

BAB IV

PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA MICROSTRIP

CIRCULAR 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*).

Antena *array* dengan teknologi mikrostrip seperti antena *array* pada umumnya yaitu merupakan gabungan dari beberapa elemen peradiasi pada satu bidang. Termasuk diantaranya saluran transmisi sebagai pencatu setiap elemen tersebut.

Dalam bab ini akan dibahas mengenai penentuan bahan substrat, konduktor dan dimensi elemen peradiasi. Selanjutnya akan dilakukan penghitungan pola radiasi, *VSWR*, *return loss*, *directivity*, *gain*, *bandwidth*, dan polarisasi pada frekuensi kerja antena dengan menggunakan teori yang telah dijelaskan 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 (ϵ_r) = 4.5

Ketebalan lapisan dielektrik (h) = 0,0016 m = 1,6 mm

Loss tangent = 0.018

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga

Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,0001 m = 0,1 mm

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

Frekuensi kerja (f_r) = 2.4 Ghz

Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω

4.3 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi maka terlebih dahulu harus direncanakan nilai frekuensi kerja (f_r) yaitu 2400 MHz dengan nilai perambatan diruang bebas (c) sebesar 3×10^8 m/s. Dengan menggunakan persamaan (2-21) :

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

$$\lambda_0 = \frac{3 \times 10^8}{2400 \times 10^6} = 0,125 \text{ m} = 12,5 \text{ cm}$$

Maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan (2-21) :

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

$$\lambda_d = \frac{0,125}{\sqrt{4,5}} = 0,0589 \text{ m}$$

Kemudian dihitung besarnya radius (a) elemen peradiasi antenna mikrostrip dengan persamaan (2-23) :

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

Terlebih dahulu dilakukan penghitungan fungsi logaritmik F . Dengan $f_r = 2400 \text{ MHz}$; (ϵ_r) = 4.5, maka nilai fungsi logaritmik F dapat dihitung dengan persamaan (2-25):

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{2,400 \times 10^9 \sqrt{4,5}} = 1,727$$

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

$$a = \frac{1,727}{\left\{ 1 + \frac{2(1,6 \times 10^{-3})}{3,14 \times 4,5 \times 1,727} \left[\ln \left(\frac{3,14 \times 1,727}{2(1,6 \times 10^{-3})} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} = 1,726 \text{ cm}$$

Jadi untuk elemen peradiasi pada frekuensi 2400 MHz dimensinya adalah $a = 1,726 \text{ cm}$

4.3.1 Perencanaan Satu Elemen Dimensi Saluran Transmisi

Model saluran transmisi yang digunakan dalam perancangan ini adalah model *inset feed*, sedangkan nilai impedansi saluran transmisi yang direncanakan adalah 100 Ω. Desain untuk model *inset feed* didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$y_0 = 0,3d$$

dengan d adalah diameter elemen peradiasi.

Untuk elemen peradiasi dengan frekuensi 2400 MHz, didapatkan nilai:

$$\begin{aligned} y_0 &= 0,3d \\ &= 1/3 \times 3,451 \text{ cm} \\ &= 1,15 \text{ cm} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan dimensi saluran transmisi mikrostrip dapat digunakan persamaan (2-28) di bawah ini :

$$W_0 = \frac{377}{Z_0} \times \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (mm)}$$

Dengan nilai $h = 1.6 \text{ mm}$ dan $\epsilon_r = 4.5$ maka diperoleh nilai W_0 (lebar saluran transmisi) untuk tiap-tiap nilai impedansi

$$W_0 = \frac{377}{200} \times \frac{1,6}{\sqrt{4,5}} \text{ (mm)}$$

$$W_0 = 1.4216 \text{ mm}$$

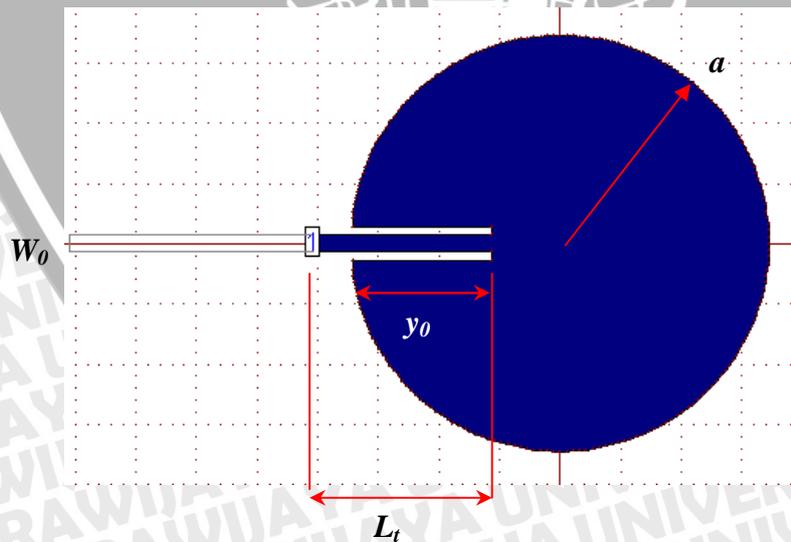
Sedangkan panjang saluran transmisi dihitung dengan persamaan (2-31):

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

Dengan $\lambda_d = 0,0589 \text{ m}$ untuk frekuensi 2400 MHz, maka panjang saluran transmisi adalah

$$L_t = \frac{1}{4} \cdot 0,0589 = 0,01473 \text{ m} = 14,73 \text{ mm}$$

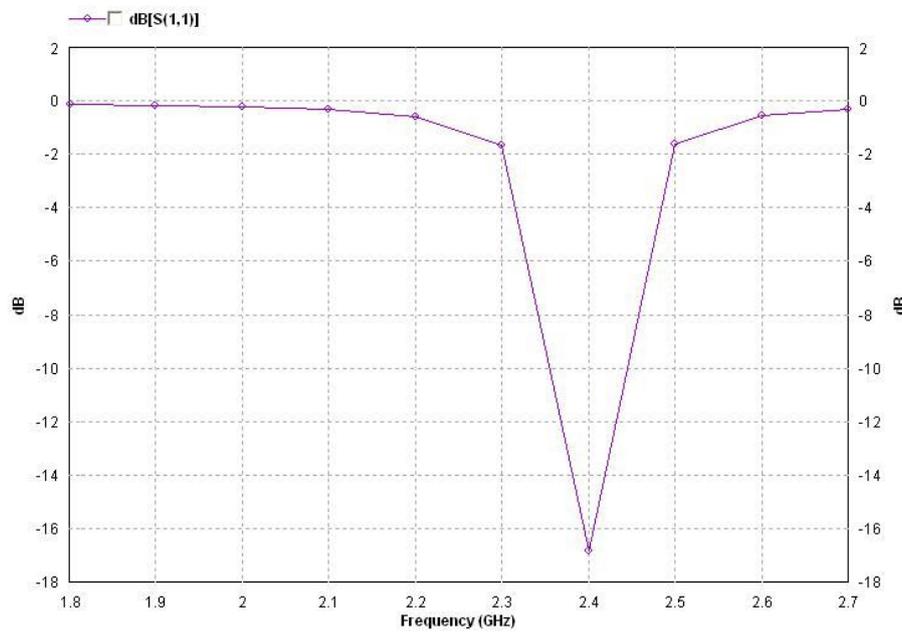
Sehingga dimensi elemen peradiasi dapat ditunjukkan pada gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 Perancangan satu elemen peradiasi

Sumber : Perancangan

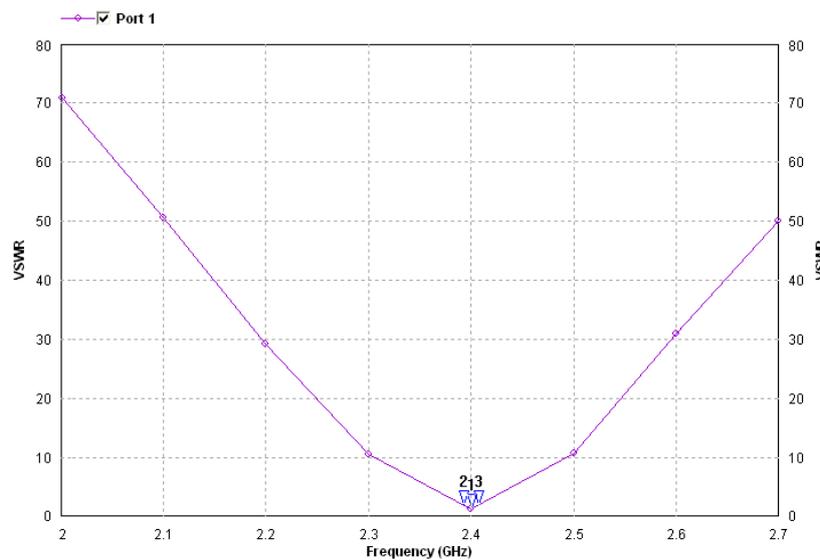
Kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator Ie3d, dan didapatkan hasil simulasi sebagai berikut:



Grafik 4.1 Grafik return loss terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi

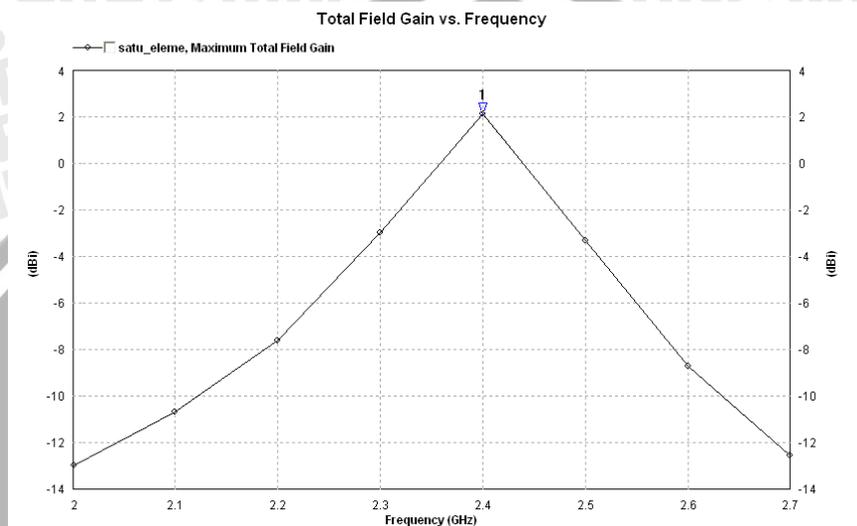
Simulasi pada grafik 4.1 menunjukkan nilai S_{11} dari elemen peradiasi. Untuk nilai S_{11} sebuah antena bekerja dengan baik jika nilai $S_{11} < -10$ dB.



Grafik 4.2 Grafik VSWR terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi

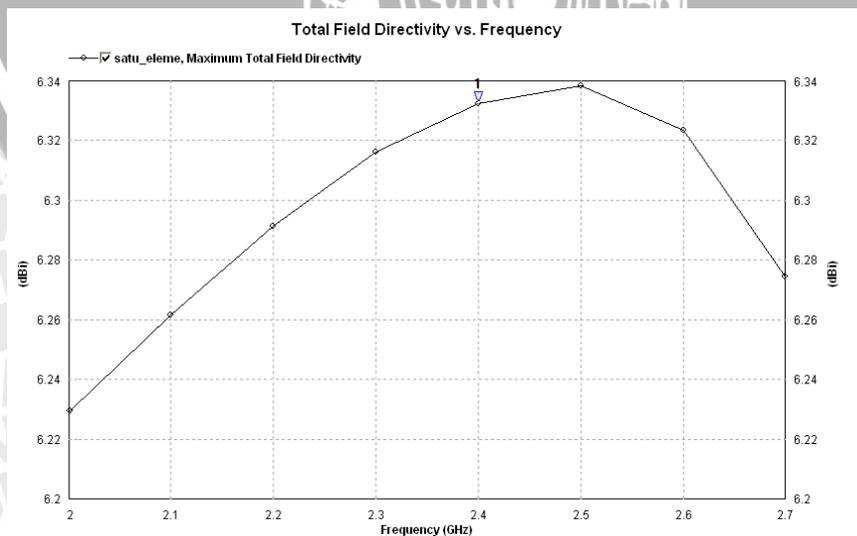
Dari hasil simulasi pada grafik 4.2 antenna sudah bekerja pada frekuensi 2400 MHz. Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya *bandwidth* yaitu pada rentang nilai $VSWR \leq 2$. Pada frekuensi kerja 2400 MHz, nilai $VSWR < 2$ dimulai dari 2392 MHz sampai 2408 MHz, sehingga nilai *bandwidth*-nya adalah $(2408-2392)MHz = 16 MHz$. Nilai *bandwidth* yang didapatkan relative kecil, dikarenakan jumlah elemen peradiasinya hanya satu elemen (tunggal)



Grafik 4.3 Grafik terhadap frekuensi

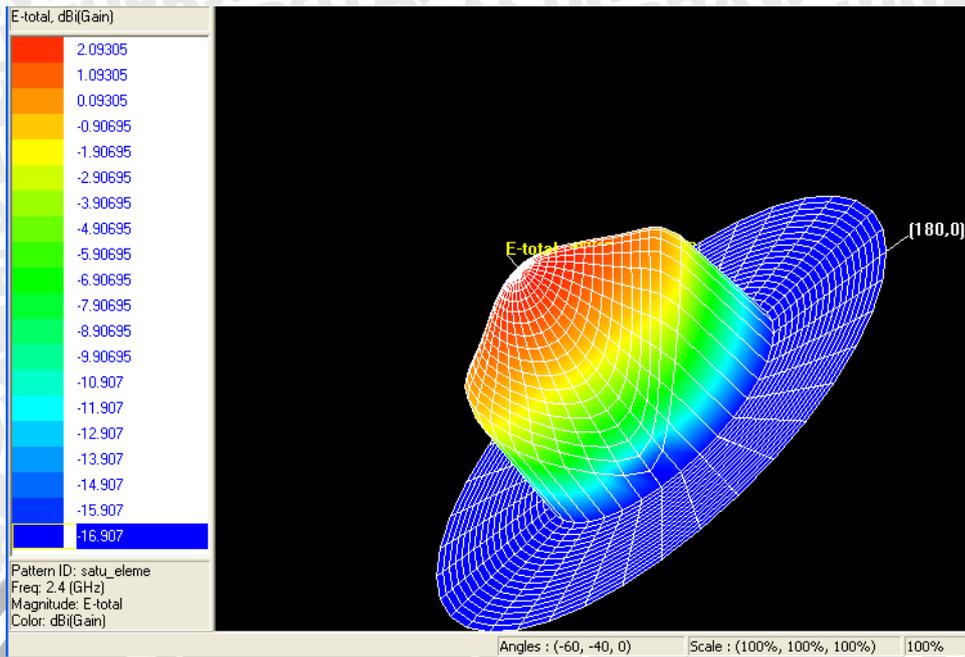
Sumber : Simulasi

Berdasarkan grafik 4.3 nilai gain yang didapatkan pada perencanaan elemen tunggal didapatkan nilai 2,09 dBi pda frekuensi 2,4 GHz, sedangkan nilai direktivitas pada grafik 4.4 adalah 6,33 dBi. Dari hasil simulasi juga dapat diperoleh gambar *gain pattern* yang ditunjukkan gambar 4.2.



Grafik 4.4 Grafik *directivity* terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi



Gambar 4.2 Gain pattern 3D pada satu elemen peradiasi

Sumber : Simulasi

4.3.2 Perencanaan Dua Elemen Dimensi Saluran Transmisi

Untuk perhitungan dimensi saluran transmisi dapat digunakan persamaan (2-30) di bawah ini :

$$W_T = \frac{k}{Z_T} x \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (mm)}$$

Pada perencanaan antena mikrostrip ini nilai impedansi pada setiap saluran direncanakan sebesar 200 Ω, untuk mendapatkan impedansi total 50 Ω.

Dengan nilai $h = 1.6$ mm dan $\epsilon_r = 4.5$ maka diperoleh nilai W_T (lebar saluran transmisi) untuk tiap-tiap nilai impedansi

Nilai $Z_1 = 200 \Omega$:

$$W_1 = \frac{120\pi}{200} x \frac{1.6}{\sqrt{4,5}} \text{ (mm)}$$

$$W_1 = 1.4217 \text{ mm}$$

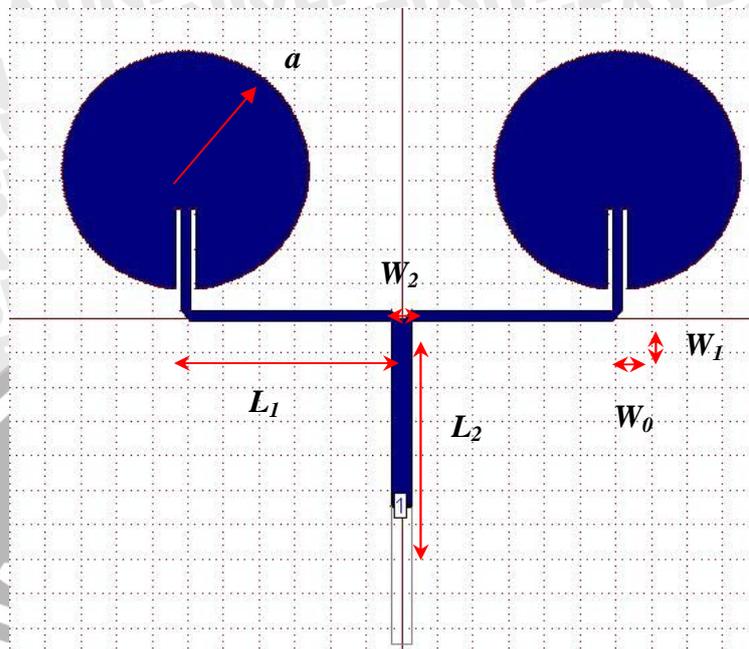
Untuk panjang belokan saluran transmisi (*microstrip bend*) adalah W_1

Nilai $Z_2 = 100 \Omega$:

$$W_2 = \frac{120\pi}{100} x \frac{1.6}{\sqrt{4,5}} \text{ (mm)}$$

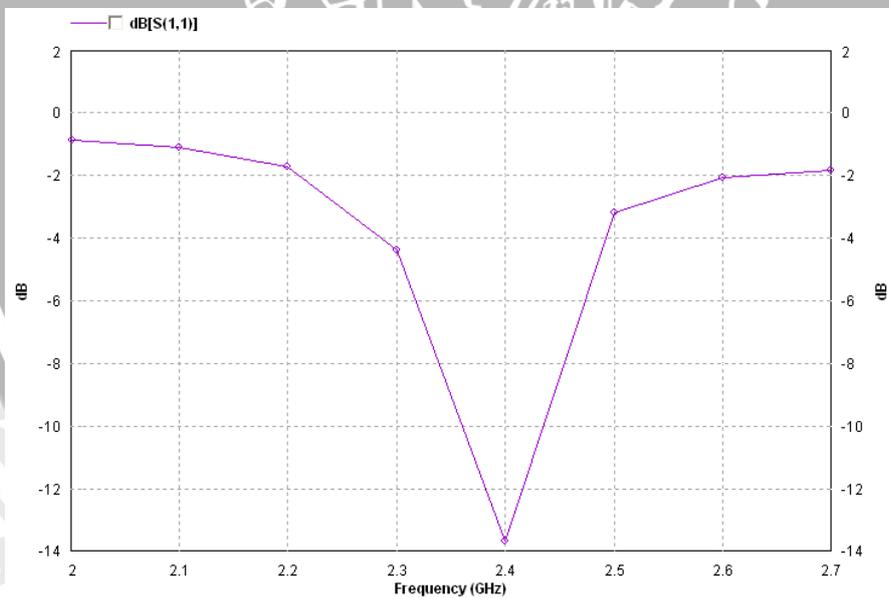
$$W_2 = 2,842 \text{ mm}$$

$$L_1 = 2 L_t = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 0,0589 = 29,5 \text{ mm} \quad L_1=L_2$$



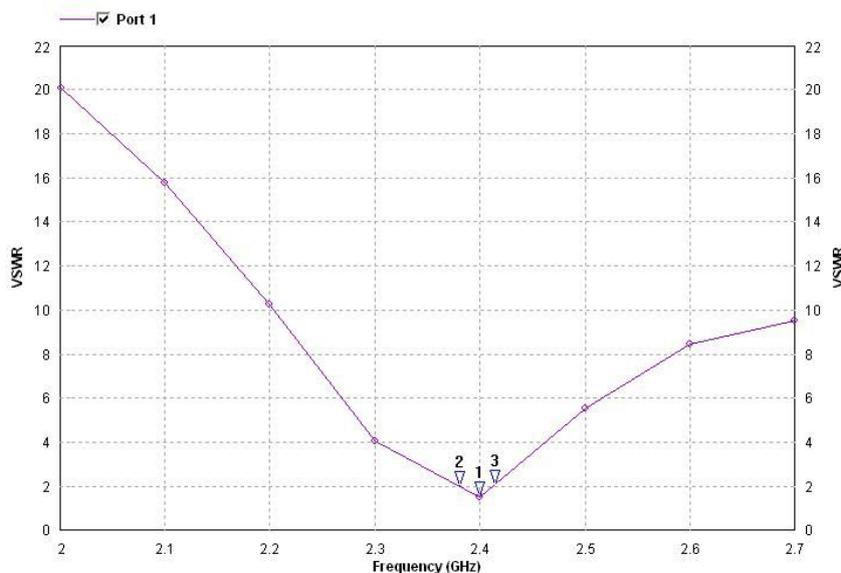
Gambar 4.3 Perancangan Dua Elemen Peradiasi

Sumber : Perancangan



Grafik 4.5 Grafik return loss terhadap frekuensi

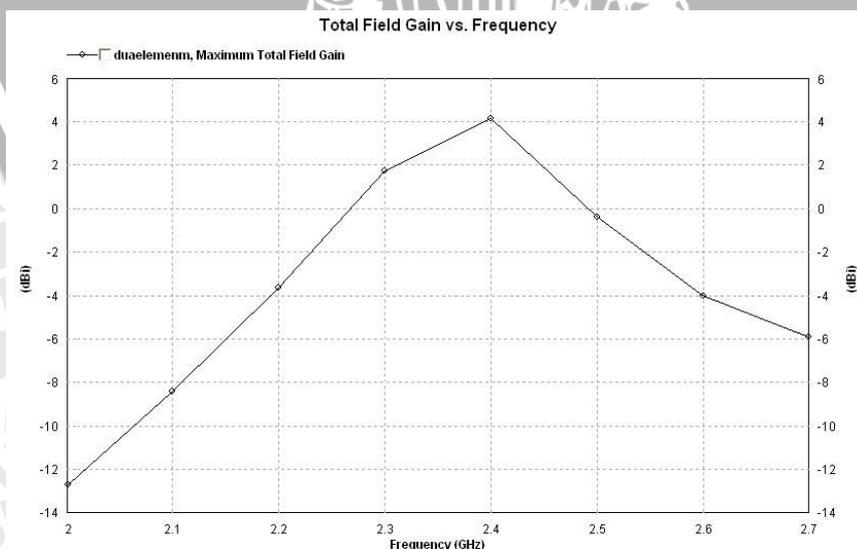
Sumber : Simulasi



Grafik 4.6 Grafik VSWR terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi

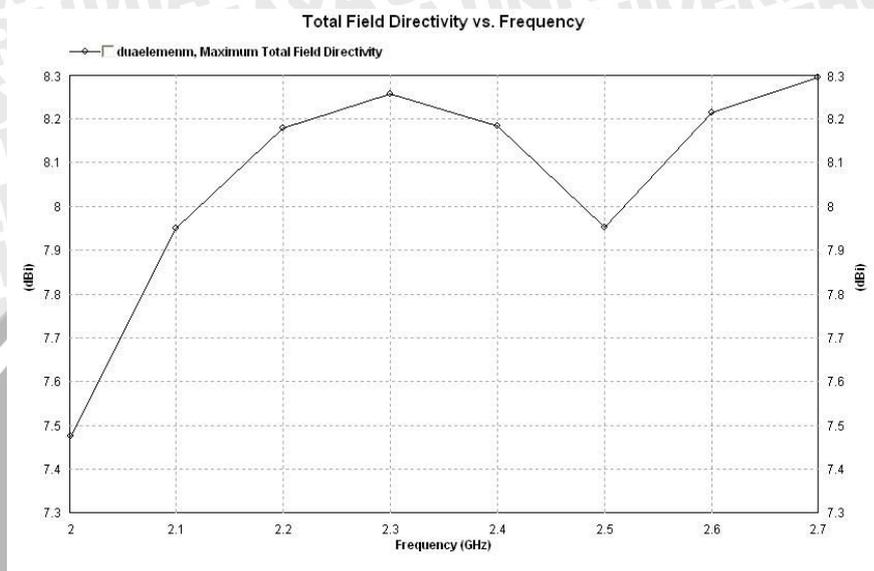
Dari simulasi diatas antenna sudah bekerja pada frekuensi yang diinginkan yaitu 2400 MHz. Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya *bandwidth* yaitu pada rentang nilai $VSWR \leq 2$. Pada frekuensi kerja 2400 MHz, nilai $VSWR < 2$ dimulai dari 2380MHz sampai 2412 MHz, sehingga nilai *bandwidth*nya adalah $(2412-2380)MHz = 32 MHz$. Nilai *bandwidth* yang didapatkan cenderung mengalami kenaikan dibandingkan dengan yang hanya menggunakan satu elemen peradiasi



Grafik 4.7 Grafik gain terhadap frekuensi

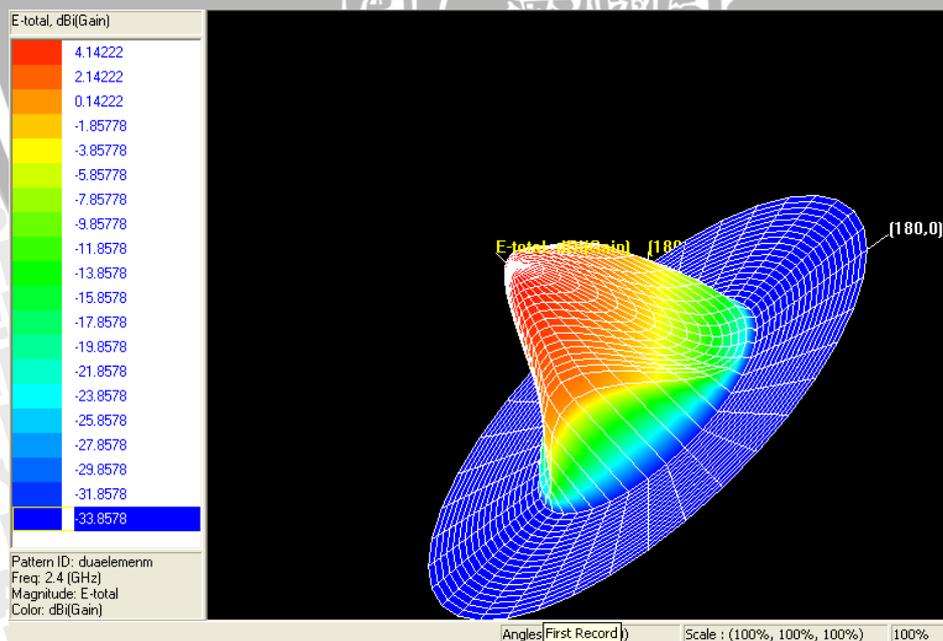
Sumber : Simulasi

Berdasarkan grafik 4.7 nilai gain yang didapatkan pada perencanaan dua elemen peradiasi didapatkan nilai 4,14 dBi pada frekuensi 2,4 GHz, sedangkan nilai direktivitas pada grafik 4.8 adalah 8,18 dBi. Dari hasil simulasi juga dapat diperoleh gambar *gain pattern* yang ditunjukkan gambar 4.4.



Grafik 4.8 Grafik *directivity* terhadap frekuensi

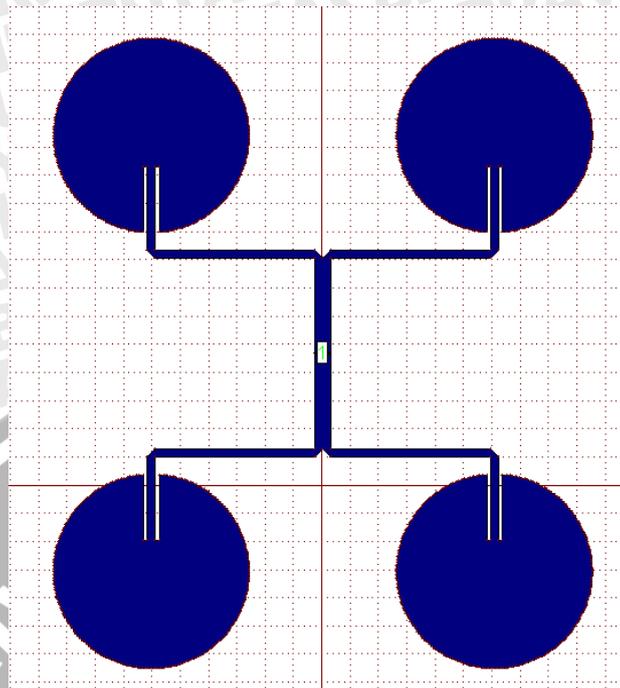
Sumber : Simulasi



Gambar 4.4 *Gain pattern* 3D pada dua elemen peradiasi

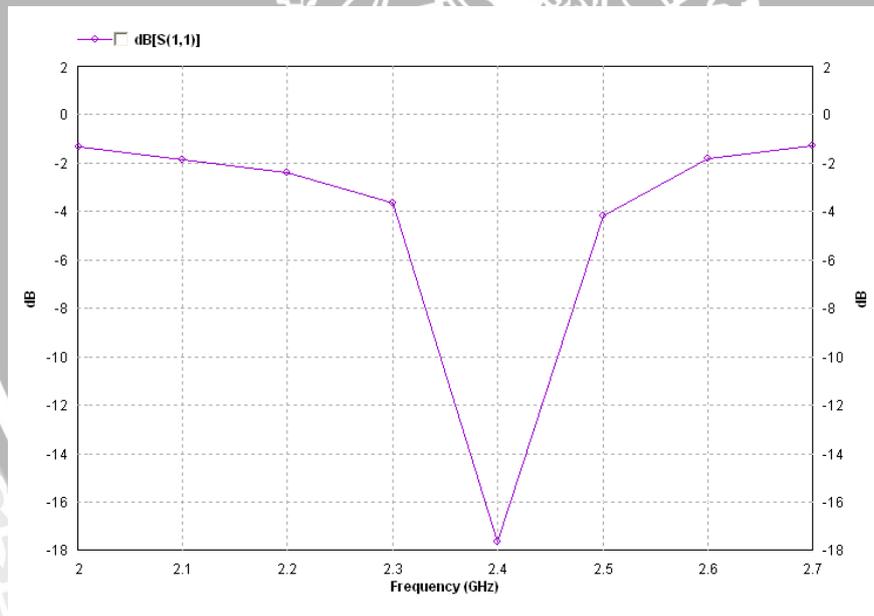
Sumber : Simulasi

4.3.3 Perencanaan Empat Elemen Dimensi Saluran Transmisi



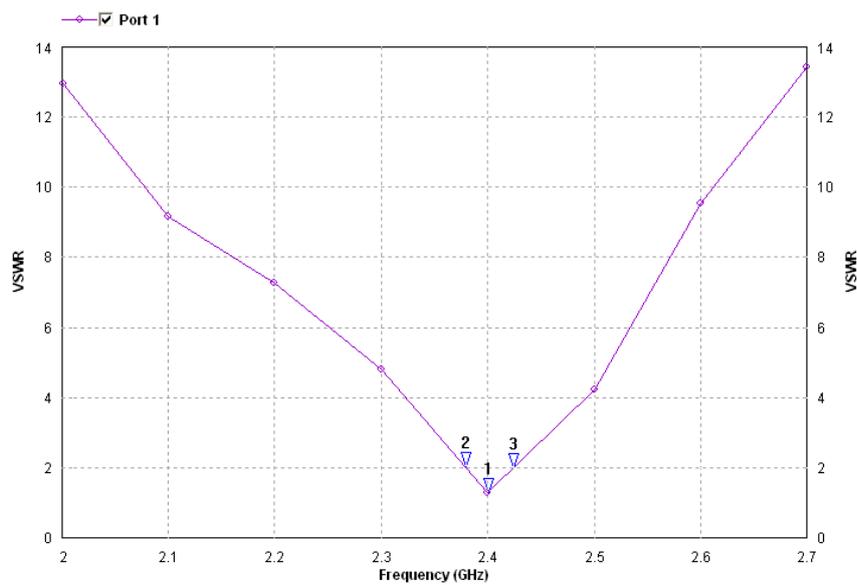
Gambar 4.5 Perancangan empat elemen peradiasi

Sumber : Perancangan



Grafik 4.9 Grafik return loss terhadap frekuensi

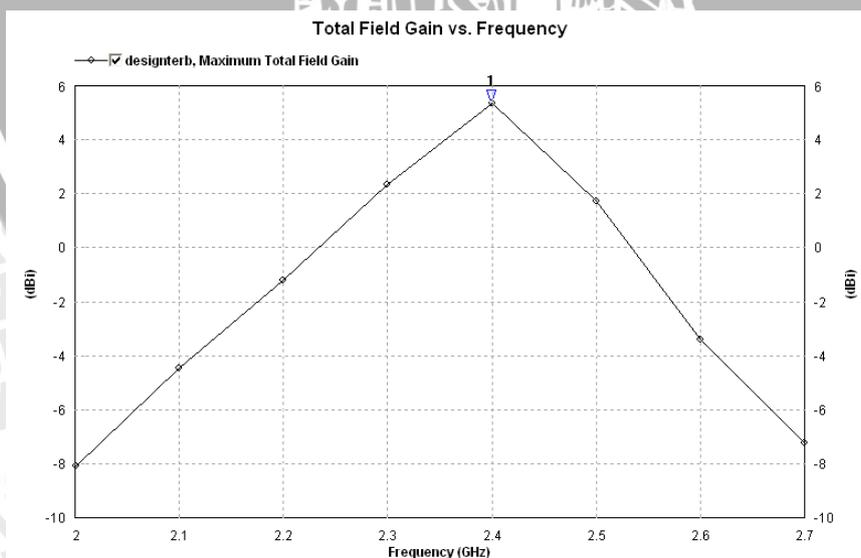
Sumber : Simulasi



Grafik 4.10 Grafik VSWR terhadap frekuensi

Sumber : simulasi

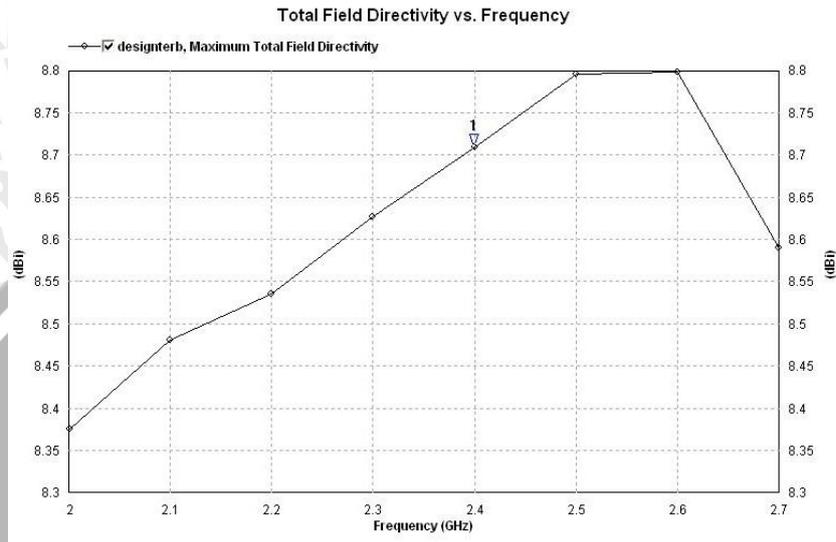
Dari simulasi diatas antenna sudah bekerja pada frekuensi yang diinginkan yaitu 2400 MHz. Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya *bandwidth* yaitu pada rentang nilai $VSWR \leq 2$. Pada frekuensi kerja 2400 MHz, nilai $VSWR < 2$ dimulai dari 2379MHz sampai 2427 MHz, sehingga nilai *bandwidth*nya adalah $(2427-2379)MHz = 48 MHz$.



Grafik 4.11 Grafik gain terhadap frekuensi

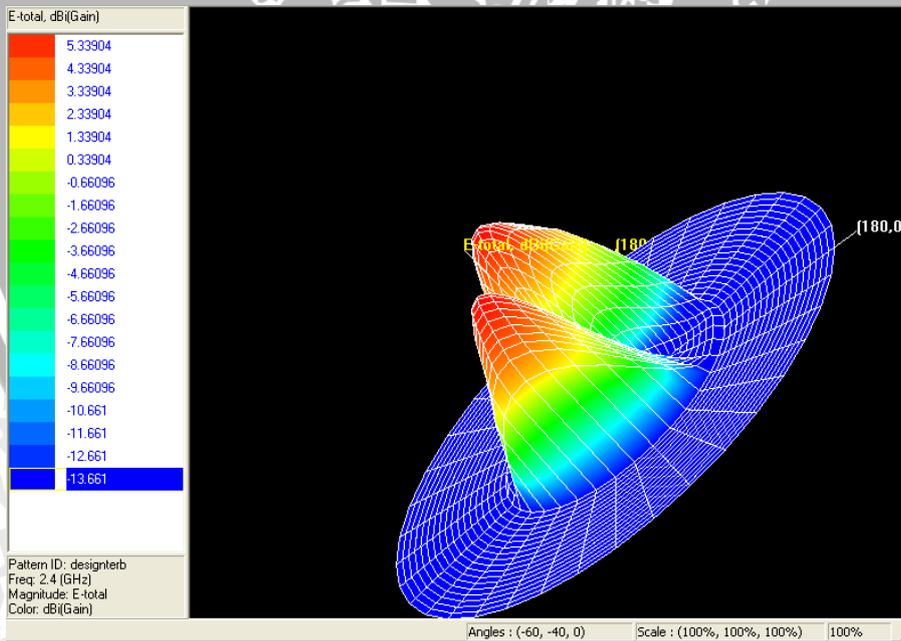
Sumber : Simulasi

Berdasarkan grafik 4.11 nilai gain yang didapatkan pada perencanaan empat elemen peradiasi didapatkan nilai 5,3 dBi pada frekuensi 2,4 GHz, sedangkan nilai direktivitas pada grafik 4.8 adalah 8,7 dBi. Dari hasil simulasi juga dapat diperoleh gambar *gain pattern* yang ditunjukkan gambar 4.6.



Grafik 4.12 Grafik *directivity* terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi

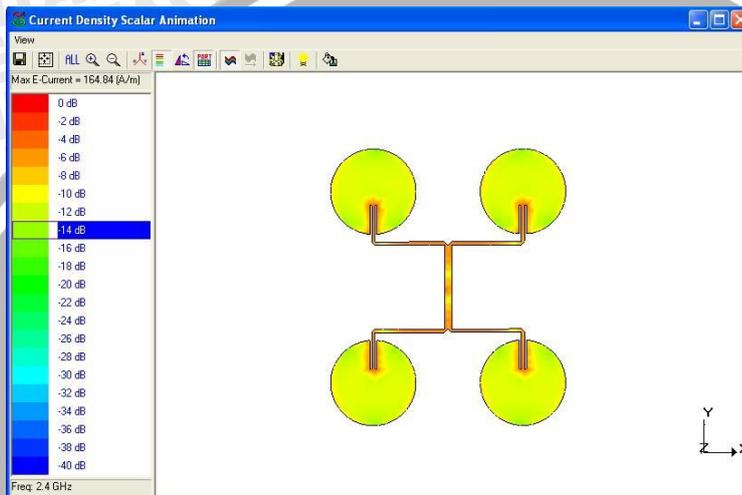


Gambar 4.6 *Gain pattern* 3D pada empat elemen peradiasi

Sumber : Simulasi

4.4 Distribusi Arus dan Optimasi Elemen Peradiasi Antena *Microstrip*

Dengan desain dan ukuran yang sama tiap elemen antena microstrip circular array memiliki sebaran arus yang sama pula. Tingkat gradasi warna menggambarkan sebaran arus yang melintasi daerah tersebut. Distribusi terendah diwakili oleh warna biru dan yang paling sempurna diwakili warna *orange*. Dari pola hasil simulasi yang telah didapatkan seperti pada gambar 4.7 terlihat bahwa sebaran maksimal terdapat pada area saluran transmisi disekitar feedpoint.



Gambar 4.7 *Current Distribution* pada frekuensi 2400 MHz

Sumber : Simulasi

4.5 Optimasi

Optimasi dilakukan agar antena dapat bekerja sesuai dengan yang kita inginkan. Untuk melakukan optimasi dapat dilakukan dengan merubah dimensi elemen peradiasi hingga didapatkan hasil yang paling optimal. Dalam tugas akhir ini selain secara manual dengan mengubah dimensi elemen peradiasi juga menggunakan simulator Ie3d yang menyediakan perhitungan untuk optimasi elemen peradiasi antena mikrostrip, optimasi dilakukan pada saluran transmisi. Dari hasil optimasi elemen peradiasi sudah bekerja paling maksimal pada empat elemen peradiasi dengan nilai S_{11} -17,617 dB dan nilai gain 5,344 dBi. Dari tabel 4.1 dapat kita lihat trend nilai parameter terhadap jumlah elemen hasil optimasi.

No	Jumlah Elemen	S(1,1) (dB)	VSWR min	Gain (dBi)	directivity (dB)	Bandwidth (Mhz)
1	1	-16.7	1.36	2	6.3	16
2	2	-13.5	1.53	4.1	8.1	32
3	4	-17.6	1.31	5.3	8.7	48

Tabel 4.1 Tabel Perbandingan Jumlah Elemen Peradiasi Terhadap Parameter Antena

Sumber : Simulasi

