

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan meningkatnya mobilitas masyarakat, kebutuhan akan layanan komunikasi data yang andal terus mengalami peningkatan [1]. Kebutuhan tersebut tidak hanya terjadi di wilayah perkotaan, tetapi juga pada jalur antarpulau yang memiliki aktifitas tinggi. Jalur pelayaran Tanjung Uban–Batam merupakan salah satu wilayah dengan mobilitas dan aktivitas ekonomi yang padat. Jalur pelayaran ini berperan sebagai sarana pengangkutan, logistik, dan aktivitas maritim.

Namun, kualitas sinyal komunikasi seluler di wilayah perairan masih sering mengalami gangguan seperti penurunan daya terima sinyal, konektivitas yang tidak stabil, dan kecepatan internet yang rendah [2]. Permasalahan ini disebabkan oleh kondisi lingkungan yang berbeda dibandingkan wilayah daratan. Selain itu, lokasi *Base Transceiver Station* (BTS) yang umumnya dibangun di wilayah daratan menyebabkan jarak antara pengguna di perairan dengan BTS menjadi lebih jauh. Semakin besar jarak antara BTS dan pengguna, maka semakin besar pula redaman propagasi yang terjadi sehingga kekuatan sinyal yang diterima cenderung menurun. Kondisi tersebut menunjukkan adanya tantangan dalam penyediaan layanan komunikasi data yang andal di wilayah perairan.

Lingkungan perairan memiliki karakteristik propagasi gelombang elektromagnetik yang kompleks, seperti pengaruh kelengkungan bumi, pantulan permukaan laut, redaman jarak, serta kondisi cuaca yang dapat menurunkan kualitas sinyal [3]. Karakteristik tersebut dapat memengaruhi proses transmisi sinyal dari BTS menuju perangkat pengguna sehingga kualitas komunikasi menjadi kurang optimal, terutama pada lokasi yang berada jauh dari jangkauan BTS. Kondisi ini menjadi semakin kompleks karena jaringan seluler di Indonesia umumnya beroperasi pada beberapa pita frekuensi LTE secara bersamaan, seperti 900 MHz, 1800 MHz, dan 2300 MHz [4]. Penggunaan beberapa pita frekuensi tersebut menuntut perangkat antena yang mampu bekerja pada rentang frekuensi yang berbeda dengan performa stabil di lingkungan perairan.

Dalam menghadapi kondisi tersebut, perangkat komunikasi seperti modem LTE banyak digunakan untuk menyediakan layanan internet berbasis LTE [5]. Namun, performa perangkat ini sangat bergantung pada kualitas antena eksternal buatan pabrik yang umumnya memiliki keterbatasan dalam penerimaan sinyal, sehingga kurang efektif di lingkungan perairan yang kompleks. Penggunaan antena eksternal dengan karakteristik yang lebih sesuai menjadi salah satu pendekatan yang dapat diterapkan pada kondisi tersebut.

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang telah banyak dikembangkan dalam sistem komunikasi nirkabel karena bentuk yang ringkas, desain yang ringan, biaya pembuatan yang relatif rendah, dan kemudahan integrasi dengan perangkat komunikasi [6]. Namun, antena mikrostrip konvensional memiliki keterbatasan, seperti *bandwidth* yang sempit, *gain* yang relatif rendah, dan sifat arah radiasi yang kurang optimal [7]. Untuk mengatasi keterbatasan ini, dilakukan pengembangan struktur antena dengan menambahkan *slot* berbentuk U pada *patch* antena.

Penambahan U-*slot* pada antena mikrostrip bertujuan untuk menghasilkan karakteristik multiresonansi yang dapat memperluas *bandwidth* dan dapat mendukung aplikasi *multiband* [8]. Teknik ini memungkinkan antena bekerja pada beberapa frekuensi sekaligus tanpa menambah dimensi secara signifikan. Dengan demikian, performa antena dapat ditingkatkan sesuai dengan kebutuhan sistem komunikasi modern. Pendekatan ini menjadi salah satu solusi efektif dalam meningkatkan kualitas sinyal LTE.

Beberapa penelitian dalam sepuluh tahun terakhir menunjukkan bahwa penambahan U-*slot* pada antena mikrostrip secara signifikan mampu meningkatkan *bandwidth*, memperbaiki nilai *return loss* (S11), mengoptimalkan kinerja VSWR, serta meningkatkan *gain* antena. Penelitian oleh Ardianto menunjukkan bahwa antena mikrostrip *rectangular* dengan U-*slot* mampu meningkatkan *bandwidth* hingga 16,54% dan menghasilkan *return loss* sebesar -29,38 dB [9]. Selanjutnya, penelitian oleh Sanaz membuktikan bahwa rekayasa U-*slot* pada antena mikrostrip *rectangular* mampu meningkatkan *bandwidth* hingga 18,39% dibandingkan antena tanpa *slot* [10]. Penelitian oleh Deshmukh menunjukkan bahwa antena mikrostrip dengan U-*slot* memiliki kemampuan yang

baik dalam menghasilkan beberapa mode resonansi pada satu struktur antenna [11]. Keberadaan beberapa mode resonansi tersebut memungkinkan antenna bekerja pada lebih dari satu frekuensi, sehingga mendukung karakteristik *multiband*. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa desain *U-slot* mampu memberikan *bandwidth* yang lebih lebar serta *gain* yang relatif stabil pada rentang frekuensi kerjanya. Temuan ini menunjukkan bahwa struktur *U-slot* berpotensi untuk dikembangkan pada sistem komunikasi nirkabel yang membutuhkan operasi pada beberapa pita frekuensi secara bersamaan.

Berdasarkan penelitian terdahulu, antenna mikrostrip yang dikembangkan telah menunjukkan karakteristik yang baik sesuai dengan kebutuhan aplikasinya masing-masing. Namun, penelitian-penelitian tersebut masih memiliki perbedaan pada frekuensi kerja, jenis antenna, maupun lingkungan pengujiannya. Hingga saat ini, belum ditemukan penelitian yang secara khusus merancang antenna mikrostrip *U-Slot multiband* untuk mendukung frekuensi LTE 900 MHz, 1800 MHz, dan 2300 MHz pada modem LTE serta mengevaluasi kinerjanya pada lingkungan maritim. Kondisi tersebut menjadi dasar perlunya penelitian lebih lanjut untuk mengisi celah penelitian yang masih ada.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji kinerja antenna mikrostrip *U-slot* LTE *multiband* pada frekuensi LTE. Pengujian dilakukan menggunakan perangkat modem LTE untuk mengetahui peningkatan kualitas sinyal secara langsung di lingkungan pelayaran Bintan–Batam. Pengukuran dilakukan melalui perbandingan kualitas sinyal antara antenna mikrostrip *U-slot* dengan antenna eksternal buatan pabrik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem komunikasi nirkabel, khususnya untuk penerapan di wilayah maritim.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dipaparkan, terdapat beberapa permasalahan yang menjadi fokus pembahasan dalam penelitian ini. Rumusan masalah ini disusun sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian, sehingga pembahasan yang dilakukan tetap sesuai dengan lingkup kajian. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan, fabrikasi, dan kinerja antenna mikrostrip U-slot pada frekuensi kerja modem LTE yang ditinjau dari parameter VSWR, *return loss* (S11), *gain*, dan pola radiasi?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan antenna mikrostrip U-slot terhadap peningkatan kualitas sinyal modem LTE di jalur pelayaran Bintan–Batam dibandingkan dengan antenna eksternal buatan pabrik?

C. Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini disusun untuk memperjelas ruang lingkup pembahasan agar penelitian tetap terarah sesuai tujuan yang telah ditetapkan. Dengan adanya batasan masalah, penelitian yang dilakukan dapat fokus pada aspek-aspek yang relevan dengan topik penelitian. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perancangan antenna berfokus pada antenna mikrostrip U-slot *multiband* yang bekerja pada frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, dan 2300 MHz
2. Perancangan dan optimasi antenna dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *CST Studio suite*.
3. Material substrat yang digunakan dalam perancangan dan fabrikasi antenna adalah substrat FR4.
4. Antenna yang dirancang merupakan antenna mikrostrip elemen tunggal (*single element*).
5. Parameter antenna yang dianalisis meliputi VSWR, *return loss* (S11), *gain*, dan pola radiasi antenna.
6. Penelitian ini menggunakan modem LTE *Router* Orbit Telkomsel Star H2 sebagai perangkat uji, dengan pengujian antenna dilakukan melalui penghubungan antenna rancangan ke modem LTE tersebut dan membandingkan kinerjanya dengan antenna eksternal buatan pabrik.
7. Pengukuran kualitas sinyal mencakup beberapa parameter, seperti kualitas RSRQ, RSRP, RSSI, dan SINR.
8. Perbandingan data dilakukan menggunakan antenna internal modem, antenna eksternal buatan pabrik, dan antenna rancangan.

9. Penelitian ini berfokus pada peningkatan kualitas sinyal dengan pengujian yang difokuskan pada kinerja sinyal LTE tanpa membahas secara khusus mekanisme penggabungan pita frekuensi.
10. Pengambilan data dilakukan pada jalur pelayaran Bintan-Batam menggunakan kapal ro-ro, dengan rute keberangkatan dari Pelabuhan Roro Tanjung Uban, Kabupaten Bintan menuju Pelabuhan Roro Telaga Punggur, Kota Batam.
11. Pengujian dilakukan pada kondisi lingkungan lapangan tanpa mempertimbangkan variasi cuaca secara spesifik.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini disusun sebagai arah dan pedoman dalam proses perancangan, pengujian, dan analisis hasil penelitian agar sesuai dengan rumusan masalah yang telah ditetapkan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang, memfabrikasi, dan menguji kinerja antena mikrostrip U-slot pada frekuensi kerja LTE Router Orbit Telkomsel yang ditinjau dari parameter *Voltage Standing Wave* (VSWR), *return loss* (S11), *gain*, dan pola radiasi?
2. Mengevaluasi dampak penggunaan antena mikrostrip U-slot dalam meningkatkan kualitas sinyal Router Orbit Telkomsel pada jalur pelayaran Bintan-Batam.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi tambahan dalam bidang teknik antena, khususnya pada perancangan antena mikrostrip U-slot yang bekerja pada frekuensi LTE. Hasil penelitian ini juga menyajikan data dan analisis kinerja antena berdasarkan parameter seperti VSWR, *return loss* (S11), *gain*, dan pola radiasi, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan penelitian sejenis. Selain itu, penelitian ini memberikan gambaran implementasi antena mikrostrip secara langsung pada perangkat modem LTE sehingga hasil yang diperoleh tidak hanya bersifat studi berbasis simulasi semata tetapi juga memiliki nilai aplikatif. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif solusi dalam meningkatkan kualitas sinyal komunikasi nirkabel pada wilayah

perairan yang memiliki karakteristik propagasi gelombang elektromagnetik yang kompleks.

