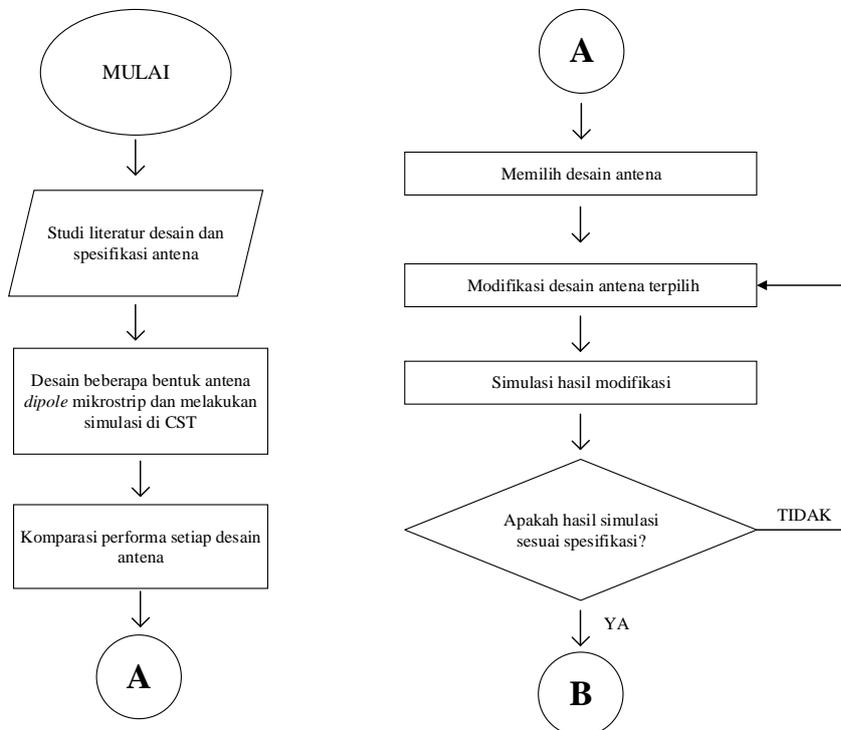


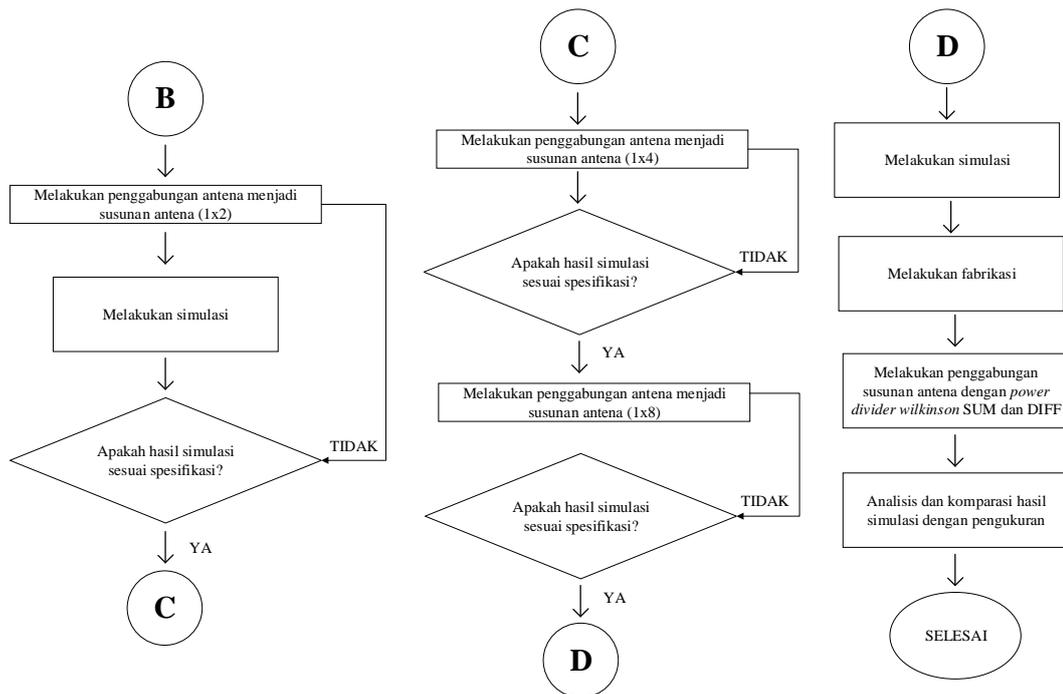
## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian yang dilaksanakan adalah rancang bangun struktur dimulai dari desain pada perangkat lunak CST *Studio Suite 2018* sampai dilakukan fabrikasi untuk melihat kinerja desain. Desain dibuat menggunakan perangkat lunak CST *Studio Suite 2018* berdasarkan desain referensi. Setelah rancangan selesai dibuat kemudian disimulasikan dan jika hasilnya belum sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka akan dilakukan proses optimasi melalui perubahan dimensi sampai ditemukan desain paling optimal untuk dilanjutkan pada proses fabrikasi.

Agar tujuan dari penelitian ini dapat tercapai maka diperlukan kerangka/tahapan dalam setiap langkah penelitian. Terdapat beberapa tahapan dalam penelitian ini yaitu tahap perancangan, fabrikasi, dan pengukuran. Tahapan tersebut direpresentasikan menjadi kerangka tahapan menggunakan diagram alir seperti Gambar 3.1 berikut.





Gambar 3.1 Diagram alir perancangan antenna mikrostrip *meander dipole*

### 3.2 Spesifikasi Rancangan

Antena mikrostrip *meander dipole* yang dirancang dalam tugas akhir ini adalah antenna yang dapat bekerja pada frekuensi *S-band*. Berikut spesifikasi yang diinginkan pada proses perancangan yaitu:

#### 3.2.1 Parameter Antena

Perancangan antenna mikrostrip *meander dipole* dimulai dengan menentukan parameter-parameter apa saja yang menunjang sehingga antenna tersebut dapat terbentuk dan bekerja. Setelah itu disimulasikan untuk dianalisis. Hasil dari simulasi tersebut menghasilkan parameter pengamatan yang ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi antenna yang dirancang

Parameter	Nilai
Parameter $S_{11}$ ( <i>Return Loss</i> )	$\leq -15$ dB (2,9 GHz – 3,1 GHz)
VSWR	$< 2$
<i>Bandwidth</i>	200 MHz (2,9 GHz – 3,1 GHz)
Impedansi	50 $\Omega$

<i>Gain</i> (antena tunggal)	> 5 dB
<i>Gain</i> (susunan antena 1x8)	14 dB
Pola radiasi	<i>Directional</i>

### 3.2.2 Bahan PCB dan Patch

Bahan yang digunakan dalam perancangan antena mikrostrip ini yaitu PCB jenis Rogers RO-4003C (*lossy*). Untuk *patch* / peradiasi dan jalur pencatutan antena menggunakan bahan tembaga (*copper*). Adapun spesifikasi PCB yang digunakan yang ditampilkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi PCB

Spesifikasi	Besaran
Permitivitas Bahan ( $\epsilon_r$ )	3,55
Tebal substrat	1,524 mm
Tebal <i>patch</i>	0,035 mm
Rugi-rugi tangen	0,0027

### 3.3 Simulasi dengan CST

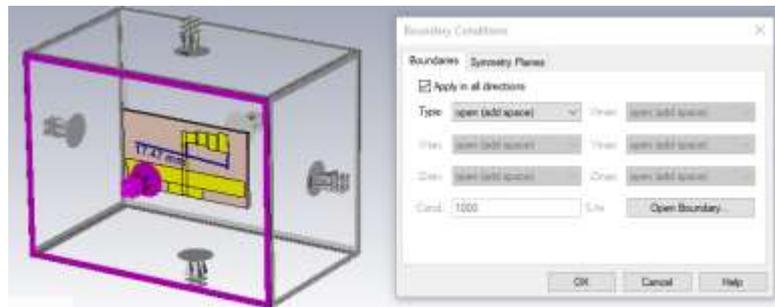
Proses simulasi menggunakan bantuan perangkat lunak CST *Studio Suite* 2018. Pengaturan awal pada CST diperlihatkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pengaturan awal pada CST *Studio Suite* 2018

### 3.3.1 Pengaturan *Boundaries*

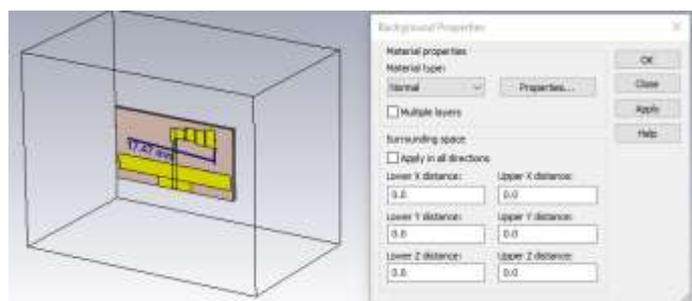
Pengaturan *boundaries* dilakukan karena komputer hanya mampu menghitung desain yang memiliki batas tertentu. Pengaturan dapat dilakukan pada bagian *simulation* → *box boundaries*. Bentuk *boundaries* digambarkan dengan bentuk kotak dan warna ungu seperti pada Gambar 3.3. Pada simulasi, digunakan *boundaries open (add space)* dan *apply* pada semua arah. Pemilihan ini didasarkan karena, *boundaries open add space* beroperasi seperti ruang bebas, namun menambahkan beberapa ruang ekstra (vakum) antara kotak pembatas dengan ruang bebas. Umumnya pengaturan ini memberikan hasil terbaik dalam melakukan simulasi antenna karena simulasi antenna dikondisikan dalam kondisi ideal di ruang bebas.



Gambar 3.3 Pengaturan *Boundaries*

### 3.3.2 Pengaturan *Background*

Pengaturan *background* adalah pengaturan di mana pada simulasi dipilih material yang akan memenuhi volume simulasi. Untuk antenna, umumnya yang digunakan adalah udara. Pada pengaturan ini dipilih normal karena memiliki karakteristik seperti pada kondisi ruang bebas. Untuk mengubahnya pilih bagian *simulation* → *background* → ubah *material type* menjadi normal, pengaturan diperlihatkan pada Gambar 3.4.

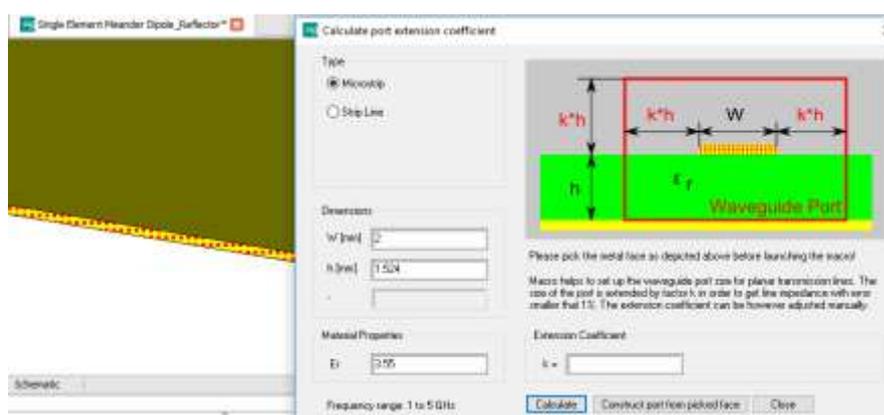


Gambar 3.4 Pengaturan *Background*

### 3.3.3 Pengaturan *Port*

Secara umum, definisi *port waveguide* adalah melampirkan seluruh bidang domain terisi di bagian penampang saluran transmisi dengan area pelabuhan. *Port* ini mensimulasikan *waveguide* tak terhingga panjang yang terhubung ke struktur. Mode *waveguide* bergerak keluar dari struktur menuju bidang batas sehingga meninggalkan domain komputasi dengan tingkat refleksi yang sangat rendah hingga di bawah -100 dB dalam beberapa kasus. Refleksi yang sangat rendah dapat dicapai apabila pola mode *waveguide* di *port* cocok dengan pola mode dari *waveguides* di dalam struktur. Untuk menentukan *port waveguide* dengan benar tergantung pada jenis saluran transmisi. Sinyal input dari *port waveguide* dinormalisasi menjadi daya puncak 1 *sqrt* (Watt).

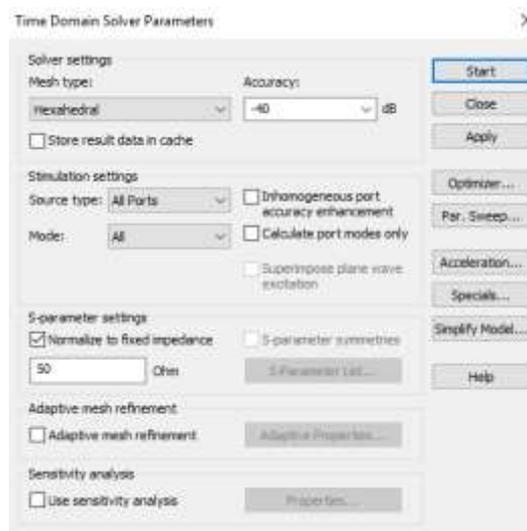
Teknik pencatutan mikrostrip yang digunakan pada laporan tugas akhir ini adalah mikrostrip *line feeding*, seperti yang sudah dijelaskan pada Bab II. Hal ini dilakukan karena metode ini akan lebih cepat untuk menentukan nilai impedansi mendekati 50 Ohm ketika dilakukan simulasi. Untuk membuat *waveguide port* pada antenna mikrostrip dapat dilakukan dengan cara *pick face* pada ujung *line feed* antenna mikrostrip. Kemudian pada bagian home klik *macros* → *port* → *calculate port extension coefficient*. Lalu klik *construct port from picked face*. Pengaturan diperlihatkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Pengaturan *Port*

### 3.3.4 Pengaturan *Solver*

*Time Domain Solver* bekerja dengan cara menghitung pengembangan bidang terhadap di lokasi waktu diskrit dan pada sampel waktu diskrit. *Time Domain Solver* menghitung transmisi energi antara berbagai *port* atau Sumber eksitasi lainnya dan / atau ruang terbuka dari struktur yang diselidiki. Akibatnya, *Time Domain Solver* sangat efisien untuk sebagian besar aplikasi frekuensi tinggi seperti konektor, jalur transmisi, filter, antena, dan lain-lain. Sehingga dapat diperoleh keseluruhan perilaku frekuensi *broadband* dari perangkat simulasi dalam satu penghitungan. Tampilan pengaturan *solver* diperlihatkan oleh Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pengaturan *Time Domain Solver*

Pada *Time Domain Solver* metode yang bekerja diklasifikasikan menjadi *Hexahedral* dan *Hexahedral TLM*. Dalam kotak dialog *Time Domain Solver Parameters* dapat dipilih tipe *mesh Hexahedral* atau *Hexahedral TLM*. Adapun untuk mengaturnya dapat memilih dialog *simulation* → *setup solver* → *time domain solver*. Kemudian akan muncul kotak dialog yang berisikan pilihan seperti *accuracy*, *adaptive mesh* dll. Pada laporan tugas akhir ini digunakan *accuracy* sebesar -40 dB untuk simulasi antena tunggal dan susunan antena. Untuk parameter lainnya di kotak dialog tidak diubah dan diatur berdasarkan *default* dari *CST Studio Suite 2018*.

### 3.4 Tahapan Perhitungan

Dalam merancang antena mikrostrip terdapat rumus yang digunakan penulis dalam menentukan masing-masing nilai dimensi, di mana sebelumnya telah dibahas pada Bab II mengenai perhitungan dimensi antena mikrostrip. Perhitungan dimensi diperlihatkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Perhitungan dimensi antena mikrostrip

NO	DIMENSI	RUMUS DAN HASIL
1.	Panjang gelombang ( $\lambda_0$ )	Untuk mendapatkan nilai $\lambda_0$ gunakan persamaan (2.32) $\lambda_0 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{3 \times 10^9 \text{ Hz}} = \underline{\underline{100 \text{ mm}}}$
2.	Lebar Saluran Pencatu ( $W_F$ )	Untuk mendapatkan nilai B, gunakan persamaan (2.26) dan mendapatkan nilai $W_F$ gunakan persamaan (2.25). *untuk $Z_0 = 50 \Omega$ $B = \frac{337\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} = 5,62$ $W_F = \left[ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r}{2\epsilon_r} (\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r}) \right]$ $W_F = \underline{\underline{2,98 \text{ mm}}}$ $L_F = \frac{\lambda_0}{4} = \underline{\underline{15,064 \text{ mm}}}$
3.	Konstanta Dielektrik Relatif ( $\epsilon_{\text{reff}}$ )	Untuk mendapatkan nilai $\epsilon_{\text{reff}}$ gunakan persamaan (2.26) dan (2.27). Pada kasus kali ini nilai $W_F/h \geq 1$ Untuk $W_F/h \geq 1$ maka $\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12\left(\frac{h}{w}\right)\right)^{-\frac{1}{2}}$ $\epsilon_{\text{reff}} = \underline{\underline{2,74}}$
4.	Lebar ( $W_S$ ) dan Panjang ( $L_S$ ) Substrat	Untuk mendapatkan panjang substrat, gunakan persamaan (2.29), (2.30), dan (2.31). Serta untuk mendapatkan lebar substrat gunakan persamaan (2.28).

		<p>a. <math>W = \frac{c}{2f_0\sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} = 33,15 \text{ mm}</math></p> <p>b. <math>\Delta L = 0,412h \frac{\epsilon_{reff} + 0,3 \frac{w}{h} + 0,264}{\epsilon_{reff} - 0,258 \frac{w}{h} + 0,813}</math></p> <p><math>\Delta L = 0,61 \text{ mm}</math></p> <p>c. <math>L_{eff} = \frac{c}{2f_0\sqrt{\epsilon_{reff}}} = 30,2 \text{ mm}</math></p> <p>d. <math>L = L_{eff} - 2\Delta L = 28,98 \text{ mm}</math></p> <p>Maka, <math>W_s = 6.h + W = \underline{\underline{42,294 \text{ mm}}}</math></p> <p><math>L_s = 6.h + L = \underline{\underline{38,124 \text{ mm}}}</math></p>
5.	Panjang gelombang ( $\lambda_G$ )	<p>Untuk mendapatkan nilai <math>\lambda_G</math> gunakan persamaan (2.34)</p> <p><math>\lambda_G = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \underline{\underline{60,39 \text{ mm}}}</math></p> <p>Maka, untuk nilai</p> <p><math>\lambda_G/2 = \underline{\underline{30,195 \text{ mm}}}</math></p> <p><math>\lambda_G/4 = \underline{\underline{15,0975 \text{ mm}}}</math></p>

### 3.5 Tahapan Perancangan

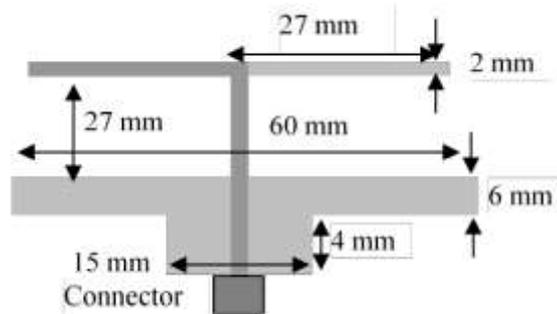
Pada tahapan ini, disimulasikan beberapa desain antena mikrostrip *dipole* yang didapatkan dari jurnal. Sebelum melakukan simulasi desain terpilih, penulis melakukan studi literatur terhadap jurnal sejenis (Isaac & et.al, 2017) (Adi & et.al, 2016) (Shivshankar, 2014). Setelah dilakukan proses simulasi, dilakukan proses penyesuaian frekuensi kerja antena dengan frekuensi kerja yang penulis inginkan. Sehingga nilai dimensi pada jurnal referensi terpilih akan disesuaikan dengan frekuensi kerja yang penulis inginkan. Setelah mendapatkan desain akhir antena mikrostrip *dipole*, selanjutnya akan dilakukan proses pengerjaan untuk susunan antena. Dimulai dari susunan antena 1x2, 1x4 sampai 1x8. Berikut bentuk geometri

dan hasil simulasi untuk antena tunggal yang tertera pada jurnal referensi terpilih sebagai berikut.

### **3.5.1 Desain 1 – Printed Dipole with Parasitic Elements**

Perancangan antena mengikuti desain referensi yaitu bentuk mikrostrip *dipole* menggunakan *parasitic elements* yang diaplikasikan pada bahan substrat RO-4003 C (*lossy*) (Jean & Ahmad, 2012).

Bentuk geometri dan detail parameter dimensi dari antenna ditunjukkan oleh Gambar 3.7 dan Tabel 3.4.



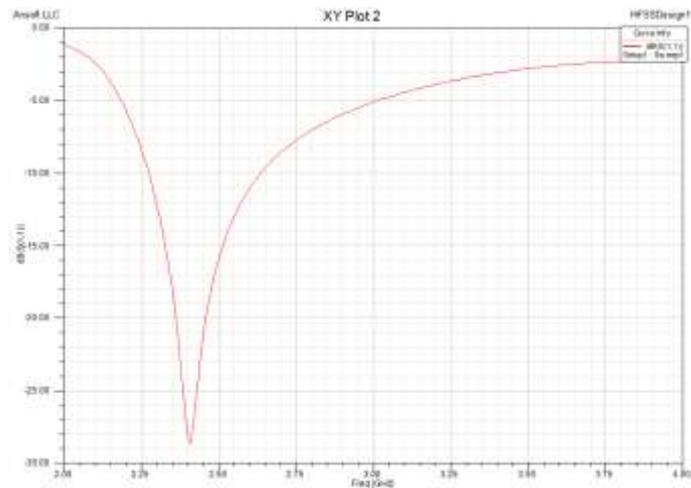
Gambar 3.7 desain referensi pertama

Tabel 3.4 Detail parameter dimensi

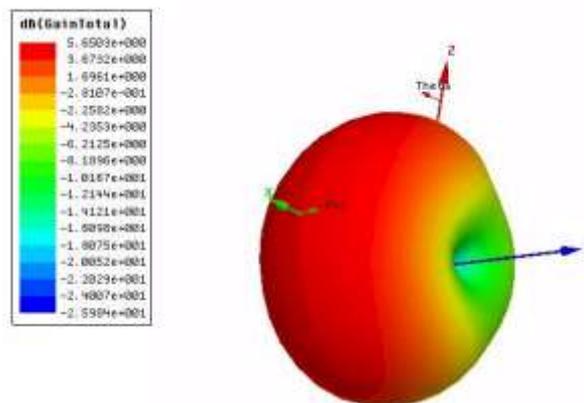
NO	Parameter	Nilai Dimensi (mm)	Deskripsi
1	PCB_Length	62,5	Panjang substrat
2	PCB_Width	42,5	Lebar substrat
3	PCB_Thickness	1,524	Tebal substrat
4	Copper_Thickness	0,035	Tebal bahan material tembaga
5	Ldip	27	Panjang dipole
6	Wdip	2	Lebar dipole
7	Lf	37	Panjang feeder
8	Wf	2	Lebar feeder
9	Lr	60	Panjang Reflektor
10	Wr	6	Lebar Reflektor
11	Lg	15	Panjang ground
12	Wg	4	Lebar Ground

Hasil *return loss* dari simulasi desain referensi pertama pada jurnal referensi ditunjukkan oleh Gambar 3.8. Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain dapat bekerja pada frekuensi 2,3 – 2,7 GHz.

Serta bentuk pola radiasi yang dihasilkan adalah *directional* dan nilai *gain* 5,6 dB seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.9.



Gambar 3.8 Hasil *return loss* dari desain referensi pertama

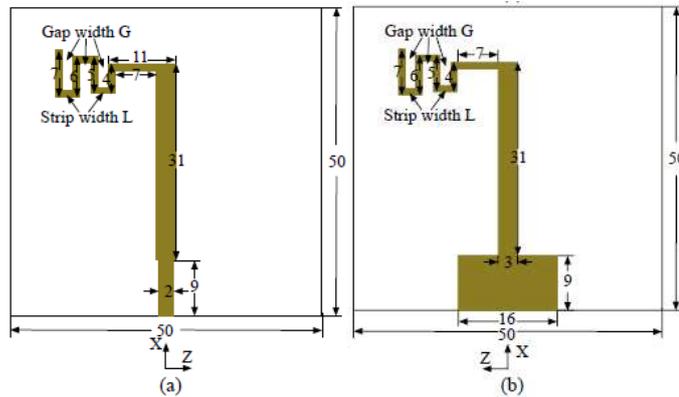


Gambar 3.9 Bentuk pola radiasi dan *gain* dari desain referensi pertama

### 3.5.2 Desain 2 – Meander Dipole

Perancangan antenna mengikuti desain referensi kedua yaitu bentuk mikrostrip *dipole* berbentuk blok *meander* (berliku) yang diaplikasikan pada bahan substrat RO-4003 C (*lossy*) (Chongyi & et.al, 2017).

Bentuk geometri dan detail parameter dimensi dari antenna ditunjukkan oleh Gambar 3.10 dan Tabel 3.5.

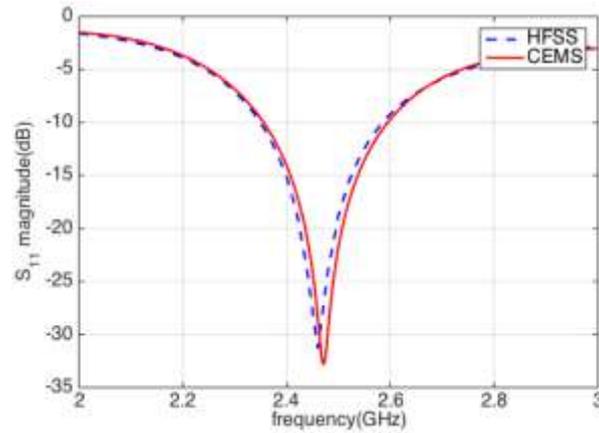


Gambar 3.10 Desain referensi kedua (a) tampak depan (b) tampak belakang

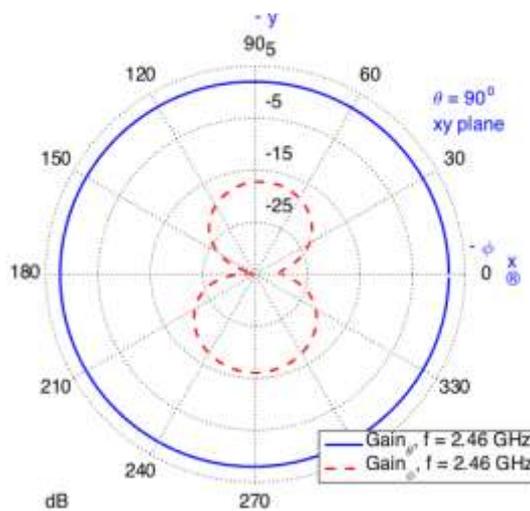
Tabel 3.4 Detail parameter dimensi

NO	Parameter	Nilai Dimensi (mm)	Deskripsi
1	PCB_Length	22,5	Panjang substrat
2	PCB_Width	47,5	Lebar substrat
3	PCB_Thickness	1,524	Tebal substrat
4	Copper_Thickness	0,035	Tebal bahan material tembaga
5	Strip_Width	1,5	Lebar blok <i>meander</i>
6	Gap_Width	2	Jarak antara blok <i>meander</i>
7	Dipole_Awal	11	Panjang <i>dipole</i> awal
8	Dipole_Width	7	Lebar <i>dipole</i> awal
9	Lf	9	Panjang saluran pencatu
10	Wf	2	Lebar saluran pencatu
11	Lcps	31	Panjang CPS
12	Wcps	3	Lebar CPS
13	Lg	16	Panjang ground
14	Wg	9	Lebar Ground
15	Meander1	4	Panjang blok <i>meander</i> ke-1
16	Meander2	5	Panjang blok <i>meander</i> ke-2
17	Meander3	6	Panjang blok <i>meander</i> ke-3
18	Meander4	7	Panjang blok <i>meander</i> ke-4

Hasil *return loss* dari simulasi desain referensi pada jurnal referensi kedua ditunjukkan oleh Gambar 3.11. Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain dapat bekerja pada frekuensi 2,35 – 2,6 GHz. Serta bentuk pola radiasi seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.12.



Gambar 3.11 Hasil *return loss* dari simulasi desain referensi pertama



Gambar 3.12 Bentuk pola radiasi

Pada penelitian ini, desain dirancangan mengikuti desain referensi dengan menggunakan substrat R0-4003 C (*lossy*). Diharapkan desain yang dirancang memiliki spesifikasi sesuai dengan Tabel 3.1.

### **3.6 Fabrikasi**

Tahap fabrikasi dilakukan setelah hasil simulasi rancangan sudah sesuai dengan spesifikasi dan tidak akan ada perubahan dalam desain. Fabrikasi dilakukan di tempat fabrikasi PCB.

### **3.7 Tahapan Penggabungan Susunan Antena 1x8 dengan *Power Divider Wilkinson* SUM dan DIFF**

Pada tahapan ini akan dilakukan proses penggabungan susunan antena 1x8 dengan *power divider wilkinson* SUM dan DIFF. Referensi *power divider* sesuai dengan konsep pada jurnal (Cohn, 1968).

### **3.8 Pengukuran Kinerja Perangkat**

Pengukuran kinerja perangkat dilaksanakan di PT. Len Industri Persero-Bandung dan Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Pengukuran dilakukan untuk antena tunggal dan susunan antena 1x8 SUM dan DIFF. Kemudian hasil dari pengukuran ini akan dibandingkan dengan hasil simulasi menggunakan *CST Studio Suite* 2018.

### **3.9 Perangkat Penunjang Penelitian**

Perangkat keras yang digunakan untuk melakukan penelitian adalah sebuah laptop HP dengan processor AMD A12-9420 @2.50 GHz dengan sistem operasi Windows 10 serta *CST Studio Suite* versi 2018 dan Microsoft Excel. Alat ukur yang digunakan adalah sebuah *Network Analyzer* Protek A333 (300 kHz – 3,2 GHz), *Spectrum Analyzer* Keysight N9343C (1 MHz – 13,6 GHz) dan *signal generator* Keysight (9 kHz – 40 GHz).

### **3.10 Analisis Data**

Analisis data dilakukan setelah mendapatkan hasil simulasi dari desain awal. Hasil simulasi dibandingkan dengan parameter kinerja yang harus dicapai. Setelah itu, dilakukan optimalisasi pada desain sampai parameter kinerja dapat dicapai. Setelah dirasa seluruh parameter kinerja desain tercapai, proses perancangan dihentikan dan dilanjutkan proses fabrikasi.

Analisis data kembali dilakukan setelah dilakukan pengukuran perangkat yang telah difabrikasi. Hasil pengukuran akan dibandingkan dengan hasil simulasi rancangan yang optimal.