

BAB III

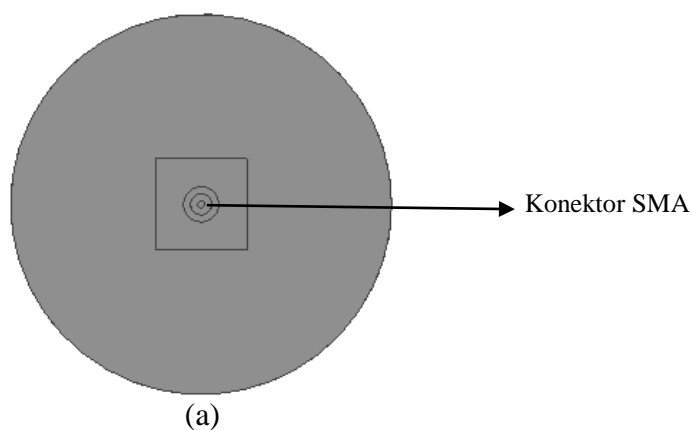
METODE PENELITIAN PROSES PENYELESAIAN

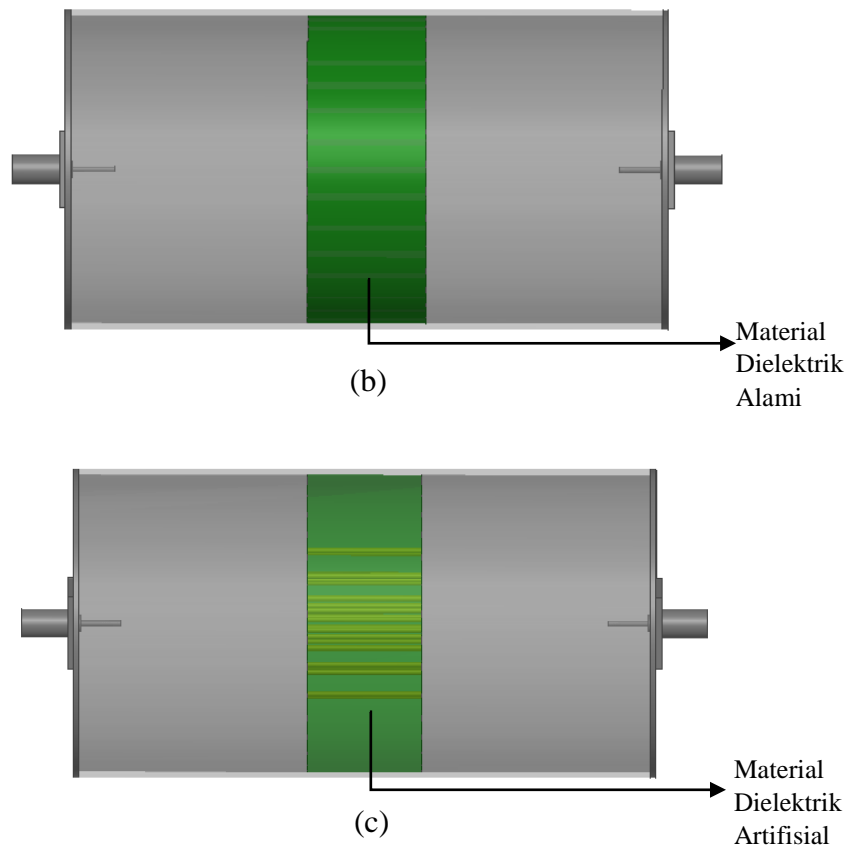
III.1 Perancangan

Tahap perancangan berisi penjelasan mengenai rancang bangun resonator rongga sirkular serta material dielektrik artifisial yang digunakan dalam tugas akhir penulis. Penjelasan yang dipaparkan berupa karakteristik bahan, perhitungan dimensi, serta perhitungan frekuensi *cut-off* dan frekuensi resonansi resonator rongga.

III.1.1 Karakteristik Resonator Rongga

Resonator rongga yang akan dibuat terdiri dari: duralilium yaitu bahan dasar dalam pembuatan resonator rongga yang berfungsi sebagai saluran transmisi, material dielektrik berbahan dasar *floral foam* dan konektor SMA yang dipasangkan dikedua sisi resonator rongga baik bagian tutup atas maupun tutup bawah. Bentuk resonator rongga yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar III.1 dan karakteristik bahan yang digunakan dapat dilihat pada tabel III.1.





Gambar III.1 Desain perancangan resonator rongga sirkular (a) tampak bagian depan resonator (b) tampak bagian samping resonator rongga yang disisipi material dielektrik alami (c) tampak bagian samping resonator rongga yang disisipi material dielektrik artifisial

Tabel III.1 Karakteristik Bahan

1. Resonator Rongga (Duralium)	
Konduktivitas	3×10^7 S/m
2. Material Dielektrik (Floralfoam)	
Permitivitas Relatif (ϵ_r)	1,25
Permeabilitas Relatif (μ_r)	1
3. Konektor SMA	
Impedansi	50Ω

III.1.2 Perhitungan Dimensi Resonator Rongga

Perancangan resonator rongga dimulai dengan perhitungan untuk menentukan dimensi resonator rongga yang akan dibuat. Dalam menghitung dimensi resonator dibutuhkan beberapa parameter seperti nilai permitivitas bahan dielektrik, frekuensi kerja dan nilai mode dominan. Selain itu, penentuan dimensi resonator rongga dilakukan dengan mempertimbangkan material bahan dasar yang tersedia dipasaran sehingga akan mempermudah proses pabrikan.

III.1.2.1 Perhitungan Dimensi Resonator Rongga Konvensional

Parameter yang diperlukan untuk proses perhitungan dimensi resonator rongga diantara lain adalah nilai mode gelombang (X_{mn}), frekuensi kerja (f), dan panjang resonator rongga (d). Dengan menggunakan parameter-parameter tersebut akan diketahui panjang jari-jari resonator rongga yang diperlukan. Rumus yang digunakan untuk proses perhitungan jari-jari resonator adalah sebagai berikut:

$$fr = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{X_{mn}}{a}\right)^2 + \left(\frac{q\pi}{d}\right)^2}$$

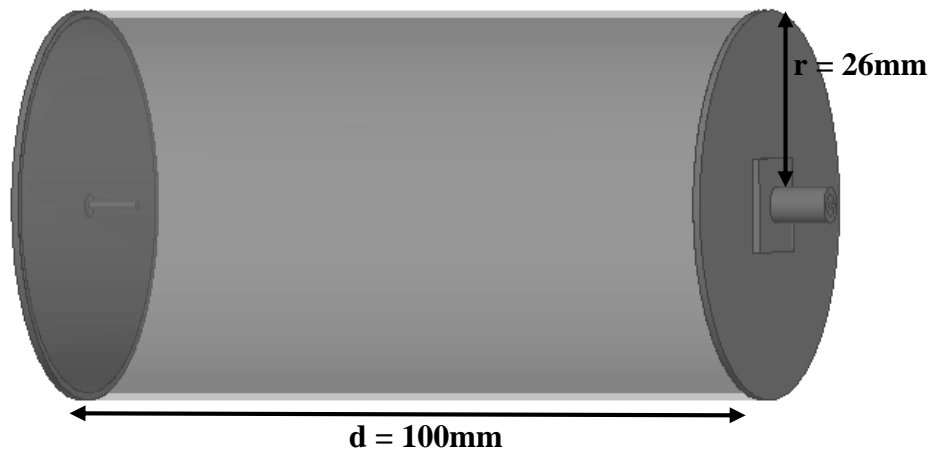
dengan:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}$$

apabila $q=0$ maka rumus yang digunakan untuk menghitung jari-jari resonator rongga adalah:

$$a = \frac{X_{mn}}{2\pi \cdot fc \sqrt{\mu_0\epsilon_0}}$$

Dengan mempertimbangkan material yang tersedia dipasaran, maka desain resonator rongga konvensional yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar III.2 dan parameter dimensi resonator rongga dapat dilihat pada tabel III.2



Gambar III.2 Resonator rongga konvensional kosong

Tabel III.2 Parameter Dimensi Resonator Rongga Konvensional

Parameter	Nilai
ϵ_r	1.25
a	26 mm
d	100 mm

Setelah dimensi resonator rongga diketahui maka frekuensi *cut-off* dan frekuensi resonansi pada resonator dengan jari-jari (a) sebesar 26 mm dapat dihitung.

III.1.2.1.1 Perhitungan Frekuensi *Cut-Off*

Untuk menghitung frekuensi *cut-off* yang terjadi pada mode TM_{01} , rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$f_r = \frac{c.X_{mn}}{2\pi .a}$$

Dengan mode gelombang X_{mn} mengacu pada tabel II.2, dan a sebagai jari-jari resonator yaitu 26mm. Maka frekuensi resonansi dapat dihitung:

$$f_r = \frac{c.X_{mn}}{2\pi .a}$$

$$f_r = \frac{X_{mn}}{2\pi .a \sqrt{\mu\epsilon}}$$

$$f_r = \frac{2,405}{2\pi .2 \times 10^{-3} \sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times 8.854 \times 10^{-12}}}$$

$$f_r = 4.41GHz$$

III.1.2.1.2 Perhitungan Frekuensi Resonansi

Untuk menghitung frekuensi resonansi yang terjadi pada rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$fr = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{Xmn}{a}\right)^2 + \left(\frac{q\pi}{d}\right)^2}$$

Pada resonator rongga, frekuensi resonansi muncul pada setiap mode dominan. Untuk mengetahui frekuensi resonansi yang muncul setelah frekuensi pada mode TM₀₁ maka dilakukan pula perhitungan untuk mode TM₁₁. Nilai mode dominan TM dapat dilihat pada tabel II.2. Parameter yang digunakan untuk perhitungan ini dituliskan pada tabel III.3

Tabel III.3 Parameter yang digunakan untuk perhitungan frekuensi resonansi

Parameter perhitungan	Nilai
Xmn TM ₀₁	2,405
Xmn TM ₁₁	3,832
<i>a</i>	26 mm
<i>q</i>	0
<i>d</i>	100 mm

1. Perhitungan frekuensi resonansi pada mode TM₀₁

$$fr = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{Xmn}{a}\right)^2 + \left(\frac{q\pi}{d}\right)^2}$$

$$fr = \frac{1}{2\pi \sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times 8.854 \times 10^{-12}}} \sqrt{\left(\frac{2,405}{26 \times 10^{-3}}\right)^2 + \left(\frac{0\pi}{100}\right)^2}$$

$$fr = \frac{1}{2\pi \sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times 8.854 \times 10^{-12}}} \sqrt{\left(\frac{2,405}{26 \times 10^{-3}}\right)^2 + 0}$$

$$fr = 4.41 \text{ GHz}$$

2. Perhitungan frekuensi resonansi pada mode TM_{11}

$$fr = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{Xmn}{a}\right)^2 + \left(\frac{q\pi}{d}\right)^2}$$

$$fr = \frac{1}{2\pi \sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times 8.854 \times 10^{-12}}} \sqrt{\left(\frac{3,832}{26 \times 10^{-3}}\right)^2 + \left(\frac{0\pi}{100}\right)^2}$$

$$fr = \frac{1}{2\pi \sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times 8.854 \times 10^{-12}}} \sqrt{\left(\frac{3,832}{26 \times 10^{-3}}\right)^2 + 0}$$

$$fr = 7.03 \text{ GHz}$$

III.1.2.2 Perhitungan Dimensi Resonator Rongga Artifisial

Setelah dilakukan simulasi untuk resonator rongga konvensional, maka telah didapatkan prosentase terbesar penurunan frekuensi resonansi. Dari hasil simulasi resonator rongga konvensional pada tabel III.13 didapatkan penurunan frekuensi resonansi dari 6,27 GHz menjadi 4,3 GHz yaitu pada saat ketebalan *floral foam* sebesar 67mm dengan kawat konduktor sebanyak 24 kawat. Prosentase penurunan frekuensi resonansi yaitu sebesar:

$$\% = \frac{fr_{0mm} - fr_{60mm}}{fr_{0mm}} \times 100\%$$

$$\% = \frac{6,27 - 4,3}{6,27} \times 100\%$$

$$\% = 31,4\%$$

Prosentase diatas menjadi acuan untuk perhitungan dimensi resonator artifisial. Dimensi resonator artifisial yaitu:

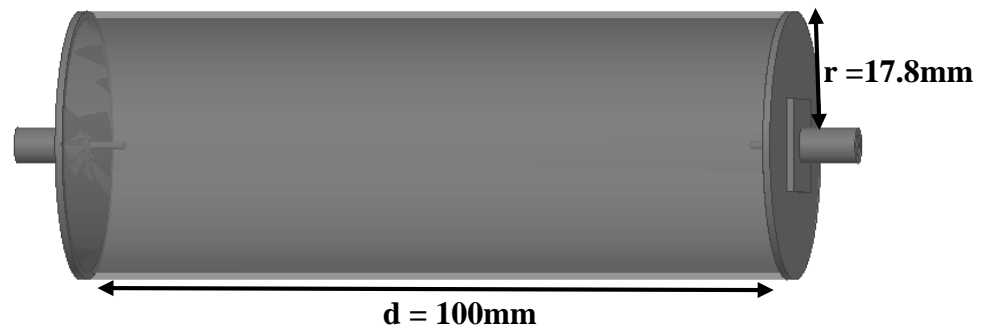
$$r_{artifisial} = r_{konvensional} - (\text{prosentase} \times r_{konvensional})$$

$$= 26 \times 10^{-3} - (31,4\% \times 26 \times 10^{-3})$$

$$= 17,8 \times 10^{-3}$$

$$= 17,8 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, desain resonator rongga artifisial dapat dilihat pada gambar III.3 dan parameter resonator artifisial telah disajikan pada tabel III.4.



Gambar III.3 Resonator rongga artifisial kosong

Tabel III.4 Parameter Dimensi Resonator Rongga Artifisial

Parameter	Nilai
ϵ_r	1.25
a	17.8 mm
d	100 mm

Setelah dimensi resonator rongga artifisial ditentukan maka frekuensi *cut-off* dan frekuensi resonansi pada resonator dengan jari-jari (a) sebesar 17.8 mm dapat dihitung.

III.1.2.2.1 Perhitungan Frekuensi *Cut-Off*

Untuk menghitung frekuensi *cut-off* yang terjadi pada mode TM_{01} , rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$f_r = \frac{c.X_{mn}}{2\pi .a}$$

dengan mode gelombang X_{mn} mengacu pada tabel II.2, dan a sebagai jari-jari resonator yaitu 17,8 mm. Maka frekuensi resonansi dapat dihitung:

$$f_r = \frac{c.X_{mn}}{2\pi .a}$$

$$f_r = \frac{X_{mn}}{2\pi .a \sqrt{\mu\epsilon}}$$

$$f_r = \frac{2,405}{2\pi \times 17,8 \times 10^{-3} \sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times 8.854 \times 10^{-12}}}$$

$$f_r = 6,44 \text{ GHz}$$

III.1.2.2.2 Perhitungan Frekuensi Resonansi

Untuk menghitung frekuensi resonansi yang terjadi pada rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$f_r = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{X_{mn}}{a}\right)^2 + \left(\frac{q\pi}{d}\right)^2}$$

Pada resonator rongga, frekuensi resonansi muncul pada setiap dominan. Untuk mengetahui frekuensi resonansi yang muncul setelah frekuensi pada mode TM_{01} maka dilakukan pula perhitungan untuk mode TM_{11} . Nilai mode dominan TM dapat dilihat pada tabel II.2. Parameter yang digunakan untuk perhitungan ini dituliskan pada tabel III.5.

Tabel III.5. Parameter yang digunakan untuk perhitungan frekuensi resonansi

Parameter perhitungan	Nilai
$X_{mn} TM_{01}$	2,405
$X_{mn} TM_{11}$	3,832
a	17,8 mm
q	0
d	100 mm

3. Perhitungan frekuensi resonansi pada mode TM_{01}

$$f_r = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{X_{mn}}{a}\right)^2 + \left(\frac{q\pi}{d}\right)^2}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times 8.854 \times 10^{-12}}} \sqrt{\left(\frac{2,405}{17,8 \times 10^{-3}}\right)^2 + \left(\frac{0\pi}{100}\right)^2}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times 8.854 \times 10^{-12}}} \sqrt{\left(\frac{2,405}{17,8 \times 10^{-3}}\right)^2 + 0}$$

$$f_r = 6,44 \text{ GHz}$$

4. Perhitungan frekuensi resonansi pada mode TM₁₁

$$fr = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{Xmn}{a}\right)^2 + \left(\frac{q\pi}{d}\right)^2}$$

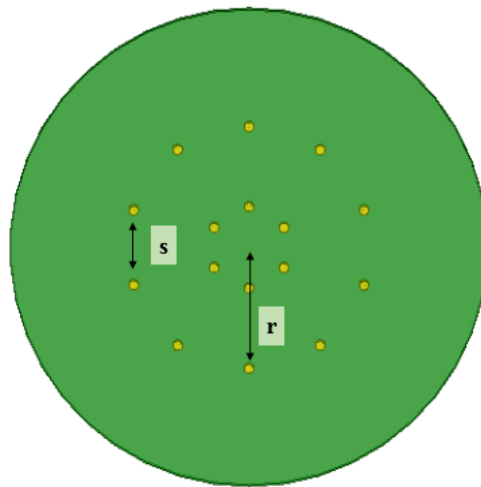
$$fr = \frac{1}{2\pi \sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times 8.854 \times 10^{-12}}} \sqrt{\left(\frac{3.832}{17.8 \times 10^{-3}}\right)^2 + \left(\frac{0\pi}{100}\right)^2}$$

$$fr = \frac{1}{2\pi \sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times 8.854 \times 10^{-12}}} \sqrt{\left(\frac{3.832}{17.8 \times 10^{-3}}\right)^2 + 0}$$

$$fr = 10.27 \text{ GHz}$$

III.1.3 Perhitungan Jarak Kawat Material Dielektrik Artifisial

Dalam pembuatan material dielektrik artifisial, kawat-kawat akan disisipkan sampai menembus *host material* berupa *floral foam*. Posisi kawat-kawat yang disisipkan dihitung menggunakan rumus tertentu agar memiliki jarak antar kawat yang konstan dan memiliki pola yang teratur.



Gambar III.4 Material dielektrik artifisial

Gambar III.4 merupakan material dielektrik artifisial dengan keterangan:

r = jarak dari pusat lingkaran ke kawat

s = jarak antar kawat konduktor

Dalam perancangan material dielektrik artifisial, digunakan beberapa rumus untuk mendapatkan titik kordinat kawat-kawat konduktor. Rumus yang digunakan diantaranya:

1. Keliling Lingkaran

$$k = 2\pi r$$

2. Jarak Antar Kawat Konduktor

$$s = \left(\frac{k}{\text{jumlah konduktor}} \right) - 1$$

3. Sudut₁

$$\text{sudut1} = \frac{360^\circ}{\text{jumlah konduktor}}$$

4. Jarak Sumbu X

$$x = \cos(\text{radians}(\text{sudut1}))$$

5. Jarak Sumbu Y

$$y = \sin(\text{radians}(\text{sudut1}))$$

Sedangkan rumus yang digunakan untuk menghitung posisi kawat pada *host material* adalah sebagai berikut:

1. Sudut₂

$$\text{sudut2} = \text{no konduktor} \times \text{sudut1}$$

2. Jarak Sumbu X

$$x = \cos(\text{radians}(\text{sudut2})) \times r$$

3. Jarak Sumbu Y

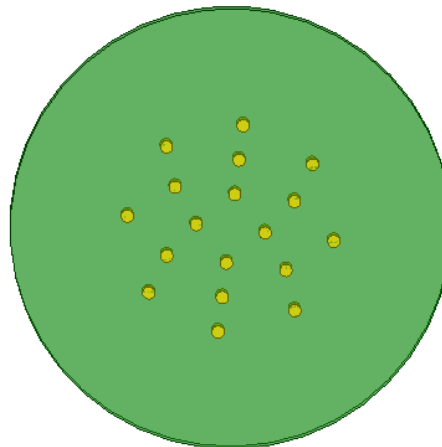
$$y = \sin(\text{radians}(\text{sudut2})) \times r$$

III.1.3.1 Material Dielektrik Artifisial 18 Kawat

Pada tugas akhir ini, penulis merancang material dielektrik artifisial dengan dua kondisi jarak antar kawat yaitu kondisi renggang dan kondisi rapat. Parameter material dielektrik artifisial kondisi pertama dapat dilihat pada tabel III.6 dan gambar desainnya pada gambar III.5.

Tabel III.6 Parameter Material Dielektrik Artifisial *Floral Foam* 18 kawat

Parameter	Nilai
Jumlah kawat	18 kawat
d	1 mm
r	0.5 mm



Gambar III.5 Material dielektrik artifisial 18 kawat

Desain posisi kawat-kawat konduktor pada gambar III.5 ditentukan melalui hasil perhitungan, nilai titik kordinat masing-masing kawat konduktor dapat dilihat pada tabel III.7.

Tabel III.7 Titik koordinat 18 kawat pada material dielektrik artifisial

r	k	Jumlah kawat konduktor	s	Sudut1(°)	x	y
2.8	17.59	4	3.40	90.00	0.00	1.00
5.6	35.19	6	4.86	60.00	0.50	0.87
8.4	52.78	8	5.60	45.00	0.71	0.71

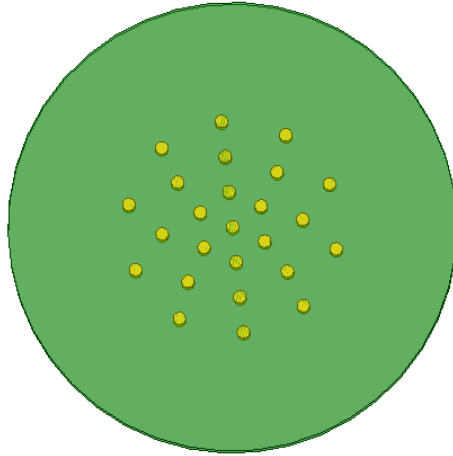
Layer 1 (r = 2.8 mm)			
no konduktor	Sudut2(°)	x	y
0	0.00	2.80	0.00
1	90.00	0.00	2.80
2	180.00	-2.80	0.00
3	270.00	0.00	-2.80
Layer 2 (r = 5.6 mm)			
no konduktor	Sudut2(°)	x	y
0	0.00	5.60	0.00
1	60.00	2.80	4.85
2	120.00	-2.80	4.85
3	180.00	-5.60	0.00
4	240.00	-2.80	-4.85
5	300.00	2.80	-4.85
Layer 3 (r = 8.4 mm)			
no konduktor	Sudut2(°)	x	y
0	0.00	8.40	0.00
1	45.00	5.94	5.94
2	90.00	0.00	8.40
3	135.00	-5.94	5.94
4	180.00	-8.40	0.00
5	225.00	-5.94	-5.94
6	270.00	0.00	-8.40
7	315.00	5.94	-5.94

III.1.3.2 Material Dielektrik Artifisial 25 Kawat

Kondisi kedua yaitu material dielektrik artifisial yang memiliki jarak antar kawat konduktor rapat, parameter material dielektrik artifisial tersebut dapat dilihat pada tabel III.8 dan desainnya pada gambar III.6.

Tabel III.8 Parameter Material Dielektrik Artifisial *Floral Foam* 25 kawat

Parameter	Nilai
Jumlah kawat	25 kawat
d	1 mm
r	0.5 mm



Gambar III.6 Material dielektrik artifisial 25 kawat

Desain posisi kawat-kawat konduktor pada gambar III.6 ditentukan melalui hasil perhitungan, nilai titik kordinat masing-masing kawat konduktor dapat dilihat pada tabel III.9.

Tabel III.9 Parameter Material Dielektrik Artifisial *Floral Foam* 25 kawat

r	k	Jumlah kawat konduktor	s	Sudut1(°)	x	y
2.8	17.59	6	1.93	60.00	0.50	0.87
5.6	35.19	8	3.40	45.00	0.71	0.71
8.4	52.78	10	4.28	36.00	0.81	0.59
Layer 0 (r = 0 mm)						
no konduktor		Sudut2 (°)		x	y	
0		0.00		0	0	
Layer 1 (r = 2.8 mm)						
no konduktor		Sudut2 (°)		x	y	
0		0.00		2.80	0.00	
1		60.00		1.40	2.42	
2		120.00		-1.40	2.42	
3		180.00		-2.80	0.00	
4		240.00		-1.40	-2.42	
5		300.00		1.40	-2.42	

Layer 1 (r = 5.6 mm)			
no konduktor	Sudut2(°)	x	y
0	0.00	5.60	0.00
1	45.00	3.96	3.96
2	90.00	0.00	5.60
3	135.00	-3.96	3.96
4	180.00	-5.60	0.00
5	225.00	-3.96	-3.96
6	270.00	0.00	-5.60
7	315.00	3.96	-3.96
Layer 1 (r = 8.4 mm)			
no konduktor	Sudut2(°)	x	y
0	0.00	8.40	0.00
1	36.00	6.80	4.94
2	72.00	2.60	7.99
3	108.00	-2.60	7.99
4	144.00	-6.80	4.94
5	180.00	-8.40	0.00
6	216.00	-6.80	-4.94
7	252.00	-2.60	-7.99
8	288.00	2.60	-7.99
9	324.00	6.80	-4.94