

Prediksi Daya Listrik Jangka Sangat Pendek Pembangkit Listrik Mikrohidro Menggunakan Metode Hybrid Decomposisi Feed Forward Neural Network (FFNN)

Erryka Ayu Diah Charisma

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: erryka.22136@mhs.unesa.ac.id

Unit Three Kartini, Lilik Anifah, Subuh Isnur Haryudo

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: unitthree@unesa.ac.id, lilikanifah@unesa.ac.id, subuhisnur@unesa.ac.id

Abstrak

Pengembangan model prediksi daya listrik satu jam kedepan pada sistem mikrohidro PLTMH Kare menggunakan pendekatan *Decompositi Feed Forward Neural Network* (D-FFNN) merupakan tujuan dari penelitian ini. Fenomena yang diangkat adalah pentingnya efisiensi dalam memprediksi daya listrik yang dihasilkan oleh sistem mikrohidro PLTMH Kare yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti arus, tegangan, debit air, dan daya listrik. PLTMH Kare berlokasi di Desa Kare, Kabupaten Madiun. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengevaluasi akurasi model D-FFNN dalam memprediksi daya listrik berdasarkan data yang dikumpulkan dari sistem mikrohidro yang telah terpasang, sehingga mendapatkan hasil peramalan yang akurat. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data arus, tegangan, daya listrik, dan debit air selama tujuh hari dimulai tanggal 18 November sampai 24 November 2024, dari jam 10:00 WIB hingga 17:00 WIB, diikuti dengan pemrosesan data dan pelatihan model D-FFNN. Model ini kemudian diuji untuk membandingkan hasil prediksi daya listrik dengan data aktual yang tercatat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model D-FFNN berhasil memprediksi daya listrik dalam satu jam ke depan sebesar 7312 Watt dengan tingkat kesalahan rata-rata kurang dari 1%.

Kata Kunci: Decomposition, Feed Forward Neural Network, Daya Listrik, Prediksi

Abstract

Development of a one hour electric power prediction model the next hour at the Kare PLTMH microhydro system using the Decomposition Feed Forward Neural Network (D-FFNN) approach is the purpose of this research. The issue addressed is the importance of efficiency in predicting the electrical power generated by the Kare PLTMH microhydro system which is influenced by several factors such as current, voltage, water discharge, and electrical power. Kare PLTMH is located in Kare Village, Madiun Regency. The main objective of this research is to evaluate the accuracy of the D-FFNN model in predicting electrical power based on data collected from the installed microhydro system, so as to obtain accurate forecasting results. The method used includes collecting data on current, voltage, electric power, and water discharge for seven days starting from November 18 to November 24, 2024, from 10:00 am to 5:00 pm, followed by data processing and training of the D-FFNN model. The model is then tested to compare the predicted electric power results with the actual recorded data. The results showed that the D-FFNN model successfully predicted electric power in the next hour by 7312 Watts with an average error rate of less than 1%.

Keywords: Decomposition, Feed Forward Neural Network, Electrical Power, Prediction

PENDAHULUAN

Kehidupan di era modern sekarang, kebutuhan akan energi listrik telah menjadi sangat penting untuk meningkatkan kualitas standar hidup masyarakat, sehingga dapat mendorong kemajuan ekonomi secara keseluruhan (Agam & Kartini, 2020). Penelitian yang dilakukan oleh (Briliansyah & Kartini, 2023) yang berfokus pada peramalan daya listrik menggunakan metode RNN-LSTM (*Recurrent Neural Network Long Short Term Memory*) pada PLTS On Grid dengan data meteorologi sebagai *input*, menunjukkan hasil prediksi yang mendekati daya aktual dengan MSE 0,0139 dan MAPE 31,87%. Selain itu, (Fahmi & Kartini, 2020) melakukan penelitian mengenai peramalan konsumsi daya listrik untuk jangka waktu

pendek dengan penerapan metode D-FFNN (*Decomposition Feed Forward Neural Network*) di PLTU Gresik yang juga menunjukkan efektivitas metode hybrid dalam memprediksi daya listrik. Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan dampak lingkungan dari pembangkit listrik konvensional, terdapat urgensi global untuk memanfaatkan sumber energi terbarukan yang lebih berkelanjutan. Pemanfaatan listrik dapat menggunakan energi alternatif dari alam Indonesia, salah satunya adalah air. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah pemanfaatan energi air skala kecil, yakni seperti pembangkit listrik mikrohidro sebagai pembangkit listrik alternatif karena ramah lingkungan dan memiliki cukup potensi yang dapat

memberikan akses listrik ke daerah-daerah terpencil tanpa merusak ekosistem setempat bagi kehidupan masyarakat di era *modern* ini (Hasan, 2020).

Pembangkit listrik berkapasitas kecil dengan memakai energi air seperti sungai, saluran irigasi, dan air terjun sebagai tenaga penggeraknya ialah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), yang sering disebut dengan mikrohidro. Energi tersebut digunakan untuk menghasilkan listrik dengan cara memanfaatkan jumlah debit air dan tinggi terjunan (*head*), yang selanjutnya digunakan untuk menentukan besarnya daya listrik yang dihasilkan. Pemanfaatan tenaga air tersebut akan dikonversi menjadi energi listrik. Permasalahan utama yang dihadapi oleh Indonesia di banyak daerah, terutama di wilayah terpencil dan pedesaan adalah terbatasnya pasokan listrik.

Salah satunya terletak pada wilayah kawasan dataran tinggi di Kabupaten Madiun, Jawa Timur, yaitu Dusun Kandangan, Desa Kare, Kecamatan Kare yang belum terjamak listrik dikarenakan jangkauan dari jaringan listrik PLN belum memadai. Dusun Kandangan sendiri berada di lereng Gunung Wilis, dengan ketinggian antara 600 meter hingga 2.350 meter di atas permukaan laut (mdpl), dimana dataran wilayah tersebut memiliki sungai dengan kapasitas air yang melimpah dan debit air yang tinggi yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik.

Ketua RT 36 Dusun Kandangan yakni Bapak Slamet dan Bapak Eko selaku teknisi PLTMH bercerita kondisi tersebut berubah, ketika Gubernur Jawa Timur kala itu yakni Bapak Soekarwo memberikan bantuan berupa teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dan beroperasi secara resmi pada tahun 2013 yang dibangun di pinggir Sungai Catur. Power House atau dikenal dengan PLTMH Kare memiliki aliran air yang melimpah, sehingga membuat pembangkit mikrohidro bekerja secara sempurna. Potensi listrik yang dihasilkan oleh PLTMH Kare mencapai 85.000 KWh. Total kapasitas tersebut, masyarakat hanya menggunakan sekitar 25.000 KWh untuk 75 keluarga, sedangkan sisanya secara otomatis diteruskan ke tempat penyimpanan daya dan terjadi proses pembakaran pada sisa daya.

Penelitian-penelitian terdahulu ini menjadi landasan penting bagi penelitian ini yang bertujuan untuk menerapkan metode *hybrid decomposisi* FFNN dalam meramalkan daya listrik dalam periode singkat pada pembangkit mikrohidro, dengan fokus pengumpulan data secara real-time. Penggunaan metode *hybrid* D-FFNN (*Decomposition Feed Forward Neural Network*), diharapkan dapat meningkatkan akurasi dalam memprediksi *output* daya, sehingga dapat mengoptimalkan manajemen energi, meningkatkan reliabilitas sistem dan berkelanjutan bagi masyarakat di daerah terpencil. Sistem prediksi yang

dirancang menggunakan metode *hybrid decomposisi* FFNN, di mana data historis berupa tegangan, arus, debit, dan daya. Pengambilan data ini dilaksanakan di PLTMH Kare. Setiap komponen akan dimodelkan menggunakan pemodelan D-FFNN (*Decomposition Feed Forward Neural Network*). Prediksi yang dihasilkan oleh model D-FFNN, akan memberikan berupa prediksi akhir daya listrik untuk periode sangat singkat, yaitu satu jam kedepan.

TINJAUAN PUSTAKA

Peramalan Daya Listrik

Demand forecasting atau peramalan daya listrik adalah metode yang digunakan untuk memprediksi seberapa besar kebutuhan daya listrik yang akan diperlukan oleh masyarakat. Hasil proses dari peramalan ini digunakan untuk menentukan rencana seberapa banyak kapasitas daya listrik yang perlu disediakan sehingga dapat dikelola dengan efisien. Menurut (Choiroh & Kartini., 2020), berdasarkan jangka waktu, peramalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Peramalan Jangka Sangat Pendek (*Very Short-Term Forecasting*)
Merupakan jenis peramalan yang memprediksi peristiwa dalam rentang periode waktu beberapa menit hingga jam ke depan.
2. Peramalan Jangka Pendek (*Short-Term Forecasting*)
Merupakan jenis peramalan yang memprediksi peristiwa dalam rentang waktu berkisar beberapa jam hingga satu minggu ke depan dan digunakan untuk perencanaan dan pengoperasian energi listrik.
3. Peramalan Jangka Menengah (*Medium-Term Forecasting*)
Merupakan jenis peramalan yang memprediksi peristiwa dalam jangka waktu bulanan hingga satu tahun dan membantu memastikan stabilitas serta mengidentifikasi keterbatasan kapasitas dalam suatu sistem.
4. Peramalan Jangka Panjang (*Long-Term Forecasting*)
Merupakan jenis peramalan yang memprediksi peristiwa selama beberapa tahun kedepan (diatas 1 tahun) yang digunakan untuk perencanaan dan pengembangan energi listrik.

Metode *Decomposition*

Menurut (Agam & Kartini, 2020) metode *decomposisi* atau *decomposition method* adalah metode dengan menggunakan teknik untuk menentukan data deret waktu dari sinyal kompleks atau data menjadi beberapa komponen atau data yang lebih sederhana agar dapat dianalisis secara individu. Mendekomposisi atau memecah data deret waktu untuk diubah menjadi beberapa bagian pola yang berbeda adalah prinsip dasar dari metode *decomposisi* deret waktu.

Metode *decomposisi* yang digunakan yakni EMD (*Empirical Mode Decomposition*) ialah metode analisis untuk mendekomposisi sinyal atau data set menjadi beberapa komponen sederhana yang memenuhi fungsi mode intrinsik atau IMF (*Intrinsic Mode Function*). Algoritma EMD memecah sinyal asli menjadi IMF dan residu (sinyal sisa). Algoritma ini menggunakan proses iterasi untuk mendapatkan IMF dan residual. Proses ini akan berhenti ketika standar kriteria terpenuhi.

Feed Forward Neural Network (FFNN)

Salah satu jenis jaringan saraf tiruan ANN (*Artificial Neural Network*) yang menggunakan arsitektur dengan umpan maju tanpa umpan balik ialah FFNN (*Feed Forward Neural Network*). Berawalan, dengan sinyal bergerak meninggalkan lapisan *input*, melewati lapisan tersembunyi (*hidden layers*), dan akhirnya mencapai ke lapisan *output*. Berikut beberapa istilah yang seringkali dijumpai (Agam & Kartini, 2020) :

1. Node atau Neuron : elemen dasar dalam jaringan syaraf tiruan yang bertugas ketika menerima data *input* melalui operasi perkalian antara fungsi aktivasi dan *summation function*, serta hasil yang diperoleh dikirimkan sebagai *output*.
2. Jaringan : untuk membentuk sebuah lapisan, dimana sekelompok neuron saling terhubung satu sama lain dalam satu kelompok.
3. *Input* : sinyal dari *input* memproses satu unit data kecil dari suatu model atau data lain yang berasal dari lingkungan eksternal yang diteruskan ke lapisan berikutnya.
4. *Output* : perolehan hasil dari pemrosesan jaringan terhadap data *input* yang dihasilkan.
5. *Hidden Layer* : secara langsung lapisan ini tidak berinteraksi dengan lingkungan eksternal. Namun, hal ini meningkatkan kemampuan jaringan syaraf tiruan untuk menangani permasalahan yang lebih kompleks.
6. Bobot : metode yang digunakan untuk mentransfer data dengan menghubungkan satu lapisan ke lapisan lainnya. Hasil *output* yang diperoleh dan diinginkan berasal dari jaringan yang disesuaikan.
7. Bias : berfungsi sebagai konstanta yang didasarkan dari penjumlahan bobot sebelum diterapkan ke fungsi aktivasi, bahkan semua *input* bernilai nol apabila neuron dapat mengaktifkan dirinya.
8. *Summation Function* (Fungsi Penjumlahan) : proses ini adalah langkah awal didalam sebuah neuron untuk menggabungkan informasi dari setiap elemen *input* yaitu setiap nilai *input* (X_j) dikalikan dengan bobot (W_{ij}) untuk mendapatkan total gabungan. Proses ini dikenal sebagai nilai sementara (S_i) atau penjumlahan

berbobot, untuk fungsi penjumlahan dalam elemen *input* dapat dilihat di persamaan 1 :

$$S_i = \sum_{j=1}^N W_{ij} \times X_j \quad (1)$$

Dimana :

S_i	=	Penjumlahan bobot
W_{ij}	=	Nilai bobot
X_j	=	Nilai <i>input</i>

9. Fungsi Aktivasi : mekanisme yang menghubungkan *summation function* dengan fungsi aktivasi, yang bersifat *linier* maupun *non-linier* tergantung pada jenis fungsi yang digunakan. Fungsi ini berperan penting dalam menentukan respon sistem jaringan saraf tiruan terhadap *input* yang diberikan. Beberapa contoh fungsi aktivasi yang umum digunakan adalah *sigmoid*, *purelin*, dan *hard limit*. Khusus teruntuk fungsi *sigmoid* memiliki variasi seperti *sigmoid bipolar*, *sigmoid tangen*, dan *sigmoid biner*, yang masing-masing memiliki karakteristik dalam memodelkan hubung *input-output* pada jaringan saraf tiruan.

10. Rumus FFNN :

- a. Input dari bobot pertama

$$W = Net \times I \times W \quad (2)$$

- b. Input dari bias pertama

$$W = Net \times b \quad (3)$$

Keterangan :

Net = Jaringan

I = *Input*

W = Bobot

b = Bias

METODE

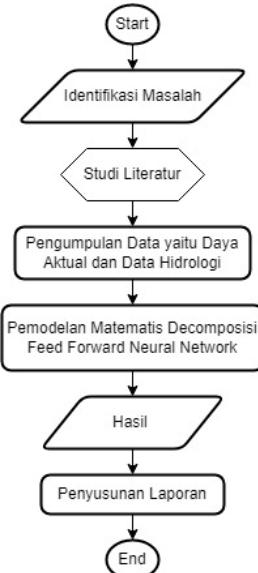
Pendekatan Penelitian

Metodologi dalam penelitian ini bersifat pendekatan kuantitatif karena menggunakan data numerik yang dikumpulkan secara langsung. Data dikumpulkan secara real-time, seperti tegangan, arus, debit air, dan daya selama satu minggu. Pengumpulan data dilakukan dengan tujuan utama yaitu memperoleh informasi yang akurat dan relevan dalam memprediksi fluktuasi daya listrik, yang berguna dalam pengelolaan dan perencanaan sistem energi secara efisien, terutama dalam pembangkit listrik mikrohidro untuk mendukung proses dari analisis lebih lanjut. Data yang telah berhasil dikumpulkan akan diproses lebih lanjut menggunakan metode *hybrid D-FFNN (Decomposisi Feed Forward Neural Network)* untuk meramalkan daya listrik dalam periode waktu yang sangat singkat, yaitu untuk satu jam kedepan. Sehingga, mendapatkan evaluasi lebih lanjut terhadap keakuratan prediksi serta penerapannya dalam pengelolaan sistem

energi secara efisien.

Rancangan Penelitian

Penggunaan pendekatan kuantitatif pada rancangan penelitian melibatkan sejumlah tahapan sistematis yang telah dirumuskan untuk memastikan kelancaran dalam proses penelitian. Setiap langkah dirancang secara struktur dan divisualisasikan secara jelas dalam Gambar 1, sehingga memberikan panduan yang komprehensif selama penelitian berlangsung.



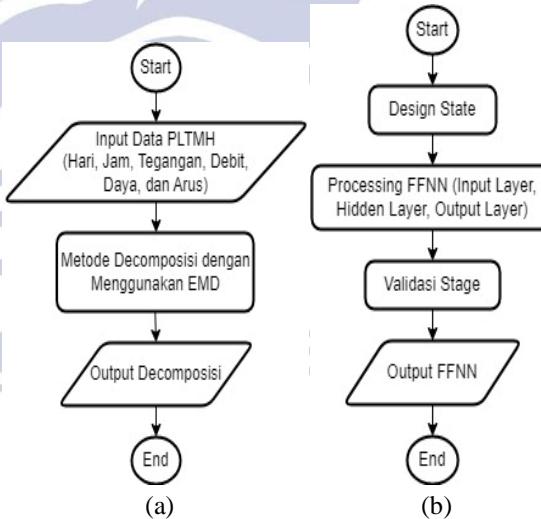
Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

Setiap tahapan dalam alur penelitian yang telah dirancang dan divisualisasikan pada Gambar 1 dapat dijelaskan secara rinci untuk memberikan gambaran yang lebih mendalam mengenai proses penelitian dan keterkaitan antar langkah, sebagai berikut :

1. Identifikasi permasalahan dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan melalui observasi yang dilakukan oleh peneliti.
2. Studi literatur digunakan untuk mencari dan mempelajari literatur atau referensi terkait dengan topik penelitian, meliputi :
 - a. Sistem pembangkit listrik mikrohidro dengan metode prediksi daya listrik jangka waktu sangat pendek.
 - b. Metode *decomposition*.
 - c. FFNN (*Feed Forward Neural Network*).
3. Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi operasional PLTMH. Data ini meliputi data dari daya aktual *output* PLTMH dan data hidrologi, berupa tegangan, arus, daya, dan debit air selama satu minggu tanggal 18 November sampai 24 November 2024 yang diperlukan untuk analisis dan prediksi performa PLTMH secara akurat.
4. Pemodelan matematis D-FFNN (*Decomposition Feed Forward Neural Network*) dilakukan dengan menerapkan arsitektur FFNN pada setiap komponen dari hasil model *decomposisi*. Proses ini menggunakan data historis optimasi *hyperparameter* model, melalui tahapan pengujian menggunakan perangkat lunak khusus yaitu *software* MatLab. Bertujuan memperoleh prediksi daya listrik PLTMH untuk jangka dengan periode waktu sangat singkat, yaitu satu jam ke depan, dengan tingkat akurasi yang tinggi dan hasil yang lebih handal untuk mendukung efisiensi sistem energi.
5. Hasil dari pemodelan D-FFNN (*Decomposition Feed Forward Neural Network*) adalah prediksi jangka dengan periode waktu sangat pendek, yaitu satu jam ke depan. Prediksi ini bertujuan untuk memberikan estimasi akurat terhadap daya yang dihasilkan, sehingga dapat digunakan untuk mendukung pengelolaan energi yang lebih efisien dan handal pada sistem pembangkit listrik.
6. Penyusunan Laporan bertujuan agar dapat menuliskan hasil dari penelitian yang dilakukan.

Tahapan Pengujian

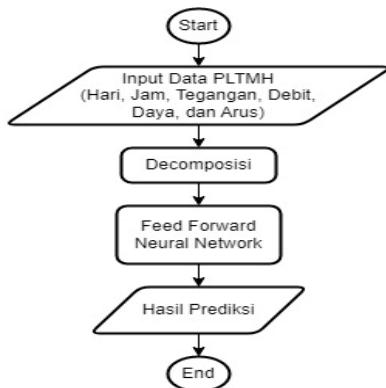
Terdapat beberapa proses tahapan pengujian yang bisa diimplementasikan untuk memperoleh prediksi jangka sangat pendek pada sistem PLTMH. Setiap tahapan pengujian dirancang untuk memastikan akurasi hasil prediksi dan dapat divisualisasikan secara rinci pada Gambar 2 dan Gambar 3, dengan memberikan gambaran alur kerja secara keseluruhan.



Gambar 2 Diagram Tahapan Pengujian

- (a) Alur Proses Decomposisi
- (b) Alur Proses Feed Forward Neural Network

Prediksi Daya Listrik Jangka Sangat Pendek Pembangkit Listrik Mikrohidro Menggunakan Metode *Hybrid Decomposition Feed Forward Neural Network* (FFNN)



Gambar 3 Diagram Tahapan Pengujian Alur Proses D-FFNN

Penjelasan secara rinci mengenai tahapan yang divisualisasikan dalam Gambar 2 dan Gambar 3 memberikan pemahaman mendalam mengenai setiap langkah yang akan dilakukan dalam proses pengujian guna mendukung prediksi daya listrik, sebagai berikut :

1. *Input* dari data historis PLTMH yang telah didapatkan dan dikumpulkan akan di *input* berupa data hari, jam, tegangan, arus, daya, dan debit air.
2. *Decomposisi* data yang telah di *input* akan diolah terlebih dahulu dengan mengubah format menjadi file csv. Selanjutnya, metode *decomposisi* dengan memisahkan data deret waktu menggunakan EMD (*Empirical Mode Decomposition*). Sehingga menghasilkan IMF dan residual dan direkonstruksi sedemikian rupa untuk mendapatkan skala hasil *decomposisi* yang sesuai.
3. Pemodelan *Feed Forward Neural Network*, data yang dihasilkan oleh *decomposisi* akan dinormalisasi agar berada dalam skala yang sesuai untuk pemodelan selanjutnya. Proses FFNN merancang struktur jaringan saraf tiruan dengan tiga *layer* yaitu *input*, *hidden*, dan *output*.
4. Hasil prediksi dari penggabungan *decomposisi feed forward neural network* untuk meningkatkan akurasi hasil dari prediksi jangka sangat pendek untuk satu jam ke depan dalam membantu pengambilan keputusan operasional PLTMH berdasarkan model yang dipakai.

Teknik Pengumpulan Data

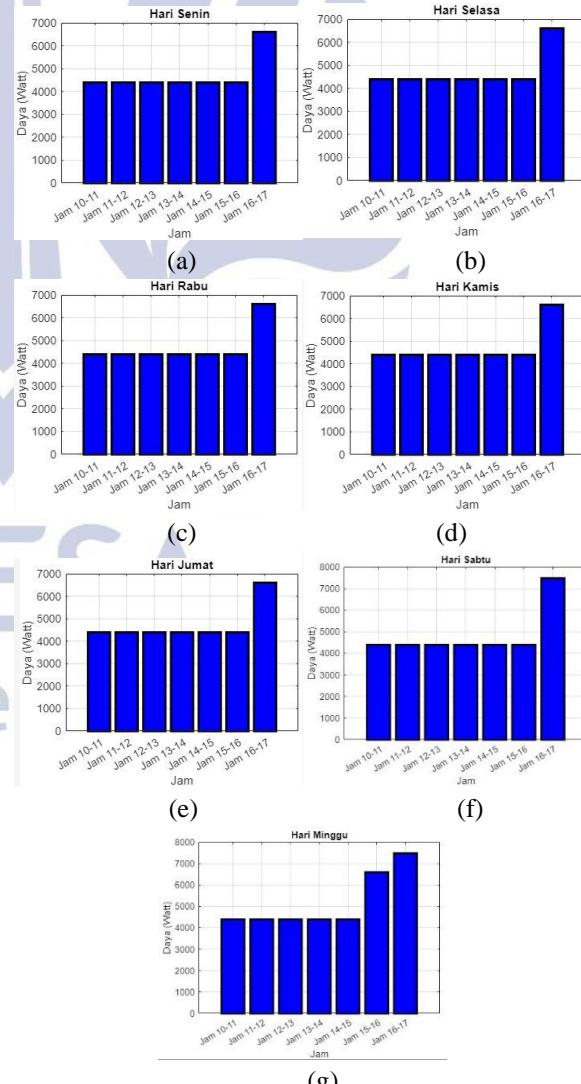
Proses akumulasi data dilakukan dengan menggunakan data historis, yang mencakup empat variabel utama yaitu tegangan, daya, arus, dan debit air, yang diambil dari PLTMH Kare, Kabupaten Madiun. Data dikumpulkan selama tujuh hari mulai tanggal 18 November sampai 24 November 2024 dengan waktu pengambilan data dilakukan setiap 5 menit, antara pukul 10:00 WIB hingga 17:00 WIB. Selama proses pengumpulan data, dalam satu hari data yang terkumpul mencapai 340 data, terdiri dari 85 pengukuran untuk masing-masing dari empat variabel.

Sementara itu, selama satu minggu, jumlah data yang diperoleh mencapai 2380 data, yang dihitung dari hasil 595 pengukuran untuk masing-masing empat variabel. Proses pengumpulan ini bertujuan untuk memastikan data yang diperoleh memiliki kualitas tinggi dan representatif untuk mendukung analisis lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data

Pengumpulan data berlangsung selama tujuh hari dimulai dari tanggal 18 November sampai 24 November 2024, dengan interval waktu pencatatan setiap 5 menit. Proses ini dilakukan pada rentang waktu pukul 10:00 WIB hingga 17:00 WIB setiap harinya. Data yang diperoleh mencakup nilai tegangan (Volt), arus (Ampere), debit air (m^3/s), dan daya (Watt) yang dihasilkan oleh sistem mikrohidro. Hasil dari proses pengumpulan ini dapat divisualisasikan seperti yang ditampilkan seperti Gambar 4, dengan memberikan gambaran menyeluruh mengenai performa sistem dalam rentang waktu tertentu.



Gambar 4 Grafik Hasil Pengambilan Data PLTMH

- (a) Hari Senin (d) Hari Kamis (g) Hari Minggu
- (b) Hari Selasa (e) Hari Jumat
- (c) Hari Rabu (f) Hari Sabtu

Pada Gambar 4, dilakukan analisa data mikrohidro yang bertujuan untuk memahami karakteristik dan pola-pola yang muncul dari parameter-parameter yang diukur, seperti tegangan, arus, debit, dan daya listrik. Pengukuran data dilakukan secara *real-time* dalam rentang waktu pukul 10:00 WIB hingga 17:00 WIB setiap harinya. Selama periode satu minggu, data yang dikumpulkan menunjukkan bahwa tegangan tetap konstan pada 220 volt di seluruh waktu pengukuran. Sementara itu, nilai arus sebagian besar stabil pada 20 ampere, tetapi terdapat peningkatan menjadi 30 hingga 34 ampere di beberapa waktu tertentu, terutama pada sore harinya, antara pukul 15:00 WIB sampai 17:00 WIB, yang disebabkan oleh peningkatan kebutuhan penggunaan energi. Selain itu, debit air tetap konsisten sebesar 0,4 m³/s di sepanjang minggu pengukuran.

Adapun nilai daya listrik yang dihasilkan oleh sistem mikrohidro menunjukkan rentang antara 4400 watt hingga 7480 watt. Pada pagi hingga siang hari, daya cenderung stabil di angka 4400 watt, mencerminkan kondisi sistem yang konsisten. Namun, ketika memasuki pukul 15:00 WIB, daya listrik mengalami peningkatan signifikan menjadi 6600 watt, yang disebabkan oleh kenaikan arus dari 20 ampere menjadi 30 ampere. Kondisi ini semakin terlihat antara pukul 16:00 WIB hingga 17:00 WIB, dimana daya listrik mencapai nilai puncak sebesar 7480 watt bersamaan dengan peningkatan arus sebesar 34 ampere. Perubahan ini diakibatkan oleh penggunaan beban yang lebih tinggi atau efisiensi yang meningkat pada waktu tertentu di sore hari. Hal ini menunjukkan adanya pola peningkatan daya yang sejalan dengan perubahan arus, sementara tegangan tetap konstan selama pengukuran.

Implementasi Decomposisi

Implementasi *decomposisi* melibatkan pemecahan data kompleks menjadi data yang lebih sederhana dan lebih terstruktur, yang dapat dikelola dan dianalisis yang terdiri dari beberapa langkah :

1. Identifikasi variabel yang mempengaruhi daya listrik seperti debit, tegangan, dan arus.
2. Selanjutnya mengumpulkan data historis, diinput dengan 6 variabel yaitu hari, jam, tegangan, debit, arus, dan daya. Tahap awal proses dari *decomposisi* ialah *preprocessing* untuk langkah yang penting dengan melibatkan pembersihan data, konversi menjadi file csv, dan pengaturan ulang data untuk memastikan kualitas sebelum digunakan dalam pemodelan melalui *software* MatLab. Pemrosesan metode *decomposisi* dengan menggunakan algoritma EMD. Namun, inputan variabel independen hanya empat yaitu hari, tanggal,

jam, dan menit dikarenakan data tegangan di setiap harinya tetap yaitu 220 V, debit air 0,4 m³/s, arus sebesar 20, 30, 34 ampere sehingga tidak memiliki kontribusi yang signifikan dalam memprediksi daya listrik.

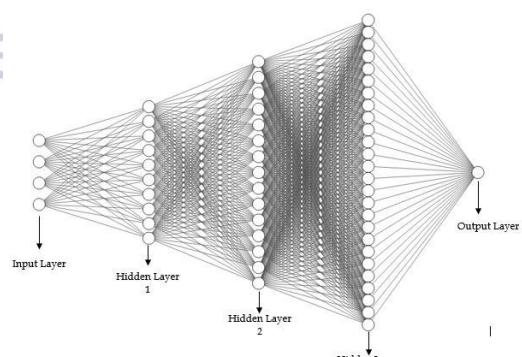
3. Proses algoritma EMD, memecah data asli menjadi beberapa komponen yaitu IMF dengan mewakili pola dengan frekuensi tertentu. Maka, menghasilkan sebanyak 4 IMF yaitu IMF hari, IMF tanggal, IMF jam, dan IMF menit. Selain IMF, algoritma EMD menghasilkan residual yang berasal dari data yang tidak dapat dipecah dan memperoleh 4 residual residual hari, residual tanggal, residual jam, dan residual menit.
4. Ketika proses *decomposition* selesai, gabungan dari IMF dan residual akan direkonstruksi sedemikian rupa untuk menghasilkan data yang lebih bersih.
5. Tahapan berikutnya ialah normalisasi data dengan menggunakan Z-score yang mencakup *output* dari algoritma EMD dan mendapatkan hasil dengan rentang -1.4815 sampai 1.5024. Meskipun, nilai Z-score berada diatas ±3, model tetap memanfaatkan data tersebut tanpa mempengaruhi performa secara signifikan.

Implementasi Feed Forward Neural Network

Model FFNN (*Feed Forward Neural Network*) dirancang untuk memprediksi daya listrik berdasarkan data yang telah dinormalisasi terlebih dahulu sebagai inputan. Model ini menggunakan struktur jaringan saraf dengan beberapa lapisan yang membantu dalam memproses dan menganalisis data.

1. Struktur Model FFNN

Model ini memiliki beberapa lapisan (*layer*) yang membentuk struktur utama jaringan dan dapat dilihat lebih detail seperti yang ditunjukkan dan dapat divisualisasikan seperti yang ditampilkan pada Gambar 5. Model ini dirancang untuk memastikan setiap data yang melewati lapisan tersebut diolah secara efektif guna meningkatkan akurasi prediksi daya listrik.



Gambar 5 Arsitektur FFNN

Penjelasan dari Gambar 5 dapat diuraikan sebagai berikut :

Prediksi Daya Listrik Jangka Sangat Pendek Pembangkit Listrik Mikrohidro Menggunakan Metode *Hybrid Decomposition Feed Forward Neural Network* (FFNN)

- a. *Input Layer*, terdiri dari 4 *neuron* yang berasal dari proses *decomposisi* dan data yang telah di normalisasi.
- b. *Hidden Layer*, terdapat tiga lapisan tersembunyi yang masing-masing memiliki jumlah neuron berbeda. Lapisan pertama terdiri dari sebanyak 10 *neuron*, lapisan kedua mencakup 15 *neuron*, dan lapisan ketiga memiliki 26 *neuron*. Setiap lapisan ini menggunakan fungsi aktivasi *log-sigmoid*, yang dirancang untuk mengatasi data dengan tingkat kompleksitas tinggi. Fungsi ini membantu model dalam menangkap pola *non-linier* dan *hidden layer*, sehingga meningkatkan kemampuan prediksi dan efisiensi pemrosesan model untuk menangani data yang lebih rumit.
- c. *Output Layer*, terdiri dari 1 *neuron* yang memprediksi nilai daya listrik (*watt*). Fungsi aktivasi yang digunakan adalah *purelin*, karena prediksi yang berupa nilai kontinu, bukan kategori.

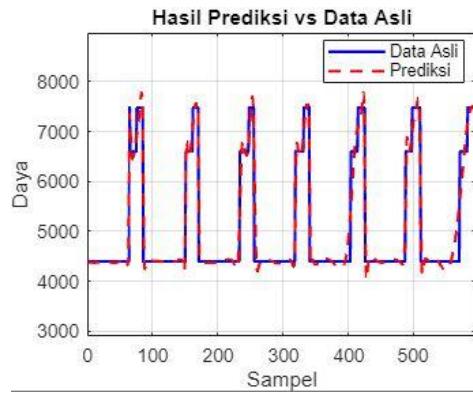
2. Parameter Pelatihan

Adapun parameter pelatihan yaitu sebagai berikut :

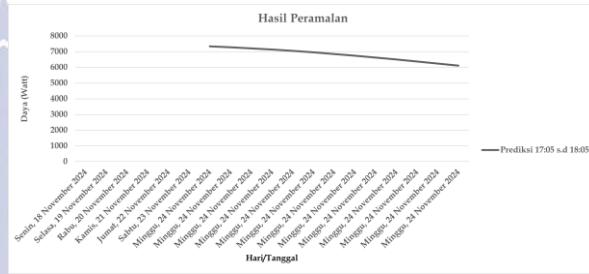
- a. *Loss Function* : *Mean Squared Error* (MSE) digunakan untuk mengukur seberapa jauh prediksi model dari nilai yang sebenarnya dan didapatkan sebesar 0,0493%.
- b. *Epochs* : 500 artinya, model akan dilatih selama 500 kali iterasi, memproses seluruh data setiap kali. Namun, hasil yang didapat hanya sampai 189 kali iterasi.

Peramalan *Decomposition Feed Forward Neural Network* (D-FFNN)

Setelah proses pelatihan model FFNN (*Feed Forward Neural Network*) dilatih, langkah selanjutnya adalah mengintegrasikan hasil dari model D-FFNN (*Decomposition Feed Forward Neural Network*). Pada proses integrasi, prediksi daya listrik yang dihasilkan oleh model akan dianalisis dengan membandingkannya dengan data aktual yang sebenarnya dari pengukuran di lapangan. Data aktual ini adalah nilai atau parameter dari daya listrik yang diukur langsung pada sistem mikrohidro, sementara data prediksi berasal dari model yang telah dilatih sebelumnya untuk hal memprediksi nilainya. Perbandingan ini bertujuan untuk menilai sejauh mana tingkat akurasi model dalam memprediksi daya, sehingga dapat digunakan sebagai indikator keberhasilan model dalam menangkap pola data serta meningkatkan keandalan prediksi di masa mendatang, yaitu satu jam ke depan dengan spesifik waktu antara pukul 17.05 WIB sampai 18.05 WIB di tanggal 24 November 2024.



Gambar 6 Hasil Prediksi vs Data Asli



Gambar 7 Hasil Peramalan Pada Pukul 17:05 sampai 18:05

Perolehan hasil grafik pada Gambar 6 dan Gambar 7, menampilkan perbandingan antara data aktual, data prediksi, dan prediksi untuk satu jam ke depan, sebagai berikut :

1. Data asli atau data aktual yang ditunjukkan dengan marker lurus berwarna biru.
2. Data prediksi ditunjukkan dengan marker putus-putus berwarna merah.
3. Prediksi satu jam ke depan ditunjukkan dengan marker lurus berwarna hitam.

Dari Gambar 6 ini, tentunya dapat disimpulkan dan bisa melihat seberapa dekat hasil prediksi model dengan data aktual. Semakin mirip hasil prediksi dengan data aktual, semakin baik model dalam mempelajari pola yang ada. Artinya, jika hasil prediksi mendekati data aktual, itu berarti model bekerja dengan baik dan akurat. Sedangkan, Gambar 7 juga menunjukkan prediksi untuk satu jam ke depan pada tanggal 24 November 2024 pukul 17:05 WIB sampai 18:05 WIB. Hasil peramalan menunjukkan hasil 7312 Watt yang akan dibangkitkan oleh PLTMH Kare. Sehingga, hasil peramalan yang didapat cukup akurat untuk digunakan.

Evaluasi Kinerja Model *Decomposition Feed Forward Neural Network* (D-FFNN)

Evaluasi menunjukkan bahwa model D-FFNN memiliki kinerja cukup baik, dengan selisih rata-rata antara prediksi dan data aktual berada di bawah 1% yaitu 0,0493%, yang menunjukkan kinerja sangat baik dalam

memprediksi daya listrik yang dihasilkan oleh sistem mikrohidro. Hal ini menunjukkan bahwa, model dapat mempelajari pola dalam data dengan baik dan menghasilkan prediksi yang hampir sama dengan nilai yang sebenarnya.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan perolehan hasil analisis yang telah didapatkan. Maka peneliti dapat menyimpulkan, untuk memprediksi daya listrik pada pembangkit listrik mikrohidro. Bersumber dari data yang diperoleh, menunjukkan bahwa daya listrik yang dihasilkan oleh sistem mikrohidro memiliki korelasi yang signifikan dengan variasi arus. Ketika arus meningkat dari 20 ampere hingga 34 ampere, daya yang dihasilkan juga mengalami peningkatan secara signifikan, yaitu dari 4400 watt pada pukul 10:00 WIB menjadi 7480 watt pada pukul 16:00 WIB hingga 17:00 WIB, meskipun debit air tetap bernilai tetap (konstan). Model D-FFNN menunjukkan hasil yang sangat baik dalam memprediksi daya listrik dengan tingkat kesalahan yang sangat rendah, yakni rata-rata MSE kurang dari 1%, yaitu sebesar 0,0493%. Hal ini menunjukkan, bahwa model ini cukup tepat untuk meramalkan daya listrik yang dibangkitkan oleh PLTMH Kare, khususnya dalam periode satu jam ke depan pada tanggal 24 November 2024 pukul 17:05 WIB sampai 18:05 WIB sebesar 7312 Watt.

Saran

Adapun saran yang membangun yang direkomendasikan oleh peneliti untuk digunakan oleh peneliti selanjutnya. Sebaiknya mempertimbangkan untuk mengintegrasikan data cuaca, seperti suhu dan curah hujan, dalam model. Cuaca bisa saja dapat mempengaruhi aliran air dan efisiensi generator dalam sistem mikrohidro yang akan membantu meningkatkan akurasi prediksi daya. Disarankan untuk menguji model D-FFNN dengan metode pembelajaran mesin lainnya. Metode yang digunakan seperti *Support Vector Machines* (SVM) atau *Decision Trees*, untuk membandingkan kinerja dan menemukan model yang lebih efisien dalam memprediksi daya listrik mikrohidro.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Unit Three Kartini, S.T., M.T., Ph.D. sebagai dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan saran-saran yang sangat berharga selama proses penelitian ini. Terima kasih kepada keluarga tercinta dan semua pihak yang memberikan dukungan moral, doa, serta bantuan lainnya, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afinda Y, Y. P. E. (2020). *Peramalan Jangka Panjang Beban Listrik Sektor Rumah Tangga di Jawa Timur Menggunakan Metode Trend Proyeksi dan Regresi Linier*. Doctoral Dissertation. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Agam, M., & Kartini, U. T. (2020). *Peramalan Daya Listrik PLTS On Grid pada Rumah Tinggal Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor Decomposition Feed Forward Neural Network Berdasarkan Data Meteorologi*. Jurnal Teknik Elektro, 9(2).
- Amarulloh, I., Kartini, U. T., Aribowo, W., & Haryudo, S. I. (2021). *Peramalan Daya Listrik Jangka Pendek Pada Smart Grid Photovoltaic Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Dengan Pengaruh Sensor Suhu Pada Mode Hybrid*. Jurnal Teknik Elektro, 10(3), 769-781.
- Brilliansyah, K. T., & Kartini, U. T. (2023). *Peramalan Jangka Sangat Pendek Daya Listrik PLTS On Grid Rumah Tinggal Menggunakan Metode Recurrent Neural Network Long Short Term Memory (RNN-LSTM) Berdasarkan Data Meteorologi*. Jurnal Teknik Elektro, 12(1), 60–66.
- Choiroh, U. N., & Kartini, U. T. (2020). *Peramalan Daya Photovoltaic Jangka Sangat Pendek Menggunakan Metode Decomposition Backpropagation Neural Network (D-BPNN)*. Jurnal Teknik Elektro, 9(3).
- Fahmi, D. M. El, & Kartini, U. T. (2020). *Peramalan Daya Listrik Jangka Pendek pada PLTU Gresik Menggunakan Metode Decomposition Feed Forward Neural Network Berdasarkan Indeks Keandalan*. Teknik Elektro, 9(01), 749–755.
- Hasan, Rama Hidayatullah. (2020). *Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan OPELM (Optimally Pruned Extreme Learning Machine) Pada Sistem Kelistrikan Cilegon, Banten*. Doctoral Dissertation. Univeristas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Murni, S. S., & Suryanto, A. (2021). *Analisis efisiensi daya pembangkit listrik tenaga mikrohidro menggunakan Homer (Studi kasus PLTMH Parakandowo Kabupaten Pekalongan)*. Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan, 1(2).
- Ointu, S., Surusa, F. E. P., & Zainuddin, M. (2020). *Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air*

Prediksi Daya Listrik Jangka Sangat Pendek Pembangkit Listrik Mikrohidro Menggunakan Metode *Hybrid Decomposisi Feed Forward Neural Network (FFNN)*

yang Ada di Desa Pinogu. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2(2), 30-38.

Purwantoro, K. E., Kartini, U. T., Suprianto, B., & Agung, A. I. (2022). *Prediksi Daya Listrik Jangka Sangat Pendek Pembangkit Photovoltaic Berbasis Internet of Things Menggunakan Feed Forward Neural Network*. *Jurnal Teknik*, 11(3), 386-396.

Rahim, M. N. R. (2021). *Prediksi Daya Output Turbin Angin Berdasarkan Faktor Lingkungan Dengan Menggunakan Metode Dekomposisi*. Doctoral Dissertation. Universitas Hasanuddin.

Rifai, M. (2020). *Kajian Ketersediaan Air dan Potensi Daya Listrik Yang Dihasilkan Pada Rencana Pembangunan PLTMH Kebongembong Kabupaten Kendal*. *Matriks Tek. Sipil*, 8(4), 446.

Sahrul, S., & Gianto, R. (2023). *Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Menggunakan Metode Gabungan*. *JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi)*, 11(3), 412-418.

Zain, U. (2021). *Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Di Kota Tegal Dengan Metode Analisis Regresi Linier Menggunakan Software Minitab V19*. Doctoral Dissertation. Universitas Sultan Agung.

Zaini, M., Safrudin, S., & Bachrudin, M. (2020). *Perancangan Sistem Monitoring Tegangan, Arus, Dan Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbasiskan IoT*. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(2), 139-150.

