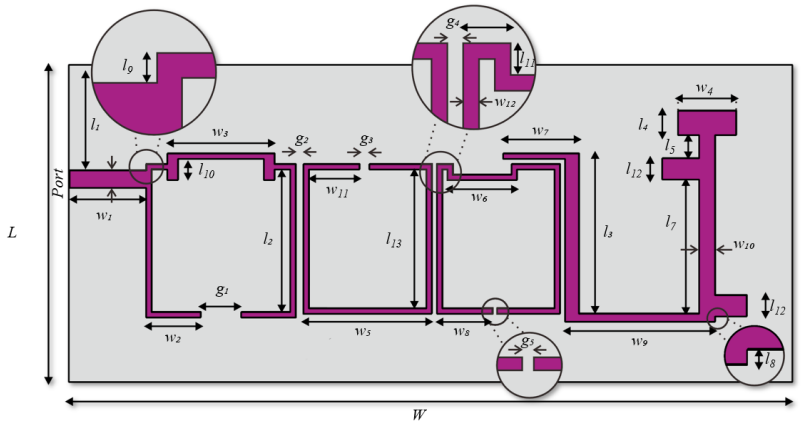
# BAB IV
# PEMBAHASAN

## 4.1 Simulasi Desain Akhir

Gambar 4.1 memperlihatkan desain penelitian pada struktur akhir. Terlihat bahwa pada struktur ini terdapat lebih banyak modifikasi dari desain sebelumnya. Dimulai dari *patch* pada ring ketiga yaitu terdapat modifikasi dengan penambahan lekukan pada *patch* sisi atas. Diameter panjang lekukan kedalam yaitu ($l_{11}$) 1 mm, dengan total lebar lekukan ($w_6$) adalah 5.575 mm sebelum akhirnya naik lagi ke atas. sedangkan pada ring ketiga terdapat modifikasi dengan penambahan lekukan pada *patch* sisi atas. Pada ring keempat memiliki modifikasi dengan penambahan 2 buah stub kembar yang berada di sisi atas *patch* yang memiliki diameter panjang ($l_4$) 2.3 mm serta lebar ($w_{13}$) 2 mm. Diameter lebih lengkap dapat dilihat pada Gambar 4.1




Gambar 4.1 Dimensi struktur desain akhir

Berikut merupakan tabel hasil iterasi $l_{12}$ pada struktur desain akhir yang terletak pada sisi kanan dimensi ring keempat.

Tabel 4.1 Iterasi $l_{12}$ pada Struktur Desain Akhir

| $l_{12}$ (mm) | Frekuensi Tengah | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2.1 GHz | | 2.6 GHz | | 4.6 GHz | | 5.2 GHz | |
| | $S_{11}$ (dB) | BW (MHz) | $S_{11}$ (dB) | BW (MHz) | $S_{11}$ (dB) | BW (MHz) | $S_{11}$ (dB) | BW (MHz) |
| 3.1 | -18.06 | 260 | -18.23 | 30 | -23.58 | 450 | -19.73 | 50 |
| 2.9 | -19.67 | 260 | -18.43 | 30 | -23.33 | 450 | -19.84 | 50 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.6 | -22.54 | 260 | -19.49 | 30 | -23.36 | 450 | -19.92 | 50 |
| 2.3 | -28.92 | 250 | -21.58 | 30 | -23.61 | 450 | -19.94 | 50 |
| 2 | -36.61 | 240 | -28.6 | 30 | -24.83 | 450 | -24.1 | 50 |

Tabel 4.1 merupakan hasil iterasi $l_{12}$ yang mana ini merupakan tambahan *patch* yang terdapat pada struktur keempat. Berdasarkan grafik pada gambar 4.1 yang merupakan iterasi $l_{12}$ = 3.1 mm yang pada frekuensi 2.1 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 260 MHz dan $S_{11}$ sebesar -18.06 dB. Pada frekuensi 2.6 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 30 MHz dan $S_{11}$ sebesar -18.23 dB. Pada frekuensi 4.6 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 450 MHz dan $S_{11}$ sebesar 23.58 dB. Pada frekuensi 5.2 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 50 MHz dan $S_{11}$ sebesar -19.73 dB.

Berdasarkan iterasi $l_{12}$ = 3.1 mm, dapat diketahui bahwa dengan menambahkan *patch* pada ring keempat menghasilkan pengaruh yang signifikan pada frekuensi 5.2 GHz yang membuat sinyal tersebut menjadi lebih *smooth.* Namun hasil tersebut masih belum optimal sehingga perlu dilakukan iterasi berikutnya. Selanjutnya iterasi $l_{12}$ = 2.9 mm yang pada frekuensi 2.1 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 260 MHz dan $S_{11}$ -18.06 dB. Pada frekuensi 2.6 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 30 MHz dan $S_{11}$ sebesar -18.43 dB. Pada frekuensi 4.6 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 450 MHz dan $S_{11}$ -23.33 dB. Pada frekuensi 5.2 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 50 MHz dan $S_{11}$ sebesar -19.84 dB.

Berdasarkan iterasi $l_{12}$ = 2.9 mm, dapat diketahui bahwa efek dari penambahan dimensi tersebut menghasilkan perubahan yang signifikan, namun pada frekuensi 2.1 GHz terlihat mengalami penurunan sinyal sekitar -1 dB. Selanjutnya pada iterasi $l_{12}$ = 2.6 mm yang pada frekuensi 2.1 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 260 MHz dan $S_{11}$ -22.54 dB. Pada frekuensi 2.6 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 30 MHz dan $S_{11}$ sebesar -19.49 dB. Pada frekuensi 4.6 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 450 MHz dan $S_{11}$ -23.36 dB. Pada frekuensi 5.2 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 50 MHz dan $S_{11}$ sebesar -19.92 dB.

Berdasarkan iterasi $l_{12}$ = 2.6 mm, dapat diketahui bahwa dengan melakukan penambahan dimensi tersebut menghasilkan penurunan koefisien refleksi pada

frekuensi 2.1 GHz sebanyak -3 dB dan pada frekuensi 2.6 GHz sebanyak -1 dB. Namun pada frekuensi 4.6 GHz dan 5.2 GHz tidak mengalami perubahan yang signifikan. Selanjutnya pada iterasi $l_{12}$ = 2.3 mm yang pada frekuensi 2.1 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 260 MHz dan $S_{11}$ -28.92 dB. Pada frekuensi 2.6 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 30 MHz dan $S_{11}$ sebesar -21.58 dB. Pada frekuensi 4.6 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 450 MHz dan $S_{11}$ sebesar -23.61 dB. Pada frekuensi 5.2 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 50 MHz dan $S_{11}$ sebesar -19.94 dB.

Berdasarkan iterasi $l_{12}$ = 2.3 mm, terlihat bahwa pada frekuensi 2.1 GHz mengalami penurunan nilai koefisien refleksi sebesar -6 dB dan pada frekuensi 2.6 GHz sebesar -2 dB. Namun pada frekuensi 4.6 GHz dan 5.2 GHz tidak mengalami perubahan yang signifikan. Selanjutnya pada iterasi $l_{12}$ = 2 mm, yang pada frekuensi 2.1 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 260 MHz dan $S_{11}$ -36.61 dB. Pada frekuensi 2.6 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 30 MHz dan $S_{11}$ sebesar -28.6 dB. Pada frekuensi 4.6 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 450 MHz dan $S_{11}$ sebesar -24.83 dB. Pada frekuensi 5.2 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 50 MHz dan $S_{11}$ sebesar -24.1 dB.

Berdasarkan iterasi $l_{12}$ = 2 mm, terlihat bahwa pada frekuensi 2.1 GHz mengalami penurunan koefisien refleksi atau $S_{11}$ sebesar -8 dB, pada frekuensi 2.6 GHz sebesar -7 dB, pada frekuensi 4.6 GHz sebesar -1 dB, dan pada frekuensi 5.2 GHz sebesar -4 dB. Dari hasil iterasi tersebut, pada iterasi $l_{12}$ = 3.5 mm lah yang membuat perubahan kualitas sinyal dengan signifikan kearah yang lebih baik, namun dari setiap iterasi tersebut, dapat diketahui bahwa perubahan dimensi pada $l_{12}$ tidak berdampak apapun terhadap nilai *bandwidth.*

Berikut merupakan Tabel 4.2 yang menampilkan rincian dimensi pada struktur desain akhir, yang mana pada struktur ini terdapat beberapa tambahan dimensi *patch* dan perubahan nama dimensi.

Tabel 4.2 Dimensi Struktur Desain Akhir

| Parameters | Unit/mm |
|---|---|
| $L$ | 30 |
| $l_1$ | 10,26 |
| $l_2$ | 13,5 |
| $l_3$ | 15,15 |
| $l_4$ | 2,3 |
| $l_5$ | 17.65 |
| $l_6$ | 2 |
| $l_7$ | 12.7 |
| $l_8$ | 0.5 |
| $l_9$ | 0.6 |
| $l_{10}$ | 2 |
| $l_{11}$ | 1 |
| $l_{12}$ | 2 |

| Parameters | Unit/mm |
|---|---|
| $W$ | 67,08 |
| $w_1$ | 7,26 |
| $w_2$ | 6.575 |
| $w_3$ | 8.15 |
| $w_4$ | 5.5 |
| $w_5$ | 12.5 |
| $w_6$ | 14 |
| $w_7$ | 7.17 |
| $w_8$ | 14.2 |
| $w_9$ | 14.2 |
| $w_{10}$ | 1,5 |
| $w_{11}$ | 5.9 |
| $w_{12}$ | 0.5 |

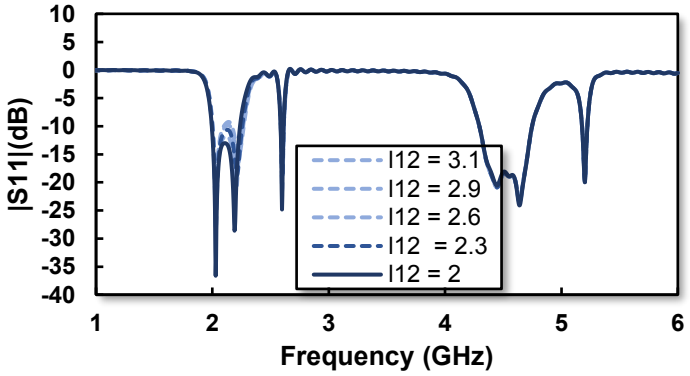
| Parameters | Unit/mm |
|---|---|
| $g_1$ | 3.85 |
| $g_2$ | 0,75 |
| $g_3$ | 0,95 |
| $g_4$ | 0,5 |
| $g_5$ | 0,45 |

### 4.1.1 *Return Loss*

Gambar 4.2 memperlihatkan hasil simulasi akhir yang dilakukan pada fekuensi yang sama seperti pada desain struktur 5, yang mana bekerja pada frekuensi 2.1 GHz, 2.6 GHz, 4.6 GHz, 5.2 GHz. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa nilai S11 menghasilkan *dual wideband* dan *dual narrowband.* Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa *wideband* pada frekuensi bawah memiliki *bandwidth* sebesar 350 MHz, disusul dengan *narrowband* pada frekuensi 2.6 GHz. Kemudian pada pada fekuensi atas terdapat *wideband* dengan *bandwidth* sebesar 550 MHz disusul dengan *narrowband* pada frekuensi 5.2 GHz.

Berdasarkan modifikasi yang dilakukan pada struktur desain akhir, penambahan dua buah stub yang tidak simetris pada ring keempat memberikan pengaruh pada *wideband* frekuensi atas yang membuatnya menjadi lebih lebar dan hampir simetris di kedua sisi nya, sedangkan untuk modifikasi penambahan lekukan pada ring ketiga memberikan pengaruh pada *wideband* frekuensi bawah yang

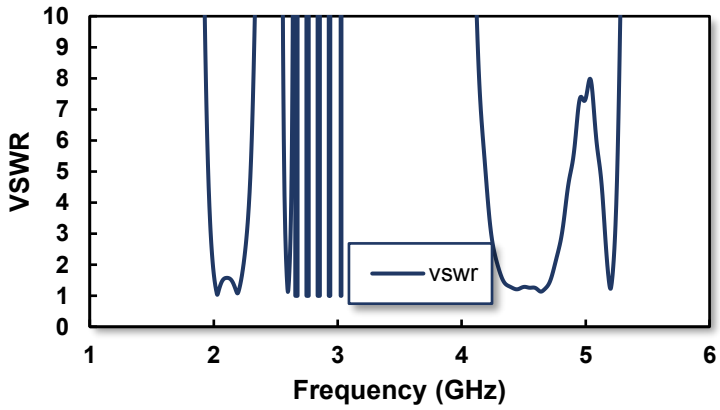
membuatnya menjadi lebih turun, dari yang sebelumnya hanya pada -7.26 dB menjadi -12.98 dB.




Gambar 4.2 Hasil simulasi desain akhir

### 4.1.2 *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR)

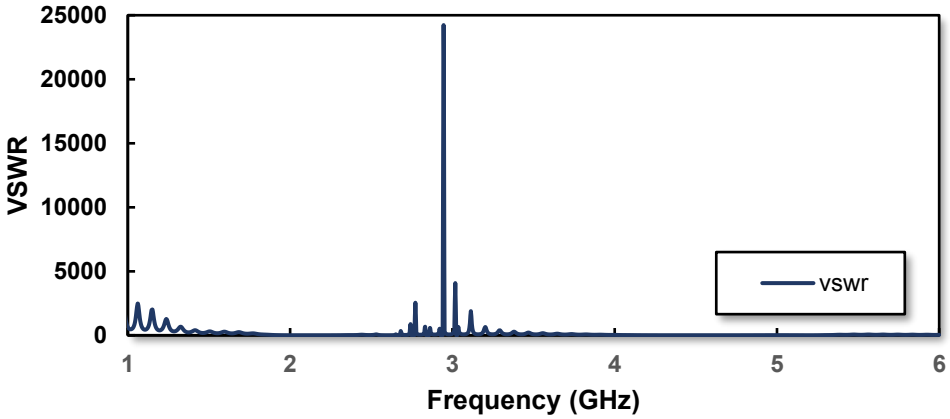
Gambar 4.3 menampilkan nilai VSWR dalam rentang frekuensi 0 GHz hingga 6 GHz VSWR sendiri merupakan parameter yang penting dalam perancangan suatu sistem antena. Berdasarkan grafik pada frekuensi minimum yaitu pada 2.658 GHz, nilai VSWR yang didapat adalah 1, hal ini menunjukan bahwa adanya kesesuaian impedansi yang baik dan sistem dapat bekerja secara optimal.




Gambar 4.3 VSWR pada frekuensi minimum

Gambar 4.4 Menampilkan grafik pada fremuensi maksimum yaitu pada 2.946 GHz. berdasarkan grafik tersebut, nilai VSWR yang didapat adalah 24230.792 yang mana hal ini menunjukan bahwa terjadi ketidaksesuaian impedansi yang sangat besar, sehingga refleksi sinyal juga sangat tinggi. Dari hal tersebut juga,

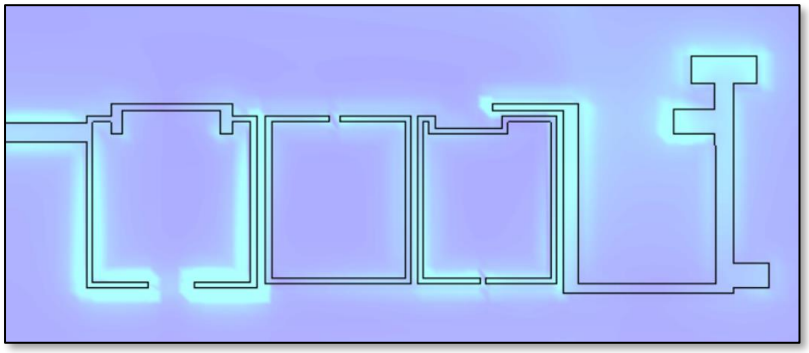
sistem tidak dapat bekerja optimal pada frekuensi maksimum yaitu pada 2.946 GHz.




Gambar 4.4 VSWR pada frekuensi maksimum

### 4.1.3 Distribusi *E-Field* pada Frekuensi 2.1 GHz

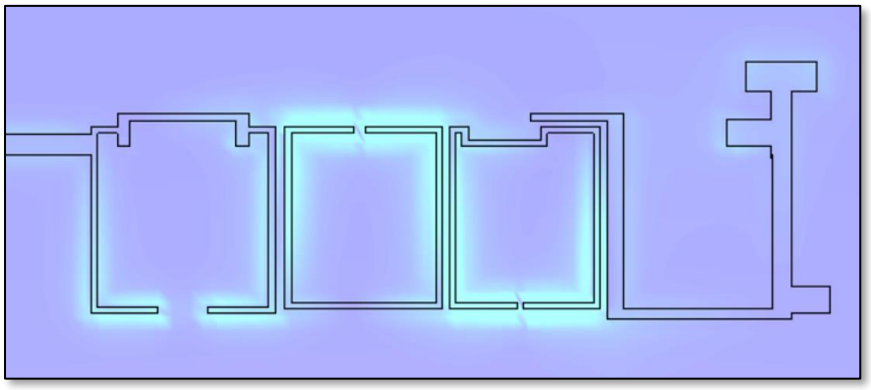
Gambar 4.5 menunjukan visualisasai dari distribusi medan listrik atau *E-field* pada frekuensi 2.1 GHz. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa pola radiasi E-field terdistribusi secara melebar yang lebih tertuju kepada arah *gap* dan resonator nya. Karakteristik ini menunjukan bahwa pada frekuensi 2.1 GHz, antena memiliki pola distribusi yang cukup lebar serta jangkauannya yang luas. Daerah dengan E-field yang terlihat lebih terang mengindikasikan adanya radiasi utama dari antena, sedangkan untuk daerah sekitarnya dengan intensitas E-field yang lebih rendah menunjukan adanya lobe-lobe samping yang tidak terlalu dominan.



Gambar 4.5 *E-Field* pada frekuensi 2.1 GHz

### 4.1.4 Distribusi *E-Field* pada Frekuensi 2.6 GHz

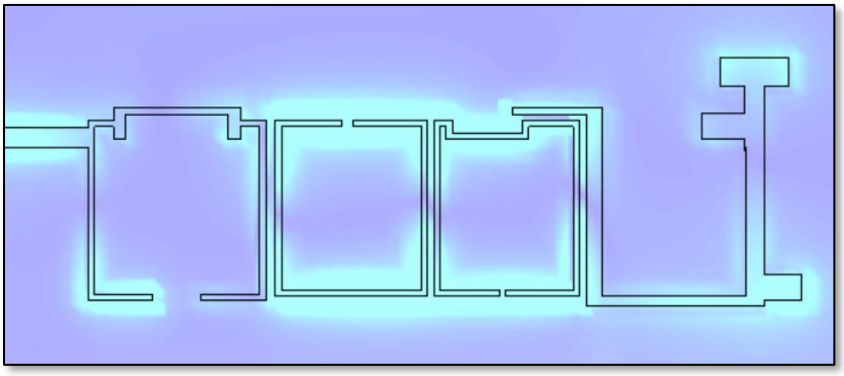
Gambar 4.6 menunjukan visualisasai dari distribusi medan listrik atau *E-field* pada frekuensi 2.6 GHz. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa pola distribusi yang lebih terfokus di bagian tengah dengan jalur yang selalu melewati *gap* antena itu sendiri, sementara intensitas dibagian lainnya cenderung lebih rendah. Pola ini mengindikasikan bahwa pada frekuensi 2.6 GHz, antena memiliki pola radiasi yang lebih refocus dan terarah, sehingga antena dapat bekerja lebih efisien dibandingkan pada frekuensi 2.1 GHz yang pola radiasi nya kurang terarah.



Gambar 4.6 *E-Field* pada frekuensi 2.6 GHz

### 4.1.5 Distribusi *E-Field* pada Frekuensi 4.6 GHz

Gambar 4.7 menunjukan visualisasai dari distribusi medan listrik atau *E-field* pada frekuensi 4.6 GHz. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa antena memiliki pola distribusi yang tampak lebih kompleks dan tidak terfokus di satu area tertentu. Walau secara keseluruhan distribusinya terlihat lebih merata, terdapat juga beberapa area yang intensitas E-field yang lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa pada frekuensi 4.6 GHz, antena memiliki pola radiasi yang lebih lebar namun tidak terlalu terarah.

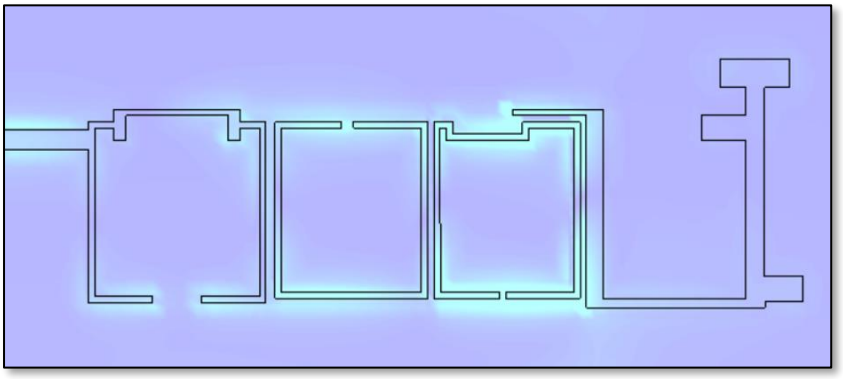


Gambar 4.7 E-Field pada frekuensi 4.6 GHz

### 4.1.6 Distribusi *E-Field* pada Frekuensi 5.2 GHz

Gambar 4.8 menunjukan visualisasai dari distribusi medan listrik atau *E-field* pada frekuensi 5.2 GHz. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa pola distribusi *E-field* pada frekuensi 5.2 GHz memiliki pola distribusi yang terpusat dan terfokus pada area-area tertentu. Terdapat juga beberapa zona yang memiliki intensitas lebih tingg, sementara disekitarnya cenderung lebih rendah.

Dari pola tersebut, mengindikasikan bahwa pada ferkuensi 5.6 GHz, antena memiliki pola radiasi yang terarah serta terdapat satu atau beberapa lobe radiasi utama yang sangat dominan, dengan energi yang terkonsentrasi pada daerah daerah yang lebih spesifik.

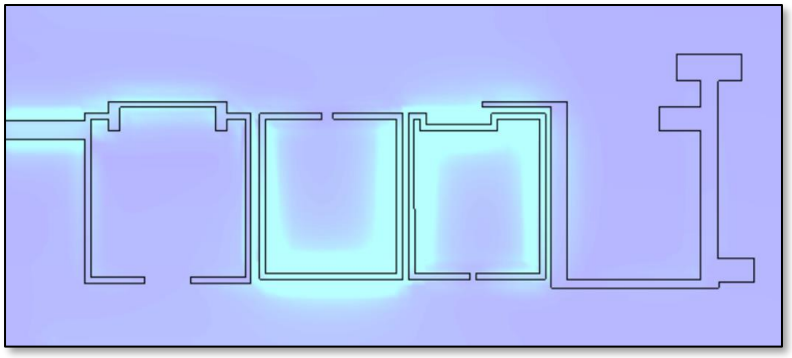


Gambar 4.8 *E-Field* pada frekuensi 5.2 GHz

### 4.1.7 Distribusi *H-Field* pada Frekuensi 2.1 GHz

Gambar menunjukan visualisasai dari distribusi medan magnet atau *H-field* pada frekuensi 2.1 GHz. Berdasarkan gambar tersebut, telihat bahwa pada frekuensi 2.1 GHz, pola distribusi medan magnet memiliki jalur yang searah dengan resonator

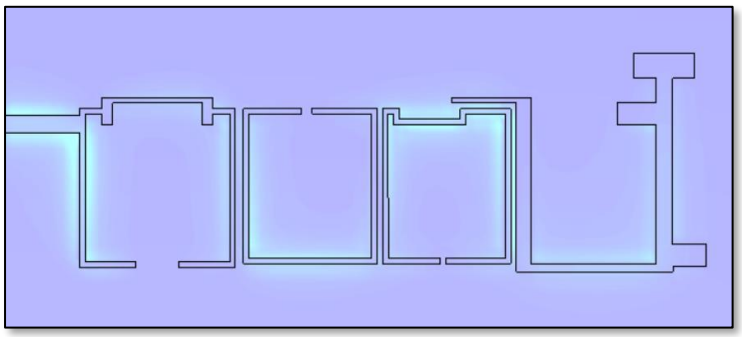
nya dan menghindari jalur ke arah *gap,* sedangkan pada ujung *patch* ring keempat, tidak terlihat dilalui oleh jalur distribusi medan magnet. Namun secara keseluruhan, distribusi H-*field* pada frekuensi 2.1 tampak tidak lebih merata jika dibandingkan dengan E-*field*. Hal ini menunjukan bahwa antena memiliki karakteristik yang seimbang antara medan listrik dan medan magnet nya.



Gambar 4. 9 *H-Field* pada frekuensi 2.1 GHz

### 4.1.8 Distribusi *H-Field* pada Frekuensi 2.6 GHz

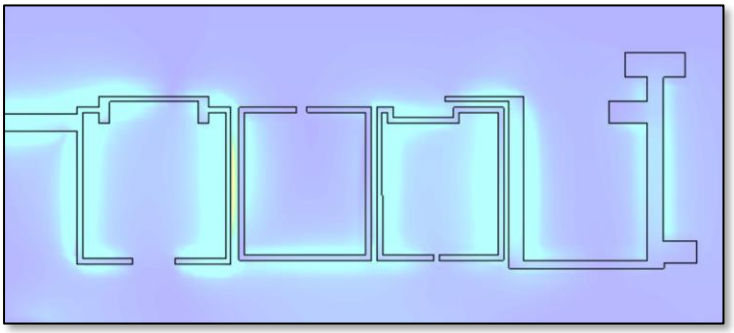
Gambar 4.10 menunjukan visualisasai dari distribusi medan magnet atau *H-field* pada frekuensi 2.6 GHz. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa pola distribusi terlihat lebih redup dibandingkan seperti pada sebelumnya, terlebih jika dibandingkan dengan pola distribusi E-field yang mana memiliki pola distribusi yang sangat luas. Hal ini menunjukan bahwa *H-field* pada frekuensi 2.6 GHz memiliki pola radiasi medan magnet yang lebih terfokus dan terarah. Namun, pola seperti ini akan menjadi kurang fleksibel dalam cakupan area yang lebih luas.



Gambar 4.10 *H-Field* pada frekuensi 2.6 GHz

### 4.1.9 Distribusi *H-Field* pada Frekuensi 4.6 GHz

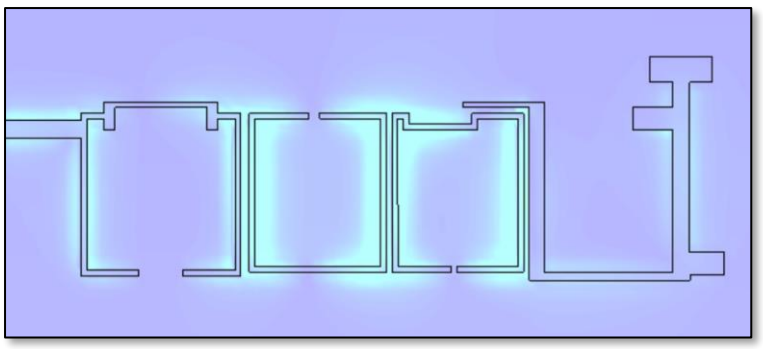
Gambar 4.10 menunjukan visualisasai dari distribusi medan magnet atau *H-field* pada frekuensi 4.6 GHz. Berdasarkan gambar tersebut, terlihar bahwa pola distribusi *H-field* memiliki intensitas yang sangat tinggi, terutama dibagian *patch* ring pertama dan ketiga. Hal ini mengindikasikan bahwa antena memiliki pola distribusi medan magnet yang cukup luas, yang hampir serupa dengan pola distribusi *E-field* di ferkuensi 4.6 GHz



Gambar 4. 11 *H-Field* pada frekuensi 4.6 GHz

### 4.1.10 Distribusi *H-Field* pada Frekuensi 5.2 GHz

Gambar xxx menunjukan visualisasai dari distribusi medan magnet atau *H-field* pada frekuensi 5.2 GHz. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa pola distribusi medan magnet H-field memiliki pola yang cukup menonjol pada bagian tengah, khusus nya pada *patch* ring kedua dengan *patch* ring ketiga. Namun pada *patch* ring ketiga, pola distribusi medan magnet yang melewatinya hanya memiliki intensitas yang rendah. Hal ini sangat persis seperti yang terjadi pada pola distribusi *E-field* yang memiliki intensitas dangat rendah pada *patch* ring keempat nya.



Gambar 4. 12 H-Field pada frekuensi 5.2 GHz

## 4.2 Realisasi *Microstrip Dual Wideband* dan *Dual Narrowband Filtering Antenna*

Antena yang sebelumnya dirancang dan disimulasikan menggunakan *software* CST Studio Suite dan direalisasikan dengan menggunakan substrat yang sebelumnya sudah ditentukan sebelumnya yaitu Duroid Rogers RT 5880 dengan h = 1,575 mm, Ɛr = 2,2, dan tan δ = 0,0009 di pabrik percetakan antena mikrostrip. Realisasi antena mikrostrip yang telah dirancang terlihat pada Gambar 4.13

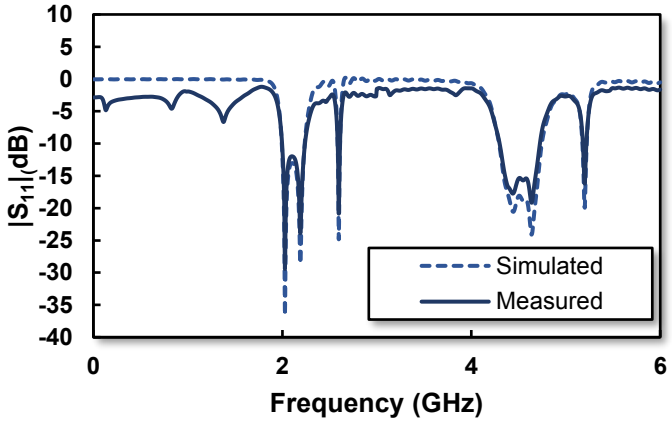
Gambar 4.13 Realisasi *microstrip dual wideband* dan *dual narrowband filtering antenna*

Gambar 4.3 Merupakan antena mikrostrip dari desain akhir yang sudah difabrikasi. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa antena yang sudah difabrikasi memiliki selisih dari desain yang sebelumnya di simulasikan. Pada desain sebelumnya, lebar keseluruhan (w) antena adalah 67.08, sedangkan pada antena yang sudah difabrikasi memiliki diameter 72 mm. Hal tersebut dimungkinkan terjadi karena adanya kekeliruan dalam pemotongan pada fabrikasi.

## 4.3 Hasil Simulasi dan Pengukuran *Microstrip Dual Wideband* dan *Dual Narrowband Filtering Antenna*

Gambar 4.14 merupakan perbandingan *return loss* antara hasil pengukuran dan hasil simulasi. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa perbandingan grafik simulasi dan pengukuran untuk parameter $S_{11}$ menunjukan pola yang serupa dan keduanya menghasilkan grafik *dual wideband* dan *dual narrowband. Wideband* pada frekuensi bawah memiliki hasil yang hampir serupa yang manamemiliki *bandwidth* sekitar 300 MHz, sedangkan pada frekuensi atas, terdapat *bandwidth* sekitar 730 MHz.

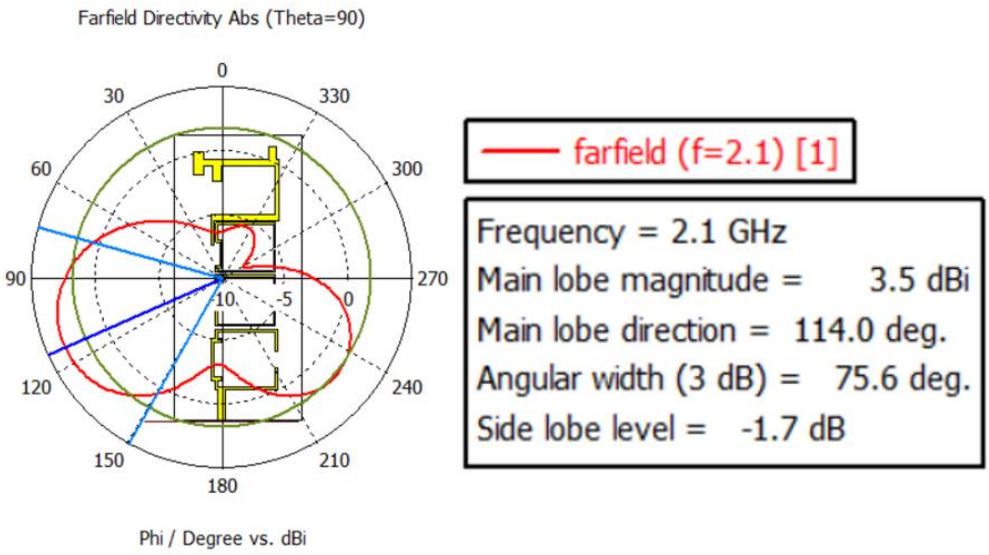
Secara keseluruhan, grafik pada simulasi dan pengukuran terlihat cukup selaras, meskipun terdapat beberapa perbedaan kecil yang pada pada frekuensi 0 hingga 2 GHz, grafik menunjukan terdapat beberapa puncak dan lembah. Secara umum, grafik hasil simulasi dan pengukuran mengindikasikan bahwa model simulasi antena yang digunakan telah cukup akurat dalam memprediksi kinerja antena secara nyata. Namun, perbedaan-perbedaan kecil yang dihasilkan dapat disebabkan oleh kesalahan pada saat fabrikasi, mengingat desain antena memiliki bentuk yang kompleks.




Gambar 4.14 Hasil simulasi dan pengukuran

## 4.4 Pola radiasi dan *Gain* pada Frekuensi 2.1

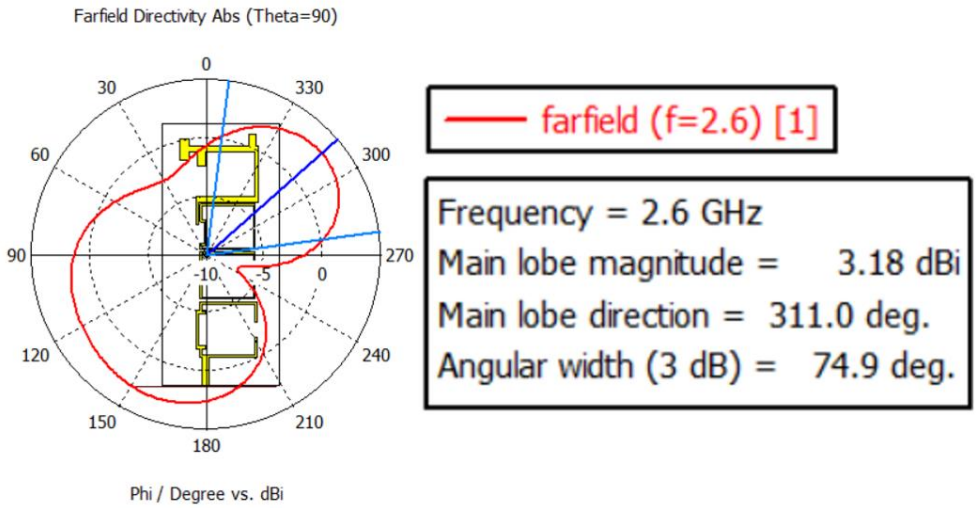
Gambar 4.15 merupakan pola radiasi antena pada fekuensi 2.1 GHz. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa antena menunjukan karakteristik pola radiasi yang memiliki sifat directional, yang berarti radiasi terfokus pada satu arah utama. Pola radiasi pada frekuensi ini memiliki *main lobe* pada arah 114 derajat dengai nilai magnitude 3.5 dBi, ini menandakan bahwa antena memancarkan dan menerima sinyal secara optimal pada arah tersebut. Sedangkan untuk lebar berkas pada -3 dB adalah 75.6 derajat dan *side lobe* yang lebih rendah -1.7 dB, menunjukkan cakupan area yang cukup terfokus.




Gambar 4.15 Pola radiasi dan *gain* pada frekuensi 2.1

## 4.5 Pola radiasi dan *Gain* pada Frekuensi 2.6

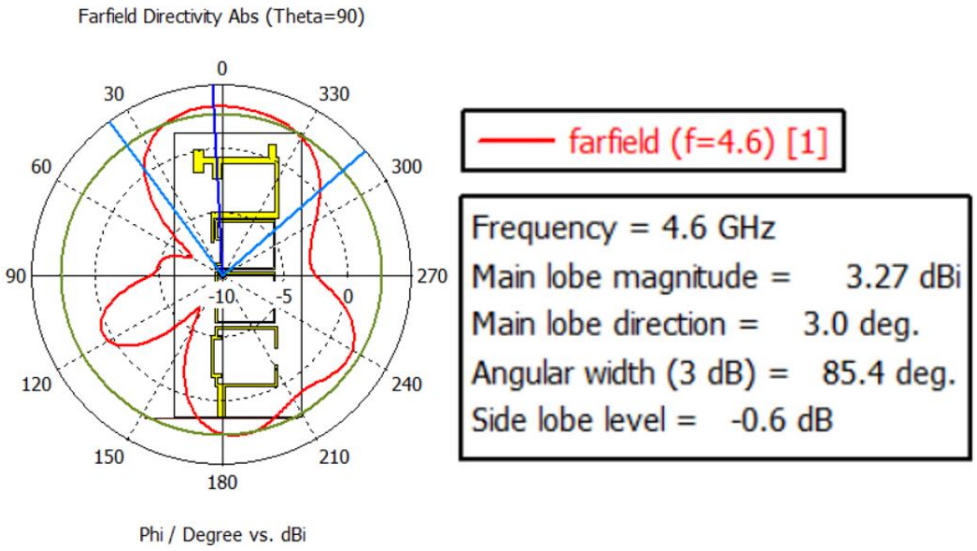
Gambar 4.16 merupakan pola radiasi antena pada fekuensi 2.6 GHz. berdasarkan gambar tersebut menunjukan pola radiasi dengan *main lobe* pada arah 311 derajat dan lobe utama memiliki magnitude 3.18 dBi serta lebar berkas 74.9 derajat. Mengindikasikan radiasi yang terpusat pada area yang sempit. Selain *main lobe*, terdapat juga *lobe* samping dengan level yang tidak disebutkan secara eksplisit.




Gambar 4.16 Pola radiasi dan *gain* pada frekuensi 2.6

## 4.6 Pola radiasi dan *Gain* pada Frekuensi 4.6

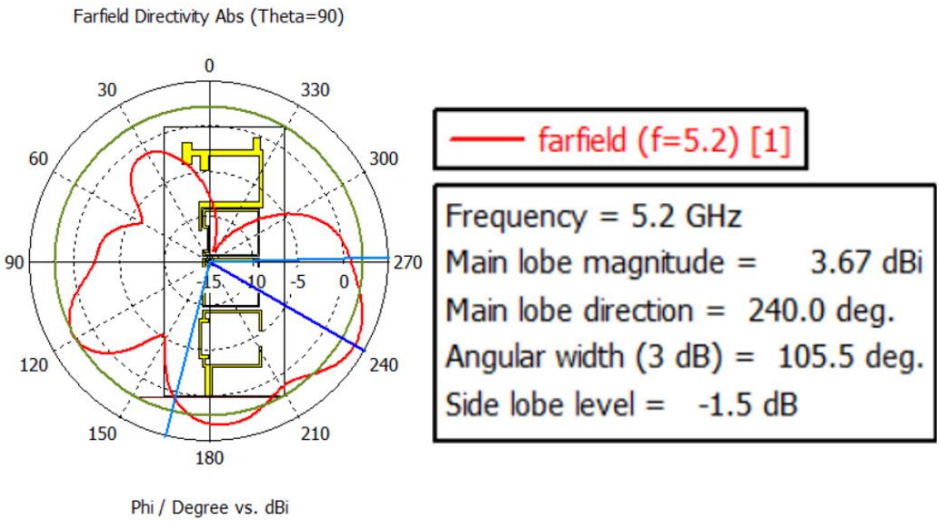
Gambar 4.17 merupakan pola radiasi antena pada fekuensi 2.6 GHz. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa pola radiasi memiliki *main lobe* yang tefokus pada arah 125.6 derajat dengan magnitude 1.27 dBi dan lebar berkas 67.9 derajat. Meskipun *magnitude lobe* utama tidak terlalu tinggi, namun karakteristik antena seperti ini sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan cakupan luas meskipun tidak membutuhkan *gain* yang sangat tinggi.




Gambar 4.17 Pola radiasi dan *gain* pada frekuensi 4.6

## 4.7 Pola radiasi dan *Gain* pada Frekuensi 5.2

Gambar 4.18 merupakan pola radiasi antena pada fekuensi 5.2 GHz. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa pola radiasi memiliki *main lobe* yang tefokus pada arah 240 derajat dengan magnitude 3.67 dBi dan lebar berkas 105.5 derajat, serta *sidelobe* yaitu pada -1.5 derajat.




Gambar 4.18 Pola radiasi dan *gain* pada frekuensi 5.2

Keberadaan *sidelobe* dengan level yang lebih rendah ini mengindikasikan bahwa radiasi samping masih terkontrol dan tidak akan memberikan intrerferensi yang signifikan, sehingga secara keseluruhan kinerja antena dapat diterima. Karakteristik pada antena ini juga sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan pengarahan radiasi yang cukup luas, akan tetapi tetap memerlukan fokus pada arah tertentu, seperti pada sistem komukasi *indoor* atau sistem akses poin nirkabel.