

DAFTAR SINGKATAN

BW : Bandwidth

dB : Decibel

GHz : Giga Hertz

RL : Return Loss

VSWR : Voltage Standing Wave Ratio

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi terus berkembang dari waktu ke waktu seiring dengan perubahan zaman. Perkembangan dalam hal yang berkaitan dengan kecepatan turbo train, interior gerbong , pengontrolan stasiun , begitu juga dengan sarana dan prasarana serta fasilitas yang terdapat pada stasiun [20]. Transportasi merupakan unsur terpenting dalam perkembangan suatu negara, Kereta api merupakan salah satu transportasi yang penting dalam dunia perekonomian.

Kereta api sangat bergantung pada konektivitas broadband seluler yang didukung oleh jaringan yang inovatif. Dalam hal ini dapat dilihat bagaimana komunikasi pada kereta api sangat bergantung pada desain jaringan nya [16]. Dalam komunikasi untuk kereta api membutuhkan transmisi yang handal dan pola respon yang tinggi. Desain jaringan adalah proses untuk mendapatkan tata letak infrastruktur terbaik serta memenuhi persyaratan untuk cakupan yang handal dan kapasitas yang memadai adalah dasar untuk kinerja yang tinggi dalam komunikasi pada kereta api.

Peran teknologi telekomunikasi sangat penting dalam perancangan atau pembuatan antena untuk komunikasi antar gerbong kereta api. Dan antena adalah salah suatu komponen yang mempunyai peranan sangat penting dalam sistem komunikasi. Antena merupakan daerah transisi antara saluran transmisi dan ruang bebas, sehingga antenna berfungsi sebagai pemancar atau penerima gelombang elektromagnetik atau untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, lalu meradiasikannya. Dan sebaliknya, antena juga dapat berfungsi untuk menerima sinyal elektromagnetik dan mengubahnya menjadi sinyal listrik.

Antena mikrostrip ini memiliki desain yang sederhana serta murah untuk diproduksi. Produksi antena ini menggunakan teknologi sirkuit cetak modern, yang secara mekanis kuat saat dipasang di permukaan yang kaku [1].

1.2 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari penulisan Proyek Akhir ini, sebagai berikut.

1. Mampu merancang antena mikrostrip estetik berbentuk logo Kereta Api Indonesia pada frekuensi 2.4 Ghz.
2. Mampu melakukan analisa terhadap hasil simulasi dari antena yang telah dirancang.
3. Mampu memperoleh desain antena mikrostrip estetik berbentuk logo Kereta Api Indonesia dengan menggunakan *software CST Studio Suite 2019*.
4. Mampu memperoleh nilai parameter yang baik dari antena mikrostrip estetik yang dirancang.

Manfaat dari penulisan Proyek Akhir ini, sebagai berikut.

1. Dapat mengetahui tahapan dari proses perancangan estetik antena berbentuk logo kereta api.
2. Dapat mengetahui hasil dari parameter-parameter antena yang dirancang.
3. Dapat menjadikan antena mikrostrip estetik berbentuk logo Kereta Api Indonesia menjadi sebuah seni dan membuat tampilan dari sistem komunikasi menjadi lebih menarik.
4. Dapat mengetahui desain akhir dari tahapan perancangan antena mikrostrip estetik berbentuk logo Kereta Api Indonesia.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari Proyek Akhir ini, sebagai berikut.

5. Bagaimana cara merancang antena microstrip estetik berbentuk logo Kerta Api Indonesia pada frekuensi 2.4 Ghz?
6. Bagaimana cara meningkatkan *gain* pada sebuah antena?
7. Parameter apa yang akan dianalisa dari perancangan antena mikrostrip estetik berbentuk logo Kereta Api Indonesia?
8. Bagaimana perbandingan antara hasil simulasi dengan pengukuran pada antena?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari Proyek Akhir ini, sebagai berikut.

1. Perancangan ini hanya berfokus pada pengukuran antena untuk komunikasi antar gerbong kereta api.
2. Frekuensi kerja yang digunakan pada simulasi hanyalah frekuensi 2.4 GHz.
3. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan sebuah plat besi yang memiliki ketebalan 0.6 mm.
4. *Software* yang digunakan dalam perancangan estetik antena ini menggunakan *CST Studio Suite 2019*.

1.5 Metodologi

Adapun metodologi pada penelitian Proyek Akhir ini, sebagai berikut.

1. Studi Literatur

Hal yang dilakukan adalah mencari informasi dan pendalaman materi-materi yang terkait melalui referensi yang tersedia di berbagai sumber.

2. Perancangan dan simulasi

Pada tahap ini, dilakukan perancangan dengan menentukan spesifikasi dari antena yang ingin dibuat. Antena yang sudah dirancang akan disimulasikan dan dioptimalkan menggunakan *software CST studio suite 2019* untuk mengetahui hasil dari perancangan antena tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi atau tidak, jika tidak maka akan dilakukan optimasi agar performa dari antena tersebut semakin baik lagi.

3. Realisasi

Pada tahap ini dilakukan pabrikan antena dari hasil perancangan yang sudah disimulasikan dengan menggunakan *software CST Studio Suite 2019*. Proses pabrikan dilakukan dengan mencetak PCB.

4. Pengukuran

Pada tahap ini akan dilakukan pengukuran menggunakan Network Analyzer untuk mengetahui hasil dari antena yang telah dipabrikan. Pengukuran dilakukan dengan 2 kondisi, pada saat antena menggunakan plat besi dan dengan tidak menggunakan plat besi.

5. Analisis

Melakukan analisis dari hasil simulasi dan pengukuran pada antena.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan Proyek Akhir terdiri atas lima bab, dengan keterangan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini membahas tentang teori pendukung pengerjaan Proyek Akhir, seperti konsep teknologi LTE, konsep *indoor wireless solution*, dan lain sebagainya.

BAB III PERENCANAAN MICROCELL

Pada bab ini membahas tentang deskripsi Proyek Akhir, alur pengerjaan Proyek Akhir, identifikasi data, serta perhitungan *coverage planning* dan *capacity planning*.

BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS

Pada bab ini membahas tentang simulasi dan analisis perencanaan.

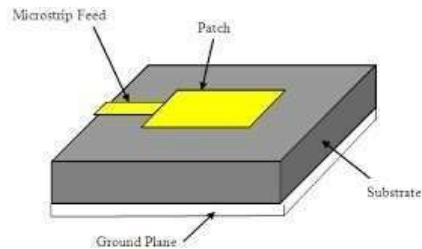
BAB V PENUTUP

Pada bab ini membahas tentang kesimpulan dari pengerjaan Proyek Akhir dan saran untuk pembaca yang akan mengambil penelitian dengan topik yang sama.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Antena Mikrostrip

Dalam sistem komunikasi antena menjadi bagian yang sangat penting dan dapat menjadi ciri khas dalam sistem komunikasi. Salah satunya adalah antena mikrostrip, Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas groundplane yang diantaranya terdapat bahan dielektrik. Antena mikrostrip mudah untuk diinstalasi, mudah dibuat, dan memiliki biaya yang rendah [2]. Antena mikrostrip juga memiliki pola radiasi directional sehingga arah pancar antenanya hanya ke arah tertentu saja . Dan antena yang terbuat dari konduktor yang menempel pada suatu dielektrik dan pada bagian bawahnya ada groundplane, atau pada umumnya dicetak pada PCB (printed circuit board). Antena mikrostrip tersusun dari 3 lapisan elemen, yaitu patch, substrate, dan groundplane seperti yang terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Antena Mikrostrip

1. Patch

Patch terbuat dari bahan konduktor dan berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara dan mendapatkan pola radiasi yang diinginkan, terletak pada bagian paling atas dari keseluruhan sistem antena.

2. Substrate

Substrate berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari catuan menuju daerah dibawah patch dan substrate sangat berpengaruh pada besar parameter-parameter antena.

3. Groundplane

Groundplane merupakan lapisan bagian bawah dari antena mikrostrip yang terbuat dari bahan konduktor dan berfungsi sebagai reflector sinyal yang diinginkan [4].

Beberapa kelebihan antenna mikrostrip yaitu, low-profile dan compact, fabrikasi mudah dan murah, bisa menghasilkan polarisasi sirkular maupun linier, bisa beroperasi pada single, dual, ataupun multi band. Sedangkan beberapa kelemahannya yaitu, bandwidth yang relatif kecil, gain yang rendah dan efisiensi rendah [3].

2.2 Aesthetic Antena

Bentuk atau design sangat mempengaruhi nilai dan juga daya tarik dari suatu objek. Keberadaan dari estetika mampu meningkatkan pengetahuan manusia mengenai unsur seni. Antena mikrostrip dikenal dengan beberapa bentuk, seperti bentuk persegi, lingkaran, elips maupun segitiga .

Pada estetika antena dapat dirancang bentuk antena yang sesuai dengan kebutuhan maupun keinginan yang bertujuan untuk memperindah tampilan dari antena tersebut serta dapat menimbulkan perasaan emosional pada siapa yang melihatnya.

Antena yang dirancang secara *aesthetic* dapat diintegrasikan dengan perangkat lain atau pun lingkungan sekitar dapat lebih menyenangkan secara visual [8].

2.3 Parameter Antena

Dalam perancangan dan pembuatan antena, diperlukan beberapa parameter untuk mengetahui apakah hasil perancangan sesuai dengan realisasi sehingga antena dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Berikut adalah beberapa parameter yang digunakan :

2.3.1 Return Loss

Return Loss merupakan ukuran berapa banyak daya yang dipantulkan kembali ke sumber ketika sinyal ditransmisikan melalui antena. *Return Loss* yang lebih besar menunjukkan bahwa lebih sedikit daya yang dipantulkan kembali ke sumber, sedangkan *return loss* yang lebih kecil menunjukkan bahwa lebih banyak daya yang dipantulkan kembali. *Return Loss* dinyatakan dalam satuan desibel (dB). *Return Loss* dihitung dengan membandingkan kekuatan sinyal kejadian dengan kekuatan sinyal yang dipantulkan. Nilai yang terbaik untuk return loss adalah ≤ 10 dB. Untuk menentukan nilai dari *return loss* dapat menggunakan persamaan berikut :

$$RL \text{ (dB)} = 20 \times \log r' \quad (2.1)$$

2.3.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) merupakan ukuran daya yang dipantulkan dalam saluran transmisi. Dan merupakan perbandingan antara gelombang berdiri tegangan maksimum dengan tegangan minimum disepanjang saluran transmisi. Nilai terbaik untuk VSWR adalah 1 dan yang paling besar adalah 2. VSWR memiliki persamaan sebagai berikut :

$$\text{VSWR} = \frac{1+|r|}{1-|r|} \quad (2.2)$$

2.3.3 Gain

Gain merupakan ukuran seberapa banyak antenna memperkuat sinyal. Semakin besar gain maka sinyal juga akan semakin kuat. Dinyatakan dalam satuan desibel (dB). Gain ditentukan oleh ukuran, bentuk, dan orientasi antenna.

2.3.4 Pola Radiasi

Pola radiasi didefinisikan sebagai representasi grafis karakteristik radiasi antenna sebagai fungsi koordinat ruang. Biasanya pola radiasi ditentukan di daerah medan jauh dan direpresentasikan sebagai fungsi koordinat arah. Karakteristik radiasi meliputi intensitas radiasi (U), kuat medan (E), dan fasa.

2.3.5 Bandwidth

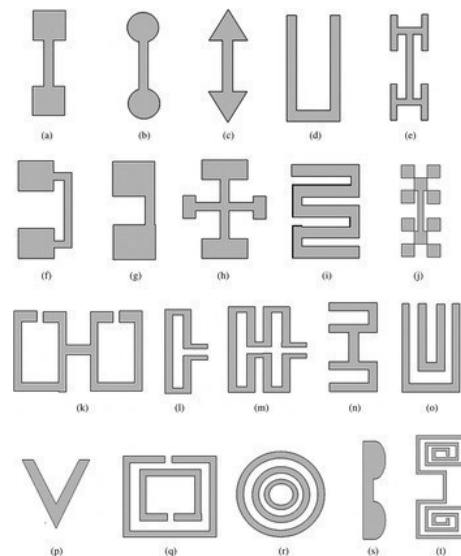
Bandwidth didefinisikan sebagai rentang frekuensi kerja dari suatu antenna. Nilai *bandwidth* dapat diketahui apabila nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas sudah diketahui [12]. Frekuensi bawah adalah nilai frekuensi awal dari frekuensi kerja antenna, sedangkan frekuensi atas merupakan nilai frekuensi akhir dari frekuensi kerja antenna [5]. *Bandwidth* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut

$$\text{BW (\%)} = \left(\frac{F_{atas} - F_{bawah}}{F_{teng}} \right) \times 100\% \quad (2.3)$$

2.4 Defected Ground Structure (DGS)

Defected Ground Structure (DGS) telah dikembangkan untuk meningkatkan karakteristik banyak pada perangkat gelombang mikro. DGS juga dapat digunakan untuk reduksi ukuran antenna. Pengetsaan cacat pada ground plane adalah sebuah teknik untuk pengurangan ukuran antenna . DGS mudah untuk menjadi rangkaian resonator LC yang setara. Nilai induktansi dan kapasitansi tergantung pada luas dan ukuran cacat. Dengan memvariasikan berbagai dimensi cacat, frekuensi resonansi yang diinginkan dapat dicapai.

Defected Ground Structure (DGS) biasanya berbentuk celah atau lubang yang ditempatkan dibidang tanah mikrostrip . Metode DGS ini telah banyak digunakan dalam perancangan antenna maupun *filter* untuk meningkatkan kinerja dan mengurangi gangguan pada frekuensi tertentu [13] [15]. Bentuk yang dihasilkan dapat berubah bentuk dari sederhana menjadi lebih kompleks untuk meningkatkan performansi yang dihasilkan [7] [17]. Pada gambar 2.2 menampilkan pola-pola yang dapat digunakan dalam metode DGS.

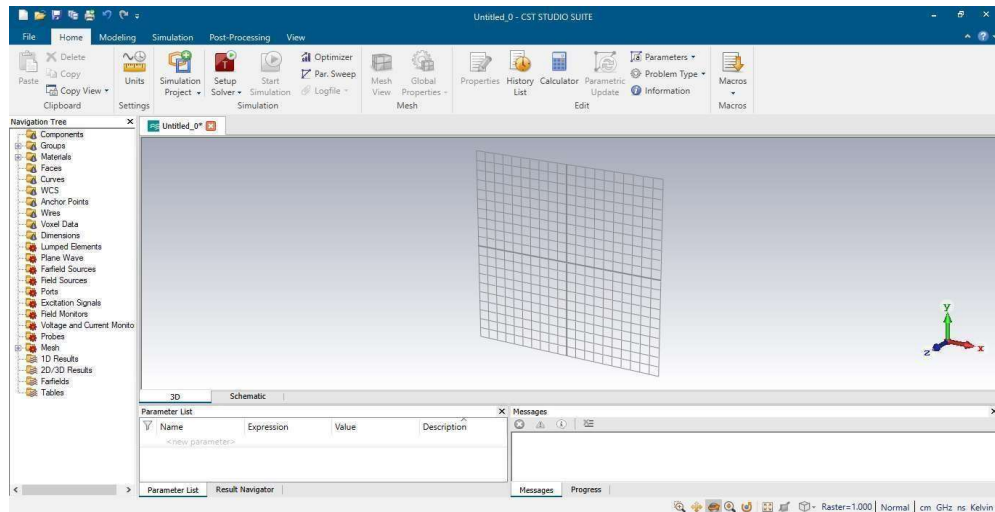


Gambar 2. 2 Pola DGS

2.5 CST Studio Suite

CST Studio Suite adalah salah satu dari beberapa perangkat lunak yang tersedia di perangkat lunak SIMULIA. *CST Studio Suite* adalah teknologi lengkap yang menggunakan antarmuka pengguna tunggal untuk memberikan akses ke

beberapa pemecah, yang terpenting termasuk Pemecah Domain Waktu yang tangguh dan multifungsi. Pengguna *CST Studio Suite* memiliki akses ke pemecah simulasi paling tangguh yang menerapkan metode seperti *Time Domain Solver* dan *Frequency Solver* [18]. Pemecah Elektromagnetik CST dibagi menjadi disiplin ilmu Frekuensi Tinggi, Frekuensi Rendah, Multifisika, Partikel, dan EMC (Kompatibilitas Elektromagnetik) & EDA (Otomasi Desain Elektronik). Pada gambar 2.3 merupakan tampilan dari *software CST Studio Suite*.



Gambar 2. 3 Tampilan Cst *Studio Suite*

2.6 Network Analyzer

Network Analyzer adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur parameter medan jauh dan medan dekat pada sebuah antenna. Parameter medan dekat sendiri terdiri dari Return Loss, VSWR, Impedansi dan Bandwidth antenna. Sedangkan pada medan jauh terdiri dari Gain, Direktivitas, Pola radiasi dan Polarisasi antenna [11]. Pada gambar 2.4 merupakan tampilan dari *Network Analyzer*.



Gambar 2. 4 *Network Analyzer*

BAB III

SIMULASI DAN PERANCANGAN

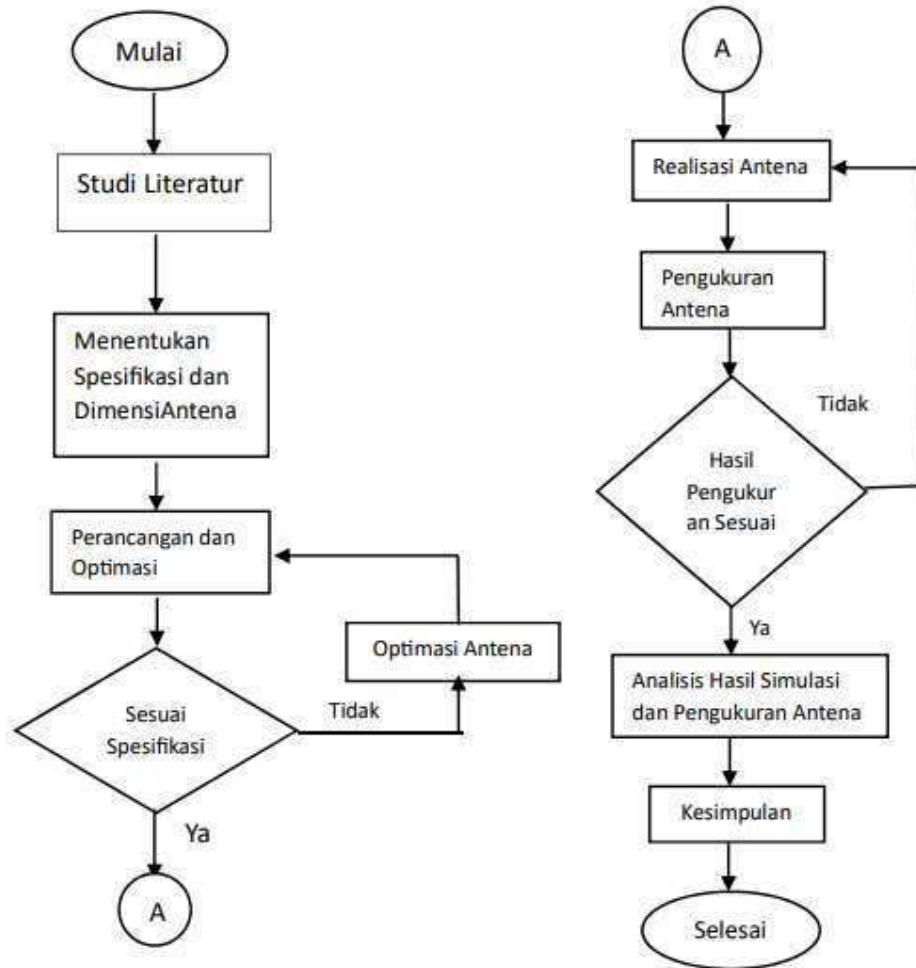
3.1 Deskripsi Proyek Akhir

Pada Proyek Akhir ini dilakukan perancangan antena untuk sistem komunikasi antar gerbong kereta api. Perancangan ini menggunakan antena mikrostrip sebagai *aesthetic* antena dengan desain *patch* berbentuk logo Kereta Api Indonesia (KAI). Antena mikrostrip pada komunikasi antar gerbong kereta api merupakan komponen yang penting yang akan digunakan untuk mentransmisikan dan menerima sinyal komunikasi antar gerbong kereta api. Antena ini nantinya akan dipasang diluar gerbong pada setiap gerbong kereta api untuk memastikan penerimaan dan transmisi sinyal yang optimal.

Tujuan dari Pengerjaan Proyek Akhir ini untuk memastikan adanya koneksi yang efisien antara gerbong kereta api. Dan tujuan lainnya adalah antena yang dirancang harus memiliki jangkauan yang optimal sehingga sinyal dapat ditransmisikan dan diterima dengan baik pada setiap gerbong. Antena harus dapat diintegrasikan dengan baik dalam gerbong kereta api tanpa mengganggu estetika nya. Antena komunikasi antar gerbong kereta api memainkan peran penting dalam memungkinkan pertukaran informasi yang cepat dan akurat antara berbagai sistem dan komponen dalam kereta api.

3.2 Proses Pengerjaan Proyek Akhir

Pada Proyek Akhir ini akan dilakukan perancangan antena mikrostrip estetik berbentuk logo Kereta Api Indonesia untuk komunikasi antar gerbong kereta api. Pada perancangan antena mikrostrip estetik ini akan dilakukan dengan beberapa tahapan. Diagram alir tahapan yang akan dilakukan, bisa dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Diagram Alir Perancangan

Pada bagian ini akan dijelaskan tahapan dan alur proses perancangan antenna mikrostrip estetik yang dilakukan melalui beberapa tahap.

Tahap pertama, mencari informasi serta pendalaman materi dan mengumpulkan studi literatur yang berkaitan dengan antenna mikrostrip yang akan dirancang dengan frekuensi kerja antenna yang berjalan pada frekuensi 2.4 GHz.

Tahap kedua, menentukan spesifikasi dan dimensi dari antenna yang akan dirancang, Spesifikasi yang terdiri atas *gain*, *VSWR*, *Return loss*.

Tahap ketiga, pada tahap perancangan digunakan dengan menggunakan software CST Studio Suite 2019. Setelah tahap perancangan selesai maka antenna dapat disimulasikan, jika hasil simulasi sesuai dengan yang diharapkan maka dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya [18][19], jika tidak sesuai maka harus dilakukan optimasi pada antenna.

Tahap keempat, jika hasil simulasi sudah sesuai dengan apa yang diinginkan, maka antenna yang sudah di rancang dapat langsung dipabrikasikan dengan membawanya ke tempat percetakan papan PCB.

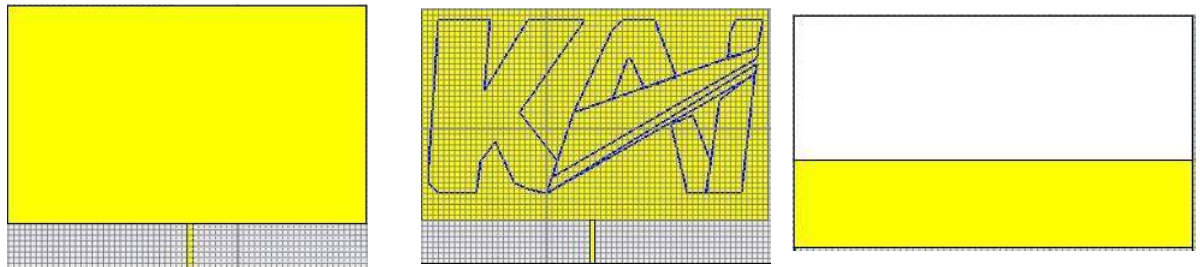
Tahap kelima, jika proses pencetakan antenna sudah selesai, maka akan dilakukan pengukuran pada antenna dengan menggunakan alat yaitu *network analyzer*.

Jika semua tahap sudah dilakukan, maka dapat dilanjutkan dengan menganalisa hasil yang didapatkan.

3.3 Perancangan dan Optimasi Antena Berlogo KAI pada Software CST Studio Suite

3.3.1 Perancangan Awal Antena Mikrostrip Berbentuk Logo KAI

Perancangan maupun *design patch* pada antenna mikrostrip sangat beragam. Seperti berbentuk persegi, lingkaran, segitiga, dan lain sebagainya. Pada perancangan ini, antenna yang dirancang memiliki patch berbentuk logo Kereta Api Indonesia (KAI), yang merupakan perkembangan dari sebuah patch dengan bentuk persegi dan dikembangkan menjadi sebuah logo KAI. Pada Gambar 3.2 merupakan proses pengembangan dari antenna mikrostrip rectangular menjadi antenna mikrostrip berbentuk logo Kereta Api Indonesia (KAI).



Gambar 3. 2 Proses Pengembangan Antena

Desain awal antenna yang dibuat menggunakan bahan yang dipakai yaitu FR-4 (*Lossy*) dengan ketebalan 1.6 mm dan tembaga dengan ketebalan 0.035 mm. Dimensi Panjang Substrat (W_s) yaitu 64 mm dan lebar substrat yaitu 37 mm. dan lebar saluran (L_s) pencatu 2 mm. Panjang *patch* (W_p) yaitu 61 mm dan lebar *patch* (L_p) yaitu 34 mm. Panjang *feedline* (W_f) 2mm dan lebar *feedline* (L_f) yaitu 8mm. Panjang groundplane (W_g) yaitu 64 mm dan lebar groundplane (L_g) yaitu 14 mm.

Langkah untuk merancang patch mikrostrip yaitu dengan menentukan nilai dari dimensi patch persegi dengan menggunakan persamaan (3.1) sebagai berikut [6] :

$$W = \frac{c}{2f} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (3.1)$$

Keterangan :

ϵ_r : konstanta dielektrik

C : kecepatan cahaya pada ruang hampa (3×10^8 m/s)

f : frekuensi resonansi (Hz)

Dalam menentukan panjang patch (L) diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L [6].

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W_p}}} \right] \quad (3.2)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (3.3)$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W_p}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W_p}{h} + 0.8 \right)} \quad (3.4)$$

$$L_p = L_{eff} - 2\Delta L \quad (3.5)$$

Keterangan :

h : tebal dari substrat

ϵ_{reff} : konstanta dielektrik relative

L_{eff} : panjang patch efektif

Sedangkan untuk mendapatkan dimensi panjang ground plane (L_g) dan lebar ground plane (W_g) digunakan persamaan (3.6) dan (3.7). [6] sebagai berikut :

$$L_g = L + 6h \quad (3.6)$$

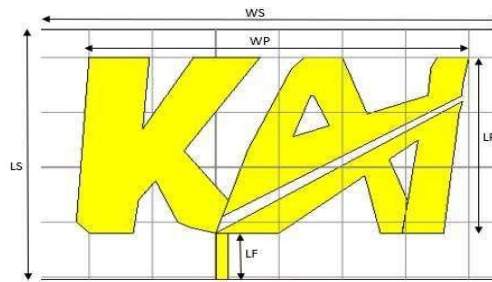
$$W_g = W + 6h \quad (3.7)$$

3.3.2 Optimasi Antena

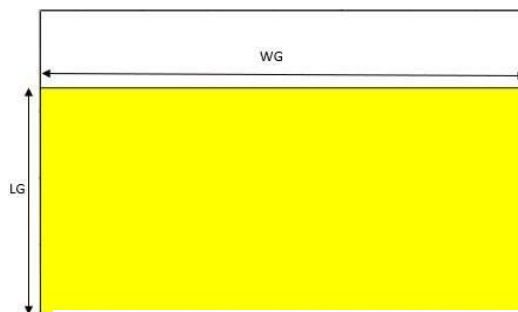
Optimasi antena merujuk pada proses merancang dan mengatur parameter antena dengan tujuan untuk meningkatkan performa antena sesuai dengan kriteria yang ditentukan. Untuk mendapatkan hasil simulasi yang sesuai dengan kriteria, maka dibutuhkan modifikasi pada dimensi antena. Modifikasi yang dilakukan dapat berupa mengubah dimensi patch, slot, dan feed pada antena. Langkah pertama untuk melakukan optimasi yaitu dengan memilih metode yang digunakan dalam optimasi lalu menentukan range untuk setiap parameter yang dioptimasi [10].

3.3.2.1 Optimasi Antena dengan feedline bawah

Perancangan antena mikrostrip estetik berbentuk logo Kereta Api Indonesia dengan menggunakan *software CST Studio Suite*. Antena mikrostrip yang dirancang menggunakan *feedline* dari bawah seperti yang terlihat pada gambar 3.3 dan pada bagian belakang antena terdapat *groundplane* yang sudah menggunakan metode DGS yang dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 3 Tampilan Depan Antena



Gambar 3. 4 Tampilan Belakang Antena

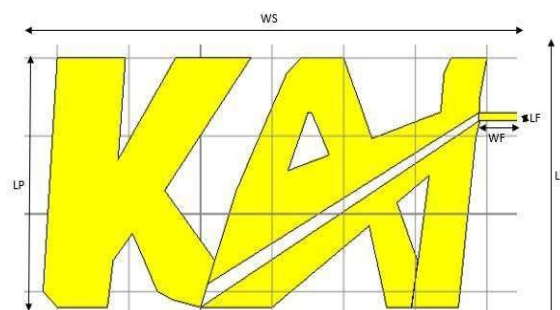
Komponen	Simbol Komponen	Dimensi (mm)
Panjang Substrat	Ws	70
Lebar Substrat	Ls	44
Panjang Patch	Wp	62
Lebar Patch	Lp	32
Panjang Feedline	Wf	2
Lebar Feedline	Lf	12
Panjang Groundplane	Wg	70
Lebar Groundplane	Lg	34

Tabel 3. 1 Dimensi Antena Feedline Bawah

Pada tabel 3.1 menunjukkan dimensi dari antena mikrostrip yang di desain berdasarkan panjang (W) dan lebar (L) agar mendapatkan hasil sesuai dengan yang diinginkan.

3.3.2.2 Optimasi Antena dengan Feedline Samping

Perancangan antena mikrostrip estetik berbentuk logo Kereta Api Indonesia dengan menggunakan software CST Studio Suite. Antena mikrostrip yang dirancang menggunakan feedline dari samping seperti yang terlihat pada gambar 3.5 dan pada bagian belakang antena terdapat groundplane yang sudah menggunakan metode DGS yang dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3. 5 Tampilan Depan Antena