

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan dasar yang sangat penting bagi perkembangan negara dan kesejahteraan masyarakat. Di Indonesia, Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai badan usaha milik negara yang bertanggung jawab atas penyediaan energi listrik memiliki peran sentral dalam menjamin pasokan listrik yang stabil dan terjangkau bagi seluruh lapisan masyarakat. Namun, salah satu permasalahan besar yang dihadapi PLN hingga saat ini adalah adanya kecurangan dalam sistem tagihan listrik, yang menyebabkan kerugian finansial yang signifikan dan mengganggu keandalan pasokan listrik.

Menurut laporan dari *International Energy Agency (IEA)* tahun 2023, negara-negara berkembang di seluruh dunia mengalami kehilangan hingga 20% dari total produksi listrik akibat kecurangan dan pencurian listrik. Di Indonesia sendiri, berdasarkan data PLN tahun 2024, kerugian akibat kecurangan tagihan listrik mencapai puluhan triliun rupiah per tahun. Kerugian ini tidak hanya berdampak pada kesehatan keuangan PLN tetapi juga dapat menyebabkan kenaikan tarif listrik yang harus ditanggung oleh pelanggan yang jujur, serta mengganggu pengembangan infrastruktur kelistrikan di daerah-daerah yang membutuhkan.

PLN Unit Layanan Langganan (ULP) Telda merupakan salah satu unit layanan yang bertanggung jawab atas penyediaan layanan kelistrikan di wilayah Telda, Sumatera Utara. Seperti unit layanan lainnya, PLN ULP Telda juga menghadapi tantangan yang sama dalam mendeteksi dan menangani kecurangan tagihan listrik. Metode deteksi yang digunakan secara konvensional saat ini masih banyak bergantung pada pemeriksaan manual oleh petugas lapangan, yang memakan waktu lama, mahal, dan kurang efisien dalam mendeteksi pola kecurangan yang semakin canggih dan beragam.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin dalam beberapa tahun terakhir telah memberikan harapan baru untuk mengatasi

permasalahan ini. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa algoritma pembelajaran mesin mampu mendeteksi pola-pola anomali dalam data konsumsi listrik yang mengindikasikan adanya kecurangan. Algoritma seperti Random Forest telah terbukti efektif dalam klasifikasi data tabular dengan kemampuan yang baik dalam menangani fitur numerik dan kategorikal, serta memberikan interpretasi yang jelas tentang pentingnya setiap fitur dalam proses klasifikasi.

Di sisi lain, *Convolutional Neural Network (CNN)* sebagai jenis jaringan saraf tiruan yang khusus dirancang untuk mengolah data dengan struktur *grid* atau deret waktu, memiliki kemampuan yang unggul dalam mengenali pola kompleks dan tidak terstruktur dari data konsumsi listrik. *CNN* mampu mengekstraksi fitur-fitur penting secara otomatis dari data tanpa perlu definisi manual dari peneliti, sehingga sangat cocok untuk mendeteksi pola kecurangan yang mungkin tidak terlihat dengan mata telanjang atau metode konvensional.

Meskipun kedua algoritma tersebut memiliki keunggulan masing-masing, namun penggunaan algoritma tunggal seringkali memiliki keterbatasan dalam menangani keragaman pola kecurangan yang ada. Oleh karena itu, pendekatan kombinasi atau hybrid dari kedua algoritma ini diharapkan dapat menggabungkan keunggulan masing-masing dan menghasilkan sistem deteksi yang lebih akurat dan handal.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh berbagai peneliti menunjukkan bahwa kombinasi algoritma pembelajaran mesin dan jaringan saraf tiruan dapat meningkatkan kinerja sistem deteksi dibandingkan dengan penggunaan algoritma tunggal. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Abdullah-Al Nahid et al. (2019) tentang penggunaan model CNN-LSTM untuk deteksi kecurangan listrik menghasilkan akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan model tunggal. Selain itu, penelitian oleh Ali Saleh Al-rimy et al. (2021) yang menggunakan *framework NGBoost* juga menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mendeteksi kecurangan pada data konsumsi listrik.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Iftikhar et al., 2024) dengan judul Deteksi Pencurian Listrik dalam Jaringan Pintar Menggunakan Pembelajaran Mesin . Penelitian ini membahas metode *machine learning* seperti

decision tree dan *random forest* untuk mendeteksi kecurangan dalam penggunaan listrik di PLN. Studi ini memanfaatkan data konsumsi listrik yang dikumpulkan dari meteran pintar di berbagai lokasi PLN. Data yang digunakan mencakup informasi harian dan bulanan tentang konsumsi listrik, riwayat pembayaran, serta faktor-faktor eksternal seperti waktu dan lokasi.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Wang et al., 2023) dengan judul *Prediksi Beban Listrik Berdasarkan Pembelajaran Ensemble Mendalam*. Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data konsumsi listrik yang diperoleh dari meteran pintar yang dipasang pada pelanggan di beberapa wilayah. Data yang dikumpulkan mencakup konsumsi listrik harian, profil pelanggan, dan riwayat pembayaran. Proses *preprocessing* dilakukan untuk membersihkan dan menyiapkan data, termasuk normalisasi dan ekstraksi fitur. *Algoritma Random Forest* diterapkan untuk membangun model deteksi anomali. *Random Forest* dipilih karena kemampuannya untuk menangani dataset yang besar dan kompleks, serta kemampuannya untuk memberikan hasil yang akurat dengan mengurangi *overfitting*. Model dilatih menggunakan data yang telah diproses dan diuji untuk mengevaluasi kemampuannya dalam mendeteksi anomali.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nahya Nur dan Farid Wajidi dengan judul *Implementasi Algoritma Random Forest Untuk Menentukan Penerima Bantuan Raskin*. Penelitian ini menggunakan klasifikasi algoritma *Random Forest* untuk menentukan penerima bantuan raskin. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa algoritma klasifikasi RF memiliki nilai *precision*, *recall*, *f-measure* dengan nilai 97%, nilai *accuracy* sebesar 97,26%, dan nilai ROC 0,970, lebih baik dari algoritma klasifikasi lainnya seperti SVM dan *Naive Bayes* (Nur et al., 2023).

Analitik data adalah proses pengumpulan, pengolahan, analisis dan interpretasi data untuk menghasilkan informasi yang berguna dalam pengambilan keputusan, proses ini melibatkan berbagai teknik dan metode, termasuk statistik, pembelajaran mesin (*machine learning*), dan algoritma kecerdasan buatan, untuk mengidentifikasi pola, tren, dan anomali dalam data. Analitik data dapat digunakan dalam berbagai bidang, termasuk bisnis, kesehatan, keuangan, dan energi untuk

meningkatkan efisiensi operasional, mengoptimalkan proses dan mendeteksi potensi masalah seperti kecurangan. (Khan et al., 2022)

Artificial Intelligence atau kecerdasan buatan merupakan cabang pengetahuan dalam ilmu komputer yang dikenal dengan sebutan AI. Kecerdasan buatan yang biasa disingkat AI (*Artificial Intelligence*) merupakan ilmu tentang bagaimana membangun suatu sistem komputer yang menunjukkan kecerdasan dalam berbagai cara. *Artificial Intelligence* merupakan kawasan penelitian yang dinamis dalam topik riset ilmu komputer. Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*) adalah salah satu ilmu komputer yang membuat agar mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan sebaik yang dilakukan oleh manusia. Sedangkan menurut *Encyclopedia Britannica*, *Artificial Intelligence* merupakan cabang dari ilmu komputer yang dalam merepresentasikan ilmu pengetahuan lebih banyak menggunakan bentuk simbol-simbol dibandingkan bilangan dan memproses informasi berdasarkan metode heuristik atau dengan berdasarkan sejumlah peraturan. (Ismawati & Ramadhanti, 2022)

Teknologi Pembelajaran Mesin (*Machine Learning*) yang biasa disingkat ML merupakan cabang dari kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Pemanfaatan *machine learning* memungkinkan komputer belajar dari data dan pengalaman untuk melakukan tugas tertentu, ini adalah pendekatan yang berbeda dengan pemrograman konvensional di mana aturan dan langkah-langkah spesifik harus ditentukan secara manual. *Machine learning* memanfaatkan algoritma yang dirancang untuk mengenali pola dalam data dan membuat prediksi atau keputusan berdasarkan pola-pola tersebut. (Muttaqin, Muhammad Arafa, 2018). Teknologi ini telah mengalami kemajuan pesat dalam beberapa tahun terakhir berkat perkembangan komputasi dan ketersediaan data yang lebih besar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi kecurangan tagihan listrik menggunakan teknik analitik data dan AI. Sistem ini menggunakan algoritma pembelajaran mesin untuk menganalisis pola penggunaan listrik dan mendeteksi anomali yang dapat menunjukkan adanya kecurangan. Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup data penggunaan listrik dari berbagai pelanggan di PLN Ulp Telda selama periode tertentu. Hasil dari penelitian ini

diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih canggih dan cepat dalam mendeteksi dan mencegah kecurangan listrik. *Random Forest* adalah metode *ensemble learning* yang menggabungkan banyak pohon keputusan untuk membuat prediksi yang lebih kuat dan akurat. Setiap pohon dalam hutan memproses subset dari data dan fitur secara acak, yang dikenal sebagai metode *bagging (Bootstrap Aggregating)*. Pendekatan ini membantu mengurangi varians dan meningkatkan kestabilan prediksi (Ayub et al., 2022). Algoritma ini dapat digunakan untuk klasifikasi (misalnya, mendeteksi apakah sebuah aktivitas mencurigakan atau tidak) dan regresi (memperkirakan nilai kuantitatif). Dalam konteks deteksi kecurangan listrik, *Random Forest* dapat digunakan untuk mengklasifikasikan data penggunaan listrik sebagai normal atau mencurigakan berdasarkan pola yang terdeteksi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi kecurangan tagihan listrik di PLN ULP Telda dengan menggunakan kombinasi algoritma *Random Forest* dan *Convolutional Neural Network (CNN)*. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat membantu PLN ULP Telda dalam mendeteksi kecurangan secara lebih cepat, akurat, dan efisien, sehingga dapat mengurangi kerugian finansial dan meningkatkan kualitas layanan bagi pelanggan yang jujur.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang dan mengembangkan sistem deteksi kecurangan tagihan listrik di PLN ULP Telda menggunakan kombinasi algoritma *Random Forest* dan *Convolutional Neural Network (CNN)*?
2. Fitur dan variabel apa saja yang paling relevan dan berpengaruh dalam mendeteksi kecurangan tagihan listrik pada data pelanggan PLN ULP Telda?
3. Bagaimana pengaturan hyperparameter yang optimal untuk model *Random Forest* dan *CNN* agar menghasilkan kinerja deteksi yang terbaik?
4. Seberapa efektif kinerja sistem deteksi yang dikembangkan dalam mendeteksi kecurangan tagihan listrik dibandingkan dengan metode

konvensional dan model tunggal?

5. Bagaimana cara mengimplementasikan sistem deteksi yang dikembangkan ke dalam operasional sehari-hari di PLN ULP Telda?

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem deteksi kecurangan tagihan listrik yang akurat dan efisien menggunakan kombinasi algoritma Random Forest dan Convolutional Neural Network (CNN) untuk diterapkan di PLN ULP Telda. Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah:

1. Merancang Arsitektur Sistem

Merancang arsitektur sistem deteksi kecurangan tagihan listrik yang mengintegrasikan kombinasi algoritma Random Forest dan CNN, termasuk tahapan pengumpulan data, pra-pemrosesan data, ekstraksi fitur, klasifikasi, dan evaluasi.

2. Menentukan Fitur Relevan

Mengidentifikasi dan menentukan fitur serta variabel yang paling relevan dan berpengaruh dalam mendeteksi kecurangan tagihan listrik berdasarkan analisis data pelanggan PLN ULP Telda.

3. Mengoptimalkan Model

Menentukan pengaturan hyperparameter yang optimal untuk kedua algoritma (*Random Forest* dan *CNN*) melalui proses *tuning* dan validasi agar menghasilkan kinerja yang terbaik.

4. Evaluasi Kinerja Model

Mengevaluasi kinerja sistem deteksi yang dikembangkan menggunakan metrik evaluasi yang sesuai dan membandingkannya dengan metode konvensional serta model tunggal untuk mengetahui tingkat efektivitasnya.

5. Merumuskan Strategi Implementasi

Merumuskan strategi dan langkah-langkah implementasi sistem deteksi yang dikembangkan ke dalam operasional sehari-hari di PLN ULP Telda, termasuk panduan penggunaan dan pemeliharaan sistem.

I.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, antara lain:

1. Bagi Perusahaan Listrik Negara (PLN) ULP Telda : Mengurangi Kerugian Finansial, Sistem deteksi yang akurat dapat mengidentifikasi kasus kecurangan yang sebelumnya tidak terdeteksi, sehingga mengurangi kerugian akibat pembayaran tagihan yang tidak sesuai atau tidak terbentuk sama sekali
2. Bagi Akademisi dan Peneliti : Menambah Referensi Ilmiah, Menambah khasanah ilmu pengetahuan tentang penerapan kombinasi algoritma pembelajaran mesin dan jaringan saraf tiruan dalam bidang deteksi kecurangan, khususnya pada sektor kelistrikan. Dasar untuk Penelitian selanjutnya, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar atau referensi bagi peneliti lain yang ingin mengembangkan penelitian serupa dengan topik atau metode yang lebih lanjut
3. Bagi Masyarakat dan Pelanggan : Tarif listrik yang lebih adil, dengan mengurangi kerugian akibat kecurangan, PLN dapat menjaga tarif listrik tetap stabil atau bahkan menurunkan tarif di masa depan.

I.5 Batasan Masalah

1. Ketersediaan Data : Penelitian ini hanya menggunakan data yang tersedia dari sumber yang telah ditentukan, yang membatasi cakupan analisis dan aplikasi model.
2. Cakupan Geografis dan Jenis Kecurangan : Penelitian ini difokuskan pada wilayah PLN ULP Telda dan jenis kecurangan spesifik, yang membatasi generalisasi hasil ke area atau jenis kecurangan lain.
3. Waktu dan kualitas data : Batasan waktu dan kualitas data mempengaruhi kedalaman analisis dan hasil yang dapat dicapai dalam penelitian.

I.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Merupakan bab yang berisikan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan teori-teori yang mendukung atau di gunakan sebagai bahan acuan pada saat, setelah maupun sebelum pembuatan Sistem Deteksi Kecurangan Tagihan Listrik Menggunakan Analitik Data dan Kecerdasan Buatan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

bab ini akan di bahas mengenai gambaran umum metode yang di gunakan dalam penelitan serta menguraikan obyek penelitian dan analisis permasalahan.

BAB IV HASIL

Hasil penelitian berupa hasil pengolahan data, dan hasil pengolahan model dan pembahasan

BAB V PEMBAHASAN

Pembahasan penlitian yaitu Analisis dan interpretasi hasil penelitian. Perbandingan dengan penelitian terdahulu. Implikasi hasil penelitian terhadap deteksi kecurangan tagihan listrik.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

