

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jaringan 4G LTE Penyebaran teknologi 4G LTE di daerah pedesaan dan pegunungan telah menjadi landasan koneksi digital di seluruh dunia, menyediakan layanan multimedia, akses internet berkecepatan tinggi, dan dasar bagi aplikasi *Internet of Things (IoT)* baru. Namun, distribusi konektivitas yang merata masih menjadi tantangan signifikan, khususnya di daerah pedesaan dan wilayah dengan *topografi* kompleks seperti daerah pegunungan. Di lingkungan ini, penyebaran infrastruktur seluler seringkali jarang karena kendala ekonomi dan geografis. Medan yang menantang menciptakan masalah propagasi sinyal yang parah, termasuk path loss, *shadowing*, dan *multipath fading*, yang secara kolektif menurunkan kualitas sinyal dan membatasi cakupan. Akibatnya, pengguna di "lubang cakupan" ini mengalami Kualitas Layanan (QoS) yang buruk, yang ditandai dengan kekuatan sinyal lemah, throughput data rendah, latensi tinggi, dan konektivitas yang terputus-putus, sehingga memperdalam kesenjangan digital dan menghambat pembangunan sosio-ekonomi. [1].

Penggunaan Repeater, Solusi umum dan hemat biaya untuk memperluas cakupan jaringan tanpa menyebarkan BTS makrosel tambahan adalah dengan menggunakan repeater seluler. Perangkat ini berfungsi dengan menerima sinyal lemah dari sel donor, menguatkannya, dan kemudian menyiarkannya ulang dalam area cakupan yang terlokalisir. Meskipun repeater berperan penting dalam mengatasi masalah cakupan, kinerjanya sangat bergantung pada kualitas sinyal donor yang diterima. Sistem repeater konvensional seringkali menggunakan antena omnidirectional standar untuk penerimaan dan pemancaran. Konfigurasi default ini dapat menjadi batasan kritis, karena antena penerima omnidirectional menangkap tidak hanya sinyal yang diinginkan tetapi juga *interferensi co-channel* dan *noise* dari semua arah, yang menyebabkan amplifikasi sinyal yang terdegradasi dan peningkatan QoS yang tidak optimal. [2].

Antena Yagi sebagai Antena Penyadap (Donor) Untuk mengatasi keterbatasan inherent dari penerimaan omnidirectional, sebuah pendekatan strategis melibatkan spesialisasi fungsi antena. Metode yang terbukti adalah penggantian antena donor omnidirectional default dengan antena directional ber-gain tinggi, seperti antena Yagi-Uda. Antena Yagi dikenal karena direktivitas dan gainnya yang tinggi,

memungkinkannya untuk memfokuskan pola penerimaannya secara tepat ke arah BTS sumber. Efek penyaringan spasial ini memungkinkan repeater untuk menangkap sinyal donor yang lebih kuat dan bersih dengan secara efektif menolak sinyal interferensi dan noise yang datang dari arah lain. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan antena Yagi sebagai antena donor (penerima) secara signifikan meningkatkan *Signal-to-Noise Ratio (SNR)* pada input repeater, yang merupakan prasyarat mendasar untuk meningkatkan kualitas keseluruhan sinyal yang diperkuat. [3].

Antena Omnidirectional sebagai Antena Pemancar. Sementara antena donor directional mengoptimalkan penerimaan sinyal, distribusi sinyal yang telah diamplifikasi dalam area cakupan target memerlukan pola radiasi yang berbeda. Untuk tujuan ini, antena omnidirectional sangat cocok digunakan sebagai antena layanan (pemancar). Pola radiasinya yang seragam pada bidang horizontal memastikan cakupan 360 derajat, menyediakan konektivitas yang mulus ke perangkat pengguna (UE) yang tersebar di sekitar repeater, seperti di sebuah desa atau sekelompok bangunan. Konfigurasi hybrid—yang memasang antena Yagi directional untuk penangkapan sinyal *uplink/downlink* yang unggul dengan antena omnidirectional untuk distribusi sinyal yang luas—menciptakan sistem sinergis yang mengatasi *trade-off* yang terkait dengan setup repeater yang hanya menggunakan satu jenis antena. [4].

Celah Penelitian dan Studi Terdahulu Penelitian sebelumnya secara independen telah membuktikan manfaat antena directional untuk penerimaan sinyal dan kegunaan repeater untuk ekstensi cakupan. Misalnya, Abdullah & Singh (2020) mengkuantifikasi peningkatan SNR dari penggunaan antena Yagi di daerah pedesaan terpencil, sementara Chen et al. (2022) menganalisis keterbatasan sistemik dari konfigurasi repeater default di lingkungan pinggiran kota. Namun, terdapat celah penelitian yang jelas dalam evaluasi kinerja *empiris, side-by-side*, dari sistem repeater termodifikasi yang khusus mengintegrasikan kedua antena donor directional ber-gain tinggi dan antena layanan omnidirectional dalam satu kerangka kerja yang dioptimalkan, khususnya di lingkungan sinyal yang menantang. Sebagian besar studi berfokus pada sisi penerima atau pemancar secara terisolasi. Studi ini membangun atas tubuh pengetahuan yang ada namun membedakan diri dengan melakukan analisis komparatif komprehensif dari tiga skenario berbeda: jaringan eksisting (Tanpa Repeater), konfigurasi repeater default (Dual Omnidirectional), dan konfigurasi yang diusulkan (Yagi + Omnidirectional), untuk mengkuantifikasi peningkatan QoS secara holistik. Tujuan Penelitian, Novelty, dan Kontribusi. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menguji secara eksperimental efek

sistem pengulang yang dioptimalkan secara struktural terhadap QoS jaringan 4G LTE di lokasi dengan tantangan sinyal. Tujuan spesifiknya adalah: 1) untuk mengukur dan membandingkan parameter QoS kunci—termasuk kekuatan sinyal, throughput, delay, jitter, SNR, dan packet loss—di bawah tiga kondisi berbeda: tanpa repeater (NR), dengan repeater default (R), dan dengan repeater termodifikasi menggunakan antena donor Yagi dan antena layanan omnidirectional (R + Antena); dan 2) untuk menganalisis *trade-off* kinerja antara konfigurasi yang berbeda. Kebaruan (*novelty*) dari karya ini terletak pada spesialisasi fungsi antena yang dedicated dalam sistem repeater, menciptakan tautan "directional-omnidirectional" yang tangguh yang tidak umum diterapkan dalam solusi repeater grade konsumen standar. Kontribusi utama Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menawarkan kerangka kerja yang berguna yang telah divalidasi untuk menyebarkan solusi ekstensi jaringan yang hemat biaya yang secara signifikan meningkatkan cakupan, kapasitas, dan keandalan, sehingga menawarkan strategi nyata untuk menjembatani kesenjangan konektivitas di daerah yang kurang terlayani.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut dengan memperhatikan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya:

1. Bagaimana mengimplementasikan *Repeater* untuk memperluas jangkauan sinyal 4G LTE di desa waru barat?
2. Bagaimana menerapkan antena yagi dan *omnidirectional* pada *Repeater* jaringan 4G LTE di desa waru barat?
3. Bagaimana cara menganalisis performa jaringan QOS sebelum dan sesudah implementasi antena pada *Repeater*?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menerapkan antena dengan spesifikasi yang sesuai untuk jaringan 4G LTE.
2. Mengimplementasikan antena yagi dan *omnidirectional* pada *Repeater* untuk meningkatkan jangkauan sinyal dan kualitas sinyal di desa waru barat
3. Menganalisis performa jaringan sebelum dan sesudah implementasi antena pada *Repeater*.

1.3.2 Manfaat Penelitian

a. Manfaat Teoritis:

Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan di bidang telekomunikasi, khususnya dalam perancangan antenna dan penerapan sistem *Repeater* pada jaringan 4G LTE.

b. Manfaat Praktis:

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif bagi penyedia layanan jaringan atau pihak terkait dalam meningkatkan kualitas dan jangkauan sinyal 4G LTE, khususnya di daerah dengan keterbatasan sinyal.

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah berikut ini ditetapkan agar penelitian ini lebih terarah:

1. Antena yang digunakan hanya difokuskan pada frekuensi kerja jaringan 4G LTE.
2. Sistem *Repeater* yang digunakan merupakan sistem pasif/analog (non- digital). Pengujian dilakukan dalam skala terbatas (simulasi atau area kecil), tidak mencakup skala komersial.
3. Tidak membahas aspek keamanan atau enkripsi data dalam sistem komunikasi.

1.5 Metodologi Penelitian

Studi ini merancang dan mengevaluasi kinerja sistem repeater dalam jaringan 4G LTE menggunakan teknik simulasi dan eksperimen. Tahapan penelitian meliputi:

1. Studi Literatur

Mengumpulkan teori dan referensi ilmiah terkait jaringan 4G LTE, prinsip kerja antenna, serta sistem *Repeater*.

2. Penerapan Antena

Melakukan percobaan antena yang bekerja pada frekuensi 1800 MHz.

3. Pengaplikasian *Repeater*

Mengintegrasikan antena dengan sistem *Repeater* untuk memperluas jangkauan sinyal. Sistem diuji dalam skala laboratorium atau area terbatas.

4. Pengujian dan Pengambilan Data

Melakukan pengukuran kekuatan sinyal (RSSI), kualitas sinyal (SNR), Througput, Delay, Jetter, Packet loss dan jangkauan sebelum dan sesudah sistem dipasang.

5. Analisis Data

Membandingkan hasil pengukuran sinyal untuk menentukan tingkat perbaikan setelah implementasi sistem *Repeater*.

1.6 Sistematika Penulisan

Pembagian penulisan mengenai materi yang ada didalam laporan skripsi ini juga menjadi salah satu hal penting. Oleh karena itu, Laporan ini dibagi menjadi beberapa bab berikut:

a. Bab I : Pendahuluan

Bab ini berisi pendahuluan yang menjelaskan latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian serta sistematika penulisan.

b. Bab II : Teori Penunjang

Pada Landasan teoretis dari studi yang direncanakan disajikan dalam bab ini. Selain itu, studi-studi terdahulu dari publikasi-publikasi relevan juga disertakan dalam bab ini topic.

c. Bab III : Perancangan Sistem

Prosedur yang digunakan, termasuk perancangan sistem, dirinci dalam bab ini. Selain itu, berisi tentang perancangan dan pembuatan Rancang Bangun Drone Penebar Pupuk.

d. Bab IV : Hasil Penelitian dan Analisa

Pada bab tentang temuan dan analisis studi berisi tentang analisis sebuah sistem yang telah di buat. Serta pengimplementasikan aplikasi, pengujian sistem, serta pembahasan dan analisa dari alat yang dibuat.

e. Bab V : Penutup

Bab terakhir ini, yaitu kesimpulan, menawarkan rekomendasi dan simpulan pada semua temuan penelitian telah dilakukan.