

Perancangan Klasifikasi Kelainan Penyaluran Tenaga Listrik Jaringan Distribusi 20 kV Kota Sabang Menggunakan Neural Network

Handrifan Marsadi¹ Sitti Amalia² Andi M Nur Putra³ Andi Syofian⁴ Erhaneli⁵ Antonov⁶

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat, Indonesia^{1,2,3,4,5,6}

Email: 2023310052.handrifan@itp.ac.id¹

Abstrak

Pada Januari 2022 sampai Desember 2023, terdapat banyak nya gangguan pada jaringan listrik 20 kV PT. PLN (Persero) ULP Sabang, lebih dari 50% gangguan tersebut tidak ditemukan penyebab gangguannya, disebabkan penentuan sebuah keputusan dalam penanganan gangguan jaringan listrik masih sangat sulit dilakukan. Gangguan-gangguan yang terjadi disebabkan banyaknya hutan lindung yang tidak dapat dilakukan penebangan, serta hewan yang berhabitat di pohon tersebut yang menyebabkan gangguan jaringan listrik. Tujuan penelitian ini yaitu diperolehnya klasifikasi gangguan jaringan listrik secara cepat dan efisien, menganalisa akurasi keberhasilan klasifikasi gangguan yang terjadi, menghitung perbandingan waktu pemulihan gangguan jaringan listrik, dan melakukan perhitungan keuntungan penjualan terhadap kecepatan pemulihan gangguan jaringan listrik. Faktor-faktor yang diklasifikasikan yaitu disebabkan oleh cuaca, pohon dan hewan. Metode yang digunakan yaitu pemanfaatan *Neural Network* dengan merekam jejak gangguan jaringan listrik Kota Sabang dari Bulan Januari 2024 sampai Desember 2023 ketika relai bekerja yaitu *Over Current Relay* dan *Ground Fault Relay*. Simulasi gangguan ini menggunakan aplikasi *Google Collab*, yang nantinya dapat memproses klasifikasi gangguan yang terjadi. Hasil yang di peroleh dari penelitian ini yaitu lebih cepatnya diketahui gangguan jaringan listrik yang terjadi sehingga tidak lama nya padam listrik yang dirasakan oleh masyarakat, dan keuntungan penjualan listrik bagi penyedia listrik itu sendiri.

Kata Kunci: Gangguan Jaringan, *Neural Network*, *Google Collab*, Keuntungan Penjualan



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

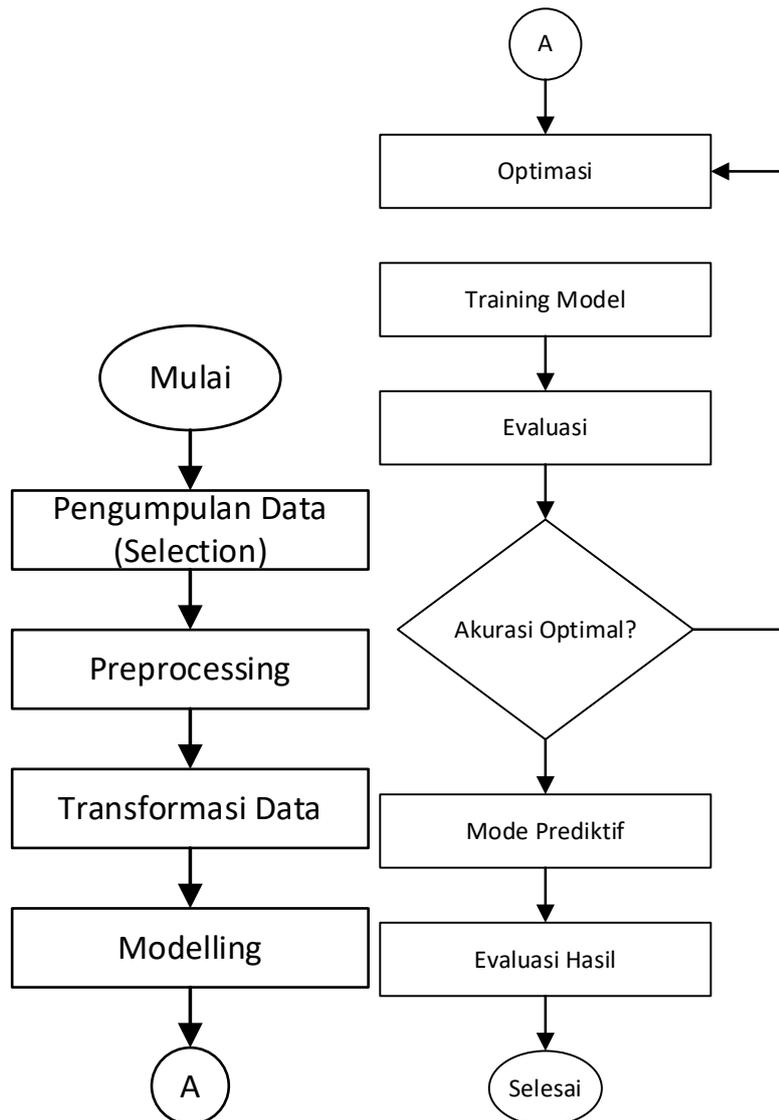
Jaringan listrik Kota Sabang yang terdiri dari 8 penyulang dengan total 15.785 pelanggan kerap sering mengalami gangguan, ditarik dari data gangguan jaringan listrik kota sabang dari Januari 2022 – Desember 2023, bahwasanya terdapat 106 gangguan yang tidak ditemukan penyebabnya, hal ini menyebabkan kurang cepatnya penanganan gangguan jaringan listrik Kota Sabang dan dapat merugikan pelanggan pengguna listrik maupun penyedia listrik itu sendiri. Petugas PLN terus berusaha cepat untuk mengatasi gangguan yang terjadi, tetapi selalu terkendala waktu penanganan, penyebab gangguan yang sering tidak ditemukan penyebabnya, dan terkendala dari hutan lindung yang tidak boleh ditebang serta pohon-pohon Masyarakat yang tidak memberikan izin untuk dilakukan penebangan, serta banyaknya hewan yang berhabitat di pohon tersebut, harapannya ada suatu program yang dapat mengatasi kendala tersebut agar listrik Kota Sabang semakin handal. Kondisi saat ini belum ditemukan suatu program yang dapat menyelesaikan permasalahan tersebut, dibutuhkan suatu program dengan menggunakan metode *Neural Network*. Solusi-solusi yang sudah ditemukan oleh beberapa peneliti diantaranya menjelaskan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada gangguan variasi tegangan yang sering muncul, maka mengusulkan sebuah metode algoritma Artificial Intelligence untuk mengidentifikasi klasifikasi dari voltage sag, dan voltage swell [1]. Pada umumnya, Artificial Intelligence merupakan sebuah metode yang sangat umum untuk pengidentifikasian sebuah gangguan atau fenomena pada kualitas daya karena memiliki tingkat ketelitian yang tinggi dan handal [2].

Salah satu algoritma Classification Machine Learning yang paling populer yaitu Naive Bayes yang mengandalkan teori probabilitas serta statistik dan Decision Tree mengarah ke kelas data untuk membuat pohon keputusan untuk memilih variabel yang memungkinkan untuk diterapkan proses klasifikasi [2]. Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan Algoritma Naive Bayes dan Decision Tree telah banyak penelian yang dilakukan. seperti pada penelitian yang telah diuraikan oleh Ayudhitama & Pujiyanto yang komparasi algoritma yang menggunakan 4 algoritma data mining menggunakan aplikasi rapidminer yaitu Naive Bayes, K-Nearest Neighbor (KNN), Decision Tree dan Neural Network. Dataset yang digunakan yaitu Indian Liver Patient Dataset (ILPD) dari website UCI Machine Learning Repository. Penelitian yang telah dilakukan tersebut mendapatkan hasil algoritma Naive Bayes memiliki akurasi 55,42%, algoritma K-Nearest Neighbor memiliki akurasi 66,03%, algoritma Decision Tree memiliki akurasi 72,74%, dan algoritma Neural Network memiliki akurasi 69,64% [4].

Untuk mengatasi hal tersebut penulis menggunakan metode yaitu Neural Network dengan type (Decision Tree) dengan merekam jejak gangguan jaringan listrik ketika relai bekerja. Pada umumnya, Aturan konseptual pada Decision Tree lebih mudah dibangun daripada menggunakan bobot numerik dalam jaringan saraf, yang menghubungkan antara node untuk pengidentifikasian sebuah gangguan atau fenomena pada kualitas daya karena memiliki tingkat ketelitian yang tinggi dan handal . Karena hanya ada dua relai di PLN ULP Sabang yaitu OCR dan GFR maka hanya jenis gangguan ketika relai tersebut berjalan. Tujuan penelitian ini yaitu diperolehnya identifikasi gangguan jaringan listrik 20 kV ketika terjadi arus gangguan secara cepat dan efisien dengan cara mengklasifikasikan factor-faktor apa saja yang menyebabkan gangguan jaringan listrik sesuai dengan kondisi di lapangan, serta analisa akurasi keberhasilan klasifikasi gangguan yang terjadi, menghitung perbandingan waktu pemulihan gangguan, ketika sebelum menggunakan neural network dan setelah menggunakan neural network, dan melakukan perhitungan keuntungan penjualan terhadap kecepatan pemulihan gangguan pada PT.PLN (Persero) ULP Sabang.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk mengklasifikasi gangguan yaitu menggunakan convolutional neural network dengan menggunakan library keras. Library keras adalah sebuah library yang digunakan untuk pembelajaran mesin dan pengembangan model convolutional neural network di bahasa python. Keras menyediakan antarmuka tingkat tinggi yang mudah digunakan dan intuitif untuk membangun dan melatih model neural network. Pada Gambar 3.1 merupakan proses klasifikasi (flowchart) jenis gangguan dengan convolutional neural network.



Gambar 1. Flowchart Metodologi Penelitian

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah menyusun program klasifikasi gangguan (neural network), serta analisa akurasi keberhasilan klasifikasi gangguan yang terjadi, menghitung perbandingan waktu pemulihan gangguan, ketika sebelum menggunakan neural network dan setelah menggunakan neural network, dan melakukan perhitungan keuntungan penjualan terhadap kecepatan pemulihan gangguan pada PT.PLN (Persero) ULP Sabang.

Lokasi Penelitian

Penulis mengambil lokasi pengujian penelitian ini di Kota Sabang, serta pengambilan data dari PT. PLN (Persero) ULP Sabang, sehingga didapatkan data yang dibutuhkan, yaitu:

1. Data gangguan PT. PLN (Persero) ULP Sabang bulan Januari 2023 sampai Desember 2023
2. Data waktu pemulihan gangguan PT. PLN (Persero) ULP Sabang.
3. Data beban pemakaian pelanggan per penyulang.

Metode dan Aplikasi Yang Digunakan

Pada penelitian ini metode yang diusulkan adalah pencarian model yang sesuai sebagai model, dengan tingkat akurasi yang terbaik. Untuk mendapatkan hasil performance, dengan menggunakan metode Decision Tree, dan menggunakan Google Colab sebagai aplikasinya, diharapkan akan didapatkan nilai akurasi klasifikasi yang terbaik dan dapat diterapkan untuk klasifikasi penanganan gangguan jaringan distribusi listrik. Pada metode yang diusulkan, sebelum dataset dimasukkan kedalam proses training, terlebih dahulu dilakukan praproses data sehingga pada saat dataset tersebut dibagi menjadi data training dan data testing sudah didapatkan sesuai dengan nilai yang akan dimasukkan kedalam sistem. Model Decision Tree terdiri dari node dan cabang, dimana setiap simpul merepresentasikan fitur dalam kategori yang akan diklasifikasikan, dan setiap subset mendefinisikan nilai yang dapat diambil oleh node [36]. Perhitungan nilai entropy menjadi perhitungan awal karena hasil perhitungan tersebut akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Untuk mendapatkan nilai entropy, dihitung jumlah data True dan False pada data training. Semakin tinggi nilai entropy, semakin besar potensi untuk meningkatkan proses klasifikasi. Setelah melakukan perhitungan information gain untuk setiap fitur, nilai information gain tertinggi akan dipilih sebagai akar simpul Decision Tree. [37].

Perancangan Data Set Pemograman (Preprocessing)

Pada penelitian ini data set yang digunakan adalah dataset yang berasal dari data gangguan beban distribusi listrik yang diperoleh dari PT.PLN (Persero) Distribusi UID Aceh, UP3 Banda Aceh, ULP Sabang di sisi 20 kV PLTD Aneuk Laot dan Cot Abeuk. Data diambil selama 1 tahun dalam kurun waktu Januari 2022 sampai dengan Desember 2023. Jumlah atribut adalah sebanyak 3 (tiga) atribut diantaranya yaitu relay yang bekerja, arus gangguan (R, S, T, N), factor- factor yang diklasifikasikan yaitu gangguan hewan, gangguan pohon dan gangguan cuaca. Setelah semua data terkumpul, tahapan berikutnya adalah melakukan proses praproses data dengan menentukan nilai pada record dataset. Hal ini dimaksudkan agar dataset tersebut dibagi menjadi data training dan data testing yang akan dimasukkan ke dalam sistem, penyebab gangguan yang digunakan sebagai label dengan jumlah instance dataset sebanyak 211 record, yang terdiri dari 29 Gangguan Cuaca, 61 Gangguan Hewan dan 121 Gangguan Pohon.

Training

Proses training diawali dengan mendefinisikan data set dengan label yang telah ditentukan yaitu petir, hewan, dan pohon. Selanjutnya file csv yang telah diinput pada layer pertama dengan ukuran kernel 3. Kemudian diberikan jumlah filter sebanyak 211 serta melalui tahap maxpooling. Hasil konvolusi akan dilakukan flatten atau dimasukkan ke baris. Setelah itu untuk melakukan proses testing dihubungkan dengan Neural network pada Fullyconnected dengan dense 50. Proses training dilakukan secara berulang iterasi / epoch sebanyak 25 kali. Penentuan kali iterasi berdasarkan trial and error sehingga dipilih 25 kali dianggap sudah cukup menghasilkan hasil yang optimal.

Tabel 1. Arsitektur CNN yang digunakan

Layer		Filters	Kernel Size	Features	Activation
Input	Label				
1	Cuaca	29	3	3	ReLU
2	Pohon	61	3	3	ReLU
3	Hewan	121	3	3	ReLU

Modeling dan Optimasi

Pada proses testing merupakan tahap untuk mendapatkan nilai akurasi yang optimal. Sehingga dapat ditentukan untuk nilai epoch atau iterasi sebanyak 25 kali. Hal ini diperoleh dari trial and error dan dari beberapa referensi. Pada saat proses testing terjadi penurunan nilai loss dan peningkatan akurasi. Diharapkan dengan model yang telah diperoleh dapat menghasilkan nilai testing yang optimal. Model yang telah ditentukan menggunakan optimasi untuk meminimalisir nilai error pada proses pelatihan data. Sebelum melakukan testing perlu dilakukan tahap optimasi. Optimasi yang digunakan yaitu Adam. Adam optimization adalah metode stochastic gradient descent yang didasarkan dari momen-moment pertama dan kedua. Menurut Kingma et al., 2014, metode ini "efisien secara komputasi, memiliki persyaratan memori kecil, invariant untuk rescaling diagonal dari gradient, dan sangat cocok untuk masalah yang besar dalam hal data / parameter".

Uji Coba dan Analisis

Terdapat beberapa gangguan yang terjadi pada Bulan Juli sampai Bulan September 2024, dengan total 22 gangguan. Ketika terjadi gangguan maka data gangguan tersebut, di input ke program, setelah itu akan dibandingkan atau divalidasi dengan temuan di lapangan. Jadi prediksi yang telah dihasilkan oleh model akan dihitung untuk nilai rata-rata akurasi. Diharapkan dengan model yang telah dilakukan proses training dapat menghasilkan prediksi yang akurat, cepat, dan konsisten. Pada tahapan evaluasi pengukuran performance pada model dilakukan dengan mengukur akurasi yaitu dengan rumus berikut :

- Akurasi Keberhasilan : $\frac{\text{Penyebab Gangguan Benar}}{\text{Total Gangguan Selama Penelitian}} \times 100 \%$

- Selisih waktu mengatasi gangguan :
 $= \text{Tanpa Neural Network} - \text{Menggunakan Neural Network}$

- Mengetahui Keuntungan penjualan terhadap pemulihan gangguan
 $= \text{Selisih waktu mengatasi gangguan} \times \text{Daya penggunaan listrik penyulang}$
 $\times \text{harga listrik}$

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penulisan disertasi ini dilakukan pembangunan program untuk mengklasifikasi gangguan jaringan listrik yang disebabkan oleh cuaca, hewan, dan pohon. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian dari bulan Juli 2024 sampai bulan September 2024, sehingga diperoleh klasifikasi gangguan serta analisa akurasi keberhasilan klasifikasi gangguan yang terjadi, menghitung perbandingan waktu pemulihan gangguan, ketika sebelum menggunakan neural network dan setelah menggunakan neural network, dan melakukan perhitungan keuntungan penjualan terhadap kecepatan pemulihan gangguan pada PT.PLN (Persero) ULP Sabang.

Spesifikasi dan Library Python

Fault classification diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman python dan dengan tiga *source library* yaitu Keras untuk membangun arsitektur dari CNN, *Scikit-learn* untuk memodifikasi beberapa machine learning. Komputer yang digunakan adalah intel® core™ i5 dengan memori 16GB RAM DDR3. Pada sisi GPU menggunakan intel Irisx sehingga proses klasifikasi dapat berjalan cepat. Platform machine learning yang digunakan yaitu google colab. Pandas adalah perpustakaan Python yang digunakan untuk bekerja dengan kumpulan data. Ini memiliki fungsi untuk menganalisis, membersihkan, mengeksplorasi, dan memanipulasi data.

Nama “Pandas” memiliki referensi untuk “Panel Data” dan “Python Data Analysis” dan diciptakan oleh Wes McKinney pada tahun 2008. Data yang digunakan berupa file .csv sehingga diperlukan library pandas untuk mengolah data input. Preprosesing yang digunakan yaitu library sklearn digunakan untuk menentukan skala data input dan memberikan label encoder. Kemudian untuk keras models yang digunakan berasal dari tensorflow dengan tipe data sequential. Selanjutnya untuk proses training diperlukan pengaturan pada layer data menggunakan library tensorflow.keras.layers dengan arsitektur Conv1D, MaxPooling1D, Flatten, Dense, Dropout. Menggunakan Adam sebagai optimasi karena efisien secara komputasi, memiliki persyaratan memori kecil, invariant untuk rescaling diagonal dari gradient, dan sangat cocok untuk masalah yang besar dalam hal data / parameter. Selanjutnya hasil iterasi akan ditampilkan untuk melihat nilai akurasi proses training.

Dataset Pengujian

Data gangguan yang telah dikumpulkan dari Bulan Januari 2022 sampai Desember 2024 dengan format file .csv kemudian diupload ke dalam google drive. Setelah program python terhubung dengan drive selanjutnya dilakan input alamat data tersebut. Dataset akan dibaca oleh panda sebagai library data. Seperti pada gambar 4.2 dilakukan proses encoding dan labeling. Pada tabel 3.1,3.2, dan 3.3 merupakan kumpulan kejadian yang terdiri dari beberapa data dengan label yang berbeda. Label pada masing-masing data mewakili 3 kelas yaitu cuaca, hewan, dan pohon. Data tersebut telah dilakukan validasi pada lapangan sehingga dapat dijadikan acuan sebagai pembentuk model untuk proses training.

Training Data

Dataset yang telah dilakukan preprocessing selanjutnya akan digunakan untuk proses training. Sebelum melakukan proses training data, menentukan terlebih dahulu arsitektur CNN yang akan digunakan. Berdasarkan kajian literatur dan proses trial & error maka dapat ditentukan seperti pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 2. Arsitektur CNN yang digunakan

Layer		Filters	Kernel Size	Features	Activation
Input	Label				
1	Cuaca	29	3	3	ReLU
2	Pohon	61	3	3	ReLU
3	Hewan	121	3	3	ReLU

Untuk mengetahui nilai akurasi model yang akan dibuat, perlu melakukan perhitungan antara hasil uji dan kondisi dilapangan setelah dilakukan pengujian.

Proses Epoch

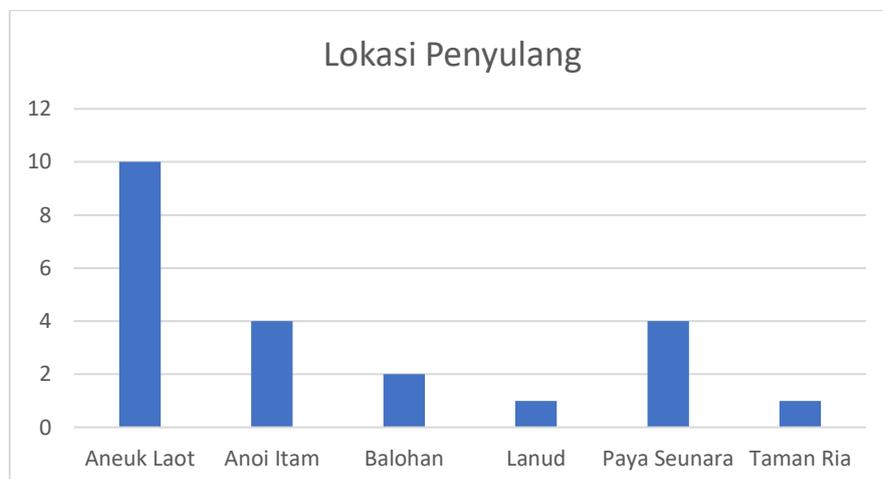
Proses epoch menunjukkan perjalanan epoch dengan loss sampai mendapatkan akurasi terbaik. Loss akan terus diperbarui setiap iterasi epoch, sampai loss sudah tidak ada perbaikan (lebih rendah) dari sebelumnya. Dilakukan iterasi sebanyak 25 kali dalam waktu 2 menit 12 detik.

Analisa Hasil Uji Coba

Proses uji coba dilakukan sebanyak 22 kali gangguan yang terjadi pada Bulan Juli 2024 sampai Bulan September 2024, ditampilkan oleh Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Proses Uji Coba

No.	Tanggal Gangguan	Lokasi Penyulang	Penyebab Gangguan	Relay	R	S	T	N	KET DILAPANGAN
1	04-Jul-24	Aneuk Laot	Pohon	OCR	0	34	56	3	SESUAI
2	09-Jul-24	Aneuk Laot	Hewan	GFR	52	64	21	0	TIDAK SESUAI
3	13-Jul-24	Anoi Itam	Cuaca	GFR	312	0	325	2	SESUAI
4	21-Jul-24	Paya Seunara	Pohon	GFR	645	598	2	1	SESUAI
5	28-Jul-24	Aneuk Laot	Pohon	GFR	2	1	432	356	SESUAI
6	02-Aug-24	Balohan	Pohon	OCR	3	364	391	2	SESUAI
7	06-Aug-24	Aneuk Laot	Hewan	GFR	2	53	64	1	SESUAI
8	11-Aug-24	Aneuk Laot	Pohon	GFR	115	112	112	110	SESUAI
9	15-Aug-24	Anoi Itam	Pohon	GFR	261	221	2	3	TIDAK SESUAI
10	16-Aug-24	Lanud	Hewan	GFR	1	465	464	0	SESUAI
11	19-Aug-24	Aneuk Laot	Pohon	GFR	13	65	79	10	SESUAI
12	21-Aug-24	Taman Ria	Pohon	GFR	112	1	116	2	SESUAI
13	24-Aug-24	Paya Seunara	Pohon	GFR	16	311	425	1	SESUAI
14	29-Aug-24	Aneuk Laot	Hewan	GFR	781	799	12	11	SESUAI
15	30-Aug-24	Anoi Itam	Pohon	OCR	0	345	387	13	SESUAI
16	01-Sep-24	Aneuk Laot	Pohon	OCR	2	543	587	3	SESUAI
17	05-Sep-24	Balohan	Pohon	GFR	25	27	785	788	SESUAI
18	08-Sep-24	Paya Seunara	Pohon	GFR	483	492	2	4	SESUAI
19	09-Sep-24	Aneuk Laot	Pohon	GFR	213	296	1	3	SESUAI
20	15-Sep-24	Anoi Itam	Pohon	GFR	265	0	275	1	SESUAI
21	21-Sep-24	Paya Seunara	Pohon	OCR	0	976	986	0	SESUAI
22	23-Sep-24	Aneuk Laot	Pohon	GFR	34	45	46	44	SESUAI

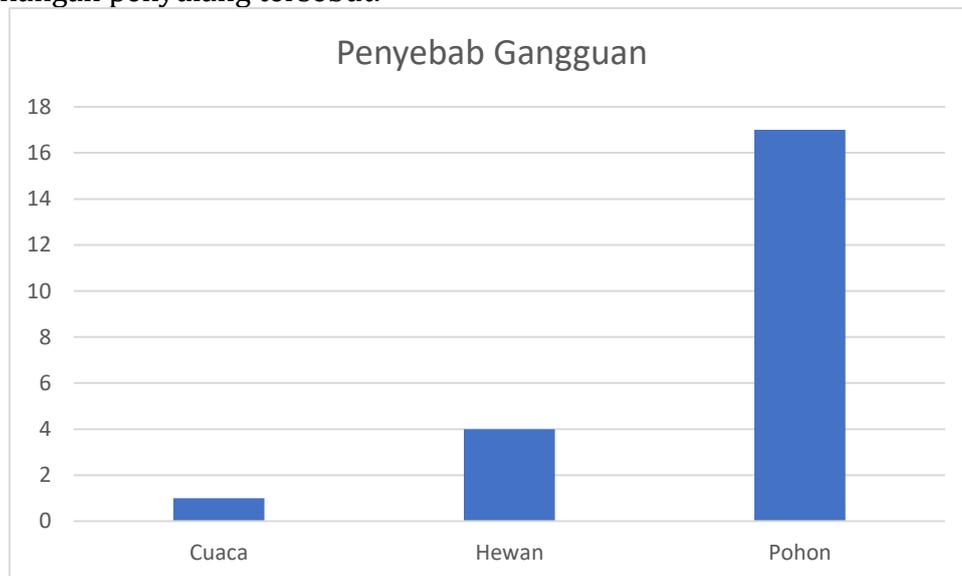


Gambar 1. Grafik Lokasi Penyulang yang Mengalami Gangguan

Pada gambar tersebut menggambarkan bagaimana perbandingan jumlah gangguan yang terjadi pada masing-masing penyulang dengan rincian :

- Penyulang Aneuk Laot total 10 gangguan
- Penyulang Anoi Itam total 4 gangguan.
- Penyulang Balohan total 2 gangguan.
- Penyulang Lanud total 1 gangguan.
- Penyulang Paya Seunara total 4 gangguan.
- Penyulang Taman Ria total 1 gangguan.

Penyulang Aneuk Laot merupakan penyulang dengan gangguan terbanyak dikarenakan banyaknya hutan lindung yang tidak boleh ditebang serta banyaknya hewan yang berhabitat di sekitar lingkungan penyulang tersebut.

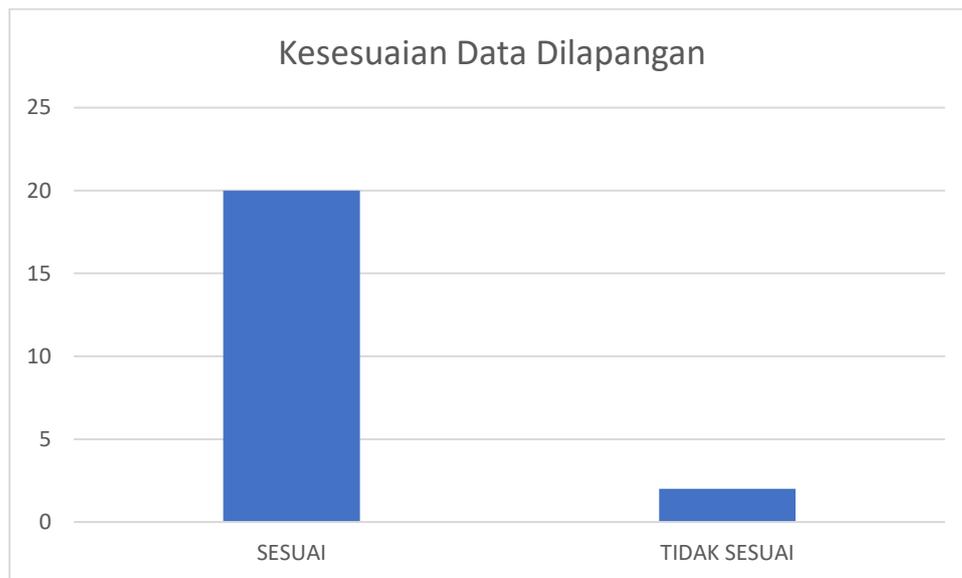


Gambar 2. Grafik Penyebab Gangguan

Pada gambar tersebut menggambarkan bagaimana perbandingan penyebab gangguan yang terjadi dengan rincian:

- Gangguan cuaca total 1 gangguan
- Gangguan hewan total 4 gangguan
- Gangguan pohon total 17 gangguan

Gangguan pohon merupakan gangguan terbanyak yang terjadi dikarenakan kota sabang terdapat banyaknya hutan lindung yang tidak boleh ditebang dan kesadaran Masyarakat yang masih belum bisa diajak kerja sama untuk pemotongan pohon yang diprediksi akan mengenai jaringan Listrik.



Gambar 3. Kesesuaian Data Dilapangan

Pada gambar tersebut menggambarkan bagaimana perbandingan data klasifikasi gangguan menggunakan neural network dengan data dilapangan, yaitu terdapat 20 Gangguan yang sesuai dan 2 gangguan yang tidak sesuai dengan kondisi di lapangan,

Rata-rata penyelesaian gangguan

Dengan rata-rata recovery gangguan selama 47 Menit.

Perhitungan Hasil Uji Coba

Pada tahapan evaluasi pengukuran performance pada model dilakukan dengan mengukur akurasi yaitu dengan rumus berikut :

a) Akurasi Keberhasilan

- Akurasi Keberhasilan : $\frac{\text{Penyebab Gangguan Benar}}{\text{Total Gangguan Selama Penelitian}} \times 100 \%$

Maka :

- Akurasi Keberhasilan : $\frac{20}{22} \times 100 \%$
 = 90.9 %

b) Selisih waktu mengatasi gangguan

- Selisih waktu mengatasi gangguan :
 = Tanpa Neural Network – Menggunakan Neural Network

Maka :

- Selisih waktu mengatasi gangguan :
 = 68 menit – 47 menit
 = 21 menit

c) Keuntungan penjualan terhadap pemulihan gangguan

- Keuntungan penjualan terhadap pemulihan gangguan :
 = Selisih waktu mengatasi gangguan x Daya penggunaan listrik penyulang
 x harga listrik

Diketahui :

- Daya (W)=Arus (A)×Tegangan (V)
- Tegangan = 220 V

- Harga listrik per kwh = Rp.1600
- Harga listrik per satu menit = Rp. 1600/60 = Rp. 26,6 /kW

Keuntungan kwh penjualan per penyulang terhadap pemulihan gangguan, sebagai berikut :

a) Penyulang Aneuk Laot

- Diketahui :
 - Selisih waktu mengatasi gangguan = 21 menit
 - Jumlah pelanggan = 2906 pelanggan
 - Daya = $39627 \text{ A} \times 220 \text{ V}$
= 8.717.940 W (24 Jam)
= 145.299 W (1 Menit)
= 145 kW
- Mengetahui Keuntungan penjualan terhadap pemulihan gangguan
= *Selisih waktu mengatasi gangguan x Daya penggunaan listrik penyulang x harga listrik*

= $21 \times 145 \times 26,6$
= Rp. 80.997
- Dengan adanya klasifikasi gangguan menggunakan Neural Network maka PLN dapat memperoleh keuntungan sebesar Rp. 80.997 setiap kali proses pemulihan gangguan.
- Jika pada saat pengujian terapat 10 x gangguan maka PLN dapat memperoleh keuntungan sebesar Rp. 800.997

b) Penyulang Anoi Itam

- Diketahui :
 - Selisih waktu mengatasi gangguan = 21 menit
 - Jumlah pelanggan = 2009 pelanggan
 - Daya = $27395 \text{ A} \times 220 \text{ V}$
= 6.026.900 W (24 Jam)
= 100.448 W (1 Menit)
= 100,448 kW
- Mengetahui Keuntungan penjualan terhadap pemulihan gangguan
= *Selisih waktu mengatasi gangguan x Daya penggunaan listrik penyulang x harga listrik*

= $21 \times 100,448 \times 26,6$
= Rp. 56.110,2528
- Dengan adanya klasifikasi gangguan menggunakan Neural Network maka PLN dapat memperoleh keuntungan sebesar Rp. 56.110 setiap kali proses pemulihan gangguan.
- Jika pada saat pengujian terapat 4 x gangguan maka PLN dapat memperoleh keuntungan sebesar Rp. 224.441

c) Penyulang Balohan

- Diketahui :
 - Selisih waktu mengatasi gangguan = 21 menit
 - Jumlah pelanggan = 2226 pelanggan
 - Daya = $30354 \text{ A} \times 220 \text{ V}$
= 6.677.880 W (24 Jam)
= 111.298 W (1 Menit)
= 111,145 kW
- Mengetahui Keuntungan penjualan terhadap pemulihan gangguan

= *Selisih waktu mengatasi gangguan x Daya penggunaan listrik penyulang
x harga listrik*

$$= 21 \times 111,145 \times 26,6$$
$$= \text{Rp. } 62.085,597$$

- Dengan adanya klasifikasi gangguan menggunakan Neural Network maka PLN dapat memperoleh keuntungan sebesar Rp. 62.085 setiap kali proses pemulihan gangguan.
- Jika pada saat pengujian terdapat 2 x gangguan maka PLN dapat memperoleh keuntungan sebesar Rp. 124.171

d) Penyulang Lanud

- Diketahui:

- Selisih waktu mengatasi gangguan = 21 menit
- Jumlah pelanggan = 1021 pelanggan
- Daya = $13922 \text{ A} \times 220 \text{ V}$
= 3.062.840 W (24 Jam)
= 51.047 W (1 Menit)
= 51,047 kW

- Mengetahui Keuntungan penjualan terhadap pemulihan gangguan

= *Selisih waktu mengatasi gangguan x Daya penggunaan listrik penyulang
x harga listrik*

$$= 21 \times 51,047 \times 26,6$$
$$= \text{Rp. } 28.514$$

- Dengan adanya klasifikasi gangguan menggunakan Neural Network maka PLN dapat memperoleh keuntungan sebesar Rp. 28.514 setiap kali proses pemulihan gangguan.
- Jika pada saat pengujian terdapat 1 x gangguan maka PLN dapat memperoleh keuntungan sebesar Rp. 28.514

e) Penyulang Paya Seunara

- Diketahui :

- Selisih waktu mengatasi gangguan = 21 menit
- Jumlah pelanggan = 3221 pelanggan
- Daya = $43922 \text{ A} \times 220 \text{ V}$
= 9.662.840 W (24 Jam)
= 161.047 W (1 Menit)
= 161,047 kW

- Mengetahui Keuntungan penjualan terhadap pemulihan gangguan

= *Selisih waktu mengatasi gangguan x Daya penggunaan listrik penyulang
x harga listrik*

$$= 21 \times 161,047 \times 26,6$$
$$= \text{Rp. } 89.960$$

- Dengan adanya klasifikasi gangguan menggunakan Neural Network maka PLN dapat memperoleh keuntungan sebesar Rp. 89.960 setiap kali proses pemulihan gangguan.
- Jika pada saat pengujian terdapat 4 x gangguan maka PLN dapat memperoleh keuntungan sebesar Rp. 359.843

f) Penyulang Taman Ria

- Diketahui :

- Selisih waktu mengatasi gangguan = 21 menit
- Jumlah pelanggan = 2811 pelanggan
- Daya = $38331 \text{ A} \times 220 \text{ V}$
= 8.432.820 W (24 Jam)

- = 140.547 W (1 Menit)
- = 140,547 kW
- Mengetahui Keuntungan penjualan terhadap pemulihan gangguan
= *Selisih waktu mengatasi gangguan x Daya penggunaan listrik penyulang x harga listrik*
= 21 x 140,547 x 26,6
= Rp. 78.509
- Dengan adanya klasifikasi gangguan menggunakan Neural Network maka PLN dapat memperoleh keuntungan sebesar Rp. 78.509 setiap kali proses pemulihan gangguan.
- Jika pada saat pengujian terdapat 1 x gangguan maka PLN dapat memperoleh keuntungan sebesar Rp. 78.509

Total keuntungan penjualan terhadap pemulihan gangguan yang diperoleh oleh PLN dari bulan Juli 2024 sampai September 2024 yang di peroleh adalah Rp. 1.616.475

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang menjawab rumusan masalah sehingga dapat ditarik kesimpulan yang berkaitan dengan tujuan penelitian ini dilakukan. Dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Metode CNN dapat menentukan penyebab gangguan pada sistem tenaga listrik dengan cara input dataset yang berasal dari riwayat gangguan bulan Januari 2022 sampai Desember 2023, kemudian membentuk arsitektur CNN hingga memperoleh modelnya.
2. Berdasarkan model CNN yang diperoleh menghasilkan nilai akurasi persentase prediksi penyebab gangguan pada sistem tenaga listrik sebesar 90,9%
3. Menggunakan Neural Network dapat menghemat waktu sekitar 21 menit dalam mengatasi gangguan, akan berdampak keuntungan bagi masyarakat dan pihak penyedia listrik sendiri
4. Total keuntungan penjualan terhadap pemulihan gangguan yang diperoleh oleh PLN dari bulan Juli 2024 sampai September 2024 yang di peroleh adalah Rp. 1.616.475

Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, saran yang diperlukan untuk memperbaiki akurasi data maupun untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Memperbanyak data sehingga program dapat menghasilkan akurasi yang lebih baik.
2. Menambahkan kelas untuk menghasilkan nilai prediksi yang lebih menyeluruh terdapat berbagai jenis gangguan pada sistem ketenagalistrikan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. P. Ayudhitama and U. Pujiyanto, (2020) "Analisa 4 Algoritma Dalam Klasifikasi Liver Menggunakan Rapidminer," J. Inform. Polinema, vol. 6, no. 2, pp. 1–9,
- A. T. Eko Suryo, W. Wijono, and B. Siswojo, , (2020) "Analisis Kompensasi Tegangan Sag Dengan Kontrol Hysteresis Dan Ann Pada Gi Sengkaling Penyulang Pujon," Transmisi, vol. 22, no. 3, pp. 73–79,
- Aryaguna Abel Aditya, Anggriawan Oky Dimas, dan Suhariningsih. (2021) "Identifikasi Jenis Gangguan Pada Jaringan Distribusi Menggunakan Metode Artificial Neural Network" (Jurnal Inovtek Seri Elektro), Vol. 3, No. 1, Hal 27-35.
- B. Charbuty and A. Abdulazeez, (2021) "Classification Based on Decision Tree Algorithm for Machine Learning," J. Appl. Sci. Technol. Trends, vol. 2, no. 01, pp. 10.38094

- Bakar, A.H.A., Moklis, H.A., Illias & Chong, P.L. (2012) "The study of Directional Overcurrent Relay and Directional Earth Fault Protection Application for 33 KV Underground Cble System in Malaysia". *Electrical Power System and Energy System* 40. pp 113-119.
- D. Delen and M. D. Crossland, (2008) "Seeding the survey and analysis of research literature with text mining," *Expert Syst. Appl.*, vol. 34, no. 3, pp. 1707– 1720.
- D. O. Anggriawan et al., (2020) "Detection and identification of voltage variation events based on artificial neural network," *Int. Rev. Autom. Control*, vol. 13, no. 5, pp. 224–230
- Deng, X., Yuan, R., Xiao, Z., Li, T., & Liu Wang, K.L., (2015) *Fault Location in Loop Distribution Network Using SVM Technology*, *Electrical Power and Energy System* 65. pp.254-261.
- I.. D. Irawan, , (2018) "Klasifikasi Gangguan Pada Saluran Transmisi Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Kohonen," *E-Link J. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 1, no. 1, p. 1.
- IEEE Std 1159, (2019) *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, vol. 2019.
- J. Zhang, Z.H. He, S. Lin, Y.B. Zhang, and Q.Q. Qian, (2013) "An ANFIS based fault classification approach in power distribution system," *Electrical Power and Energy System*, Vol.49, pp. 243-252.
- L. Nurellisa and D. Fitriana, (2020) "Analisis Rekomendasi Calon Debitur Motor pada PT.XYZ menggunakan Algoritma C 4.5," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 4, p. 673.
- M. S. Priyadarshini and M. Sushama, , (2016) "Classification of short-duration voltage variations using wavelet decomposition based entropy criteria," *Proc. 2016 IEEE Int. Conf. Wirel. Commun. Signal Process. Networking, WiSPNET 2016*, pp. 2192–2196.
- M. Widiarsana, I. M. Mataram, and Y. P. Sudarmojo, (2018) "Identifikasi Jenis Gangguan pada Jaringan Transmisi Menggunakan Metode Jaring Syaraf Tiruan," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 1, p. 1
- P. Patil, K. Muley, and R. Agrawal, (2019) "Identification Of Power Quality Disturbance Using Neural," *2019 3rd Int. Conf. Electron. Commun. Aerosp. Technol.*, pp. 990–996.
- S. Farhana, (2021) "Classification of Academic Performance for University Research Evaluation by Implementing Modified Naive Bayes Algorithm," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 194, pp. 224–228.
- Somantri Oman Sungkar, Muchamad Sobri, dan Sasmito Ginanjar Wiro. (2015) "Neural Network Untuk Klasifikasi Penanganan Gangguan Jaringan Distribusi Listrik 20 KV" (KNIF 2015) Hal 204-286,
- Somantri, O., Sobri, S.M. and Wiro, S.G. (2015) 'Neural Network Untuk Klasifikasi PenangananGangguan Jaringan Distribusi Listrik 20 KV', *Jurnal Knif*, Vol. 3(No. 2), pp. 1–5.
- V. Stepchyshyn and R. S. Nelson, (2007) *Library plagiarism policies*. Chicago : College Library Information Packet Committee, College Libraries Section, Association of College and Research Libraries.
- Y. Han, Y. Feng, P. Yang, L. Xu, Y. Xu, and F. Blaabjerg, (2020) "Cause, Classification of Voltage Sag, and Voltage Sag Emulators and Applications: A Comprehensive Overview," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 1922–1934.