

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi komunikasi seluler generasi kelima (5G) menghadirkan peningkatan signifikan dalam kecepatan transmisi data, kapasitas jaringan, efisiensi spektrum, dan latensi yang rendah dibandingkan generasi sebelumnya [1]. Teknologi ini dirancang untuk mendukung berbagai layanan masa depan, seperti *enhanced Mobile Broadband* (eMBB), *Ultra-Reliable Low Latency Communications* (URLLC), dan *massive Machine Type Communications* (mMTC) [1], [2]. Di Indonesia, implementasi teknologi 5G telah dimulai sejak tahun 2021 dan terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan pertukaran informasi yang semakin intensif [3].

Salah satu pita frekuensi utama yang digunakan secara global dan menjadi kandidat kuat frekuensi *mid-band* untuk 5G di Indonesia adalah pita New Radio (NR) n78 yang beroperasi pada rentang 3,3–3,8 GHz [2]. Pita frekuensi 3,5 GHz ini dianggap sangat potensial karena memiliki kemampuan penetrasi yang lebih baik dibandingkan frekuensi *millimeter-wave* (mmWave) serta mampu memberikan keseimbangan antara cakupan layanan yang luas dan kapasitas transmisi data yang tinggi [4]. Untuk mendukung sistem komunikasi pada pita ini, diperlukan antena yang mumpuni dengan karakteristik *bandwidth* yang lebar, *gain* yang memadai, serta efisiensi radiasi yang tinggi [2].

Antena mikrostrip menjadi pilihan utama dalam sistem komunikasi nirkabel modern karena memiliki dimensi yang kecil, ringan, tipis, serta biaya produksi yang relatif murah [1], [3]. Selain itu, profilnya yang rendah memudahkan antena ini untuk diintegrasikan langsung pada perangkat elektronik atau *Printed Circuit Board* (PCB) [2]. Namun demikian, antena mikrostrip konvensional memiliki keterbatasan yang melekat, yaitu *bandwidth* yang sangat sempit dan *gain* yang relatif rendah [5]. Tantangan lainnya muncul saat menggunakan substrat FR-4 yang ekonomis, di mana rugi-rugi dielektrik yang tinggi dapat menurunkan efisiensi antena. Keterbatasan ini menjadi penghambat dalam memenuhi spesifikasi standar 5G yang menuntut *data rate* tinggi.

Berbagai teknik telah dikembangkan untuk meningkatkan performa antena mikrostrip, salah satunya melalui modifikasi bentuk *patch* dan *groundplane*. Penerapan *rectangular slot* pada *patch* diketahui mampu mengubah distribusi arus permukaan sehingga menghasilkan beberapa mode resonansi yang berdekatan [6]. Kondisi tersebut dapat meningkatkan *bandwidth* serta memperbaiki karakteristik pencocokan impedansi antena. Selain itu, penggunaan *frame ground* pada *groundplane* juga menjadi salah satu metode yang efektif dalam meningkatkan *gain* dan memperlebar *bandwidth* tanpa mengubah ukuran antena secara signifikan [7].

Kombinasi kedua teknik tersebut diharapkan mampu menghasilkan performa antenna yang lebih baik dibandingkan antenna mikrostrip konvensional.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perancangan antenna mikrostrip *rectangular patch* yang dilengkapi dengan *rectangular slot* dan *frame ground* untuk aplikasi 5G New Radio n78. Desain ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh modifikasi geometri pada *patch* dan *groundplane* terhadap parameter performa antenna, meliputi *return loss* (S11), *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam menghasilkan rancangan antenna yang efisien dan siap diimplementasikan pada perangkat komunikasi 5G masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang antenna mikrostrip *rectangular patch* berbasis substrat FR-4 yang mampu bekerja pada pita frekuensi 5G NR n78 (3,3–3,8 GHz)?
2. Bagaimana menentukan dimensi awal *rectangular patch*, *feedline* 50 Ω , substrat, dan *groundplane* berdasarkan persamaan dasar perancangan antenna mikrostrip?
3. Bagaimana pengaruh penerapan *rectangular slot* pada *patch* terhadap peningkatan *bandwidth*, pencocokan impedansi, dan karakteristik resonansi antenna?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan *frame ground* pada *groundplane* terhadap nilai *return loss* (S11), VSWR, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi antenna?
5. Bagaimana karakteristik akhir antenna yang dihasilkan berdasarkan parameter performa berupa *return loss* (S11), VSWR, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi sehingga memenuhi kebutuhan aplikasi 5G NR n78?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang antenna mikrostrip *rectangular patch* berbasis substrat FR-4 yang dapat bekerja pada rentang frekuensi 5G NR n78 (3,3–3,8 GHz).
2. Menentukan dimensi awal *rectangular patch*, *feedline* 50 Ω , substrat, dan *groundplane* berdasarkan persamaan teoritis perancangan antenna mikrostrip.
3. Menganalisis pengaruh penerapan *rectangular slot* pada *patch* terhadap peningkatan *bandwidth*, karakteristik resonansi, dan pencocokan impedansi antenna.
4. Menganalisis pengaruh penggunaan *frame ground* terhadap nilai *return loss* (S11), VSWR, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi antenna mikrostrip.

5. Mengevaluasi performa akhir antenna berdasarkan parameter *return loss* (S_{11}), VSWR, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi untuk aplikasi 5G NR n78.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Antena yang dirancang merupakan antena mikrostrip *rectangular patch* menggunakan substrat FR-4 dengan konstanta dielektrik relatif $\epsilon_r = 4,4$ dan ketebalan $h = 1,6$ mm.
2. Perancangan antena difokuskan untuk bekerja pada pita frekuensi 5G NR n78, yaitu 3,3–3,8 GHz, dengan frekuensi tengah awal 3,5 GHz.
3. Rancangan awal merupakan antena *rectangular patch* konvensional yang terdiri atas *patch*, *feedline* 50 Ω , dan *groundplane*, kemudian dilakukan modifikasi dengan menambahkan *rectangular slot* pada *patch* dan *frame ground* pada *groundplane*.
4. Teknik peningkatan performa antena dibatasi pada penerapan *rectangular slot* pada *patch* dan *frame ground* pada *groundplane* tanpa menggunakan teknik optimasi lainnya, seperti *Electromagnetic Band Gap* (EBG), metamaterial, atau *array antena*.
5. Analisis performa antena meliputi parameter *return loss* (S_{11}), VSWR, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi.
6. Perancangan dan optimasi antena dilakukan menggunakan perangkat lunak CST *Studio Suite*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan antena mikrostrip untuk aplikasi 5G NR n78 melalui penerapan teknik *rectangular slot* dan *frame ground* yang menggunakan substrat FR-4.
2. Menyediakan informasi mengenai pengaruh *rectangular slot* dan *frame ground* terhadap karakteristik antena, meliputi pencocokan impedansi, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi.
3. Menghasilkan rancangan antena mikrostrip yang efisien, berbiaya rendah, dan mudah direalisasikan menggunakan teknologi *Printed Circuit Board* (PCB) untuk aplikasi komunikasi 5G.
4. Memberikan data perbandingan antara desain antena konvensional dan desain hasil modifikasi sehingga peningkatan performa antena dapat dianalisis secara kuantitatif.
5. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya mengenai pengembangan antena mikrostrip untuk aplikasi komunikasi nirkabel generasi kelima (5G).

1.6 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan proposal tugas akhir ini disusun sebagai berikut.

1. **BAB I PENDAHULUAN** Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.
2. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA** Berisi teori-teori yang mendukung penelitian, meliputi konsep dasar antenna mikrostrip, antenna *rectangular patch*, teknik *rectangular slot*, *frame ground*, teknik pencatutan menggunakan *feedline*, parameter performa antenna, serta teknologi 5G NR *band n78*.
3. **BAB III METODOLOGI PENELITIAN** Berisi tahapan penelitian yang meliputi studi literatur, perhitungan dimensi awal antenna, perancangan menggunakan CST *Studio Suite*, optimasi desain, simulasi, dan analisis hasil.
4. **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN** Berisi hasil perancangan antenna mikrostrip meliputi nilai *return loss* (S_{11}), *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), *bandwidth*, *gain*, pola radiasi, serta analisis pengaruh penerapan *rectangular slot* dan *frame ground* terhadap peningkatan kinerja antenna.
5. **BAB V PENUTUP** Berisi kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil perancangan, simulasi, dan analisis performa antenna mikrostrip untuk aplikasi 5G NR *n78*, serta saran yang dapat dijadikan acuan dalam pengembangan penelitian selanjutnya.

