

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, simulasi, dan analisis antenna mikrostrip patch *array* untuk aplikasi *Adaptive Cruise Control* (ACC) pada frekuensi 24 GHz, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan antenna mikrostrip dalam konfigurasi elemen tunggal, *array* 2×2, dan *array* 4×4 dengan substrat FR4 dan RT/*Duroid* 5880 berhasil dilakukan. Seluruh desain memenuhi kriteria return loss ( $S_{11}$ ) < -10 dB dan VSWR < 2, sehingga pencocokan impedansi tercapai dengan baik.
2. Pengaruh substrat menunjukkan bahwa RT/*Duroid* 5880 memiliki performa lebih baik dibandingkan FR4. Pada konfigurasi *array* 4×4, substrat FR4 hanya mencapai *gain* 10,46 dBi, sedangkan RT/*Duroid* 5880 mencapai 11,54 dBi, meningkat menjadi 11,89 dBi setelah optimasi. Dengan demikian, RT/*Duroid* lebih unggul dalam hal return loss, VSWR, dan *gain*.
3. Teknik modifikasi desain seperti *inset feed*, *truncated corner*, dan *corporate feed* memberikan perbaikan pada performa antenna. *Inset feed* meningkatkan pencocokan impedansi, *truncated corner* membantu pengaturan *beamwidth*, dan *corporate feed* mendistribusikan daya lebih merata pada *array*. Namun, meskipun terjadi peningkatan performa, hasilnya tetap belum memenuhi seluruh standar ACC.
4. Perbandingan dengan standar ACC dan produk komersial menunjukkan bahwa antenna hasil rancangan masih lebih rendah, terutama pada parameter *gain* dan *beamwidth*. Standar ACC menetapkan *gain* minimal 12,6 dBi dengan *beamwidth* azimuth 15–25°, sementara hasil terbaik penelitian ini hanya mencapai *gain* 11,89 dBi dengan *beamwidth* minimum 26,15°.
5. Kesesuaian terhadap kebutuhan ACC belum terpenuhi secara menyeluruh. Walaupun parameter return loss, VSWR, dan radius teoritis ( $R_{th} \geq 100$  m) sudah sesuai target, kelemahan utama terletak pada *gain* yang terlalu rendah dan *beamwidth* yang terlalu lebar. Oleh karena itu, antenna hasil rancangan belum layak digunakan langsung untuk aplikasi ACC tanpa pengembangan lebih lanjut.

Secara umum, konfigurasi *array* 4×4 dengan substrat RT/*Duroid* 5880 pasca optimasi merupakan desain yang paling mendekati spesifikasi ACC.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian lanjutan, yang diurutkan berdasarkan tingkat urgensinya sebagai berikut:

1. Jika tetap menggunakan frekuensi 24 GHz, disarankan untuk mengembangkan *array* dengan jumlah elemen yang lebih besar, seperti konfigurasi 8×8, 16×16, atau 25×25. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan *gain* dan mempersempit *beamwidth*, agar lebih mendekati spesifikasi ideal fungsi ACC,

2. Disarankan beralih ke pita 77 GHz dengan material substrat yang sama untuk hasil yang lebih aplikatif, atau tetap menggunakan pita 24 GHz dengan mengeksplorasi material substrat yang berbeda,
3. Penelitian di masa mendatang perlu mempertimbangkan teknik optimasi lain seperti penambahan slot, modifikasi *ground*, penerapan material metamaterial, atau penggabungan teknik dual/triple resonance untuk mencapai performa antena yang lebih optimal pada seluruh parameter, dan

Untuk mengatasi keterbatasan *beamwidth* dan meningkatkan kontrol arah pancaran sinyal, disarankan agar penelitian selanjutnya mengintegrasikan teknik beamforming atau beamsteering aktif.

