

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

Dalam era *big data* saat ini, jaringan optik berfungsi sebagai tulang punggung transmisi data berkapasitas tinggi dan jarak jauh [1]. Jaringan komunikasi optik dengan skala besar sangat rentan terhadap kegagalan, yang dapat menyebabkan konsekuensi serius seperti kehilangan data besar-besaran, gangguan komunikasi, dan kerugian finansial yang signifikan. Pada Tahun 2022 telah terbangun jaringan serat optik nasional sebesar 97,86% dari 514 kabupaten/kota di Indonesia [2]. Dengan demikian, jaringan serat optik saat ini di Indonesia telah mencapai penyebaran yang sangat luas. Skala yang besar ini membawa tantangan tersendiri, terutama kerentanan terhadap kegagalan dalam jaringan serat optik. Jaringan yang luas membutuhkan pemeliharaan dan pengawasan yang intens untuk memastikan konektivitas tetap konsisten dan andal [3].

Pemeliharaan berperan penting dalam industri, dengan dampaknya yang signifikan terhadap biaya dan keandalan, sangat memengaruhi kemampuan perusahaan untuk bersaing dalam hal harga rendah, kualitas tinggi, dan kinerja [4]. Perkembangan teknik modern seperti teknologi sensor dan kecerdasan buatan mencerminkan pergeseran strategi pemeliharaan dari *Reactive Maintenance* menuju *Preventive Maintenance*, hingga *Predictive Maintenance* [4].

Reactive maintenance (RM) adalah strategi pemeliharaan yang pertama kali diterapkan di dunia industri. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hazem Khaled Shehadeh, *Reactive maintenance* mengandalkan respon reaktif terhadap kerusakan sehingga berakibat waktu henti tidak terduga dan peningkatan biaya perbaikan [5]. Oleh karena itu dikembangkan metode baru yaitu *Preventive Maintenance* (PM) yang bertujuan untuk mencegah kerusakan peralatan dengan cara melakukan pemeliharaan rutin terjadwal, meskipun dapat mengurangi waktu henti tak terjadwal dan memperpanjang umur dari alat, PM masih kurang efektif karena tidak dilakukan pemantauan kondisi secara spesifik [5].

Pemeliharaan pada industri jaringan optik sangat krusial dan sulit [6]. Jika jaringan optik mengalami gangguan, maka akan terjadi dampak yang signifikan terhadap layanan dan komunikasi, seperti gangguan pada konektivitas internet dan telekomunikasi, terputusnya transmisi data penting, kerugian finansial bagi perusahaan dan pelanggan, serta terhambatnya operasional bisnis yang bergantung pada jaringan [7], [8]. Oleh karena itu, pemeliharaan rutin dan penanganan cepat terhadap gangguan sangat penting untuk menjaga keandalan dan kinerja

jaringan optik [9], [10]. Meskipun pemeliharaan dilakukan secara rutin, jaringan serat optik tetap memiliki potensi untuk mengalami kegagalan. Jaringan serat optik rentan terhadap beberapa jenis kegagalan, seperti kegagalan lunak dan keras. Kegagalan ini biasanya mencakup pemutusan serat, efek filter, *laser drift*, kerusakan komponen (misalnya, modul optik, *amplifier* optik, saklar optik), dan penuaan sistem [1].

Gangguan dalam sistem komunikasi dapat memengaruhi penentuan *Quality of Transmission* (QoT), yang tercermin dalam berbagai parameter. Pada jaringan serat optik, hasil pengukuran yang dihasilkan oleh *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR) dipengaruhi oleh beberapa faktor penting, di antaranya *Bit Error Rate* (BER) dan *Q-factor*. Namun, parameter yang lebih langsung menggambarkan kualitas transmisi adalah redaman dan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) [11]. Redaman mengukur seberapa banyak daya sinyal yang hilang sepanjang serat optik, yang dapat menunjukkan degradasi kualitas transmisi. SNR adalah rasio antara kekuatan sinyal optik yang diterima dan kekuatan *noise* dalam *bandwidth* tertentu. OSNR merepresentasikan performa transmisi dari *optical link* s[12]. Nilai SNR yang lebih tinggi menunjukkan baiknya kualitas sinyal [13], [14].

1.2 Analisis Masalah

1.2.1 Aspek Teknis

Gangguan pada jaringan serat optik umumnya terjadi ketika komponen-komponen pada jaringan serat optik mulai termakan umur, terdapat kerusakan, akumulasi redaman, pengaruh *inter-symbol interference*, atau faktor lainnya. Hal-hal tersebut akan berdampak pada degradasi performa [15].

1.2.2 Aspek Ekonomi

Dari segi ekonomi, adanya gangguan pada jaringan serat optik akan berpengaruh pada banyak pihak. Salah satunya yaitu pihak penyedia jasa layanan jaringan optik yang harus mengeluarkan dana untuk melakukan pemeliharaan jaringan, baik dana untuk mengganti kabel serat optik maupun dana teknisi lapangan yang bertugas untuk melakukan pemeliharaan.

1.2.3 Aspek Sosial

Infrastruktur informasi global yang menyediakan transmisi dan pengolahan data mengandalkan komunikasi jaringan optik. Hal tersebut terbukti dengan lebih dari 70% lalu lintas data di internet dimiliki oleh layanan *streaming* video [16]. Pernyataan ini membuktikan bahwa ramai sekali kebutuhan masyarakat akan hiburan dan sosialisasi melalui jaringan

internet. Dengan munculnya gangguan, maka kebutuhan manusia untuk bersosialisasi secara digital akan terganggu, sehingga muncul ketidakstabilan dalam bersosialisasi.

1.3 Analisis Solusi yang Ada

Dalam jaringan optik, banyak operator masih menerapkan pendekatan *reactive maintenance* untuk menangani gangguan, yaitu tindakan hanya dilakukan setelah gangguan atau kegagalan terjadi [4], [5], [17]. *Reactive maintenance* menawarkan pemanfaatan maksimum dari perangkat dengan menggunakannya hingga mencapai batas. Perusahaan/*provider* yang menggunakan metode ini tidak mengeluarkan biaya hingga sistem atau perangkat mengalami kegagalan atau gangguan [4].

Namun, biaya pemeliharaan perangkat menggunakan metode *reactive maintenance* akan berpotensi mengalami lonjakan. Hal ini dikarenakan perangkat benar-benar dipaksa untuk bekerja hingga batas maksimalnya, sehingga meningkatkan risiko kerusakan fatal yang membuat sekaligus diperlukan pemeliharaan akan memakan biaya yang cukup signifikan [4]. Selain itu, *provider* harus menyediakan suku cadang yang cukup untuk persiapan dalam menghadapi potensi-potensi kegagalan, sehingga harus bergantung kepada vendor yang mampu menyediakan komponen-komponen suku cadang yang dibutuhkan [4].

Sebagai metode yang hanya dapat bekerja ketika gangguan atau kegagalan telah terdeteksi, *reactive maintenance* memiliki keterbatasan dalam melakukan pencegahan gangguan atau kegagalan [4]. Oleh karena itu, risiko kegagalan fatal pada sistem meningkat, sehingga gangguan layanan menjadi lebih parah dan *downtime* menjadi semakin lama. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan lebih maju, seperti pemeliharaan terjadwal (*planned maintenance/preventive maintenance*), untuk memastikan jaringan serat optik tetap berfungsi baik tanpa menunggu kerusakan terjadi.

Pada *preventive maintenance*, pemeliharaan dilakukan berkala sesuai jadwal yang ditentukan, bertujuan mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan atau gangguan [4], [5]. *Preventive maintenance* mampu mengurangi biaya pemeliharaan dan mengurangi terjadinya *downtime* yang tidak terduga [4], [5], [17]. Dengan pemeliharaan rutin, peralatan dapat diperiksa teratur, dan masalah kecil dapat diperbaiki sebelum berkembang menjadi serius. Hal ini membantu meningkatkan umur peralatan dan menjaga stabilitas jaringan, yang akhirnya dapat mengurangi biaya perbaikan darurat yang lebih mahal di kemudian hari.

Meskipun memiliki keunggulan dibanding *reactive maintenance*, *preventive maintenance* bukanlah metode yang sempurna pula sehingga masih memiliki kelemahan. Karena sifatnya

yang terjadwal, *reactive maintenance* akan melakukan pemeliharaan yang konsisten terjadwal meskipun sebenarnya pemeliharaan tersebut masih belum diperlukan. Dalam beberapa kasus, peralatan mungkin masih berfungsi baik saat dijadwalkan untuk pemeliharaan, sehingga perusahaan justru mengeluarkan biaya yang belum diperlukan untuk pemeliharaan yang tidak diperlukan [4], [17].

Keterbatasan lainnya adalah potensi gangguan layanan selama periode pemeliharaan. Meskipun pemeliharaan dilakukan untuk mencegah kerusakan besar, prosesnya sendiri bisa mempengaruhi operasi jaringan, terutama jika dilakukan pada peralatan kritis. Ada risiko layanan terganggu sementara selama pemeliharaan, yang dapat mempengaruhi pengalaman pengguna.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Pada Tugas Akhir ini, penulis telah menganalisis gangguan yang sering terjadi pada kabel serat optik, kerusakan tersebut di kategorikan ke dalam dua jenis yaitu gangguan reflektif dan non-reflektif. Dari gangguan tersebut maka, Tugas Akhir ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem klasifikasi multigangguan pada kabel jaringan serat optik yang memanfaatkan *machine learning* sebagai pendekatan utama dalam meningkatkan efisiensi dalam penanganan gangguan. Sistem ini dirancang untuk dapat mengidentifikasi secara spesifik berbagai jenis gangguan. Hasil klasifikasi yang cepat dan tepat dari sistem ini akan menjadi alat bantu diagnosis yang berharga bagi pengguna, sehingga memungkinkan tindakan perbaikan yang lebih efektif dan terarah. Secara spesifik, tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis dan melakukan pra-pemrosesan pada dataset OTDR untuk dapat merepresentasikan jenis gangguan yang dikategorikan dengan gangguan reflektif dan non-reflektif seperti *fiber tapping*, *bad splice*, *bending* serta gangguan lainnya pada OTDR *trace*.
2. Mengembangkan dan mengimplementasikan model *Machine Learning* dengan algoritma yang mampu melakukan klasifikasi terhadap jenis gangguan yang berbeda.
3. Mengevaluasi dan mengoptimalkan performa model klasifikasi menggunakan *tuning* hyperparameter untuk mencapai tingkat akurasi yang optimal.
4. Merancang dan membangun sebuah platform *website* sebagai antarmuka pengguna untuk menampilkan hasil klasifikasi yang dapat memberikan laporan mengenai jenis gangguan yang terjadi.

1.5 Batasan Tugas Akhir

Untuk menjaga fokus dan kejelasan penelitian, pengerjaan Tugas Akhir ini memiliki beberapa batasan yang mendefinisikan ruang lingkup pengembangan dan implementasi sistem. Batasan-batasan ini mencakup aspek dataset, jenis gangguan, fungsionalitas, dan implementasi sistem. Berikut adalah rincian batasan pada proyek ini:

1. Ruang lingkup pengujian model terbatas pada dataset publik yang digunakan, sehingga performa sistem divalidasi berdasarkan karakteristik data dari sumber tersebut.
2. Model dilatih menggunakan fitur yang sebagian besar telah ternormalisasi pada dataset sumber. Konsekuensinya, sistem yang dibangun memerlukan input fitur dengan skala yang telah disesuaikan (misalnya, rentang 0-1), bukan nilai OTDR mentah.
3. Sistem ini difokuskan untuk melakukan klasifikasi (diagnosis) terhadap 8 jenis kondisi kabel spesifik yang ada dalam dataset, mencakup kondisi normal dan berbagai tipe gangguan.
4. Platform *website* yang dibangun merupakan prototipe (*proof-of-concept*) yang bertujuan untuk mendemonstrasikan fungsionalitas model, dan bukan merupakan sistem skala produksi yang siap untuk implementasi komersial.