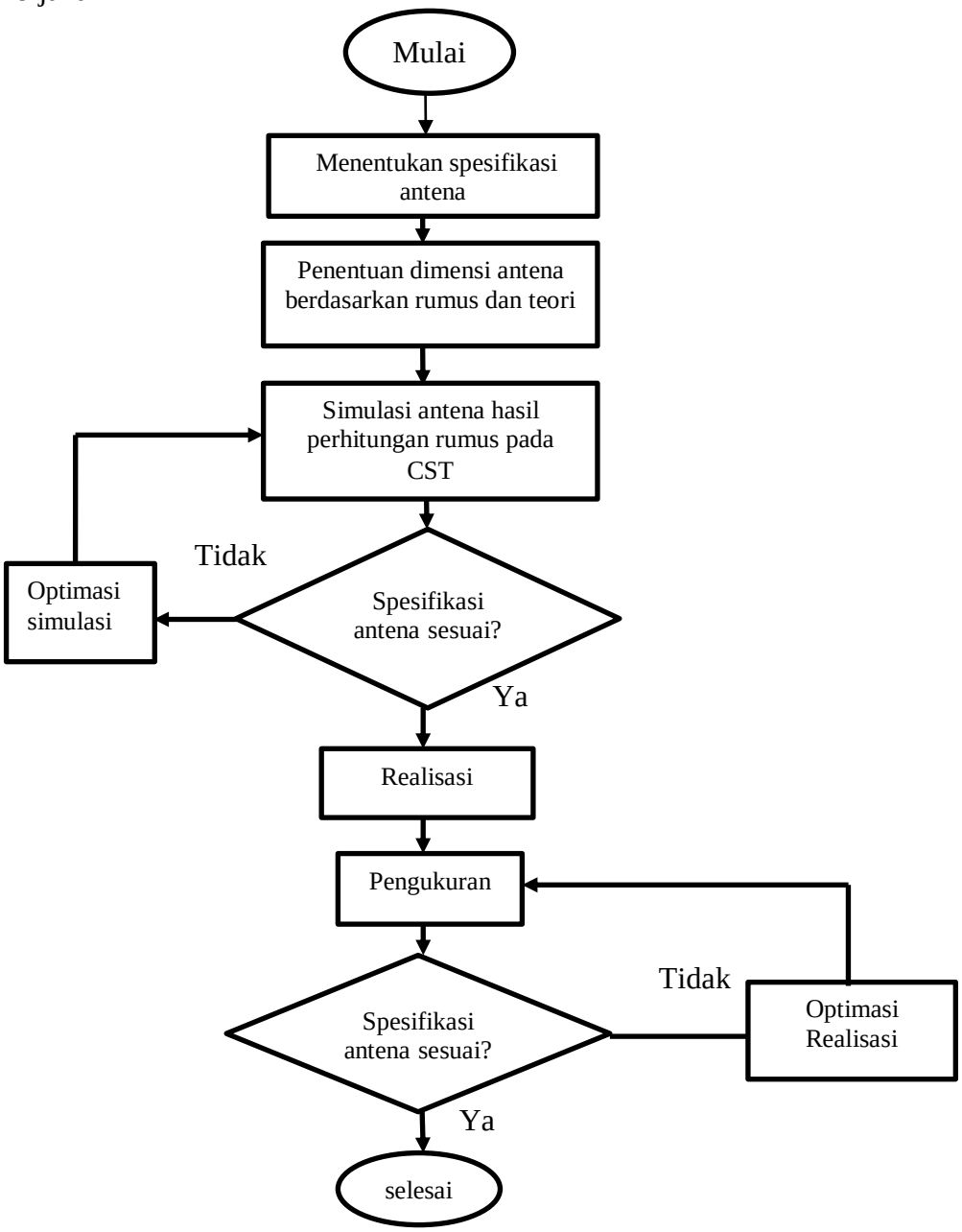
BAB III

PERANCANGAN

3.1 Langkah Perancangan

Berikut merupakan langkah-langkah perancangan antena yang akan dikerjakan



Gambar 3.1 Alur Diagram Pengerjaan.

Langkah perancangan dimulai dengan studi mengenai sistem dari radar yang akan dijadikan referensi untuk penentuan dari antena yang akan dirancang. Setelah spesifikasi antena telah ditentukan, selanjutnya dilakukan peninjauan parameter-parameter untuk memahami perilaku dan karakteristik dasar dari antena. Hal ini sangat membantu dalam hal perancangan karena mempermudah langkah optimisasi menggunakan simulator antena. Setelah hasil dari optimasi didapatkan sesuai spesifikasi, selanjutnya dilakukan pabrikasi dan pengukuran untuk validasi. Jika hasil pengukuran tidak valid, maka dilakukan proses optimisasi kembali menggunakan simulator antena yang sebelumnya dilakukan analisis kesalahan dan begitu seterusnya. Jika hasil pengukuran sudah valid, maka selanjutnya dilakukan analisis terhadap antena yang telah berhasil dirancang. **Gambar 3.1** menyajikan diagram alir perancangan tersebut.

3.2 Spesifikasi Desain dan Penentuan Dimensi Antena

Dalam suatu proses perancangan antena, diperlukan penentuan spesifikasi yang ingin dicapai yang pada tahap selanjutnya dilakukan perancangan dan realisasi antena sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Pada Tugas Akhir ini akan merancang antena dengan spesifikasi yang sama dengan apa yang telah LIPI realisasikan dimana antena tersebut merupakan sebuah antena mikrostrip *array patch rectangular*. Spesifikasi dari antena tersebut adalah sebagai berikut:

1. Frekuensi Kerja : 9.4 GHz
2. Impedansi : 50 Ω
3. VSWR : ≤ 1.5
4. Pola Radiasi : unidireksional

5. Polarisasi : linear
6. *Gain* : ≥ 10 dBi
7. Jumlah elemen : 32 *patch*
8. Material bahan : perak

Penentuan spesifikasi diatas dikarenakan antena mikrostrip yang akan dirancang dan disimulasikan merupakan antena untuk mendukung teknologi *Radar*. Sebelum dilakukan perancangan, terlebih dahulu ditetapkan spesifikasi di lapangan. Kebutuhan spesifikasi di lapangan ditinjau dari berbagai aspek. Sebelumnya pihak Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sudah menetukan spesifikasi kebutuhan lapangan sebelum dilakukan perancangan. Adapun spesifikasi yang ditetapkan adalah sebagai berikut.

1. *Gain* 8 antena : ≥ 30 dBi
2. Pola radiasi : Unidireksional
3. Polarisasi : Linear Vertikal

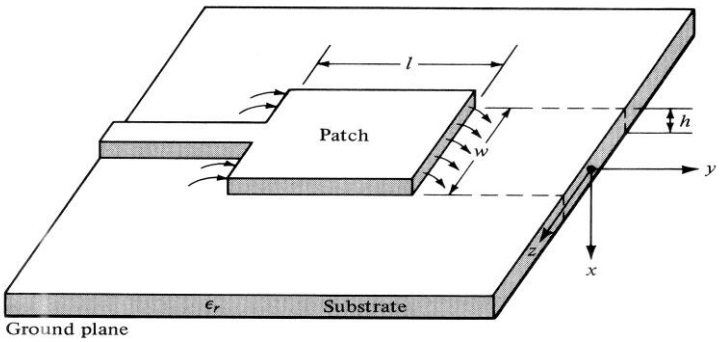
Dengan kebutuhan tersebut, dapat dirancang antena untuk dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi di lapangan.

Dalam penentuan dimensi antena mikrostrip array *patch rectangular* ini memiliki banyak tahapan-tahapan yang harus diperhatikan yaitu langkah pertama membuat dimensi *patch* terlebih dahulu dengan memasukkan rumus-rumus yang sesuai dengan *design patch* yang akan di buat, lalu langkah kedua menentukan jenis pencatuan yang akan digunakan yang nantinya pencatuan ini sangat mempengaruhi beberapa dari nilai paramater-parameter antena. Setelah itu untuk langkah selanjutnya menentukan design dimensi dari *substrat* antena ini yang menggunakan bahan *Roger 5880 (Perak).* Langkah akhir dalam penentuan

dimensi antena ini pada jenis groundplane yang akan digunakan sangat mempengaruhi dari antena yang akan dibuat.

3.2.1 Dimensi *Patch* Antena

Pada perancangan kali ini antena dasar yang akan dibuat adalah berbentuk *rectangular*, dimana bentuk dasar antena dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.2 Bentuk Antena Mikrostrip *Patch Rectangular*

Patch dalam antena mikrostrip ini berfungsi sebagai komponen yang meradiasikan gelombang elektromagnetik ke ruang bebas. Bentuk *patch* sendiri ada berbagai macam, dan khususnya pada tugas akhir ini dipilih bentuk *patch rectangular*.

Pada perancangan antena ini, antena bekerja pada frekuensi 9,4 GHz. Sehingga dengan persamaan yang didefinisikan dimensi *rectangular* sebagai berikut :

- Menghitung W *patch* (lebar patch).

$$W = \frac{\lambda_0}{2}\left(\frac{\varepsilon_r+1}{2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$ [1]

- Panjang gelombang λ_0 didapat dari rumus:

$$\lambda_0 = c/f$$ [1]

Dimana: λ_0 = panjang gelombang (m)

c = kecepatan gelombang cahaya $(3x10^8)$ m/s

f = frekuensi kerja antena (Hz)

ε_r = konstanta dielektrik bahan antena (2,2)

Maka; $\lambda_0 = \frac{3x10^8}{9{,}4\,x10^9}$ = 0,032 m = 32 mm

Sehingga diperoleh W *patch* $= \frac{32mm}{2}\left(\frac{2{,}2+1}{2}\right)^{-\frac{1}{2}}$ = 12,6 mm

- Menghitung L *patch* (Panjang Patch)

$$L = \frac{c}{2fc\sqrt{\varepsilon_{\varepsilon ff}}} - 2\Delta l \quad [1]$$

Dengan : $\varepsilon_{eff} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2}\left[\left(1 + \frac{12h}{W}\right)^{2}\right]$ [1]

$$\varepsilon_{eff} = \frac{2{,}2+1}{2} + \frac{2{,}2-1}{2}\left[\left(1 + \frac{12(1{,}57)}{12{,}6}\right)^{2}\right]$$

$$\varepsilon_{eff} = 5{,}335$$

$$\Delta l = 0{,}412h\left(\frac{\varepsilon_{eff} + 0{,}3}{\varepsilon_{eff} - 0{,}258}\right)\left(\frac{W/h + 0{,}264}{W/h + 0{,}8}\right) \quad [1]$$

$$\Delta l = 0{,}412(1{,}57)\left(\frac{5{,}335 + 0{,}3}{5{,}335 - 0{,}258}\right)\left(\frac{12{,}6/1{,}57 + 0{,}264}{12{,}6/1{,}57 + 0{,}8}\right)$$

$$\Delta l = 0{,}0435$$

Dengan memasukkan nilai diatas kedalam rumus L patch, diperoleh L

$$L = \frac{3x10^8}{2\ x\ 9.4\ GHz\ x\ \sqrt{5.335}} - 2\ x\ 0{,}0435$$

= 6,713 mm.

Sehingga didapat nilai W *patch* = 12,6 mm dan nilai L *patch* adalah 6,713 mm, dimana setelah dioptimasi dengan software CST microwave studio 2010 dimana proses optimasi ini merupakan nilai pendekatan baru dari dimensi antena dengan sudah memasukkan kemungkinan rugi lapangan didalam *softwarenya* sehingga hasilnya lebih mendekati kenyataan. Dengan proses optimasi didapat perubahan untuk nilai lebar *patch* sebesar 8,3 mm dan nilai panjang *patch* sebesar 8,3 mm untuk mendapatkan nilai dari VSWR dibawah 2. Untuk saluran transmisi menggunakan teknik penyepadanan λ/4 bertingkat, didapat nilai-nilai dari dimensinya adalah sebagai berikut :

Panjang saluran

$$l \approx \lambda/4 \quad [1] \qquad (3.5)$$

$$\approx 7{,}975 \text{ mm}$$

3.2.2 Dimensi Substrat

Bahan yang digunakan sebagai substrat untuk antena mikrostrip *patch rectangular* ini adalah perak, dimana substrat terintergrasi dengan *patch* dan tidak dengan *groundplane*. Namun substrat memiliki dimensi yang sama dengan groundplane yaitu 185 mm x 95 mm. Karakteristik dasar dari *Roger 5880 (Perak)* ini adalah sebagai berikut

1. Permitivitas relatif ε_r : 2,2
2. Ketebalan dielektrik : 1,57 mm
3. Impedansi : 50 Ω
4. Bahan : Perak

3.2.3 Dimensi *Groundplane*

Dimensi groundplane memiliki dimensi yang sama dengan substrat namun dibedakan oleh ketebalan antara substrat dan grounplane. Secara ideal *groundplane* yang digunakan memiliki luas dan tebal yang tidak terhingga *(infinite groundplane)*. Kondisi ini jelas tidak mungkin untuk direalisasikan dikarenakan oleh penggunaan bahan yang berlebihan dapat menguras biaya yang tidak sedikit pula. Namun, hal ini dapat diatasi untuk menciptakan kondisi *finite groundplane*. Untuk menghitung dimensi *groudplane*, dapar menggunakan persamaan sebagai berikut .

- Menghitung W *groundplane* (lebar *groundplane*)

  W *groundplane* = W*patch* + 6(h)[1].....(3.7)

  W= 12,6 + 6 (1,57)

  = 22,02 mm

- Menghitung L *groundplane (*panjang *groundplane)*

  L *groundplane* = L*patch* + 6 (h)[1].....(3.8)

  = 6,713+ 6 (1,57)

  = 16,133 mm

Dari hasil perhitungan – perhitungan di atas diperoleh data parameter antena mikrostrip yang ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 3.1 Dimensi *single* antena

Parameter	Nilai
W *patch*	12,6 mm
L *patch*	6,713 mm
W *groudplane*	22,02 mm
L *groundplane*	16,133 mm

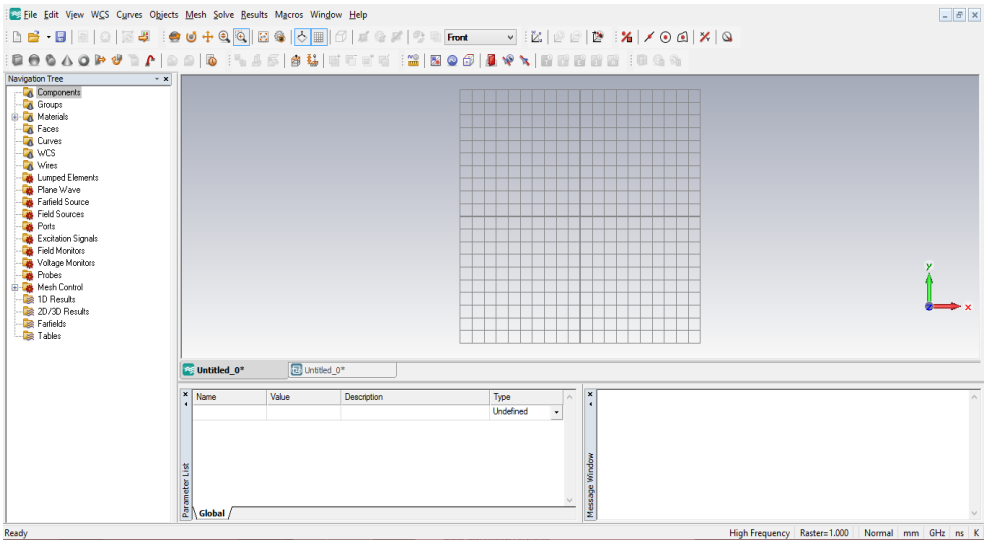
3.3 Simulasi Antena

3.3.1 Perancangan Antena pada Software CST 2010

Langkah awal adalah mendesain bentuk geometris antena sesuai perhitungan ke dalam simulator. CST Microwave Studio merupakan suatu program simulasi pemodelan tiga dimensi yang umum dipakai untuk mensimulasikan antena. Kelebihan dari CST sendiri adalah dapat mensimulasikan medan elektromagnetik dan juga bekerja pada frekuensi tinggi namun namun cepat lambatnya simulasi ini berjalan sangat didukung oleh spesifikasi komputer yang digunakan. Setelah disimulasikan, antena yang dirancang dapat diukur parameter kinerjanya seperti VSWR, Return Loss, *Gain*, Impedansi dan lain lain. Kemudian pilihlah material penyusun dari setiap elemen sesuai perencanaan. Setelah dilakukan validasi desain kemudian dilakukan disimulasikan menggunakan CST Microwave Studio. Hasil keluaran dari simulasi adalah parameter-parameter antena yang menunjukkan antena dapat berfungsi dengan baik.

Analisis pertama terhadap hasil simulasi diperlukan, apakah sudah sesuai spesifikasi awal atau belum. Jika terjadi penyimpangan maka diperlukan pencarian dimensi yang tepat melalui percobaan dengan mengacu pada karakteristik yang diharapkan.

Software CST sendiri memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri dalam perancangan antena. Akurasi yang tinggi dan tampilan parameter yang beragam serta fitur yang dapat dikatakan beragam sangat mendukung untuk merancang suatu antena dengan baik, hanya saja butuh waktu yang sangat lama untuk menjalankan suatu simulasi antena. Hal ini sangat bergantung pada spesifikasi komputer yang dipakai untuk menjalankan aplikasi ini.



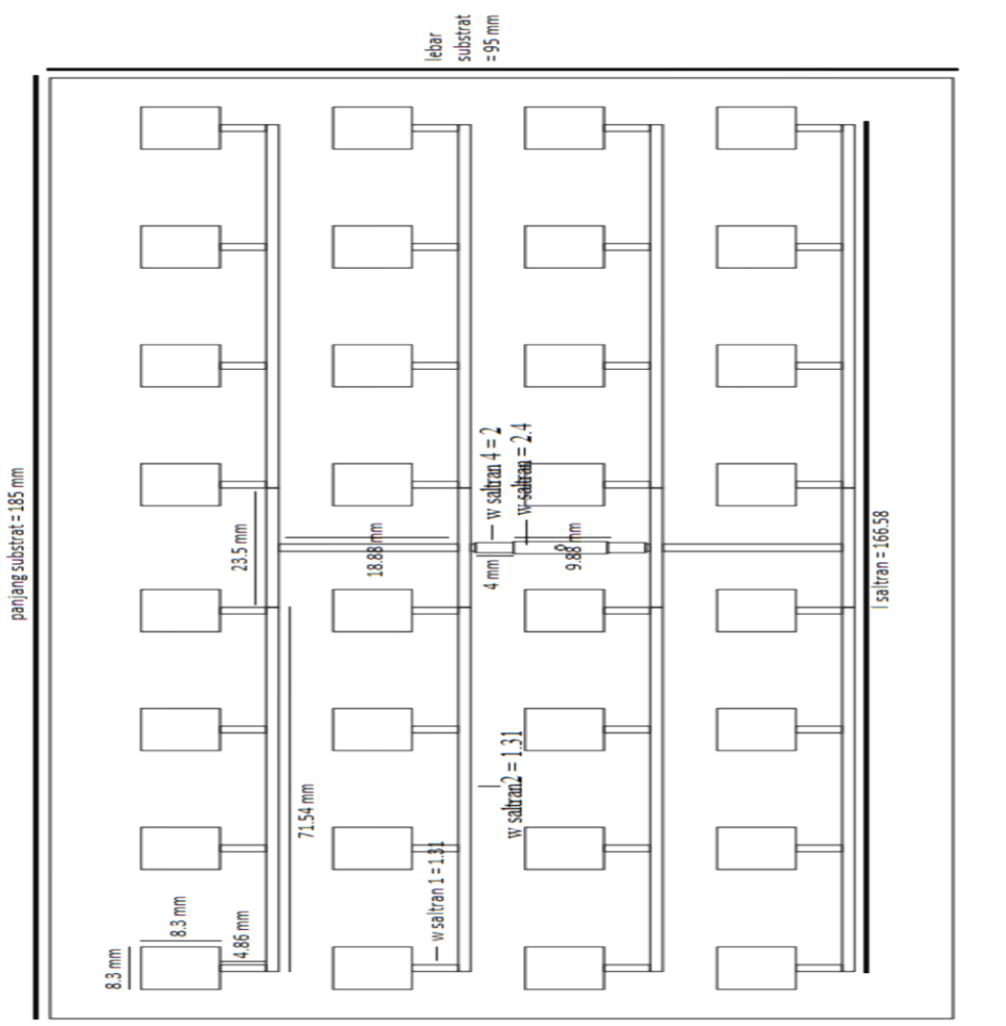
Gambar 3.3 Simulator CST 2010

Sebelum dilakukan simulasi antena, terlebih dahulu dilakukan perhitungan dimensi antena sesuai dengan frekuensi yang digunakan Perhitungan yang dilakukan menghasilkan beberapa nilai dari dimensi antena. Berikut adalah dimensi antena sebelum dilakukan optimalisasi.

Tabel 3.2 Dimensi antena sebelum optimalisasi

Komponen	**Dimensi (mm)**
h substrat Roger 5880	1,57 mm
W *groudplane*	22,02 mm
L *groundplane*	16,133 mm
P *patch*	6,713 mm
L *patch*	12,6 mm
tebal *patch* (t)	0,035 mm

Dalam perancangan sebuah antena mikrostrip, dilakukan perhitungan dimensi antena yang selanjutnya dilakukan visualisasi menggunakan software CST microwave studio sebelum dilakukan pabrikasi. Akan tetapi sebelum proses pabrikasi, perlu dilakukan optimalisasi di dalam software CST microwave studio 2010 yang mengakibatkan hasil pabrikasi menjadi optimal dimana antena dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya. Gambar dibawah ini menunjukkan dimensi antena setelah optimasi yang dilakukan pada simulator yang telah mendekati spesifikasi yang diinginkan**.**



Gambar 3.4 Desain Antena Setelah Optimasi

Tabel berikut menunjukkan dimensi antena setelah dilakukan optimasi.

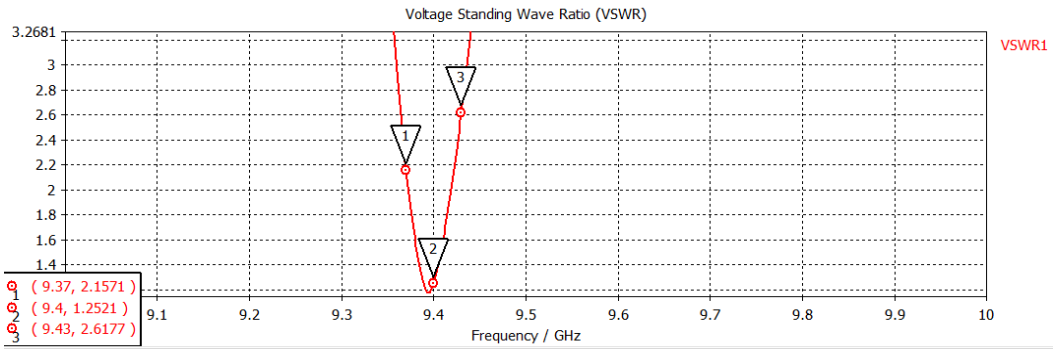
Tabel 3.3 Hasil Simulasi Dimensi Antena setelah optimalisasi

Komponen	Dimensi (mm)
h substrat Roger 5880	1,57 mm
panjang substrat/groundplane	185 mm
lebar substrat/groundplane	85 mm
W *patch*	8,3 mm
L *patch*	8,3 mm
W saltran 1	1,31 mm
W saltran 2	1,31 mm
W saltran 3	1,45 mm
W saltran 4	2 mm
W saltran	2,4 mm
L saltran 1	166,58 mm
L saltran 2	18,88 mm
L saltran 3	4,86 mm
Tebal *patch* (t)	0,035 mm

3.3.2 Hasil Simulasi Sebelum dan Setelah Optimalisasi

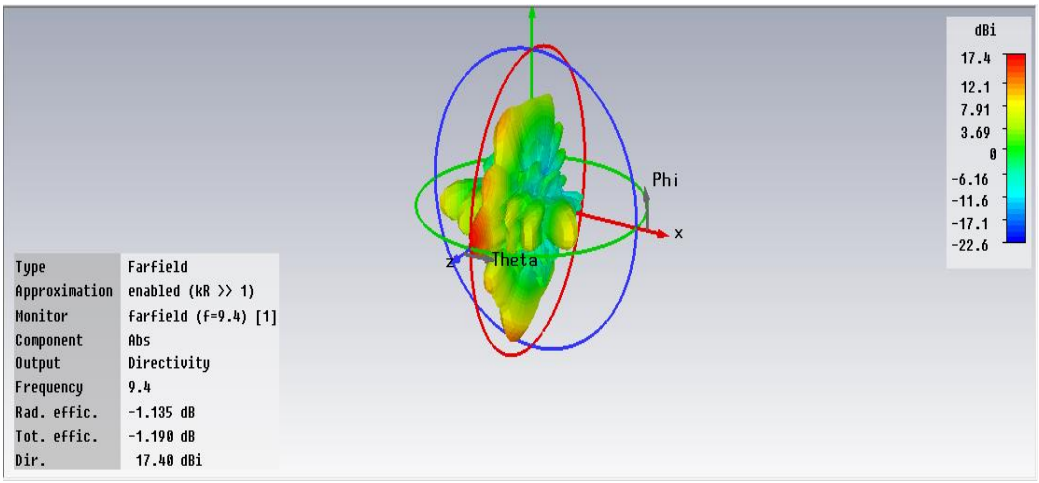
3.3.2.1 VSWR dan *Bandwidth* Simulasi

Setelah perancangan antena dilakukan di CST Microwave Studio 2010 maka akan disimulasikan (running program) sehingga menghasilkan nilai VSWR dan bandwidth. Dengan hasil pendekatan secara teoritis didapatkan parameter antenna seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.5 Grafik VSWR Pada Simulasi CST 2010 dan *Bandwidth* Sebelum Optimasi

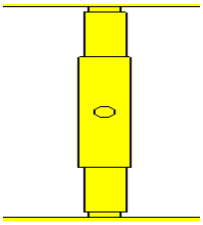
Dari data tersebut menunjukkan angka VSWR pada frekuensi kerja sudah baik namun untuk bentuk pola radiasi antena masih belum terfokus ataupun menunjukkan *mainlobe*nya, lobe-lobe yang dihasilkan masih terpancar ke berbagai arah. Dimana seharusnya antena ini memiliki pola radiasi unidirectional ataupun mengarah ke satu arah saja. Hal ini juga berdampak kepada niai *gain* dimana *gain* akan semakin berkurang karena sudah terbagi-bagi. Gambar berikut menunjukkan bentuk dari alah pola radiasi antena sebelum optimasi.



Gambar 3.6 Pola Radiasi Pada Simulasi CST 2010 Sebelum Optimasi

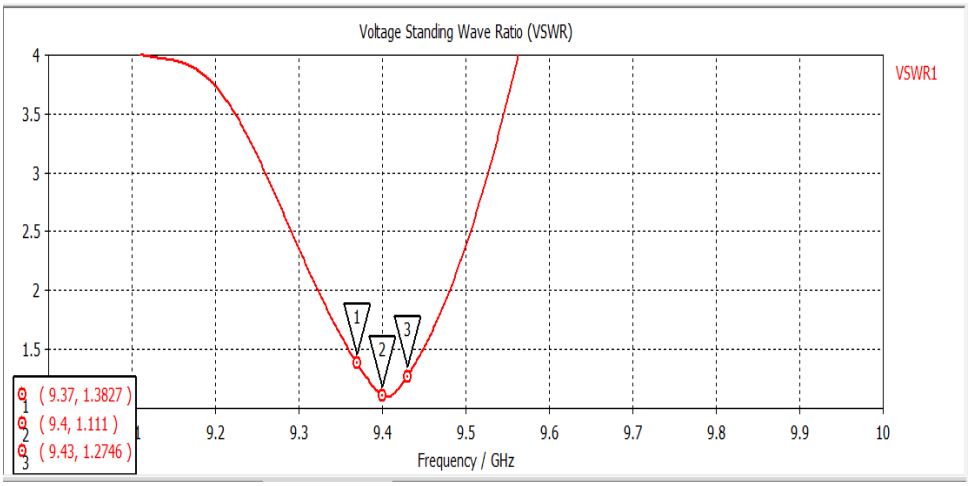
Dapat dilihat bahwa pola pancar radiasi antenna masih tidak terfokus satu arah melainkan ke berbagai arah.

Setelah dilakukan optimalisasi, terdapat beberapa perubahan hasil *bandwidth* dan pola radiasinya. *Bandwidth* yang dihasilkan hanya sekitar 25,5 MHz. Setelah dioptimasi maka disimulasikan kembali hingga mendapatkan nilai VSWR *bandwidth* serta pola radiasiyang sesuai dengan yang diinginkan. Teknik yang digunakan untuk mengoptimasi agar *bandwidth* mencapai 60 MHz menggunakan teknik trafo $\lambda/4$ bertingkat. Teknik ini digunakan untuk memperlebar *bandwidth* serta memperbaiki pola radiasi antena mikrostrip.



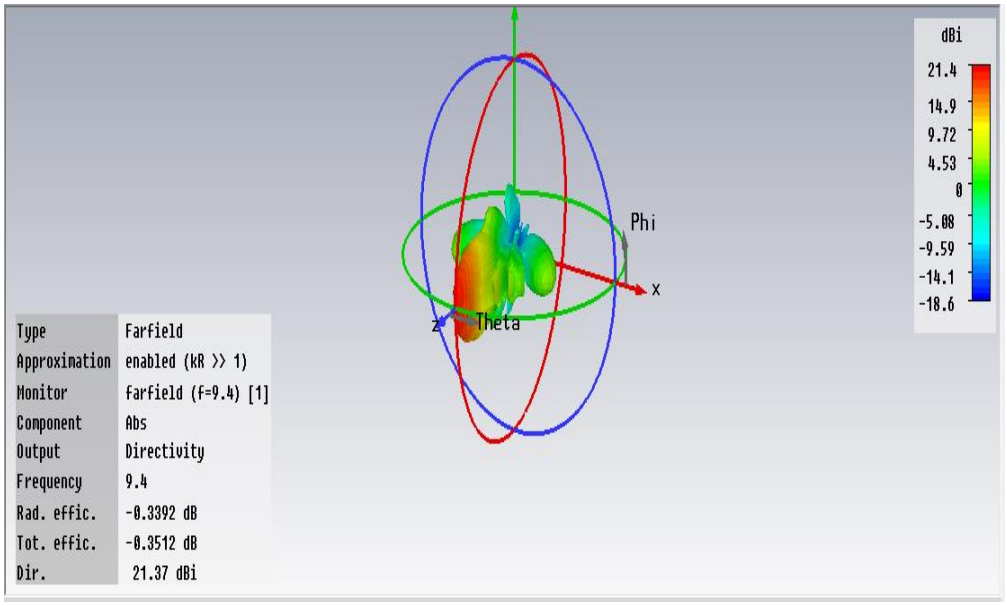
Gambar 3.7 Teknik Matching Impedance λ/4 Pada Simulasi CST 2010

Hasil simulasi yang sudah dioptimasi menghasilkan nilai VSWR dan *bandwidth* sesuai spesifikasi sebelumnya digambarkan sebagai berikut.



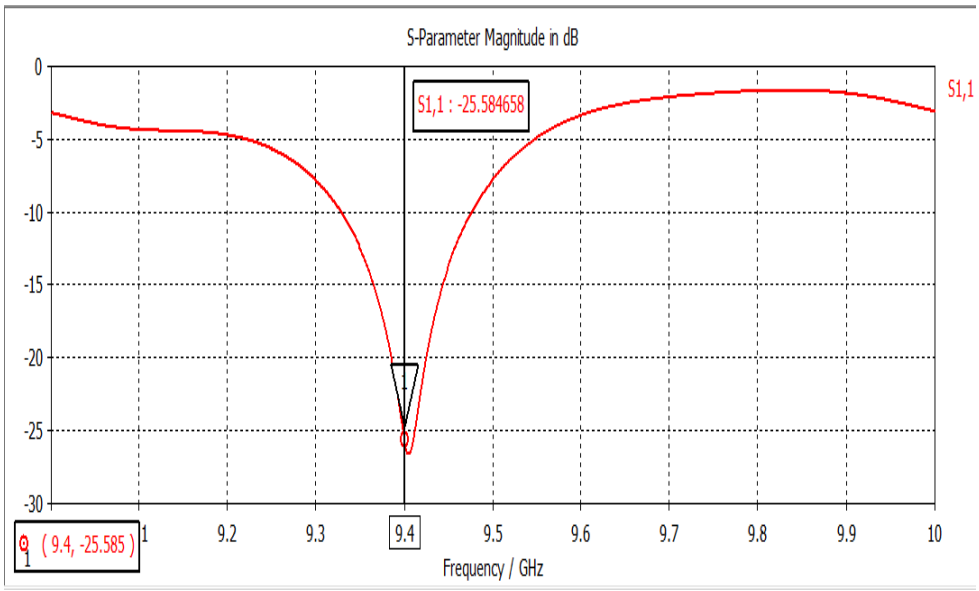
Gambar 3.8 Grafik VSWR Pada Simulasi CST 2010 dan *Bandwidth* Setelah Optimasi

Dari hasil simulasi optimasi di atas menunjukkan bahwa *bandwidth* perancangan (9,37 GHz-9,43 GHz) tercapai pada batas VSWR ≤ 1,5 dan dari hasil simulasi didapatkan *bandwidth* ≥ 60 MHz dan nilai VSWR di masing-masing frekuensi 9,37 GHz, 9,4 GHz dan 9,43 GHz adalah 1,382, 1,111 dan 1,274.Pola radiasi yang dihasilkan setelah optimasi menjadi terfokus yang menunjukkan *gain* yang tinggi.



Gambar 3.9 Pola Radiasi Pada Simulasi CST 2010 Setelah Optimasi

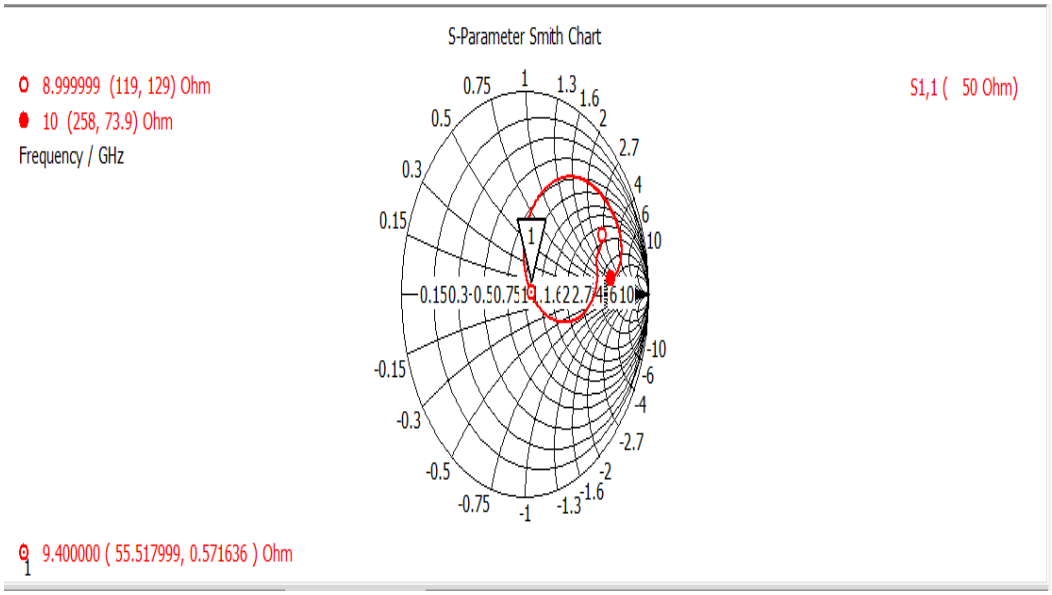
3.3.2.2 *Return Loss* Simulasi



Gambar 3.10 Grafik *Return Loss* Pada Simulasi CST 2010

Dari gambar diatas, parameter return loss (S11) bernilai -25,58 dB. Pada dasarnya return loss suatu antenna dikatakan baik jika berada kurang dari -10 dB.

3.3.2.3 Impedansi



Gambar 3.11 Grafik Impedansi Pada Simulasi CST 2010

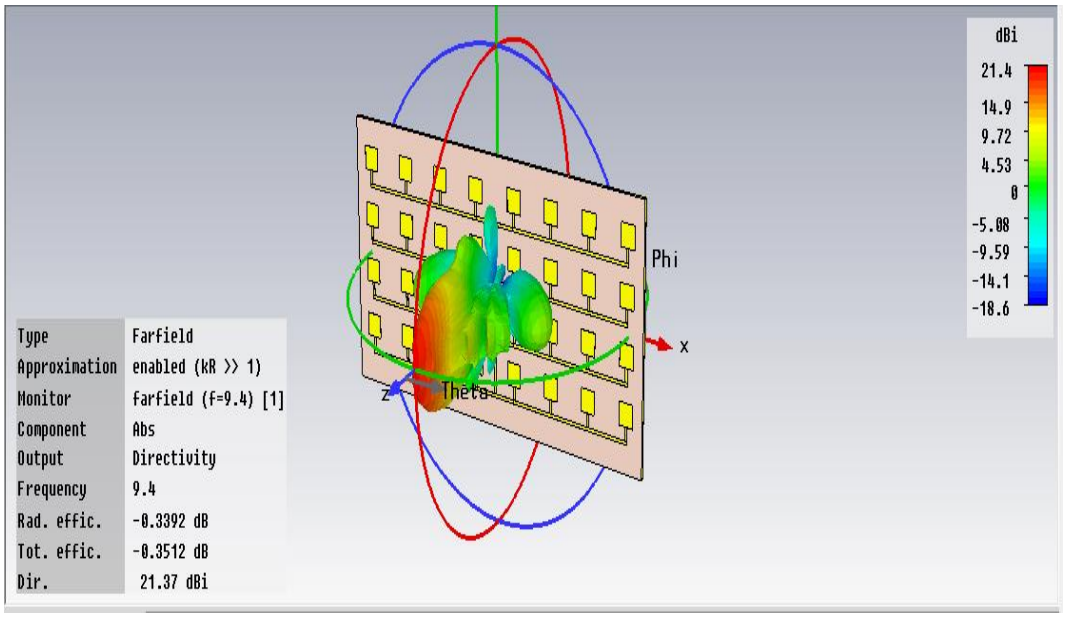
Nilai impedansi pada frekuensi 9,4 GHz adalah 55,517999+j0,571636 Ω. Dengan nilai impedansi yang mendekati 50Ω pada simulasi, menunjukkan bahwa antena bekerja mendekati maksimal karena nilai impedansi antenna mendekati nilai impedansi saluran yang juga bernilai 50 Ω. Hal ini menunjukkan sifat antena untuk meredam daya akan semakin kecil yang mengakibatkan daya yang dipancarkan semakin besar.

Perubahan nilai VSWR sebelum dan setelah optimasi dipengaruhi oleh pencatuan antena tersebut. Pencatuan yang digunakan pada antena ini menggunakan catuan probe coaxial tunggal. Distribusi arus yang masuk melalui konektor SMA Female akan melalui saluran transmisi pada antena. Sebelum ditransmisikan ke semua patch antena, akan disepadankan terlebih dahulu impedansi konektor dengan saluran transmisi.

Distribusi arus yang digunakan menggunakan distribusi arus uniform. Arus yang didistribusikan melewati trafo lambda/4 akan mengalami induksi sehingga

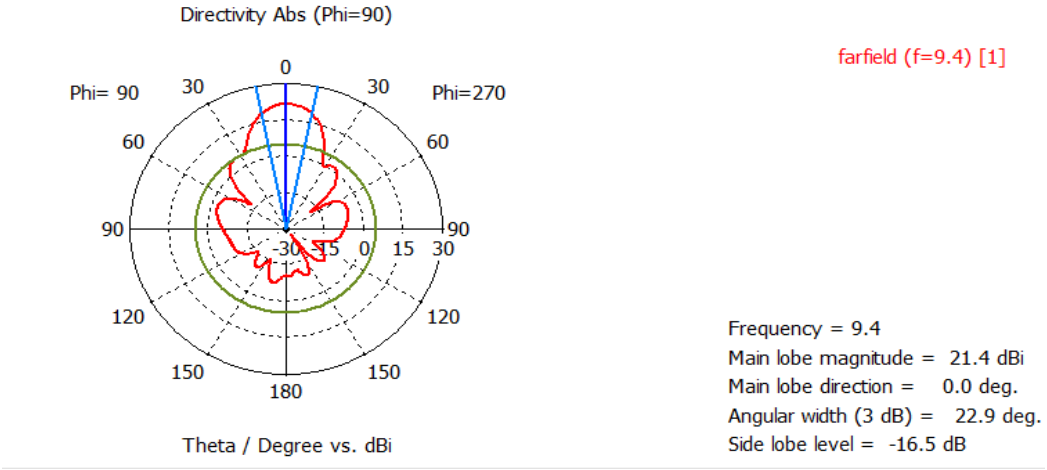
bandwidth akan semakin melebar. Sementara *gain* yang dihasilkan akan semakin berkurang. Hal itulah yang menyebabkan *bandwidth* semakin lebar.

3.3.2.4 Pola Radiasi Simulasi

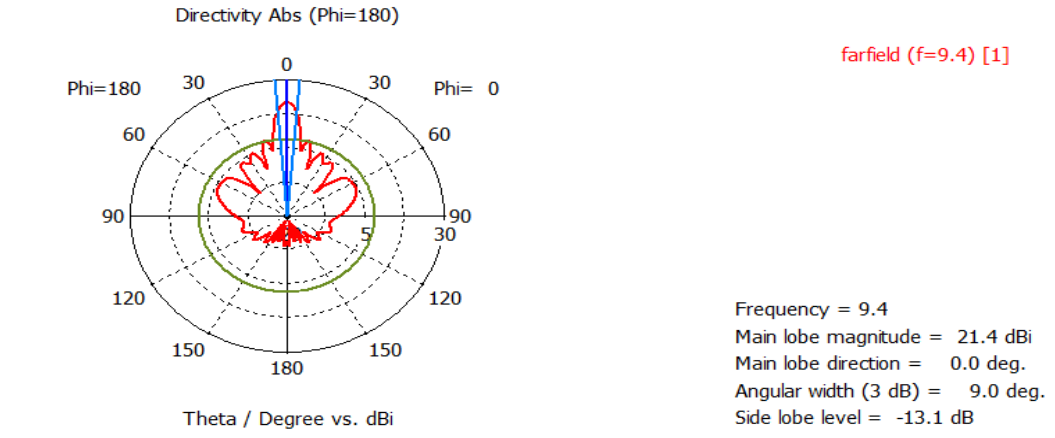


Gambar 3.12 Pola Radiasi Dan Nilai *Gain*

Dari gambar dapat dilihat bahwa terdapat satu *mainlobe* yang berwarna merah dan terfokus ke satu arah saja. Hal ini menunjukkan bahwa secara pola radiasi antenna radar sudah dapat dikatakan baik karena memliki satu arah pola radiasi yang terfokus ke satu arah saja yang mana sesuai dengan spesifikasi perancangan antenna radar yang ditetapkan sebelumnya yatu *unidirectional*. Berikut merupakan arah pola radiasi secara 2 dimensi yaitu arah bidang elevasi dan azimuth antenna.



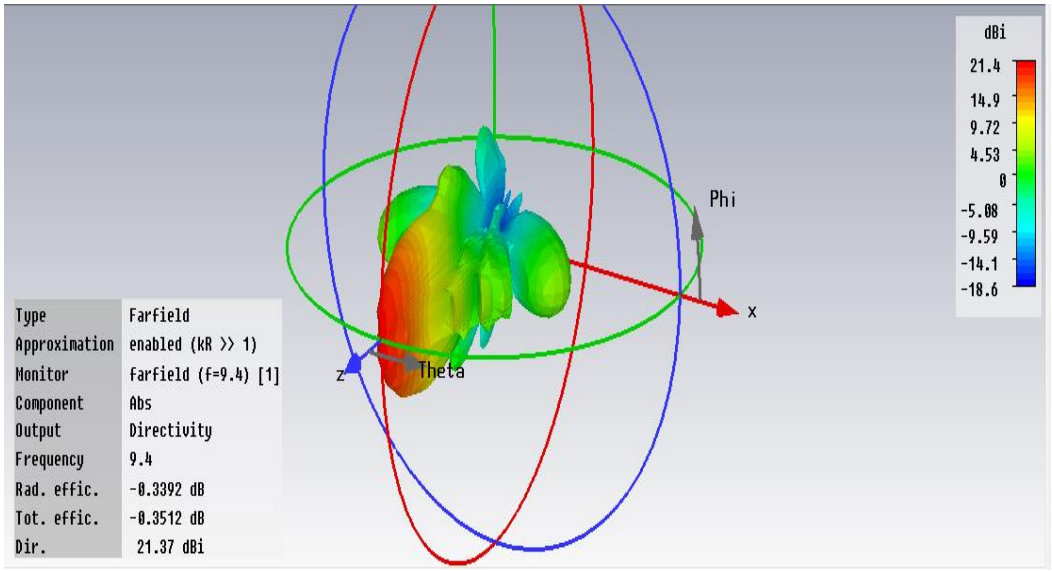
Gambar 3.13 Grafik Pola Radiasi Bidang Elevasi



Gambar 3.14 Grafik Pola Radiasi Bidang Azimuth

Gambar 3.12, 3.13 dan 3.14 menunjukkan bahwa pola radiasi antena yang dirancang adalah unidireksional (ke satu arah). Tidak terdapat indikasi bahwa antena memiliki pola radiasi yang lain baik secara azimuth maupun elevasi. Antena yang dirancang sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan sebelumnya.

3.3.2.5 *Gain* Simulasi



Gambar 3.15 Grafik *Gain* Pada Simulasi CST 2010

Dari **Gambar 3.15** menunjukkan bahwa *gain* antena hasil simulasi yang didapatkan adalah sebesar 21,4 dBi. Warna merah pada titik terfokus *mainlobe* adalah daya terkuat yang dapat dipancarkan oleh antena yang dirancang.