



**PREDIKSI SUHU *OUTLET* PADA SISTEM FLUIDA KERJA
REAKTOR NUKLIR DENGAN PENDEKATAN *TIME SERIES*
MENGUNAKAN METODE *GATED RECURRENT UNIT (GRU)***

SKRIPSI

Muhammad Zidane Zukhrufa

NIM. 2110511112

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA
2025**



**PREDIKSI SUHU *OUTLET* PADA SISTEM FLUIDA KERJA
REAKTOR NUKLIR DENGAN PENDEKATAN *TIME SERIES*
MENGUNAKAN METODE *GATED RECURRENT UNIT (GRU)***

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Komputer**

Muhammad Zidane Zukhrufa

NIM. 2110511112

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA
2025**

PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Zidane Zukhrufa

NIM : 2110511112

Tanggal : 26 Januari 2026

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 26 Januari 2026

Yang Menyatakan,



Muhammad Zidane Zukhrufa

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Zidane Zukhrufa

NIM : 2110511112

Fakultas : Ilmu Komputer

Program Studi : S-1 Informatika

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non eksklusif (Non – exclusive Royalty Free Right) atas skripsi saya yang berjudul:

**PREDIKSI SUHU OUTLET PADA SISTEM FLUIDA KERJA REAKTOR NUKLIR
DENGAN PENDEKATAN TIME SERIES MENGGUNAKAN METODE GATED
RECURRENT UNIT (GRU)**

Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (basis data), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 26 Januari 2026

Yang Menyatakan,



Muhammad Zidane Zukhrufa

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PERSETUJUAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Zidane Zukhrufa
NIM : 2110511112
Program Studi : S1 Informatika
Judul Skripsi/TA : Prediksi Suhu Outlet Pada Sistem Fluida Kerja Reaktor Nuklir dengan Pendekatan Time Series menggunakan Metode Gated Recurrent Unit (GRU)

Dinyatakan telah memenuhi syarat dan menyetujui untuk mengikuti ujian sidang Tugas Akhir.

Jakarta, 04 Desember 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,



Dr. Didi Widiyanto, S.Kom, M.Si.

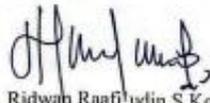
Dosen Pembimbing II,



Hamonangan Kinantan Prabu, M.T.

Mengetahui

Koordinator Program Studi



Dr. Ridwan Raafudin S.Kom., M.Kom.

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Prediksi Suhu Outlet Pada Sistem Fluida Kerja Reaktor Nuklir dengan Pendekatan Time Series menggunakan Metode Gated Recurrent Unit (GRU)
Nama : Muhammad Zidane Zukhrufa
NIM : 2110511112
Program Studi : S1 Informatika

Disetujui oleh :

Penguji 1:
Prof. Dr. Ir. Supriyanto, ST., M.Sc., IPM.

Penguji 2:
Ichsan Mardani, S.Kom, M.Sc.

Pembimbing 1:
Dr.Didit Widiyanto, S.Kom, M.Si.

Pembimbing 2:
Hamonangan Kinantan Prabu, M.T.



Diketahui oleh:

Koordinator Program Studi:
Dr. Ridwan Raafi'udin, S.Kom, M.Kom.
NIP. 198805022021211001

Dekan Fakultas Ilmu Komputer:
Prof. Dr. Ir. Supriyanto, S.T., M.Sc., IPM
NIP. 197605082003121002



Tanggal Ujian Tugas Akhir : 12 Januari 2026

ABSTRAK

Keselamatan operasional reaktor nuklir sangat bergantung pada stabilitas parameter termal, khususnya pada sistem pendingin sekunder. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model prediksi suhu outlet ($T_{\text{CTB OUT}}$) pada sistem fluida kerja reaktor nuklir menggunakan metode *Gated Recurrent Unit* (GRU) dengan pendekatan *time series*. Data penelitian diperoleh dari prototipe mesin pemanas air Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) sebanyak 11.001 data *real-time*. Melalui tahapan pra-proses dan eksperimen *windowing*, ditemukan bahwa *window size* 24 detik memberikan performa paling optimal. Model dilatih menggunakan lima fitur input hasil seleksi korelasi dan diuji ketahanannya menggunakan skenario injeksi anomali berupa lonjakan (*spike*) dan penurunan suhu mendadak. Hasil evaluasi menunjukkan tingkat akurasi yang sangat tinggi dengan nilai *Coefficient of Determination* (R^2) mencapai 0.991, serta tingkat kesalahan yang rendah dengan MAE 0.025 dan RMSE 0.033. Pada pengujian ketahanan, model terbukti responsif dalam mendeteksi pola fluktuasi ekstrem. Model ini selanjutnya diimplementasikan ke dalam *dashboard* berbasis web sebagai sistem peringatan dini (*early warning system*) yang mampu memprakirakan tren suhu untuk 3.600 detik ke depan. Penelitian ini membuktikan bahwa metode GRU efektif digunakan sebagai instrumen pendukung keputusan dalam pemantauan keselamatan reaktor.

Kata Kunci: Prediksi Suhu, Reaktor Nuklir, *Gated Recurrent Unit*, *Time Series*, Sistem Peringatan Dini.

ABSTRACT

Operational safety of nuclear reactors relies heavily on the stability of thermal parameters, particularly within the secondary cooling system. This study aims to develop a prediction model for the outlet temperature ($T_{CTB\ OUT}$) of a nuclear reactor's working fluid system using the Gated Recurrent Unit (GRU) method with a time series approach. The research data consists of 11,001 real-time data points obtained from a water heater prototype at the National Nuclear Energy Agency (BATAN). Through preprocessing and windowing experiments, it was found that a window size of 24 seconds yielded the most optimal performance. The model was trained using five selected input features based on correlation analysis and tested for robustness using anomaly injection scenarios involving sudden spikes and temperature drops. Evaluation results demonstrated very high accuracy with a Coefficient of Determination (R^2) of 0.991, along with low error rates indicated by an MAE of 0.025 and RMSE of 0.033. In robustness testing, the model proved responsive in detecting extreme fluctuation patterns. Furthermore, the model was implemented into a web-based dashboard acting as an early warning system capable of forecasting temperature trends for the next 3,600 seconds. This study proves that the GRU method is effective as a decision support tool for reactor safety monitoring.

Keywords: *Temperature Prediction, Nuclear Reactor, Gated Recurrent Unit, Time Series, Early Warning System.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat-Nya skripsi berjudul “Prediksi Suhu Outlet Pada Sistem Fluida Kerja Reaktor Nuklir dengan Pendekatan Time Series menggunakan Metode Gated Recurrent Unit (GRU)” dapat diselesaikan sebagai syarat kelulusan Program Studi Informatika UPN “Veteran” Jakarta. Disadari bahwa penyusunan ini tak lepas dari bantuan banyak pihak, oleh karena itu ucapan terima kasih disampaikan kepada:

1. Allah SWT, atas kesehatan dan kekuatan yang diberikan sehingga skripsi ini dapat tuntas.
2. Kedua orang tua dan saudara, sumber kekuatan utama yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dan penguatan mental hingga skripsi ini tuntas.
3. Prof. Dr. Ir. Supriyanto, S.T., M.Sc., IPM, selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer UPN “Veteran” Jakarta.
4. Dr. Ridwan Raafi’udin, S.Kom., M.Kom, selaku Koordinator Program Studi Informatika, atas fasilitas dan dukungan akademiknya.
5. Dr. Didit Widiyanto, S.Kom, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I, atas bimbingan dan arahan solutif selama penelitian berlangsung.
6. Hamonangan Kinantan Prabu, M.T., selaku Dosen Pembimbing II, atas ketelitian dan saran konstruktif demi penyempurnaan skripsi ini.
7. Meutia Quroti Ayun, atas dukungan istimewa lebih dari dua tahun, yang hadir sebagai pengingat, penyemangat, dan penguat di setiap proses penelitian ini.
8. Sahabat seperjuangan, khususnya Alief Ezaputra, Farid Widhy Asee, Muhammad Farid Thirafi, Syauqi Rachman Nasution, dan Osama Bin Laden, yang telah berjuang bersama dari awal kuliah hingga selesai.
9. Rekan mahasiswa Kelas C S1 Informatika, atas semangat dan dukungan positif selama penelitian ini.

Disadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga karya ini bermanfaat bagi pengembangan teknologi informasi.

Jakarta, 04 Desember 2025



Muhammad Zidane Zukhrufa
NIM. 2110511112

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR RUMUS.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Kajian Teoritis	5
2.1.1. Suhu	5
2.1.2. Prediksi	5
2.1.3. <i>Time Series</i>	6
2.1.4. Energi Nuklir	6
2.1.5. <i>Data Mining</i>	9
2.1.6. <i>Machine Learning</i>	9
2.1.7. <i>Python</i>	10
2.1.8. <i>Recurrent Neural Network (RNN)</i>	10
2.1.9. <i>Gated Recurrent Unit (GRU)</i>	11
2.1.1. <i>Mean Absolute Error (MAE)</i>	14

2.1.2. <i>Mean Squared Error (MSE)</i>	15
2.1.3. <i>Root Mean Squared Error (RMSE)</i>	15
2.1.4. <i>Coefficient of Determination (R²)</i>	16
2.2. Penelitian Terdahulu.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1. Tahapan Penelitian	18
3.2. Identifikasi Masalah	19
3.3. Studi Literatur.....	19
3.4. Pengumpulan Data.....	19
3.5. Pra-Proses Data	20
3.6. Pembagian Data.....	21
3.7. Konfigurasi Model GRU	22
3.8. Pengujian Data.....	23
3.9. Evaluasi Model.....	23
3.10. Alat Bantu Penelitian.....	24
3.10.1. Perangkat Keras	24
3.10.2. Perangkat Lunak	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1. Pengumpulan Data.....	25
4.2. Pra-Proses Data	28
4.2.1. Penanganan Format dan <i>Missing Value</i>	28
4.2.2. Seleksi Fitur (<i>Feature Selection</i>)	29
4.2.3. Normalisasi Data (<i>Min-Max Scaling</i>).....	31
4.2.4. Transformasi <i>Time Series (Windowing)</i>	32
4.3. Pemodelan <i>Gated Recurrent Unit (GRU)</i>	32
4.4. Evaluasi Model.....	33
4.5. Analisis Hasil Prakiraan Suhu (<i>Forecasting</i>).....	37
4.6. Pengujian Ketahanan (<i>Robustness</i>) Anomali	39
4.7. Implementasi <i>Dashboard</i> Sistem Pemantauan dan Prediksi Suhu.....	41
4.7.1. Modul Evaluasi dan Validasi Kinerja	41
4.7.2. Modul Prakiraan dan Peringatan Dini	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
5.1. Kesimpulan.....	44
5.2. Saran	45

DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Reaksi Fisi.....	7
Gambar 2.2. Diagram Sistem Fluida Kerja Reaktor Nuklir.....	8
Gambar 2.3. Arsitektur Recurrent Neural Network (RNN).....	11
Gambar 2.4. Arsitektur Gated Recurrent Unit (GRU).....	13
Gambar 3.1. Flowchart Penelitian.....	18
Gambar 3.2. Flowchart Alur Pemrosesan Model GRU.....	22
Gambar 4.1. Heatmap Korelasi Dataset.....	30
Gambar 4.2. Grafik Loss Model Final (Training vs Validasi).....	35
Gambar 4.3. Grafik Prediksi vs Aktual.....	35
Gambar 4.4. Plot Residual (Error) dari Waktu ke Waktu.....	36
Gambar 4.5. Distribusi Residual (Error).....	37
Gambar 4.6. Grafik Tren Prakiraan Suhu (1 Jam).....	38
Gambar 4.7. Visualisasi Respons Model.....	40
Gambar 4.8. Tampilan Evaluasi Model (Metrik & Grafik Perbandingan).....	42
Gambar 4.9. Tampilan Grafik Analisis Residual dan Distribusi Error.....	42
Gambar 4.10. Tampilan Statistik Prakiraan dan Grafik Tren Suhu.....	43
Gambar 4.11. Tampilan Tabel Data Lengkap dan Fitur Download.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terkait	16
Tabel 4.1. Keseluruhan Dataset Suhu	26
Tabel 4.2. Struktur Dataset.....	27
Tabel 4.3. Hasil Pengecekan Missing Value.....	29
Tabel 4.4. Sampel Dataset Hasil Seleksi Fitur.....	31
Tabel 4.5. Statistik Deskriptif Dataset Sebelum Normalisasi	31
Tabel 4.6. Statistik Deskriptif Dataset Setelah Normalisasi	32
Tabel 4.7. Bentuk Tensor Input (X) dan Target (y) Setelah Windowing	32
Tabel 4.8. Spesifikasi Arsitektur Sequential Model GRU	33
Tabel 4.9. Nilai Metrik Evaluasi Model.....	34
Tabel 4.10. Cuplikan Data Hasil Prakiraan Suhu	38
Tabel 4.11. Perbandingan Data Anomali Naik dan Turun.....	39
Tabel 4.12. Hasil Evaluasi Skenario Anomali	40

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1. <i>Reset Gate</i>	13
Rumus 2.2. <i>Update Gate</i>	14
Rumus 2.3. <i>Candidate Hidden State</i>	14
Rumus 2.4. <i>New Hidden State</i>	14
Rumus 2.5. <i>Mean Squared Error (MSE)</i>	15
Rumus 2.6. <i>Root Mean Squared Error (RMSE)</i>	15
Rumus 2.7. <i>Mean Absolute Error (MAE)</i>	15
Rumus 2.8. <i>Coefficient of Determination (R^2)</i>	16

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kode Program Utama (Model GRU).....	49
Lampiran 2. Kode Program Implementasi Dashboard.....	57
Lampiran 3. Log Proses Pelatihan dan Sampel Data Prakiraan.....	65
Lampiran 4. Tampilan Keseluruhan <i>User Interface Dashboard</i> Sistem.....	66
Lampiran 5. Hasil Pengecekan Turnitin.....	67