

# Peramalan Kinerja Air Preheater PLTU Pelabuhan Ratu Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik

Wahyu Irwan Putra<sup>1)</sup>, Muchtar Ali Setyo Yudono<sup>2</sup>

<sup>1,2)</sup>Teknik Elektro Faculty of Engineering, Computer and Design (FECD)

Universitas Nusa Putra, Sukabumi, Indonesia

---

## ABSTRAK

Air *preheater* merupakan salah satu komponen pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Air *preheater* merupakan alat penukar panas yang berguna untuk memanaskan udara dengan memanfaatkan kembali udara pada gas buang untuk menjaga efisiensi kinerja. Air *preheater* menjadi salah satu indikator penting dalam rencana pemeliharaan untuk keandalan proses produksi listrik di PLTU, maka untuk membuat rencana pemeliharaan yang baik dibutuhkan peramalan kondisi kinerja Air *preheater* di PLTU menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik. Data yang digunakan untuk melakukan peramalan diambil dari data kondisi kinerja Unit 1, Unit 2, dan Unit 3 PLTU Pelabuhan Ratu pada tahun 2017 hingga tahun 2021. Peramalan ini dilakukan dengan membagi data menjadi 2 yaitu data latih dan data uji. Data latih merupakan data AHGSE pada tahun 2017 sampai 2019, data uji merupakan data AHGSE pada tahun 2020 sampai 2021. Dengan menggunakan algoritma perambatan balik dan lapisan tersembunyi satu berjumlah 25 *node*, lapisan tersembunyi dua berjumlah 5 *node*, fungsi aktivasi *logsig*, *purelin*, *purelin*. Penelitian ini memiliki hasil terbaik didapat pada pengujian 3 dengan nilai MSE sebesar  $1,0004 \times 10^{-6}$ . Penelitian ini dapat dikatakan baik karena memiliki nilai MSE yang kecil.

**Kata Kunci:** air preheater, jaringan syaraf tiruan, MSE, peramalan, PLTU

## ABSTRACT

Air *preheater* is one of the components in a Steam Power Plant (PLTU). Air *preheater* is a heat exchanger that is useful for heating air by reusing air in the exhaust gas. maintaining the performance efficiency of the Air *preheater* is one of the important indicators in the maintenance plan for the reliability of the electricity production process at the PLTU, so to make a good maintenance plan it is necessary to forecast the performance conditions of the Air *preheater* at the PLTU using a Backpropagation Artificial Neural Network. The data used for forecasting is taken from Unit 1, Unit 2, and Unit 3 performance data of PLTU Pelabuhan Ratu from 2017 to 2021. This forecast is done by dividing the data into 2, namely training data and test data. The training data is AHGSE data from 2017 to 2019, the test data is AHGSE data from 2020 to 2021. Using the backpropagation algorithm and hidden layer one totaling 25 nodes, hidden layer two totaling 5 nodes, activation functions *logsig*,

*purelin, purelin. This study has the best results obtained in test 3 with an MSE value of  $1.0004 \times 10^{-6}$ . This research can be said to be good because it has a small MSE value.*

**Keywords:** *air preheater, artificial neural network, MSE, forecasting, PLTU*

## 1. PENDAHULUAN

Isolator merupakan alat atau bahan yang digunakan sebagai penyekat atau pemisah bagian yang beraliran listrik/konduktor dengan bagian yang tidak beraliran listrik. Isolator dapat dibedakan menjadi 3 jenis yakni isolator cair, padat dan gas. Penyaluran listrik dari pembangkit sampai ke beban melalui tiang-tiang penghantar udara dan tanah harus dipertimbangkan aspek keamanannya bagi komponen itu sendiri maupun makhluk hidup.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan sebuah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi uap untuk memutar turbin. Uap dihasilkan dari air yang dipanaskan di dalam ketel uap yang berbahan bakar dari batu bara [1]. Salah satu Pembangkit Listrik yang memanfaatkan energi uap ini adalah PLTU UJP Jabar 2 Pelabuhan Ratu yang memiliki kapasitas terpasang sebesar 3 x 350 MW yang berlokasi di kabupaten Sukabumi [2].

Dalam siklus proses PLTU ini memiliki banyak komponen mesin dan alat – alat yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Pemeliharaan menjadi sebuah kegiatan rutin yang terencana untuk menjaga kondisi kinerja PLTU dalam kondisi terbaik guna untuk memastikan kebutuhan listrik konsumen terpenuhi serta menjaga efisiensi kinerja PLTU. Salah satu komponen PLTU yang perlu dilakukan pemeliharaan terencana adalah *Air Preheater* [3].

*Air Preheater* merupakan komponen PLTU yang digunakan untuk memanaskan udara awal dengan memanfaatkan udara sisa gas buang sebelum dialirkan ke cerobong (*stack*). Untuk melakukan pemeliharaan terencana dibutuhkan rekomendasi pemeliharaan, sebuah peramalan dapat digunakan sebagai salah satu acuan untuk menjadi rekomendasi pemeliharaan [4], [5].

Peramalan merupakan sebuah dugaan suatu keadaan yang dapat terjadi di masa depan. Peramalan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu peramalan kualitatif yang bersifat subjektif berdasarkan penilaian suatu kondisi di masa lalu dan peramalan kuantitatif yang memanfaatkan data masa lalu untuk dianalisa secara matematis sehingga menghasilkan data masa depan yang menjadi hasil data peramalan [6], [7], [8], [9], [10].

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah sebuah algoritma pengolahan data informasi yang diolah dengan cara seperti jaringan syaraf pada otak manusia. Dapat melakukan pengenalan informasi yang diambil dari sebuah data yang digunakan sebagai data masukan. Dan menghasilkan keluaran informasi yang digunakan sebagai informasi data di masa depan. Jaringan Syaraf Tiruan dapat menyelesaikan berbagai permasalahan diantaranya perhitungan, komputasi, klasifikasi, dan generalisasi sebuah objek [11][12], [13], [14].

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijabarkan, maka pada penelitian ini akan dilakukan peramalan kondisi kinerja *Air Preheater* Unit 1, Unit 2, dan Unit 3 PLTU Pelabuhan Ratu menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Adapun study literatur yang menjadi tinjauan pustaka dalam penelitian ini berjudul “Peramalan Curah Hujan Di Kota Medan Menggunakan Metode *Backpropagation* Neural Network” pada tahun 2014. Pada penelitian ini dilakukan peramalan dengan target ramalan 5 tahun ke depan dengan menggunakan 10 tahun data uji dan 4 tahun data latih, menggunakan data yang telah dinormalisasi dan membuat 2 variasi percobaan pada target galat yang digunakan yaitu sebesar 0,01 dan 0,0072 mendapatkan nilai akurasi terbaik dengan target galat sebesar 0,0072 menghasilkan nilai akurasi 43,27% [15].

Penelitian berikutnya berjudul “Peramalan Beban Listrik Di Kota Banjarbaru Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*” pada tahun 2020. Penelitian ini dilakukan dengan 4 skenario penelitian yang membedakan jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yaitu *node* berjumlah 12, 9, 6, dan 3. Dengan hasil terbaik menggunakan *node* berjumlah 12 menghasilkan nilai MSE sebesar 0.03222 dan Nilai MAPE sebesar 6.597% [16].

Penelitian selanjutnya tentang kinerja *Air Preheater* yang berjudul “Analisis Pengaruh Penggantian Heating Element Terhadap Kinerja *Air preheater* Tipe Ljungstrom Di PLTU Jateng 2 Adipala 1 X 660 MW” pada tahun 2019. Penelitian tersebut menganalisa terjadi kebocoran pada *Air Preheater* terjadi karena penurunan kualitas perapat (*seal*) [17].

*Air Preheater* merupakan komponen PLTU yang berfungsi memanaskan kembali udara dengan cara menggunakan udara panas pada gas buang hasil pembakaran sebelum dikeluarkan ke cerobong (*stack*). Prinsip kerja *Air Preheater* menerima gas buang dari

*economizer* dan kipas kerja paksa (ID FAN) akan mengirimkan udara untuk dipanaskan di dalam *Air Preheater* kemudian udara panas yang dihasilkan disalurkan ke ruang bakar [4].

Untuk mengetahui kondisi kinerja *Air Preheater* perlu dilakukan perhitungan antara kinerja kondisi saat ini dan kondisi saat desain agar mengetahui sejauh mana penyimpangan nilai dan kerusakan yang terjadi pada komponen *Air Preheater* [18]. Rumus untuk menghitung nilai kondisi *Air Preheater* dapat dilihat pada rumus persamaan di bawah ini.

$$\eta_{AH} = \frac{T_{FgEn} - T_{aLv}}{T_{FgEn} - T_{aen}} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

$\eta_{AH}$  = AHGSE (%)

$T_{FgEn}$  = AH inlet gas temperature (degC)

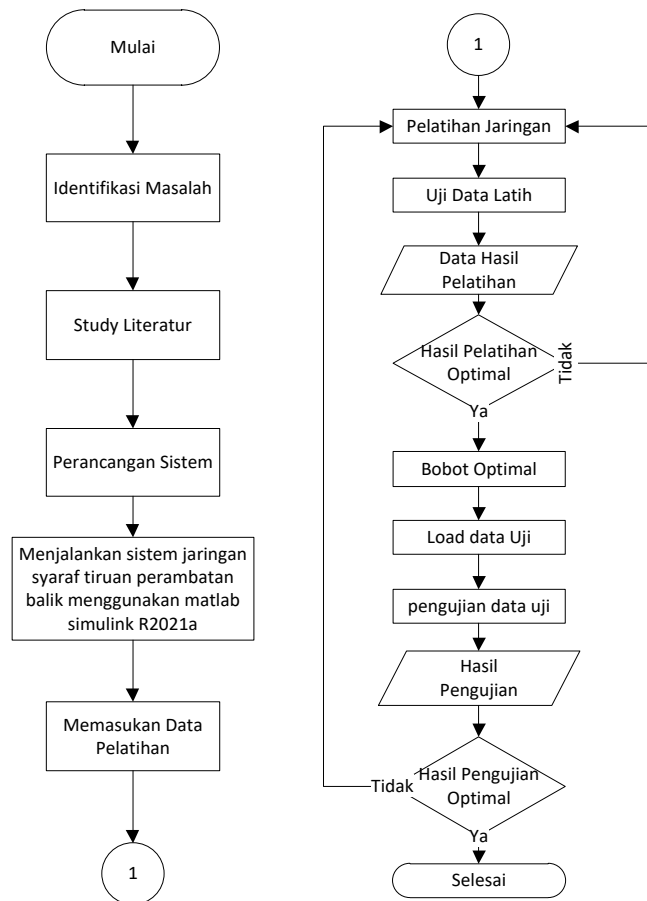
$T_{aLv}$  = AH outlet gas temperatur(degC)

$T_{aen}$  = AH inlet mean air temperature  
(degC)

### 3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari kondisi kinerja *Air Preheater* Unit 1, Unit 2, dan Unit 3 PLTU Pelabuhan Ratu pada bulan Januari tahun 2017 sampai pada bulan Juli tahun 2022, yang telah disetujui oleh perusahaan untuk digunakan sebagai data penelitian. Data penelitian ini dibagi menjadi dua data, yaitu data latih merupakan kondisi kinerja pada tahun 2017 sampai 2019 dan data uji merupakan data tahun 2020 sampai 2021, serta data tahun 2022 digunakan sebagai perbandingan hasil peramalan.

Studi literatur dilakukan untuk menambah pengetahuan terkait penelitian yang dilakukan, lalu mengolah dan memasukan data latih untuk melakukan pelatihan jaringan dengan parameter yang telah ditentukan. Adapun diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Pada pelatihan JST ini menggunakan algoritma perambatan balik dengan lapisan tersembunyi satu berjumlah 25 *node*, lapisan tersembunyi dua berjumlah 5 *node*. Dan fungsi aktivasi yang digunakan *logsig*, *purelin*, *purelin*. Dengan parameter yang disesuaikan untuk memperoleh hasil performa yang optimal diantaranya:

- A. Literasi, merupakan berapa kali ukuran maksimum dari iterasi yang akan dilakukan pada pelatihan. Perhitungan akan berhenti jika nilai iterasi mencapai target.  $net.trainParam.epochs = 2000$
- B. Target, batas nilai MSE agar pelatihan berhenti ketika nilai MSE sama atau lebih kecil dari target.  $net.trainParam.goal = 10^{-5}$
- C. Laju Pembelajaran, adalah parameter yang mengendalikan jaringan dalam proses pembelajaran dan penyesuaian bobot.  $net.trainParam.lr = 0,1$
- D.  $\mu$ , merupakan nilai awal yang digunakan untuk mengendalikan bobot dari proses pembaruan *neuron* selama pelatihan.  $net.trainParam.mu = 0,01$
- E.  $Min\_grad$ , merupakan nilai dari setiap gradien dalam bentuk akar kuadrat.  $net.trainParam.min\_grad = 10^{-8}$

F.  $Mu\_max$ , merupakan nilai untuk maksimum untuk pelatihan berhenti dan tidak akan meningkatkan pembelajaran.  $net.trainParam.mu\_max = 1013$

G. Target, untuk menargetkan batas nilai MSE agar pelatihan terhenti ketika nilai MSE sama atau lebih kecil dari target.  $net.trainParam.goal = 10^{-5}$

Pola perancangan JST ini akan dibagi menjadi dua pola data yaitu pola data pelatihan dan pola data pengujian. Data ini merupakan data kondisi kinerja *Air Preheater* yang telah dihitung menggunakan rumus persamaan 1. Pada penelitian ini akan dilakukan 3 skenario perancangan dimana setiap skenario memiliki perbedaan data yang digunakan, pada skenario pertama data yang digunakan merupakan data kondisi kinerja *Air Preheater* Unit 1, skenario kedua merupakan data data kondisi kinerja *Air Preheater* Unit 2, dan skenario ketiga merupakan data kondisi kinerja *Air Preheater* Unit 3.

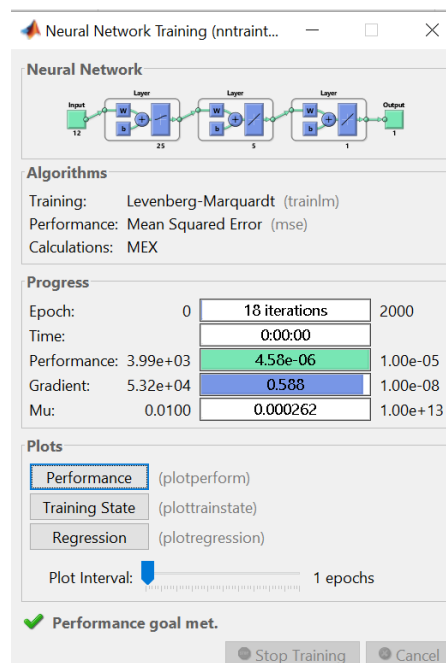
**Tabel 1.** Skenario Perancangan

| Skenario       | Pelatihan   | Pengujian   |
|----------------|---|---|
| Pengujian<br>1 | Unit 1, Data tahun 2017-2019, 2 Lapisan Tersembunyi, <i>Trainlm</i> . | Unit 1, Data tahun 2020-2021, 2 Lapisan Tersembunyi, <i>Trainlm</i> . |
| Pengujian<br>2 | Unit 2, Data tahun 2017-2019, 2 Lapisan Tersembunyi, <i>Trainlm</i> . | Unit 2, Data tahun 2020-2021, 2 Lapisan Tersembunyi, <i>Trainlm</i> . |
| Pengujian<br>3 | Unit 3, Data tahun 2017-2019, 2 Lapisan Tersembunyi, <i>Trainlm</i> , | Unit 3, Data tahun 2020-2021, 2 Lapisan Tersembunyi, <i>Trainlm</i> , |

Anlisa hasil dilakukan untuk mengetahui keberhasilan sistem JST ini dalam mengolah data untuk menghasilkan informasi nilai keluaran, dengan cara membandingkan data hasil keluaran sistem JST dengan data yang tidak dimasukkan dalam proses perancangan yaitu data Januari 2022 sampai Juli 2022 sebagai data asli.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari perancangan sistem JST perambatan balik menggunakan algoritma *Levenberg-Marquardt (trainlm)*. mendapatkan hasil pada skenario perancangan kedua dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Hasil Proses Pengujian *Trainlm* Pengujian Unit 2

Pada skenario perancangan pertama didapatkan nilai MSE yang telah diatur sebesar  $10^{-5}$  telah berhenti menggunakan *trainlm* dengan jumlah nilai MSE sebesar  $1,4679 \times 10^{-6}$  tercapai pada iterasi ke-11. Untuk skenario perancangan kedua didapatkan nilai MSE yang telah diatur sebesar  $10^{-5}$  telah berhenti menggunakan *trainlm* dengan jumlah nilai MSE sebesar  $4,59 \times 10^{-6}$  tercapai pada iterasi ke-18. Hasil perancangan skenario ketiga didapatkan nilai MSE yang telah diatur sebesar  $10^{-5}$  telah berhenti menggunakan *trainlm* dengan jumlah nilai MSE sebesar  $1,0004 \times 10^{-6}$  tercapai pada iterasi ke-110. Analisa keberhasilan keluaran sistem peramalan JST ini dapat diketahui dengan membandingkan data hasil keluaran JST dengan data yang tidak dimasukkan dalam proses perancangan sistem (aktual). Pada skenario perancangan satu mendapatkan nilai persentase dan galat yang dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Validasi dan Galat data unit 1

| Data | Aktual $\eta_{AH}$ | JST $\eta_{AH}$ | Validasi (%) | Galat (%) |
|------|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| 1    | 61,42              | 63,6            | 96,50%       | 3,50%     |
| 2    | 62,27              | 62,1            | 99,60%       | 0,40%     |
| 3    | 60,42              | 66              | 91,50%       | 8,50%     |
| 4    | 63,9               | 70              | 91,20%       | 8,80%     |
| 5    | 62,47              | 66,5            | 93,90%       | 6,10%     |
| 6    | 59,61              | 66,9            | 89,10%       | 10,90%    |

Pada skenario perancangan kedua mendapatkan nilai persentase dan galat yang dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3.** Validasi dan Galat data Unit 2

| Data | Aktual $\eta_{AH}$ | JST $\eta_{AH}$ | Validasi (%) | Galat (%) |
|------|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| 1    | 64,56              | 64,99           | 99,30%       | 0,70%     |
| 2    | 66,5               | 65,56           | 98,50%       | 1,50%     |
| 3    | 65,68              | 65              | 98,70%       | 1,30%     |
| 4    | 66,58              | 65              | 98,90%       | 1,10%     |
| 5    | 66,36              | 67,42           | 98,40%       | 1,60%     |
| 6    | 66,19              | 69,99           | 94,50%       | 5,50%     |

Pada skenario perancangan ketiga mendapatkan nilai persentase dan galat yang dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Validasi dan Galat Data Unit 3

| Data | Aktual $\eta_{AH}$ | JST $\eta_{AH}$ | Validasi (%) | Galat (%) |
|------|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| 1    | 68,07              | 65,8            | 96,60%       | 3,40%     |
| 2    | 66,72              | 63,34           | 94,90%       | 5,10%     |
| 3    | 67,19              | 65              | 96,70%       | 3,30%     |
| 4    | 66,54              | 66              | 99,10%       | 0,90%     |
| 5    | 65,36              | 69,36           | 94,20%       | 5,80%     |
| 6    | 67,2               | 64,78           | 96,30%       | 3,70%     |

Setiap skenario menghasilkan performa, gradien, dan iterasi yang berbeda. Pada skenario pertama memiliki performa sebesar  $1.4679e^{-08}$  dan gradien 0.047056 dicapai pada iterasi ke 11 dengan waktu 0,6 detik. Pada skenario kedua memiliki performa sebesar sebesar  $4.5833e^{-06}$  dan gradien 0.58827 dicapai pada iterasi ke 18 dengan waktu 0.5 detik. Pada skenario ketiga memiliki performa sebesar  $1.0004e^{-06}$  dan gradien 0.14976 dicapai pada iterasi ke 110 dengan waktu 43 detik. Hasil peramalan satu tahun ke depan menggunakan algoritma perambatan balik *trainlm* di setiap skenario dapat dilihat pada tabel 5, 6, dan 7.



**Tabel 5.** Hasil Peramalan Kondisi Kinerja *Air Preheater* Unit 1

| Tahun / Bulan     | AHGSE ( $\eta_{AH}$ ) |
|-------------------|-----------------------|
| 2022 Juli         | 70,9                  |
| 2022 Agustus      | 65,2                  |
| 2022 September    | 65,4                  |
| 2022 Oktober      | 69,8                  |
| 2022 November     | 64,05                 |
| 2022 Desember     | 67,5                  |
| 2023 Januari      | 64,3                  |
| 2023 Februari     | 68,4                  |
| 2023 Maret        | 67,2                  |
| 2023 April        | 68,5                  |
| 2023 Mei          | 69,6                  |
| 2023 Juni         | 69,2                  |
| Rata-Rata Kinerja | 67,5                  |

**Tabel 6.** Hasil Peramalan Kondisi Kinerja *Air Preheater* Unit 2

| Tahun / Bulan     | AHGSE ( $\eta_{AH}$ ) |
|-------------------|-----------------------|
| 2022 Juli         | 68,5                  |
| 2022 Agustus      | 71,2                  |
| 2022 September    | 71,3                  |
| 2022 Oktober      | 68,5                  |
| 2022 November     | 71,6                  |
| 2022 Desember     | 70,2                  |
| 2023 Januari      | 72,1                  |
| 2023 Februari     | 67,1                  |
| 2023 Maret        | 64,7                  |
| 2023 April        | 65,1                  |
| 2023 Mei          | 63,6                  |
| 2023 Juni         | 64,5                  |
| Rata rata kinerja | 68,2                  |

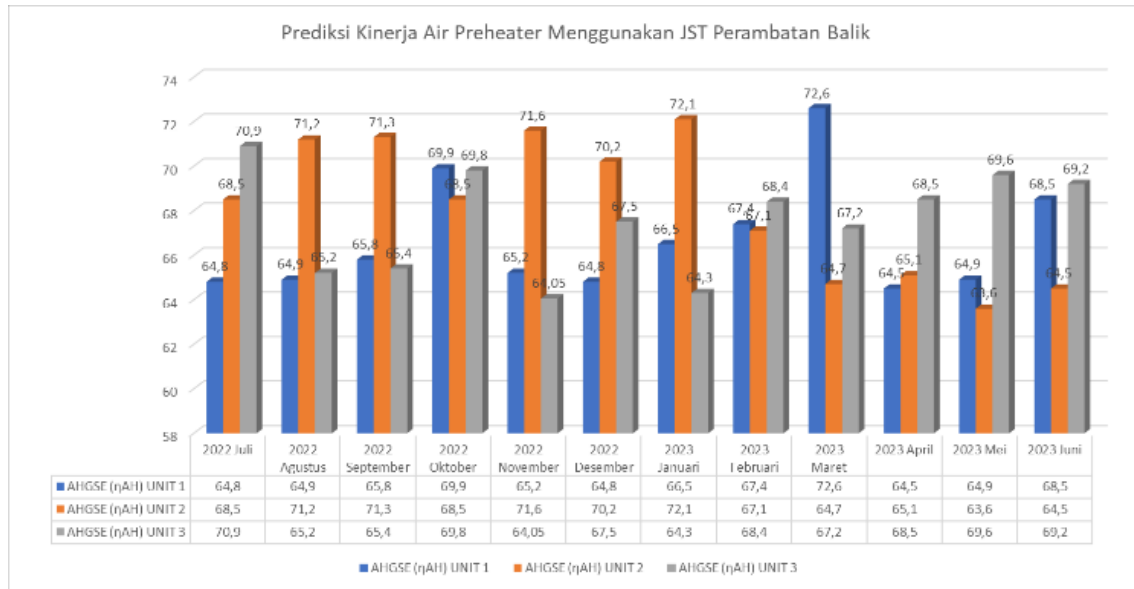
**Tabel 7.** Hasil Peramalan Kondisi Kinerja *Air preheater* Unit 3

| Tahun / Bulan     | AHGSE ( $\eta_{AH}$ ) |
|-------------------|-----------------------|
| 2022 Juli         | 64,8                  |
| 2022 Agustus      | 64,9                  |
| 2022 September    | 65,8                  |
| 2022 Oktober      | 69,9                  |
| 2022 November     | 65,2                  |
| 2022 Desember     | 64,8                  |
| 2023 Januari      | 66,5                  |
| 2023 Februari     | 67,4                  |
| 2023 Maret        | 72,6                  |
| 2023 April        | 64,5                  |
| 2023 Mei          | 64,9                  |
| 2023 Juni         | 68,5                  |
| Rata rata kinerja | 66,7                  |

Dari hasil peramalan kondisi kinerja *Air Preheater* Unit 1 mencapai angka terendah pada bulan November 2022 dengan nilai kinerja 64,05%  $\eta_{AH}$  dan mencapai angka tertinggi pada bulan Juli 2022 dengan nilai kinerja 70,9%  $\eta_{AH}$  dengan hasil rata rata kinerja 67,5%  $\eta_{AH}$ . Nilai MSE dari skenario pengujian pertama didapat sebesar  $1,4679 \times 10^{-6}$  pada iterasi ke 11.

Dari hasil peramalan kondisi kinerja *Air Preheater* Unit 2 mencapai angka terendah pada bulan Mei 2022 dengan nilai kinerja 63,6%  $\eta_{AH}$  dan mencapai angka tertinggi pada bulan Januari 2023 dengan nilai kinerja 72,1%  $\eta_{AH}$  dengan hasil rata rata 68,2%  $\eta_{AH}$ . Nilai MSE dari skenario pengujian kedua didapat sebesar  $4,59 \times 10^{-6}$  tercapai pada iterasi ke-18.

Dari hasil peramalan kondisi kinerja *Air Preheater* Unit 3 mencapai angka terendah pada bulan April 2023 dengan nilai kinerja 64,5%  $\eta_{AH}$  dan mencapai angka tertinggi pada bulan maret 2023 dengan nilai kinerja 72,6%  $\eta_{AH}$  dengan hasil rata rata kinerja 66,7%  $\eta_{AH}$ . Nilai MSE dari skenario pengujian ketiga didapat sebesar  $1,0004 \times 10^{-6}$  tercapai pada iterasi ke-110.



**Gambar 3.** Diagram Hasil Peramalan

Dari hasil peramalan yang telah dilakukan menunjukkan kondisi kinerja *Air preheater* akan menurun di masa yang akan datang, untuk tetap menjaga kondisi kinerja *Air preheater* dapat memperhatikan indikasi penurunan tersebut yaitu melakukan pemeriksaan pada instrumen untuk mengetahui kesalahan pada instrumen, melakukan pemeriksaan kebocoran dan korosi pada komponen *Air preheater*, pemeriksaan terhadap arus pendek pada baskets. Dengan melakukan perbaikan dan penggantian komponen dapat menjaga kondisi kinerja *Air preheater* untuk tetap optimal.

Berdasarkan hasil penelitian peramalan kinerja Air Preheater PLTU Pelabuhan Ratu menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan perambatan balik kesimpulan yang dapat diambil dari hasil peramalan kondisi Air Heater Gas Side Efficiency pada skenario ke 1 memiliki nilai MSE sebesar  $1,4679 \times 10^{-6}$ , nilai MSE pada skenario ke 2 memiliki nilai sebesar  $4,59 \times 10^{-6}$ , dan hasil terbaik didapat pada pengujian skenario ke 3 dengan nilai MSE sebesar  $1,0004 \times 10^{-6}$ . Penelitian ini dapat dikatakan baik karena memiliki nilai MSE yang kecil.

Hasil peramalan yang didapatkan tidak dapat digunakan menjadi acuan sepenuhnya untuk mengetahui kondisi kinerja Air Preheater karena masih ada beberapa faktor lainnya yang dapat mempengaruhi kondisi kinerja Air Preheater.

**5. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan sistem dan analisis pengambilan keputusan penerbangan pesawat, maka dapat diambil kesimpulan bahwa, telah dirancang sebuah

sistem menggunakan metode logika Fuzzy dengan variabel berupa kecepatan dan arah angin, jarak pandang, pengalaman pilot dan jarak landas pacu. Dalam pengambilan keputusan lepas landas pesawat, sistem cerdas Logika Fuzzy Mamdani dapat dijadikan alternatif yang baik. Pada Pengujian pengambilan keputusan lepas landas pesawat berdasarkan Logika Fuzzy Mamdani pada MATLAB dengan hasil keputusan sesuai kriteria aturan terdapat 6 data berbeda dan 24 data yang memiliki hasil sama dari 30 data yang diujikan. Pada Pengujian pengambilan keputusan lepas landas pesawat berdasarkan Logika Fuzzy Mamdani secara manual dengan hasil keputusan sesuai kriteria terdapat 6 data berbeda dari 30 data yang diujikan, maka hasil akurasi sebesar 80%. Secara keseluruhan, hasil pengujian pengambilan keputusan lepas landas pesawat menggunakan Logika Fuzzy Mamdani pada MATLAB dengan Perhitungan secara manual memiliki hasil yang sama baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- S. A. Wibowo and J. Windarta, "Pemanfaatan Batubara Kalori Rendah Pada PLTU untuk Menurunkan Biaya Bahan Bakar Produksi," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 1, no. 3, pp. 100–110, 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.10029.
- indonesiapower & cogindo, "modul training boiler PLTU Jawa Barat 2 Pelabuhan Ratu," sukabumi: indonesia power, 2012.
- K. C. Amrita and G. Nugroho, "Analisis Thermal Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi PT. Indonesia Power UPJP Kamojang," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2019, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.35846.
- Iswahyudi, Yanuar, and M. Murni, "Evaluasi Unjuk Kerja Air Preheater Unit 2 Pltu 1 Jawa Barat Indramayu (Performance Evaluation of Air Preheater Unit 2 Pltu 1 Jawa Barat Indramayu)," *D3 Kerjasama PT. PLN Bid. Mesin Fak. Tek.*, vol. 1, no., pp. 1–476, 2015.
- N. Maulana Wardoyo and E. Prabowow, "Analisis Air Leakage Terhadap Unjuk Kerja Air Preheater A Sebelum Dan Sesudah Overhaul Di Pltu Adipala 1 X 660 Mw PT. PLN (Persero)," *J. Power Plant*, vol. 8, no. 2, pp. 110–119, 2020.
- R. Rachman, "Penerapan Metode Moving Average Dan Exponential Smoothing Pada Peramalan Produksi Industri Garment," *J. Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 211–220, 2018, doi: 10.31311/ji.v5i2.3309.
- F. Ahmad, "Penentuan Metode Peramalan Pada Produksi Part New Granada Bowl ST Di PT. X," *J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 7, no. 1, pp. 31–39, 2020.
- T. M. Jannah, L. Latipah, and A. Muchayan, "Decision Support System Forecasting

- Penjualan Menggunakan Metode Simple Moving Average (Studi Kasus : CV. Perkakas Indonesia),” *J. Sisfokom (Sistem Inf. dan Komputer)*, vol. 11, no. 2, pp. 214–222, 2022, doi: [10.32736/sisfokom.v11i2.1434](#).
- M. A. S. Yudono *et al.*, “Bitcoin USD Closing Price (BTC-USD) Comparison Using Simple Moving Average And Radial Basis Function Neural Network Methods,” *Fidel. J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 29–34, 2022, doi: [10.52005/fidelity.v4i2.74](#).
- S. Sholahudin *et al.*, “Backpropagation and Radial Basis Function Methods for Predicting Rainfall in Sukabumi City Using Artificial Neural Networks: A Comparative Analysis,” *FIDELITY: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 4, no. 2. pp. 25–28, 2022. doi: [10.52005/fidelity.v4i2.69](#).
- G. Z. Muflih, S. Sunardi, and A. Yudhana, “Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Prediksi Curah Hujan di Wilayah Kabupaten Wonosobo,” *MUST J. Math. Educ. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 1, p. 45, 2019, doi: [10.30651/must.v4i1.2670](#).
- P. I. Sijabat, G. W. Nurcahyo, and A. Sindar, “Algoritma Backpropagation Prediksi Harga Komoditi terhadap Karakteristik Konsumen Produk Kopi Lokal Nasional,” vol. x, no. x, pp. 96–107, 2020.
- M. A. S. Yudono, R. R. Isnanto, and A. Triwiyatno, “Comparison of Cataract Classification System Based on Retinal Blood Vessels Objects and Retinal Optic Disc Using Backpropagation Neural Network,” *Int. J. Innov. Eng. Technol.*, vol. 18, no. 2, pp. 1–8, 2021, doi: [10.13140/RG.2.2.16638.46408](#).
- M. Ali, S. Yudono, E. Ahmad, Z. Hamidi, A. H. Kuspranoto, and A. De, “Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik Untuk Klasifikasi Covid-19 Berbasis Tekstur Menggunakan Orde Pertama Berdasarkan Citra Chest X-Ray Backpropagation Neural Network For Texture-Based Covid-19 Classification Using First Order Based On X-Ray Chest Imag,” vol. 9, no. 4, pp. 799–808, 2022, doi: [10.25126/jtiik.202295663](#).
- [Y. Andrian and E. Ningsih, “Prediksi Curah Hujan Di Kota Medan Menggunakan,” *Semin. Nas. Inform.*, vol. 1, pp. 184–189, 2014.
- M. N. Fadilah, A. Yusuf, and N. Huda, “Prediksi Beban Listrik Di Kota Banjarbaru Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation,” *J. Mat. Murni Dan Terap. Epsilon.*, vol. 14, no. 2, p. 81, 2021, doi: [10.20527/epsilon.v14i2.2961](#).
- M. Mulyono and A. Roihatin, “Analisis Pengaruh Penggantian Heating Element Terhadap Kinerja Air Preheater Type Ljungstrom Di PLTU Jateng 2 Adipala 1×660 MW,” *Eksergi*, vol. 15, no. 2, p. 42, 2019, doi: [10.32497/eksergi.v15i2.1505](#).
- J. Heri and P. T. Mesin, “Analisis perhitungan efisiensi gas air heater di pltu cirebon,” pp. 277–284, 2016.