

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Pemadaman listrik oleh PT. PLN (Persero) ULTG Bandung Barat yang disebabkan oleh seringnya bencana alam atau cuaca ekstrem berdampak negatif terhadap produktivitas masyarakat. Berdasarkan data *geographic information system* (GIS) yang diterbitkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), sejak awal Januari 2020 hingga awal Juni 2024, tercatat 483 kejadian bencana di wilayah Bandung. Dari jumlah tersebut, 130 merupakan kasus banjir, 7 terkait gempa bumi, 8 kasus kekeringan, 195 insiden tanah longsor, 104 terjadi cuaca ekstrem, 26 kasus terkait angin puting beliung dan 13 terkait kebakaran hutan dan lahan [1]. Seringnya pemadaman listrik di Bandung Barat akibat bencana alam menunjukkan kelemahan sistem transmisi energi di wilayah tersebut.

Sistem transmisi listrik adalah sistem yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit listrik ke Gardu Induk distribusi. Sistem transmisi terdiri dari berbagai komponen, seperti saluran transmisi, Gardu Induk, dan peralatan proteksi. Sistem tenaga listrik rentan mengalami gangguan karena kelemahannya setelah terjadi bencana alam dan bencana akibat ulah manusia [2]. Perubahan iklim meningkatkan frekuensi dan keparahan peristiwa ini yang akan berpotensi menyebabkan pemadaman listrik luas dan kerusakan sosial-ekonomi yang parah jika tidak diatasi [3].

Sistem *resilience* listrik mengacu pada kemampuan sistem listrik untuk dengan cepat pulih setelah mengalami gangguan akibat bencana alam. Tujuannya adalah untuk meminimalkan kerusakan dan memastikan agar sistem tetap berfungsi seefisien mungkin selama bencana besar [4]. Ketika sistem listrik mampu menyebarkan daya listrik secara konsisten, maka dinyatakan sebagai sistem yang andal.

Dalam menilai seberapa kuatnya suatu sistem listrik saat menghadapi bencana alam, tugas akhir ini menggunakan metode *expected energy not served* [5] dan menghitung probabilitas kegagalan sistem. Dengan menggunakan metode

tersebut akan menentukan sejauh mana *resilience* sistem listrik ketika dihadapkan pada situasi darurat. Dalam melakukan perbaikan infrastuktur ini perlu diperhatikan *benefit cost ratio* [6], untuk menganalisis biaya-manfaat yang didapatkan, metode pendekatan tersebut dilakukan untuk menghitung layak atau tidaknya sebuah usulan perbaikan.

Perlunya perlindungan terhadap ketahanan jaringan listrik dalam menghadapi bencana alam dan gangguan lainnya menjadi suatu hal yang krusial, terutama untuk memastikan operasional terus berjalan seperti rumah sakit dan instansi pemerintah [4]. Untuk itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai tingkat ketahanan dari sistem transmisi 150 kV serta meningkatkan *resilience* dan probabilitas kegagalan sistem. Dengan mempertimbangkan nilai biaya-manfaat yang akan diperoleh menggunakan metode *benefit cost ratio* akan mengetahui layak atau tidaknya sebuah perbaikan.

## 1.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Tinjauan penelitian terdahulu adalah bukti penguatan bahwa penelitian yang diajukan berbeda dengan yang telah dilakukan. Adapun penelitian sebelumnya ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Daftar referensi

NO	JUDUL	NAMA PENELITI	TAHUN
1	<i>Power Grid Infrastructural Resilience against Extreme Events</i>	Ahmed Daeli dan Salman Mohagheghi	2023
2	<i>A Resilience-Oriented Methodology for Transformation of the Distribution Networks into MicroGrid</i>	Kia, Atbin and Farzinfar, Mehdi and Amirahmadi, Meysam and Samieimoghaddam	2022
3	<i>Evaluation of Power Systems Resilience to Extreme Weather Events: A Review of Methods and Assumptions</i>	Francis Mujjuni , Thomas R. Betts, dan Richard E. Blanchard	2023

NO	JUDUL	NAMA PENELITI	TAHUN
4	<i>Power system resilience to floods: Modeling, impact assessment, and mid-term mitigation strategies</i>	Souto, Laiz and Yip, Joshua and Wu, Wen-Ying and Austgen, Brent and Kutanoglu,	2022
5.	<i>Comparing Prophet and Deep Learning to ARIMA in Forecasting Wholesale Food Prices</i>	Lorenzo Menculini, Andrea Marini, Massimiliano Proietti, Alberto Garinei.	2022

Penelitian oleh Ahmed Daeli dan Salman Mohagheghi [3] dilakukan untuk memberikan survei literatur yang terkait dengan ketahanan infrastruktur jaringan listrik terhadap kejadian ekstrem. Terdapat berbagai strategi yang dapat meningkatkan ketahanan infrastruktur sistem tenaga listrik terhadap kejadian *High Impact Low Probability* (HILP). Sebagian besar teknik ini berfokus pada penguatan komponen jaringan atau menciptakan redundansi dalam desain.

Penelitian oleh Kia, Atbin and Farzinfar dkk [4] membahas mengenai prediksi terhadap kondisi yang membahayakan *micro grid*, *Expected Energy Not Served* (EENS) diterapkan sebagai indeks ketahanan. Penelitian ini juga memberikan yang terbukti bahwa mengekspos kegagalan *circuit breaker* (CB) yang tersembunyi, sebagai peristiwa yang jarang terjadi, dapat menyebabkan pemadaman sehingga studi keandalan tidak mempertimbangkannya solusi untuk pengurangan nilai *EENS* karena memiliki probabilitas rendah. Perlu dicatat bahwa mengingat perilaku jaringan dimodelkan berdasarkan kondisi ketahanan, di sini EENS diterapkan sebagai indeks ketahanan.

Penelitian oleh Francis Mujjuni, Thomas R. Betts, dan Richard E. Blanchard [7] merupakan tinjauan terhadap berbagai asumsi dan model yang digunakan dalam proses analisis multistap ini. Studi ini menggarisbawahi perlunya mengkarakterisasi kejadian ekstrem berdasarkan pelanggaran batas desain

internal dan bukti dampak dan konsekuensi yang luas. Studi ini juga menunjukkan bahwa sebagian besar model yang digunakan dalam analisis ketahanan bersifat deduktif dan oleh karena itu terdapat kesenjangan dalam validasi hasilnya.

Penelitian oleh Souto, Laiz and Yip dkk [8] menyajikan sebuah metodologi yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan sistem kelistrikan jangka menengah pada Gardu Induk transmisi di area yang berpotensi terkena dampak banjir, menggabungkan strategi pengerasan dan metrik kuantitatif. Metodologi ini memperhitungkan prakiraan banjir dari model hidrologi dan lokasi peralatan listrik untuk melakukan penilaian dampak 'apa adanya' dan dengan strategi perencanaan ketahanan. Oleh karena itu, dampak banjir pada jaringan listrik dievaluasi melalui serangkaian skenario banjir yang realistis, berdasarkan akumulasi biaya dan energi beban yang tidak digunakan sebagai metrik serta proyeksi kapasitas perluasan sistem transmisi di masa depan.

Penelitian oleh Lorenzo Menculini dkk [9] membahas penggunaan Prophet, alat peramalan dari Facebook, untuk memprediksi harga makanan grosir. Prophet dirancang agar mudah digunakan dan disesuaikan, menggunakan model deret waktu yang dapat dipecah menjadi komponen seperti pertumbuhan, musiman, dan hari libur. Dalam studi ini. Fungsi tren model ini berbentuk linier potongan, sehingga cocok untuk tugas peramalan deret waktu univariat. Kinerja Prophet dalam meramalkan harga mingguan dirangkum menggunakan metrik seperti RMSE, MAE, dan MAPE, yang memberikan wawasan tentang kemampuan prediktifnya.

Berdasarkan tinjauan penelitian sebelumnya, dalam mengusulkan strategi peningkatan *resilience* sistem transmisi ini masih belum banyak mendapatkan perhatian yang cukup besar dalam hal nilai biaya-manfaat. Pada tugas akhir ini, dilakukan analisis untuk menentukan tingkat *resilience* sistem transmisi 150kV Metode *Expected Energy Not Served* (EENS) dan probabilitas gagal sistem digunakan untuk menghitung nilai *resilience* sistem transmisi ketika terjadinya bencana alam. Penelitian juga mencakup usulan perbaikan yang belum

diimplementasikan oleh PLN, dengan mempertimbangkan biaya-manfaat yang diperoleh. Dengan mengetahui ketahanan sistem listrik tersebut maka dapat dilakukan sebuah perbaikan infrastuktur yang belum pernah dilakukan oleh PLN. Dengan metode *benefit cost ratio* yang akan digunakan, maka dapat untuk menghitung layak atau tidaknya sebuah perbaikan. Peramalan terkait durasi padam listrik akibat bencana alam cocok menggunakan *machine learning* model *prophet* metode *time series* dikarenakan model sederhana yang dapat memprediksi terkait durasi lama waktu pada dengan memanfaatkan data histori.

### 1.3 Rumusan Masalah

Dengan merujuk pada konteks yang telah dijelaskan, dapat disusun pernyataan permasalahan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan *resilience* sistem transmisi terhadap gangguan bencana alam?
2. Bagaimana kinerja sistem *resilience* terhadap sistem transmisi setelah dilakukan perbaikan?
3. Bagaimana *forecasting* terkait durasi pemadaman sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan?

### 1.4 Tujuan

Dalam rangka pencapaian hasil tertentu, penelitian ini memiliki beberapa sasaran yang ingin dicapai :

1. Menentukan *resilience* sistem transmisi listrik terhadap gangguan bencana alam.
2. Mengetahui kinerja sistem *resilience* terhadap sistem transmisi setelah dilakukan sebuah perbaikan.
3. *Forecasting* rata-rata lama waktu padam sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan sistem.

### 1.5 Manfaat

Dengan melakukan penelitian ini, diinginkan dapat mencapai hasil yang bermanfaat seperti:

### **Manfaat Akademis**

1. Diharapkan penelitian ini mampu menyumbangkan kontribusi inovatif pada ranah ilmu pengetahuan elektro, terutama pada aspek tegangan tinggi dalam sistem transmisi 150 kV.
2. Harapannya, penelitian ini dapat melengkapi wawasan akademis terkait resistensi sistem transmisi 150 kV terhadap dampak bencana alam.

### **Manfaat Praktis**

1. Diharapkan penelitian ini mampu memberikan insight mengenai kondisi sistem transmisi 150 kV PT.PLN (Persero) sebelum, selama, atau pasca terjadinya bencana alam, termasuk evaluasi terhadap daya tahan perangkat dan aspek ekonominya.
2. Diharapkan hasil dari penelitian ini mampu memberikan kontribusi informasi yang berharga bagi PT PLN (Persero) dan pemerintah dalam merancang kebijakan guna peningkatan keandalan sistem transmisi.

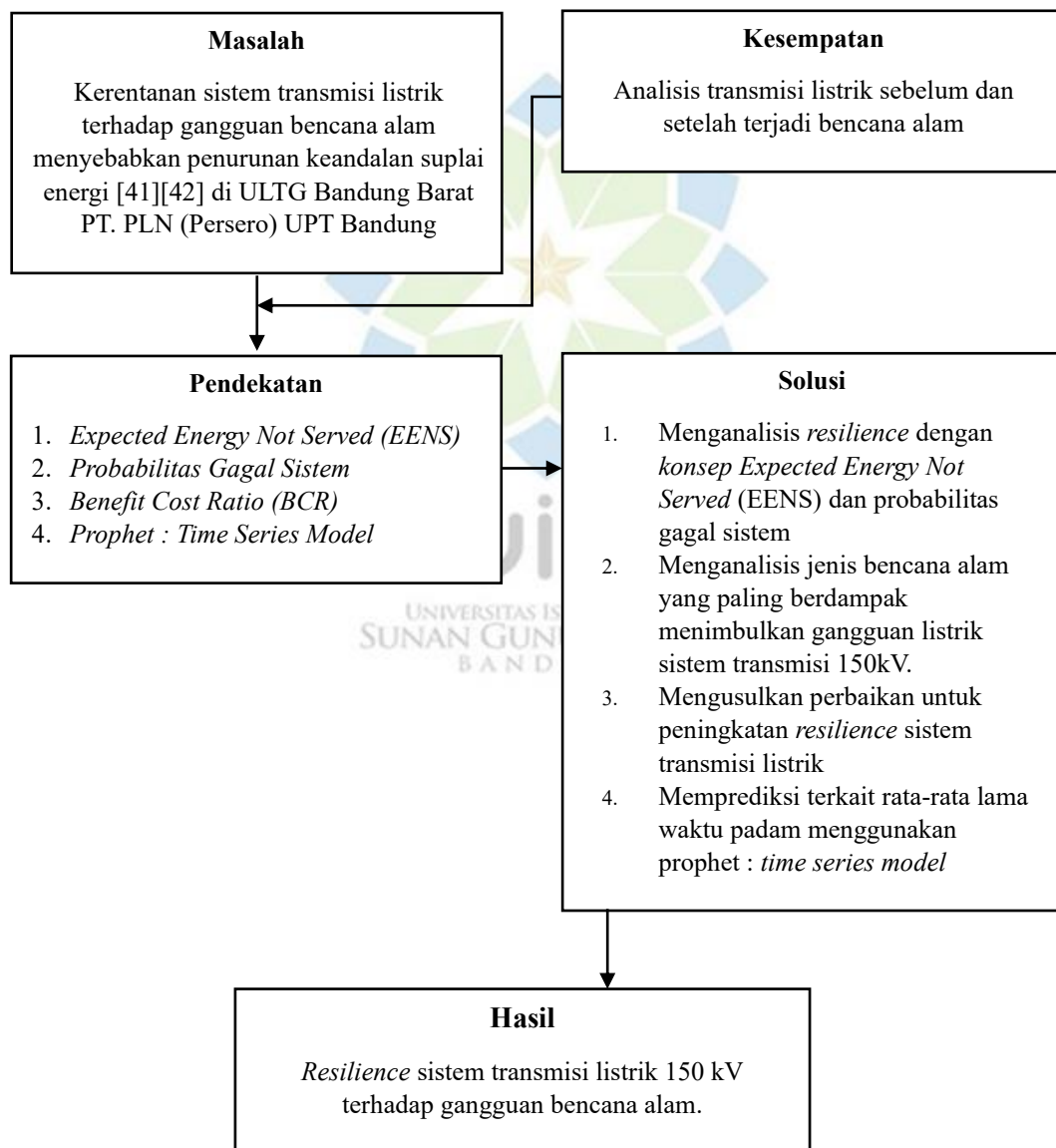
### **1.6 Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini, penentuan batasan masalah menjadi esensial mengingat kerangka masalah yang terkait sangat luas. Pengaturan batasan ini difokuskan pada aspek-aspek tertentu, arahan yang lebih spesifik pada hasil penelitian, yaitu :

1. Sumber data gangguan kelistrikan yang digunakan merupakan data sekunder yang berasal dari PT. PLN (Persero) ULTG Bandung Barat.
2. Empat pendekatan yang diterapkan dalam penelitian ini melibatkan metode *Expected Energy Not Served (EENS)*, probabilitas kegagalan sistem, *benefit cost ratio* dan Prophet : *Time Series Model*.
3. Penelitian ini terkofus pada analisis tingkat *resilience* sistem transmisi 150kV akibat bencana alam.
4. Penelitian ini akan membatasi terkait *forecasting* rata-rata lama waktu padam tanpa mendalam pada proses perancangan sistem *forecasting* tersebut atau tidak menjadi fokus penelitian.

## 1.7 Kerangka Berpikir

Tugas akhir ini dibuat untuk mengidentifikasi dampak bencana alam terhadap performa teknis sistem transmisi 150 kV. Selain itu, penelitian ini akan melakukan perbandingan terkait dampak bencana alam pada tingkat keandalan sistem, termasuk definisi keandalan sistem, metode perhitungan keandalan sistem, dan evaluasi aspek keekonomian serta kinerja sistem. Secara umum, kerangka berpikir tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kerangka berpikir



## 1.8 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini memiliki tiga bab yang merinci isu-isu yang akan dibahas. Berikut adalah struktur penulisan tugas akhir ini:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini mencakup penjelasan tentang konteks, kajian literatur sebelumnya, perumusan masalah, tujuan, keuntungan, pembatasan, rangkaian pemikiran, dan struktur penulisan.

### **BAB II TEORI DASAR**

Bab ini mencakup review literatur terkait Sistem Transmisi 150 kV, bencana alam, variasi jenis bencana alam, ketangguhan (*resilience*) sistem transmisi 150 kV, metode perhitungan *EENS*, *BCR*, probabilitas peningkatan *resilience*, penurunan jumlah kerugian, dan metode prediksi yang relevan dengan fokus penelitian ini.

### **BAB III METODOLOGI DAN JADWAL PENELITIAN**

Dalam bab ini, disajikan diagram alur yang mengilustrasikan proses langkah-langkah penelitian.

### **BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

Bab ini berisi uraian tentang perancangan implementasi prophet : *machine learning time series* model untuk melakukan peramalan terkait durasi pemadaman serta perhitungan mengenai *EENS*, *BCR*, probabilitas gagal sistem, evaluasi perbaikan, penurunan jumlah kerugian dan perhitungan *BEP*.

### **BAB V HASIL DAN ANALISIS**

Bab ini memuat hasil mengenai tingkat *resilience* sistem transmisi pada PT. PLN (Persero) ULTG Bandung Barat yang telah dilakukan perhitungan *EENS* serta probabilitas gagal sistem, hasil mengenai evaluasi perbaikan dari usulan yang ada, dan hasil mengenai peramalan terkait durasi pemadaman.

### **BAB VI PENUTUP**

Bab terakhir merupakan bagian penutup dari penelitian. Pada bagian ini akan dijelaskan kesimpulan hasil penelitian beserta saran-saran untuk penelitian berikutnya.