

## BAB IV

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP *EQUILATERAL TRIANGULAR ARRAY*

#### 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 bab ini akan dibahas mengenai penentuan bahan substrat, konduktor dan dimensi elemen peradiasi. Selanjutnya akan dilakukan simulasi dengan program simulator IE3D untuk mendapatkan *VSWR*, *return loss*, *directivity*, *gain* dan *bandwidth* berdasarkan hasil perancangan dengan menggunakan dasar teori yang ada pada Bab II.

#### 4.2 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

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

Bahan Epoxy fiberglass – FR 4

Konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 4,6

Ketebalan lapisan dielektrik ( $h$ ) = 1,6 mm

*Loss tangent* = 0,018

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga

Ketebalan bahan konduktor ( $t$ ) = 0,0001 m

Konduktifitas tembaga ( $\sigma$ ) =  $5,80 \times 10^7$  mho  $m^{-1}$

Frekuensi kerja ( $f_r$ ) = 1575 MHz

Impedansi karakteristik saluran = 50  $\Omega$

#### 4.3 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi maka terlebih dahulu harus direncanakan nilai frekuensi kerja ( $f_r$ ) yaitu 1575 MHz dengan nilai perambatan diruang bebas ( $c$ ) sebesar  $3 \times 10^8$  m/s.

Dengan menggunakan persamaan (2-29) untuk frekuensi 1575 MHz:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad m \quad \lambda_0 = \frac{3 \times 10^8}{1575 \times 10^6}$$

$$= 0,19 \text{ m}$$

Maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan (2-30) :

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

$$\lambda_d = \frac{0,19}{\sqrt{4,6}} = 0,0885 \text{ m}$$

Kemudian dihitung besarnya sisi ( $a$ ) elemen peradiasi antenna mikrostrip dengan persamaan (2-31) :

$$f_r = \frac{2c}{3a_{\text{eff}}\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{m^2 + mn + n^2} \quad (\text{mm})$$

Mode distribusi gelombang TM yang digunakan ialah 10, sehinggalah nilai  $m$  dan  $n$  berturut-turut ialah 1 dan 0, maka nilai  $a_{\text{eff}}$ -nya:

$$a_{\text{eff}} = \frac{2 \times 3 \times 10^8}{3 \times 1575 \times \sqrt{4,6}} \sqrt{1^2 + 1 \times 0 + 0^2}$$

$$a_{\text{eff}} = 60,52 \text{ mm}$$

Selanjutnya besar sisi segitiga sama sisi  $a$  didapat dengan persamaan (2-32):

$$a_{\text{eff}} = a + \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$a_{\text{eff}} = a + \frac{1,6 \text{ mm}}{\sqrt{4,6}}$$

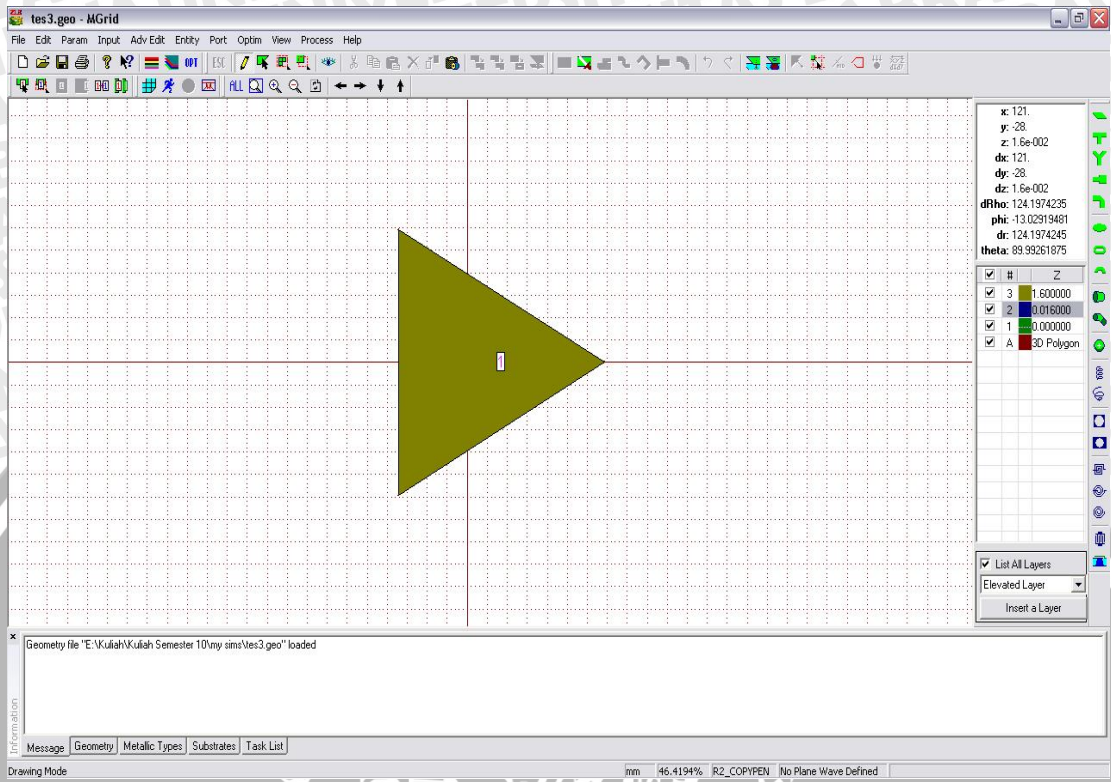
$$a = 59,76 \text{ mm}$$

Jadi untuk elemen peradiasi dengan bentuk *equilateral triangular* pada frekuensi 1575 MHz dimensinya adalah  $a = 59,76 \text{ mm}$  atau  $5,976 \text{ cm}$ .

Setelah melakukan perhitungan dimensi sisi segitiga kemudian hasil dimensi perancangan ini dimasukkan ke program simulator dalam hal ini ialah IE3D™. Dengan program simulator IE3D akan didapat hasil keluaran parameter-parameter antenna yang dapat kita jadikan acuan awal apakah antenna hasil perancangan berdasarkan teori yang ada dapat bekerja. Diharapkan hasil keluaran program



simulator IE3D ini dapat mendekati hasil yang sebenarnya. Adapun tampilan IE3D dapat dilihat pada gambar berikut

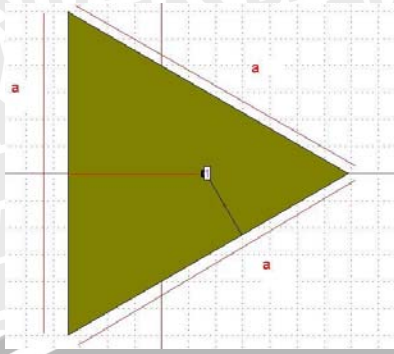


Gambar 4.1 Tampilan IE3D Antena *Equilateral Triangular* Satu Elemen

Sumber : Simulasi

#### 4.4 Simulasi Dimensi Satu Elemen Peradiasi

Model saluran transmisi yang digunakan dalam perancangan ini adalah model pencatutan langsung menggunakan *coaxial probe feed*, sedangkan nilai impedansi saluran transmisi yang direncanakan adalah  $50 \Omega$ . Letak titik coaxial probe feed dilakukan sekitar titik pusat elemen peradiasi sepanjang sumbu x yang membelah bentuk segitiga sama sisi menjadi dua bagian. Pada perancangan awal ini ditentukan panjang  $L=25,5$  mm.



Gambar 4.2 Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular* Satu Elemen

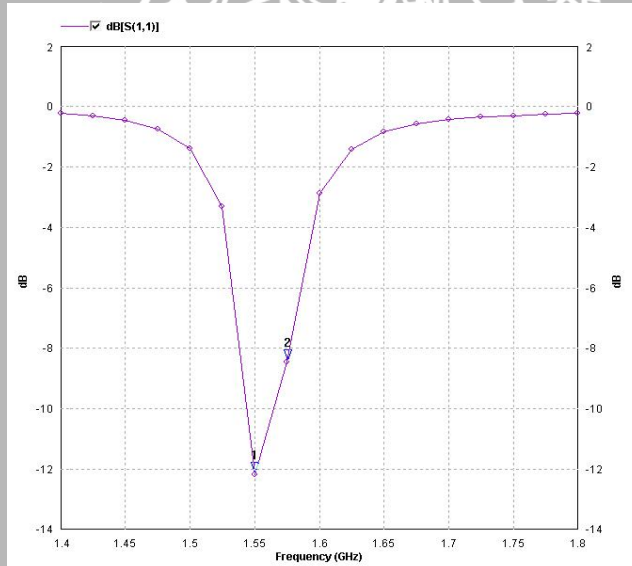
Sumber : Simulasi

Keterangan Gambar 4.2 :

$a = 59,76 \text{ mm}$

$L = 25,5 \text{ mm}$

Kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator IE3D, dan didapatkan hasil simulasi sebagai berikut:



Grafik 4.1 Hasil Simulasi  $S_{11}$  Satu Elemen Sebelum Optimasi

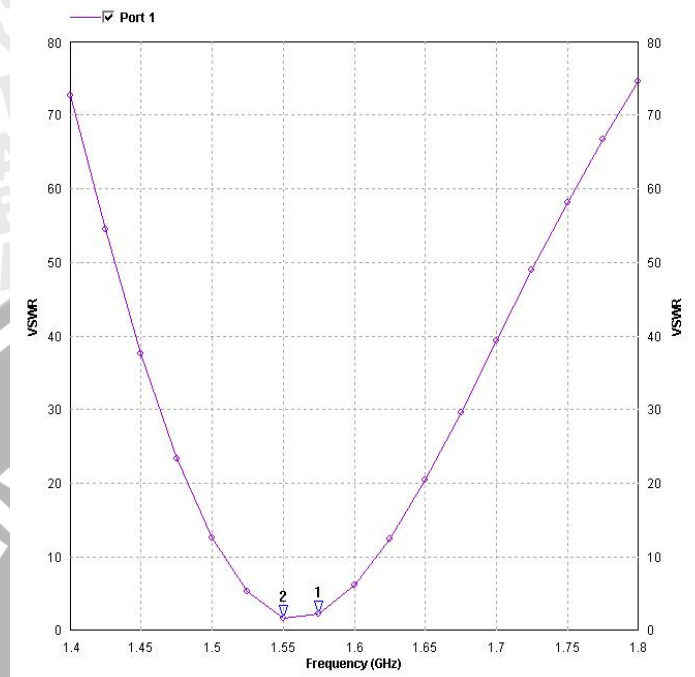
Sumber : Simulasi

Hasil Simulasi pada Grafik 4.1 menunjukkan nilai  $S_{11}$  dari elemen peradiasi. Untuk nilai  $S_{11}$  sebuah antena bekerja dengan baik jika nilai  $S_{11} < -10 \text{ dB}$ .

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa antena mencapai nilai  $S_{11} -8,45454 \text{ dB}$  pada frekuensi 1575 MHz dan justru memenuhi parameter pada frekuensi 1550 MHz yaitu sebesar  $-12,1881 \text{ dB}$ .



Untuk parameter selanjutnya yaitu VSWR dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Grafik 4.2 Hasil Simulasi VSWR Satu Elemen Sebelum Optimasi

Sumber : Simulasi

Simulasi pada Grafik 4.2 menunjukkan nilai VSWR dari elemen peradiasi. Untuk nilai VSWR sebuah antenna bekerja dengan baik jika nilai  $VSWR < 2$ .

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa antenna mencapai nilai VSWR 2,108 pada frekuensi 1575 MHz dan justru memenuhi parameter pada frekuensi 1550 MHz yaitu sebesar 1,6904.

Berdasarkan kedua parameter di atas yaitu  $S_{11}$  dan VSWR, dapat kita lihat bahwa antenna belum dapat bekerja dengan baik pada frekuensi yang diinginkan. Frekuensi kerja antenna justru bergeser ke 1550 MHz sehingga tidak sesuai dengan frekuensi kerja yang direncanakan yaitu 1575 MHz.

#### 4.5 Optimasi Satu Elemen Peradiasi

Optimasi dilakukan agar antenna dapat bekerja sesuai dengan yang kita inginkan yaitu bekerja pada frekuensi 1575 MHz. Selain itu optimasi juga diperlukan untuk memperbaiki parameter antenna yang telah didapatkan sebelumnya agar antenna yang dirancang bisa bekerja secara lebih optimal.

Untuk melakukan optimasi dapat dilakukan dengan merubah dimensi elemen peradiasi hingga didapatkan hasil yang optimal pada frekuensi yang diinginkan. Dalam tugas akhir ini selain secara manual dengan mengubah dimensi elemen peradiasi, optimasi juga dilakukan dengan mengubah letak *coaxial probe feed* sepanjang sumbu x yang memotong elemen peradiasi menjadi dua bagian.

Langkah 1: Mengubah dimensi sisi segitiga a dengan posisi feed sumbu L tetap 25,5 mm

Tabel 4.1 Frekuensi Tengah dengan Optimasi Dimensi Sisi Segitiga a

No.	a (mm)	Frekuensi Tengah (MHz)
1.	60,58	1550
2.	60,17	1550
3.	59,76	1550
4.	59,41	1575
5.	59,06	1575
6.	58,65	1580
7.	58,24	1580

Sumber : Perancangan

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa nilai a pada 59,41 mm dan 59,06 mm merupakan yang frekuensi tengahnya tepat pada 1575 MHz sesuai dengan frekuensi yang diinginkan. Oleh karena itu optimasi selanjutnya akan dilakukan pada kedua dimensi ini dengan mengubah posisi *coaxial probe feed* sepanjang sumbu x.



Langkah 2: Mengubah posisi *coaxial probe feed* pada sumbu x dengan dimensi 59,41 mm

Tabel 4.2 Nilai VSWR dengan Optimasi Posisi *feed* pada Dimensi 59,41 mm

x (mm)	VSWR	x (mm)	VSWR
0	253,77	-1	66,48
1	61,55	-2	21,09
2	18,85	-3	10,13
3	8,51	-4	6,05
4	4,74	-5	4,21
5	2,98	-6	3,06
6	2,12	-7	2,43
7	1,64	-8	2,04
8	1,41	-9	1,81
9	1,49	-10	1,63
10	1,74	-11	1,51
11	2,02	-12	1,48
12	2,37	-13	1,51
13	2,74	-14	1,52
14	3,14	-15	1,54
15	3,46		

Sumber : Perancangan

Dari Tabel 4.2 di atas dapat dilihat bahwa pada nilai  $a = 59,41$  mm didapat nilai VSWR terbaik pada jarak 8 mm sumbu x yaitu sebesar 1,41. Optimasi selanjutnya akan dilakukan pada dimensi  $a = 59,06$  mm juga dengan cara mengubah posisi *coaxial probe feed* sepanjang sumbu x.

Langkah 3: Mengubah posisi *coaxial probe feed* pada sumbu x dengan dimensi 59,06 mm

Tabel 4.3 Nilai VSWR dengan Optimasi Posisi *feed* pada Dimensi 59,06 mm

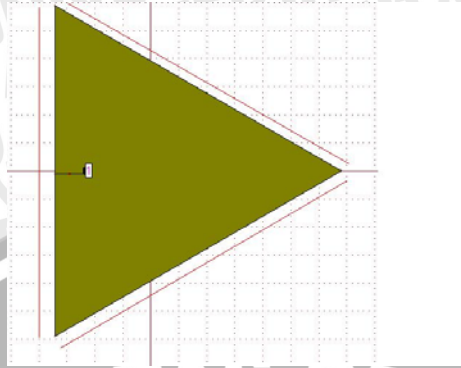
x (mm)	VSWR	x (mm)	VSWR
0	252,16	-1	59,89
1	56,23	-2	18,77
2	16,84	-3	8,90
3	7,58	-4	5,31
4	4,22	-5	3,57
5	2,66	-6	2,61
6	1,86	-7	2,02
7	1,35	-8	1,63
8	1,13	-9	1,36
9	1,31	-10	1,18
10	1,62	-11	1,07
11	1,94	-11,5	1,059
12	2,38	-12	1,09
13	2,70	-13	1,17
14	3,11	-14	1,26
15	3,54	-15	1,33

Sumber : Perancangan

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa pada nilai  $a = 59,06$  mm didapat nilai VSWR terbaik pada jarak -11,5 mm sumbu x. Dari kedua dimensi 59,41 mm dan 59,06 mm nilai VSWR terbaik ada pada dimensi 59,06 mm pada  $x = -11,5$  mm, sehingga dimensi inilah yang diambil sebagai hasil akhir optimasi dimensi antena mikrostrip *equilateral triangular* dengan satu elemen.



Hasil optimasi adalah sebagai berikut



Gambar 4.3 Hasil Optimasi Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular* Satu Elemen

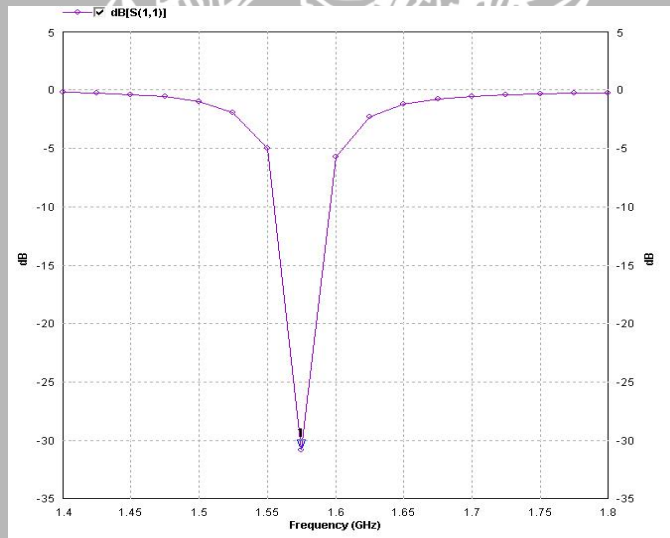
Sumber : Simulasi

Keterangan Gambar 4.3 :

$$a = 59,06 \text{ mm}$$

$$L = 5,5 \text{ mm}$$

Kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator IE3D, dan didapatkan hasil simulasi sebagai berikut :

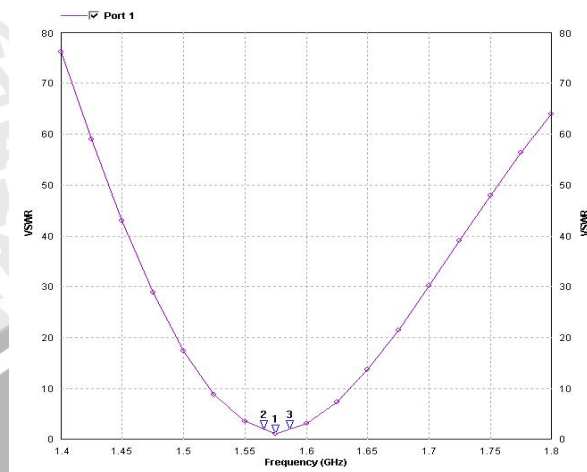


Grafik 4.3 Hasil Simulasi Optimasi nilai  $S_{11}$  Satu Elemen

Sumber : Simulasi

Dari grafik hasil optimasi diatas dapat dilihat bahwa elemen peradiasi sudah bekerja paling maksimal pada frekuensi yang diinginkan yaitu  $1575 \text{ MHz}$  dengan nilai  $S_{11}$  untuk frekuensi  $1575 \text{ MHz}$  sebesar  $-30,8265 \text{ dB}$ .

Parameter selanjutnya yang dilihat yaitu VSWR sebagai berikut



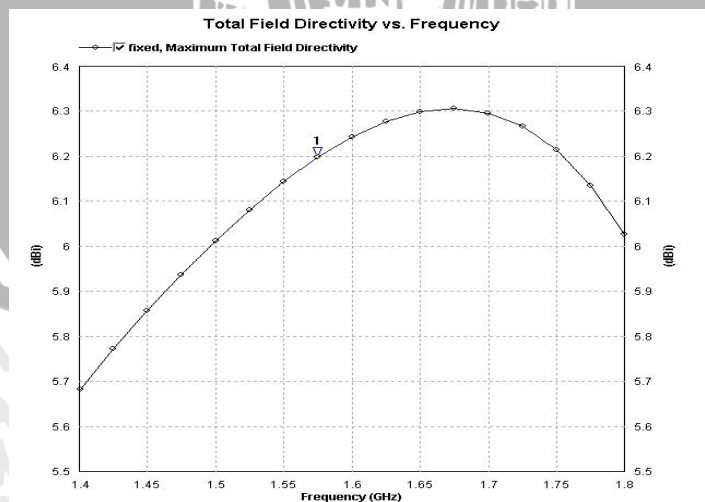
Grafik 4.4 Hasil Simulasi Optimasi nilai VSWR Satu Elemen

Sumber : Simulasi

Dari grafik hasil optimasi diatas dapat dilihat bahwa elemen peradiasi sudah bekerja paling maksimal pada frekuensi 1575 MHz dengan nilai VSWR untuk frekuensi 1575 MHz sebesar 1,059.

Dari gambar diatas juga dapat diketahui besarnya *bandwidth* yaitu pada rentang nilai VSWR  $\leq 2$ . Pada frekuensi kerja 1575 MHz sebagai frekuensi center, nilai VSWR  $< 2$  dimulai dari 1565,67 MHz sampai 1586,26 MHz, sehingga nilai *bandwidth*nya adalah  $(1586,26-1565,67)MHz = 21 MHz$ . *Bandwidth* yang didapat memang relatif kecil karena antenna hanya berupa elemen peradiasi tunggal, namun sudah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu minimum 10 MHz.

Selanjutnya parameter *directivity* dapat dilihat pada grafik di bawah ini

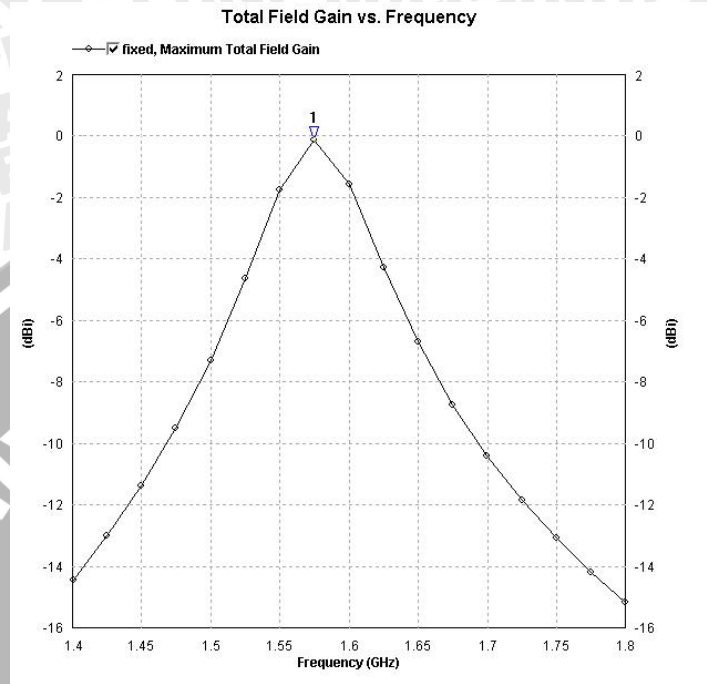


Grafik 4.5 Hasil Simulasi Optimasi Nilai *directivity* Satu Elemen

Sumber : Simulasi

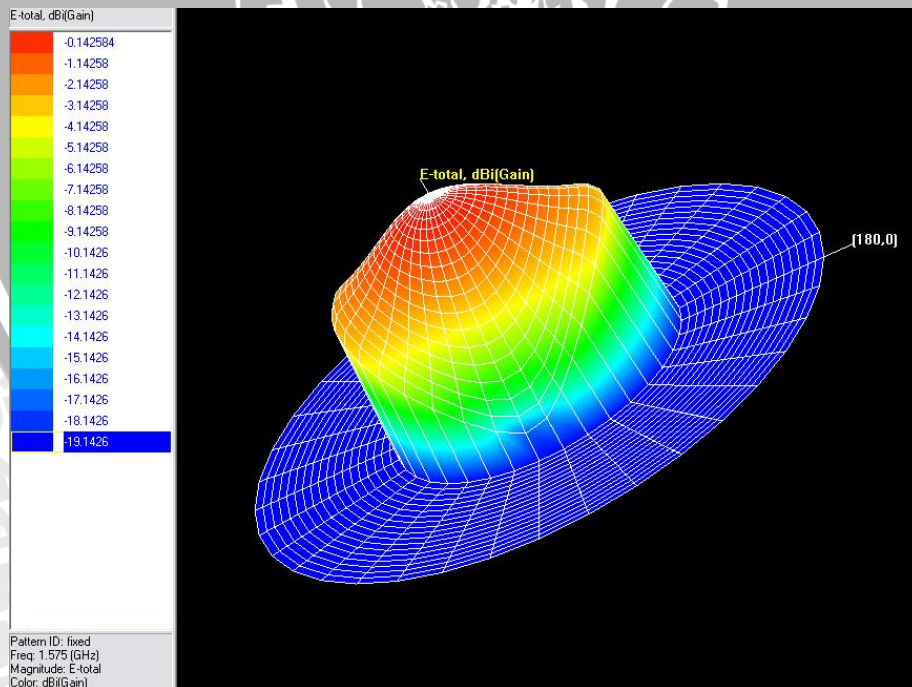


Dari Grafik 4.5 di atas dapat dilihat bahwa elemen peradiasi pada frekuensi 1575 MHz memiliki nilai *directivity* sebesar 6,19693 dBi. Parameter berikutnya yaitu gain pada grafik berikut.



Grafik 4.6 Hasil simulasi Optimasi Nilai *gain* Satu Elemen

Sumber : Simulasi



Grafik 4.7 Gain *Pattern* 3D Satu Elemen pada Frekuensi 1575 MHz

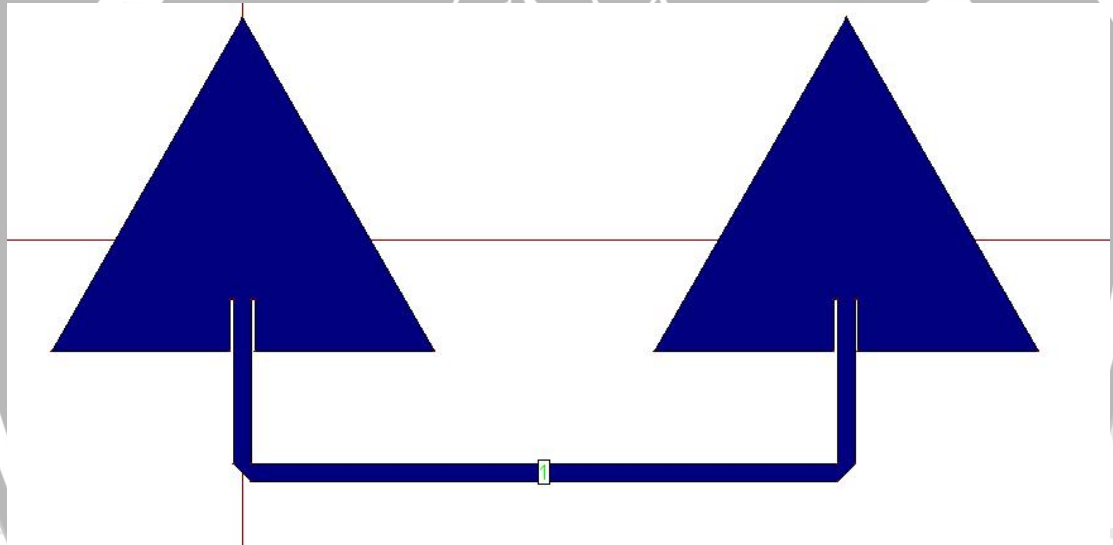
Sumber : Simulasi

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa antenna mikrostrip *equilateral triangular* dengan satu elemen peradiasi pada frekuensi 1575 MHz memiliki nilai *gain* sebesar -0,14 dBi.

#### 4.6 Perancangan Antena Array Dua Elemen

Antena mikrostrip yang menggunakan *array*, seperti antenna *array* pada umumnya, merupakan gabungan dari beberapa elemen peradiasi dalam satu bidang, termasuk di dalamnya saluran transmisi yang bertindak sebagai saluran pengumpan (*feed point*) untuk tiap elemen tersebut. Dalam perancangan ini akan digunakan 2 elemen peradiasi dalam satu bidang.

Saluran transmisi yang direncanakan pada antenna mikrostrip *equilateral triangular array* ini ialah *inset feed*. Dengan demikian bentuk antenna menjadi seperti pada Gambar 4.4 di bawah ini:



Gambar 4.4 Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array* Dua Elemen

Sumber : Simulasi

Untuk dimensi elemen peradiasi seperti pada subbab 4.5 sebelumnya, panjang sisi segitiga setelah optimasi ialah 59,06 mm, sehingga ini jugalah yang akan digunakan sebagai dimensi setiap segitiga pada antenna *array*-nya.

Untuk perhitungan dimensi saluran transmisi dapat digunakan persamaan (2.34) di bawah ini :

$$W_0 = \frac{k}{Z_0} x \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (mm)}$$



Pada perencanaan antena mikrostrip ini nilai impedansi pada setiap saluran direncanakan sebesar  $100 \Omega$ , untuk mendapatkan impedansi total  $50 \Omega$ .

Dengan nilai  $h = 1,6 \text{ mm}$  dan  $\epsilon_r = 4,6$  maka diperoleh nilai  $W_T$  (lebar saluran transmisi) untuk tiap-tiap nilai impedansi

Nilai  $Z_0 = 100 \Omega$  :

$$W_0 = \frac{120\pi}{100} \times \frac{1,6}{\sqrt{4,6}} \text{ (mm)}$$

$$W_0 = 2,811 \text{ mm}$$

Untuk panjang saluran transmisi dihitung dengan persamaan:

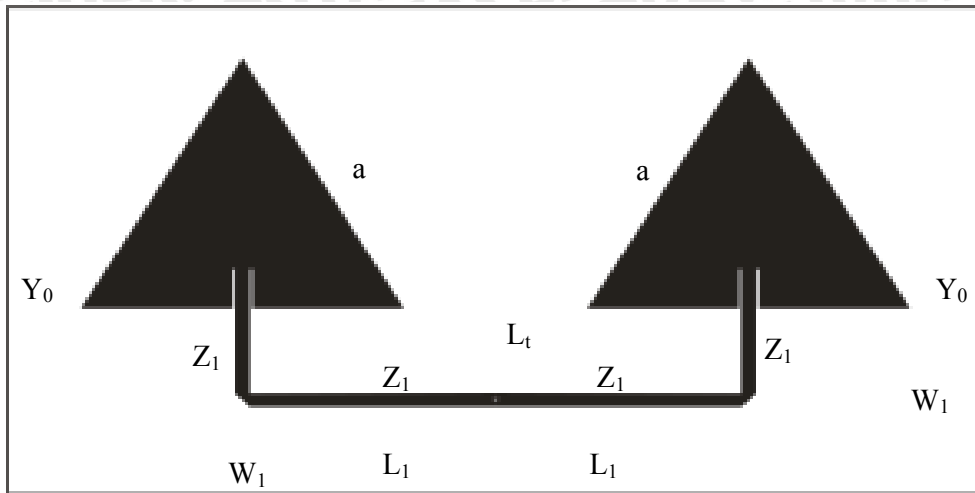
$$L_t = \frac{1}{4} \lambda_d \text{ (m)}$$

Dengan  $\lambda_d = 0,0898 \text{ m}$  untuk frekuensi  $1575 \text{ MHz}$ , maka panjang saluran transmisi adalah

$$L_1 = \frac{1}{4} \cdot 0,0885 = 0,0224 \text{ m} = 22,147 \text{ mm}$$

Agar diperoleh nilai distribusi arus yang maksimal, maka jarak antara elemen peradiasi dengan titik catu harus kelipatan ganjil dari  $\frac{1}{4} \lambda_d$ . Oleh karena itu panjang saluran transmisi  $L_1$  dikalikan 2 untuk mendapatkan nilai panjang saluran transmisi total masing-masing elemen peradiasi sebesar  $\frac{3}{4} \lambda_d$ . Maka panjang  $L_1$  adalah  $44,294 \text{ mm}$ .

Sedangkan kedalaman  $y_0$  tidak ada dasar teori jadi patokan awal yang digunakan adalah titik *coaxial probe feed* pada elemen peradiasi tunggal yaitu  $5,5 \text{ mm}$  dengan anggapan bahwa kedalaman *inset* pada titik ini akan mendekati kondisi *matching*-nya. Maka dimensi keseluruhan dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 4.5 Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array* Sebelum Optimasi

Sumber : Perancangan

Keterangan Gambar 4.5:

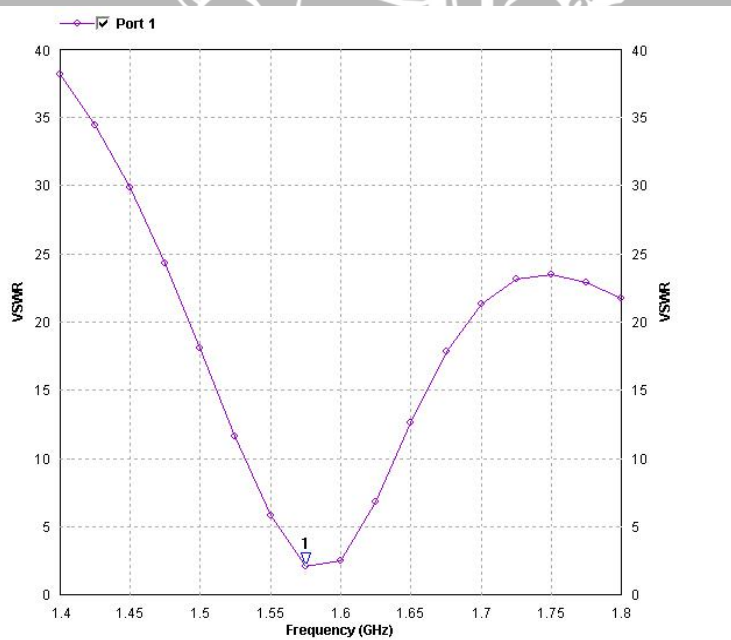
Elemen Peradiasi :  $a = 59,06 \text{ mm}$

$Y_0 = 5,5 \text{ mm}$

$Z_1 = 100 \Omega : W_1 = 2,811 \text{ mm}, L_1 = 22,147 \text{ mm}$

$Z_1 = 100 \Omega : W_1 = 2,811 \text{ mm}, L_1 = 44,294 \text{ mm}$

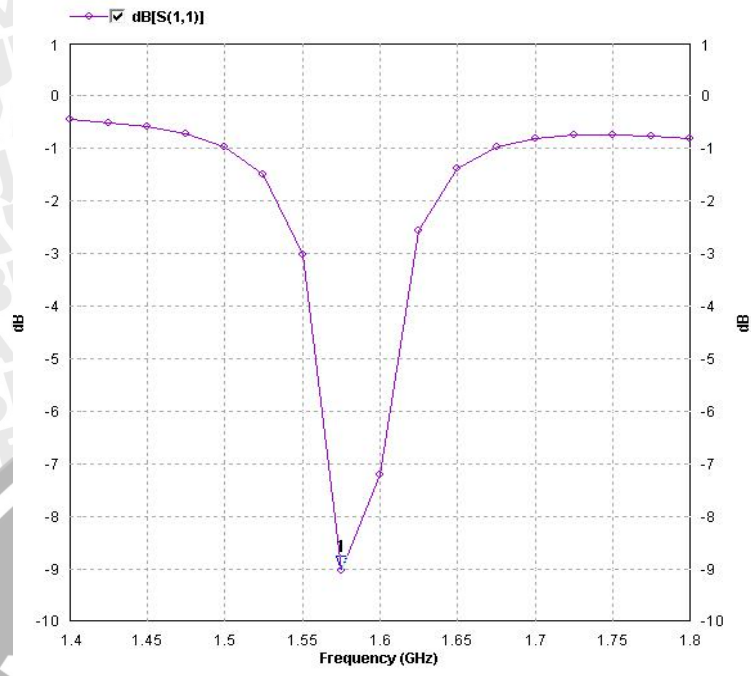
Hasil simulasi dari antena mikrostrip *equilateral triangular array* dua elemen sebelum optimasi adalah sebagai berikut :



Grafik 4.8 Hasil Simulasi VSWR *Array* Dua Elemen Sebelum Optimasi

Sumber : Simulasi





Grafik 4.9 Hasil Simulasi  $S_{11}$  Array Dua Elemen Sebelum Optimasi

Sumber : Simulasi

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa antenna mencapai nilai VSWR 2,092 pada frekuensi 1575 MHz dan nilai *return loss* sebesar -9,03 dB.

Berdasarkan kedua parameter di atas yaitu  $S_{11}$  dan VSWR, dapat kita lihat bahwa antenna belum dapat bekerja dengan baik pada frekuensi yang diinginkan karena belum memenuhi nilai parameter antenna yang diinginkan. Oleh karena itulah maka dilakukan optimasi terhadap antenna hasil perancangan di atas.

#### 4.7 Optimasi Antena Array Dua Elemen

Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan teori pada dimensi elemen peradiasi dan saluran transmisi pada perancangan antenna *equilateral triangular array* kemudian dilakukan optimasi agar antenna dapat bekerja sesuai dengan yang kita inginkan. Optimasi dilakukan secara manual dalam tiga tahap yaitu dengan mengubah-ubah panjang kedalaman *inset feed*  $y_0$ , panjang saluran *inset feed*  $L_t$  dan panjang saluran transmisi antar elemen  $L_l$ . Langkah-langkah dan hasil optimasi antenna mikrostrip *equilateral triangular array* dua elemen adalah sebagai berikut:

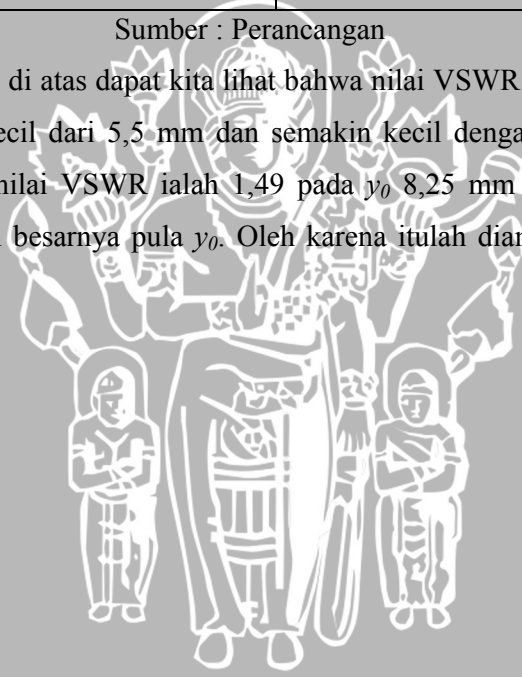
Langkah 1: Mengubah kedalaman  $inset$   $y_0$  dengan  $L_t=22,147$  mm dan  $L_l = 44,294$  mm

Tabel 4.4 Nilai VSWR dengan Optimasi Kedalaman  $Inset$   $y_0$

No.	$y_0$ (mm)	VSWR
1.	4,5	2,37
2.	5,5	2,09
3.	6,25	1,79
4.	7,25	1,54
5.	8,25	1,49
6.	9,25	1,53
7.	10,25	1,64
8.	11,25	1,72

Sumber : Perancangan

Dari Tabel 4.4 di atas dapat kita lihat bahwa nilai VSWR akan semakin besar pada  $y_0$  yang lebih kecil dari 5,5 mm dan semakin kecil dengan bertambahnya  $y_0$ . Namun maksimum nilai VSWR ialah 1,49 pada  $y_0$  8,25 mm dan justru semakin besar seiring semakin besarnya pula  $y_0$ . Oleh karena itulah diambil  $y_0$  sebesar 8,25 mm.





Langkah 2: Mengubah panjang saluran *inset feed*  $L_t$  dengan  $y_0 = 8,25$  mm dan  $L_1 = 44,294$  mm

Tabel 4.5 Nilai VSWR dengan Optimasi Panjang Saluran *Inset Feed*  $L_t$

No.	$L_t$ (mm)	VSWR
1.	20,5	1,576
2.	21,5	1,526
3.	22,5	1,502
4.	23,5	1,463
5.	24,5	1,405
6.	25,5	1,377
7.	26,5	1,382
8.	27,5	1,398
9.	28,5	1,412
10.	29,5	1,435
11.	30,5	1,462
12.	31,5	1,503
13.	32,5	1,565

Sumber : Perancangan

Dari Tabel 4.5 dapat kita lihat bahwa nilai VSWR akan semakin besar pada  $L_t$  yang lebih kecil dari 22,147 mm dan semakin kecil dengan bertambahnya  $L_t$ . Nilai maksimum VSWR ialah 1,377 pada  $L_t$  25,55 mm dan semakin besar lagi seiring semakin besarnya nilai  $L_t$ . Oleh karena itulah diambil  $L_t$  sebesar 25,5 mm.

Langkah 3: Mengubah panjang saluran transmisi antar elemen  $L_1$  dan  $L_2$  dengan  $y_0 = 8,25$  mm dan  $L_1 = 25,5$  mm

Tabel 4.6 Nilai VSWR dengan Optimasi Panjang Saluran Antar Elemen  $L_1$  dan  $L_2$

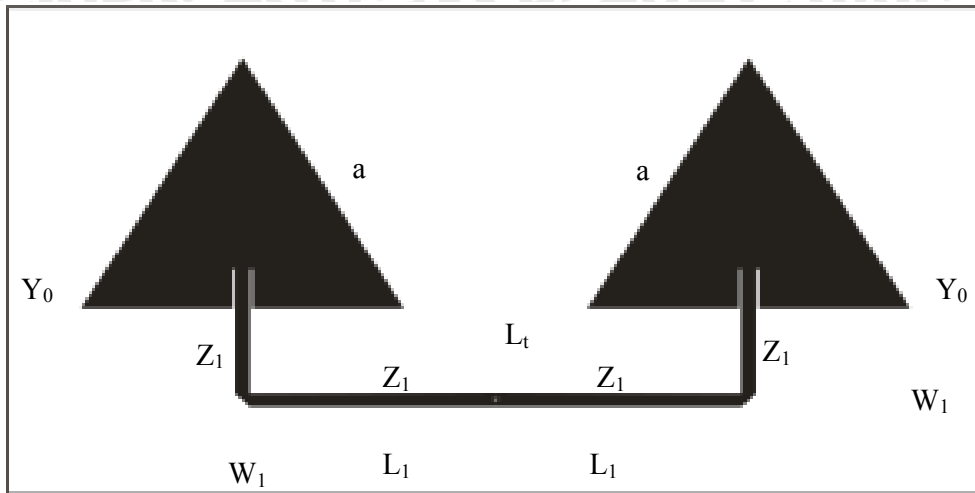
No.	$L_1$ (mm)	$L_2$ (mm)	VSWR
1.	47,5	47,5	1,458
2.	50	50	1,496
3.	52,5	52,5	1,637
4.	55	55	1,813
5.	45	45	1,407
6.	42,5	42,5	1,375
7.	40	40	1,624
8.	37,5	37,5	1,859
9.	35	35	2,023
10.	47,5	45	1,379
11.	50	45	1,406
12.	52,5	45	1,471
13.	55	45	1,527
14.	42,5	45	1,418
15.	40	45	1,485
16.	37,5	45	1,547
17.	35	45	1,621

Sumber : Perancangan

Dari Tabel 4.6 dapat kita lihat bahwa nilai VSWR akan semakin besar jika  $L_1$  dan  $L_2$  diperbesar maupun diperkecil. Begitu pula ketika panjang  $L_1$  diubah sedangkan  $L_2$  tetap nilai VSWR juga semakin naik. Nilai maksimum VSWR ialah 1,375 pada  $L_1 = L_2$  yaitu 42,25 mm. Oleh karena itulah diambil  $L_1$  sebesar 42,25 mm.

Hasil akhir dimensi elemen peradiasi dan saluran transmisi setelah optimasi adalah sebagai berikut :





Gambar 4.6 Antena Mikrostrip *Equilateral Triangular Array* Setelah Optimasi

Sumber : Perancangan

Keterangan Gambar 4.6:

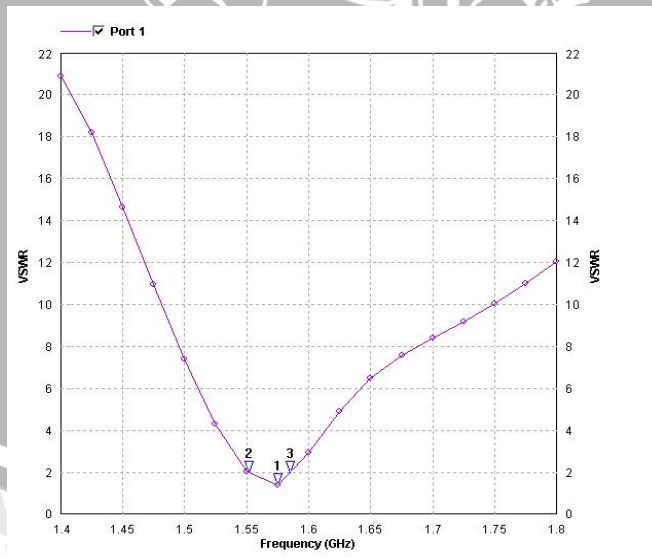
Elemen Peradiasi :  $a = 59,06 \text{ mm}$

$y_0 = 8,55 \text{ mm}$

$Z_1 = 100 \Omega : W_1 = 2,811 \text{ mm}, L_1 = 25,5 \text{ mm}$

$Z_1 = 100 \Omega : W_1 = 2,811 \text{ mm}, L_1 = 42,25 \text{ mm}$

Hasil simulasi dari antena mikrostrip *equilateral triangular array* dua elemen setelah optimasi adalah sebagai berikut :

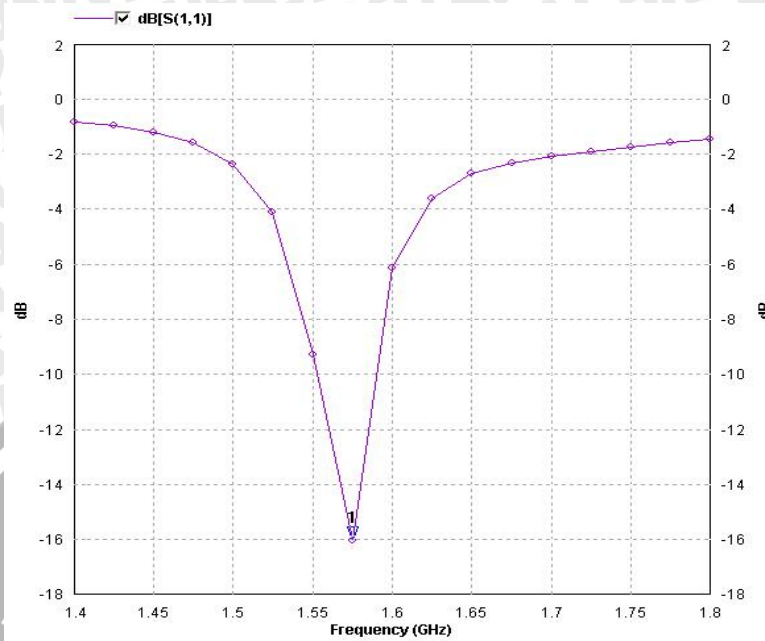


Grafik 4.10 Hasil Simulasi Optimasi VSWR *Array* Dua Elemen

Sumber : Simulasi

Dari grafik diatas, diperoleh nilai VSWR untuk frekuensi 1575MHz (marker 1) yaitu sebesar 1,375.

Sedangkan untuk nilai *return loss* dapat dilihat pada Grafik 4.11 berikut.



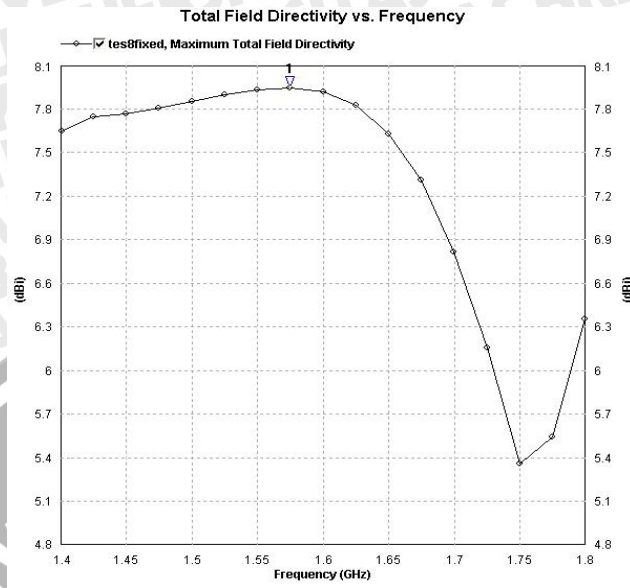
Grafik 4.11 Hasil Simulasi Optimasi  $S_{11}$  Array Dua Elemen

Sumber : Simulasi

Dari simulasi diatas antenna sudah bekerja optimal pada frekuensi yang diinginkan yaitu 1575 MHz. Dengan nilai VSWR 1,375 dan  $S_{11}$  sebesar -16,0278 dB. Dari grafik 4.7 di atas dapat diketahui besarnya *bandwidth* yaitu pada rentang nilai  $VSWR \leq 2$ . Pada frekuensi kerja 1575 MHz, nilai  $VSWR < 2$  dimulai dari 1551 MHz sampai 1584 MHz, sehingga nilai *bandwidth*nya adalah  $(1584-1551)MHz = 33 MHz$ .



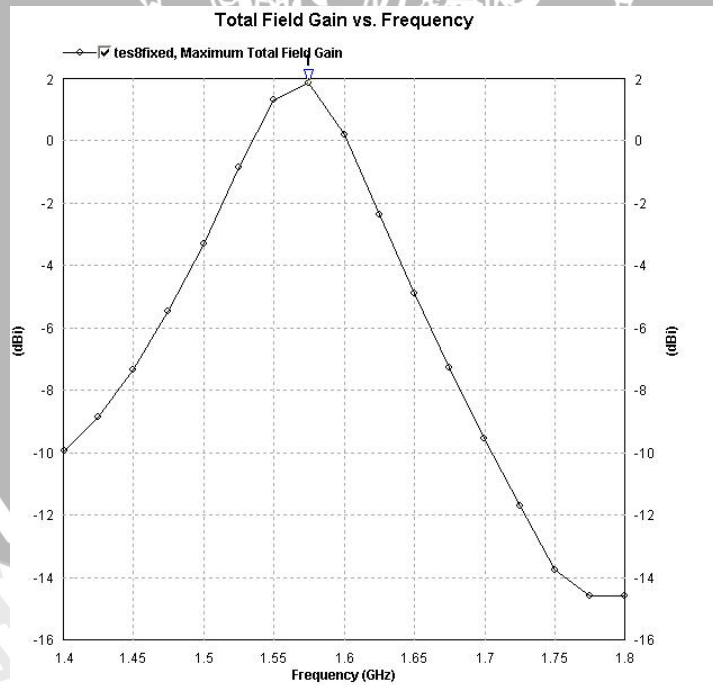
Selanjutnya nilai parameter *directivity* dapat dilihat pada grafik berikut



Grafik 4.12 Hasil Simulasi Optimasi Nilai *Directivity* Array Dua Elemen

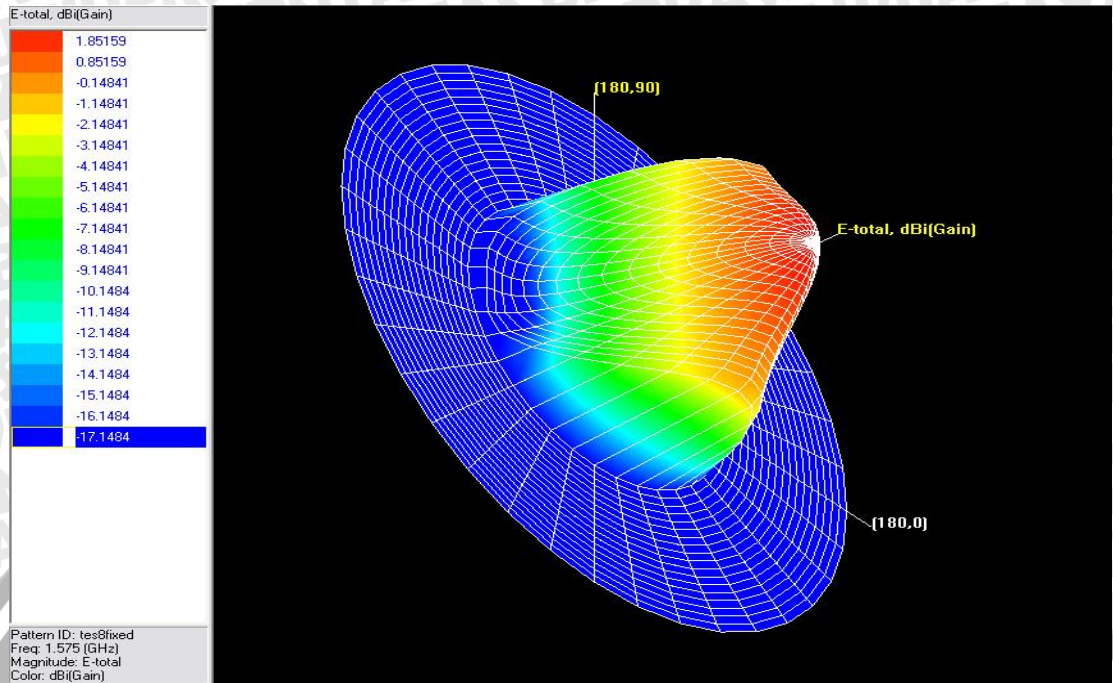
Sumber : Simulasi

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa elemen peradiasi pada frekuensi 1575 MHz memiliki nilai *directivity* sebesar 7,947 dBi. Parameter berikutnya yaitu gain pada grafik berikut.



Grafik 4.13 Hasil Optimasi *Gain* Array Dua Elemen

Sumber : Simulasi



Grafik 4.14 Gain Pattern 3D Array Dua Elemen pada frekuensi 1575MHz

Sumber : Simulasi

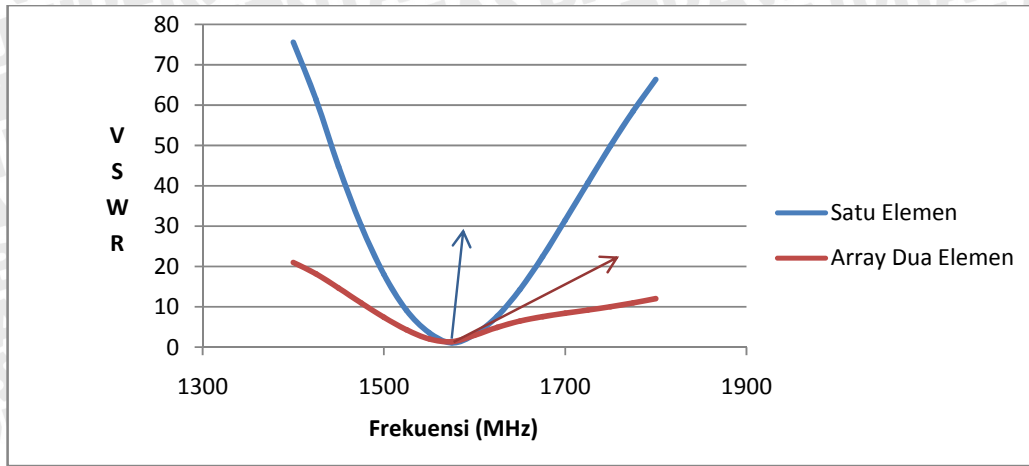
Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa antenna mikrostrip *equilateral triangular array* dengan dua elemen peradiasi pada frekuensi 1575 MHz memiliki nilai *gain* sebesar 1,85 dBi.

#### 4.8 Analisis Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan pada parameter-parameter antenna yang meliputi *Return Loss*, *VSWR*, *gain*, *bandwidth*, dan *directivity* dapat dikatakan bahwa antenna sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diinginkan setelah melalui optimasi baik satu elemen maupun *array* dua elemen.

Perbandingan antara performansi hasil simulasi antenna mikrostrip *equilateral triangular* satu elemen dan *array* dua elemen dapat dilihat dari parameter-parameter di atas, yang pertama yaitu *VSWR* pada Grafik 4.15 di bawah ini.



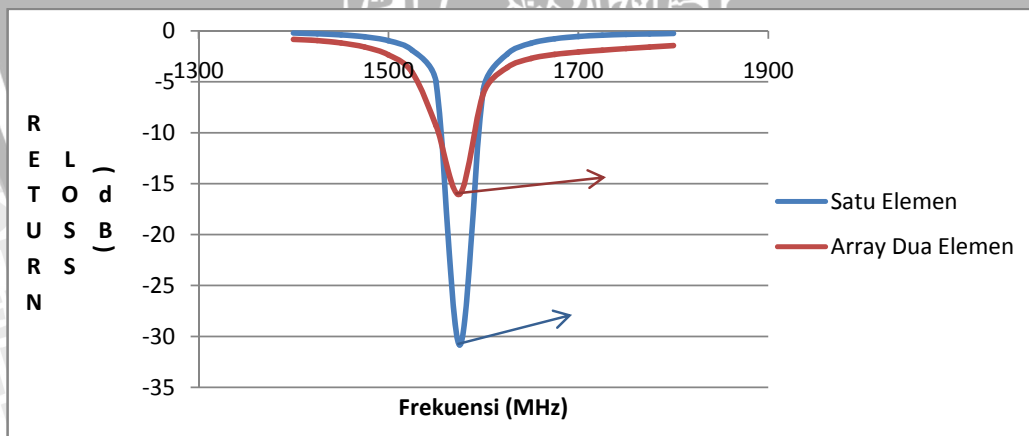


Grafik 4.15 Perbandingan Hasil Simulasi VSWR Satu Elemen dan *Array* Dua Elemen

Sumber : Hasil Simulasi

Berdasarkan Grafik 4.15 di atas dapat kita lihat bahwa nilai VSWR antenna mikrostrip *equilateral triangular* dengan satu elemen ialah 1,059 dan lebih baik daripada *array* dua elemen yaitu 1,375. Namun *array* dua elemen memiliki *bandwidth* yang lebih besar yaitu 33 MHz sedangkan satu elemen sebesar 21 MHz. Ini membuktikan bahwa penambahan jumlah elemen pada antenna mikrostrip dapat menambah *bandwidth* namun menaikkan nilai VSWR-nya.

Parameter selanjutnya yang dapat dilihat dari hasil simulasi ialah *return loss* pada Grafik 4.16 di bawah ini.

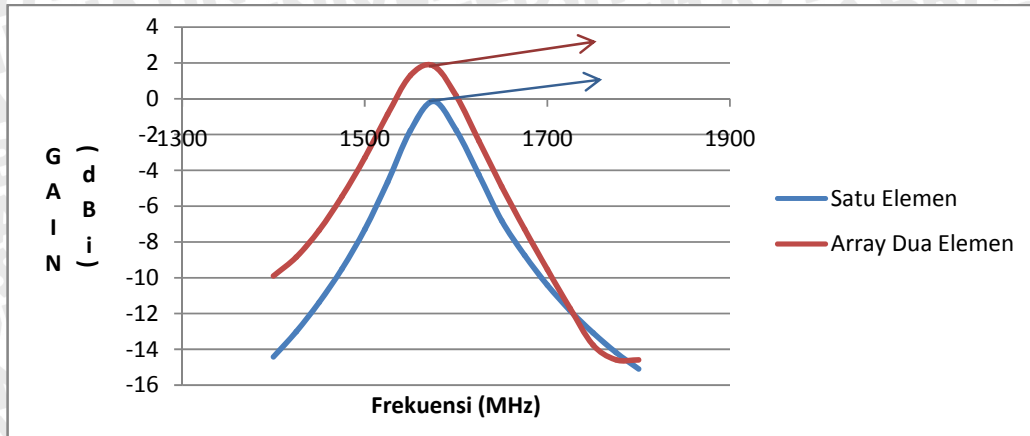


Grafik 4.16 Perbandingan Hasil Simulasi *Return Loss* Satu Elemen dan *Array* Dua Elemen

Sumber : Hasil Simulasi

Dari Grafik 4.16 di atas dapat kita lihat bahwa hasil simulasi nilai *return loss* antenna mikrostrip *equilateral triangular* dengan satu elemen lebih sebesar -30,83 dB lebih baik dibandingkan dengan *array* dua elemen yaitu -16,04 dB.

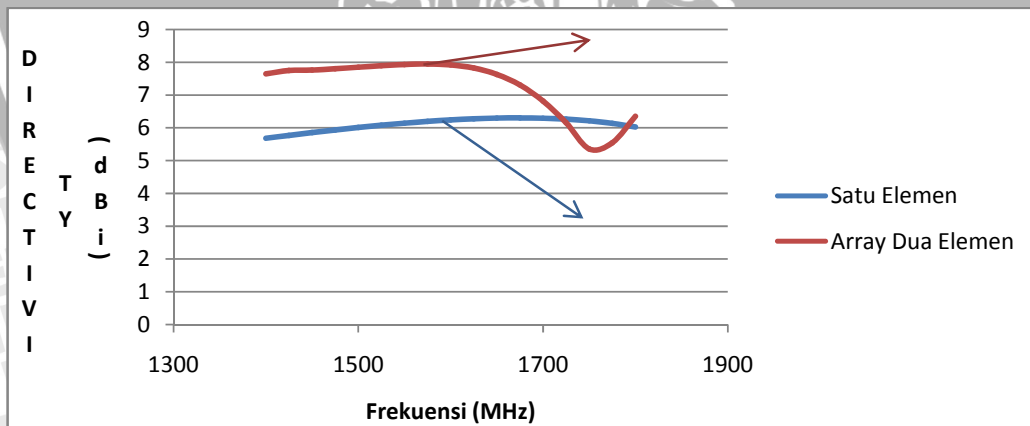
Parameter selanjutnya yang dapat dilihat dari hasil simulasi ialah *gain* pada Grafik 4.17 di bawah ini.



Grafik 4.17 Perbandingan Hasil Simulasi *Gain* Satu Elemen dan *Array* Dua Elemen  
 Sumber : Hasil Simulasi

Dari Grafik 4.17 di atas dapat kita lihat bahwa hasil simulasi nilai *gain* antenna mikrostrip *equilateral triangular* dengan satu elemen hanya sebesar -0,14 dBi. Kemudian setelah dibuat menjadi *array* dua elemen naik sebesar 1,85 dBi. Ini membuktikan bahwa dengan menambah jumlah elemen pada antenna mikrostrip juga akan menambah nilai *gain* antenna.

Parameter terakhir yang dapat dilihat dari hasil simulasi ialah *directivity* pada Grafik 4.18 di bawah ini.



Grafik 4.18 Perbandingan Hasil Simulasi *Directivity* Satu Elemen dan *Array* Dua Elemen  
 Sumber : Hasil Simulasi

Dari Grafik 4.18 di atas dapat kita lihat bahwa hasil simulasi nilai *gain* antenna mikrostrip *equilateral triangular* dengan satu elemen hanya sebesar 6,916 dBi.



Kemudian setelah dibuat menjadi *array* dua elemen naik sebesar 7,947 dBi. *Directivity* merupakan parameter yang sifatnya berbanding lurus dengan *gain*, sehingga apabila nilai *gain* naik maka nilai *directivity*-nya juga pasti akan naik, terbukti pada grafik di atas.

Dengan memperhatikan karakteristik antenna hasil simulasi berdasarkan keempat parameter di atas, maka dapat dikatakan bahwa antenna mikrostrip *equilateral triangular array* dua elemen hasil perancangan ini sudah memenuhi standar yang diinginkan dari sebuah antenna agar dapat bekerja pada frekuensi yang diinginkan dalam hal ini GPS L1 1575 MHz. Dengan demikian langkah selanjutnya adalah fabrikasi antenna yang desainnya sesuai dengan hasil simulasi di atas.

#### 4.9 Pembuatan Antena Mikrostrip

Pada umumnya teknik pembuatan rangkaian – rangkaian mikrostrip dilakukan dengan mencetaknya di atas substrat tertentu

Pada skripsi ini substrat yang digunakan adalah FR4 yang sudah dalam bentuk PCB *double layer* dan lapisan konduktornya dari bahan tembaga. Proses pembuatan antenna ini mendekati pada pencetakan alur rangkaian elektronika pada PCB.

##### 4.9.1 Alat – alat dan Bahan Yang Digunakan

Bahan dan alat yang digunakan dalam pembuatan antenna mikrostrip ini adalah sebagai berikut :

1. *Layout* rancangan dengan Corel Draw X3 di atas kertas kalkir dengan skala 1:1
2. PCB dengan bahan substrat FR4 dengan lapisan konduktornya dari logam tembaga.
3. Mikrometer
4. Ulano – 133
5. *Screen T* – 180
6. Amplas *waterproof* CC – Cw
7. Gergaji besi
8. Konektor antenna standar SMA
9. Mata bor dengan diameter 1 mm

#### 4.9.2 Pencetakan Pola Antena Mikrostrip Pada Substrat

Pola antena mikrostrip yang akan dicetak di atas PCB terlebih dahulu digambar dengan program Corel Draw X3, untuk kemudian dicetak di atas kertas kalkir sebagai *sample layout*. Untuk menghasilkan cetakan *layout* yang bagus lebih baik kita gunakan *printer* dengan teknologi laser, supaya ketelitian dari dimensi jalur – jalurnya terjaga. Selain itu hasil *layout* dengan kertas kalkir ini harus terjaga kebersihannya, agar kotoran yang mungkin melekat padanya tidak ikut tercetak pada proses pembuatan antena mikrostrip ini.

Sebelum proses pencetakan, lembaran PCB harus dibersihkan dari debu dan kotoran lainnya yang mungkin melekat pada PCB tersebut. Pembersihan dilakukan dengan menggosokkan kompon atau kit, kemudian dicuci dengan menggunakan deterjen agar tidak ada lagi sisa kotoran yang menempel. Kemudian *screen* T – 180 kita bersihkan dengan air sabun hingga benar – benar bersih, lalu kita keringkan. Setelah *screen* kering kita lapisi dengan ulano – 133, pelapisan ini prosesnya dilakukan pada tempat yang tidak terkena cahaya apapun secara langsung (bebas dari sinar *ultraviolet*). Setelah selesai pelapisan tersebut, maka *screen* kita keringkan dengan menggunakan *hairdryer*.

Setelah itu lembar *layout* yang kita buat sebelumnya kita letakkan di atas *screen* yang telah terlapisi ulano – 133 tersebut, untuk selanjutnya kita sinari dengan cahaya matahari  $\pm 1$  menit. Kemudian *screen* tersebut kita bawa kembali ke ruang yang tidak terkena sinar secara langsung, untuk proses pembasahan dengan menggunakan air, agar tercetak pola antena mikrostrip pada *screen* tersebut. Selanjutnya *screen* ini dapat digunakan untuk mencetak (menyablon) pola antena mikrostrip yang kita inginkan pada PCB yang kita gunakan.

#### 4.9.3 Etching

Setelah tercetak pola antena mikrostrip yang kita inginkan, kita lakukan proses selanjutnya, yaitu proses pelarutan PCB sampai lapisan konduktor yang tidak diinginkan larut dan hanya tersisa gambar pola antena yang kita rencanakan.

Proses selanjutnya yang merupakan proses terakhir adalah pelapisan lapisan konduktor antena mikrostrip dengan menggunakan cairan perak nitrat, yaitu dengan cara mencelupkannya ke dalam cairan perak nitrat dalam waktu  $\pm 15$  menit, sampai benar – benar seluruh lapisan konduktor telah terlapisi dengan perak. Setelah itu antena mikrostrip ini kita cuci dan kita bersihkan.