

## BAB IV

### PERENCANAAN, SIMULASI DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP SEGITIGA SAMA SISI DENGAN *SLOT* PERSEGI PANJANG DAN *FINITE GROUND PLANE*

#### 4.1 Tinjauan Umum

Antena mikrostrip adalah antena yang dibuat diatas bahan substrat tertentu dengan elemen peradiasi yang terletak di salah satu sisi substrat dan sisi yang lain adalah bidang konduktor yang berfungsi sebagai bidang pentanahan (*ground plane*).

Dalam perancangan antena mikrostrip ini ada beberapa hal yang harus didefinisikan terlebih dahulu. Diantaranya adalah spesifikasi substrat yang akan digunakan. Setelah diketahui spesifikasi substrat, kemudian dilakukan perancangan antena yang meliputi dimensi *patch*, *slot*, dan saluran transmisi. Kemudian dilakukan proses simulasi untuk mengetahui performansi antena. Proses simulasi antena yang dilakukan adalah simulasi pada *infinite* dan *finite ground plane*. Tujuan utama dari skripsi ini adalah untuk menganalisis pengaruh *finite ground plane* terhadap kinerja antena mikrostrip segitiga sama sisi dengan *slot* persegi panjang dengan cara melakukan perubahan terhadap variabel-variabel pada *ground plane* sebelum dilakukan pengujian pengukuran antena yang telah difabrikasi. Maka sebelum melakukan simulasi antena dengan *finite ground plane*, antena mikrostrip akan disimulasikan dengan *infinite ground plane* menggunakan MoM *simulator*. Apabila performansi antena tidak seperti yang diinginkan, maka dilakukan proses optimasi untuk meningkatkan performansi antena. Setelah melakukan optimasi, barulah antena mikrostrip disimulasikan dengan *finite ground plane*.

Pada skripsi “Perancangan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan *Slot* Persegi Panjang” oleh M.Sulthon Kautsar (2011) telah dilakukan simulasi dan optimasi untuk meningkatkan kinerja antena mikrostrip segitiga sama sisi dengan *slot* persegi panjang. Pada skripsi tersebut, *ground plane* diasumsikan sebagai *infinite ground plane*. Dengan menggunakan data hasil simulasi dan optimasi dari skripsi tersebut yang berupa bentuk dan ukuran antena mikrostrip segitiga sama sisi dengan *slot* persegi panjang yang memiliki performansi antena terbaik, simulasi dengan mengubah bentuk *ground plane* yang semula *infinite* menjadi *finite* dapat dilakukan.

#### 4.2 Spesifikasi substrat dan bahan konduktor

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

Bahan Epoxy fiberglass – FR 4

$$\text{Konstanta dielektrik } (\epsilon_r) = 4.6$$

$$\text{Ketebalan lapisan dielektrik } (h) = 0.0016 \text{ m} = 1.6 \text{ mm}$$

$$\text{Loss tangent} = 0.018$$

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga

$$\text{Ketebalan bahan konduktor } (t) = 0.0001 \text{ m}$$

$$\text{Konduktifitas tembaga } (\sigma) = 5.80 \times 10^7 \text{ mho m}^{-1}$$

$$\text{Frekuensi kerja } (f_r) = 2400 \text{ MHz}$$

$$\text{Impedansi karakteristik saluran} = 50 \Omega$$

#### 4.3 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi, maka terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi resonansi ( $f_{mn}$ ) yang digunakan, yaitu 2,4 GHz. Mode propagasi yang digunakan adalah  $TM_{10}$ , nilai perambatan di ruang bebas ( $c$ ) sebesar  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . Dengan menggunakan persamaan (2-29):

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_{mn}}$$

$$\lambda_0 = \frac{3 \times 10^8}{2.4 \times 10^9} = 0.125 \text{ m}$$

Setelah nilai  $\lambda_0$  diperoleh, maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan (2-30):

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

$$\lambda_d = \frac{0.125}{\sqrt{4.6}} = 0.058282 \text{ m}$$

#### 4.4 Perencanaan Dimensi Patch dan Slot

Untuk menentukan panjang sisi segitiga sama sisi ( $a$ ), harus diketahui nilai  $a_{eff}$  terlebih dahulu. Nilai  $a_{eff}$  diperoleh dengan menggunakan persamaan (2-32):

$$f_{mn} = \frac{2c}{3a_{eff}\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{m^2 + mn + n^2}$$

$$a_{eff} = \frac{2c}{3f_{mn}\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{m^2 + mn + n^2}$$

$$a_{eff} = \frac{2 \times 3 \times 10^8}{3 \times 2.4 \times 10^9 \sqrt{4.6}} \sqrt{1^2 + 1 \times 0 + 0^2} = \frac{2}{24 \times 2.145}$$

$$= 0.038854 \text{ m}$$

$$= 38.854 \text{ mm}$$

Setelah didapatkan nilai  $a_{eff}$ , panjang sisi segitiga sama sisi ( $a$ ) diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.29):

$$a_{eff} = a + h(\epsilon_r)^{-1/2}$$

$$a = a_{eff} - h(\epsilon_r)^{-1/2}$$

$$a = 38.854 - 1.6(4.6)^{-1/2} = 38.854 - 0.746 = 38.108 \text{ mm}$$

Sedangkan untuk panjang dan lebar *slot* diperoleh dengan masing-masing menggunakan persamaan (2-33) dan (2-34):

$$L_s = \frac{\lambda_0}{5} = \frac{0.125}{5} = 0.025 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

$$W_s = \frac{\lambda_0}{32} = \frac{0.125}{32} = 0.003906 \text{ m} = 3.906 \text{ mm}$$

#### 4.5 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Untuk menghitung dimensi saluran transmisi menggunakan persamaan (2.35) dan (2-36) :

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60 \times 3.14^2}{50\sqrt{4.6}} = 5.517$$

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

$$W = \frac{2 \times 1.6}{3.14} \left\{ 5.517 - 1 - \ln(2 \times 5.517 - 1) + \frac{4.6 - 1}{2 \times 4.6} \left[ \ln(5.517 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{4.6} \right] \right\}$$

$$W = 1.109 \{ 4.517 - \ln(10.034) + 0.391 [\ln(4.517) + 0.257] \}$$

$$W = 1.109 \{ 4.517 - 2.306 + 0.391 [1.508 + 0.257] \}$$

$$W = 1.109 (2.211 + 0.391 [1.765]) = 1.109 (2.211 + 0.69) = 3.217 \text{ mm}$$

Sedangkan untuk lebar dari saluran transmisi mikrostrip dihitung dengan menggunakan persamaan (2-37):

$$L = \frac{1}{4} \lambda_d$$

$$L = \frac{1}{4} 0,058282 = 0,014571 \text{ m} = 14,571 \text{ mm}$$

#### 4.6 Simulasi Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan Slot Persegi Panjang dan Ground Plane berupa Infinite dan Finite Ground Plane

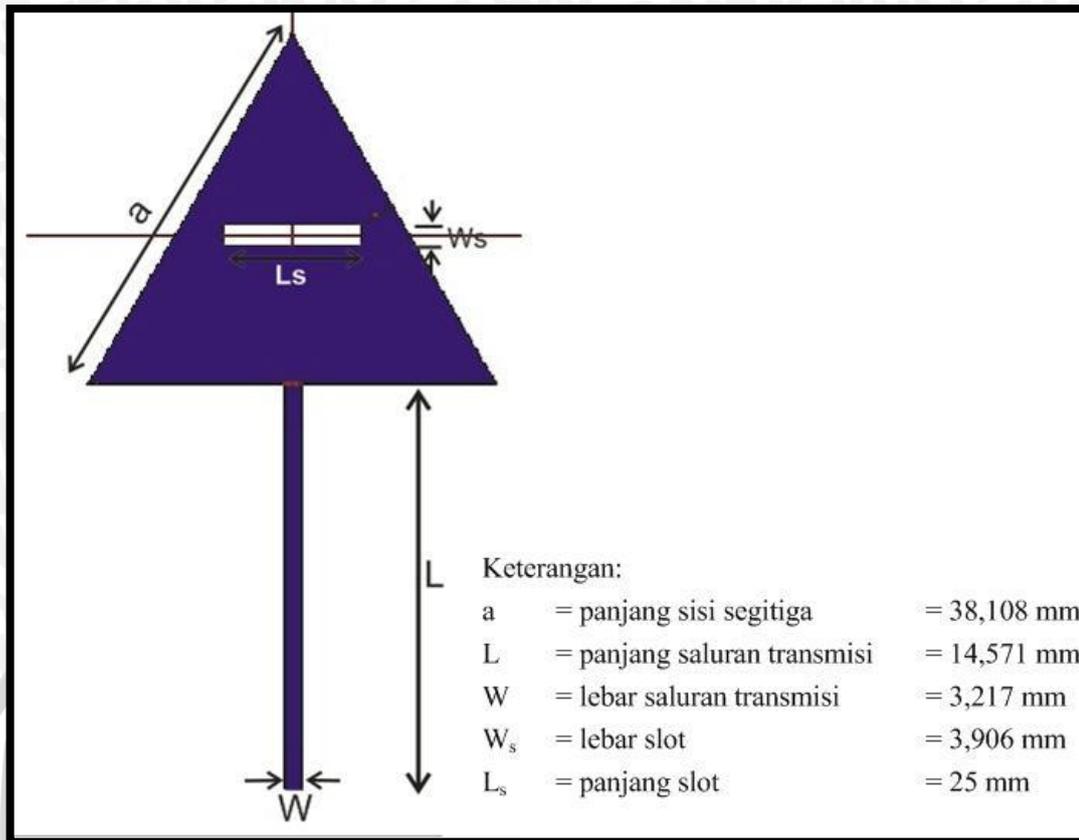
Perancangan antena mikrostrip dilakukan secara matematis berdasarkan pada materi dan referensi yang diperoleh dari hasil studi literatur. Hasil rancangan kemudian disimulasikan menggunakan program perancangan untuk mengetahui parameter antena. Tahap perancangan dan simulasi antena ini penting untuk melihat kualifikasi dari hasil rancangan apakah sudah sesuai atau belum dengan yang direncanakan sebelum dilakukan fabrikasi serta sebagai pengujian pengaruh *finite ground plane* terhadap kinerja antena mikrostrip segitiga sama sisi dengan *slot* persegi panjang.

Langkah-langkah perancangan dan simulasi dengan program *simulator* adalah sebagai berikut (secara detail dilampirkan) :

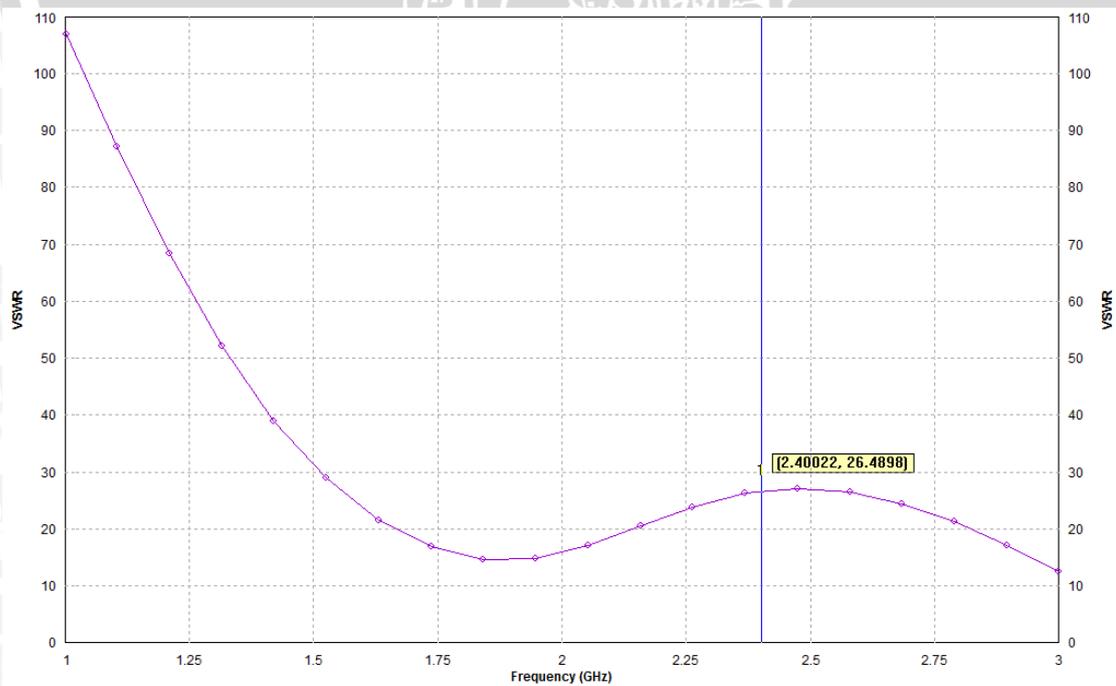
1. Membuka program MoM *simulator*.
2. Menentukan *Basic Parameter*.
3. Membuat dimensi antena dan port serta *ground plane*.
4. Melakukan simulasi pada rentang frekuensi yang diinginkan untuk mendapatkan *current distribution file* dan *radiation pattern file*.
5. Melakukan tabulasi parameter hasil simulasi sebelum dilakukan analisis.

##### 4.6.1 Simulasi dan Optimasi Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan Slot Persegi Panjang dan Ground Plane berupa Infinite Ground Plane

Setelah mendapatkan dimensi *patch*, *slot*, dan saluran transmisi, kemudian dilakukan proses simulasi untuk mengetahui performansi antena. Simulasi dilakukan dengan menggunakan MoM *simulator*. Dalam proses simulasi ini parameter yang diamati adalah VSWR untuk mengetahui *kematchingan* antena. Bentuk dan ukuran antena mikrostrip segitiga sama sisi dengan *slot* persegi panjang ini mengikuti dari hasil rancangan M.Sulthon Kautsar pada skripsi sebelumnya termasuk posisi *slot* yang diletakkan pada pusat atau mendekati pusat antena.



**Gambar 4.1** Bentuk Geometri Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan *Slot* Persegi Panjang (sebelum Optimasi)  
 Sumber: Perencanaan



**Grafik 4.1** Grafik VSWR terhadap Frekuensi (hasil simulasi gambar 4.1)

Sumber: M.Sulthon Kautsar, 2011

Grafik 4.1 memperlihatkan bahwa hasil simulasi Gambar 4.1 pada frekuensi kerja 2.4 GHz tidak memenuhi kriteria yang diinginkan yaitu nilai VSWR berada pada rentang  $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$ . Nilai VSWR hasil simulasi pada frekuensi kerja 2.4 GHz didapatkan sebesar 26.4898. Hasil simulasi menunjukkan antenna masih jauh dari kondisi *matching*, maka perlu dilakukan optimasi untuk didapatkan hasil yang memuaskan. Proses optimasi yang dilakukan dengan cara mengubah dimensi antenna, yaitu :

#### a. Panjang Saluran Transmisi

Tabel 4.1 Tabel Optimasi Panjang Saluran Transmisi Antena

L (mm)	VSWR	L (mm)	VSWR
14.571	27.1797	80	10.5286
20	23.1235	90	9.47627
40	15.6173	100	8.48063
60	12.0993	120	7.96364

Sumber : M. Sulthon Kautsar, 2011

Optimasi pertama dilakukan dengan cara mengubah panjang saluran transmisi dan panjang sisi segitiga sama sisi dibuat tetap yaitu 38.108 mm sesuai dengan perhitungan sebelumnya. Pada tabel 4.1 dijelaskan bahwa semakin panjang saluran transmisi, maka nilai VSWR semakin mendekati 1 atau semakin *match*. Walaupun nilai VSWR belum sesuai kriteria yang diinginkan yaitu pada rentang  $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$ , M.Sulthon Kautsar menetapkan panjang saluran transmisi hasil optimasi berkisar 80-90 mm. Hal ini dilakukan karena mempertimbangkan efisiensi bahan dan biaya apabila saluran transmisi terlalu panjang.

#### b. Panjang Sisi Segitiga Sama Sisi

Dari hasil simulasi optimasi dengan cara mengubah panjang saluran transmisi didapatkan hasil terbaik adalah antenna dengan panjang saluran transmisi antara 80-90 mm. Maka untuk optimasi kedua dilakukan dengan mengubah nilai panjang sisi segitiga sama sisi dan nilai panjang saluran transmisi adalah tetap.

Pada tabel 4.2 dapat diketahui bahwa pada nilai  $a$  (panjang sisi segitiga) 75 mm, nilai VSWR berada dibawah 2. Sehingga dapat disimpulkan dengan panjang sisi segitiga sebesar 75 mm dan panjang saluran transmisi sebesar 80 mm didapatkan nilai VSWR terbaik pada rentang  $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$ .

**Tabel 4.2** Tabel Optimasi Panjang Sisi Segitiga Sama Sisi Antena

L (mm)	$a$ (mm)	VSWR	L (mm)	$a$ (mm)	VSWR
80	38.108	10.5286	80	75	1.74772
80	50	13.8632	85	75	1.8361
80	60	11.295	90	75	1.85581
80	70	8.32115			

Sumber : M.Sulthon Kautsar, 2011

Berdasarkan hasil simulasi, dimensi elemen peradiasi dan saluran transmisi setelah optimasi adalah sebagai berikut:

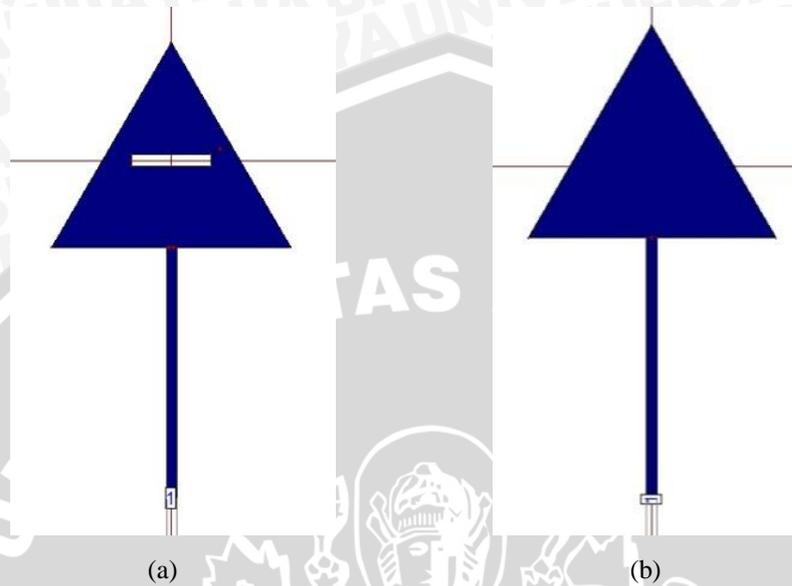
**Tabel 4.3** Tabel Dimensi Elemen Peradiasi dan Saluran Transmisi setelah Optimasi

VARIABEL	Dimensi (mm)
$h$	1.6
$a$	75
L	80
$W$	3.217
$W_s$	3.906
$L_s$	25

Sumber : M.Sulthon Kautsar, 2011

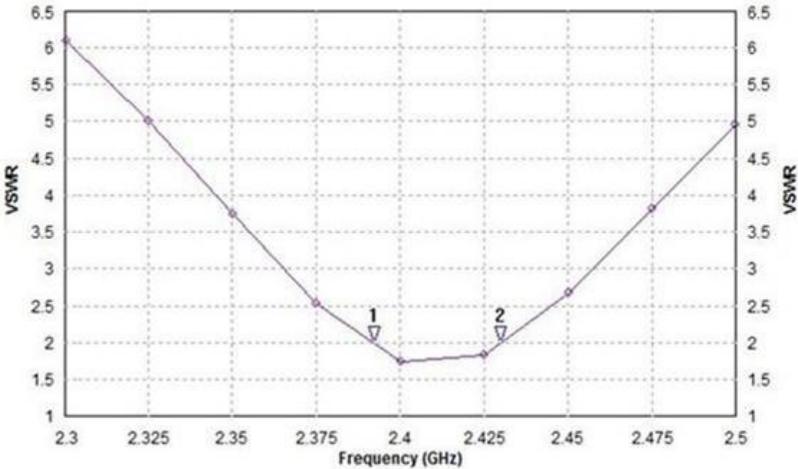
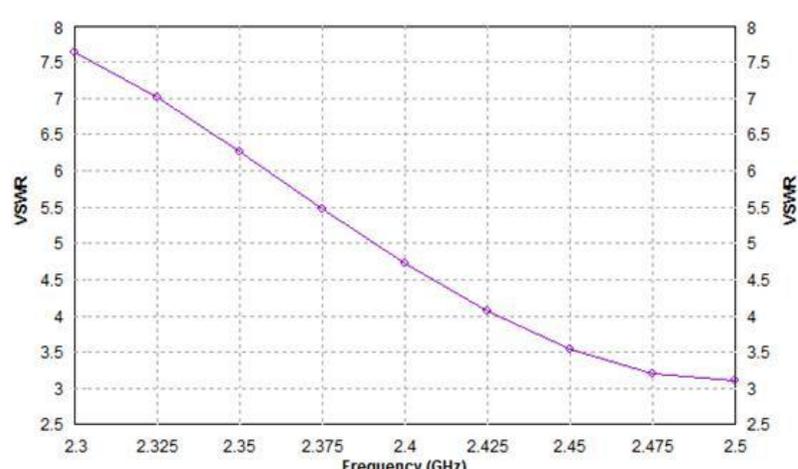
Kemudian dengan dimensi elemen peradiasi dan saluran transmisi hasil optimasi dilakukan simulasi dengan menggunakan MoM *simulator*, dan didapatkan *bandwidth* sebesar 38 MHz yang mana pada frekuensi 2.4 GHz diperoleh VSWR sebesar 1.74786, RL sebesar -11.2385 dB, *Gain* sebesar -2.29479 dBi, polarisasi mendekati linier dengan nilai *axial ratio* sebesar 55.507 dB, pola radiasi berbentuk *unidirectional*. Pada tabel 4.4 ditampilkan hasil simulasi dari antena mikrostrip segitiga sama sisi dengan *slot* persegi panjang, dan antena mikrostrip segitiga sama

sisi tanpa *slot* persegi panjang (dimensi elemen peradiasi sama) untuk melihat pengaruh slot pada performansi antenna. Kedua antenna tersebut disimulasikan pada konfigurasi *infinite ground plane*.



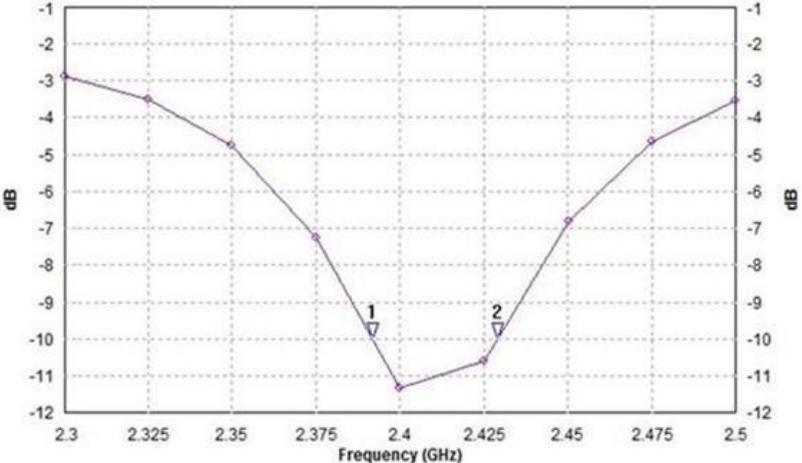
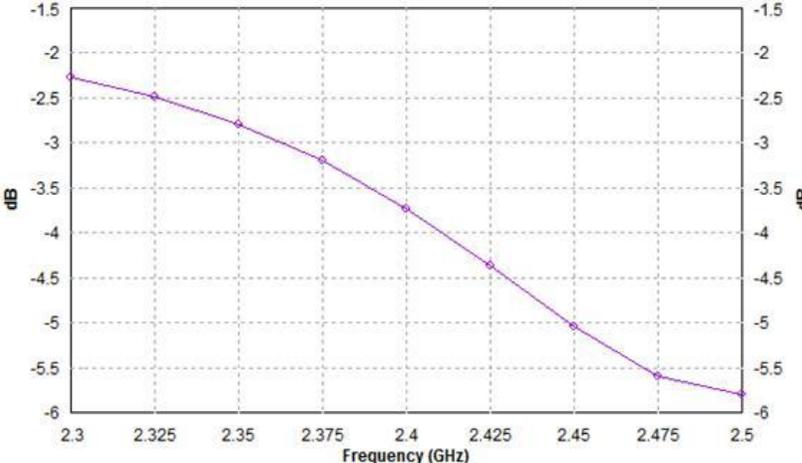
**Gambar 4.2** Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi (a) dengan *Slot* Persegi Panjang, (b) tanpa *Slot* Persegi Panjang  
Sumber : Perencanaan

Tabel 4.4 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan *Infinite Ground Plane*

NO	Dengan Slot Persegi Panjang	Tanpa Slot Persegi Panjang																																												
1	 <p data-bbox="394 855 1077 911"><b>Grafik 4.2 (a)</b> Grafik VSWR terhadap Frekuensi Konfigurasi <i>Infinite</i> (Antena dengan <i>Slot</i> Persegi Panjang)</p> <p data-bbox="412 938 831 1082"> <math>f_2 = 2.392 \text{ GHz}</math>  <math>f_1 = 2.430 \text{ GHz}</math>  <math>BW = 0.038 \text{ GHz} = 38 \text{ MHz}</math> </p> <table border="1" data-bbox="371 1121 1003 1209"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2300</th> <th>2325</th> <th>2350</th> <th>2375</th> <th>2400</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VSWR</td> <td>6.08029</td> <td>5.01339</td> <td>3.73825</td> <td>2.53565</td> <td>1.74786</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="371 1238 900 1326"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2425</th> <th>2450</th> <th>2475</th> <th>2500</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VSWR</td> <td>1.83926</td> <td>2.68572</td> <td>3.81667</td> <td>4.92426</td> </tr> </tbody> </table>	Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400	VSWR	6.08029	5.01339	3.73825	2.53565	1.74786	Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500	VSWR	1.83926	2.68572	3.81667	4.92426	 <p data-bbox="1249 866 1933 922"><b>Grafik 4.2 (b)</b> Grafik VSWR terhadap Frekuensi Konfigurasi <i>Infinite</i> (Antena tanpa <i>Slot</i> Persegi Panjang)</p> <p data-bbox="1223 1002 1417 1038"><b>BW = 0 GHz</b></p> <table border="1" data-bbox="1205 1114 1912 1201"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2300</th> <th>2325</th> <th>2350</th> <th>2375</th> <th>2400</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VSWR</td> <td>7.65653</td> <td>7.01612</td> <td>6.26527</td> <td>5.48258</td> <td>4.72935</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1205 1230 1800 1318"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2425</th> <th>2450</th> <th>2475</th> <th>2500</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VSWR</td> <td>4.06254</td> <td>3.53935</td> <td>3.2109</td> <td>3.10725</td> </tr> </tbody> </table>	Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400	VSWR	7.65653	7.01612	6.26527	5.48258	4.72935	Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500	VSWR	4.06254	3.53935	3.2109	3.10725
Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400																																									
VSWR	6.08029	5.01339	3.73825	2.53565	1.74786																																									
Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500																																										
VSWR	1.83926	2.68572	3.81667	4.92426																																										
Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400																																									
VSWR	7.65653	7.01612	6.26527	5.48258	4.72935																																									
Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500																																										
VSWR	4.06254	3.53935	3.2109	3.10725																																										

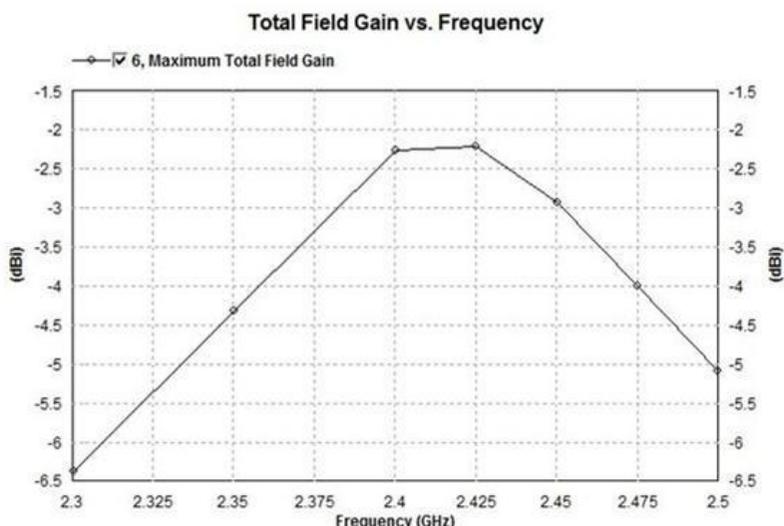
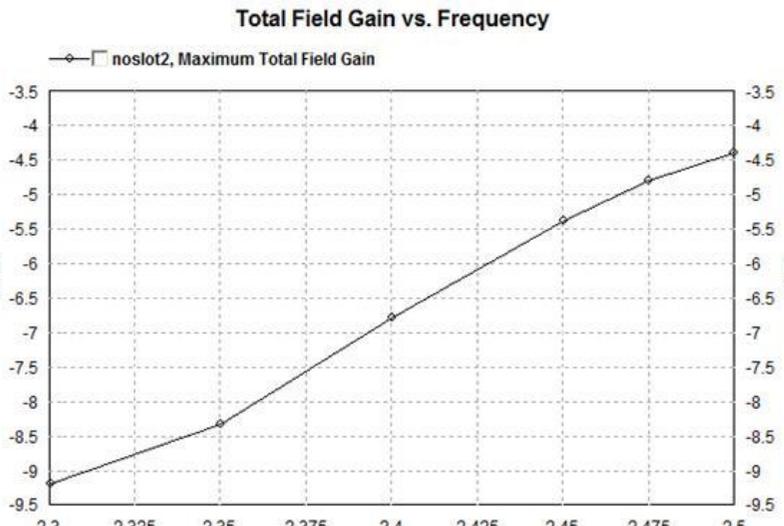
Sumber : Simulasi

Tabel 4.4 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan *Infinite Ground Plane* (lanjutan)

NO	Dengan Slot Persegi Panjang	Tanpa Slot Persegi Panjang																																												
2	 <p data-bbox="371 858 1099 911">Grafik 4.3 (a) Grafik RL terhadap Frekuensi Konfigurasi <i>Infinite</i> (Antena dengan <i>Slot Persegi Panjang</i>)</p> <p data-bbox="383 954 801 1098"> <math>f_2 = 2.392 \text{ GHz}</math>  <math>f_1 = 2.430 \text{ GHz}</math>  <math>BW = 0.038 \text{ GHz} = 38 \text{ MHz}</math> </p> <table border="1" data-bbox="353 1126 1037 1214"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2300</th> <th>2325</th> <th>2350</th> <th>2375</th> <th>2400</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RL (dB)</td> <td>-2.89331</td> <td>-3.51216</td> <td>-4.7289</td> <td>-7.24353</td> <td>-11.2385</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="353 1241 907 1329"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2425</th> <th>2450</th> <th>2475</th> <th>2500</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RL (dB)</td> <td>-10.5919</td> <td>-6.8554</td> <td>-4.67729</td> <td>-3.5859</td> </tr> </tbody> </table>	Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400	RL (dB)	-2.89331	-3.51216	-4.7289	-7.24353	-11.2385	Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500	RL (dB)	-10.5919	-6.8554	-4.67729	-3.5859	 <p data-bbox="1227 866 1955 919">Grafik 4.3 (b) Grafik RL terhadap Frekuensi Konfigurasi <i>Infinite</i> (Antena tanpa <i>Slot Persegi Panjang</i>)</p> <table border="1" data-bbox="1220 1117 1928 1204"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2300</th> <th>2325</th> <th>2350</th> <th>2375</th> <th>2400</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RL (dB)</td> <td>-2.28192</td> <td>-2.49295</td> <td>-2.79662</td> <td>-3.2044</td> <td>-3.72944</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1220 1232 1816 1319"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2425</th> <th>2450</th> <th>2475</th> <th>2500</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RL (dB)</td> <td>-4.36574</td> <td>-5.04542</td> <td>-5.59612</td> <td>-5.79671</td> </tr> </tbody> </table>	Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400	RL (dB)	-2.28192	-2.49295	-2.79662	-3.2044	-3.72944	Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500	RL (dB)	-4.36574	-5.04542	-5.59612	-5.79671
Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400																																									
RL (dB)	-2.89331	-3.51216	-4.7289	-7.24353	-11.2385																																									
Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500																																										
RL (dB)	-10.5919	-6.8554	-4.67729	-3.5859																																										
Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400																																									
RL (dB)	-2.28192	-2.49295	-2.79662	-3.2044	-3.72944																																									
Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500																																										
RL (dB)	-4.36574	-5.04542	-5.59612	-5.79671																																										

Sumber : Simulasi

Tabel 4.4 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan *Infinite Ground Plane* (lanjutan)

NO	Dengan Slot Persegi Panjang	Tanpa Slot Persegi Panjang																																												
3	<p style="text-align: center;"><b>Total Field Gain vs. Frequency</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Grafik 4.4 (a)</b> Grafik Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi <i>Infinite</i> (Antena dengan Slot Persegi Panjang)</p> <p style="text-align: center;"><b>Gain pada 2.4 GHz = -2.27848 dBi</b></p> <table border="1" data-bbox="358 1101 1075 1189"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2300</th> <th>2325</th> <th>2350</th> <th>2375</th> <th>2400</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gain (dBi)</td> <td>-6.37304</td> <td>-5.34487</td> <td>-4.31671</td> <td>-3.29759</td> <td>-2.27848</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="358 1220 963 1308"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2425</th> <th>2450</th> <th>2475</th> <th>2500</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gain (dBi)</td> <td>-2.22825</td> <td>-2.94063</td> <td>-4.00536</td> <td>-5.09767</td> </tr> </tbody> </table>	Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400	Gain (dBi)	-6.37304	-5.34487	-4.31671	-3.29759	-2.27848	Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500	Gain (dBi)	-2.22825	-2.94063	-4.00536	-5.09767	<p style="text-align: center;"><b>Total Field Gain vs. Frequency</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Grafik 4.4 (b)</b> Grafik Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi <i>Infinite</i> (Antena tanpa Slot Persegi Panjang)</p> <p style="text-align: center;"><b>Gain pada 2.4 GHz = -6.79731 dBi</b></p> <table border="1" data-bbox="1209 1101 1926 1189"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2300</th> <th>2325</th> <th>2350</th> <th>2375</th> <th>2400</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gain (dBi)</td> <td>-9.19705</td> <td>-8.76782</td> <td>-8.33859</td> <td>-7.56795</td> <td>-6.79731</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1209 1220 1814 1308"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2425</th> <th>2450</th> <th>2475</th> <th>2500</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gain (dBi)</td> <td>-6.08949</td> <td>-5.38167</td> <td>-4.80446</td> <td>-4.41079</td> </tr> </tbody> </table>	Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400	Gain (dBi)	-9.19705	-8.76782	-8.33859	-7.56795	-6.79731	Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500	Gain (dBi)	-6.08949	-5.38167	-4.80446	-4.41079
Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400																																									
Gain (dBi)	-6.37304	-5.34487	-4.31671	-3.29759	-2.27848																																									
Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500																																										
Gain (dBi)	-2.22825	-2.94063	-4.00536	-5.09767																																										
Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400																																									
Gain (dBi)	-9.19705	-8.76782	-8.33859	-7.56795	-6.79731																																									
Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500																																										
Gain (dBi)	-6.08949	-5.38167	-4.80446	-4.41079																																										

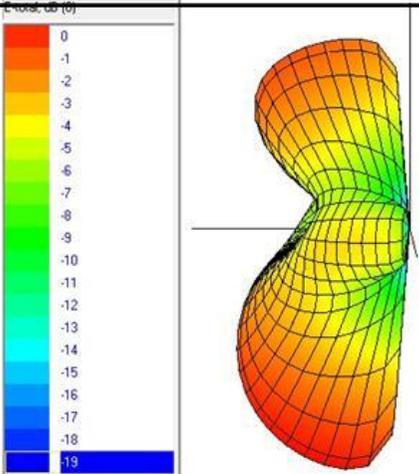
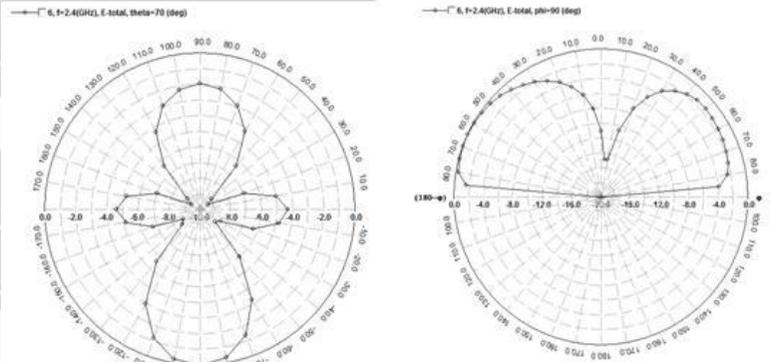
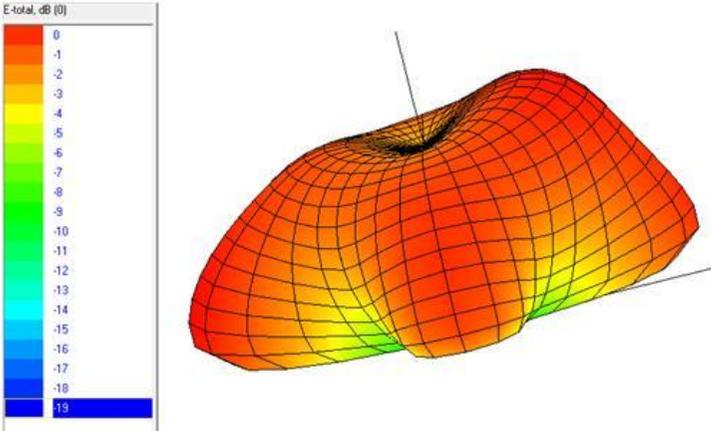
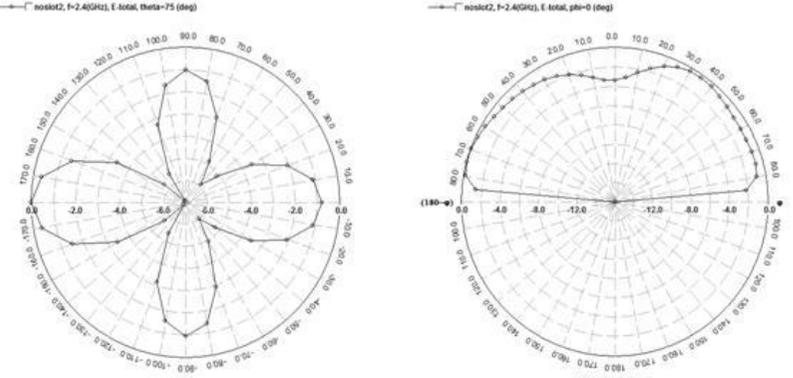
Sumber : Simulasi

Tabel 4.4 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan *Infinite Ground Plane* (lanjutan)

NO	Dengan Slot Persegi Panjang	Tanpa Slot Persegi Panjang																																												
4	<p data-bbox="367 373 1137 906"> </p> <p data-bbox="389 938 1120 991">Grafik 4.5 (a) Grafik AR terhadap Frekuensi Konfigurasi <i>Infinite</i> (Antena dengan Slot Persegi Panjang)</p> <p data-bbox="367 1026 788 1062">Polarisasi pada 2.4 GHz = Linier</p> <table border="1" data-bbox="360 1098 1070 1185"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2300</th> <th>2325</th> <th>2350</th> <th>2375</th> <th>2400</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AR (dB)</td> <td>50.3769</td> <td>41.5464</td> <td>32.7159</td> <td>44.115</td> <td>55.507</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="360 1214 958 1302"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2425</th> <th>2450</th> <th>2475</th> <th>2500</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AR (dB)</td> <td>31.2696</td> <td>28.666</td> <td>35.5068</td> <td>42.6799</td> </tr> </tbody> </table>	Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400	AR (dB)	50.3769	41.5464	32.7159	44.115	55.507	Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500	AR (dB)	31.2696	28.666	35.5068	42.6799	<p data-bbox="1191 373 2004 919"> </p> <p data-bbox="1227 938 1966 991">Grafik 4.5 (b) Grafik AR terhadap Frekuensi Konfigurasi <i>Infinite</i> (Antena tanpa Slot Persegi Panjang)</p> <p data-bbox="1227 1042 1729 1078">Polarisasi pada 2.4 GHz = Linier</p> <table border="1" data-bbox="1220 1114 1930 1201"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2300</th> <th>2325</th> <th>2350</th> <th>2375</th> <th>2400</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AR (dB)</td> <td>77.247</td> <td>71.8391</td> <td>66.4311</td> <td>60.7843</td> <td>55.1375</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1220 1230 1818 1318"> <thead> <tr> <th>Frekuensi (MHz)</th> <th>2425</th> <th>2450</th> <th>2475</th> <th>2500</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AR (dB)</td> <td>48.5866</td> <td>42.0357</td> <td>45.0197</td> <td>51.9878</td> </tr> </tbody> </table>	Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400	AR (dB)	77.247	71.8391	66.4311	60.7843	55.1375	Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500	AR (dB)	48.5866	42.0357	45.0197	51.9878
Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400																																									
AR (dB)	50.3769	41.5464	32.7159	44.115	55.507																																									
Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500																																										
AR (dB)	31.2696	28.666	35.5068	42.6799																																										
Frekuensi (MHz)	2300	2325	2350	2375	2400																																									
AR (dB)	77.247	71.8391	66.4311	60.7843	55.1375																																									
Frekuensi (MHz)	2425	2450	2475	2500																																										
AR (dB)	48.5866	42.0357	45.0197	51.9878																																										

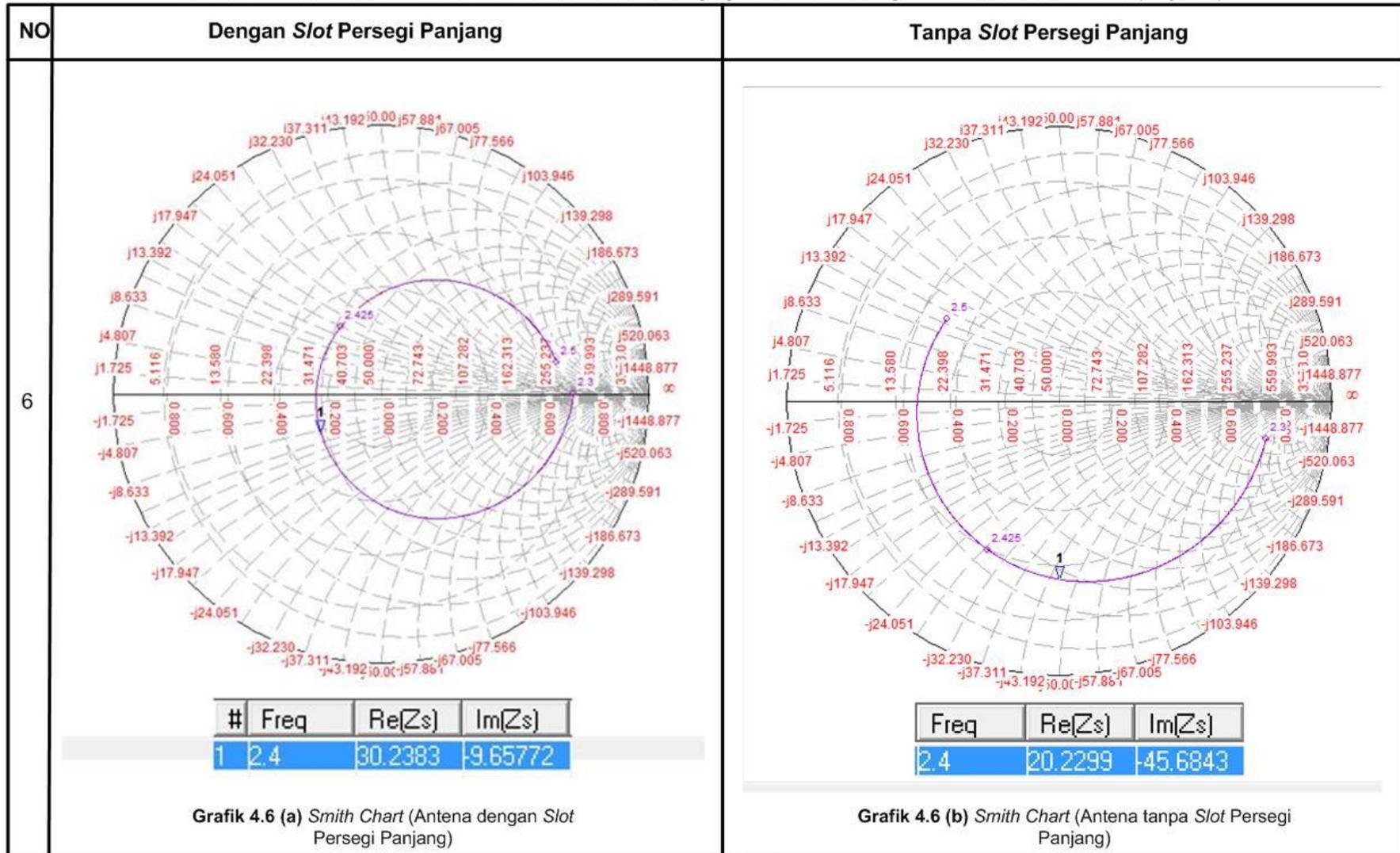
Sumber : Simulasi

Tabel 4.4 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan *Infinite Ground Plane* (lanjutan)

NO	Dengan Slot Persegi Panjang	Tanpa Slot Persegi Panjang
5	 <p data-bbox="465 826 987 882"><b>Gambar 4.3 (a)</b> Pola Radiasi 3D Konfigurasi <i>Infinite</i> (Antena dengan <i>Slot</i> Persegi Panjang)</p>  <p data-bbox="389 1257 719 1339"><b>Gambar 4.4 (a)</b> Pola Radiasi 2D Horizontal (Antena dengan <i>Slot</i> Persegi Panjang)</p> <p data-bbox="786 1257 1115 1339"><b>Gambar 4.5 (a)</b> Pola Radiasi 2D Vertikal (Antena dengan <i>Slot</i> Persegi Panjang)</p>	 <p data-bbox="1355 794 1883 850"><b>Gambar 4.3 (b)</b> Pola Radiasi 3D Konfigurasi <i>Infinite</i> (Antena tanpa <i>Slot</i> Persegi Panjang)</p>  <p data-bbox="1240 1257 1570 1339"><b>Gambar 4.4 (b)</b> Pola Radiasi 2D Horizontal (Antena tanpa <i>Slot</i> Persegi Panjang)</p> <p data-bbox="1666 1257 1995 1339"><b>Gambar 4.5 (b)</b> Pola Radiasi 2D Vertikal (Antena tanpa <i>Slot</i> Persegi Panjang)</p>

Sumber : Simulasi

Tabel 4.4 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan *Infinite Ground Plane* (lanjutan)



Sumber : Simulasi

Hasil simulasi antenna mikrostrip segitiga sama sisi tanpa *slot* persegi panjang kurang memuaskan dibandingkan dengan yang menggunakan *slot* persegi panjang meskipun dimensi elemen peradiasinya sama. Pada tabel 4.4 dapat dilihat bahwa VSWR antenna mikrostrip tanpa *slot* persegi panjang untuk semua frekuensi nilainya lebih dari 2. Nilai RL antenna mikrostrip tanpa *slot* persegi panjang untuk semua frekuensi lebih dari -10 dB. Hasil simulasi ini tidak memenuhi kriteria antenna yang baik yaitu nilai VSWR pada rentang  $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$  dan nilai  $\text{RL} \leq -10$  dB. Hal ini dikarenakan dimensi elemen peradiasi yang digunakan merupakan hasil optimasi antenna mikrostrip segitiga sama sisi yang menggunakan *slot* persegi panjang. Oleh karena itu, apabila diinginkan hasil simulasi yang baik dari antenna mikrostrip segitiga sama sisi tanpa *slot* persegi panjang maka perlu dilakukan optimasi kembali pada dimensi elemen peradiasi.

#### 4.6.2 Simulasi Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan *Slot* Persegi Panjang dan *Ground Plane* berupa *Finite Ground Plane*

Dengan bentuk geometri dan dimensi antenna (*patch*, *slot*, saluran transmisi) yang sama dengan hasil optimasi perancangan sebelumnya, dilakukan simulasi antenna dengan *ground plane* berupa *finite ground plane*. Masing-masing bentuk geometri dan dimensi antenna beserta dimensi *ground plane* selanjutnya disebut sebagai konfigurasi. Dimensi dan variabel perubahan *finite ground plane* adalah sebagai berikut :

##### 1. Pengaruh Ukuran *Finite Ground Plane*

Bentuk *ground plane* adalah persegi panjang dengan panjang ( $p$ ) atau lebar ( $l$ ) yang berubah pada arah tertentu berdasarkan  $\lambda_0$ . Variabel pengaruh ukuran dibagi menjadi 2, yaitu :

- Lebar tetap, panjang bertambah

Pengubahan ukuran *ground plane* dengan membuat lebar tetap dan menambah panjang dibagi menjadi 2, yaitu panjang bertambah ke atas, dan ke bawah. Pada pertambahan panjang ke bawah terdapat 2 konfigurasi awal yang digunakan, yaitu konfigurasi 1 dan 3. Hal ini disebabkan oleh apabila menggunakan konfigurasi 1 sebagai bentuk awal, maka pengaruh penambahan panjang ke bawah tidak dapat terlihat karena pada konfigurasi 1, *ground plane* tidak mencakup elemen peradiasi secara keseluruhan sehingga hasil simulasi yang diperoleh kurang memuaskan. Konfigurasi 3 dipilih karena konfigurasi ini memiliki hasil terbaik pada perubahan

ukuran *ground plane* dengan membuat lebar tetap dan panjang bertambah ke atas.

- Panjang tetap, lebar bertambah

Pengubahan ukuran *ground plane* dengan membuat panjang tetap dan menambah lebar dibagi menjadi 2, yaitu lebar bertambah ke kanan, dan ke kiri. Pada perubahan ukuran *ground plane* dengan membuat panjang tetap dan menambah lebar digunakan konfigurasi 3 sebagai bentuk awal.

## 2. Pengaruh Luas *Finite Ground Plane*

Bentuk *ground plane* adalah persegi dengan sisi (s) berubah berdasarkan  $\lambda_0$ .

## 3. Pengaruh Bentuk *Ground Plane*

Bentuk *ground plane* dibagi menjadi 2, yaitu :

- Lingkaran

Bentuk *ground plane* adalah lingkaran dengan luas yang sama dengan *ground plane* persegi pada poin ke-2.

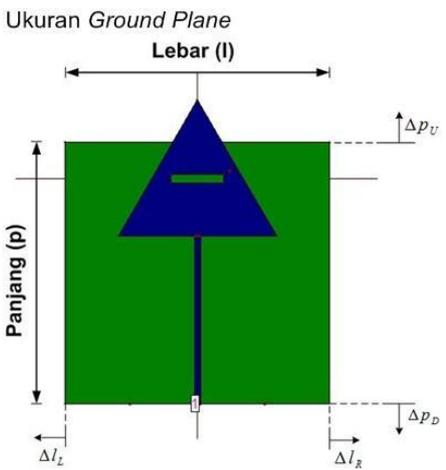
- Bentuk yang sama dan menyerupai elemen peradiasi.

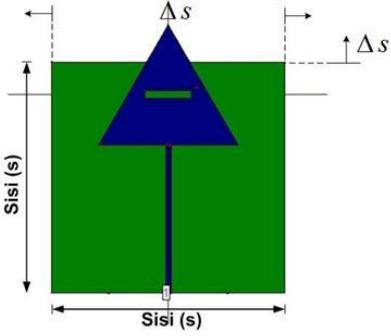
## 4. Pengaruh Peletakan Antena pada *Ground Plane*

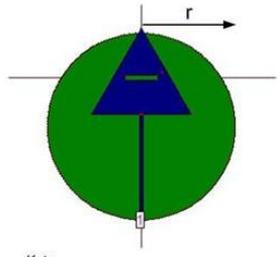
Bentuk dan dimensi *ground plane* yang digunakan adalah sama dengan pada konfigurasi 10, namun dilakukan modifikasi peletakan antena pada *ground plane*. Konfigurasi 10 dipilih karena konfigurasi tersebut merupakan konfigurasi dengan hasil terbaik dari poin 1 dan 2.

Dimensi dan variabel perubahan *finite ground plane* dijelaskan lebih lanjut pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Variabel Perubahan Ground Plane

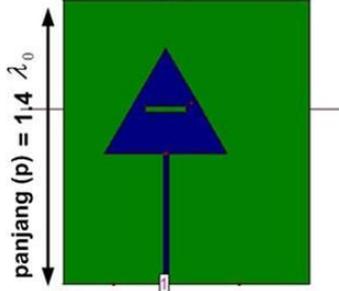
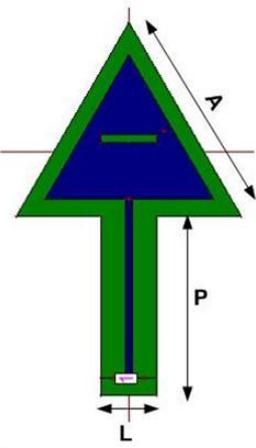
NO	VARIABEL	KONFIGURASI	Dimensi		KETERANGAN			
			p ( $\lambda_0$ )	l ( $\lambda_0$ )				
1	<p>Ukuran Ground Plane</p> <p>Lebar (l)</p>  <p>Ket :                      Biru = elemen peradiasi                      Hijau = ground plane  <math>\Delta p_U</math> = panjang bertambah ke atas (lebar tetap)  <math>\Delta p_D</math> = panjang bertambah ke bawah (lebar tetap)  <math>\Delta l_R</math> = lebar bertambah ke kanan (panjang tetap)  <math>\Delta l_L</math> = lebar bertambah ke kiri (panjang tetap)</p> <p><b>Gambar 4.6</b> Variabel Perubahan Ukuran Ground Plane</p>	Konf. 1 sebagai bentuk awal	Konfigurasi 1	1	1	$\Delta p_U$		
			Konfigurasi 2	1.2				
			Konfigurasi 3	1.4				
			Konfigurasi 4	1.6				
			Konfigurasi 1	1				
			Konfigurasi 5	1.2				
		Konf. 3 sebagai bentuk awal	Konfigurasi 6	1.4	1	$\Delta p_D$		
			Konfigurasi 3	1.4				
			Konfigurasi 7	1.44				
			Konfigurasi 8	1.52				
			Konfigurasi 9	1.66				
			Konfigurasi 3	1.4			1	$\Delta l_R$
			Konfigurasi 10				1.2	
			Konfigurasi 11				1.6	
			Konfigurasi 12				1.8	
Konfigurasi 3	1.4	1	$\Delta l_L$					
Konfigurasi 13		1.2						
Konfigurasi 14		1.6						
Konfigurasi 15		1.8						

2	<p>Luas Ground Plane</p>  <p>Ket :                      Biru = elemen peradiasi                      Hijau = ground plane  <math>\Delta s</math> = sisi bertambah panjang</p> <p><b>Gambar 4.7</b> Variabel Perubahan Luas Ground Plane</p>	Konfigurasi 1	1	1	$\Delta s$ ( sisi ground plane bagian bawah tetap )
		Konfigurasi 16	1.2	1.2	
		Konfigurasi 17	1.4	1.4	
		Konfigurasi 18	1.6	1.6	

3	<p>Bentuk Ground Plane (Lingkaran yang memiliki luas yang sama dengan persegi pada poin ke-2)</p>  <p>Ket :                      Biru = elemen peradiasi                      Hijau = ground plane                      r = jari-jari lingkaran (ground plane)</p> <p><b>Gambar 4.8</b> Variabel Perubahan Bentuk Ground Plane (Lingkaran)</p>		r (mm)	
		Konfigurasi 19	70.54	luas sama dengan persegi pada konfigurasi 1
		Konfigurasi 20	84.649	luas sama dengan persegi pada konfigurasi 16
Konfigurasi 21	98.75	luas sama dengan persegi pada konfigurasi 17		

Sumber : Perencanaan dan Simulasi

Tabel 4.5 Variabel Perubahan *Ground Plane* (lanjutan)

NO	VARIABEL	KONFIGURASI	Dimensi		KETERANGAN
			p ( $\lambda_0$ )	l ( $\lambda_0$ )	
4	<p>Peletakan Antena pada <i>Ground Plane</i></p>  <p><b>Gambar 4.9</b> Dimensi <i>Ground Plane</i> yang digunakan untuk variasi peletakan antena</p> <p>Penjelasan : Dengan bentuk dan dimensi <i>ground plane</i> yang tetap, dilakukan modifikasi peletakan antena (elemen peradiasi) pada <i>ground plane</i>. (lihat gambar peletakan antena pada Lampiran).</p>	Konfigurasi 22	1.4	1.2	Peletakan Antena
					Kiri Atas
		Konfigurasi 23			Kiri Tengah
		Konfigurasi 24			Kiri Bawah
		Konfigurasi 25			Tengah Atas
		Konfigurasi 26			Tengah
		Konfigurasi 27			Tengah Bawah
		Konfigurasi 28			Kanan Atas
		Konfigurasi 29			Kanan Tengah
		Konfigurasi 30			Kanan Bawah
5	<p>Bentuk <i>Ground Plane</i> (sama dan menyerupai elemen peradiasi)</p>  <p>Ket : Biru = Elemen Peradiasi Hijau = <i>Ground Plane</i></p> <p><b>Gambar 4.10</b> Variabel Perubahan Dimensi <i>Ground Plane</i> dengan bentuk sama dan menyerupai elemen peradiasi</p>		Dimensi (mm)		Sama dengan elemen peradiasi
		Konfigurasi 31	A = 75 L = 3.217 P = 80		
		Konfigurasi 32	A = 80 L = 3.217 P = 80	A ubah, P dan L tetap	
		Konfigurasi 33	A = 90 L = 3.217 P = 80		
		Konfigurasi 34	A = 100 L = 3.217 P = 80		
		Konfigurasi 35	A = 100 L = 25 P = 80	L ubah, A dan P tetap	
		Konfigurasi 36	A = 100 L = 50 P = 80		
		Konfigurasi 37	A = 100 L = 75 P = 80		
		Konfigurasi 38	A = 100 L = 100 P = 80		
		Konfigurasi 39	A = 100 L = 100 P = 90	P ubah, A dan L tetap	
Konfigurasi 40	A = 100 L = 100 P = 58.349				

Sumber : Perencanaan dan Simulasi

#### 4.6.3 Riwayat Simulasi Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan *Slot* Persegi Panjang dan *Ground Plane* berupa *Infinite* dan *Finite Ground Plane*

Seluruh simulasi dilakukan dengan menggunakan program MoM *simulator* dan spesifikasi perangkat keras sebagai berikut :

*Toshiba Portege R705, Intel® Core™ i3 CPU - M 350 @2.2GHz (4CPUs), 4GB DDR3 Memory, Intel HD Graphics, dan Windows 7 Home Premium 64-bit*

Spesifikasi perangkat keras dan konfigurasi antena yang disimulasikan mempengaruhi waktu simulasi. Dari keseluruhan konfigurasi, konfigurasi 19-21 gagal disimulasikan karena program MoM *simulator* mengalami *error*. Riwayat simulasi keseluruhan konfigurasi antena mikrostrip antena mikrostrip segitiga sama sisi dengan *slot* persegi panjang dijelaskan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Riwayat Simulasi Antena Mikrostrip dengan Program Simulator IE3D

NO	ANALISIS PENGARUH	BENTUK GROUND PLANE	LAMA SIMULASI (detik)
1	Kinerja	Konfigurasi <i>Infinite</i>	160
2	UKURAN	Konfigurasi 1 (p x l persegi panjang = $1 \times 1 \lambda_0^2$ )	750
3		Konfigurasi 2 (p x l persegi panjang = $1.2 \times 1 \lambda_0^2$ )	1431
4		Konfigurasi 3 (p x l persegi panjang = $1.4 \times 1 \lambda_0^2$ )	1635
5		Konfigurasi 4 (p x l persegi panjang = $1.6 \times 1 \lambda_0^2$ )	1961
6		Konfigurasi 5 (p x l persegi panjang = $1.2 \times 1 \lambda_0^2$ )	1191
7		Konfigurasi 6 (p x l persegi panjang = $1.4 \times 1 \lambda_0^2$ )	1543
8		Konfigurasi 7 (p x l persegi panjang = $1.44 \times 1 \lambda_0^2$ )	1961
9		Konfigurasi 8 (p x l persegi panjang = $1.52 \times 1 \lambda_0^2$ )	2187
10		Konfigurasi 9 (p x l persegi panjang = $1.66 \times 1 \lambda_0^2$ )	2365
11		Konfigurasi 10 (p x l persegi panjang = $1.4 \times 1.2 \lambda_0^2$ )	2654
12		Konfigurasi 11 (p x l persegi panjang = $1.4 \times 1.6 \lambda_0^2$ )	3357
13		Konfigurasi 12 (p x l persegi panjang = $1.4 \times 1.8 \lambda_0^2$ )	4384
14		Konfigurasi 13 (p x l persegi panjang = $1.4 \times 1.2 \lambda_0^2$ )	2469
15		Konfigurasi 14 (p x l persegi panjang = $1.4 \times 1.6 \lambda_0^2$ )	3656
16		Konfigurasi 15 (p x l persegi panjang = $1.4 \times 1.8 \lambda_0^2$ )	4347
17	LUAS	Konfigurasi 16 (luas persegi = $1.2 \times 1.2 \lambda_0^2$ )	2040
18		Konfigurasi 17 (luas persegi = $1.4 \times 1.4 \lambda_0^2$ )	2245
19		Konfigurasi 18 (luas persegi = $1.6 \times 1.6 \lambda_0^2$ )	5820
20	BENTUK	Konfigurasi 19 (luas lingkaran = $1.2 \times 1.2 \lambda_0^2$ )	-
21		Konfigurasi 20 (luas lingkaran = $1.4 \times 1.4 \lambda_0^2$ )	-
22		Konfigurasi 21 (luas lingkaran = $1.6 \times 1.6 \lambda_0^2$ )	-
23	PELE-TAKAN ANTENA	Konfigurasi 22 (p x l persegi panjang = $1.2 \times 1.4 \lambda_0^2$ )	2549
24		Konfigurasi 23 (p x l persegi panjang = $1.2 \times 1.4 \lambda_0^2$ )	2552
25		Konfigurasi 24 (p x l persegi panjang = $1.2 \times 1.4 \lambda_0^2$ )	2629
26		Konfigurasi 25 (p x l persegi panjang = $1.2 \times 1.4 \lambda_0^2$ )	2491
27		Konfigurasi 26 (p x l persegi panjang = $1.2 \times 1.4 \lambda_0^2$ )	1962
28		Konfigurasi 27 (p x l persegi panjang = $1.2 \times 1.4 \lambda_0^2$ )	2671
29		Konfigurasi 28 (p x l persegi panjang = $1.2 \times 1.4 \lambda_0^2$ )	2678
30		Konfigurasi 29 (p x l persegi panjang = $1.2 \times 1.4 \lambda_0^2$ )	2556
31	Konfigurasi 30 (p x l persegi panjang = $1.2 \times 1.4 \lambda_0^2$ )	2721	
32	BENTUK	Konfigurasi 31 (sama dengan elemen peradiasi)	799
33		Konfigurasi 32 (menyerupai elemen peradiasi)	863
34		Konfigurasi 33 (menyerupai elemen peradiasi)	1061
35		Konfigurasi 34 (menyerupai elemen peradiasi)	1157
36		Konfigurasi 35 (menyerupai elemen peradiasi)	1502
37		Konfigurasi 36 (menyerupai elemen peradiasi)	1246
38		Konfigurasi 37 (menyerupai elemen peradiasi)	1957
39		Konfigurasi 38 (menyerupai elemen peradiasi)	7464
40		Konfigurasi 39 (menyerupai elemen peradiasi)	7386
41		Konfigurasi 40 (menyerupai elemen peradiasi)	6703

Sumber : Simulasi