

**PREDIKSI PENGHASILAN DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING ENSEMBLE**

SKRIPSI



disusun oleh

Luthfiansyah Ilhamnanda Yusuf

18.11.2304

**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2022**

**PREDIKSI PENGHASILAN DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING ENSEMBLE**

SKRIPSI

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1
pada jurusan Informatika



disusun oleh

Luthfiansyah Ilhamnanda Yusuf

18.11.2304

**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2022**

PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PREDIKSI PENGHASILAN DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING ENSEMBLE**

yang dipersiapkan dan disusun oleh

Luthfiansyah Ilhamnanda Yusuf

18.11.2304

telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
pada tanggal 30 Maret 2021

Dosen Pembimbing,

Ainul Yaqin, M. Kom

NIK. 190302255

PENGESAHAN

SKRIPSI

**PREDIKSI PENGHASILAN DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING ENSEMBLE**

yang disusun oleh

Luthfiansyah Ilhamnanda Yusuf

18.11.2304

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 19 Januari 2022

Susunan Dewan Penguji

Nama Penguji

Tanda Tangan

Wahid Miftahul Ashari, S.Kom., M.T
NIK. 190302452

Banu Santoso, S.T., M.Eng
NIK. 190302327

Ainul Yaqin, M. Kom
NIK. 190302255

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Tanggal 19 Januari 2022

DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER

Hanif Al Fatta, S.Kom., M.Kom.
NIK. 190302096

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa, skripsi ini merupakan karya saya sendiri (ASLI), dan isi dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademis di suatu institusi pendidikan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan/atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Segala sesuatu yang terkait dengan naskah dan karya yang telah dibuat adalah menjadi tanggungjawab saya pribadi.

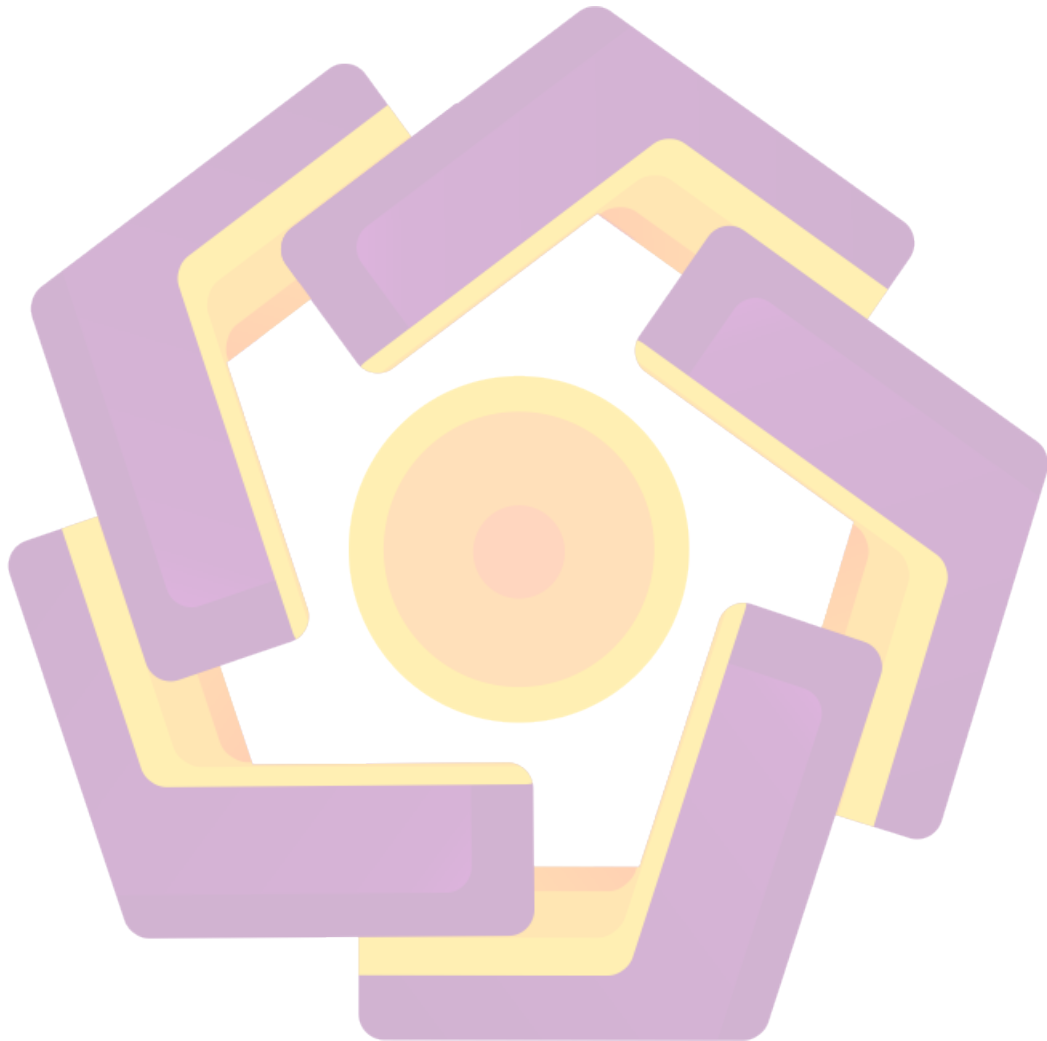
Yogyakarta, 21 Januari 2022



Luthfiansyah Ilhamnanda Yusuf
NIM. 18.11.2304

MOTTO

Pengetahuan yang baik adalah yang memberikan manfaat, bukan hanya diingat.



PERSEMBAHAN

Terdapat banyak pihak yang berperan dalam pembuatan skripsi ini hingga akhirnya dapat terselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT dengan segala kuasa-Nya yang telah memberikan berkah ilmu dan kemampuan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini,
2. Kedua orang tua penulis serta kakak yang tidak pernah berhenti berdoa dan memberikan dukungan kepada penulis dalam bentuk apapun,
3. Bapak Ainul Yaqin, M.Kom yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan laporan ini,
4. Seluruh guru dan dosen yang telah berbagi ilmu dan pengetahuan dengan tulus dan ikhlas sehingga dapat dijadikan bekal dalam pengerjaan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak,
5. Sahabat, teman-teman serta kerabat yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, dan
6. Diri sendiri.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Prediksi Penghasilan Daya Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Machine Learning Ensemble”. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam segala bentuk dalam proses penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa naskah skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan terdapat banyak kekurangan, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk melakukan perbaikan. Meskipun demikian, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 21 Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERSETUJUAN	iii
PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Metode Penelitian	4
1.6.1 Pengumpulan Data	4
1.6.2 Analisis Data	4

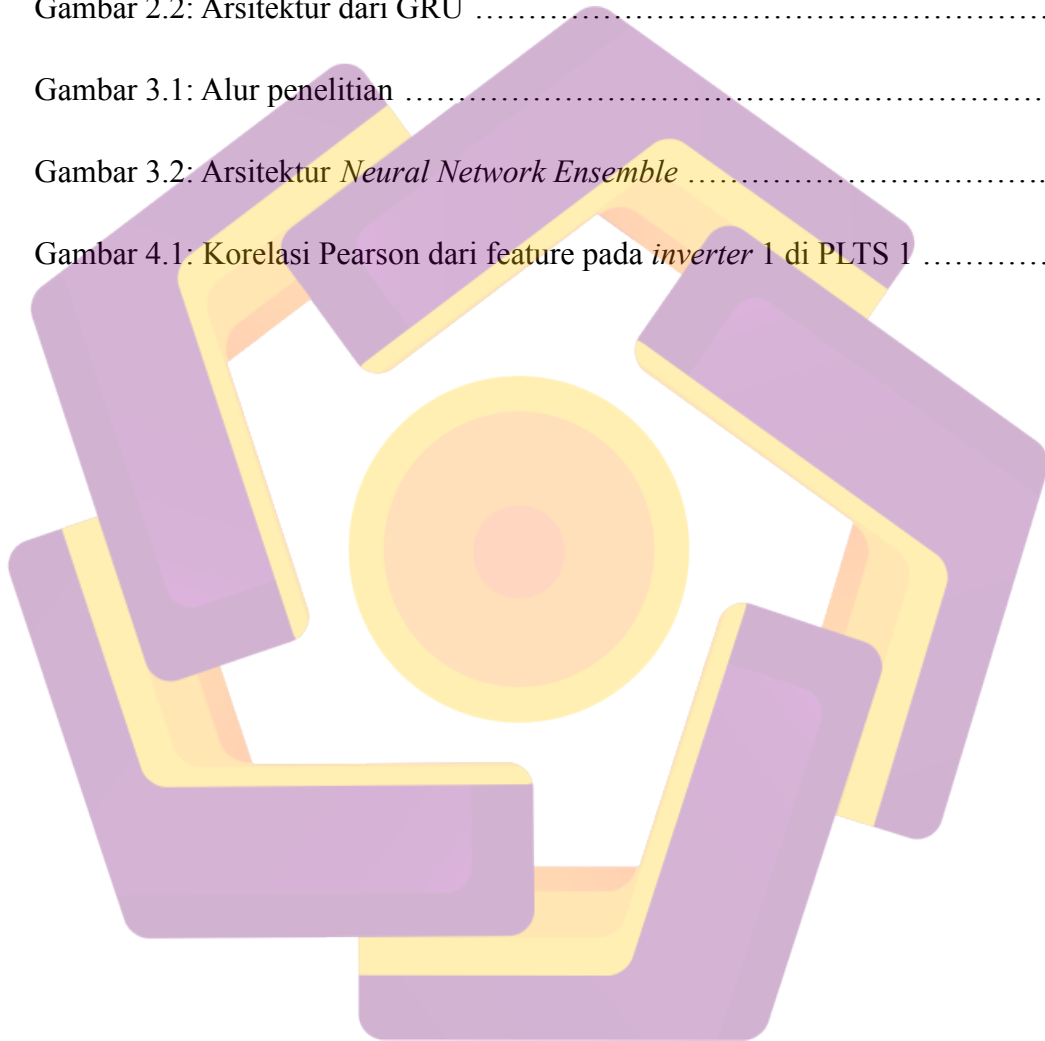
1.6.3 Pembuatan Model	5
1.6.4 Pengujian Model	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM)	10
2.3 <i>Gated Recurrent Unit</i> (GRU)	12
2.4 <i>Ensemble Learning</i>	14
2.5 Pertanyaan Penelitian	15
BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 Alat dan Bahan Penelitian	16
3.2 Alur Penelitian	17
3.3 <i>Pre-Processing Data</i>	18
3.4 Arsitektur Model LSTM	19
3.5 Arsitektur Model GRU	24
3.6 Arsitektur <i>Network Ensemble</i>	27
3.7 <i>Training dan Testing Model</i>	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 <i>Pre-Processing Data</i>	29
4.2 Pembuatan dan <i>Training Model</i>	32
4.3 Hasil Penelitian	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Tabel perbandingan penelitian	9
Tabel 3.1: Informasi atribut dataset <i>Generation Data</i>	16
Tabel 3.2: Informasi atribut dataset <i>Weather Data</i>	17
Tabel 3.3: Arsitektur model LSTM	19
Tabel 3.4: Arsitektur model GRU	24
Tabel 4.1: Atribut dari dataset yang sudah diproses	31
Tabel 4.2: Contoh data yang telah dinormalisasi dan diubah bentuk	31
Tabel 4.3: Tabel RMSE dari prediksi	34
Tabel 4.3: Tabel MAE dari prediksi	41
Tabel 4.4: Tabel rata-rata RMSE prediksi dari seluruh inverter	42
Tabel 4.5: Tabel rata-rata MAE prediksi dari seluruh inverter	42

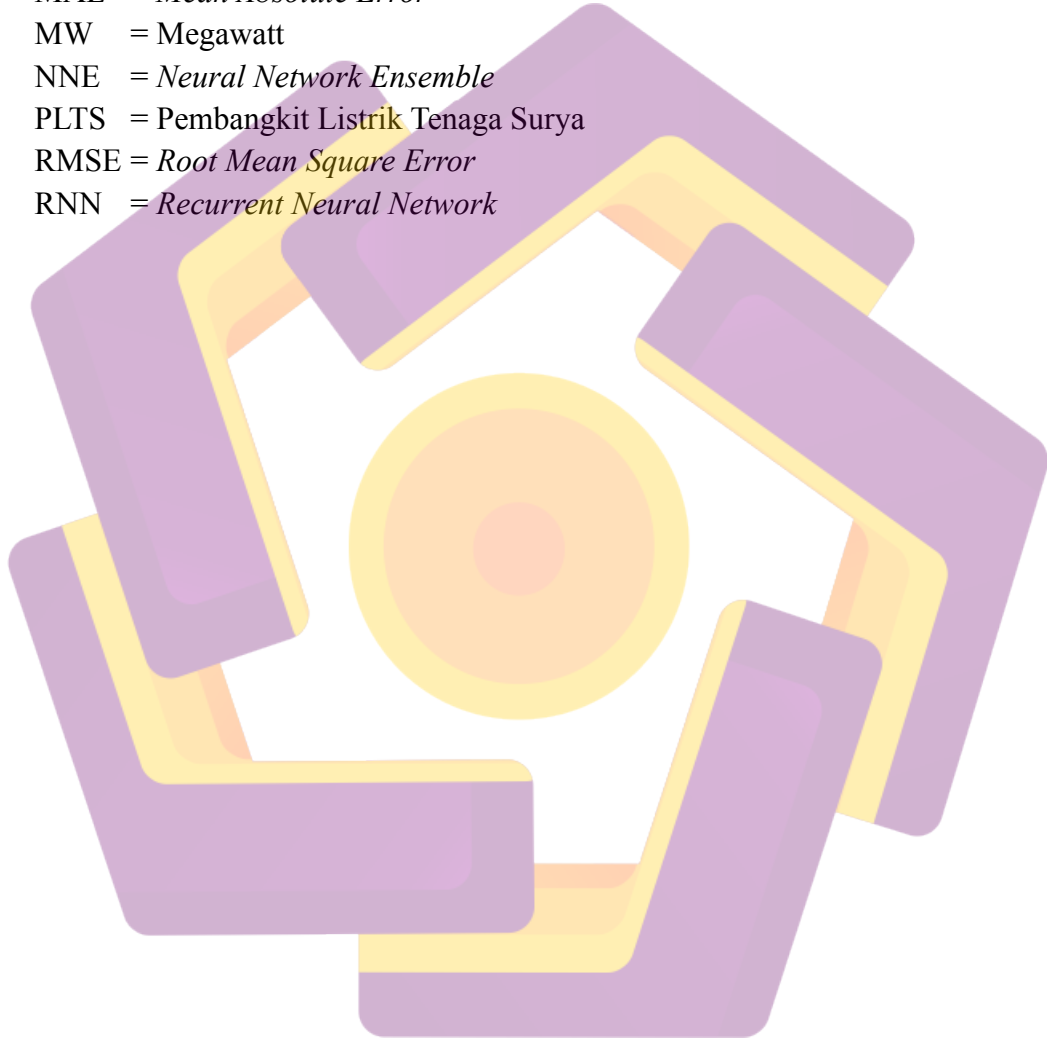
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Arsitektur dari LSTM dengan <i>forget gate</i>	11
Gambar 2.2: Arsitektur dari GRU	13
Gambar 3.1: Alur penelitian	18
Gambar 3.2: Arsitektur <i>Neural Network Ensemble</i>	27
Gambar 4.1: Korelasi Pearson dari feature pada <i>inverter</i> 1 di PLTS 1	30



DAFTAR SINGKATAN

- ANN = *Artificial Neural Network*
GRU = *Gated Recurrent Unit*
kW = Kilowatt
LSTM = *Long Short Term Memory*
MAE = *Mean Absolute Error*
MW = Megawatt
NNE = *Neural Network Ensemble*
PLTS = *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*
RMSE = *Root Mean Square Error*
RNN = *Recurrent Neural Network*



ABSTRAK

Penghasilan listrik terbarukan dari tahun ketahun semakin meningkat. Peningkatan penghasilan ini dapat berkontribusi dalam distribusi listrik secara keseluruhan. Karena sifat listrik terbarukan yang bergantung pada cuaca, maka diperlukan metode untuk manajemen listrik dalam menggabungkan listrik terbarukan dengan sistem distribusi listrik yang sudah ada. *Microgrid* adalah salah satu sistem manajemen listrik yang membagi penghasilan dan penggunaan listrik menjadi sistem-sistem kecil yang terhubung satu sama lain. Dalam manajemen listrik, diperlukan prediksi yang akurat untuk menentukan kapan listrik akan dihasilkan maupun akan digunakan.

Dalam penelitian ini, *Long Short Term Memory* (LSTM) dan *Gated Recurrent Unit* (GRU) digabungkan dengan metode *Ensemble Learning* dan diuji untuk memprediksi penghasilan listrik dari PLTS dengan 2 *sub-station* di India. Akurasi prediksi diukur menggunakan parameter RMSE dan MAE lalu dibandingkan antara algoritma LSTM, GRU dan *Neural Network Ensemble* menggunakan metode ANOVA.

Hasil pengujian menunjukkan *p-value* perbandingan RMSE pada PLTS 1 sebesar 0,969511 dan pada PLTS 2 sebesar 0,969696, sedangkan *p-value* perbandingan MAE pada PLTS 1 sebesar 0,991506 dan pada PLTS 2 sebesar 0,991746. Jika diukur menggunakan *significance level* 0,05, maka ketiga algoritma tersebut tidak mempunyai perbedaan akurasi yang signifikan. GRU memiliki training lebih lama yaitu 6 menit 19 detik dibandingkan LSTM yaitu 3 menit 42 detik dalam memprediksi penghasilan listrik tenaga surya.

Kata kunci: *Long Short Term Memory, Gated Recurrent Unit, Network Ensemble, listrik terbarukan, listrik tenaga surya.*

ABSTRACT

Renewable electricity generation is increasing every year. This increase in electricity generation can contribute to the overall electricity distribution. Due to the weather-dependent nature of renewable electricity, a method of electricity management is needed to combine renewable electricity with the existing electricity distribution systems. Microgrid is an electricity management system that divides electricity production and consumption into small systems that are connected to each other. In electricity management, accurate prediction is needed to determine when electricity will be generated or used.

In this study, Long Short Term Memory (LSTM) and Gated Recurrent Unit (GRU) were combined with the Ensemble Learning method and tested to predict electricity generation from a solar power generation farm with 2 sub-station in India. Prediction accuracy was measured using RMSE and MAE as parameters and then compared between LSTM, GRU, and Neural Network Ensemble algorithms using ANOVA method.

RMSE comparison shows p-values of 0.969511 in the first solar farm and 0.969696 in the second solar farm, while RMSE comparison shows p-values of 0.991506 in the first solar farm and 0.991746 in the second solar farm. If measured using a significance level of 0.05, the three algorithms do not have a significant difference in accuracy. GRU has a longer training time at 6 minutes 19 seconds, compared to LSTM 3 minutes 42 seconds in predicting solar electricity generation.

Keywords: *Long Short Term Memory, Gated Recurrent Unit, Network Ensemble, renewable energy, solar powered electricity.*