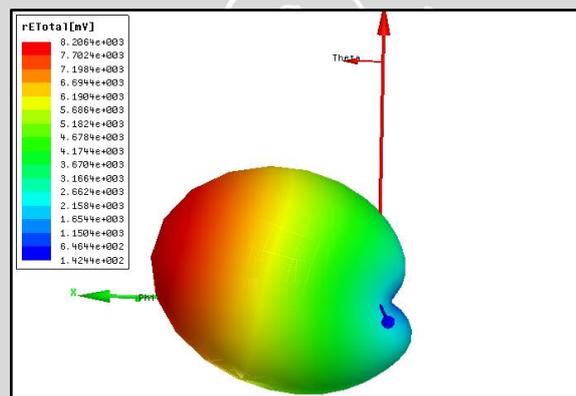
Gambar 4.21 Diagram Polar Pola Radiasi Horizontal Antena Mikrostrip *Circular Patch* tanpa slot *egg*

Sumber: simulasi



Gambar 4.22 Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal Antena Mikrostrip *Circular Patch* tanpa slot *egg*

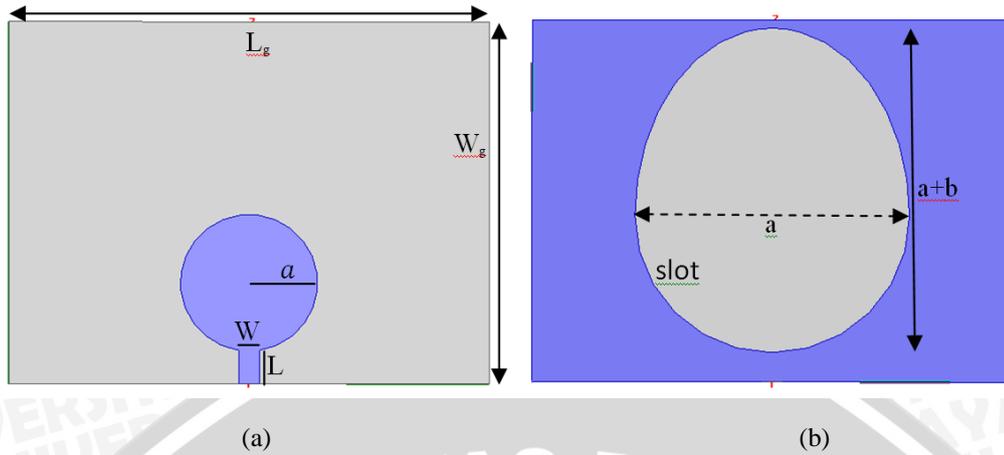
(a) Pola Radiasi Vertikal θ_1 , (b) Pola Radiasi Vertikal θ_2 . Sumber: simulasi



Gambar 4.23 Gambar 3D Polar Pola Radiasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* tanpa slot *egg*
Sumber: simulasi

Hasil simulasi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* terhadap pola radiasinya menunjukkan bahwa antena memiliki pola radiasi *directional* dengan arah pancar radiasi maksimum satu arah.

4.8.2 Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot *Egg* Tanpa Stub



Gambar 4.24 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* (sebelum Optimasi).

(a) tampak depan; (b) tampak belakang.

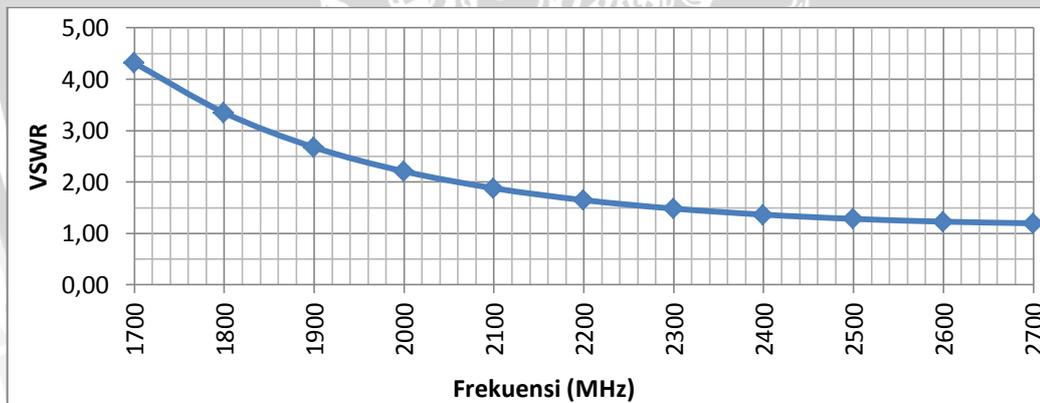
Sumber: Perancangan

Gambar 4.10 merupakan geometri antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg*. Berikut ini merupakan hasil simulasi antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg*:

a. Bandwidth (VSWR dan *Return Loss*)

- VSWR

Berikut ini adalah besar *bandwidth* dari nilai VSWR



Gambar 4.25 Grafik VSWR Antena Mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* terhadap frekuensi

Sumber: Simulasi

Tabel 4.18 Nilai VSWR Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg*

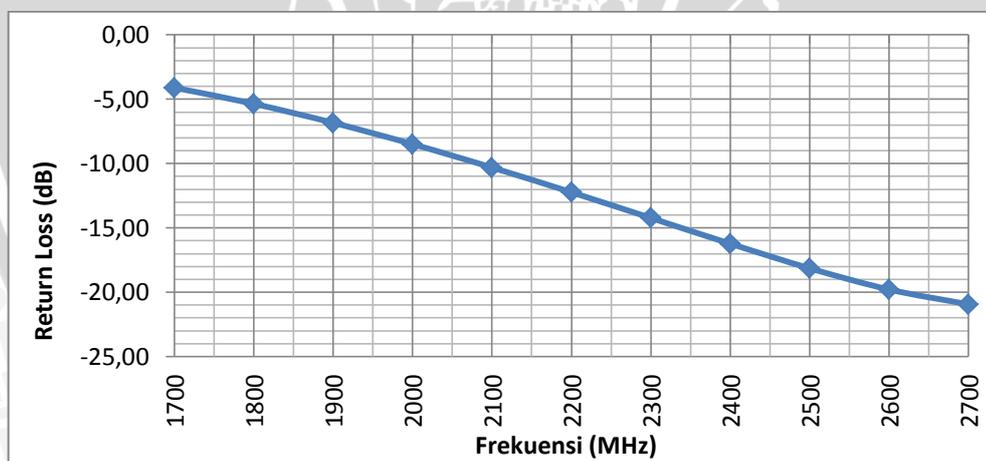
Frekuensi (MHz)	VSWR
1700	4,31
1800	3,35
1900	2,67
2000	2,21
2100	1,88
2200	1,65
2300	1,48
2400	1,37
2500	1,28
2600	1,23
2700	1,20

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi nilai VSWR antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* terhadap frekuensi antena, menunjukkan bahwa antena belum memenuhi parameter antena yang direncanakan karena nilai VSWR dengan $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$ terdapat pada rentang frekuensi 2087 – 2700 MHz dengan *bandwidth* sebesar 613 MHz.

- **Return Loss**

Berikut ini adalah *bandwidth* dari *Return loss*

Grafik 4.1 Grafik *Return Loss* Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* terhadap frekuensi.

Sumber: Simulasi

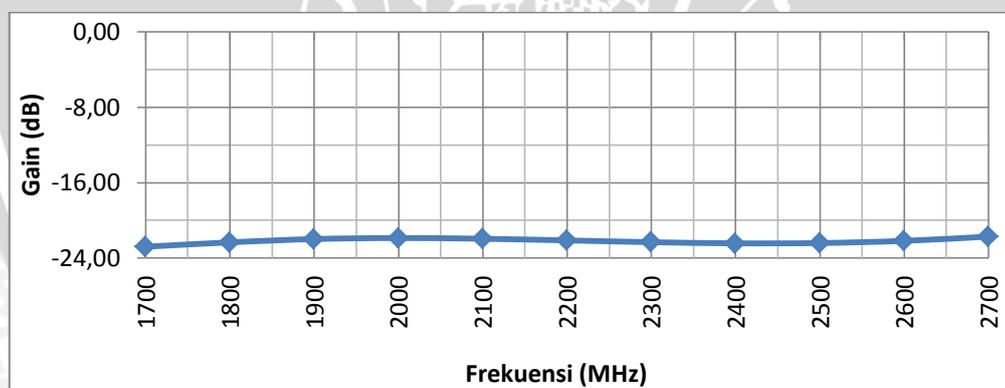
Tabel 4.19 nilai *Return Loss* Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg*

Frekuensi (MHz)	<i>Return Loss</i> (dB)
1700	-4,10
1800	-5,35
1900	-6,83
2000	-8,49
2100	-10,31
2200	-12,23
2300	-14,23
2400	-16,23
2500	-18,14
2600	-19,79
2700	-20,94

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi *return loss* antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* terhadap frekuensi antena, menunjukkan bahwa antena belum memenuhi parameter antena yang direncanakan karena nilai *return loss* ≤ -10 dB pada frekuensi 2087 – 2700 MHz dengan *bandwidth* sebesar 613 MHz.

b. *Gain*

Gambar 4.26 Grafik *gain* antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* terhadap frekuensi

Sumber: Simulasi

Tabel 4.20 Nilai *Gain* Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg*

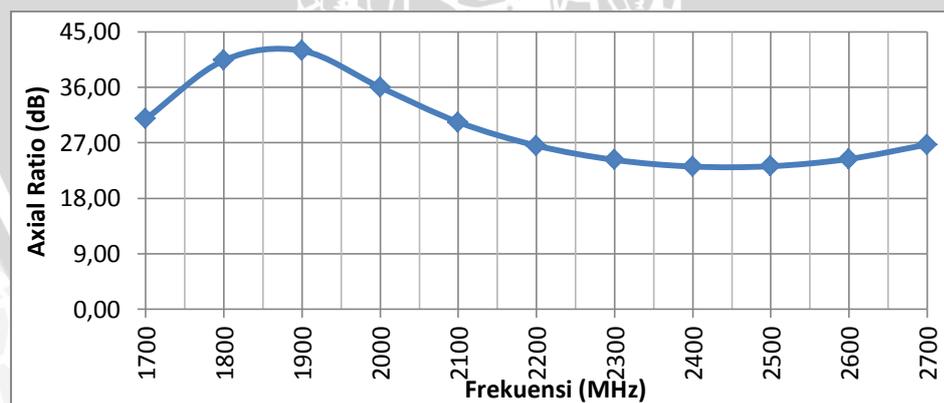
Frekuensi (MHz)	<i>Gain</i> (dBi)
1700	-22,79
1800	-22,33
1900	-21,98
2000	-21,87
2100	-21,95
2200	-22,12
2300	-22,31
2400	-22,43
2500	-22,40
2600	-22,17
2700	-21,72

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi *gain* antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* terhadap frekuensi antena, menunjukkan bahwa nilai *gain* antena pada fekuensi 2400 MHz sebesar -22,43 dBi.

c. Polarisasi

Hasil simulasi *axial ratio* antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* yang didefinisikan pada frekuensi 2400 MHz adalah sebagai berikut

Grafik 4.2 Grafik *Axial Ratio* antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* terhadap frekuensi

Sumber: Simulasi

Tabel 4.21 Nilai *Axial Ratio* Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg*

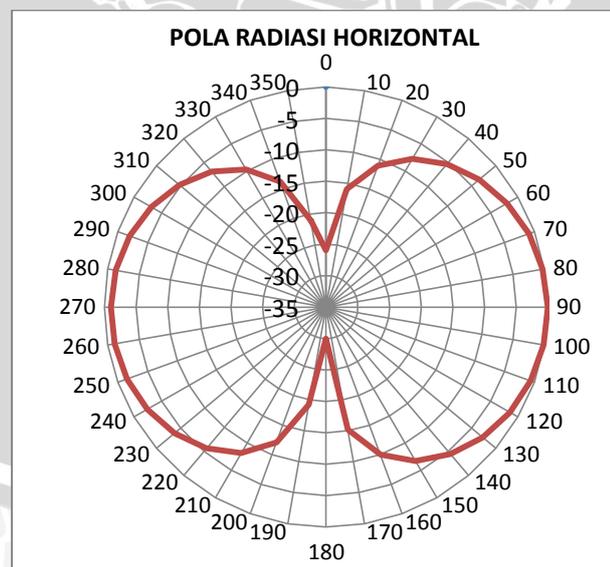
Frekuensi (MHz)	<i>Axial Ratio</i> (dB)
1700	30,88
1800	40,37
1900	41,93
2000	36,00
2100	30,35
2200	26,55
2300	24,24
2400	23,15
2500	23,20
2600	24,38
2700	26,72

Sumber: Simulasi

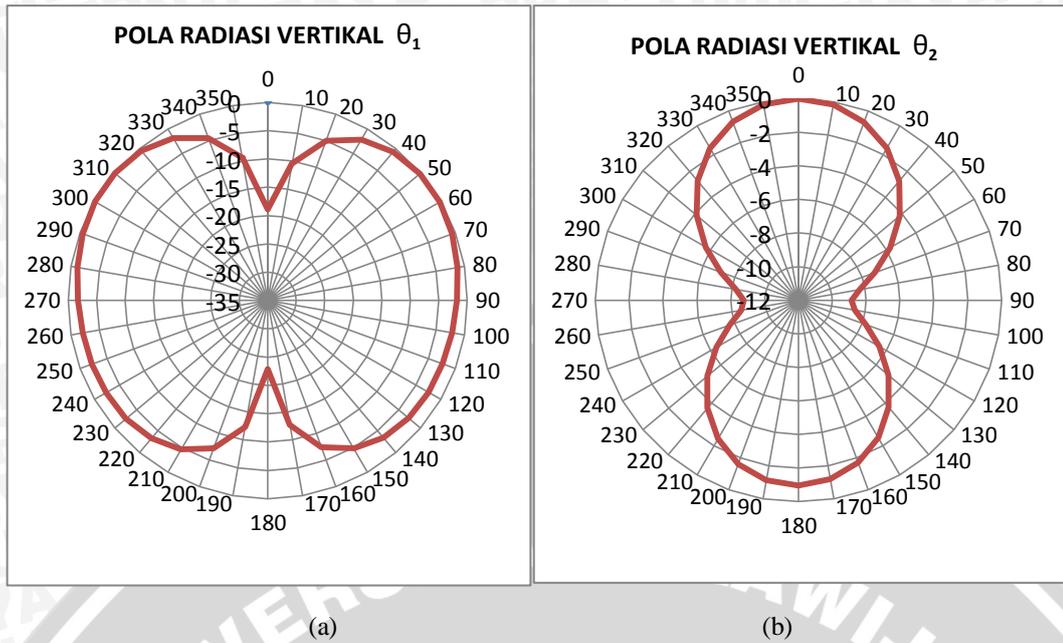
Hasil simulasi polarisasi antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* menunjukkan nilai *axial ratio* pada frekuensi 2400 MHz sebesar 23,15 dB dengan polarisasinya berupa elips.

d. Pola radiasi

Hasil simulasi pola radiasi antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* yang didefinisikan pada frekuensi 2400 MHz adalah sebagai berikut

Gambar 4.27 Diagram Polar Pola Radiasi Horizontal Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan slot *egg*.

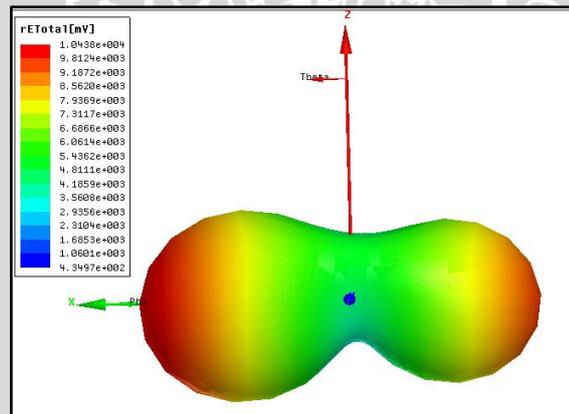
Sumber: simulasi



Gambar 4.28 Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal Antena Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan slot *egg*.

(a) Pola Radiasi Vertikal θ_1 , (b) Pola Radiasi Vertikal θ_2

Sumber: simulasi



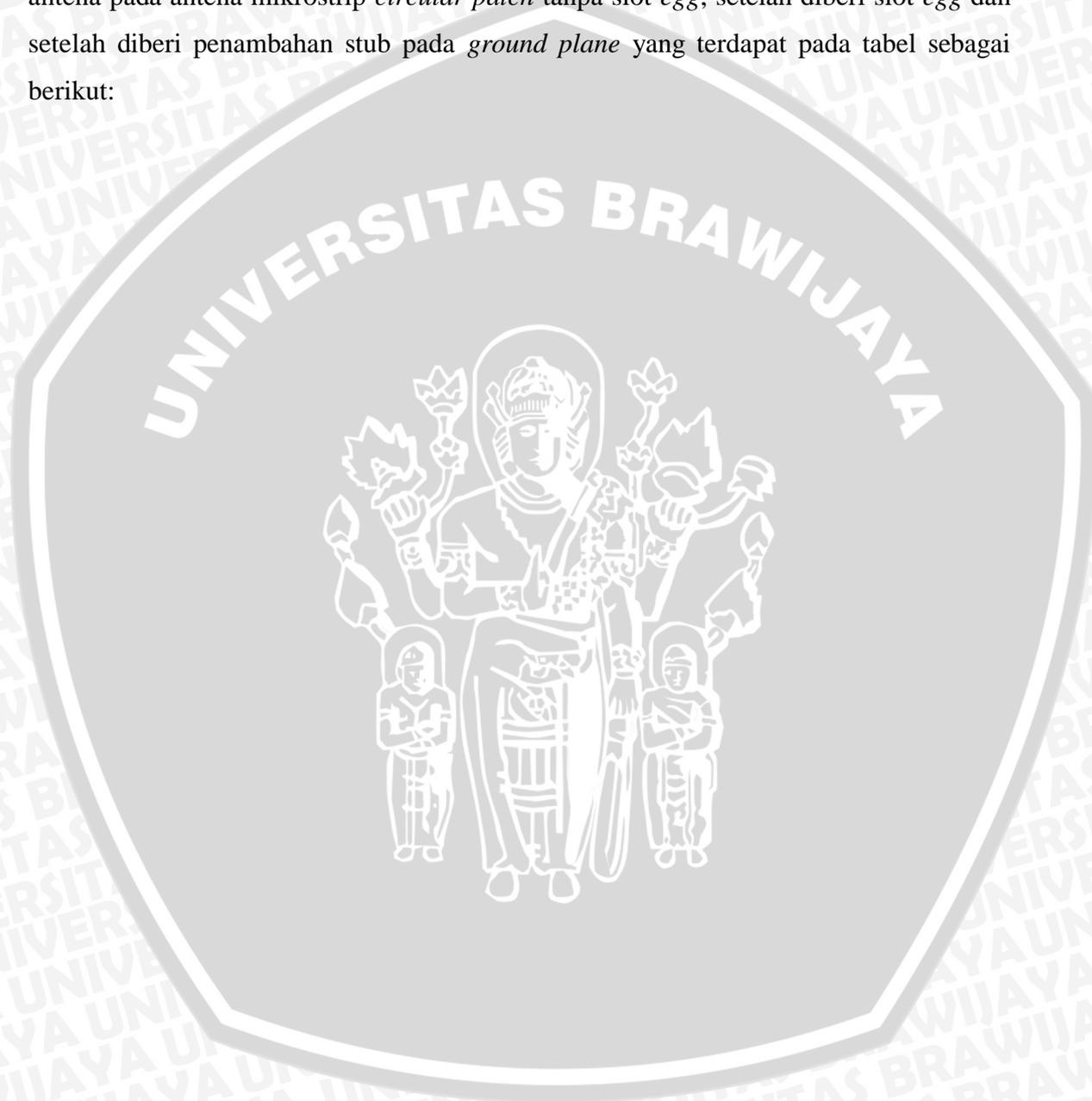
Gambar 4.29 Gambar 3D Polar Pola Radiasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan slot *egg*

Sumber: simulasi

Hasil simulasi antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* terhadap pola radiasinya menunjukkan bahwa antena memiliki pola radiasi *bidirectional* dengan arah pancar radiasi maksimum pada dua arah

4.9 Perbandingan Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* tanpa slot *Egg*, Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot *Egg* dan Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan slot *Egg* serta penambahan stub pada *ground plane* menggunakan Program Ansoft HFSS v.13

Bagian ini akan membahas perbandingan hasil simulasi performansi parameter antena pada antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg*, setelah diberi slot *egg* dan setelah diberi penambahan stub pada *ground plane* yang terdapat pada tabel sebagai berikut:



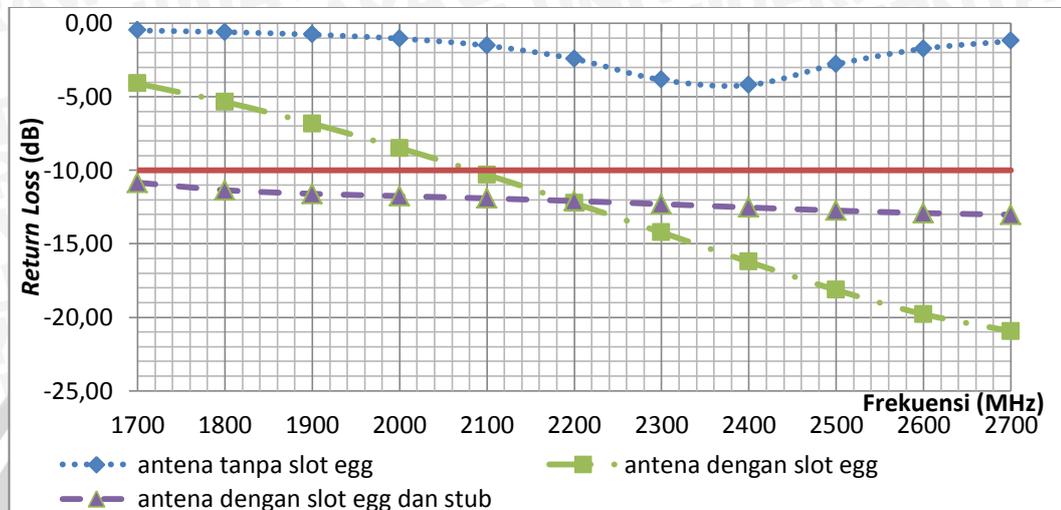
Tabel 4.22 Tabulasi Perbandingan Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* Tanpa Slot *Egg* , dengan Slot *Egg* dan Setelah Diberi Penambahan Stub Pada *Ground Plane*

Keterangan antena	Bandwidth			Gain pada Frekuensi 2400 MHz(dBi)	Polarisasi		Jenis Pola Radiasi
	Rentang Frekuensi (MHz)	Bandwidth (MHz)	Bandwidth Fraksional		Axial Ratio pada Frekuensi 2400 MHz	Jenis Polarisasi	
Antena <i>Circular patch</i> tanpa slot <i>egg</i>	-	-	-	-5,55	36,12	Elips	<i>directional</i>
Antena <i>Circular patch</i> dengan slot <i>egg</i>	2087 – 2700	613	0,25	-22,43	23,15	Elips	<i>Bidirectional</i>
Antena <i>Circular patch</i> dengan slot <i>egg</i> dan penambahan stub pada <i>ground plane</i>	1000 – 2700	1000	0,45	-2,07	26,28	Elips	<i>Bidirectional</i>

Pada *range* simulasi 1700 – 2700 MHz, perbandingan performansi antenna mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* , dengan slot *egg* dan setelah diberi penambahan stub pada *ground plane* terhadap parameter antenna adalah sebagai berikut:

a. Bandwidth

Untuk perbandingan *bandwidth* pada ketiga antenna tersebut dilihat dari nilai *return loss* nya.

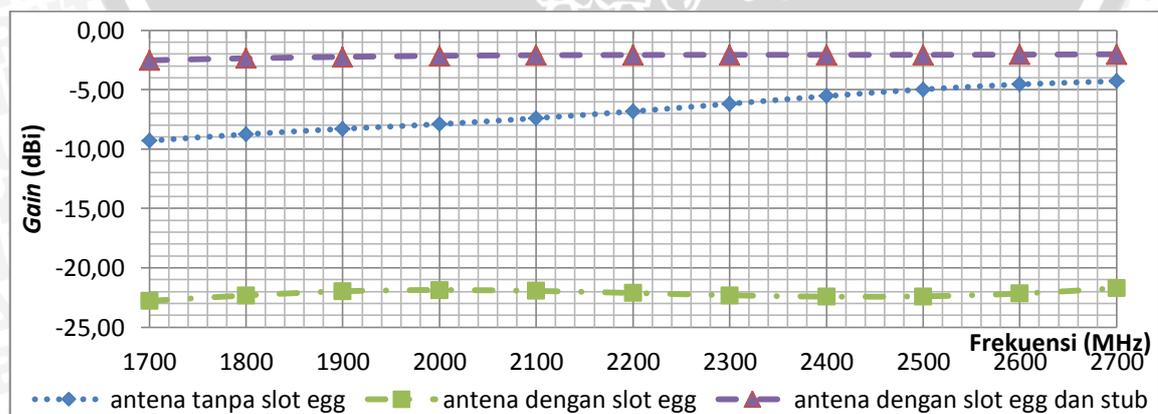


Gambar 4.30 Grafik Perbandingan *Bandwidth* antenna mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* , dengan slot *egg* dan setelah diberi penambahan stub.

Sumber : Analisis Data Simulasi

Berdasarkan gambar 4.30 terlihat bahwa hasil simulasi antenna mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* memiliki *return loss* di atas -10dB. Sedangkan dari ketiga antenna tersebut, untuk antenna mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* dan penambahan stub pada *ground plane* memiliki *bandwidth* terbesar yaitu sebesar 1000 MHz.

b. Gain

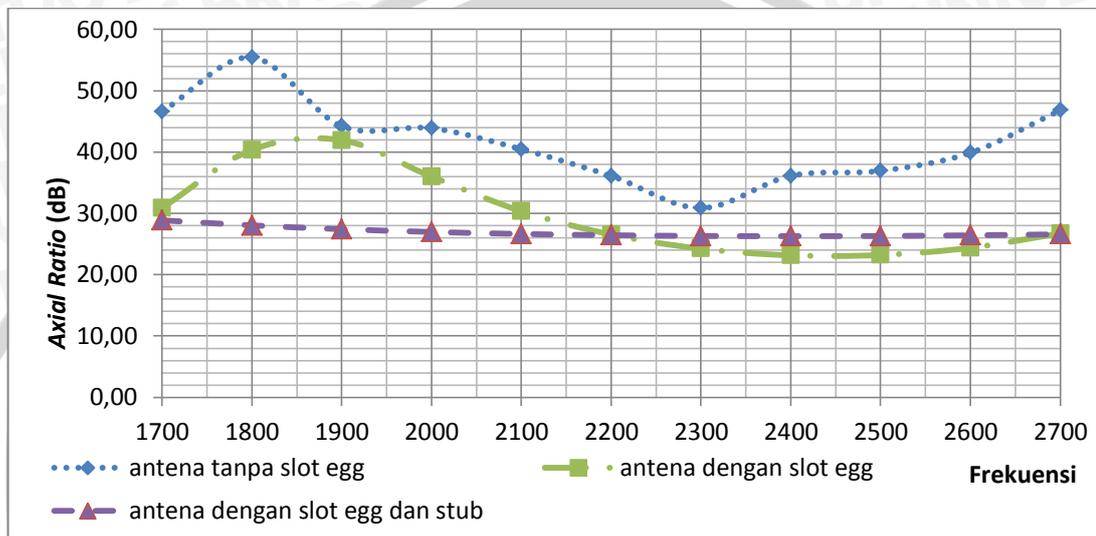


Gambar 4. 31 Grafik perbandingan *Gain* antenna mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* , dengan slot *egg* dan setelah diberi penambahan stub.

Sumber : Analisis Data Simulasi

Berdasarkan gambar 4.31 terlihat bahwa hasil simulasi antenna mikrostrip *circular patch* tanpa slot memiliki *gain* yang bernilai negatif. Saat ditambahkan slot *egg* pada bagian *ground plane*, *gain* antenna semakin menurun dengan nilai *gain* pada frekuensi 2400 MHz sebesar -22,43 dBi. Penambahan stub pada *ground plane* mengakibatkan nilai *gain* semakin bertambah menjadi -2,07 dBi.

c. Polarisasi



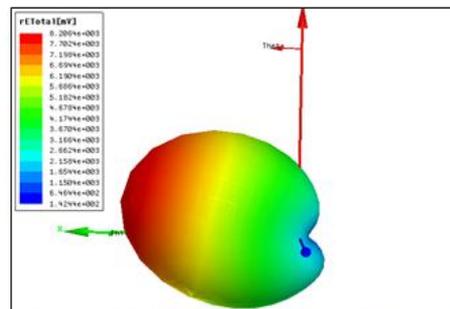
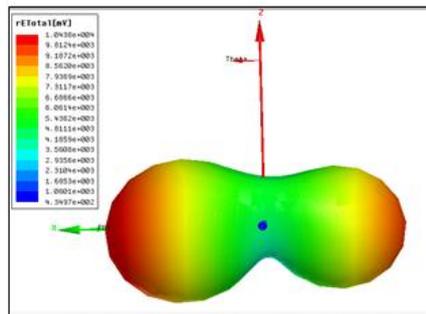
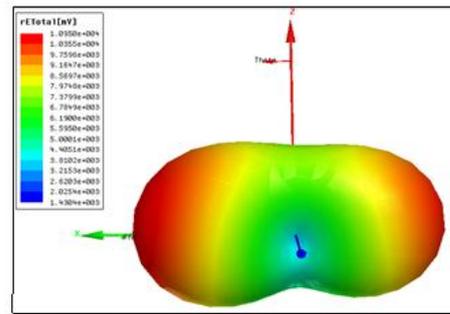
Gambar 4.32 Grafik perbandingan *Axial Ratio* antenna mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg*, dengan slot *egg* dan setelah diberi penambahan stub.

Sumber : Analisis Data Simulasi

Nilai *axial ratio* pada frekuensi 2400 MHz dalam gambar 4.32 pada ketiga kondisi antenna yang berubah tidak berpengaruh terhadap jenis polarisasi antenna, dikarenakan nilai *axial ratio* yang dihasilkan berada pada nilai lebih dari 20 dB dimana nilai tersebut masih menandakan bahwa antenna memiliki polarisasi elips.

d. Pola radiasi

Berikut ini adalah pola radiasi antenna mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg*, dengan slot *egg* dan setelah diberi penambahan stub pada *ground plane*.

(a) antenna mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg*(b) antenna mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg*(c) antenna mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* dan stub pada *ground plane*

Gambar 4.33 Pola radiasi antenna mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg*, dengan slot *egg* dan setelah diberi penambahan stub pada *ground plane*
Sumber : Analisis Data Simulasi

Berdasarkan dalam gambar 4.33, pola radiasi antenna mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* menunjukkan bahwa antenna memiliki pola radiasi *directional*, sedangkan pada antenna mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* dan setelah ditambah stub pada *ground plane*, hasil simulasi menunjukkan bahwa antenna menghasilkan pola radiasi *bidirectional*.

Berdasarkan hasil perbandingan dari ketiga kondisi antenna yaitu antenna mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg*, dengan slot *egg* dan setelah diberi penambahan stub pada *ground plane*, terlihat bahwa performansi antenna dengan parameter yang telah memenuhi persyaratan perancangan antenna terdapat pada antenna mikrostrip dengan slot *egg* setelah ditambahkan stub pada bagian *ground plane*.