



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN MODEL *DEEP LEARNING*
BIDIRECTIONAL LSTM UNTUK PERAMALAN DAYA
KELUARAN *PHOTOVOLTAIC* BERBASIS *INTERNET OF
THINGS***

TESIS

CHRISTIAN TO TJAHYADI

2209511006

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO
REKAYASA KONTROL INDUSTRI
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
DEPOK
AGUSTUS 2024**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN MODEL *DEEP LEARNING*
BIDIRECTIONAL LSTM UNTUK PERAMALAN DAYA
KELUARAN *PHOTOVOLTAIC* BERBASIS *INTERNET OF*
*THINGS***

TESIS

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mencapai derajat
Magister Terapan dalam Bidang Rekayasa Kontrol Industri

CHRISTIAN TO TJAHYADI

2209511006

**PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO
REKAYASA KONTROL INDUSTRI
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
DEPOK
AGUSTUS 2024**



HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta.

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diajukan oleh Politeknik Negeri Jakarta kepada saya.

Depok, 1 Agustus 2024

Christianto Tjahyadi
NIM : 2209511006



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya susun ini adalah hasil penelitian / karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Christianto Tjahyadi

NIM : 2209511006

Tanda Tangan :

Tanggal : 1 Agustus 2024

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini yang diajukan oleh:

Nama : Christianto Tjahyadi
NIM : 2209511006
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun Model *Deep Learning Bidirectional LSTM* untuk Peramalan Daya Keluaran *Photovoltaic* Berbasis *Internet of Things*

telah diuji oleh Tim Penguji dalam Sidang Tesis pada hari Kamis tanggal 1 Agustus tahun 2024 dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh derajat Gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Pembimbing I : Nana Sutarna, S.T., M.T., Ph.D. ()
Pembimbing II : Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si. ()
Penguji I : Dr. Drs. Ahmad Tosin Alamsyah, S.T., M.T. ()
Penguji II : Mera Kartika Delimayanti, S.Si., M.T., Ph.D. ()
Penguji III : Dr. Dewi Yanti Liliana, S.Kom., M.Kom. ()

Depok, 1 Agustus 2024

Disahkan oleh:

Ketua Program Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta



Dr. Isdawimah, S.T., M.T.
NIP. 196305051988112001

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus atas kasih karunia dan penyertaan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan laporan tesis yang berjudul "**Rancang Bangun Model Deep Learning Bidirectional LSTM untuk Peramalan Daya Keluaran Photovoltaic Berbasis Internet of Things**". Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik Terapan pada Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Penelitian dan penulisan laporan tesis ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Istri tercinta, Fenny Audrine Silviany, serta anak-anak terkasih: Samuel Christian Tjahyadi, S.Kom., MBA dan Michelle Alexandra Jap, B.Comm.; Michelle Emmanuella Tjahyadi, S.E., MBA; Jocelyn Olivia Tjahyadi, S.Kom.; dan Kathleen Elisha Tjahyadi; yang selalu memberikan dukungan, cinta dan pengertian selama masa studi ini. Dukungan dan doa mereka menjadi sumber kekuatan yang tidak ternilai bagi penulis.
2. Bapak Nana Sutarna, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing satu, dan Ibu Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing dua, atas bimbingan, arahan, kesabaran, dan dedikasi yang luar biasa selama proses penelitian dan penulisan laporan tesis ini.
3. Bapak Dr. Drs. Ahmad Tossin Alamsyah, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, atas arahan dan dukungannya selama penulis menimba ilmu di Politeknik Negeri Jakarta.
4. Ibu Dr. Isdawimah, S.T., M.T., selaku Ketua Program Pascasarjana, Politeknik Negeri Jakarta, atas dukungan, motivasi dan semangat yang diberikan.
5. Seluruh dosen Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, atas ilmu, pengalaman, dan inspirasi yang diberikan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

6. Teman-teman Magister Terapan Teknik Elektro angkatan 2022 (RKI, RKB dan RTL) atas semangat, motivasi dan kebersamaannya.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang energi terbarukan, *internet of things* dan kecerdasan buatan.

Depok, 1 Agustus 2024

Christianto Tjahyadi
NIM. 2209511006

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



ABSTRAK

Nama : Christianto Tjahyadi
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Judul Tesis : Rancang Bangun Model *Deep Learning* Bidirectional LSTM untuk Peramalan Daya Keluaran *Photovoltaic* Berbasis *Internet of Things*.

Pemanfaatan energi surya melalui sistem *photovoltaic* (PV) menghadapi tantangan ketidakpastian produksi daya listrik akibat sifat intermiten sumber energi ini. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan model *deep learning Bidirectional Long Short-Term Memory* (BiLSTM) untuk peramalan daya keluaran PV berbasis *Internet of Things* (IoT) di Kota Bandung, Indonesia. Model dikembangkan menggunakan TensorFlow dan Keras API dengan Python, memanfaatkan data historis dan *real-time* dari instalasi PV meliputi iradiasi surya (IR), daya keluaran PV (POWER), suhu permukaan PV (SURFACE), suhu (TEMP) dan kelembapan (HUMID) lingkungan, serta kecepatan angin (WS). Analisis korelasi menggunakan uji Pearson dan Spearman menunjukkan hubungan yang signifikan antara IR, SURFACE, TEMP, HUMID dan WS terhadap POWER. Optimisasi *hyperparameter* dilakukan pada *optimizer*, fungsi aktivasi dan *learning rate*. Hasil evaluasi menunjukkan model BiLSTM mencapai akurasi tinggi dengan *Mean Absolute Error* (MAE) 0,002832935, *Root Mean Square Error* (RMSE) 0,008154498, dan R^2 0,999164402, mengungguli model ARIMA dengan peningkatan akurasi 98,81% dalam MAE dan 97,11% dalam RMSE. Konfigurasi *optimizer* Adam dengan *learning rate* 10^{-4} dan fungsi aktivasi Tanh memberikan kinerja terbaik. Implementasi model dalam sistem IoT menunjukkan tingkat akurasi 99,07% dalam kondisi normal, dengan selisih antara nilai prediksi dan aktual antara 0,06 hingga 0,21 Watt pada sebagian besar waktu pengukuran. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem manajemen energi yang lebih akurat dan responsif, mendukung integrasi energi

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

terbarukan secara optimal, serta meningkatkan keberlanjutan dan keandalan penggunaan energi surya di Indonesia.

Kata kunci: *photovoltaic, peramalan daya, deep learning, bidirectional LSTM, internet of things*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



ABSTRACT

Solar energy utilization through photovoltaic (PV) systems faces challenges in power production uncertainty due to the intermittent nature of this energy source. This research aims to design and implement a Bidirectional Long Short-Term Memory (BiLSTM) deep learning model for Internet of Things (IoT)-based PV output power forecasting in Bandung, Indonesia. The model, developed using TensorFlow and Keras API with Python, utilizes historical and real-time PV installation data including solar irradiation (IR), PV output power (POWER), PV surface temperature (SURFACE), ambient temperature (TEMP), humidity (HUMID), and wind speed (WS). Pearson and Spearman correlation analyses revealed significant relationships between IR, SURFACE, TEMP, HUMID, WS, and POWER. Hyperparameter optimization was performed on the optimizer, activation function, and learning rate. The BiLSTM model achieved high accuracy with a Mean Absolute Error (MAE) of 0.002832935, Root Mean Square Error (RMSE) of 0.008154498, and R^2 of 0.999164402, outperforming the ARIMA model by 98.81% in MAE and 97.11% in RMSE. The Adam optimizer configuration with a learning rate of 10^{-4} and Tanh activation function provided optimal performance. IoT system implementation demonstrated 99.07% accuracy under normal conditions, with differences between predicted and actual values ranging from 0.06 to 0.21 Watts for most measurements. This research contributes to developing more accurate and responsive energy management systems, supporting optimal renewable energy integration, and enhancing the sustainability and reliability of solar energy utilization in Indonesia.

Keywords: *photovoltaic, power forecasting, deep learning, bidirectional LSTM, internet of things*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Kajian Pustaka.....	6
2.2. Radiasi dan Iradiasi Surya.....	7
2.3. Photovoltaic	10
2.4. Internet of Things.....	12
2.5. Mikrokontroler ESP32	14



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.6. Sensor-sensor	15
2.7. <i>Deep Learning</i>	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	34
3.1. Kerangka Konseptual	34
3.2. Desain Penelitian.....	35
3.3. Pengumpulan dan Penyimpanan Data.....	37
3.4. Pra-pemrosesan Data.....	38
3.5. Uji Korelasi dan Statistik Deskriptif.....	39
3.6. Rancang Bangun Model BiLSTM	41
3.7. Pelatihan Model	43
3.8. Metrik Evaluasi	44
3.9. Pengujian Model	46
3.10. Perbandingan dengan Model Baseline	46
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	48
4.1. Implementasi Sistem Akuisi Data dan Logger	48
4.2. Presentasi Data.....	50
4.3. Pra-Pemrosesan Data	57
4.4. Evaluasi Model BiLSTM	60
4.5. Perbandingan dengan Model Baseline	70
4.6. Monitoring dan Prediksi Real-Time.....	71
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	76
5.1. Simpulan	76
5.2. Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA	78
DAFTAR PUBLIKASI.....	84



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN	85
Lampiran 1. Akusisi Data	85
Lampiran 2. Server dan Cloud Database.....	89
Lampiran 3. Uji Korelasi dan Statistik Deskriptif	91
Lampiran 4. Pelatihan Model dan Mencari Model Terbaik.....	92
Lampiran 5. Monitoring dan Prediksi Real-Time	95





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Komponen radiasi surya dan komponen relevan untuk PV	9
Gambar 2. 2. Ilustrasi (a) Pyranometer dan (b) Pyrheliometer	10
Gambar 2. 3. Ilustrasi sel PV	10
Gambar 2. 4. PV Polycrystalline Visero 50WP	12
Gambar 2. 5. <i>Internet of Things</i>	13
Gambar 2. 6. Tiga lapisan arsitektur IoT	13
Gambar 2. 7. ESP32 <i>Development Board</i>	15
Gambar 2. 8. <i>Pyranometer SEM228</i>	16
Gambar 2. 9. Anemometer	17
Gambar 2. 10. Sensor PT100 dan Modul Akuisisi	18
Gambar 2. 11. Sensor DHT-22	19
Gambar 2. 12. Sensor PZEM-017	19
Gambar 2. 13. Jaringan Saraf Tiruan	21
Gambar 2. 14. Neuron Biologis dan Neuron Artifisial	21
Gambar 2. 15. <i>Recurrent Neural Network</i>	23
Gambar 2. 16. Arsitektur dasar model LSTM	24
Gambar 2. 17. Struktur unit LSTM	25
Gambar 2. 18. Arsitektur dasar model <i>Bidirectional LSTM</i>	27
Gambar 2. 19. Fungsi aktivasi Tanh dan turunannya	32
Gambar 2. 20. Fungsi aktivasi ReLU dan turunannya	32
Gambar 2. 21. Fungsi aktivasi Swish dan turunannya	33
Gambar 3. 1. Kerangka Konseptual	34
Gambar 3. 2. Desain penelitian tahap pemodelan (a) Diagram Skematik dan	36
Gambar 3. 3. Desain penelitian tahap inferensi	37
Gambar 3. 4. Diagram rancangan model BiLSTM (a) Arsitektur, (b) Plot Diagram	42
Gambar 3. 5. Penyetelan <i>hyperparameter</i>	44
Gambar 3. 6. Pengujian Model	46

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 1. Sistem akuisisi data dan <i>logger</i> (a) Mikrokontroler ESP32 dengan antarmuka RS485 dan sensor pengukur daya, (b) Instalasi PV dan sensor, (c) Sensor iradiasi surya dan kecepatan angin, (d) Sensor suhu permukaan, (e) Sensor suhu dan kelembapan	50
Gambar 4. 2. <i>Raw Data</i> (a) Iradiasi Surya, (b) Daya Keluaran PV, (c) Suhu Permukaan, (d) Suhu Lingkungan, (e) Kelembapan Lingkungan, (f) Kecepatan Angin.....	55
Gambar 4. 3. Perbandingan <i>raw data</i> hasil pengukuran dan <i>smoothed</i> (a) Iradiansi Matahari, (b) Daya Keluaran PV, (c) Suhu Lingkungan, (d) Kelembapan Lingkungan, (e) Suhu Permukaan PV, (f) Kecepatan Angin.....	59
Gambar 4. 4. Kurva <i>training loss</i> dan <i>validation loss</i> dengan <i>optimizer</i> Adam, fungsi aktivasi Tanh dan <i>learning rate</i> (a) 10^{-3} , (b) 10^{-4} , (c) 10^{-5}	63
Gambar 4. 5. Kurva <i>training loss</i> dan <i>validation loss</i> dengan <i>optimizer</i> Adam, fungsi aktivasi ReLU dan <i>learning rate</i> (a) 10^{-3} , (b) 10^{-4} , (c) 10^{-5}	63
Gambar 4. 6. Kurva <i>training loss</i> dan <i>validation loss</i> dengan <i>optimizer</i> Adam, fungsi aktivasi Swish dan <i>learning rate</i> (a) 10^{-3} , (b) 10^{-4} , (c) 10^{-5}	64
Gambar 4. 7. Kurva <i>training loss</i> dan <i>validation loss</i> dengan <i>optimizer</i> RMSprop, fungsi aktivasi Tanh dan <i>learning rate</i> (a) 10^{-3} , (b) 10^{-4} , (c) 10^{-5}	64
Gambar 4. 8. Kurva <i>training loss</i> dan <i>validation loss</i> dengan <i>optimizer</i> RMSprop, fungsi aktivasi ReLU dan <i>learning rate</i> (a) 10^{-3} , (b) 10^{-4} , (c) 10^{-5}	65
Gambar 4. 9. Kurva <i>training loss</i> dan <i>validation loss</i> dengan <i>optimizer</i> RMSprop, fungsi aktivasi Swish dan <i>learning rate</i> (a) 10^{-3} , (b) 10^{-4} , (c) 10^{-5}	65
Gambar 4. 10. Monitoring dan prediksi <i>real-time</i>	73



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Spesifikasi PV Polycrystalline Visero 50WP	12
Tabel 4. 1. Sampel 5 <i>record</i> pertama data mentah.....	50
Tabel 4. 2. Uji Korelasi Pearson terhadap POWER.....	51
Tabel 4. 3. Uji Korelasi Spearman terhadap POWER	52
Tabel 4. 4. Statistik deskriptif variabel penelitian.....	52
Tabel 4. 5. Sampel 5 <i>record</i> pertama hasil <i>resampling</i> dengan interval 30 detik. 57	
Tabel 4. 6. Sampel 5 <i>record</i> pertama hasil normalisasi <i>min-max scaling</i>	59
Tabel 4. 7. Sample 5 <i>record</i> pertama dalam format <i>supervised sequence</i>	60
Tabel 4. 8. Kinerja model BiLSTM berdasarkan kombinasi <i>hyperparameter</i>	61
Tabel 4. 9. Perbandingan kinerja model BiLSTM dan ARIMA	70
Tabel 4. 10. Hasil pengukuran dan prediksi daya keluaran PV	73

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Akusisi Data	85
Lampiran 2. Server dan Cloud Database.....	89
Lampiran 3. Uji Korelasi dan Statistik Deskriptif	91
Lampiran 4. Pelatihan Model dan Mencari Model Terbaik.....	92
Lampiran 5. Monitoring dan Prediksi Real-Time.....	95



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan meningkatnya kebutuhan akan energi terbarukan dan desakan untuk mengurangi emisi karbon, energi surya telah menjadi alternatif potensial untuk menggantikan energi fosil [1][2][3][4]. Energi surya dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui teknologi *photovoltaic* (PV). Iradiasi surya, yaitu jumlah energi surya yang mencapai permukaan bumi, menjadi faktor kunci dalam menentukan seberapa efisien PV dapat menghasilkan listrik [5].

Namun, sifat intermiten dari energi surya menimbulkan tantangan signifikan dalam integrasi sistem PV ke dalam jaringan listrik yang ada. Salah satu masalah utama adalah ketidakpastian dalam produksi daya listrik dari sistem PV, yang sangat bergantung pada kondisi cuaca dan iradiasi surya [6][7]. Ketidakpastian ini menyulitkan prediksi dan perencanaan penggunaan energi, sehingga diperlukan metode peramalan daya keluaran PV yang lebih akurat.

Untuk mengatasi tantangan ini, pengembangan sistem prediksi daya keluaran PV berbasis kecerdasan buatan menjadi sangat penting. Sistem ini dapat meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan pemanfaatan energi surya [5][8][7], serta membantu menemukan keseimbangan yang tepat antara produksi dan konsumsi energi [9][10]. Peramalan yang akurat terhadap pembangkitan daya surya telah menjadi komponen krusial dalam integrasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) skala besar ke dalam jaringan listrik.

Pendekatan tradisional dalam peramalan daya surya telah mengandalkan ekstraksi fitur manual, teknik pemodelan konvensional, dan model *deep learning* tunggal [4][11]. Metode statistik, *Numerical Weather Prediction* (NWP), *XGBoost*, *Random Forest*, dan *Support Vector Regression* sering mengalami kesulitan dalam menangkap pola-pola kompleks dan hubungan non-linier dalam data cuaca *real-time* yang memengaruhi iradiasi surya [12][13][14].

Untuk mengatasi keterbatasan ini, kemajuan dalam bidang kecerdasan buatan, terutama metode *deep learning*, telah menunjukkan potensi dalam



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

meningkatkan kualitas peramalan iradiasi surya [15][16][17][18]. Di sisi lain, perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) membuka peluang baru dalam pengumpulan data *real-time* dari sistem PV. Penggabungan kedua teknologi ini memungkinkan pemanfaatan variabel tambahan seperti data cuaca *real-time* dan informasi temporal, yang pada gilirannya dapat meningkatkan akurasi peramalan daya keluaran PV secara substansial [19][20].

Peramalan daya keluaran PV di Indonesia merupakan wilayah penelitian yang belum banyak dieksplorasi. Secara global, penelitian sebelumnya telah memberikan wawasan tentang penerapan metode *deep learning* dalam konteks peramalan daya keluaran PV. Metode algoritmik berbasis jaringan saraf seperti *Artificial Neural Network* (ANN) [21][22][23][24], *Recurrent Neural Network* (RNN) [24][25], *Long Short-Term Memory* (LSTM) [26][27], *Gated Recurrent Unit* (GRU) [28], *Bidirectional LSTM* dengan *Sine Cosine Algorithm* (SCA) [29] dan *Complete Ensemble Empirical Mode Decomposition with Adaptive Noise* (CEEMDAN) [30], *Bidirectional LSTM* dengan *Attention* [31], *Transformer* [32], *Convolutional Neural Network* (CNN) [33] dan *Convolutional Neural Network Long Short-Term Memory* (CNN LSTM) [30] telah diterapkan dalam upaya ini dan memberikan hasil yang cukup akurat, meskipun akurasinya masih terbatas. Studi-studi ini memberikan landasan penting untuk pengembangan metode peramalan yang lebih akurat dan adaptif, khususnya dalam konteks Indonesia.

Berdasarkan temuan dan keterbatasan penelitian sebelumnya, diperlukan model *deep learning* yang dapat meningkatkan akurasi peramalan daya keluaran PV dengan memanfaatkan data historis dan *real-time* dari sejumlah sensor terkait cuaca yang dipasang pada sistem PV. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan model *deep learning Bidirectional LSTM* (BiLSTM) sebagai pengembangan dari model LSTM tradisional. Model ini dapat mempelajari pola data *time series* dari kedua arah, maju dan mundur, memungkinkan model untuk mendapatkan informasi kontekstual dari masa lalu dan masa depan. Dengan kemampuan ini, model BiLSTM yang diusulkan bertujuan untuk membuat prediksi daya keluaran PV yang lebih akurat dan adaptif, dengan memperhitungkan perubahan iradiasi surya dan kondisi cuaca.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap yang saling berkaitan:

1. Perancangan dan pengembangan model serta algoritma untuk peramalan iradiasi surya. Tahap ini merupakan penelitian awal yang dilakukan untuk menyesuaikan dan mengoptimalkan model BiLSTM, serta memperluas pemahaman terhadap pola data *time series* iradiasi surya, yang menjadi dasar penting dalam pengembangan model peramalan daya keluaran PV. Hasil penelitian ini telah dipresentasikan dalam *6th International Conference of Computer and Informatics Engineering*, yang diadakan di Aruna, Senggigi Lombok pada 14-15 September 2023. Artikel ilmiah yang dihasilkan dari penelitian ini telah diterbitkan dalam *IEEE Explore* pada bulan Desember 2023 dengan judul “*Machine Learning Algorithm and Modelling in Solar Irradiance Forecasting*” [34].
2. Perancangan dan pengembangan model BiLSTM untuk peramalan daya keluaran PV dengan melibatkan variabel cuaca. Tahap ini merupakan pengembangan lebih lanjut dari model sebelumnya, dengan fokus pada integrasi variabel cuaca ke dalam model peramalan. Penambahan variabel cuaca ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi prediksi dengan mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan yang memengaruhi kinerja sistem PV.
3. Penyesuaian *hyperparameter* pada model BiLSTM untuk peramalan daya keluaran PV. Tahap ini merupakan kelanjutan dari tahap sebelumnya, dengan fokus pada optimalisasi kinerja model. Hasil penelitian ini telah diterbitkan dalam *Journal of Robotics and Control (JRC)*, sebuah jurnal terindeks SINTA1 dan Scopus (Q3), pada bulan Maret 2024 dengan judul “*Hyperparameter Tuning Impact on Deep Learning Bi-LSTM for Photovoltaic Power Forecasting*” [35].
4. Pemantauan dan evaluasi kinerja model secara *real-time* berbasis IoT. Tahap ini merupakan implementasi praktis dari model yang telah dikembangkan dan dioptimalkan pada tahap-tahap sebelumnya.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.2. Rumusan Masalah

Masalah utama yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang arsitektur model BiLSTM yang optimal untuk peramalan daya keluaran PV dengan mempertimbangkan karakteristik data *time series* iradiasi surya dan cuaca di Kota Bandung?
2. Bagaimana pengaruh pemilihan dan optimisasi *hyperparameter* terhadap kinerja model BiLSTM dalam konteks peramalan daya keluaran PV?
3. Apa implikasi penggunaan teknologi IoT dalam pengumpulan data dan implementasi model peramalan secara *real-time*?
4. Bagaimana kinerja model BiLSTM yang dikembangkan dibandingkan dengan metode peramalan konvensional?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan model *deep learning* BiLSTM untuk peramalan daya keluaran PV berbasis IoT di Kota Bandung, Indonesia, dengan memanfaatkan data historis dan *real-time* mengenai iradiasi surya serta cuaca.

1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan, yaitu:

1. Penelitian ini hanya menggunakan model *deep learning* BiLSTM untuk peramalan daya keluaran PV.
2. Perancangan dan pembuatan model *deep learning* BiLSTM menggunakan kerangka kerja TensorFlow dan Keras API dengan bahasa pemrograman Python.
3. Data yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada data dari sensor-sensor iradiasi surya, daya keluaran PV, suhu permukaan PV, suhu lingkungan, kelembapan lingkungan dan kecepatan angin pada instalasi PV yang terletak di Kecamatan Sumur Bandung, Kota Bandung, Indonesia.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Fokus penelitian ini adalah pada peramalan daya keluaran PV dalam jangka pendek, tepatnya 30 detik ke depan.
5. Optimisasi *hyperparameter* dalam penelitian ini dibatasi pada tiga aspek:
 - a. Fungsi aktivasi dibatasi pada tiga opsi, yaitu Tanh, ReLU dan Swish.
 - b. *Learning rate* dibatasi pada tiga nilai, yaitu 10^{-3} , 10^{-4} dan 10^{-5} .
 - c. *Optimizer* dibatasi pada dua pilihan, yaitu Adam dan RMSprop.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dapat dilihat dari dua aspek, yaitu manfaat teoritis dan manfaat praktis.

Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang *deep learning*, *photovoltaic*, dan *Internet of Things* (IoT).
2. Memberikan wawasan baru tentang penggunaan model *deep learning* BiLSTM untuk peramalan daya keluaran PV dengan memanfaatkan data historis dan *real-time* dari sensor IoT.
3. Memberikan referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan topik yang sama atau serupa.

Manfaat praktis dari penelitian ini adalah:

1. Menyajikan solusi yang inovatif dan optimal untuk mengelola produksi dan konsumsi energi surya dalam sistem PV.
2. Meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan penggunaan energi surya sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan.
3. Memberikan alternatif solusi dalam pengambilan keputusan yang tepat dan akurat dalam hal perencanaan, operasi, dan pemeliharaan sistem PV.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Model *deep learning* BiLSTM yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam memprediksi daya keluaran PV. Kinerja terbaik model BiLSTM dihasilkan dengan kombinasi *optimizer* Adam, fungsi aktivasi Tanh dan *learning rate* 10^{-4} . *Optimizer* Adam secara konsisten mengungguli RMSprop. *Learning rate* 10^{-4} memberikan hasil terbaik, menunjukkan keseimbangan yang baik antara kecepatan konvergensi dan stabilitas. Fungsi aktivasi Tanh membantu model dalam mengenali pola-pola yang bersifat non-linier, sehingga memungkinkan model untuk memahami hubungan yang kompleks antara variabel masukan dan keluaran.

Model ini mencapai tingkat akurasi yang tinggi, dengan nilai MAE 0,002832935 dan RMSE 0,008154498. Selain itu, model juga menunjukkan kemampuan prediktif yang sangat kuat, ditunjukkan oleh nilai R^2 sebesar 0,999164402, yang mengindikasikan bahwa model dapat menjelaskan 99,92% variabilitas dalam data. Kinerja ini menunjukkan bahwa model BiLSTM yang dikembangkan mampu menangkap dan memprediksi pola-pola kompleks dalam data daya keluaran PV dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi.

Ketika dibandingkan dengan model *baseline* ARIMA, keunggulan model BiLSTM menjadi sangat jelas. Model ARIMA menghasilkan nilai MAE sebesar 0,238888644 dan RMSE sebesar 0,282326144, yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan model BiLSTM. Secara persentase, model BiLSTM mengungguli model ARIMA sebesar 98,81% dalam hal MAE dan 97,11% dalam hal RMSE. Perbandingan ini menunjukkan bahwa model BiLSTM yang dikembangkan memiliki kemampuan yang jauh lebih baik dalam menangkap dan memprediksi pola-pola kompleks dalam data daya keluaran PV.

Dalam implementasi secara *real-time*, model BiLSTM menunjukkan tingkat akurasi 99,07% dalam kondisi normal, dengan selisih prediksi 0,06 hingga

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

0,21 Watt pada sebagian besar waktu pengukuran. Model ini mampu mengikuti tren daya harian dan menangani kondisi daya rendah dengan baik. Meskipun menghadapi tantangan pada perubahan daya yang drastis, seperti terlihat pada satu titik waktu dengan selisih 22,32 Watt, kinerja keseluruhan model tetap unggul.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat beberapa saran untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut. Fokus utama dapat diarahkan pada peningkatan kemampuan model dalam menangani perubahan daya yang drastis, mungkin dengan mengeksplorasi arsitektur jaringan yang lebih kompleks atau menggabungkan BiLSTM dengan teknik *deep learning* lainnya. Ekspansi dataset dengan memasukkan lebih banyak variasi kondisi cuaca dan musim juga penting untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model. Integrasi model dengan sistem prediksi cuaca *real-time* dapat meningkatkan akurasi prediksi, terutama dalam mengantisipasi perubahan daya yang signifikan. Selain itu, analisis sensitivitas yang mendalam terhadap parameter model dan masukan, serta validasi jangka panjang dalam berbagai kondisi operasional, akan sangat bermanfaat untuk memahami dan meningkatkan kinerja model.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, 2023. doi: 10.1017/9781009325844.
- [2] V. Knapp, “On the Future of Fission and Solar Energy,” *J. Energy - Energ.*, vol. 70, no. 1, pp. 3–6, Mar. 2021, doi: 10.37798/202170157.
- [3] A. V. Rodrigues, D. A. R. de Souza, F. D. R. Garcia, and S. J. L. Ribeiro, “Renewable energy for a green future: Electricity produced from efficient luminescent solar concentrators,” *Sol. Energy Adv.*, vol. 2, p. 100013, 2022, doi: 10.1016/j.seja.2022.100013.
- [4] H. Hissou, S. Benkirane, A. Guezzaz, M. Azrour, and A. Beni-Hssane, “A Novel Machine Learning Approach for Solar Radiation Estimation,” *Sustainability*, vol. 15, no. 13, p. 10609, Jul. 2023, doi: 10.3390/su151310609.
- [5] N. B. Sushmi and D. Subbulekshmi, “Robust Solar Irradiation Forecasting Mechanism for Maximum Power Point Trackers: A Comparative Review,” *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 12, no. 4, pp. 1846–1870, 2022, doi: 10.20508/ijrer.v12i4.13333.g8610.
- [6] E. Sauter, M. Mughal, and Z. Zhang, “Evaluation of Machine Learning Methods on Large-Scale Spatiotemporal Data for Photovoltaic Power Prediction,” *Energies*, vol. 16, no. 13, p. 4908, Jun. 2023, doi: 10.3390/en16134908.
- [7] S. Cantillo-Luna, R. Moreno-Chuquen, D. Celeita, and G. Anders, “Deep and Machine Learning Models to Forecast Photovoltaic Power Generation,” *Energies*, vol. 16, no. 10, p. 4097, May 2023, doi: 10.3390/en16104097.
- [8] F. Harrou, Y. Sun, B. Taghezout, and A. Dairi, “Artificial Intelligence Techniques for Solar Irradiance and PV Modeling and Forecasting,” *Energies*, vol. 16, no. 18, 2023. doi: 10.3390/en16186731.
- [9] E. Alzain, S. Al-Otaibi, T. H. H. Aldhyani, A. S. Alshebami, M. A. Almaiah, and M. E. Jadhav, “Revolutionizing Solar Power Production with Artificial Intelligence: A Sustainable Predictive Model,” *Sustainability*, vol. 15, no. 10, p. 7999, May 2023, doi: 10.3390/su15107999.
- [10] I. Shafi *et al.*, “An Artificial Neural Network-Based Approach for Real-Time Hybrid Wind–Solar Resource Assessment and Power Estimation,” *Energies*, vol. 16, no. 10, p. 4171, May 2023, doi: 10.3390/en16104171.
- [11] I. Jamil *et al.*, “Predictive evaluation of solar energy variables for a large-scale solar power plant based on triple deep learning forecast models,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 76, pp. 51–73, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.aej.2023.06.023.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [12] D. S. Kumar, G. M. Yagli, M. Kashyap, and D. Srinivasan, "Solar irradiance resource and forecasting: a comprehensive review," *IET Renew. Power Gener.*, vol. 14, no. 10, pp. 1641–1656, Jul. 2020, doi: 10.1049/iet-rpg.2019.1227.
- [13] M. Diagne, M. David, P. Lauret, J. Boland, and N. Schmutz, "Review of solar irradiance forecasting methods and a proposition for small-scale insular grids," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 27, pp. 65–76, Nov. 2013, doi: 10.1016/j.rser.2013.06.042.
- [14] K. J. Iheanetu, "Solar Photovoltaic Power Forecasting: A Review," *Sustain.*, vol. 14, no. 24, p. 17005, Dec. 2022, doi: 10.3390/su142417005.
- [15] A. Alzahrani, P. Shamsi, C. Dagli, and M. Ferdowsi, "Solar Irradiance Forecasting Using Deep Neural Networks," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 114, pp. 304–313, 2017, doi: 10.1016/j.procs.2017.09.045.
- [16] B. Brahma and R. Wadhvani, "Solar Irradiance Forecasting Based on Deep Learning Methodologies and Multi-Site Data," *Symmetry (Basel)*, vol. 12, no. 11, p. 1830, Nov. 2020, doi: 10.3390/sym12111830.
- [17] H. A. Khan, M. Alam, H. A. Rizvi, and A. Munir, "Solar Irradiance Forecasting Using Deep Learning Techniques," in *IEEC 2023*, Basel Switzerland: MDPI, Sep. 2023, p. 15. doi: 10.3390/engproc2023046015.
- [18] A. Gensler, J. Henze, B. Sick, and N. Raabe, "Deep Learning for solar power forecasting — An approach using AutoEncoder and LSTM Neural Networks," in *2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 2016, pp. 2858–2865. doi: 10.1109/SMC.2016.7844673.
- [19] P. Li, K. Zhou, X. Lu, and S. Yang, "A hybrid deep learning model for short-term PV power forecasting," *Appl. Energy*, vol. 259, p. 114216, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.114216.
- [20] X. Ren, F. Zhang, J. Yan, and Y. Liu, "A Novel Convolutional Neural Net Architecture Based on Incorporating Meteorological Variable Inputs into Ultra-Short-Term Photovoltaic Power Forecasting," *Sustainability*, vol. 16, no. 7, p. 2786, Mar. 2024, doi: 10.3390/su16072786.
- [21] Z. E. Mohamed, "Using the artificial neural networks for prediction and validating solar radiation," *J. Egypt. Math. Soc.*, vol. 27, no. 1, p. 47, Dec. 2019, doi: 10.1186/s42787-019-0043-8.
- [22] G. de Freitas Viscondi and S. N. Alves-Souza, "Solar Irradiance Prediction with Machine Learning Algorithms: A Brazilian Case Study on Photovoltaic Electricity Generation," *Energies*, vol. 14, no. 18, p. 5657, Sep. 2021, doi: 10.3390/en14185657.
- [23] M. Burhan Uddin Shahin, A. Sarkar, T. Sabrina, and S. Roy, "Forecasting Solar Irradiance Using Machine Learning," in *2020 2nd International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0 (STI)*, IEEE, Dec. 2020, pp. 1–6. doi: 10.1109/STI50764.2020.9350400.
- [24] Z. Pang, F. Niu, and Z. O'Neill, "Solar radiation prediction using recurrent

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- neural network and artificial neural network: A case study with comparisons,” *Renew. Energy*, vol. 156, pp. 279–289, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.renene.2020.04.042.
- [25] R. Zafar, B. H. Vu, M. Husein, and I.-Y. Chung, “Day-Ahead Solar Irradiance Forecasting Using Hybrid Recurrent Neural Network with Weather Classification for Power System Scheduling,” *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 15, p. 6738, Jul. 2021, doi: 10.3390/app11156738.
- [26] N. L. M. Jailani *et al.*, “Investigating the Power of LSTM-Based Models in Solar Energy Forecasting,” *Processes*, vol. 11, no. 5, p. 1382, May 2023, doi: 10.3390/pr11051382.
- [27] C. Pan, J. Tan, D. Feng, and Y. Li, “Very Short-Term Solar Generation Forecasting Based on LSTM with Temporal Attention Mechanism,” in *2019 IEEE 5th International Conference on Computer and Communications (ICCC)*, IEEE, Dec. 2019, pp. 267–271. doi: 10.1109/ICCC47050.2019.9064298.
- [28] M. Aslam, K. H. Seung, S. Jae Lee, J.-M. Lee, S. Hong, and E. H. Lee, “Long-term Solar Radiation Forecasting using a Deep Learning Approach-GRUs,” in *2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Power System Automation and Protection (APAP)*, IEEE, Oct. 2019, pp. 917–920. doi: 10.1109/APAP47170.2019.9224661.
- [29] T. Peng, C. Zhang, J. Zhou, and M. S. Nazir, “An integrated framework of Bi-directional long-short term memory (BiLSTM) based on sine cosine algorithm for hourly solar radiation forecasting,” *Energy*, vol. 221, p. 119887, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.119887.
- [30] B. Gao, X. Huang, J. Shi, Y. Tai, and J. Zhang, “Hourly forecasting of solar irradiance based on CEEMDAN and multi-strategy CNN-LSTM neural networks,” *Renew. Energy*, vol. 162, pp. 1665–1683, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.renene.2020.09.141.
- [31] M. A. Bou-Rabee, M. Y. Naz, I. E. Albalaa, and S. A. Sulaiman, “BiLSTM Network-Based Approach for Solar Irradiance Forecasting in Continental Climate Zones,” *Energies*, vol. 15, no. 6, p. 2226, Mar. 2022, doi: 10.3390/en15062226.
- [32] J. Pospíchal, M. Kubovčík, and I. Dirgová Luptáková, “Solar Irradiance Forecasting with Transformer Model,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 17, p. 8852, Sep. 2022, doi: 10.3390/app12178852.
- [33] V. Suresh, P. Janik, J. Rezmer, and Z. Leonowicz, “Forecasting Solar PV Output Using Convolutional Neural Networks with a Sliding Window Algorithm,” *Energies*, vol. 13, no. 3, p. 723, Feb. 2020, doi: 10.3390/en13030723.
- [34] N. Sutarna, C. Tjahyadi, P. Oktivasari, M. Dwiyanti, and Tohazen, “Machine Learning Algorithm and Modeling in Solar Irradiance Forecasting,” in *2023 6th International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE)*, IEEE, Sep. 2023, pp. 221–225. doi: 10.1109/IC2IE60547.2023.10330942.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [35] N. Sutarna, C. Tjahyadi, P. Oktivasari, M. Dwiyanti, and T. Tohazen, "Hyperparameter Tuning Impact on Deep Learning Bi-LSTM for Photovoltaic Power Forecasting," *J. Robot. Control (JRC); Vol 5, No 3 (2024)DO - 10.18196/jrc.v5i3.21120*, Mar. 2024, [Online]. Available: <https://journal.umy.ac.id/index.php/jrc/article/view/21120>
- [36] M. H. Alomari, J. Adeeb, and O. Younis, "Solar Photovoltaic Power Forecasting in Jordan using Artificial Neural Networks," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 8, no. 1, p. 497, Feb. 2018, doi: 10.11591/ijece.v8i1.pp497-504.
- [37] M. Konstantinou, S. Peratikou, and A. G. Charalambides, "Solar Photovoltaic Forecasting of Power Output Using LSTM Networks," *Atmosphere (Basel)*, vol. 12, no. 1, p. 124, Jan. 2021, doi: 10.3390/atmos12010124.
- [38] C. Li, Y. Zhang, G. Zhao, and Y. Ren, "Hourly solar irradiance prediction using deep BiLSTM network," *Earth Sci. Informatics*, vol. 14, no. 1, pp. 299–309, Mar. 2021, doi: 10.1007/s12145-020-00511-3.
- [39] Y. Ledmaoui, A. El Fahli, A. Chehri, A. Elmaghraoui, M. El Aroussi, and R. Saadane, "Monitoring Solar Energy Production based on Internet of Things with Artificial Neural Networks Forecasting," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 225, pp. 88–97, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.09.095.
- [40] NASA, "Solar irradiance."
- [41] J. Boland, "Characterising Seasonality of Solar Radiation and Solar Farm Output," *Energies*, vol. 13, no. 2, p. 471, Jan. 2020, doi: 10.3390/en13020471.
- [42] S. Pashiardis, A. Pelengaris, and S. A. Kalogirou, "Geographical Distribution of Global Radiation and Sunshine Duration over the Island of Cyprus," *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 9, p. 5422, Apr. 2023, doi: 10.3390/app13095422.
- [43] U. C. Dumka, P. G. Kosmopoulos, S. S. Ningombam, and A. Masoom, "Impact of Aerosol and Cloud on the Solar Energy Potential over the Central Gangetic Himalayan Region," *Remote Sens.*, vol. 13, no. 16, p. 3248, Aug. 2021, doi: 10.3390/rs13163248.
- [44] M. A.N. Korevaar, "Measuring Solar Irradiance for Photovoltaics," in *Solar Radiation - Measurement, Modeling and Forecasting Techniques for Photovoltaic Solar Energy Applications*, IntechOpen, 2022. doi: 10.5772/intechopen.105580.
- [45] M. A. Rodríguez Licea, F. J. Pérez Pinal, and A. G. Soriano Sánchez, "An Overview on Electric-Stress Degradation Empirical Models for Electrochemical Devices in Smart Grids," *Energies*, vol. 14, no. 8, p. 2117, Apr. 2021, doi: 10.3390/en14082117.
- [46] S. C and M. Kumar M. V., "Performance Evaluation of 50 kW Solar PV Power Plant Installed in a Technical Institution," in *2021 International Conference on Communication, Control and Information Sciences*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- (*ICCISc*), IEEE, Jun. 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICCISc52257.2021.9484969.
- [47] T. Rahman *et al.*, “Investigation of Degradation of Solar Photovoltaics: A Review of Aging Factors, Impacts, and Future Directions toward Sustainable Energy Management,” *Energies*, vol. 16, no. 9, p. 3706, Apr. 2023, doi: 10.3390/en16093706.
- [48] M. Benganem *et al.*, “Evaluation of the Performance of Polycrystalline and Monocrystalline PV Technologies in a Hot and Arid Region: An Experimental Analysis,” *Sustainability*, vol. 15, no. 20, p. 14831, Oct. 2023, doi: 10.3390/su152014831.
- [49] “Poly Visero 50W.” [Online]. Available: <https://visero.co.id/product/poly-visero-50w/>
- [50] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, “Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, Sep. 2013, doi: 10.1016/j.future.2013.01.010.
- [51] “Three Layer Architecture IoT.” Accessed: Jul. 14, 2024. [Online]. Available: <https://kitrum.com/blog/three-layer-architecture-in-the-internet-of-things/>
- [52] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, “Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2015, doi: 10.1109/COMST.2015.2444095.
- [53] M. M. Taye, “Understanding of Machine Learning with Deep Learning: Architectures, Workflow, Applications and Future Directions,” *Computers*, vol. 12, no. 5, p. 91, Apr. 2023, doi: 10.3390/computers12050091.
- [54] “ANN.” Accessed: Jul. 14, 2024. [Online]. Available: https://miro.medium.com/v2/resize:fit:2902/format:webp/1*hkYITODpjJgo32DoCOWN5w.png
- [55] P. Ramachandran, B. Zoph, and Q. V. Le, “Searching for activation functions,” *6th Int. Conf. Learn. Represent. ICLR 2018 - Work. Track Proc.*, Oct. 2018, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1710.05941>
- [56] S.-H. Noh, “Analysis of Gradient Vanishing of RNNs and Performance Comparison,” *Information*, vol. 12, no. 11, p. 442, Oct. 2021, doi: 10.3390/info12110442.
- [57] J. Xie, B. Chen, X. Gu, F. Liang, and X. Xu, “Self-Attention-Based BiLSTM Model for Short Text Fine-Grained Sentiment Classification,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 180558–180570, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2957510.
- [58] G. Li, S. Xie, B. Wang, J. Xin, Y. Li, and S. Du, “Photovoltaic Power Forecasting with a Hybrid Deep Learning Approach,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 175871–175880, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3025860.
- [59] X. Glorot and Y. Bengio, “Understanding the difficulty of training deep

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- feedforward neural networks,” *Journal of Machine Learning Research*, vol. 9. PMLR, pp. 249–256, 2010. [Online]. Available: <http://proceedings.mlr.press/v9/glorot10a/glorot10a.pdf>
- [60] P. P. Ippolito, “Hyperparameter Tuning BT - Applied Data Science in Tourism: Interdisciplinary Approaches, Methodologies, and Applications,” R. Egger, Ed., Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 231–251. doi: 10.1007/978-3-030-88389-8_12.
 - [61] B. Veloso, J. Gama, B. Malheiro, and J. Vinagre, “Hyperparameter self-tuning for data streams,” *Inf. Fusion*, vol. 76, pp. 75–86, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.inffus.2021.04.011.
 - [62] R. Abdulkadrirov, P. Lyakhov, and N. Nagornov, “Survey of Optimization Algorithms in Modern Neural Networks,” *Mathematics*, vol. 11, no. 11, p. 2466, May 2023, doi: 10.3390/math11112466.
 - [63] G. G. Kim *et al.*, “Prediction Model for PV Performance with Correlation Analysis of Environmental Variables,” *IEEE J. Photovoltaics*, vol. 9, no. 3, pp. 832–841, May 2019, doi: 10.1109/JPHOTOV.2019.2898521.
 - [64] T. M. Al-Jaafreh and A. Al-Odienat, “The Solar Energy Forecasting by Pearson Correlation using Deep Learning Techniques,” *EARTH Sci. Hum. Constr.*, vol. 2, pp. 158–163, Aug. 2022, doi: 10.37394/232024.2022.2.19.
 - [65] F. R. Alharbi and D. Csala, “Wind speed and solar irradiance prediction using a bidirectional long short-term memory model based on neural networks,” *Energies*, vol. 14, no. 20, p. 6501, Oct. 2021, doi: 10.3390/en14206501.
 - [66] R. Gupta, A. K. Yadav, and S. K. Jha, “Global Horizontal Irradiance Estimation Using Bi-LSTM Algorithm,” 2024, pp. 133–144. doi: 10.1007/978-981-99-8135-9_12.
 - [67] J. Dong *et al.*, “Novel stochastic methods to predict short-term solar radiation and photovoltaic power,” *Renew. Energy*, vol. 145, pp. 333–346, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.05.073.
 - [68] L. Fara, A. Diaconu, D. Craciunescu, and S. Fara, “Forecasting of Energy Production for Photovoltaic Systems Based on ARIMA and ANN Advanced Models,” *Int. J. Photoenergy*, vol. 2021, pp. 1–19, Aug. 2021, doi: 10.1155/2021/6777488.



DAFTAR PUBLIKASI

1. Nana Sutarna, Christianto Tjahyadi, Prihatin Oktivasari, Murie Dwiyanti, and Tohazen, “*Machine Learning Algorithm and Modeling in Solar Irradiance Forecasting*,” in 2023 6th International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE), IEEE, Sep. 2023, pp. 221–225. doi: 10.1109/IC2IE60547.2023.10330942.
2. Nana Sutarna, Christianto Tjahyadi, Prihatin Oktivasari, Murie Dwiyanti, and Tohazen, “*Hyperparameter Tuning Impact on Deep Learning Bi-LSTM for Photovoltaic Power Forecasting*,” J. Robot. Control (JRC); Vol 5, No 3 (2024) DO - 10.18196/jrc.v5i3.21120, Mar. 2024, [Online]. Available: <https://journal.umy.ac.id/index.php/jrc/article/view/21120>.
3. Nana Sutarna, Christianto Tjahyadi, Prihatin Oktivasari, Murie Dwiyanti, and Tohazen, “*Feature Optimization for Short-Term Solar Power Forecasting using Bidirectional LSTM Networks*,” in 2024 7th International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE), September 2024, [Submitted, 27 Juli 2024].

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Akusisi Data

```
from umodbus.serial import Serial as ModbusRTUMaster
import time
import urequests
import dht
import machine
import network
from umqtt.robust import MQTTClient
import ubinascii
import json
import gc

gc.collect()

SSID = "NEXTSYSTEM"
pword = "Brg68SiangF2"
mqtt_server = 'broker.mqtt-dashboard.com'

client_id = ubinascii.hexlify(machine.unique_id())
topic_pub = b'Brg68SiangF2/mysensor'

time.sleep(3)

station = network.WLAN(network.STA_IF)
if station.isconnected():
    station.disconnect()
if not station.active():
    station.active(True)

networkCheck = 0
while True:
    availableNetworks = station.scan()
    if SSID in [net[0].decode() for net in availableNetworks]:
        station.connect(SSID, pword)
        break
    else:
        networkCheck = networkCheck + 1
        if networkCheck > 5:
            machine.reset()
            time.sleep(5)

timeout = 20
startTime = time.time()
while not station.isconnected() and time.time() - startTime < timeout:
    print(".", end="")
    time.sleep(1)

if station.isconnected():
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

print(station.ifconfig())
print("Connected to {}".format(SSID))
else:
    machine.reset()

client = MQTTClient(client_id, mqtt_server)
client.connect()
print("Connected to broker")

yellow = machine.Pin(5, machine.Pin.OUT)
yellow.value(0)
green = machine.Pin(4, machine.Pin.OUT)
green.value(0)
red = machine.Pin(18, machine.Pin.OUT)
timer = machine.Timer(0)
timer.init(period=500, mode=machine.Timer.PERIODIC, callback=lambda t:red.value(not red.value()))

T01 = 0
H01 = 0
T02 = 0
H02 = 0
PT01 = 0
PT02 = 0
IR01 = 0
WS01 = 0
V01 = 0
A01 = 0
P01 = 0

sampleTime = 30 * 1000 # 30 detik
sample30 = time.ticks_ms()
sample01 = time.ticks_ms()
nSampleTime = 0

dht15 = dht.DHT22(machine.Pin(15, machine.Pin.IN))
dht13 = dht.DHT22(machine.Pin(13, machine.Pin.IN))

while True:

    if time.ticks_ms() - sample01 >= 1000:
        nSampleTime += 1
        host = ModbusRTUMaster(pins=(17, 16), stop_bits=1, baudrate=4800)
        time.sleep(0.1)
        # Anemometer
        slaveID_WS = 0x01
        regAddr_WS = 0x01
        regUnit_WS = 2
        try:
            status =
            host.read_holding_registers(slaveID_WS, regAddr_WS, regUnit_WS)
            WS01 += status[0]/10.0
            print("1. Wind Speed: {} m/sec".format(WS01/nSampleTime))
        except:
            print("** Reading failed Anemometer
            0x{:02X}".format(slaveID_WS))

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

pass

try:
    dht13.measure()
    T01 += dht13.temperature()
    H01 += dht13.humidity()
    print("2. DHT22/P13 T {C}, H {H}%.format(T01/nSampleTime,
H01/nSampleTime))
except:
    print("** Reading failed DHT22/P13")
    pass

try:
    dht15.measure()
    T02 += dht15.temperature()
    H02 += dht15.humidity()
    print("3. DHT22/P25 T {C}, H {H}%.format(T02/nSampleTime,
H02/nSampleTime))
except:
    print("** Reading failed DHT22/P14")
    pass

sample01 = time.time()

if time.time() - sample30 >= sampleTime:
    # Pyranometer
    host = ModbusRTUMaster(pins=(17, 16), stop_bits=1, baudrate=4800)
    time.sleep(0.1)
    slaveID_IR01 = 0x02
    try:
        status = host.read_holding_registers(slaveID_IR01, 0x00,
0x01)
        IR01 = status[0]
        print("\n1. Pyranometer 0x{:02X} : {}
W/m^2".format(slaveID_IR01, IR01))
    except:
        print("** Reading failed Pyranometer
0x{:02X}".format(slaveID_IR01))
        pass

# pzem daya pv
host = ModbusRTUMaster(pins=(17, 16), stop_bits=2, baudrate=9600)
time.sleep(0.1)
slaveID_PZEM = 0x07
try:
    status = host.read_input_registers(slaveID_PZEM, 0x0000,
0x08)
    V01 = status[0] * 0.01
    A01 = status[1] * 0.01
    P01 = (status[3] * 256 + status[2]) * 0.1
    E01 = status[5] * 256 + status[4]
    print(f"2. Voltage: {V01}V, Current: {A01}A, Power: {P01}W,
Energy: {E01}Wh")
except:
    print("** Reading failed PZEM 0x{:02X}".format(slaveID_PZEM))
    pass

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

host = ModbusRTUMaster(pins=(17, 16), stop_bits=1, baudrate=9600)
time.sleep(0.1)
slaveID_PT100_Selatan = 0x13
try:
    status = host.read_holding_registers(slaveID_PT100_Selatan,
0x00, 0x07)
    PT01 = status[0] * 0.1
    print("3. PT100 0x{:02X} : {}".format(slaveID_PT100_Selatan, PT01))
except:
    print("** Reading failed PT100
0x{:02X}".format(slaveID_PT100_Selatan))
    pass

slaveID_PT100_Utara = 0x17
try:
    status = host.read_holding_registers(slaveID_PT100_Utara,
0x00, 0x07)
    PT02 = status[0] * 0.1
    print("4. PT100 0x{:02X} : {}".format(slaveID_PT100_Utara,
PT02))
except:
    print("** Reading failed PT100
0x{:02X}".format(slaveID_PT100_Utara))
    pass

try:
    T01 = T01 / nSampleTime
    H01 = H01 / nSampleTime
    T02 = T02 / nSampleTime
    H02 = H02 / nSampleTime
    mdata =
{"T01":T01, "H01":H01, "T02":T02, "H02":H02, "PT01":PT01, "PT02":PT02, "IR01":I
R01, "V01":V01, "A01":A01, "P01":P01, "WS01":WS01}
    print("Publishing ...")
    print(mdata)
    print()
    client.publish(topic_pub, json.dumps(mdata))
except:
    print("Failed connect to server")

sample30 = time.ticks_ms()
nSampleTime = 0
T01 = 0
H01 = 0
T02 = 0
H02 = 0
PT01 = 0
PT02 = 0
IR01 = 0
WS01 = 0
V01 = 0
A01 = 0
P01 = 0

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2. Server dan Cloud Database

```

import paho.mqtt.client as mqtt
import time
import json
from datetime import datetime
import sqlite3 as sql
import os
import csv
from sqlite3 import Error

if not os.path.exists("mydb01.db"):
    conn=sql.connect("mydb01.db")
    conn.execute("CREATE TABLE IF NOT EXISTS logger(Id INTEGER PRIMARY KEY
    AUTOINCREMENT NOT NULL, T01 DECIMAL(10,2), T02 DECIMAL(10,2), H01
    DECIMAL(10,2), H02 DECIMAL(10,2), PT01 DECIMAL(10,2), PT02 DECIMAL(10,2),
    V01 DECIMAL(10,2), A01 DECIMAL(10,2), P01 DECIMAL(10,2), WS01
    DECIMAL(10,2), IR01 DECIMAL(10,2), DLOG DATE, TLOG TIME);")
    conn.commit()

def on_connect(client, data, flags, rc):
    client.subscribe("Brg68SiangF2/mysensor")

def on_message(client, data, msg):
    current_dateTime = datetime.now()
    print("{} - {}".format(current_dateTime.strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S'),
    msg.payload.decode()))
    content = json.loads(msg.payload.decode())
    T01 = content["T01"]
    H01 = content["H01"]
    T02 = content["T02"]
    H02 = content["H02"]
    PT01 = content["PT01"]
    PT02 = content["PT02"]
    IR01 = content["IR01"]
    WS01 = content["WS01"]
    V01 = content["V01"]
    A01 = content["A01"]
    P01 = content["P01"]
    try:
        conn = sql.connect("mydb01.db")
        cursor = conn.cursor()
        cursor.execute("INSERT INTO logger (T01, H01, T02, H02, PT01,
        PT02, IR01, WS01, V01, A01, P01, DLOG, TLOG) VALUES (?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?,
        ?, ?, ?, ?, date('now','localtime'), time('now','localtime') )", (T01,
        H01, T02, H02, PT01, PT02, IR01, WS01, V01, A01, P01 ))
        conn.commit()
    except Error as e:
        print(e)
    finally:
        cursor.close()
        conn.close()

client = mqtt.Client("Brg68SiangF2_40112")
client.on_connect = on_connect
client.on_message = on_message

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

```
client.connect("broker.mqtt-dashboard.com")
print("Connected")
client.loop_start()
while True:
    time.sleep(10)
```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3. Uji Korelasi dan Statistik Deskriptif

```
import pandas as pd
import numpy as np
from scipy import stats

df = pd.read_csv('smoothed.csv')

# Statistik Deskriptif
df.describe()

# Menghitung korelasi Pearson dan nilai p-value
corr_matrix = np.zeros((len(df.columns), len(df.columns)))
p_values = np.zeros((len(df.columns), len(df.columns)))

for i, var1 in enumerate(df.columns):
    for j, var2 in enumerate(df.columns):
        if i != j:
            corr_coefficient, p_value = stats.pearsonr(df[var1], df[var2])
            corr_matrix[i, j] = corr_coefficient
            p_values[i, j] = p_value

# Hasil korelasi Pearson dan nilai p-value
corr_df = pd.DataFrame(corr_matrix, columns=df.columns, index=df.columns)
p_value_df = pd.DataFrame(p_values, columns=df.columns, index=df.columns)

print("Korelasi Pearson:")
print(corr_df)
print("\nNilai p:")
print(p_value_df)

# Menghitung korelasi Spearman dan nilai p-value
spearman_corr, p_value = spearmanr(df)
print("Korelasi Spearman:")
print(spearman_corr)
print("\nNilai p:")
print(p_value)
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4. Pelatihan Model dan Mencari Model Terbaik

```

from matplotlib import pyplot
import pandas as pd
import matplotlib
from sklearn.metrics import r2_score, mean_absolute_error,
mean_squared_error, root_mean_squared_error
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense, LSTM, Bidirectional, Input
from keras.callbacks import EarlyStopping, History
from keras.optimizers import Adam, RMSprop
from keras.utils import plot_model, set_random_seed
import numpy as np
import joblib
import sklearn
from datetime import datetime
import time

# convert series to supervised learning
def series_to_supervised(data, n_in=1, n_out=1, dropnan=True):
    n_vars = 1 if type(data) is list else data.shape[1]
    df = pd.DataFrame(data)
    cols, names = list(), list()
    # input sequence (t-n, ... t-1)
    for i in range(n_in, 0, -1):
        cols.append(df.shift(i))
        names += [('var%d(t-%d)' % (j+1, i)) for j in range(n_vars)]
    # forecast sequence (t, t+1, ... t+n)
    for i in range(0, n_out):
        cols.append(df.shift(-i))
        if i == 0:
            names += [('var%d(t)' % (j+1)) for j in range(n_vars)]
        else:
            names += [('var%d(t+%d)' % (j+1, i)) for j in range(n_vars)]
    # put it all together
    agg = pd.concat(cols, axis=1)
    agg.columns = names
    # drop rows with NaN values
    if dropnan:
        agg.dropna(inplace=True)
    return agg

# Reproducibility
set_random_seed(42)

def prepare_data():
    df = pd.read_csv('dataset.csv')
    df['TIMESTAMP'] = pd.to_datetime(df['TIMESTAMP'])
    df.set_index('TIMESTAMP', inplace=True)

    # Resampling 30 detik
    resampled = df.resample('30S').mean()
    resampled.fillna(method='ffill', inplace=True)

    # Menggunakan teknik moving average dengan jendela lebar 10

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

window = 10
data_smooth_ir = resampled['IR01'].rolling(window).mean().round()
data_smooth_temp = resampled['TEMP'].rolling(window).mean().round(1)
data_smooth_humid = resampled['HUMID'].rolling(window).mean().round(1)
data_smooth_surface =
resampled['SURFACE'].rolling(window).mean().round(1)
data_smooth_power = resampled['POWER'].rolling(window).mean().round(1)
data_smooth_ws = resampled['WS01'].rolling(window).mean().round(1)

smoothed_data = pd.DataFrame({'TIMESTAMP': resampled.index, 'POWER':
data_smooth_power, 'IR01': data_smooth_ir, 'TEMP': data_smooth_temp,
'HUMID': data_smooth_humid, 'SURFACE': data_smooth_surface, 'WS01':
data_smooth_ws })
smoothed_data = smoothed_data.drop(smoothed_data.index[:9])
smoothed_data = smoothed_data.reset_index(drop=True)
dataset =
smoothed_data[['POWER', 'IR01', 'TEMP', 'HUMID', 'SURFACE', 'WS01']]
values = dataset.values.astype('float32')

# Normalisasi : min-max scaling
scaler = MinMaxScaler(feature_range=(0, 1))
scaled = scaler.fit_transform(values)
joblib.dump(scaler, 'scaler.pkl')

# Membentuk supervised sequence
n_lag = 0
n_seq = 2
n_features = 6
reframed = series_to_supervised(scaled, n_lag, n_seq)
reframed.drop(reframed.columns[[-1,-2,-3,-4,-5]], axis=1, inplace=True)
values = reframed.values
ntotal = len(values)

# Membagi dataset menjadi data latih dan data uji
n_train_hours = int(0.8 * ntotal)
n_valid_hours = int(ntotal)
train = values[:n_train_hours, :]
valid = values[n_train_hours:n_valid_hours, :]
train_X, train_y = train[:, :-1], train[:, -1:]
valid_X, valid_y = valid[:, :-1], valid[:, -1:]

# Reshape input menjadi 3D [samples, timesteps, features]
train_X = train_X.reshape((train_X.shape[0], 1, train_X.shape[1]))
valid_X = valid_X.reshape((valid_X.shape[0], 1, valid_X.shape[1]))

def create_model(activation='tanh', optimizer='adam', learning_rate=1e-
3):
    global train_X
    timesteps = train_X.shape[1]
    features = train_X.shape[2]
    model = Sequential()
    model.add(Input(shape=(timesteps, features)))
    model.add(Bidirectional(LSTM(50, activation=activation),
name='Bidirectional'))
    model.add(Dense(1, name='Output'))
    if optimizer == 'adam':

```


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    opt = Adam(learning_rate=learning_rate)
    elif optimizer == 'rmsprop':
        opt = RMSprop(learning_rate=learning_rate)
    model.compile(loss='mae', optimizer=opt)
    return model

maeBest = 1.0
rmseBest = 1.0
r2Best = 0.0
early_stopping = EarlyStopping(monitor='val_loss', mode='min',
                                patience=5, verbose=1, restore_best_weights=True)

# design network
activations = ['tanh','relu','swish']
optimizers = ['adam','rmsprop']
learningrates = [1e-3, 1e-4, 1e-5]
for activation in activations:
    for optimizer in optimizers:
        for learningrate in learningrates:
            print(f"Activation: {activation}, Optimizer: {optimizer},
                LearningRate: {learningrate}")
            model = create_model(activation, optimizer, learningrate)
            prepare_data()
            history = model.fit(train_X, train_y, epochs=1000, batch_size=256,
                                validation_data = (valid_X, valid_y), verbose=1, shuffle=False,
                                callbacks=[early_stopping])
            fname = f"{activation}_{optimizer}_{learningrate}.jpg"
            loss_train = history.history['loss']
            loss_val = history.history['val_loss']
            # plot history
            pyplot.plot(history.history['loss'], label='Training Loss')
            pyplot.plot(history.history['val_loss'], label='Validation Loss')
            pyplot.ylabel('Loss')
            pyplot.xlabel('Epoch')
            pyplot.legend(loc='upper right')
            pyplot.grid(linestyle = "dashed")
            pyplot.savefig(fname, dpi=300, bbox_inches='tight')
            pyplot.close()
            yhat = model.predict(valid_X)
            r2 = r2_score(valid_y, yhat)
            mae = mean_absolute_error(valid_y, yhat)
            rmse = root_mean_squared_error(valid_y, yhat)
            fname = f"{activation}_{optimizer}_{learningrate}.txt"
            with open(fname, "w") as text_file:
                text_file.write(f"MAE: {mae}\n")
                text_file.write(f"RMSE: {rmse}\n")
                text_file.write(f"R-squared: {r2}\n")
            if mae < maeBest and rmse < rmseBest and r2 > r2Best:
                with open("bestmodel.txt", "w") as text_file:
                    text_file.write(f"MAE: {mae}\n")
                    text_file.write(f"RMSE: {rmse}\n")
                    text_file.write(f"R-squared: {r2}\n")
                model.save("bestmodel.keras")

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5. Monitoring dan Prediksi Real-Time

```

# -----
# Importing the modules
# -----
from tensorflow.keras.models import load_model
import dash
from dash import html, dcc, Input, Output
import dash_bootstrap_components as dbc
import paho.mqtt.client as mqtt
import json
from datetime import datetime
import joblib
import numpy as np
import pandas as pd

# Load the saved model from the file
model = load_model('forecast.keras')
scaler = joblib.load('scaler.pkl')

actual = dict()
actual['POWER'] = 0.00
actual['IR01'] = 0.00
actual['TEMP'] = 0.00
actual['HUMID'] = 0.00
actual['SURFACE'] = 0.00
actual['WS01'] = 0.00
forecast = 0.00
oforecast = 0.00

# -----
# MQTT Subscribe
# -----
mqttc = mqtt.Client()
mqttc.connect("localhost", 1883, 60)

def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    print("Connected with result code "+str(rc))
    mqttc.subscribe("Brg68SiangF2/mysensor")

def on_message(client, userdata, msg):
    global actual
    actual = json.loads(msg.payload.decode())
    print("[Received %s]" % (actual['TIMESTAMP']))
    print(actual['POWER'],actual['IR01'], actual['TEMP'],
          actual['HUMID'], actual['SURFACE'], actual['WS01'])

mqttc.on_connect = on_connect
mqttc.on_message = on_message

mqttc.loop_start()

# -----
# Defining Dash app
# -----

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

app = dash.Dash(external_stylesheets=[dbc.themes.FLATLY])

# -----
# Temperature card
# -----
card_actual = dbc.Card(html.H5(id="actual"))

# -----
# Application layout
# -----
app.layout = dbc.Container(
    [
        dcc.Interval(id='update', n_intervals=0, interval=1000*5),
        html.Hr(),
        html.H3("Real-Time Monitoring and Prediction"),
        html.H5("Geolocation: -6.9187523,107.6146037"),
        html.Hr(),
        dbc.Row(dbc.Col(card_actual, lg=8))
    ]
)

# -----
# Callback for updating actual data
# -----
@app.callback(
    Output('actual', 'children'),
    Input('update', 'n_intervals')
)

def update_actual(timer):
    global actual, oforecast

    dummy = np.array([actual['POWER'], actual['IR01'], actual['TEMP'],
                      actual['HUMID'], actual['SURFACE'],
                      actual['WS01']], dtype=np.float32)
    scaled = scaler.transform(dummy.reshape(1, -1))
    valid_X = scaled.reshape((scaled.shape[0], 1, scaled.shape[1]))
    yhat = model.predict(valid_X, verbose=0)
    valid_X = valid_X.reshape((valid_X.shape[0], valid_X.shape[2]))
    inv_yhat = np.concatenate((yhat, valid_X[:, 1:]), axis=1)
    predicted = inv_yhat.copy()
    inv_yhat = scaler.inverse_transform(inv_yhat)
    forecast = inv_yhat[:,0]

    irradiance = int(actual['IR01'])
    pvpower = float(actual['POWER'])
    temperature = float(actual['TEMP'])
    humidity = float(actual['HUMID'])
    surface = float(actual['SURFACE'])
    windspeed = float(actual['WS01'])

    mforecast = forecast[0]
    date_time =
        datetime.fromisoformat(actual['TIMESTAMP']).strftime("%m/%d/%Y,
            %H:%M:%S")
    err = abs(pvpower-oforecast)

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
# Construct the content for display
content = html.Div([
    html.P(f"{date_time} - Christianto Tjahyadi 2209511006"),
    html.Hr(),
    html.P(f"Solar Irradiance      : {irradiance} W/m^2"),
    html.P(f"Ambient Temperature : {temperature:.2f} °C"),
    html.P(f"Relative Humidity   : {humidity:.2f} %"),
    html.P(f"Surface Temperature : {surface:.2f} °C"),
    html.P(f"Wind Speed          : {windspeed:.2f} m/s"),
    html.P(f"PV Power Output (t) : {pvpower:.2f} W"),
    html.Hr(),
    html.P(f"PV Power Output Prediction (t-1) : {oforecast:.2f} W"),
    html.P(f"PV Power Output Prediction Error : {err:.2f} W"),
    html.P(f"PV Power Output Prediction (t+1) : {mforecast:.2f} W")
])
oforecast = mforecast
return content

# -----
# Main function
# -----
if __name__ == "__main__":
    app.run_server(debug=True)
```