

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi dalam satu dekade terakhir mengalami peningkatan yang sangat pesat, ditandai dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap layanan digital seperti *video streaming*, *cloud computing*, *Internet of Things* (IoT), dan layanan berbasis data lainnya [1]. Kebutuhan tersebut menuntut tersedianya infrastruktur jaringan yang mampu menyediakan kecepatan tinggi, latensi rendah, serta tingkat keandalan yang tinggi [2]. Kondisi ini mendorong peralihan teknologi jaringan akses dari media berbasis tembaga menuju jaringan berbasis serat optik.

Salah satu implementasi jaringan serat optik yang paling banyak digunakan saat ini adalah *Fiber To The Home* (FTTH) [3]. Jaringan FTTH mampu mengantarkan sinyal optik langsung dari pusat layanan hingga ke pelanggan, sehingga memberikan kualitas transmisi yang lebih baik dibandingkan teknologi akses sebelumnya. Keunggulan utama FTTH terletak pada kapasitas bandwidth yang besar, stabilitas koneksi, serta ketahanan terhadap gangguan elektromagnetik [4], [5]. Oleh karena itu, FTTH menjadi tulang punggung dalam penyediaan layanan internet berkecepatan tinggi di berbagai wilayah.

Jaringan FTTH tidak terlepas dari permasalahan teknis, khususnya terkait penurunan kualitas sinyal optik yang dikenal sebagai redaman (*attenuation*) [6]. Penurunan kualitas redaman tercermin dari menurunnya nilai optical power yang diterima di sisi pelanggan (ONT). Redaman ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain panjang jalur serat optik, jumlah sambungan (*splice*), konektor, kualitas instalasi, usia perangkat, serta pengaruh lingkungan seperti suhu dan kelembapan. Jika penurunan optical power tidak terdeteksi secara dini, maka dapat menyebabkan degradasi kualitas layanan hingga gangguan jaringan [7], [8], [9].

Pemeliharaan jaringan FTTH masih banyak dilakukan secara reaktif, yaitu penanganan dilakukan setelah gangguan terjadi atau setelah pelanggan menyampaikan keluhan. Pendekatan ini dinilai kurang efektif karena dapat

meningkatkan waktu henti layanan (*downtime*) dan biaya operasional. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang mampu memprediksi potensi penurunan kualitas jaringan sebelum gangguan terjadi, sehingga pemeliharaan dapat dilakukan secara preventif.

Seiring berkembangnya teknologi kecerdasan buatan, penerapan machine learning dan deep learning mulai banyak digunakan dalam analisis dan prediksi kinerja jaringan. Salah satu algoritma *machine learning* yang sering digunakan adalah *Random Forest* [10],[11]. *Random Forest* merupakan metode *ensemble learning* yang menggabungkan banyak *decision tree* untuk menghasilkan prediksi yang lebih stabil dan akurat. Algoritma ini unggul dalam menangani data berdimensi tinggi serta mampu mengidentifikasi tingkat kepentingan setiap variabel (*feature importance*) [12], [13]. Jaringan FTTH, *Random Forest* banyak digunakan untuk memprediksi kondisi jaringan dan menganalisis faktor-faktor dominan penyebab penurunan optical power.

Selain *Random Forest*, algoritma deep learning *Long Short-Term Memory* (LSTM) juga banyak digunakan untuk pemodelan data deret waktu (*time series*). LSTM merupakan pengembangan dari *Recurrent Neural Network* (RNN) yang dirancang untuk mengatasi permasalahan *vanishing gradient*, sehingga mampu mempelajari ketergantungan jangka panjang pada data temporal. Jaringan FTTH, LSTM sangat relevan untuk memprediksi tren penurunan optical power berdasarkan data historis pengukuran yang dilakukan secara berkala.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan keberhasilan penerapan kedua metode tersebut. Penelitian oleh Rashed et al. yang menerapkan *Random Forest* pada analisis kinerja jaringan optik melaporkan tingkat akurasi prediksi mencapai 92–96%, serta menunjukkan bahwa faktor jarak dan jumlah sambungan merupakan penyebab utama penurunan kualitas sinyal [14]. Sementara itu, penelitian oleh Zhang et al. dan Kim & Cho yang menggunakan LSTM untuk prediksi performa jaringan dan data deret waktu melaporkan nilai kesalahan prediksi yang rendah dengan RMSE di bawah 5% dan akurasi prediksi di atas 90% [15], [16].

Sebagian besar penelitian terdahulu masih menggunakan pendekatan tunggal, yaitu hanya menerapkan Random Forest atau hanya menggunakan LSTM secara terpisah, tanpa mengintegrasikan dan membandingkan kedua metode tersebut secara langsung. Akibatnya, hasil penelitian cenderung hanya menjawab satu aspek, yaitu kondisi jaringan saat ini atau prediksi nilai di masa depan, tanpa mengaitkan penyebab dan waktu terjadinya penurunan kualitas secara bersamaan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pendekatan analisis prediktif penurunan kualitas redaman (optical power) pada jaringan FTTH dengan mengombinasikan algoritma *Random Forest* dan *Long Short-Term Memory* (LSTM). Random Forest digunakan untuk menganalisis faktor dominan dan memprediksi kondisi jaringan, sedangkan LSTM digunakan untuk memprediksi tren penurunan optical power berbasis waktu. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan sistem peringatan dini yang lebih komprehensif dan efektif dalam mendukung pemeliharaan preventif jaringan FTTH.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu.

1. Bagaimana perbandingan performa algoritma *Random Forest* dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) dalam memprediksi kondisi degradasi *optical power* pada jaringan *FTTH* berdasarkan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, *MAE*, dan *RMSE*?
2. Bagaimana hasil prediksi degradasi *optical power* dapat digunakan sebagai dasar sistem peringatan dini untuk membantu pemeliharaan jaringan *FTTH*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mencapai dua hal utama, yaitu.

1. Untuk menganalisis dan membandingkan performa algoritma *Random Forest* dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) dalam memprediksi kondisi degradasi *optical power* pada jaringan *FTTH* berdasarkan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, *MAE*, dan *RMSE*.

2. Untuk mengetahui pemanfaatan hasil prediksi degradasi *optical power* sebagai dasar sistem peringatan dini yang dapat membantu admin dan teknisi jaringan dalam menentukan prioritas pemeliharaan *Optical Network Terminal* secara preventif.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu.

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT. Jaringanku Sarana Nusantara, berupa data historis pengukuran *optical power* pada jaringan *Fiber To The Home (FTTH)* selama periode tiga bulan, yaitu Maret sampai Mei 2026.
2. Data penelitian dibatasi pada parameter jaringan *FTTH* yang digunakan dalam proses pemodelan, yaitu *timestamp*, *ont_id*, *optical_power*, jarak kabel, jumlah *splice*, jumlah konektor, usia perangkat, suhu, kelembapan, dan label kondisi jaringan.
3. Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada *Random Forest* dan *Long Short-Term Memory (LSTM)* untuk memprediksi kondisi degradasi *optical power* ke dalam tiga kategori, yaitu Normal, Waspada, dan Kritis.
4. Evaluasi kinerja model dibatasi menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, *Mean Absolute Error (MAE)*, *Root Mean Square Error (RMSE)*, waktu *training*, dan waktu *inference*.
5. Batas normal redaman (*optical power*) pada jaringan fiber optik dalam penelitian ini mengacu pada standar budget daya penerima *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) ITU-T G.984.2 serta pedoman operasional internal perusahaan mitra penelitian [22], [23], [24]. Berdasarkan acuan tersebut, kondisi Normal ditetapkan pada rentang *optical power* di atas kurang lebih -24 dBm, kondisi Waspada pada rentang -24 dBm hingga -27 dBm, dan kondisi Kritis pada nilai di bawah -27 dBm. Nilai *optical power* di luar rentang tersebut dikategorikan sebagai kondisi tidak normal dan dianggap rawan terhadap gangguan kualitas layanan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis, sebagai berikut.

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini memberikan kontribusi keilmuan dalam penerapan algoritma Random Forest dan Long Short-Term Memory (LSTM) untuk analisis prediktif penurunan kualitas redaman (optical power) pada jaringan FTTH, serta dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian diharapkan dapat membantu PT. Jaringanku Nusantara dalam mendeteksi potensi penurunan kualitas jaringan FTTH secara dini, sehingga mendukung pemeliharaan preventif dan meningkatkan keandalan layanan.

3. Manfaat Teknologis

Penelitian ini menghasilkan model analisis prediktif yang mampu mengidentifikasi faktor penyebab dan memprediksi tren penurunan optical power, sehingga dapat digunakan sebagai sistem pendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan jaringan FTTH.

1.6 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini berfokus pada analisis prediktif penurunan kualitas redaman (optical power) pada jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) menggunakan algoritma Random Forest dan Long Short-Term Memory (LSTM). Penelitian ini memanfaatkan data historis jaringan FTTH yang diperoleh dari PT. Jaringanku Nusantara sebagai sumber data utama.

Adapun batasan penelitian dalam penelitian ini meliputi penggunaan data sekunder berupa hasil pengukuran optical power dan parameter jaringan FTTH tanpa melakukan pengukuran langsung di lapangan. Proses analisis dibatasi pada tahap pra-pemrosesan data, pemodelan menggunakan Random Forest dan LSTM, serta evaluasi kinerja model menggunakan metrik *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Penelitian ini tidak membahas aspek

perancangan perangkat jaringan FTTH maupun implementasi sistem secara real-time, melainkan difokuskan pada analisis dan prediksi berbasis data historis.