

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi telekomunikasi yang pesat telah membawa umat manusia menuju era komunikasi generasi kelima, atau yang dikenal dengan teknologi 5G (*Fifth Generation*). Teknologi 5G merupakan pengembangan dari generasi sebelumnya (4G LTE) dengan membawa sejumlah peningkatan signifikan, seperti kecepatan data yang jauh lebih tinggi, latensi yang sangat rendah, koneksi simultan yang masif, serta efisiensi energi yang lebih baik [1]. Untuk mendukung implementasi 5G di Indonesia, pemerintah melalui Kementerian Komunikasi dan Informatika (KOMINFO) berencana melelang spektrum frekuensi 700 MHz pada awal tahun 2026. Frekuensi ini termasuk dalam pita low-band 5G, yang memiliki keunggulan jangkauan lebih luas dan penetrasi sinyal yang baik ke dalam bangunan, meskipun kecepatan data lebih rendah dibanding mid-band atau mmWave [2].

Pemilihan frekuensi 700–800 MHz untuk 5G di Indonesia menjadi sangat relevan karena spektrum ini memungkinkan ekspansi jaringan secara luas, terutama di daerah perkotaan maupun pedesaan, sekaligus mendukung konektivitas yang andal untuk layanan komunikasi modern. Dengan adanya rencana pelelangan frekuensi tersebut, diperlukan penelitian untuk mendukung implementasi antena yang optimal pada pita frekuensi ini.

Antena memegang peranan penting dalam sistem transmisi dan penerimaan sinyal radio. Antena mikrostrip dipilih karena memiliki ukuran yang ringkas, biaya produksi rendah, mudah diintegrasikan dengan sistem planar, serta mudah difabrikasi menggunakan teknologi PCB [3]. Namun, antena mikrostrip konvensional memiliki beberapa keterbatasan, antara lain bandwidth yang relatif sempit, gain yang terbatas, dan efek mutual coupling yang tinggi jika disusun dalam konfigurasi *array* atau MIMO [4].

Namun demikian, antena mikrostrip konvensional memiliki beberapa kelemahan, antara lain bandwidth yang relatif sempit, gain yang terbatas, dan kerentanan terhadap efek *mutual coupling* terutama jika disusun dalam konfigurasi *array* atau MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) [5]. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam desain antena mikrostrip agar dapat memenuhi kebutuhan performa sistem komunikasi 5G. Salah satu pendekatan yang efektif adalah dengan menambahkan slot pada patch antena, seperti *double U-slot*, yang telah terbukti mampu memperluas bandwidth dan meningkatkan performa radiasi [6]. Selain

itu, penerapan *Defected Ground Structure* (DGS), yaitu modifikasi pada *ground plane* untuk mengontrol arus permukaan dan distribusi medan elektromagnetik, juga dapat membantu mengurangi *mutual coupling* dan meningkatkan efisiensi radiasi. Studi-studi terdahulu secara konsisten melaporkan peningkatan isolasi yang signifikan. Sebagai contoh, Shirpay dkk [7] menunjukkan penurunan sebesar 36,5 dB, diikuti oleh penelitian Xing et al [8] dengan penurunan 28,8 dB, dan Kang et al.[9] dengan penurunan 28 dB.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa antenna mikrostrip pada frekuensi 700 MHz memang cenderung memiliki bandwidth sempit dan gain rendah, sehingga diperlukan teknik optimasi lanjutan. Pada penelitian [10], antenna mikrostrip *rectangular* untuk aplikasi LTE 700 MHz hanya menghasilkan gain sebesar 1,5–2,1 dBi dengan bandwidth sekitar 87,3 MHz, dan pola radiasi omnidirectional. Hasil ini menunjukkan bahwa antenna konvensional tanpa optimasi cenderung belum memenuhi kebutuhan sistem komunikasi modern yang menuntut gain lebih tinggi dan bandwidth lebih luas.

Selain itu, penelitian [11] mengenai antenna spiral slotted mikrostrip pada 700 MHz juga memperlihatkan bahwa antenna pada frekuensi rendah membutuhkan teknik khusus untuk memperlebar bandwidth serta memperbaiki performa radiasi. Pada studi tersebut, teknik slotting dan miniaturisasi spiral masih menghasilkan bandwidth yang relatif terbatas (50–100 MHz) dan pola radiasi yang tidak sepenuhnya optimal karena adanya scan-blindness dan variasi directivity. Hasil ini menguatkan bahwa antenna 700 MHz membutuhkan optimasi impedansi, modifikasi *ground plane*, atau konfigurasi *array* agar performanya meningkat secara signifikan.

Dalam penelitian ini, dilakukan perancangan antenna mikrostrip *array* 4×4 berbentuk *rectangular patch*. Antenna ini dirancang untuk bekerja pada frekuensi 700–800 MHz, sehingga diharapkan mampu mendukung kebutuhan komunikasi 5G dengan performa yang optimal. Konfigurasi *array* 4×4 dipilih untuk meningkatkan gain pada antenna antenna mikrostrip.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan utama dalam pengembangan antenna untuk aplikasi seluler 5G pada frekuensi 700–800 MHz adalah keterbatasan antenna mikrostrip konvensional yang cenderung memiliki bandwidth sempit dan gain yang terbatas. Selain itu, proses pencocokan impedansi (*impedance matching*) sering kurang optimal, sehingga menyebabkan *return loss*

tinggi dan nilai VSWR kurang baik. Kondisi ini diperparah dengan konfigurasi patch tunggal (single patch) yang umumnya tidak mampu menghasilkan gain yang memadai untuk kebutuhan sistem komunikasi 5G low-band.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan penerapan metode peningkatan kinerja antenna, seperti step impedance transformer untuk memperbaiki pencocokan impedansi, partial ground plane technique untuk memperlebar bandwidth dan meningkatkan efisiensi, serta konfigurasi *array* antenna untuk meningkatkan gain dan memperbaiki pola radiasi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menjawab permasalahan performa antenna pada aspek bandwidth, gain, dan impedance matching pada frekuensi 700–800 MHz.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengoptimasi antenna mikrostrip berbasis patch persegi panjang (*rectangular patch*) dengan konfigurasi *array* 4×4 yang bekerja pada frekuensi 700–800 MHz untuk aplikasi seluler 5G low-band. Upaya optimasi dilakukan melalui penerapan teknik step impedance transformer guna meningkatkan impedance matching dan menurunkan return loss, serta partial ground plane technique untuk memperlebar bandwidth dan meningkatkan efisiensi radiasi. Selain itu, digunakan pula konfigurasi *array* antenna untuk meningkatkan gain dan menghasilkan pola radiasi yang lebih directional.

Penelitian ini menargetkan performa antenna dengan return loss (S_{11}) < –10 dB, bandwidth mendekati 100 MHz, gain lebih dari 6 dBi, polarisasi linear, serta pola radiasi directional sehingga antenna yang dirancang mampu mendukung kebutuhan sistem seluler 5G low-band secara optimal.

1.4 Ruang Lingkup Permasalahan

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

- a. Frekuensi kerja antenna difokuskan pada 700–800 MHz untuk mendukung implementasi aplikasi seluler 5G low-band di Indonesia.
- b. Perancangan dan analisis antenna dilakukan sepenuhnya melalui simulasi menggunakan perangkat lunak CST Studio Suite 2025, tanpa proses fabrikasi dan pengukuran fisik.

- c. Bentuk patch antenna yang digunakan adalah *rectangular patch* yang dioptimasi dengan metode *step impedance transformer* dan dikembangkan dalam konfigurasi *array* 4×4, tanpa penambahan slot maupun teknik pencatutan non-konvensional.
- d. Ground plane menggunakan konfigurasi partial ground plane, tanpa menerapkan teknik Defected Ground Structure (DGS) atau struktur bidang tanah cacat lainnya.
- e. Parameter performa antenna yang dianalisis meliputi return loss (S11), bandwidth, gain, VSWR, impedansi, polarisasi, dan pola radiasi, berdasarkan hasil simulasi 3D elektromagnetik.

1.5 Metode Penyelesaian Masalah

Agar perancangan dan penelitian ini mendapatkan data yang akurat dan objektif sehingga dapat dijadikan acuan dalam merancang antenna untuk aplikasi seluler 5G low-band, maka diperlukan metode penelitian yang sistematis. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

- a. Studi Pustaka

Tahapan ini dilakukan dengan mencari dan mempelajari referensi terkait antenna mikrostrip, *rectangular patch*, teknik peningkatan performa antenna seperti *step impedance transformer*, *partial ground plane*, dan konfigurasi *array*. Referensi juga mencakup teori mengenai parameter performa antenna (gain, return loss, VSWR, bandwidth, polarisasi, dan pola radiasi). Studi pustaka diperoleh dari jurnal, prosiding, buku, serta sumber daring yang relevan. Selain itu, dilakukan pendalaman terkait penggunaan perangkat lunak CST Studio Suite 2025 sebagai alat bantu simulasi.

- b. Desain dan Perancangan Antena

Pada tahap ini dilakukan perancangan antenna mikrostrip *rectangular patch* yang dioptimasi melalui penerapan **step impedance transformer** untuk meningkatkan impedance matching, serta **partial ground plane** untuk memperlebar bandwidth. Desain antenna dikembangkan secara bertahap mulai dari patch 1×1, kemudian 1×2, hingga konfigurasi *array* 4×4 untuk meningkatkan gain dan menghasilkan pola radiasi yang lebih directional. Seluruh proses desain dilakukan menggunakan CST Studio Suite 2025.

- c. Simulasi Antena

Simulasi dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik antenna berdasarkan parameter utama, meliputi return loss (S11), bandwidth, gain, VSWR, impedansi, polarisasi, dan pola radiasi. Simulasi dilakukan pada setiap tahap desain ($1 \times 1 \rightarrow 1 \times 2 \rightarrow 4 \times 4$) untuk memastikan efektivitas teknik optimasi yang diterapkan.

d. Analisis Hasil Simulasi

Hasil simulasi dianalisis untuk mengetahui apakah desain antenna telah memenuhi target performa, seperti return loss < -10 dB, bandwidth lebar, dan gain tinggi. Analisis juga digunakan untuk menilai efektivitas **step impedance transformer**, **partial ground plane**, serta konfigurasi *array* dalam meningkatkan kinerja antenna pada frekuensi 700–800 MHz.

e. Penulisan laporan

Hasil dari seluruh tahapan penelitian kemudian disusun dalam bentuk laporan sebagai dokumen akhir penelitian, yang mencakup uraian desain, hasil simulasi, analisis performa, serta kesimpulan penelitian.



