

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

**PERAMALAN INTENSITAS RADIASI MATAHARI KOTA
PEKANBARU MENGGUNAKAN JARINGAN
SYARAF TIRUAN PROPAGASI BALIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



UIN SUSKA RIAU

oleh:

FIQRI NUR HIDAYAT

11950511608

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2026

Hak Cipta diinanggrahi Unanggrahi

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

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERAMALAN INTENSITAS RADIASI MATAHARI KOTA
PEKANBARU MENGGUNAKAN JARINGAN
SYARAF TIRUAN PROPAGASI BALIK**

TUGAS AKHIR

oleh:

FIQRI NUR HIDAYAT
11950511608

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Prodi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Januari 2026

Ketua Prodi Teknik Elektro



Dr. Liliana, S.T., M.Eng.
NIP. 19781012 200312 2 004

Pembimbing



Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc.
NIP. 19850619 202321 2 023

Hak Cipta diinanggrahi Unanggrahi

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

LEMBAR PENGESAHAN

**PERAMALAN INTENSITAS RADIASI MATAHARI KOTA
PEKANBARU MENGGUNAKAN JARINGAN
SYARAF TIRUAN PROPAGASI BALIK**

TUGAS AKHIR

oleh:

FIQRI NUR HIDAYAT
11950511608

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Januari 2026

Pekanbaru, 13 Januari 2026
Mengesahkan,


Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Dr. Yuslenita Muda, S.Si., M.Sc.
NIP. 19770103 200710 2 001

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Liliana, S.T., M.Eng.
NIP. 19781012 200312 2 004

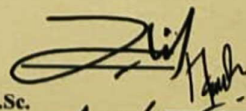
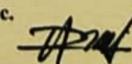
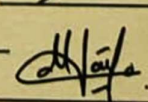
DEWAN PENGUJI :

Ketua : Aulia Ullah, S.T., M.Eng.

Sekretaris : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc.

Anggota I : Dr. Kunaifi, S.T., PgDipEnSt., M.Sc.

Anggota II : Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc.

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta dan/atau Hak Lainnya

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

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Fiqri Nur Hidayat
NIM : 11950511608
Tempat/Tgl. Lahir : Rokan Hulu/24 Januari 2001
Fakultas : Sains dan Teknologi
Prodi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : PERAMALAN INTENSITAS RADIASI MATAHARI KOTA PEKANBARU MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN PROPAGASI BALIK.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulisan Skripsi dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya ilmiah saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu Skripsi saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apa bila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Skripsi saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikianlah Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 19 Januari 2026
Yang membuat pernyataan



Fiqri Nur Hidayat
11950511608

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

PERAMALAN INTENSITAS RADIASI MATAHARI KOTA PEKANBARU MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN PROPAGASI BALIK

FIQRI NUR HIDAYAT

11950511608

Tanggal Sidang : 13 Januari 2026

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. HR. Soebrantas No.155 Panam, Pekanbaru

ABSTRAK

Kota Pekanbaru memiliki potensi radiasi matahari yang tinggi sebagai wilayah tropis untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), apabila didukung oleh data radiasi matahari yang akurat. Pengembangan PLTS tidak hanya memerlukan data historis, tetapi juga peramalan radiasi matahari di masa mendatang untuk mendukung optimalisasi sistem PLTS serta perhitungan kelayakan finansial. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model peramalan intensitas radiasi matahari untuk periode enam tahun ke depan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan algoritma *backpropagation*, melalui pengombinasian jumlah *neuron* pada *hidden layer* dan nilai *learning rate* guna memperoleh performa pelatihan terbaik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model dengan arsitektur 5–20–1 dan *learning rate* 0,01 memberikan kinerja optimal, dengan nilai MSE sebesar 0,013076, MAPE 1,97%, dan R^2 0,898 pada tahap pelatihan, serta MSE 0,0307, MAPE 2,71%, dan R^2 0,7657 pada tahap pengujian. Hasil peramalan periode 2025–2030 menunjukkan intensitas radiasi matahari berada pada kisaran 4,2–5,2 kWh/m²/hari dengan rata-rata tahunan sebesar 4,7 kWh/m²/hari, yang mengikuti pola musiman secara konsisten. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menyediakan metode dan informasi peramalan yang mendukung perencanaan serta pengembangan PLTS di Kota Pekanbaru.

Kata kunci: Radiasi Matahari, Peramalan, Jaringan Syaraf Tiruan, Backpropagation, Energi Surya, Pekanbaru.

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

FORECASTING SOLAR RADIATION INTENSITY IN PEKANBARU CITY USING BACKPROPAGATION ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

FIQRI NUR HIDAYAT

11950511608

Session Date: 13 January 2026

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University, Riau

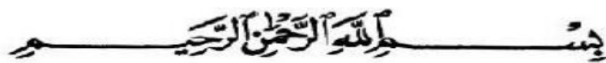
Jl. HR. Soebrantas No.155 Panam, Pekanbaru

ABSTRACT

Pekanbaru City, as a tropical region, has high solar radiation potential for the development of photovoltaic (PV) power plants, provided that accurate solar radiation data are available. The development of PV power plants requires not only historical data but also future solar radiation forecasting to support system optimization and financial feasibility analysis. This study aims to develop a solar radiation intensity forecasting model for a six-year period using an Artificial Neural Network (ANN) with the backpropagation algorithm by combining the number of neurons in the hidden layer and the learning rate to obtain the best training performance. The results indicate that the model with a 5–20–1 architecture and a learning rate of 0.01 achieves optimal performance, with a training Mean Squared Error (MSE) of 0.013076, Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 1.97%, and R^2 of 0.898, as well as a testing MSE of 0.0307, MAPE of 2.71%, and R^2 of 0.7657. Forecasting results for the 2025–2030 period show that solar radiation intensity ranges from 4.2 to 5.2 kWh/m²/day, with an annual average of 4.7 kWh/m²/day, following a consistent seasonal pattern. The results of this study provide forecasting methods and data to support the planning and development of PV power plants in Pekanbaru City.

Keywords: *Solar Radiation, Forecasting, Artificial Neural Network, Backpropagation, Solar Energy, Pekanbaru.*

KATA PENGANTAR



Assalammu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin penulis ucapkan sebagai rasa syukur kepada Allah SWT atas segala karunia, rahmat dan ilmu-Nya yang tak terhingga, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sholawat serta salam terucap buat junjungan alam Nabi besar Muhammad SAW *Allahumma Sholli'ala Sayyidina Muhammad Wa'ala Ali Sayyidina Muhammad*, karena jasa beliau yang telah membawa manusia merasakan nikmatnya Islam seperti sekarang ini. Laporan tugas akhir ini berjudul **“Peramalan Intensitas Radiasi Matahari Kota Pekanbaru Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik”**. Dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, Banyak sekali yang telah penulis peroleh berupa ilmu pengetahuan dan pengalaman selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Elektro. Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukannya. Penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang setulusnya kepada pihakpihak yang terkait berikut:

1. Allah SWT, dengan rahmat-Nya dan hidayah-Nya, telah memberikan segala yang terbaik dan petunjuk sehingga penyusunan laporan ini dapat berjalan dengan lancar.
2. Teristimewa Kedua Orang tua penulis, adik-adik dan keluarga besar yang telah mendo'akan dan memberikan dukungan, serta motivasi agar penulis dapat tawakal dan sabar sehingga sukses memperoleh kelancaran dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Ibu Prof. Dr. Hj. Leny Nofianti, MS., SE., M.SI., Ak selaku Rektor Uin Suska Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya..
4. Ibu Dr. Yuslenita Muda S.Si., M.Sc selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Uin Suska Riau beserta kepada seluruh Staf dan jajarannya.
5. Ibu Dr. Liliana, ST., M.Eng selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Uin Suska Riau.
6. Bapak Ahmad Faizal, ST., M.T selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Kasim Riau yang selalu membantu memberikan inspirasi dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.

7 Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc. M.Sc selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing, membantu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran memberikan arahan maupun kritikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) di Program Studi Teknik Elektro.

8 Bapak Dr. Alex Wenda, ST., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing Akademik selama perkuliahan penulis dari awal semester hingga akhir semester.

9 Kepada dosen penguji, Bapak Dr. H. Kunaifi, ST., PgDipEnSt., M.Sc dan Ibu Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc yang telah menguji penulis dari Seminar Proposal hingga Sidang Tugas Akhir, agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini menjadi suatu karya ilmiah yang bernilai serta bermanfaat.

10. Sahabat – sahabat terbaik senasib dan seperjuangan seluruh Teknik Elektro dan semua pihak yang telah memberikan dukungan dan motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, terimakasih atas bantuannya semoga ilmu yang diberikan kepada penulis dapat bermanfaat.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan serta kesalahan, untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis menerima segala saran serta kritik yang bersifat membangun, agar lebih baik dimasa yang akan datang. Harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri khususnya, serta memberikan manfaat yang luar biasa bagi pembaca dimasa mendatang. Amin.

Wassalamu'alaikum warahmatullaahi wabarakatuh.

Pekanbaru, 13 Januari 2026

Penulis,

UIN SUSKA RIAU

FIQRI NUR HIDAYAT

NIM .11950511608

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR ATAS KELAYAKAN INTELEKTUAL	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR RUMUS	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-4
1.3. Tujuan Penelitian	I-4
1.4. Batasan Masalah	I-4
1.5. Manfaat Penelitian	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Penelitian Terkait	II-1
2.2 Radiasi Matahari	II-3
2.2.1 Jenis-jenis Radiasi Matahari	II-3
2.2.2 Pentingnya Data Radiasi Matahari	II-4
2.3 Tantangan Pengukuran dan Prediksi Radiasi Matahari di Indonesia	II-5
2.4 Peramalan Radiasi Matahari Berbasis Multivariat	II-6
2.5 Jaringan Syarat Tiruan	II-7
2.5.1. Karakteristik Jaringan Syaraf Tiruan	II-8
2.5.2. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan	II-9
2.6 <i>Backpropagation</i>	II-10
2.6.1 Parameter pelatihan JST	II-11
2.6.2 Fungsi Aktivasi	II-12

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

2.6.3	Proses Pelatihan Algoritma Pembelajaran	II-13
2.7	<i>Preprocessing Data</i>	II-16
2.7.1	Transformasi Data.....	II-17
2.8	Evaluasi Model Prediksi	II-18
2.8.1	<i>Mean Squared Error (MSE)</i>	II-18
2.8.2	<i>Mean Absolute Percentage Error (MAPE)</i>	II-19
BAB III METODE PENELITIAN.....		III-1
3.1	Jenis Penelitian	III-1
3.2	Lokasi Penelitian.....	III-1
3.3	Tahapan Penelitian.....	III-1
3.4	Identifikasi Masalah.....	III-3
3.5	Studi Literatur	III-4
3.6	Pengumpulan Data.....	III-4
3.7	<i>Preprocessing Data</i>	III-4
3.8	Pelatihan Model Arsitektur JST Backpropagation	III-5
3.8.1	<i>Input Data Latih</i>	III-8
3.8.2	Proses Pelatihan JST <i>Backpropagation</i>	III-8
3.9	Evaluasi Kinerja JST <i>Backpropagation</i>	III-8
3.10	Peramalan Menggunakan JST <i>Backpropagation</i>	III-9
BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....		IV-1
4.1	Hasil Pelatihan Model JST Backpropagation	IV-1
4.1.1	Pengaruh <i>Learning Rate</i> pada Pelatihan JST	IV-3
4.1.2	Pengaruh Jumlah <i>Neuron Hidden Layer</i> pada Pelatihan JST	IV-4
4.2	Hasil Pengujian Model JST Terbaik.....	IV-5
4.3	Hasil Peramalan Intensitas Radiasi Matahari Bulanan Di Kota Pekanbaru	IV-7
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		V-1
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1. Arsitektur JST Backpropagation 3 Lapisan.....	II-10
Gambar 2.2. Grafik Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner.....	II-13
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> metodologi penelitian.....	III-2
Gambar 3.2. Perancangan arsitektur backpropagation pada MATLAB.....	III-6
Gambar 3.3. Menentukan arsitektur dan parameter JST	III-7
Gambar 3.4. <i>Flowchart</i> Algoritma Backpropagation.....	III-7
Gambar 3.5. Input data pada software Matlab.....	III-8
Gambar 3.6. Proses Pelatihan JST pada Matlab.....	III-8
Gambar 4.1 Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi pada Data Uji	IV-6
Gambar 4.2 Grafik Time Series Data Historis dan Hasil Peramalan	IV-8

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1. Nilai MAPE	II-19
Tabel 3.1. Struktur data Pelatihan	III-5
Tabel 3.2. Struktur data pengujian.....	III-5
Tabel 4.1 Hasil Pelatihan JST untuk Seluruh Skenario.....	IV-2
Tabel 4.2. Hasil Pelatihan berdasarkan variasi <i>Learning Rate</i>	IV-3
Tabel 4.3. Hasil Pelatihan berdasarkan variasi jumlah <i>neuron hidden layer</i>	IV-4
Tabel 4.4 Hasil Peramalan Intensitas Radiasi Matahari	IV-7

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR RUMUS

Rumus	Halaman
2.1. Fungsi aktivasi Sigmoid Biner	II-12
2.2. Menghitung total input untuk neuron j di hidden layer	II-14
2.3. Fungsi aktivasi yang digunakan untuk neuron di hidden layer	II-14
2.4. Menghitung total input untuk neuron k di output layer.....	II-14
2.5. Fungsi aktivasi untuk output layer.....	II-14
2.6. Menghitung faktor kesalahan pada output layer	II-15
2.7. Perhitungan perubahan bobot di output layer.....	II-15
2.8. Menghitung total kesalahan di hidden layer.....	II-15
2.9. Menghitung faktor kesalahan pada neuron j di hidden layer	II-15
2.10. Perhitungan perubahan bobot di hidden layer	II-16
2.11. Update bobot neuron hidden j ke neuron output k	II-16
2.12. Update bobot neuron input i ke neuron hidden j	II-16
2.13. Rumus normalisasi min-max	II-17
2.14. Rumus denormalisasi min-max	II-18
2.15. Mean Squared Error (MSE).....	II-18
2.16. Mean Absolute Percentage Error (MAPE).....	II-19

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

DAFTAR LAMPIRAN

A	Data Sekunder	A-1
B	List Kode Program Matlab	B-1



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan aktivitas sosial serta ekonomi. Peningkatan konsumsi energi ini menuntut ketersediaan sumber energi yang andal dan berkelanjutan. Namun, ketergantungan yang tinggi terhadap pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil masih menjadi tantangan utama karena berdampak pada peningkatan emisi gas rumah kaca dan berkurangnya ketersediaan sumber daya energi di masa depan. Oleh karena itu, pengembangan energi terbarukan menjadi kebutuhan mendesak dalam rangka mendukung pembangunan berkelanjutan dan mitigasi perubahan iklim [1].

Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar adalah energi matahari. Energi matahari bersifat bersih, berkelanjutan, dan tersedia melimpah, khususnya di wilayah tropis. Pemanfaatan energi matahari melalui teknologi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sangat bergantung pada ketersediaan informasi radiasi matahari yang akurat. Radiasi matahari merupakan faktor utama yang menentukan kinerja dan efisiensi sistem PLTS, sehingga informasi mengenai karakteristik dan potensi radiasi matahari menjadi aspek penting dalam perencanaan dan pengembangan energi matahari [2].

Secara geografis, Indonesia berada di wilayah khatulistiwa yang membuat intensitas radiasi matahari relatif tinggi dan stabil sepanjang tahun, dengan rata-rata harian yang banyak dilaporkan berada di kisaran sekitar 4,5–5 kWh/m²/hari sehingga dinilai sangat potensial untuk pengembangan energi matahari. Berbagai studi menunjukkan bahwa sebagian besar provinsi di Indonesia, termasuk wilayah Sumatra, memiliki tingkat penyinaran yang memadai untuk pengembangan PLTS apabila didukung oleh data radiasi matahari yang representatif dan andal untuk perencanaan teknis maupun analisis kelayakan [3].

Di Kota Pekanbaru, pengukuran radiasi matahari dilakukan oleh Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim II yang dikelola oleh BMKG. Akan tetapi, pengamatan radiasi matahari di stasiun tersebut saat ini tidak lagi berjalan secara optimal akibat kendala teknis pada instrumen pengukuran. Kondisi ini menyebabkan keterbatasan data observasi radiasi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

matahari yang berkesinambungan, sehingga menyulitkan proses perencanaan pengembangan energi matahari [4].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan alternatif yang mampu menyediakan informasi radiasi matahari historis secara efisien dan andal. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah pemanfaatan data sekunder berskala global, seperti data historis dari *NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER)*, yang telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian terkait energi matahari. Data ini memiliki konsistensi jangka panjang dan cakupan spasial yang luas, sehingga dapat menjadi dasar yang kuat dalam analisis potensi radiasi matahari di wilayah yang memiliki keterbatasan data pengukuran langsung [5].

Perencanaan PLTS memerlukan bukan hanya data radiasi matahari historis, tetapi juga peramalan radiasi pada periode mendatang karena keluaran energi PV bersifat fluktuatif dan membutuhkan data peramalan yang andal. Informasi radiasi masa depan yang akurat menjadi landasan untuk menyusun strategi perencanaan dan pengembangan aplikasi energi matahari, sekaligus mengoptimalkan desain dan implementasi teknologi seperti sistem *photovoltaic*, *solar collector*, dan *solar water heater*. Dari sisi ekonomi, peramalan yang andal membantu dalam menetapkan lokasi dan kapasitas yang tepat serta menghasilkan proyeksi produksi energi yang lebih realistis, sehingga perhitungan kelayakan finansial dan estimasi *return on investment* menjadi lebih terukur. Karena itu, penelitian peramalan radiasi matahari penting dilakukan untuk menurunkan ketidakpastian teknis-ekonomi dalam pengembangan PLTS jangka panjang [6][7].

Berbagai metode peramalan telah dikembangkan untuk memprediksi intensitas radiasi matahari, mulai dari pendekatan statistik tradisional hingga metode kecerdasan buatan. Metode statistik tradisional seperti regresi linear memiliki keterbatasan dalam menangkap pola *non-linear* yang kompleks dalam data radiasi matahari. Di sisi lain, metode kecerdasan buatan seperti *backpropagation neural network* yang merupakan salah satu arsitektur jaringan syaraf tiruan telah digunakan untuk mempelajari pola dalam data radiasi matahari dan membuat prediksi. Jaringan syaraf tiruan (JST) khususnya *backpropagation*, telah terbukti efektif dalam menangkap kompleksitas hubungan *non-linear* antara parameter meteorologi dengan intensitas radiasi matahari [8].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa JST *backpropagation* efektif dalam

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

memodelkan hubungan *non-linier* antara parameter meteorologi dan radiasi matahari. Studi berjudul "*Development of Backpropagation Algorithm for Estimating Solar Radiation: A Case Study in Turkey*" melaporkan kinerja model backpropagation yang cukup baik dalam mengestimasi radiasi matahari global dengan nilai R^2 pelatihan 0,9019 dan R^2 pengujian 0,7277. Studi lain dengan judul "*Prediction of solar radiation for solar systems by using ANN models with different back propagation algorithms*" yang bertujuan mengembangkan model ANN untuk memprediksi radiasi matahari, dengan melatih model menggunakan data meteorologi 10 tahun dari lima lokasi di India. Berdasarkan hasil seleksi model terbaik yaitu arsitektur 5-24-1 neuron dengan algoritma Levenberg–Marquardt, ANN Model II menunjukkan kinerja lebih baik dibanding ANN Model I, ditunjukkan oleh nilai error pelatihan yang lebih kecil MAE 0,7800, RMSE 1,0416 dan korelasi lebih tinggi R 0,9545, serta error pengujian yang lebih rendah MAE 3,0281; RMSE 3,6461 dengan korelasi pengujian tetap tinggi R 0,9272 [8][9].

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, dapat diidentifikasi bahwa meskipun Kota Pekanbaru memiliki potensi radiasi matahari yang besar, ketersediaan data observasi radiasi matahari yang terbatas masih menjadi kendala dalam perencanaan dan pengembangan sistem PLTS. Selain itu, kebutuhan akan informasi radiasi matahari di masa mendatang belum sepenuhnya terpenuhi, khususnya melalui pendekatan peramalan yang disesuaikan dengan karakteristik data lokal. Oleh karena itu, diperlukan suatu model peramalan radiasi matahari yang mampu memanfaatkan data historis secara optimal dan menghasilkan prediksi yang akurat untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pengembangan energi surya di Kota Pekanbaru.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model peramalan intensitas radiasi matahari di Kota Pekanbaru dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) berbasis algoritma *backpropagation*. Secara khusus, penelitian ini mengkaji pengaruh kombinasi jumlah *neuron* pada *hidden layer* dan nilai *learning rate* terhadap kinerja model peramalan, sehingga diperoleh arsitektur jaringan dengan performa terbaik. Kontribusi utama penelitian ini adalah penyediaan model peramalan radiasi matahari berbasis JST yang disesuaikan dengan kondisi wilayah Pekanbaru, serta penyajian hasil peramalan radiasi matahari untuk periode enam tahun ke depan sebagai informasi pendukung dalam perencanaan teknis dan analisis kelayakan pengembangan PLTS. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi

referensi bagi pengembangan sistem energi surya serta penelitian lanjutan di bidang peramalan parameter energi dan meteorologi. Peneliti akan melakukan penelitian dengan judul **"Peramalan Intensitas Radiasi Matahari Kota Pekanbaru Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik"**.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dari masalah yang telah dijelaskan, maka yang menjadi masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan kombinasi parameter jumlah *neuron* pada *hidden layer* dan nilai *learning rate* yang menghasilkan performa pelatihan terbaik pada JST *backpropagation*?
2. Bagaimana tingkat akurasi peramalan radiasi matahari menggunakan parameter meteorologi yang meliputi indeks kejernihan langit, tutupan awan, curah hujan, kelembaban, suhu udara sebagai data *input*?
3. Bagaimana hasil peramalan intensitas radiasi matahari di Kota Pekanbaru untuk periode 2025-2030 menggunakan model JST *backpropagation*?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan kombinasi parameter JST *Backpropagation* berupa jumlah *hidden neuron* dan *learning rate* yang menghasilkan performa terbaik pada data pelatihan.
2. Menganalisis akurasi model peramalan radiasi matahari berdasarkan input parameter meteorologi yang meliputi indeks kejernihan atmosfer, tutupan awan, curah hujan, kelembaban, dan suhu udara.
3. Menghasilkan peramalan intensitas radiasi matahari di Kota Pekanbaru untuk periode 2025-2030 menggunakan model JST *backpropagation*.

1.4. Batasan Masalah

Sistem yang akan dikembangkan memiliki batasan masalah yaitu:

1. Data yang akan digunakan adalah data sekunder berupa data bulanan berupa indeks kejernihan langit, tutupan awan, curah hujan, kelembaban, suhu udara dan intensitas radiasi matahari historis yang diambil *website NASA Prediction Of*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

Worldwide Energy Resources (POWER).

2. Data yang digunakan merupakan data dari tahun Januari 2001 sampai dengan Desember 2024.
3. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Matlab R2021a* dan *Microsoft Excel 2019*.
4. Pengujian performa model hasil prediksi pada penelitian ini akan dievaluasi menggunakan *Mean Square Error (MSE)*, dan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Membantu dalam tersedianya data yang akurat tentang prediksi radiasi matahari di Kota Pekanbaru.
2. Menyediakan metode serta hasil peramalan radiasi matahari di Kota Pekanbaru, sehingga memudahkan dalam perencanaan, menentukan kebijakan terkait pemanfaatan energi matahari dimasa mendatang.
3. Menjadi referensi akademik untuk penelitian lanjutan tentang pemodelan energi terbarukan di wilayah tropis.

UIN SUSKA RIAU

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Dalam penelitian tugas akhir ini akan dilakukan studi literatur yang merupakan pencarian referensi yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang akan diselesaikan dari buku, artikel dan jurnal yang berkaitan.

Penelitian dengan judul "Prediksi Radiasi Matahari Dengan Penerapan Metode *Elman Recurrent Neural Network*" bertujuan untuk memprediksi besaran radiasi matahari menggunakan metode ERNN dengan data yang diperoleh dari BMKG Kota Pekanbaru periode Januari 2013 hingga Desember 2017. Penelitian ini menggunakan empat variabel *input* yaitu durasi penyinaran matahari (%), suhu udara ($^{\circ}\text{C}$), curah hujan (mm), dan kelembaban udara (%). Metode ERNN yang digunakan merupakan pengembangan dari algoritma *backpropagation* dengan tambahan *feedback* di *hidden layer* dan *context layer* untuk meningkatkan kecepatan iterasi dan update parameter. Pengujian dilakukan dengan beberapa skenario pembagian data dan parameter, dimana hasil terbaik diperoleh pada pembagian data 90:10, dengan parameter *epoch* 500, *learning rate* 0.2, dan *minimum error* 0.0001, menghasilkan akurasi sebesar 96.531% [4].

Penelitian dengan judul "Estimasi Intensitas Radiasi Matahari Dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* di Kota Jayapura" bertujuan untuk melakukan pendugaan intensitas radiasi matahari di wilayah Jayapura menggunakan metode *JST backpropagation* dengan data dari tahun 2009-2019. Penelitian ini menggunakan empat variabel *input* yaitu suhu udara, kelembaban, lama penyinaran matahari, dan curah hujan dengan delapan model arsitektur jaringan berbeda untuk mendapatkan model terbaik. Pengujian dilakukan dengan membagi data menjadi data latih tahun 2019 dan data uji Januari-Juni 2020. Hasil terbaik diperoleh pada arsitektur model 8 (5-10-1) dengan nilai *RMS* sebesar 1,970 dan koefisien korelasi 0,188. Berdasarkan hasil pendugaan, intensitas radiasi matahari tertinggi di Jayapura terjadi pada bulan Maret, Juni dan September mencapai 4,8 kWh/m², sedangkan terendah pada bulan November sekitar 3,344 kWh/m² [10].

Penelitian dengan judul "Prediksi Cuaca Pada Data *Time Series* Menggunakan *Backpropagation Neural Network* (BPNN)" bertujuan untuk memprediksi perubahan cuaca menggunakan metode BPNN dengan data *time series* dari BMKG Kota Bandung tahun

Penelitian dengan judul "*Solar Irradiance Forecasting for Malaysia Using Multiple Regression and Artificial Neural Network*" bertujuan untuk membandingkan metode *Multiple Regression* (MR) dan *Artificial Neural Network* (ANN) dalam memprediksi iradiasi matahari di Malaysia menggunakan data cuaca. Penelitian ini menggunakan data 3 bulan (Maret-Mei 2020) untuk melatih model dan memprediksi iradiasi untuk Juni 2020, dengan variabel *input* berupa temperatur, kelembapan, kecepatan angin, dan tekanan udara. Model ANN terbaik menggunakan 3 *hidden layer* dengan 5 *neuron layer* menghasilkan akurasi $R=0.9173$ dan $RMSE=114.1820$, mengungguli model MR dengan akurasi $R=0.8815$, $RMSE=135$ dengan peningkatan akurasi sebesar 18.42%. Hasil analisis korelasi menunjukkan temperatur memiliki korelasi tertinggi dengan iradiasi matahari $R=0.6884$, sedangkan tekanan udara memiliki korelasi terendah $R=8.01e-4$ [12].

Penelitian dengan judul "*Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Multi-Layer Perceptron untuk Prediksi Penyinaran Matahari Kota Bandung*" bertujuan untuk memaksimalkan potensi manfaat sinar matahari dan mengantisipasi fluktuasi tingkat penyinaran matahari dengan membangun sistem prediksi menggunakan model Jaringan Syaraf Tiruan *Multi-Layer Perceptron*. Penelitian ini menggunakan data penyinaran matahari dari BMKG dan BPS Kota Bandung tahun 2016-2021, dengan total 72 data yang dibagi menjadi 48 data untuk pelatihan dan 24 data untuk pengujian. Model JST-MLP yang diimplementasikan menggunakan arsitektur jaringan 12-12-1 dengan parameter *learning rate* 0.2 dan jumlah maksimal 1000 iterasi. Pada proses pelatihan didapatkan hasil MSE sebesar 0,086182 pada *epoch* ke-1000, sedangkan pada proses pengujian nilai MSE mencapai 0,10921. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model JST *Multi-Layer Perceptron* dapat digunakan untuk membangun sistem prediksi penyinaran matahari yang efektif [13].

Berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa Jaringan Syaraf Tiruan, khususnya dengan algoritma *backpropagation*, telah banyak digunakan dan terbukti efektif dalam memodelkan serta meramalkan intensitas radiasi

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

matahari di berbagai wilayah. Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih memiliki keterbatasan pada penggunaan data dengan rentang waktu yang relatif pendek, serta fokus pada estimasi atau peramalan jangka pendek. Selain itu, kajian mengenai pengaruh kombinasi jumlah neuron pada *hidden layer* dan nilai *learning rate* terhadap kinerja model peramalan radiasi matahari masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk mengisi celah tersebut dengan mengembangkan model peramalan intensitas radiasi matahari di Kota Pekanbaru menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) algoritma *backpropagation* berbasis data jangka panjang periode 2001–2024. Penelitian ini memanfaatkan data sekunder dari NASA *Prediction Of Worldwide Energy Resources* (POWER) sebagai alternatif sumber data, serta melakukan peramalan intensitas radiasi matahari untuk periode enam tahun ke depan. Kontribusi penelitian ini diharapkan dapat memberikan model peramalan yang akurat dan aplikatif, serta menjadi referensi dalam perencanaan dan pengembangan sistem energi surya, khususnya di wilayah dengan keterbatasan data pengukuran langsung.

2.2 Radiasi Matahari

Radiasi matahari merupakan energi elektromagnetik yang dipancarkan oleh matahari ke segala arah di alam semesta, termasuk ke Bumi. Proses ini merupakan mekanisme utama transfer energi dari matahari ke Bumi, yang terjadi tanpa memerlukan medium perantara. Pemahaman mendalam tentang radiasi matahari memiliki peran krusial dalam berbagai bidang, termasuk pemanfaatan energi matahari, studi iklim, dan meteorology [14].

2.2.1 Jenis-jenis Radiasi Matahari

Radiasi matahari yang mencapai permukaan Bumi dapat dikategorikan menjadi tiga jenis utama berdasarkan cara radiasi tersebut sampai ke permukaan [15]:

1. Radiasi Langsung (*Direct Radiation*)

Radiasi langsung adalah komponen radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi tanpa mengalami hambatan atau hamburan di atmosfer. Radiasi ini memiliki arah yang jelas dan menghasilkan bayangan yang tajam dari objek yang menghalanginya. Intensitas radiasi langsung sangat bergantung pada sudut zenith matahari dan keberadaan awan atau partikel di atmosfer. Pada hari yang cerah, radiasi langsung dapat mencapai 90% dari total radiasi yang mencapai permukaan bumi.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

2. Radiasi Hambur (*Diffuse Radiation*)

Radiasi hambur adalah komponen radiasi matahari yang telah mengalami hamburan oleh molekul udara, partikel debu, aerosol, atau awan sebelum mencapai permukaan bumi. Proses hamburan ini menyebabkan radiasi datang dari berbagai arah di langit. Radiasi hambur memiliki peran penting terutama pada hari berawan atau pada lokasi dengan tingkat polusi udara yang tinggi.

3. Radiasi Total (*Global Radiation*)

Radiasi total juga dikenal sebagai radiasi global, merupakan jumlah keseluruhan dari radiasi langsung dan radiasi hambur yang mencapai permukaan Bumi. Radiasi total ini yang umumnya diukur oleh instrumen seperti pyranometer dan menjadi parameter kunci dalam studi dan aplikasi energi matahari. Pada beberapa kasus, radiasi yang dipantulkan oleh permukaan Bumi juga diperhitungkan sebagai bagian dari radiasi total.

2.2.2 Pentingnya Data Radiasi Matahari

Data radiasi matahari memiliki peran vital dalam berbagai aplikasi, terutama dalam pengembangan dan optimalisasi sistem energi matahari. Ketersediaan informasi yang akurat tentang intensitas radiasi matahari sangat diperlukan untuk [16][17] :

1. Menilai Potensi Energi Matahari

Data radiasi matahari digunakan untuk membuat peta potensi energi matahari di berbagai wilayah. Peta ini membantu pengembang dan pembuat kebijakan dalam mengidentifikasi lokasi-lokasi yang paling cocok untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga matahari. Dalam perencanaan proyek energi matahari skala besar, data radiasi matahari jangka panjang diperlukan untuk memperkirakan produksi energi dan menghitung kelayakan ekonomi proyek.

2. Desain dan Optimalisasi Sistem

Merancang sistem *photovoltaic* dan *solar thermal* membutuhkan data radiasi matahari yang digunakan untuk menentukan kapasitas optimal sistem, memilih jenis panel matahari yang sesuai, dan merancang sistem penyimpanan energi. Informasi tentang variasi radiasi matahari sepanjang hari dan tahun membantu dalam menentukan sudut kemiringan dan orientasi optimal panel matahari untuk memaksimalkan produksi energi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

3. Prediksi *Output* Energi

Data radiasi matahari digunakan dalam model peramalan untuk memprediksi *output* energi harian, bulanan, dan tahunan dari instalasi matahari. Ini penting untuk manajemen jaringan listrik dan perencanaan operasional. Data radiasi matahari juga dapat diintegrasikan dengan jaringan listrik sehingga prediksi akurat tentang produksi energi matahari membantu operator jaringan dalam menyeimbangkan pasokan dan permintaan listrik, terutama ketika mengintegrasikan sumber energi terbarukan yang bersifat intermiten.

4. Penelitian dan Pengembangan

Pengembangan teknologi yang berkaitan dengan energi matahari memerlukan data radiasi matahari. Data radiasi matahari digunakan dalam penelitian untuk mengembangkan sel matahari dan material baru yang lebih efisien dalam mengkonversi energi matahari menjadi listrik. Analisis tren jangka panjang dalam data radiasi matahari membantu peneliti memahami dampak perubahan iklim terhadap potensi energi matahari di masa depan.

5. Perencanaan Perkotaan

Data radiasi matahari membantu dalam memahami dan mengelola efek panas perkotaan, yang penting untuk perencanaan kota yang berkelanjutan atau dikenal dengan istilah *Efek urban heat island*. Arsitek dan insinyur menggunakan data radiasi matahari untuk merancang bangunan hemat energi, mengoptimalkan pencahayaan alami, dan mengelola beban pendinginan.

2.3 Tantangan Pengukuran dan Prediksi Radiasi Matahari di Indonesia

Pengukuran dan prediksi radiasi matahari di Indonesia menghadapi beberapa tantangan yaitu [18][19] :

1. Keterbatasan Infrastruktur Pengukuran

Jumlah stasiun pengukuran radiasi matahari di Indonesia masih terbatas dibandingkan dengan luas wilayahnya, menyebabkan kesenjangan data spasial yang signifikan.

2. Variabilitas Iklim Mikro

Kondisi iklim mikro yang beragam di Indonesia, terutama di wilayah dengan topografi kompleks, membuat ekstrapolasi data dari satu lokasi ke lokasi lain menjadi sulit.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

2.4

3. Pengaruh Aerosol dan Polusi

Indonesia sering mengalami masalah kabut asap dari kebakaran hutan dan lahan, yang dapat secara signifikan mempengaruhi transmisi radiasi matahari.

4. Keterbatasan Model Prediksi

Model prediksi yang dikembangkan untuk daerah sub-tropis sering kali tidak akurat ketika diterapkan di daerah tropis seperti Indonesia, memerlukan pengembangan model yang spesifik untuk kondisi lokal.

Peramalan Radiasi Matahari Berbasis Multivariat (*Multivariate Forecasting*)

Peramalan radiasi matahari dapat dibangun melalui dua kerangka utama, yaitu univariat dan multivariat. Pada pendekatan univariat, model hanya menggunakan satu deret waktu sebagai masukan untuk memprediksi pada periode berikutnya, sehingga pola yang dipelajari berasal dari tren, musiman, dan fluktuasi internal data itu sendiri. Pendekatan ini relatif sederhana dan sering dijadikan *baseline*, tetapi dapat kurang responsif ketika variasi radiasi dipicu perubahan kondisi. Sebaliknya, pendekatan multivariat menggunakan lebih dari satu variabel masukan untuk memprediksi variabel target. Pada kasus peramalan radiasi matahari, beberapa variabel meteorologi/iklim dipakai untuk merepresentasikan mekanisme fisik yang memengaruhi radiasi matahari sebagai berikut:

1. Indeks Kejernihan Langit (*clearness index*) merupakan indikator kuantitatif yang merepresentasikan tingkat kejernihan atmosfer melalui perbandingan radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi terhadap radiasi maksimum pada puncak atmosfer, sehingga dapat digunakan untuk menilai efisiensi transmisi atmosfer terhadap radiasi. Nilai indeks yang lebih tinggi umumnya mengindikasikan kondisi langit lebih cerah dan atenuasi atmosfer yang lebih kecil, sehingga radiasi yang diterima di permukaan cenderung lebih besar [7].
2. Tutupan Awan (*Cloud Amount*) memiliki peran penting dalam memengaruhi besarnya radiasi yang diterima. Awan berfungsi sebagai penghalang utama radiasi langsung, sehingga meningkatnya persentase tutupan awan akan menurunkan nilai radiasi total secara signifikan. Selain itu, temuan studi berbasis sistem pencitraan *all sky* selama 2 tahun menunjukkan bahwa *cloud radiative effect* cenderung meningkat seiring bertambahnya tutupan awan dan menurun saat sudut zenith matahari membesar, yang menegaskan kuatnya kontrol tutupan awan terhadap variasi radiasi matahari [20].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

3. Curah Hujan (*Precipitation*) secara meteorologis hujan hampir selalu berkaitan dengan keberadaan awan tebal, peningkatan uap air, serta proses konveksi yang memperbesar peluang langit tertutup awan. Kondisi ini menurunkan komponen radiasi langsung (*direct radiation*) dan meningkatkan dominasi radiasi difus, sehingga total radiasi yang diterima permukaan cenderung lebih rendah pada periode/bulan dengan curah hujan tinggi. Selain itu, pada wilayah tropis, bulan-bulan basah biasanya identik dengan frekuensi mendung yang lebih sering dan durasi penyinaran yang lebih pendek, sehingga hubungan statistiknya sering tampak sebagai korelasi negatif antara precipitation dan intensitas radiasi [21].
4. Kelembaban (*Humidity*) udara yang lebih lembap lebih mudah mencapai kondisi jenuh sehingga kondensasi terjadi dan awan lebih mudah terbentuk. Uap air juga berkontribusi terhadap penyerapan dan hamburan radiasi gelombang pendek, yang menggeser radiasi dari komponen langsung menjadi lebih difus dan menurunkan radiasi efektif yang sampai ke permukaan pada kondisi tertentu. Pada skala bulanan, kelembaban tinggi sering menjadi indikator atmosfer yang basah dan berawan, sehingga radiasi permukaan cenderung menurun atau menjadi lebih fluktuatif dibanding bulan-bulan kering [21].
5. Suhu Udara (*Air Temperature*) digunakan sebagai indikator termal yang mencerminkan keseimbangan energi di dekat permukaan. Walaupun pengaruhnya terhadap radiasi bersifat tidak langsung, suhu dapat menjadi penanda kondisi cuaca dan musim misalnya periode cerah cenderung lebih hangat dibanding periode mendung atau hujan. Dalam pemodelan multivariat, suhu sering membantu menangkap pola musiman, perbedaan kondisi massa udara, serta keterkaitan dengan variabel lain yang bersama-sama memengaruhi variasi radiasi bulanan [21].

2.5 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan salah satu cabang utama dalam bidang kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang terinspirasi oleh struktur dan fungsi sistem saraf biologis, khususnya otak manusia. JST telah menjadi alat yang teruji dalam berbagai aplikasi komputasi, termasuk pengenalan pola, klasifikasi, *clustering*, dan peramalan. JST dapat didefinisikan sebagai model komputasi yang terdiri dari sejumlah unit pemrosesan sederhana berupa *neuron* buatan yang saling terhubung dan beroperasi secara paralel [22].

Sistem ini dirancang untuk meniru kemampuan otak manusia dalam hal pemrosesan informasi, JST mampu mengolah data *input* melalui serangkaian operasi matematis untuk menghasilkan *output* yang diinginkan. JST juga memiliki kemampuan untuk menyesuaikan parameter internalnya berupa bobot dan bias, berdasarkan data pelatihan, sehingga kinerjanya dapat meningkat seiring waktu. Setiap *neuron* dalam JST terhubung dengan *neuron* lain melalui koneksi berbobot. Bobot ini merepresentasikan kekuatan koneksi antar *neuron* dan dapat dimodifikasi selama proses pembelajaran untuk meningkatkan kinerja jaringan [23].

2.5.1 Karakteristik Jaringan Syaraf Tiruan

Struktur dasar JST terdiri dari tiga komponen utama yaitu Lapisan *input* dimana berfungsi untuk menerima data dari lingkungan eksternal dan mentransmisikannya ke lapisan berikutnya, Setiap *neuron* pada lapisan ini merepresentasikan variabel atau parameter yang relevan dengan permasalahan yang akan diselesaikan. Selanjutnya ada lapisan tersembunyi atau *hidden layer* bertugas memproses informasi dari lapisan *input* melalui serangkaian operasi *non-linear*, Karakteristik unik dari lapisan ini adalah sifatnya yang tidak dapat diamati secara langsung dari luar sistem, namun memiliki peran krusial dalam pemrosesan kompleks dan ekstraksi fitur dari data *input*. Jumlah lapisan tersembunyi dan *neuron* di dalamnya dapat bervariasi tergantung pada kompleksitas masalah yang dihadapi, terakhir ada lapisan *Output* untuk menghasilkan hasil akhir dari pemrosesan jaringan, *Output* yang dihasilkan merupakan hasil interpretasi dan komputasi jaringan terhadap permasalahan yang diberikan, yang dapat berupa prediksi, klasifikasi, atau bentuk solusi lainnya sesuai dengan tujuan pemodelan [24].

Beberapa karakteristik kunci JST meliputi:

1. Kemampuan Belajar: JST dapat memperbaiki kinerjanya melalui proses pembelajaran, yang melibatkan penyesuaian bobot koneksi antar *neuron*.
2. Pemrosesan Paralel: JST dapat memproses banyak informasi secara bersamaan, mirip dengan cara kerja otak manusia.
3. Distribusi Pengetahuan: Informasi dalam JST tersimpan secara terdistribusi dalam bentuk bobot koneksi, bukan terpusat pada satu lokasi tertentu.
4. Kemampuan Menangani Data *Non-linear*: JST sangat efektif dalam memodelkan hubungan *non-linear* yang kompleks antara *input* dan *output*.

Kekuatan utama JST terletak pada kemampuannya untuk belajar dari data, beradaptasi terhadap perubahan, dan menangani masalah-masalah kompleks yang sulit dipecahkan dengan metode komputasi tradisional [23].

2.5.2.2. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merujuk pada susunan dan konfigurasi *neuron-neuron* dalam jaringan, termasuk bagaimana *neuron-neuron* tersebut saling terhubung dan bagaimana informasi mengalir di antara mereka. Pemilihan arsitektur yang tepat sangat penting karena dapat mempengaruhi kemampuan jaringan dalam mempelajari dan menggeneralisasi pola dari data yang diberikan [25][4]. Beberapa arsitektur JST yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

1. Jaringan Umpan Maju (*Feedforward*) merupakan arsitektur paling dasar dan banyak digunakan dalam JST. Dalam arsitektur ini, informasi bergerak dalam satu arah, dari lapisan *input* melalui lapisan tersembunyi (jika ada) ke lapisan *output*, tanpa ada koneksi balik atau loop. Jaringan *feedforward* dapat dibagi menjadi dua jenis utama yaitu *Single Layer Perceptron* (SLP) adalah bentuk paling sederhana dari jaringan *feedforward*, terdiri dari satu lapisan *input* yang terhubung langsung ke lapisan *output*. SLP efektif untuk masalah klasifikasi linear sederhana, namun memiliki keterbatasan dalam menangani masalah *non-linear*. Dan *Multilayer Perceptron* (MLP) merupakan pengembangan dari SLP dengan penambahan satu atau lebih lapisan tersembunyi antara lapisan *input* dan *output*. MLP mampu memodelkan hubungan *non-linear* yang kompleks dan merupakan arsitektur yang paling sering digunakan dalam berbagai aplikasi JST.
2. Jaringan Berulang (*Recurrent Neural Networks*), berbeda dengan jaringan *feedforward*, jaringan *recurrent* memiliki koneksi umpan balik yang memungkinkan informasi mengalir dalam kedua arah. Arsitektur ini sangat cocok untuk pemrosesan data sekuensial atau *time series*. Beberapa jenis jaringan *recurrent* yang populer meliputi:
3. Jaringan Konvolusional (*Convolutional Neural Networks*) adalah arsitektur khusus yang sangat efektif untuk pemrosesan data dengan topologi grid, seperti gambar atau series waktu, menggunakan operasi konvolusi untuk mendeteksi fitur lokal dalam data *input*, membuatnya sangat cocok untuk tugas-tugas seperti pengenalan gambar dan pemrosesan bahasa alami.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

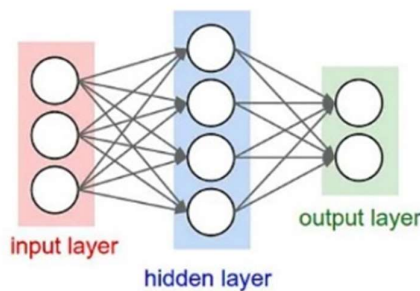
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

- Jaringan Modular adalah Arsitektur terdiri dari beberapa sub-jaringan yang bekerja secara independen untuk menyelesaikan sub-tugas tertentu. Hasil dari sub-jaringan ini kemudian dikombinasikan untuk menghasilkan *output* final. Jaringan modular berguna untuk masalah kompleks yang dapat dipecah menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana.
- Jaringan Hybrid adalah Arsitektur yang menggabungkan dua atau lebih jenis arsitektur JST atau menggabungkan JST dengan metode komputasi lainnya untuk memanfaatkan kelebihan masing-masing pendekatan. Contohnya adalah jaringan neuro-fuzzy yang menggabungkan JST dengan logika fuzzy.

2.6 Backpropagation

Backpropagation merupakan metode pembelajaran terawasi yang sistematis untuk pelatihan jaringan syaraf tiruan *multilayer*. Metode ini dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan jaringan *single layer* dalam memodelkan hubungan *non-linear* yang kompleks antara *input* dan *output*. Keunggulan metode ini terletak pada akurasi tinggi yang dihasilkan melalui proses pembelajaran iteratif, memungkinkan jaringan untuk terus menyempurnakan bobot koneksinya hingga mencapai kinerja optimal [8].

Arsitektur jaringan *Backpropagation* terdiri dari tiga lapisan utama yaitu lapisan *input* yang menerima data parameter meteorologi, *hidden layer* yang dapat terdiri dari satu atau lebih lapisan untuk pemrosesan kompleks, dan lapisan *output* yang menghasilkan nilai prediksi radiasi matahari. Proses pembelajaran dalam jaringan ini melibatkan dua fase utama *feedforward* untuk menghasilkan *output* prediksi, dan *backpropagation* untuk menyesuaikan bobot berdasarkan *error* yang dihasilkan. Kedua fase ini dijalankan secara berulang untuk setiap pola data yang dimasukkan selama proses pelatihan [26].



Gambar 2.1 Arsitektur JST *Backpropagation*[10]

Mekanisme propagasi maju dimulai dari lapisan *input*, di mana parameter meteorologi dimasukkan sebagai nilai aktivasi awal. Setiap unit dalam lapisan tersembunyi menerima kombinasi berbobot dari seluruh *input*, kemudian mentransformasikannya menggunakan fungsi aktivasi sigmoid untuk menghasilkan *output* non-linear. Proses yang sama dilanjutkan ke lapisan *output* untuk menghasilkan prediksi radiasi matahari. Pendekatan ini memungkinkan jaringan untuk menangkap pola-pola kompleks dalam data meteorologi dan menghasilkan peramalan yang akurat [11].

2.6.1 Parameter pelatihan JST

Parameter pelatihan pada jaringan saraf tiruan (JST) berfungsi untuk mengendalikan proses pembelajaran agar konvergen, stabil, dan berhenti pada kondisi yang diinginkan. Parameter-parameter ini mencakup target error, batas pelatihan, pengaturan tampilan kemajuan pelatihan, serta konstanta yang memengaruhi dinamika pembaruan bobot [10].

1. *Goal* (target error)

Goal (target error) merupakan nilai galat minimum yang dijadikan acuan penghentian proses pelatihan. Secara konsep, pelatihan dapat dihentikan ketika galat jaringan telah mencapai atau mendekati target yang ditetapkan, atau ketika kondisi penghentian lain terpenuhi.

2. *Show* (frekuensi tampilan)

Show adalah parameter yang mengatur seberapa sering informasi kemajuan pelatihan ditampilkan selama proses pembelajaran berlangsung. Secara teoretis, pengaturan ini hanya berkaitan dengan *monitoring* proses dan tidak mengubah mekanisme pembelajaran jaringan secara langsung.

3. *Epoch* (jumlah siklus pelatihan)

Epoch merepresentasikan jumlah maksimum iterasi atau siklus pembelajaran yang diizinkan selama pelatihan. Dalam teori pelatihan JST, *epoch* berperan sebagai batas atas untuk mencegah pelatihan berjalan terlalu lama, sekaligus memberikan kesempatan bagi model untuk mencapai kondisi konvergen.

4. *Momentum constant* (*mc*)

Momentum constant adalah parameter yang digunakan untuk menambahkan komponen inersia pada pembaruan bobot, yaitu memanfaatkan arah perubahan bobot pada iterasi sebelumnya. Secara teoretis, momentum dapat membantu mempercepat konvergensi dan mengurangi kecenderungan pembelajaran berosilasi, terutama pada permukaan galat yang memiliki lembah sempit.

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

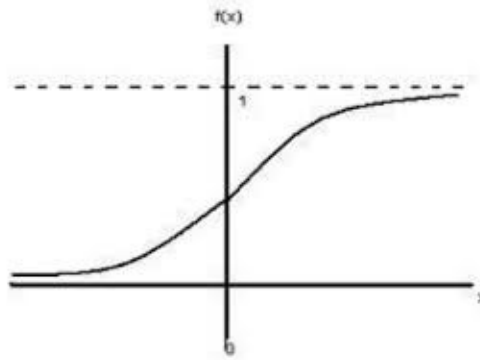
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

2.6.2 Fungsi Aktivasi

Dalam penelitian ini, fungsi aktivasi sigmoid biner dipilih karena kemampuannya dalam menghasilkan *output* yang terbatas pada rentang 0-1, yang sangat sesuai untuk normalisasi data. Fungsi ini memiliki karakteristik *non-linear* yang memungkinkan jaringan untuk memodelkan hubungan kompleks antara parameter meteorologi yang mendukung proses pembelajaran yang lebih efektif, memungkinkan jaringan untuk melakukan penyesuaian bobot secara bertahap melalui algoritma *backpropagation* [4].

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \dots\dots\dots (2.1)$$

II-12



Gambar 2.2 Grafik Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner [28]

2.6.3 Proses Pelatihan Algoritma Pembelajaran

Pelatihan model Jaringan Syaraf Tiruan (JST) metode *backpropagation* untuk peramalan akan mengalami 3 fase yaitu fase I berupa propagasi maju pada fase ini *input* yang diberikan akan mulai dihitung maju dari *input layer* hingga mencapai *output layer* yang menggunakan fungsi aktivasi yang sebelumnya sudah ditentukan, dilanjutkan masuk ke fase II berupa *backpropagation* dalam fase ini jaringan akan membandingkan hasil *output layer* dengan terget yang diinginkan menghasilkan selisih nilai yang merupakan *error*, nilai *error* atau kesalahan yang terjadi akan dipropagasikan mundur dari *output layer*. Proses terakhir adalah fase III adalah update atau terjadinya modifikasi bobot yang berguna untuk menurunkan *error* yang terjadi [10][29].

Berikut adalah langkah-langkah algoritma *Backpropagation* [10]:

Langkah 0 : Inisialisasi seluruh bobot dengan nilai bilangan kecil.

Langkah 1 : Melakukan langkah 2-9, proses pelatihan akan terus dilakukan hingga kondisi penghentian yang diatur terpenuhi.

Langkah 2 : Pada semua data pelatihan akan dilakukan langkah 3-9 yaitu langkah untuk menghitung *output* jaringan berdasarkan *input* yang diberikan..

Fase I: *Feedforward* (propagasi maju)

Dalam propagasi maju, setiap sinyal masukan dipropagasikan (dihitung maju) ke lapisan tersembunyi hingga lapisan keluaran dengan menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan.

Langkah 3 : Setiap parameter pada *input layer* akan dihubungkan ke setiap *neuron* di *hidden layer*

Langkah 4 : Perhitungan pada *hidden layer*

Rumus menghitung total *input* untuk *neuron j* di *hidden layer*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

$$z_{netj} = b_j + \sum x_i \cdot v_{ji} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

z_{netj} = total *input* untuk *neuron* ke-j di *hidden layer*.

b_j = bias untuk *neuron* j di *hidden layer*.

x_i = *input* dari *input layer*.

v_{ji} = bobot yang menghubungkan *neuron input* i ke *neuron* j di *hidden layer*.

Rumus fungsi aktivasi yang digunakan untuk *neuron* di *hidden layer*

$$z_j = f(z_{netj}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{netj}}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

z_j = *output* dari *neuron* j di *hidden layer* setelah diterapkan fungsi aktivasi.

Langkah 5 : Perhitungan *Output Layer*

Rumus menghitung total *input* untuk *neuron* k di *output layer*:

$$y_{netk} = b_k + \sum z_j \cdot w_{kj} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

y_{netk} = total *input* untuk *neuron* ke-k di *output layer*.

b_k = bias untuk *neuron* k di *output layer*.

z_j = *output* dari *neuron* j di *hidden layer*.

w_{kj} = bobot yang menghubungkan *neuron* j di *hidden layer* ke *neuron* k di *output layer*.

Rumus fungsi aktivasi untuk *output layer*

$$y_k = f(y_{netk}) = \frac{1}{1 + e^{-y_{netk}}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

y_k = *output* dari *neuron* k di *output layer* setelah diterapkan fungsi aktivasi.

Fase 2 yaitu *backward* (propagasi mundur)

Error atau faktor kesalahan (δ_k) merupakan selisih antara *output layer* (y_k) dengan target (t_k) yang diinginkan, kemudian terjadi propagasi mundur di mulai dari garis yang berhubungan langsung dengan unit-unit di *output layer*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

Langkah 6 : menghitung faktor kesalahan pada *output layer* (δ_k) yang akan diproses kembali ke *hidden layer*.

Rumus menghitung faktor kesalahan pada *output layer*:

$$\delta_k = (t_k - y_k)f'(y_{netk}) = (t_k - y_k)y_k(1 - y_k) \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

δ_k = *error* atau faktor kesalahan untuk *neuron* ke-k di *output layer*.

t_k = target yang diinginkan untuk *neuron* k di *output layer*.

y_k = *output* aktual dari *neuron* k di *output layer*.

$f'(y_{netk})$ = turunan pertama dari fungsi aktivasi sigmoid

Setelah didapat factor kesalahan pada *output layer* δ_k dilakukan perhitungan perubahan bobot di *output layer* dilakukan dengan rumus :

$$\Delta w_{kj} = \alpha \cdot \delta_k \cdot z_j \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

Δw_{kj} = perubahan bobot yang menghubungkan *neuron* j di *hidden layer* ke *neuron* k di *output layer*.

α = laju pembelajaran (*learning rate*).

Langkah 7 : menghitung factor kesalahan pada *hidden layer* (δ_j)

Rumus menghitung total kesalahan di *hidden layer*

$$\delta_{netj} = \sum \delta_k \cdot w_{kj} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan :

δ_{netj} = kesalahan total pada *neuron* j di *hidden layer* yang didapat dari propagasi mundur.

Rumus menghitung faktor kesalahan pada *neuron* j di *hidden layer*:

$$\delta_j = \delta_{netj} \cdot f'(z_{netj}) = \delta_{netj} \cdot z_j(1 - z_j) \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan:

δ_j = *Error* atau faktor kesalahan untuk *neuron* j di *hidden layer*

Hasil dari faktor kesalahan pada *hidden layer* (δ_j) digunakan untuk Perhitungan perubahan bobot di *hidden layer* dilakukan dengan rumus :

$$\Delta v_{ji} = \alpha \cdot \delta_j \cdot x_i \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan :

Δv_{ji} = perubahan bobot yang menghubungkan *neuron* i di *input layer* ke *neuron* j di *hidden layer*.

Fase 1 yaitu Perubahan bobot.

Pada fase ini dilakukan modifikasi bobot untuk menurunkan kesalahan yang sudah terjadi.

Langkah 8 : Setelah menghitung perubahan bobot, bobot-bobot akan diupdate dengan rumus:

$$wkj(\text{baru}) = wkj(\text{lama}) + \Delta wkj \dots\dots\dots (2.11)$$

$$v_{ji}(\text{baru}) = v_{ji}(\text{lama}) + \Delta v_{ji} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan :

$wkj(\text{baru})$ = Update bobot yang menghubungkan *neuron hidden* j ke *output* k

$v_{ji}(\text{baru})$ = Update bobot yang menghubungkan *neuron input* i ke *neuron hidden* j

Kondisi Penghentian: Proses iterasi akan berhenti jika salah satu kondisi terpenuhi:

1. Mencapai maksimum *epoch* (3000)
2. $Error \leq \text{target error}$ (0.001)
3. Bobot telah konvergen

Ketiga fase tersebut diulang-ulang terus hingga kondisi penghentian dipenuhi.

Apabila kondisi berhenti telah terpenuhi maka proses pelatihan sudah selesai dilakukan, dan jaringan dapat digunakan dalam pengenalan pola

2.7. Preprocessing Data

Tahapan *preprocessing* data memiliki peran penting dalam memastikan bahwa data yang digunakan dalam analisis memiliki kualitas yang baik dan konsisten. Data mentah yang dikumpulkan sering kali mengandung *noise*, nilai yang hilang (*missing values*), duplikasi, atau format yang tidak seragam. Jika data tersebut langsung digunakan tanpa *preprocessing data*, hasil analisis dapat menjadi bias atau tidak akurat. Secara umum, *preprocessing data* melibatkan beberapa tahap utama [30].

Tahap pertama adalah data *cleaning* atau pembersihan data. Pada tahap ini, kesalahan dalam data diperbaiki dengan cara menghapus atau mengisi nilai yang hilang menggunakan metode imputasi seperti *mean*, *median*, atau *mode*. Data duplikat juga dihapus agar tidak menimbulkan bias dalam analisis. Tahap selanjutnya adalah data *integration*, di mana data yang berasal dari berbagai sumber digabungkan agar memiliki struktur yang seragam. Proses

ini melibatkan penyamaan skema dan format data, resolusi konflik nilai apabila terdapat perbedaan representasi untuk entitas yang sama, serta penyelarasan unit pengukuran jika data diperoleh dari sistem yang berbeda [11].

Setelah data terintegrasi, langkah berikutnya adalah data *transformation* atau transformasi data. Proses ini bertujuan untuk menyajikan data dalam format yang lebih sesuai untuk analisis atau pemodelan *machine learning*. Beberapa teknik yang digunakan dalam tahap ini meliputi normalisasi, yang memastikan bahwa skala data tetap seragam dengan metode seperti *Min-Max Scaling*. Tahap terakhir dalam *preprocessing* adalah data *reduction* atau reduksi data. Pada tahap ini, jumlah data dikurangi tanpa menghilangkan informasi penting, *sampling* dilakukan dengan memilih subset data yang representatif untuk mempercepat proses komputasi tanpa mengorbankan kualitas analisis [31].

2.7.1 Transformasi Data

Transformasi data merupakan teknik untuk mengubah data menjadi format yang sesuai dengan kebutuhan pemrosesan jaringan syaraf tiruan. Transformasi data diperlukan karena fungsi aktivasi yang digunakan dalam jaringan syaraf tiruan bekerja dalam rentang nilai tertentu, umumnya [0,1] atau [-1,1]. Pada penelitian ini, transformasi data diterapkan pada seluruh parameter *input* dan *output* untuk memastikan konsistensi dan efektivitas proses pembelajaran jaringan syaraf tiruan. Jaringan syaraf tiruan menggunakan algoritma pembelajaran yang beroperasi lebih efektif ketika data *input* dan *output* berada dalam range yang terbatas dan seragam [31].

Dalam implementasi jaringan syaraf tiruan, normalisasi data menjadi prasyarat penting karena normalisasi data dapat meningkatkan kinerja model, yaitu dalam membantu mempercepat konvergensi selama proses pelatihan. Selain itu, perbedaan skala yang besar antar variabel *input* dapat menyebabkan dominasi variabel tertentu dalam proses pembelajaran, yang mengakibatkan model tidak optimal dalam menangkap pola data [30].

Metode *min-max* merupakan salah satu teknik normalisasi yang umum digunakan dalam *preprocessing* data untuk jaringan syaraf tiruan.

Rumus normalisasi *min-max* sebagai berikut:

$$x' = 0.8 \times \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} + 0.1 \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

x' = nilai hasil transformasi

x = nilai asli

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

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

$\min(x)$ = nilai minimum dari dataset
 $\max(x)$ = nilai maksimum dari dataset

Setelah proses peramalan, hasil *output* jaringan perlu didenormalisasi untuk mengembalikan nilai ke skala aslinya. Proses ini menggunakan inverse dari persamaan normalisasi [23]. Rumus denormalisasi *min-max*:

$$x = (x' - 0.1) \times \frac{\max(x) - \min(x)}{0.8} + \min(x) \dots\dots\dots (2.14)$$

2.8. Evaluasi Model Prediksi

Evaluasi model prediksi merupakan tahap pengembangan dari model peramalan yang bertujuan untuk mengukur seberapa baik model dapat memprediksi nilai yang diharapkan. Dalam konteks peramalan intensitas radiasi matahari, evaluasi model tidak hanya berfokus pada akurasi prediksi, tetapi juga mempertimbangkan berbagai aspek performa model. Dalam penelitian prediksi radiasi matahari, kombinasi ini memungkinkan evaluasi dari berbagai aspek performa model dimana MSE untuk sensitivitas terhadap *error* besar dan MAPE untuk interpretabilitas hasil [16].

2.8.1 Mean Squared Error (MSE)

Mean Squared Error (MSE) merupakan salah satu teknik evaluasi dalam peramalan yang mengukur akurasi dengan menghitung rata-rata kuadrat dari selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual. Metode ini memberikan bobot lebih besar pada kesalahan yang besar karena proses pengkuadratan, sehingga cocok untuk kasus di mana kesalahan besar perlu mendapat perhatian khusus. Meskipun MSE efektif untuk kesalahan prediksi moderat, kelemahannya adalah kecenderungan untuk memperbesar deviasi karena proses pengkuadratan tersebut [11].

MSE dihitung dengan persamaan :

$$MSE = \left(\frac{1}{n}\right) \sum (At - Ft)^2 \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan:

- n = jumlah observasi
 At = nilai aktual pada periode t
 Ft = nilai prediksi pada periode t

2.8.2 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE merupakan salah satu metrik evaluasi yang paling populer dalam analisis prediksi karena kemudahannya untuk diinterpretasi dan kemampuannya untuk membandingkan performa model *across different datasets*. Metrik ini mengukur akurasi sebagai persentase rata-rata dari besaran *error* relatif terhadap nilai aktual, tanpa mempertimbangkan arah deviasi positif atau negatif [32].

MAPE dihitung menggunakan persamaan:

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \right) \sum \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan:

At = nilai aktual

Ft = nilai prediksi

kriteria interpretasi MAPE yang telah diadopsi secara luas dalam literatur peramalan

Tabel 2.1 Nilai MAPE

MAPE	Performa Peramalan
< 10%	Peramalan sangat akurat
10-20%	Peramalan baik
20-50%	Peramalan layak/cukup
50%	Peramalan tidak akurat

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimental untuk meramalkan intensitas radiasi matahari di Kota Pekanbaru menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan algoritma *Backpropagation*. Pendekatan kuantitatif dalam penelitian ini berfokus pada analisis data numerik intensitas radiasi matahari dan parameter meteorologi terkait, memungkinkan analisis statistik yang objektif dan hasil yang dapat digeneralisasi. Metode eksperimental diterapkan melalui percobaan sistematis variabel *input* dan arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Tujuan utama penelitian adalah mengembangkan model peramalan yang akurat dan dapat diandalkan untuk prediksi intensitas radiasi matahari.

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini berfokus pada Kota Pekanbaru, Riau, Indonesia. Kota ini dipilih karena posisi geografisnya yang strategis di daerah tropis dan potensi energi matahari yang signifikan. Periode penelitian mencakup data dari tahun 2001-2024, dengan peramalan yang akan dilakukan untuk periode 2025-2030.

3.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan langkah-langkah sistematis yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. Penelitian ini dimulai dengan studi literatur terhadap karya ilmiah sebelumnya yang membahas peramalan radiasi matahari menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST), sebagai dasar dalam merancang model prediksi intensitas radiasi matahari di Kota Pekanbaru. Setelah mengidentifikasi masalah terkait keterbatasan data lokal, dilakukan kajian terhadap metode-metode peramalan yang relevan. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data sekunder dari database *NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources* (POWER) periode Januari 2001 sampai Desember 2024, meliputi parameter indeks kejernihan langit, tutupan awan, curah hujan, kelembaban, suhu udara dan data intensitas radiasi matahari. Data ini kemudian diolah menggunakan normalisasi Min-Max untuk menyesuaikan rentang nilai dengan fungsi aktivasi dalam JST. Selanjutnya, dilakukan perancangan arsitektur JST dengan menentukan jumlah *neuron* pada lapisan *input*, *hidden*, dan *output*, serta pengujian berbagai kombinasi *hidden neuron* dan *learning rate* untuk memperoleh model terbaik. Proses pelatihan dan pengujian dilakukan menggunakan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

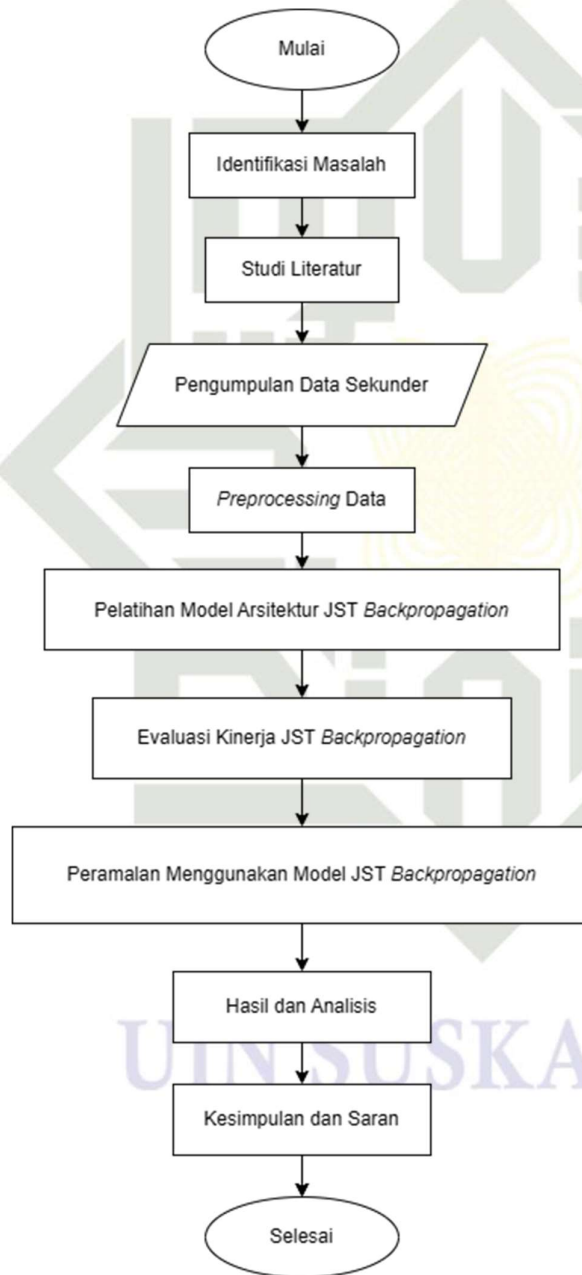
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

MATLAB, dan performa model dievaluasi menggunakan *Mean Squared Error* (MSE) dan *Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil evaluasi menjadi dasar untuk menilai efektivitas metode dan memberikan rekomendasi pengembangan model di masa mendatang.

Untuk mempermudah pemahaman tahapan penelitian, langkah-langkah penelitian ini disusun dalam bentuk *flowchart*. Skema ini bertujuan agar alur penelitian terlihat lebih sistematis dan terarah. Adapun *flowchart* penelitian ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

3.4. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam proses peramalan yang bertujuan untuk memahami permasalahan utama yang akan diselesaikan dalam penelitian ini.

Langkah-langkah identifikasi masalah adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Permasalahan

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah perlunya melakukan peramalan intensitas radiasi matahari di Kota Pekanbaru dengan tingkat akurasi tinggi. Ketersediaan data radiasi matahari di wilayah ini masih terbatas, sehingga diperlukan metode prediksi yang dapat mengatasi keterbatasan tersebut. Berbagai pendekatan telah dikembangkan dalam peramalan radiasi matahari, salah satunya adalah metode kecerdasan buatan seperti Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *backpropagation*. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa algoritma ini mampu melakukan peramalan dengan hasil yang cukup baik. Oleh karena itu, penelitian ini akan berfokus pada analisis dan tingkat akurasi algoritma *backpropagation* dalam memprediksi intensitas radiasi matahari menggunakan parameter meteorologi yang tersedia.

2. Menentukan Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan model peramalan intensitas radiasi matahari yang akurat di Kota Pekanbaru dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*. Model ini akan dianalisis dan dievaluasi berdasarkan akurasi prediksi yang dihasilkan menggunakan parameter meteorologi, seperti indeks kejernihan langit, tutupan awan, curah hujan, kelembaban, suhu udara. Evaluasi model dilakukan dengan menghitung nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan *Mean Squared Error* (MSE) guna menentukan performa peramalan terbaik.

3. Penetapan Judul

Judul penelitian ini disusun berdasarkan permasalahan dan tujuan yang telah diidentifikasi, yaitu "Peramalan Intensitas Radiasi Matahari di Kota Pekanbaru Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*." Judul ini mencerminkan fokus penelitian yang bertujuan mengembangkan metode peramalan berbasis kecerdasan buatan untuk meningkatkan akurasi prediksi intensitas radiasi matahari di wilayah kota Pekanbaru.

3.5. Studi Literatur

Studi literatur merupakan hal yang dilakukan untuk menambah dan memperkuat teori yang akan digunakan pada penelitian ini dengan mengumpulkan beberapa penelitian yang dibutuhkan untuk dijadikan referensi seperti jurnal, buku, tesis, skripsi dan lain sebagainya yang mendukung dalam penelitian. Studi literatur yang digunakan pada penelitian ini adalah yang merujuk pada metode *Backpropagation* untuk peramalan radiasi matahari dan metode peramalan lainnya yang digunakan sebagai acuan dan perbandingan akurasi untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Fokus studi literatur mencakup penelitian terkait peramalan radiasi matahari, penerapan JST dalam prediksi parameter meteorologi, dan optimasi arsitektur jaringan *Backpropagation*.

3.6. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini menggunakan kumpulan data sekunder, yaitu berupa data historis parameter meteorologi di Kota Pekanbaru mulai dari tahun 2001 – 2024 yang diperoleh dari *website NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER)*. Data meteorologi yang digunakan sebagai lapisan *input* meliputi indeks kejernihan langit, tutupan awan, curah hujan, kelembaban, suhu udara. Kemudian, data intensitas radiasi matahari digunakan sebagai lapisan *output* atau target peramalan. Rincian data meteorologi yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada lampiran A.1.

3.7. Preprocessing Data

Proses ini melibatkan transformasi data ke dalam rentang yang lebih terkendali, tanpa mengorbankan integritas informasi yang terkandung dalam dataset asli. Sebelum transformasi, data terlebih dahulu dilabeli dengan penamaan variabel X1 (indeks kejernihan langit), X2 (tutupan awan), X3 (curah hujan), X4 (kelembaban), X5 (suhu udara) sebagai input dan Y (intensitas radiasi matahari) sebagai target output agar proses pengolahan data lebih terstruktur dan mudah diidentifikasi. Data *input* dan *output* di masukan ke dalam Ms. Excel dan ditransformasi dalam nilai interval 0-1 menggunakan metode *minmax normalization* menggunakan persamaan (2.13). Hasil perhitungan transformasi data disajikan pada lampiran A.2.

Setelah proses normalisasi data, data dibagi menjadi dua kelompok, yaitu data pelatihan (*training data*) dan data pengujian (*testing data*), yang digunakan sebagai *input* untuk algoritma *Backpropagation* dalam perangkat lunak MATLAB. Dalam penelitian ini, data dibagi menjadi dua bagian dimana 70% untuk data latih dan 30% untuk data uji.

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

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Data latih yang digunakan adalah data dari Januari 2001 hingga Mei 2017 yang sudah dibentuk ke dalam pola *time series*. Pola data *time series* yang dibentuk menggunakan struktur sebagai berikut.

Tabel 3.1. Struktur Data Pelatihan

No	X1	X2	X3	X4	X5	Y1
1	Jan 2001	Jan 2001	Jan 2001	Jan 2001	Jan 2001	Jan 2001
2	Feb 2001	Feb 2001	Feb 2001	Feb 2001	Feb 2001	Feb 2001
...	...	...	...	...	...	...
n	Mei 2017	Mei 2017	Mei 2017	Mei 2017	Mei 2017	Mei 2017

Data latih ini akan digunakan dalam proses pelatihan JST untuk membentuk model peramalan yang dapat mempelajari pola hubungan antara parameter-parameter meteorologi sebagai input dengan radiasi matahari sebagai target *output*.

Data uji yang digunakan untuk diinput pada program JST yaitu dari Juni 2017 hingga Desember 2024. Data uji dapat dilihat pada tabel.

Tabel 3.2. Struktur Data Pengujian

No	X1	X2	X3	X4	X5	Y1
1	Juni 2017	Juni 2017	Juni 2017	Juni 2017	Juni 2017	Juni 2017
2	Juli 2017	Juli 2017	Juli 2017	Juli 2017	Juli 2017	Juli 2017
...	...	...	...	...	...	...
n	Des 2024	Des 2024	Des 2024	Des 2024	Des 2024	Des 2024

Data uji ini akan digunakan untuk mengevaluasi kemampuan model JST dalam melakukan peramalan radiasi matahari menggunakan parameter-parameter meteorologi yang telah ditentukan. Hasil peramalan dari data uji akan dibandingkan dengan nilai aktual untuk mengukur tingkat akurasi model yang telah dibangun.

3.8 Pelatihan Model Arsitektur JST Backpropagation

Setelah melakukan *preprocessing* data yaitu normalisasi data dan pembagian data, selanjutnya dilakukan pelatihan model arsitektur JST *backpropagation*. Pada penelitian ini, dilakukan untuk memperoleh konfigurasi parameter yang memberikan performa terbaik. Oleh karena itu, dilakukan pengujian beberapa kombinasi jumlah neuron pada *hidden layer*

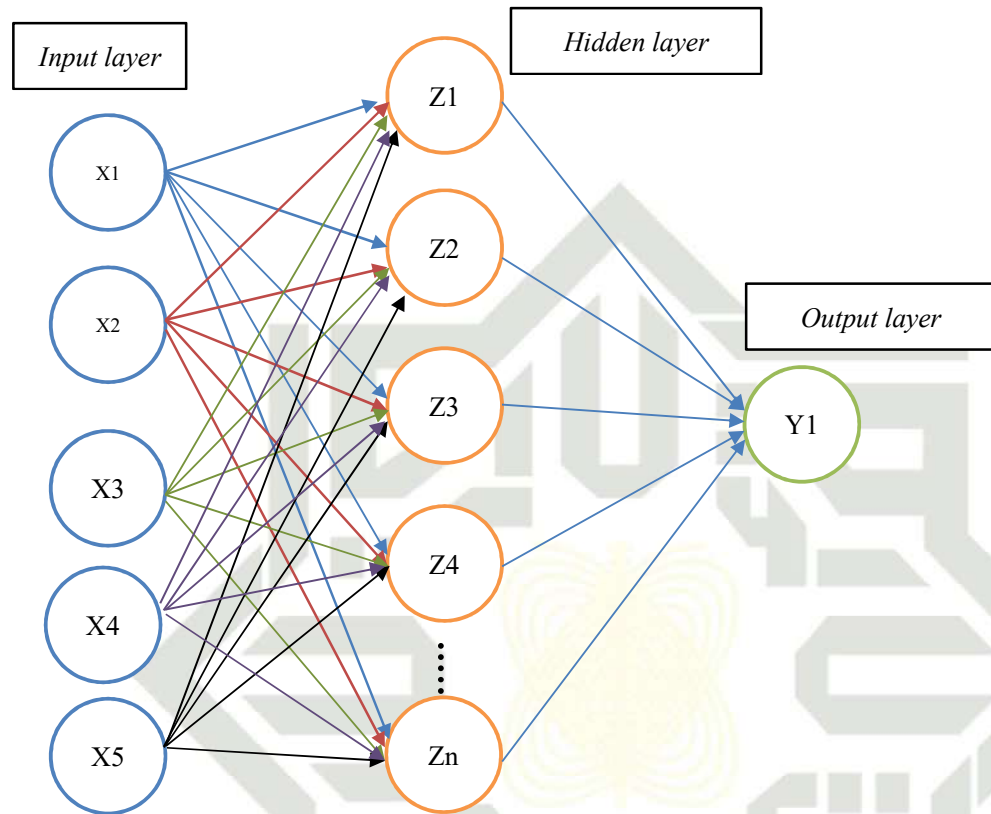
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dan nilai *learning rate*, sedangkan parameter pelatihan lainnya ditetapkan konstan. Konfigurasi terbaik ditentukan berdasarkan nilai MSE minimum pada pelatihan.



Gambar 3.2. Perancangan arsitektur *backpropagation* pada MATLAB

Eksperimen dilakukan dengan menggunakan 1 *hidden layer* dengan 5 variasi jumlah *hidden neuron* yaitu 5, 10, 15, 20, dan 25 *neuron*, sedangkan *Learning Rate* (*lr*) menggunakan 7 variasi yaitu 0.01, 0.05, 0.075, 0.1, 0.3, 0.5, dan 0.9. variasi *learning rate* bertujuan mengidentifikasi pengaruh nilai *learning rate* terhadap dinamika konvergensi dan akurasi model, khususnya risiko osilasi pembelajaran pada nilai *learning rate* yang terlalu besar versus waktu pelatihan yang lama pada nilai yang terlalu kecil. Analisis *jumlah neuron hidden layer* bertujuan mengevaluasi *trade-off* antara kondisi *underfitting* pada jumlah *neuron* yang terlalu sedikit, konfigurasi optimal, dan potensi *overfitting* pada jumlah *neuron* yang berlebihan

Parameter pelatihan lainnya pada penelitian ini ditetapkan dalam kondisi konstan untuk menjaga konsistensi proses pembelajaran pada seluruh skenario percobaan. Parameter konstan meliputi nilai *goal* (target error) sebesar 0.001, nilai *show* sebesar 25 *epoch*, jumlah

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

epoch maksimum sebesar 3000 sebagai batas iterasi pelatihan, serta *momentum constant* (*mc*) sebesar 0.7 untuk mempercepat konvergensi dan menstabilkan pembaruan bobot.

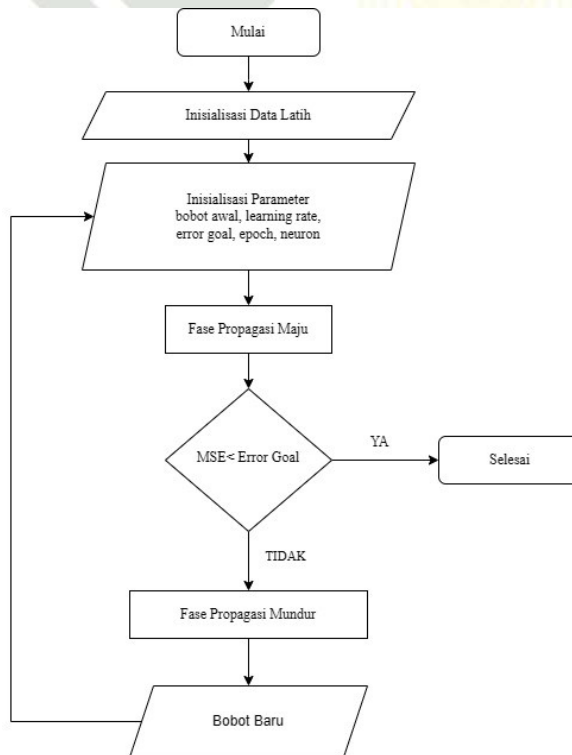
```
% [2] Arsitektur dan Parameter JST
%% =====
hidden_neuron = 25;    % JUMLAH NEURON HIDDEN

net = newff(minmax(P),[hidden_neuron 1],{'logsig','purelin'},'traingdx');

% Parameter pelatihan
net.performFcn = 'mse';
net.trainParam.goal = 0.001;
net.trainParam.epochs = 3000;
net.trainParam.lr = 0.9;
net.trainParam.mc = 0.7;
net.trainParam.show = 25;
```

Gambar 3.3. Menentukan arsitektur dan parameter JST

Kombinasi parameter ini menghasilkan total 35 skenario pelatihan yang berbeda. Setelah mendapatkan hasil pelatihan dengan nilai *error* dari seluruh kombinasi parameter yang diuji, maka arsitektur jaringan tersebut akan dipilih sebagai model terbaik. Model terbaik ini selanjutnya akan digunakan untuk proses pengujian menggunakan data uji dan melakukan peramalan radiasi matahari untuk periode mendatang. Berikut merupakan alur proses pembelajaran algoritma *backpropagation*.



Gambar 3.4. Flowchart Algoritma Backpropagation

3.8.1 Input Data Latih

Tahap pertama dalam melakukan proses pelatihan *backpropagation* pada Matlab adalah memasukan *input* data latih dan target yang telah disiapkan. Pada gambar terlampir bahwa *input* disimpan dalam file Excel dengan nama “Data_Forecastnew.xlsx” berisi 5 *input* dan 1 target.

```
%% =====
% [1] Load dan Siapkan Data (SUDAH DINORMALISASI)
%% =====
filename = 'Data_forecastnew.xlsx';
sheet = 1;
xlRange = 'Q5:V201';    % 5 input + 1 target (normalized)

data = xlsread(filename, sheet, xlRange);

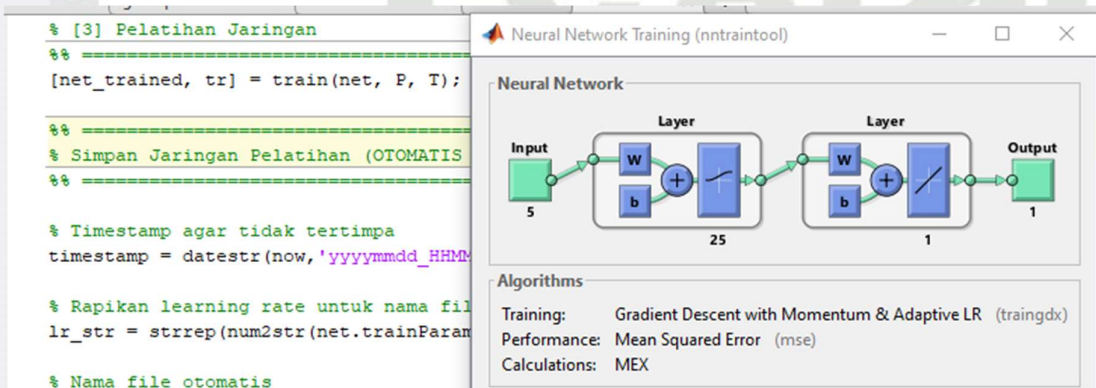
P = data(:,1:5)';    % Input (5 x N)
T = data(:,6)';    % Target (1 x N)

%% =====
```

Gambar 3.5. *Input* data pada software Matlab

3.8.2 Proses Pelatihan JST *Backpropagation*

Setelah dilakukan *input* data, penentuan arsitektur, dan parameter, selanjutnya dilakukan proses *training* menggunakan *nntraintool* yang tersedia pada Matlab. Pada pelatihan ini, simulasi menggunakan laju pembelajaran *Gradient Descent with Momentum & Adaptive LR* (*traingdx*). Fungsi aktivasi yang dipakai adalah fungsi aktivasi *sigmoid biner* pada *layer input* dan *layer output*. Program untuk proses pelatihan data dilampirkan pada lampiran B.2.



Gambar 3.6. Proses Pelatihan JST pada Matlab

3.9 Evaluasi Kinerja JST *Backpropagation*

Evaluasi model dilakukan untuk mengukur sejauh mana performa jaringan syaraf tiruan (JST) *Backpropagation* dalam memprediksi intensitas radiasi matahari. Proses evaluasi ini menggunakan data uji yang sebelumnya telah dipisahkan dari data pelatihan.

Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk melihat keakuratan model dalam menghasilkan prediksi yang mendekati nilai aktual. Program untuk proses pengujian data dilampirkan pada lampiran B.3.

Metrik evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Mean Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MSE digunakan untuk mengukur rata-rata kuadrat dari selisih antara nilai aktual dan hasil prediksi, sedangkan MAPE memberikan gambaran presentase kesalahan rata-rata prediksi terhadap nilai aktual. Nilai MSE dan MAPE yang lebih rendah menunjukkan bahwa model memiliki performa yang baik dalam memetakan hubungan antara variabel *input* dan *output*.

3.10 Peramalan Menggunakan JST *Backpropagation*

Setelah model JST selesai dilatih dan divalidasi, langkah selanjutnya adalah menggunakannya untuk melakukan peramalan intensitas radiasi matahari pada periode tahun 2025 hingga 2035. Model yang digunakan dalam tahap ini merupakan model dengan kombinasi parameter dan arsitektur terbaik berdasarkan hasil evaluasi sebelumnya.

Proses peramalan intensitas radiasi matahari periode 2025–2030 memerlukan ketersediaan nilai variabel masukan pada periode yang sama, sehingga nilai variabel masukan harus diproyeksikan terlebih dahulu ke masa depan. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, penelitian ini melakukan peramalan terhadap setiap variabel masukan secara terpisah menggunakan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) algoritma *backpropagation*, sehingga keluaran peramalan masing-masing variabel dapat digunakan sebagai *input* pada tahap peramalan radiasi matahari. Kode peramalan mode JST *backpropagation* pada lampiran B.1. dan hasil peramalan terhadap setiap variabel masukan data disajikan pada lampiran A.3.

Selanjutnya, hasil peramalan variabel masukan disusun menjadi deret data masukan untuk periode 2025–2030, kemudian digunakan sebagai *input* pada model utama JST *backpropagation* untuk menghasilkan peramalan intensitas radiasi matahari pada periode tersebut. Dengan demikian, prosedur peramalan dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap, yaitu melakukan peramalan terhadap variabel masukan, dan melakukan peramalan variabel target intensitas radiasi matahari menggunakan masukan yang telah diproyeksikan ke masa depan. Hasil peramalan disajikan dalam bentuk grafik dan tabel agar mempermudah dalam melihat pola tren radiasi matahari dari tahun ke tahun.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian pada Bab IV serta memberikan saran yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya dan pemanfaatan hasil penelitian secara praktis. Kesimpulan dirumuskan secara sistematis sesuai dengan tujuan dan rumusan masalah penelitian.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai peramalan intensitas radiasi matahari di Kota Pekanbaru menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan algoritma backpropagation, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil mengembangkan model peramalan intensitas radiasi matahari berbasis Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan algoritma backpropagation menggunakan lima parameter meteorologi sebagai variabel masukan, yaitu indeks kejernihan langit, tutupan awan, curah hujan, kelembaban udara, dan suhu udara. Berdasarkan hasil evaluasi kinerja, diperoleh arsitektur JST terbaik pada konfigurasi 5–20–1 dengan nilai learning rate sebesar 0,01, yang mampu memodelkan hubungan nonlinier antara parameter meteorologi dan intensitas radiasi matahari secara efektif.
2. Model JST terbaik menunjukkan kinerja yang sangat baik dengan nilai Mean Squared Error (MSE) sebesar 0,013076 dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 1,97% pada tahap pelatihan, serta nilai MSE sebesar 0,0307 dan MAPE sebesar 2,71% pada tahap pengujian. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,7657 mengindikasikan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang tinggi serta kemampuan generalisasi yang memadai dalam memprediksi data baru yang tidak digunakan pada proses pelatihan, sehingga model layak digunakan untuk peramalan intensitas radiasi matahari.
3. Hasil peramalan intensitas radiasi matahari untuk periode 2025–2030 menunjukkan pola fluktuasi yang stabil dan konsisten dengan karakteristik data historis, dengan kisaran nilai antara 4,2–5,2 kWh/m²/hari dan rata-rata tahunan sekitar 4,7 kWh/m²/hari. Tidak teridentifikasi adanya tren kenaikan atau penurunan ekstrem, sehingga hasil peramalan dapat dianggap realistis dan representatif terhadap kondisi iklim di Kota Pekanbaru. Dengan demikian, metode JST berbasis backpropagation dinilai layak digunakan sebagai alat peramalan radiasi matahari jangka menengah

dan dapat dimanfaatkan sebagai dasar pendukung dalam analisis potensi energi surya serta perencanaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Saran

Berdasarkan keterbatasan dan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan data radiasi matahari hasil pengukuran langsung dari stasiun meteorologi atau pyranometer terkalibrasi sebagai pembandingan terhadap data satelit *NASA POWER*, guna meningkatkan validitas hasil peramalan.
2. Penggunaan data dengan resolusi waktu yang lebih tinggi, seperti data harian atau perjam, diharapkan dapat meningkatkan kemampuan model dalam menangkap variasi temporal radiasi matahari secara lebih detail.
3. Penelitian lanjutan dapat mengkaji dan membandingkan performa metode Jaringan Syaraf Tiruan *backpropagation* dengan metode kecerdasan buatan lainnya, seperti *Long Short-Term Memory (LSTM)*, *Extreme Learning Machine (ELM)*, atau model hybrid, guna memperoleh akurasi peramalan yang lebih optimal.
4. Pengembangan model dengan penambahan variabel meteorologi lain, seperti kecepatan angin, tekanan udara, atau aerosol, dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan representasi kondisi atmosfer terhadap radiasi matahari.
5. Hasil peramalan intensitas radiasi matahari yang diperoleh dalam penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh instansi terkait, seperti pemerintah daerah, rencana energi, dan investor, sebagai salah satu referensi dalam perencanaan dan pengembangan energi surya di Kota Pekanbaru.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dan praktis dalam bidang peramalan energi surya serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pemodelan radiasi matahari menggunakan pendekatan kecerdasan buatan.

6.2 Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. L. de Macedo and I. de A. Nääs, "Energy Consumption and Regional Development in the Matopiba Region Between 2000 and 2020," *Eur. J. Sustain. Dev. Res.*, vol. 6, no. 4, p. em0195, 2022, doi: 10.21601/ejosdr/12192.
- [2] E. Kabir, P. Kumar, S. Kumar, A. A. Adelodun, and K. H. Kim, "Solar energy: Potential and future prospects," 2018, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.rser.2017.09.094.
- [3] D. Septiadi, P. Nanlohy, M. Souissa, and F. Y. Rumlawang, "PROYEKSI POTENSI ENERGI SURYA SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN (STUDI WILAYAH AMBON DAN SEKITARNYA)", *j. meteorologi dan geofisika*, vol. 10, no. 1, Jul. 2009.
- [4] E. P. Cynthia, N. Yanti, Y. Fitriani, and Y. Yusra, "Prediksi radiasi matahari dengan penerapan metode Elman recurrent neural network," in *Proc. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SNTIKI)*, Pekanbaru, Indonesia, Nov. 2019, pp. 22–29.
- [5] NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER), "NASA Surface meteorology and Solar Energy (SSE) Data Set. Available online: <https://power.larc.nasa.gov>. (Accessed: May 20, 2025).
- [6] M. Diagne, M. David, P. Lauret, J. Bolland, 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, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.042>.
- [7] S. Moreno-Tejera, M. A. Silva-Pérez, I. Lillo-Bravo, and L. Ramírez-Santigosa, "Solar resource assessment in Seville, Spain. Statistical characterisation of solar radiation at different time resolutions," *Sol. Energy*, vol. 132, pp. 430–441, Jul. 2016, doi: 10.1016/j.solener.2016.03.032.
- [8] G. G. Tolun and Y. A. Kaplan, "Development of Backpropagation Algorithm for Estimating Solar Radiation: a Case Study in Turkey," *Rev. Roum. des Sci. Tech. Ser. Electrotech. Energy.*, vol. 68, no. 3, pp. 313–316, 2023, doi: 10.59277/RRST-EE.2023.68.3.11.
- [9] N. Premalatha and A. Valan Arasu, "Prediction of solar radiation for solar systems by using ANN models with different back propagation algorithms," *J. Appl. Res.*

© *Technol.*, vol. 14, no. 3, pp. 206–214, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jart.2016.05.001>.

- [10] P. Simanjuntak and K. Wibowo, “ESTIMASI INTENSITAS RADIASI MATAHARI DENGAN MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION DI KOTA JAYAPURA”, *fisa*, vol. 8, no. 1, pp. 44-49, Apr. 2023.
- [11] M. A. Imaduddin, F. Hamami, and R. Y. Fa’Rifah, “Prediksi Cuaca Pada Data Time Series Menggunakan Backpropagation Neural Network (Bpnn),” *e-Proceeding Eng.*, vol. 10, no. 5, p. 4873, 2023, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/21333>
- [12] P. Yew, Y. H. Ho, F. K. Elektronik, and K. Komputer, “Solar Irradiance Forecasting for Malaysia Using Multiple,” no. 2015, pp. 83–90, 2022, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/21333>
- [13] P. A. Nugroho, “Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Multi-Layer Perceptron Untuk Prediksi Penyinaran Matahari Kota Bandung,” *Komputa J. Ilm. Komput. dan Inform.*, vol. 12, no. 1, pp. 83–90, 2023, doi: 10.34010/komputa.v12i1.9419.
- [14] K. N. Liou, *An Introduction to Atmospheric Radiation*. in International Geophysics. Elsevier Science, 2002. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=mQ1DiDpX34UC>
- [15] A. Deqita, “Artikel Analisis Intensitas Radiasi Matahari Dan Peningkatan Suhu Lingkungan,” *J. Pendidik. Fis. dan Sains*, vol. 5, no. 2, pp. 76–82, 2022, doi: 10.52188/jpfs.v5i2.237.
- [16] D. Ardiansyah, “Perbandingan Model Prediksi Radiasi Matahari Berbasis Mesin Pembelajaran Pada Stasiun Meteorologi Fatmawati Soekarno Bengkulu,” *Megasains*, vol. 14, no. 1, pp. 26–32, 2023, doi: 10.46824/megasains.v14i1.129.
- [17] S. Sobri, S. Koohi-Kamali, and N. A. Rahim, “Solar photovoltaic generation forecasting methods: A review,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 156, no. November 2017, pp. 459–497, 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2017.11.019.
- [18] N. A. Handayani and D. Ariyanti, “Potency of Solar Energy Applications in Indonesia Article history,” 2012. [Online]. Available: www.ijred.com
- [19] L. Benali, G. Notton, A. Fouilloy, C. Voyant, and R. Dizene, “Solar radiation

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

forecasting using artificial neural network and random forest methods: Application to normal beam, horizontal diffuse and global components,” *Renew. Energy*, vol. 132, pp. 871–884, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.renene.2018.08.044.

[20] P. Tzoumanikas, E. Nikitidou, A. F. Bais, and A. Kazantzidis, “The effect of clouds on surface solar irradiance, based on data from an all-sky imaging system,” *Renew. Energy*, vol. 95, pp. 314–322, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.04.026>.

[21] T. O. Falope, L. Lao, and D. Hanak, “A Three-Step Weather Data Approach in Solar Energy Prediction Using Machine Learning,” *Renew. Energy Focus*, vol. 50, p. 100615, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ref.2024.100615>.

[22] T. Khatib, A. Mohamed, and K. Sopian, “A review of solar energy modeling techniques,” Jun. 2012. doi: 10.1016/j.rser.2012.01.064.

[23] A. A. Gifari, Misbahuddin, and M. S. Yadnya, “Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Backpropagation Untuk Prediksi Curah Hujan Berbasis Website,” *Dielektrika*, vol. 2, no. 2086–9487, pp. 2–2, 2020.

[24] C. M. Travieso-González, F. Cabrera-Quintero, A. Piñán-Roescher, and S. Celada-Bernal, “A Review and Evaluation of the State of Art in Image-Based Solar Energy Forecasting: The Methodology and Technology Used,” *Appl. Sci.*, vol. 14, no. 13, 2024, doi: 10.3390/app14135605.

[25] C. C. Wei, “Predictions of surface solar radiation on tilted solar panels using machine learning models: A case study of Tainan City, Taiwan,” *Energies*, vol. 10, no. 10, 2017, doi: 10.3390/en10101660.

[26] M. Rumbayan, A. Abudureyimu, and K. Nagasaka, “Mapping of solar energy potential in Indonesia using artificial neural network and geographical information system,” Apr. 2012. doi: 10.1016/j.rser.2011.11.024.

[27] S. Ozbay, “Modified Backpropagation Algorithm with Multiplicative Calculus in Neural Networks,” *Elektron. ir Elektrotehnika*, vol. 29, no. 3, pp. 55–61, 2023, doi: 10.5755/j02.eie.34105.

[28] Euis Saraswati, Yuyun Umaidah, and Apriade Voutama, “Penerapan Algoritma Artificial Neural Network untuk Klasifikasi Opini Publik Terhadap Covid-19,” *Gener. J.*, vol. 5, no. 2, pp. 109–118, 2021, doi: 10.29407/gj.v5i2.16125.

[29] Z. E. Mohamed, “Using the artificial neural networks for prediction and validating solar radiation,” *J. Egypt. Math. Soc.*, vol. 27, no. 1, 2019, doi: 10.1186/s42787-019-

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

0043-8.

- [30] A. Agung, A. Daniswara, I. Kadek, and D. Nuryana, "Data Preprocessing Pola Pada Penilaian Mahasiswa Program Profesi Guru," *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 05, pp. 97–100, 2023.
- [31] T. Jayalakshmi and A. Santhakumaran, "Statistical Normalization and Back Propagation for Classification," *Int. J. Comput. Theory Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 89–93, 2011, doi: 10.7763/ijcte.2011.v3.288.
- [32] M. A. Behrang, E. Assareh, A. Ghanbarzadeh, and A. R. Noghrehabadi, "The potential of different artificial neural network (ANN) techniques in daily global solar radiation modeling based on meteorological data," *Sol. Energy*, vol. 84, no. 8, pp. 1468–1480, Aug. 2010, doi: 10.1016/j.solener.2010.05.009.

LAMPIRAN A DATA SEKUNDER

A.1. Tabel Dataset Meteorologi Bulanan Kota Pekanbaru Periode 2001-2024

PARAMETER	Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Indeks Kejernihan Langit	2001	0.42	0.46	0.51	0.49	0.5	0.51	0.53	0.48	0.47	0.53	0.45	0.49
	2002	0.41	0.45	0.47	0.49	0.5	0.49	0.5	0.5	0.41	0.42	0.46	0.45
	2003	0.44	0.42	0.5	0.5	0.52	0.49	0.48	0.45	0.48	0.49	0.47	0.41
	2004	0.43	0.45	0.46	0.49	0.53	0.53	0.49	0.49	0.43	0.46	0.45	0.41
	2005	0.42	0.41	0.42	0.48	0.46	0.51	0.47	0.49	0.5	0.47	0.46	0.47
	2006	0.41	0.47	0.48	0.46	0.46	0.48	0.5	0.49	0.42	0.38	0.43	0.38
	2007	0.42	0.45	0.48	0.5	0.51	0.53	0.48	0.45	0.48	0.47	0.46	0.42
	2008	0.44	0.42	0.42	0.49	0.51	0.49	0.49	0.47	0.47	0.46	0.49	0.43
	2009	0.42	0.43	0.48	0.49	0.53	0.51	0.5	0.49	0.47	0.46	0.48	0.43
	2010	0.44	0.47	0.46	0.48	0.48	0.5	0.47	0.47	0.46	0.5	0.46	0.46
	2011	0.39	0.49	0.47	0.48	0.51	0.49	0.54	0.46	0.42	0.45	0.45	0.39
	2012	0.5	0.43	0.47	0.51	0.51	0.53	0.52	0.42	0.47	0.44	0.46	0.42
	2013	0.47	0.43	0.49	0.51	0.53	0.53	0.51	0.51	0.48	0.49	0.48	0.42
	2014	0.4	0.43	0.41	0.5	0.5	0.55	0.53	0.49	0.43	0.46	0.47	0.45
	2015	0.47	0.45	0.47	0.5	0.49	0.55	0.52	0.46	0.33	0.28	0.45	0.46
	2016	0.44	0.43	0.48	0.49	0.51	0.53	0.53	0.54	0.53	0.49	0.47	0.49
	2017	0.47	0.43	0.46	0.49	0.49	0.53	0.53	0.47	0.48	0.51	0.47	0.46
	2018	0.46	0.44	0.45	0.46	0.47	0.5	0.49	0.52	0.47	0.45	0.48	0.48
	2019	0.46	0.48	0.51	0.52	0.52	0.47	0.54	0.5	0.41	0.45	0.46	0.42
	2020	0.45	0.47	0.48	0.49	0.49	0.49	0.48	0.53	0.47	0.5	0.45	0.46
	2021	0.4	0.48	0.47	0.5	0.48	0.54	0.53	0.48	0.5	0.51	0.5	0.44
	2022	0.48	0.45	0.53	0.49	0.53	0.51	0.51	0.47	0.47	0.49	0.47	0.43
	2023	0.42	0.45	0.43	0.49	0.51	0.53	0.51	0.46	0.5	0.45	0.45	0.39
	2024	0.42	0.43	0.46	0.49	0.45	0.49	0.52	0.44	0.47	0.5	0.43	0.48
	2025	0.37	0.41	0.42	0.47	0.51	0.54	0.52	0.51	- 999	- 999	- 999	-999
Intensitas Radiasi Matahari	2001	4.18	4.73	5.38	4.98	4.86	4.80	5.04	4.75	4.80	5.42	4.49	4.79
	2002	4.05	4.68	4.88	4.95	4.87	4.58	4.69	4.97	4.20	4.38	4.60	4.40
	2003	4.38	4.31	5.27	5.10	5.07	4.61	4.55	4.40	4.88	5.09	4.69	4.04

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

Tutupan Awan

2004	4.27	4.61	4.84	4.95	5.15	4.92	4.62	4.86	4.43	4.71	4.55	4.00
2005	4.21	4.27	4.45	4.93	4.42	4.71	4.46	4.84	5.09	4.85	4.64	4.61
2006	4.13	4.86	5.03	4.73	4.46	4.46	4.68	4.80	4.28	3.93	4.29	3.69
2007	4.16	4.62	5.03	5.05	4.91	4.91	4.50	4.48	4.88	4.85	4.61	4.14
2008	4.43	4.35	4.38	4.95	4.96	4.54	4.59	4.65	4.84	4.71	4.91	4.21
2009	4.24	4.41	5.07	4.99	5.11	4.77	4.75	4.84	4.82	4.69	4.84	4.22
2010	4.43	4.88	4.84	4.88	4.65	4.65	4.44	4.68	4.72	5.19	4.60	4.54
2011	3.93	5.06	4.94	4.91	4.94	4.60	5.07	4.56	4.31	4.64	4.53	3.88
2012	5.03	4.46	4.97	5.15	4.90	4.93	4.90	4.20	4.82	4.54	4.66	4.10
2013	4.65	4.41	5.14	5.20	5.12	4.91	4.83	5.05	4.89	5.09	4.77	4.10
2014	3.99	4.41	4.35	5.05	4.84	5.10	5.03	4.88	4.44	4.70	4.72	4.46
2015	4.67	4.70	4.90	5.13	4.72	5.12	4.90	4.55	3.42	2.85	4.48	4.52
2016	4.41	4.45	5.02	5.03	4.93	4.90	5.00	5.37	5.40	4.99	4.67	4.85
2017	4.67	4.47	4.87	5.02	4.69	4.93	5.03	4.62	4.88	5.27	4.76	4.54
2018	4.57	4.59	4.71	4.70	4.59	4.67	4.66	5.14	4.83	4.67	4.77	4.69
2019	4.62	4.97	5.29	5.27	4.99	4.37	5.09	4.89	4.17	4.61	4.64	4.13
2020	4.46	4.88	5.03	4.94	4.72	4.59	4.52	5.26	4.81	5.16	4.46	4.54
2021	4.05	5.01	4.97	5.08	4.68	5.01	4.97	4.72	5.12	5.30	5.03	4.31
2022	4.77	4.66	5.58	5.01	5.08	4.72	4.81	4.62	4.79	5.02	4.68	4.22
2023	4.15	4.69	4.51	4.95	4.91	4.99	4.78	4.53	5.08	4.67	4.56	3.88
2024	4.17	4.49	4.85	4.94	4.38	4.56	4.88	4.33	4.86	5.15	4.34	4.69
2025	3.69	4.28	4.38	4.78	4.90	5.03	4.87	5.04	- 999	- 999	- 999	-999
2001	94.9	93.7 2	82.2 6	89.1	77.8 6	83.2 9	62.4 6	86.8 7	81.8 8	90.5 8	96.2 9	86
2002	85.9 2	81.5	86.4 9	82.5 5	71.8 3	71.9 6	80.8 4	81.4 3	90.5 7	84.4 4	92.8 8	90.2 3
2003	89.0 6	87.7 9	83.9 8	87.2 2	77.3 6	73.4 1	78.9 2	86.3 2	86.7 4	91.9 7	95.6 3	89.3 3
2004	83.2 6	88.0 2	93.3 8	80.9 4	77.7 9	73.4 5	84.2 4	79.3 4	85.6 4	85.8 1	90.1 9	92.1 6
2005	79.5 6	74.5 9	84.4 3	81.7 9	83.3 4	80.6	83.1 8	78.0 8	81.4 7	91.7 5	94	91.8 3
2006	93.8 8	77.9 1	79.3 8	90.5 5	82.3 3	75.5 1	72.5 7	68.2 5	80.9 2	80.7 8	83.8 9	94.4 3
2007	90.8 2	71.4 8	82.3 6	78.1 1	76.9	74.3	83.5 7	76.2 1	84.1 8	91.2 7	93.8 5	92.7 5

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

arah Hujan	2008	89.1 8	97.1 8	88.0 4	86.1 8	74.5 3	81.4 7	77.4 7	72.8 5	86.5	89.4	89.5 4	93.9 6
	2009	86.4 7	94.2 3	86.4 6	81.9 1	77.9 3	69.1 3	76.6 1	81.9 7	86.6 5	88.9	88.9 2	89.5 7
	2010	88.8 5	78.6 5	82.8	84.1 5	86.2 6	84.5 2	86.5 1	82.8 7	87.2 5	90.2 2	95.7 8	96.2 2
	2011	96.1 7	83.5 9	93.1 8	83.0 6	78.8 5	80.2	65.1 2	72.3 5	83.2 6	90.9 9	93.9 4	93.6 5
	2012	88.0 1	90.9 8	90.6 3	84.8	85.2 3	68.8 5	76.7 3	74.9 3	80.1 4	91.3	94	94.4 1
	2013	92.7 9	93.5 5	79.8	89.0 7	84.6 6	72.3 2	79.6 7	75.8 6	89.2 9	91.6 3	93.5 2	95.5 4
	2014	92.5 4	80.0 1	69.4 7	86.3	89.8	76.5 5	78.0 6	85.4 6	79.2 2	83.7 5	91.5	94.8 3
	2015	80.8 8	76.1 5	85.7 2	88.9 5	80.2 1	63.2 6	82.4 1	83.9 3	78.5 3	88.1 2	93.3 1	92.4 2
	2016	89.1 6	90.1 7	82.3 6	86.8 5	91.3 5	83.5 9	78.5 7	87.7 5	88.2 6	94.5 7	96.5	93.5 5
	2017	95.4 3	94.2 6	88.5 2	91.1 2	90.5 1	83.2 7	73.2 1	86.0 8	89.9	89.9 3	94.5 8	93.6 8
	2018	96.6 6	86.3	89.5 6	92.2 5	89.9	86.2 7	86.8 6	76.8 6	88	91.3 2	95.3 2	94.1 2
	2019	93.4	83.4 3	80.5 5	87.6 9	82.4	86.3 9	69.4 5	77.8 2	72.9 6	90.3 8	89.3 7	94.1 9
	2020	88.6 3	86.2 8	83.8 7	88.7 4	88.5 3	85.6 1	85.5 9	80.0 7	89.7 7	92.3 5	97	92
	2021	95.3 8	81.3 6	85.5 2	85.2 9	90.8 2	80.4 2	77.8 7	89.3 2	87.3 7	87.2 1	92.8 7	93.3 1
	2022	86.8	93.3 9	76.8 6	86.7 2	83.1	88.4 4	81.3 2	85.2 7	93.5 5	95.3 3	94.7 2	95.7 6
	2023	97.1 7	93.0 6	87.3 6	85.8 3	85.3 6	78.4 3	85.2 5	78.5 6	78.0 3	82.2 2	89.3 5	92.5 3
	2024	90.8 4	88.2 4	85.8 5	89.5 5	91.1	84.9 3	76.8	88.4	87.9 8	88.1 5	94.1 3	91.7 7
	2025	96.7 5	94.2 7	91.4 3	87.8 3	86.3 5	81.5 4	76.6 6	83.7 8	- 999	- 999	- 999	-999
	2001	266. 7	170. 1	187. 2	297. 1	168. 0	135. 8	110. 2	152. 9	178. 2	380. 3	246. 7	266. 0
	2002	172. 5	58.7	324. 5	383. 7	297. 8	153. 5	191. 1	148. 0	299. 9	163. 3	351. 7	496. 2
	2003	412. 0	271. 0	323. 1	363. 4	185. 8	184. 6	136. 4	214. 8	347. 9	306. 8	506. 9	434. 3
	2004	272. 8	190. 8	360. 6	358. 6	164. 2	149. 8	142. 4	103. 7	224. 6	513. 0	312. 2	218. 8

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

2005	129. 8	89.4	188. 6	258. 6	200. 4	95.4	359. 3	444. 8	208. 8	393. 4	360. 8	325. 9
2006	255. 4	145. 3	205. 3	234. 2	280. 2	181. 5	94.2	236. 9	124. 3	180. 2	135. 5	438. 7
2007	286. 1	214. 6	246. 7	351. 3	294. 9	140. 4	185. 0	183. 2	286. 3	445. 9	265. 0	186. 0
2008	162. 9	137. 6	392. 3	301. 3	90.4	245. 7	216. 1	188. 5	395. 2	211. 9	307. 7	183. 5
2009	165. 4	133. 8	404. 1	255. 0	128. 8	118. 9	108. 3	214. 1	273. 2	361. 6	361. 9	534. 3
2010	415. 3	193. 3	431. 7	331. 0	311. 0	269. 7	302. 3	252. 7	407. 4	193. 6	235. 9	203. 8
2011	284. 3	107. 4	138. 0	301. 7	106. 4	96.8	54.8	200. 7	270. 7	255. 1	345. 5	306. 2
2012	80.8	281. 9	287. 4	137. 7	209. 5	132. 9	213. 8	54.8	198. 8	261. 4	441. 5	273. 9
2013	115. 8	326. 4	318. 9	233. 1	148. 0	69.1	163. 9	184. 6	181. 9	430. 0	383. 9	483. 9
2014	227. 7	23.4	165. 1	313. 1	243. 4	130. 9	174. 3	170. 6	140. 3	319. 5	417. 9	274. 1
2015	141. 5	42.6	325. 6	180. 7	147. 8	128. 0	46.6	294. 4	83.4	78.5	395. 8	292. 3
2016	288. 1	203. 8	211. 8	305. 0	240. 1	154. 4	252. 2	93.6	253. 8	209. 7	487. 2	188. 7
2017	321. 9	291. 3	357. 0	366. 7	393. 5	259. 4	146. 1	184. 1	387. 0	223. 6	448. 4	254. 8
2018	110. 5	172. 0	285. 1	172. 3	243. 8	258. 8	123. 8	125. 7	125. 2	451. 7	359. 4	434. 9
2019	206. 9	136. 9	156. 9	253. 4	155. 8	287. 4	87.3	61.3	71.4	210. 3	277. 0	187. 8
2020	152. 3	48.5	120. 0	371. 3	246. 5	192. 8	167. 0	181. 9	251. 4	243. 3	371. 7	147. 6
2021	302. 0	91.3	358. 1	366. 7	283. 3	218. 3	113. 5	246. 0	303. 4	373. 0	278. 8	236. 2
2022	262. 8	293. 1	235. 4	407. 3	246. 2	298. 0	225. 6	222. 6	172. 1	437. 1	251. 8	334. 3
2023	195. 4	191. 7	267. 9	212. 8	204. 8	227. 5	137. 2	240. 9	186. 0	150. 3	358. 0	458. 7
2024	384. 1	315. 0	194. 3	300. 1	375. 7	323. 2	85.6	175. 5	124. 4	234. 6	336. 1	217. 2
2025	407. 3	301. 2	236. 1	358. 8	217. 5	177. 9	92.2	182. 8	269. 0	162. 6	193. 4	- 999. 0

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Kelembaban

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

2001	91.2 8	90.1 9	89.0 5	92.0 5	91.7 7	90.4 1	89.4 1	89.5 1	89.7 5	90.2 5	92.0 6	91.6 7
2002	89.6 3	88.0 3	89.9 2	91.3 6	91.5	90.7 6	90.2	88.4 8	89.7 2	88.8 4	91.1 5	91.7 6
2003	91.4 5	90.7 1	89.7 9	91.9 6	89.7 5	90.9 9	90.4 4	89.7 5	89.8	90.9 3	91.5 5	91.6 5
2004	91.1 9	90.5 5	90.7 9	90.7 3	89.8 9	90.3 1	90.3 6	88.3 6	90.2 3	90.7 5	91.8	91.8
2005	89.2 2	89.1 4	89.9 3	90.1	91.6 8	90.7 4	90.7 6	90.4 1	89.0 7	91.2 3	91.2	92.0 5
2006	91.6 7	89.7 5	89.4	91.2	91.9 7	91.3 6	90.2 4	89.1 8	90.0 6	91.0 9	91.2 1	92.5 7
2007	91.6 1	89.5	89.5 8	91.7 5	92.3 4	91.6 2	91.4 4	89.9 1	90.1 7	91.0 3	91.3 2	91.6 5
2008	91.0 5	89.7 9	91.2 1	92.3 4	90.6	91.6 5	91.3 2	90.5	90.5 7	89.8 6	91.3 7	90.5
2009	89.8 5	89.0 2	89.7 9	91.1 7	90.4 8	91.2 4	90.7 2	89.4 3	89.3 5	90.3 7	91.4 9	92.0 8
2010	90.8 8	90.0 5	90.6 1	91.9 4	91.5 4	91.3 3	91.0 1	90.4 3	89.8 4	89.4 4	91.1	90.7 8
2011	92.1 4	88.6 2	89.6 6	91.4 9	90.8 1	91.1	88.7 7	89.1	90.1 7	89.6 4	91.6 3	92.5 1
2012	88.3	90.2 9	90.7 4	90.8 5	91.8 3	90.2 4	90.6 5	90.1 7	90.0 7	90.8 4	91.5 7	91.8 9
2013	89.9 6	90.2 7	89.9 3	90.5 6	90.9 8	89.5 5	89.6 3	89.4 3	89.8 4	90.7 5	91.4 6	91.7 4
2014	89.9 4	87.4 6	87.9	90.8 2	91.7 7	89.9	89.4 7	89.4 5	88.8 8	89.6 4	91.7 4	92.1 4
2015	89.9 1	88.0 1	90.1 4	91.2 8	91.9 7	90.9 6	89.2 4	90.0 6	89.5 6	88.0 5	91.2 2	90.6 6
2016	90.4 5	89.3 6	89.9 6	90.9 8	91.4 7	89.9 8	90.1 5	88.1	88.7 1	89.4	91.3	91.4
2017	89.3 7	89.9 9	90.3 4	91.9 1	92.5 8	91	89.9 8	90.5	89.2 2	89	91.2 3	90.7 7
2018	90	89.1 3	90.4 1	90.5 6	92.3 1	92.2 5	90.5 3	88.5 5	88.9	90.7 1	90.8 4	91.3
2019	90.1 8	87.8 4	87.7 2	90.5 3	91.4	91.7	89.5	88.0 8	87.3	88.8 4	90.0 3	91.1 6
2020	88.8 5	87.1	87.4 8	91.2 1	91.6 8	92.1 7	91.0 4	89.8 9	89.9 4	89.4 9	91.4 8	90.8 2
2021	91.0 1	88.5 4	90.7 5	91.2 1	91.9 4	91.1 4	90.3 1	90.6 9	89.7 7	89.1 1	89.5 2	91.1 8
2022	89.7	91.2 3	90.0 7	92.0 4	91.1 9	92.3 6	90.3 3	90.2 8	89.3 2	90.2 3	90.7 4	92

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Suhu Udara

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

2023	90.9 6	90.1 8	89.6 2	91.5 1	91.5 5	91.6 4	90.7 7	90.4 6	88.4 4	89.3 3	92.2 6	93.0 4
2024	92.1 3	90.5 1	90.5 7	92.4 3	93.2 6	92.2 2	90.3 3	90.5 4	88.9 5	88.1 7	91.5	90.5 6
2025	92.4 9	90	91.7 5	91.2 6	91.1	90.3 5	89.7 4	88.8 5	89.3 3	88.5 3	90.4 9	-999
2001	25.1 2	25.6 4	26	26.3 4	26.3 6	25.6 3	25.7 7	25.8 4	25.8 3	26.1 6	25.5 5	25.4 8
2002	25.6 6	25.7 5	26.3 7	26.4 8	26.5 8	26.1 4	25.9 9	25.9 4	25.6 8	26.1	25.9 1	25.9 5
2003	25.5 4	25.7	26.2 1	26.4 3	26.5 1	25.9 6	25.7 8	25.9 7	25.8 7	25.8 3	25.9 1	25.4
2004	25.6 1	25.7 4	26.2	26.8	26.5 4	25.7 3	25.5 5	26.2 2	25.9 7	25.6 2	25.8 9	25.5 3
2005	25.6 2	26.3	26.1 4	26.4 7	26.5 2	26.0 6	25.7 9	25.7 9	26.2 7	25.9 7	25.7 1	25.4 3
2006	25.3 8	26.1 1	26.1 8	26.1 4	26.0 2	25.8 7	25.9 2	25.8 9	25.6 1	25.8 9	26.0 2	25.7 4
2007	25.5 1	25.7	25.9 5	26.2	26.3 7	26.1 9	25.7 2	25.7 9	25.7 4	25.8 1	25.5 8	25.2 7
2008	25.6 1	25.3 5	25.5 4	25.9 1	26.0 8	25.7 5	25.5 2	25.8 2	25.7 5	26.2 6	26.0 3	25.5 4
2009	25.4	25.7 9	25.9 3	26.4 8	26.4 7	26.0 7	25.8 4	26.2 2	26.2 9	26.0 4	25.8 3	25.6 7
2010	25.6 6	26.6 7	26.3 2	26.6 5	27.0 2	26.1 1	25.7 5	25.8 8	26.0 2	25.8 2	25.6	24.9 3
2011	24.7 6	25.7 2	25.5 9	25.8 1	26.3 5	26.0 3	26.0 3	25.9 8	25.8	25.9 4	25.7	25.2 9
2012	25.6 5	25.8 5	25.5 4	26.0 4	26.1 2	26.2 1	25.7 1	25.8 7	25.9 2	25.9 3	25.9 7	25.8
2013	25.8	25.7 1	26.5 7	26.4 1	26.5 2	26	25.5 8	25.6 1	25.7 7	25.8 2	25.7 2	25.4 2
2014	25.1 4	26.1 1	26.6	26.1 9	26.7 5	26.4 1	26.0 5	25.9	26.1 8	26.3 3	25.8 8	25.3 7
2015	25.3 8	25.9 1	25.8 9	26.2 4	26.5 1	26.4 1	26.3 9	26.2 6	26.1 8	26.6 1	26.2 3	26.2 3
2016	26.6 8	26.4 2	26.9 8	27.2 3	27.0 3	26.0 7	26	26.1 9	26	25.8 4	25.9 4	25.4 9
2017	25.4 3	25.8	25.8 7	26.2 1	26.5 5	26.1 7	25.9 9	26.0 1	26.3 5	26.2 3	26.0 2	25.9 1
2018	25.1 9	25.8 9	26.2 2	26.7 3	26.5 4	25.8	25.9 5	26.0 5	26.0 3	26.0 8	26.0 8	25.8 4
2019	26.2 1	26.6 9	26.6 9	26.9 1	26.7 9	26.5 9	26.3 9	26.3 4	26.5	26.3 3	26.2 7	25.9 8

2020	26.4 2	26.7 5	27.0 7	26.7 4	26.9 6	26.1 7	26.0 5	26.1 4	26.1	25.9 3	25.8 9	25.6 6
2021	25.2 8	26.1 8	26.0 1	26.0 1	26.7 7	25.9 6	25.8 7	25.9 4	26.1 5	26.3 6	26.0 7	25.8 9
2022	26	25.4 2	26.2 2	26.1 5	26.5 6	25.8 8	26.2 8	26.1 8	25.8 7	26.0 9	25.8 7	25.5 1
2023	25.4 4	25.6 1	26.0 1	26.5 6	27.0 6	26.5 8	26.4	26.7 1	26.9 5	26.9 8	26.5 8	26.4 4
2024	26.3 6	26.9 8	27.2	27.3 8	27.2	26.7 8	26.8 1	26.7 4	26.8 8	26.8 8	26.2 2	26.0 8
2025	25.5 9	26.1 2	26.1	26.3	26.7 8	26.2 2	26.3	26	26.1	26.2 9	25.8 9	-999

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

UIN SUSKA RIAU

A.2 Tabel Hasil Perhitungan Transformasi Data

No	Indeks Kejernihan Langit	Tutupan Awan	Curah Hujan	Kelembaban	Suhu Udara	Intensitas Radiasi Matahari
1	0.5148	0.8475	0.4810	0.6429	0.2099	0.4892
2	0.6333	0.8203	0.3296	0.5013	0.3687	0.6520
3	0.7815	0.5562	0.3565	0.3532	0.4786	0.8414
4	0.7222	0.7138	0.5285	0.7429	0.5824	0.7242
5	0.7519	0.4548	0.3265	0.7065	0.5885	0.6893
6	0.7815	0.5800	0.2759	0.5299	0.3656	0.6718
7	0.8407	0.1000	0.2359	0.4000	0.4084	0.7412
8	0.6926	0.6624	0.3027	0.4130	0.4298	0.6582
9	0.6630	0.5475	0.3424	0.4442	0.4267	0.6708
10	0.8407	0.7479	0.6589	0.5091	0.5275	0.8544
11	0.6037	0.8795	0.4496	0.7442	0.3412	0.5807
12	0.7222	0.6424	0.4799	0.6935	0.3198	0.6678
13	0.4852	0.6406	0.3334	0.4286	0.3748	0.4524
14	0.6037	0.5387	0.1553	0.2208	0.4023	0.6362
15	0.6630	0.6537	0.5715	0.4662	0.5916	0.6962
16	0.7222	0.5629	0.6641	0.6532	0.6252	0.7157
17	0.7519	0.3159	0.5297	0.6714	0.6557	0.6934
18	0.7222	0.3189	0.3037	0.5753	0.5214	0.6064
19	0.7519	0.5235	0.3626	0.5026	0.4756	0.6407
20	0.7519	0.5371	0.2950	0.2792	0.4603	0.7204
21	0.4852	0.7477	0.5330	0.4403	0.3809	0.4967
22	0.5148	0.6065	0.3191	0.3260	0.5092	0.5477
23	0.6333	0.8009	0.6140	0.6260	0.4511	0.6141
24	0.6037	0.7399	0.8403	0.7052	0.4634	0.5532
25	0.5741	0.7129	0.7084	0.6649	0.3382	0.5470
26	0.5148	0.6836	0.4877	0.5688	0.3870	0.5290
27	0.7519	0.5959	0.5692	0.4494	0.5427	0.8100
28	0.7519	0.6705	0.6324	0.7312	0.6099	0.7601
29	0.8111	0.4433	0.3542	0.4442	0.6344	0.7501

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

30	0.7222	0.3523	0.3524	0.6052	0.4664	0.6171
31	0.6926	0.4793	0.2769	0.5338	0.4115	0.5995
32	0.6037	0.6498	0.3996	0.4442	0.4695	0.5544
33	0.6926	0.6594	0.6080	0.4506	0.4389	0.6964
34	0.7222	0.7783	0.5438	0.5974	0.4267	0.7569
35	0.6630	0.8652	0.8571	0.6779	0.4511	0.6386
36	0.4852	0.7191	0.7433	0.6909	0.2954	0.4495
37	0.5444	0.5793	0.4904	0.6312	0.3595	0.5167
38	0.6037	0.6889	0.3621	0.5481	0.3992	0.6145
39	0.6333	0.8124	0.6280	0.5792	0.5397	0.6844
40	0.7222	0.5258	0.6249	0.5714	0.7229	0.7172
41	0.8407	0.4532	0.3205	0.4623	0.6435	0.7741
42	0.8407	0.3532	0.2979	0.5169	0.3962	0.7066
43	0.7222	0.6018	0.2863	0.5234	0.3412	0.6185
44	0.7222	0.4880	0.2258	0.2636	0.5458	0.6881
45	0.5444	0.6341	0.4149	0.5065	0.4695	0.5620
46	0.6333	0.6380	0.8666	0.5740	0.3626	0.6443
47	0.6037	0.7389	0.5522	0.7104	0.4450	0.5978
48	0.4852	0.7843	0.4059	0.7104	0.3351	0.4371
49	0.5148	0.4940	0.2666	0.3753	0.3626	0.4989
50	0.4852	0.3795	0.2034	0.3649	0.5702	0.5171
51	0.5148	0.6062	0.3586	0.4675	0.5214	0.5689
52	0.6926	0.5454	0.4682	0.4896	0.6221	0.7096
53	0.6333	0.5811	0.3771	0.6948	0.6374	0.5615
54	0.7815	0.5180	0.2128	0.5727	0.4969	0.6468
55	0.6630	0.5774	0.6259	0.5753	0.4145	0.5713
56	0.7222	0.4599	0.7598	0.5299	0.4145	0.6821
57	0.7519	0.5380	0.3903	0.3558	0.5611	0.7576
58	0.6630	0.7749	0.6793	0.6364	0.4695	0.6861
59	0.6333	0.8267	0.6283	0.6325	0.3901	0.6237
60	0.6630	0.7767	0.5737	0.7429	0.3046	0.6169
61	0.4852	0.8240	0.4633	0.6935	0.2893	0.4748
62	0.6630	0.4560	0.2908	0.4442	0.5122	0.6897
63	0.6926	0.4899	0.3848	0.3987	0.5336	0.7379
64	0.6333	0.7472	0.4301	0.6325	0.5214	0.6498

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

65	0.6333	0.5578	0.5021	0.7325	0.4847	0.5730
66	0.6926	0.4007	0.3475	0.6532	0.4389	0.5705
67	0.7519	0.3329	0.2108	0.5078	0.4542	0.6360
68	0.7222	0.2334	0.4343	0.3701	0.4450	0.6713
69	0.5148	0.5253	0.2580	0.4844	0.3595	0.5184
70	0.3963	0.5221	0.3456	0.6182	0.4450	0.4159
71	0.5444	0.5938	0.2755	0.6338	0.4847	0.5216
72	0.3963	0.8366	0.7503	0.8104	0.3992	0.3460
73	0.5148	0.7535	0.5113	0.6857	0.3290	0.4842
74	0.6037	0.3078	0.3994	0.4117	0.3870	0.6184
75	0.6926	0.5585	0.4496	0.4221	0.4634	0.7381
76	0.7519	0.4606	0.6135	0.7039	0.5397	0.7440
77	0.7815	0.4327	0.5251	0.7805	0.5916	0.7045
78	0.8407	0.3728	0.2831	0.6870	0.5366	0.7031
79	0.6926	0.5864	0.3529	0.6636	0.3931	0.5840
80	0.6037	0.4168	0.3502	0.4649	0.4145	0.5782
81	0.6926	0.6005	0.5116	0.4987	0.3992	0.6943
82	0.6630	0.7638	0.7615	0.6104	0.4206	0.6877
83	0.6333	0.8233	0.4782	0.6481	0.3504	0.6173
84	0.5148	0.7979	0.3545	0.6909	0.2557	0.4769
85	0.5741	0.7157	0.3184	0.6130	0.3595	0.5639
86	0.5148	0.9000	0.2789	0.4494	0.2802	0.5393
87	0.5148	0.6894	0.6776	0.6338	0.3382	0.5481
88	0.7222	0.6465	0.5351	0.7805	0.4511	0.7168
89	0.7815	0.3781	0.2050	0.5545	0.5031	0.7195
90	0.7222	0.5380	0.4481	0.6909	0.4023	0.5956
91	0.7222	0.4459	0.4017	0.6481	0.3321	0.6089
92	0.6630	0.3394	0.3585	0.5416	0.4237	0.6269
93	0.6630	0.6539	0.6822	0.5506	0.4023	0.6835
94	0.6333	0.7207	0.3951	0.4584	0.5580	0.6449
95	0.7222	0.7240	0.5452	0.6545	0.4878	0.7031
96	0.5444	0.8258	0.3507	0.5416	0.3382	0.4996
97	0.5148	0.6532	0.3223	0.4571	0.2954	0.5073
98	0.5444	0.8320	0.2729	0.3494	0.4145	0.5579
99	0.6926	0.6530	0.6960	0.4494	0.4573	0.7499

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

100	0.7222	0.5482	0.4625	0.6286	0.6252	0.7282
101	0.8407	0.4565	0.2650	0.5390	0.6221	0.7635
102	0.7815	0.2537	0.2495	0.6377	0.5000	0.6629
103	0.7519	0.4260	0.2329	0.5701	0.4298	0.6585
104	0.7222	0.5495	0.3985	0.4026	0.5458	0.6821
105	0.6630	0.6574	0.4912	0.3922	0.5672	0.6780
106	0.6333	0.7092	0.6296	0.5247	0.4908	0.6389
107	0.6926	0.7097	0.6301	0.6701	0.4267	0.6837
108	0.5444	0.7247	0.9000	0.7468	0.3779	0.5005
109	0.5741	0.7081	0.7136	0.5909	0.3748	0.5633
110	0.6630	0.4730	0.3660	0.4831	0.6832	0.6942
111	0.6333	0.5687	0.7392	0.5558	0.5763	0.6835
112	0.6926	0.5998	0.5816	0.7286	0.6771	0.6962
113	0.6926	0.6484	0.5503	0.6766	0.7901	0.6270
114	0.7519	0.6083	0.4857	0.6494	0.5122	0.6288
115	0.6630	0.6541	0.5367	0.6078	0.4023	0.5665
116	0.6630	0.5703	0.4590	0.5325	0.4420	0.6356
117	0.6333	0.6712	0.7013	0.4558	0.4847	0.6490
118	0.7519	0.7396	0.3665	0.4039	0.4237	0.7868
119	0.6333	0.8677	0.4327	0.6195	0.3565	0.6129
120	0.6333	0.8779	0.3825	0.5779	0.1519	0.5964
121	0.4259	0.8767	0.5085	0.7545	0.1000	0.4155
122	0.7222	0.5869	0.2315	0.2974	0.3931	0.7477
123	0.6630	0.8078	0.2794	0.4325	0.3534	0.7137
124	0.6926	0.5747	0.5357	0.6701	0.4206	0.7043
125	0.7815	0.4776	0.2300	0.5818	0.5855	0.7141
126	0.7222	0.5088	0.2150	0.6195	0.4878	0.6124
127	0.8704	0.1613	0.1491	0.3169	0.4878	0.7523
128	0.6333	0.3279	0.3776	0.3597	0.4725	0.6016
129	0.5148	0.5793	0.4872	0.4987	0.4176	0.5282
130	0.6037	0.7574	0.4627	0.4299	0.4603	0.6236
131	0.6037	0.8253	0.6042	0.6883	0.3870	0.5925
132	0.4259	0.8187	0.5428	0.8026	0.2618	0.4005
133	0.7519	0.6887	0.1898	0.2558	0.3718	0.7397
134	0.5444	0.7571	0.5047	0.5143	0.4328	0.5729

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

135	0.6630	0.7491	0.5133	0.5727	0.3382	0.7213
136	0.7815	0.6147	0.2789	0.5870	0.4908	0.7734
137	0.7815	0.6247	0.3914	0.7143	0.5153	0.6999
138	0.8407	0.2472	0.2714	0.5078	0.5427	0.7089
139	0.8111	0.4288	0.3981	0.5610	0.3901	0.7005
140	0.5148	0.3873	0.1491	0.4987	0.4389	0.4947
141	0.6630	0.5074	0.3747	0.4857	0.4542	0.6783
142	0.5741	0.7645	0.4727	0.5857	0.4573	0.5960
143	0.6333	0.8267	0.7546	0.6805	0.4695	0.6306
144	0.5148	0.8362	0.4923	0.7221	0.4176	0.4653
145	0.6630	0.7988	0.2446	0.4714	0.4176	0.6276
146	0.5444	0.8164	0.5744	0.5117	0.3901	0.5560
147	0.7222	0.4995	0.5626	0.4675	0.6527	0.7706
148	0.7815	0.7131	0.4283	0.5494	0.6038	0.7887
149	0.8407	0.6115	0.2951	0.6039	0.6374	0.7671
150	0.8407	0.3272	0.1716	0.4182	0.4786	0.7033
151	0.7815	0.4965	0.3200	0.4286	0.3504	0.6811
152	0.7815	0.4088	0.3524	0.4026	0.3595	0.7443
153	0.6926	0.7182	0.3482	0.4558	0.4084	0.6992
154	0.7222	0.7721	0.7366	0.5740	0.4237	0.7574
155	0.6926	0.8157	0.6644	0.6662	0.3931	0.6644
156	0.5148	0.8622	0.8210	0.7026	0.3015	0.4668
157	0.4556	0.7931	0.4199	0.4688	0.2160	0.4332
158	0.5444	0.5044	0.1000	0.1468	0.5122	0.5585
159	0.4852	0.2615	0.3218	0.2039	0.6618	0.5381
160	0.7519	0.6493	0.5535	0.5831	0.5366	0.7442
161	0.7519	0.7300	0.4445	0.7065	0.7076	0.6848
162	0.9000	0.4247	0.2683	0.4636	0.6038	0.7599
163	0.8407	0.4594	0.3363	0.4078	0.4939	0.7399
164	0.7222	0.6300	0.3305	0.4052	0.4481	0.6945
165	0.5444	0.4862	0.2830	0.3312	0.5336	0.5655
166	0.6333	0.5906	0.5637	0.4299	0.5794	0.6425
167	0.6630	0.7691	0.7177	0.7026	0.4420	0.6492
168	0.6037	0.8459	0.4925	0.7545	0.2863	0.5708
169	0.6630	0.5244	0.2849	0.4649	0.2893	0.6327

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

170	0.6037	0.4154	0.1300	0.2182	0.4511	0.6422
171	0.6630	0.6359	0.5731	0.4948	0.4450	0.7003
172	0.7519	0.7104	0.3462	0.6429	0.5519	0.7688
173	0.7222	0.5090	0.2947	0.7325	0.6344	0.6491
174	0.9000	0.1184	0.2638	0.6013	0.6038	0.7652
175	0.8111	0.5597	0.1363	0.3779	0.5977	0.7013
176	0.6333	0.5947	0.5243	0.4844	0.5580	0.5997
177	0.2481	0.4703	0.1940	0.4195	0.5336	0.2670
178	0.1000	0.6912	0.1862	0.2234	0.6649	0.1000
179	0.6037	0.8108	0.6831	0.6351	0.5489	0.5770
180	0.6333	0.7903	0.5211	0.5623	0.5489	0.5905
181	0.5741	0.7152	0.5144	0.5351	0.6863	0.5565
182	0.5444	0.7385	0.3825	0.3935	0.6069	0.5699
183	0.6926	0.5585	0.3950	0.4714	0.7779	0.7357
184	0.7222	0.6620	0.5409	0.6039	0.8542	0.7387
185	0.7815	0.7657	0.4393	0.6675	0.7931	0.7091
186	0.8407	0.5869	0.3051	0.4740	0.5000	0.7022
187	0.8407	0.4712	0.4582	0.4961	0.4786	0.7299
188	0.8704	0.6827	0.2099	0.2299	0.5366	0.8388
189	0.8407	0.6945	0.4608	0.3091	0.4786	0.8476
190	0.7222	0.8399	0.3916	0.3987	0.4298	0.7287
191	0.6630	0.8843	0.8262	0.6455	0.4603	0.6327
192	0.7222	0.8164	0.3588	0.6584	0.3229	0.6878
193	0.6630	0.8597	0.5674	0.3948	0.3046	0.6346
194	0.5444	0.8327	0.5194	0.4753	0.4176	0.5739
195	0.6333	0.7005	0.6223	0.5208	0.4389	0.6910
196	0.7222	0.7604	0.6375	0.7247	0.5427	0.7370
197	0.7222	0.7463	0.6794	0.8117	0.6466	0.6396
198	0.8407	0.5795	0.4695	0.6065	0.5305	0.7089
199	0.8407	0.3477	0.2920	0.4740	0.4756	0.7396
200	0.6630	0.6442	0.3516	0.5416	0.4817	0.6184
201	0.6926	0.7323	0.6694	0.3753	0.5855	0.6945
202	0.7815	0.7329	0.4134	0.3468	0.5489	0.8104
203	0.6630	0.8401	0.7654	0.6364	0.4847	0.6589
204	0.6333	0.8194	0.4622	0.5766	0.4511	0.5955

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

205	0.6333	0.8880	0.2364	0.4766	0.2313	0.6043
206	0.5741	0.6493	0.3327	0.3636	0.4450	0.6093
207	0.6037	0.7244	0.5097	0.5299	0.5458	0.6455
208	0.6333	0.7864	0.3332	0.5494	0.7015	0.6420
209	0.6630	0.7323	0.4451	0.7766	0.6435	0.6097
210	0.7519	0.6486	0.4686	0.7688	0.4176	0.6325
211	0.7222	0.6622	0.2571	0.5455	0.4634	0.6294
212	0.8111	0.4318	0.2601	0.2883	0.4939	0.7731
213	0.6630	0.6885	0.2594	0.3338	0.4878	0.6799
214	0.6037	0.7650	0.7705	0.5688	0.5031	0.6333
215	0.6926	0.8571	0.6261	0.5857	0.5031	0.6616
216	0.6926	0.8295	0.7443	0.6455	0.4298	0.6387
217	0.6333	0.8129	0.3872	0.5000	0.5427	0.6181
218	0.6926	0.5832	0.2778	0.1961	0.6893	0.7222
219	0.7815	0.5168	0.3090	0.1805	0.6893	0.8170
220	0.8111	0.6813	0.4601	0.5455	0.7565	0.8103
221	0.8111	0.5594	0.3074	0.6584	0.7198	0.7282
222	0.6630	0.6514	0.5133	0.6974	0.6588	0.5458
223	0.8704	0.2611	0.2000	0.4117	0.5977	0.7574
224	0.7519	0.4539	0.1593	0.2273	0.5824	0.6987
225	0.4852	0.3419	0.1751	0.1260	0.6313	0.4857
226	0.6037	0.7433	0.3926	0.3260	0.5794	0.6147
227	0.6333	0.7200	0.4971	0.4805	0.5611	0.6252
228	0.5148	0.8311	0.3573	0.6273	0.4725	0.4758
229	0.6037	0.7030	0.3018	0.3273	0.6069	0.5710
230	0.6630	0.6488	0.1392	0.1000	0.7076	0.6964
231	0.6926	0.5933	0.2512	0.1494	0.8053	0.7389
232	0.7222	0.7055	0.6447	0.6338	0.7046	0.7124
233	0.7222	0.7007	0.4493	0.6948	0.7718	0.6496
234	0.7222	0.6334	0.3652	0.7584	0.5305	0.6087
235	0.6926	0.6329	0.3249	0.6117	0.4939	0.5894
236	0.8407	0.5058	0.3482	0.4623	0.5214	0.8083
237	0.6630	0.7293	0.4570	0.4688	0.5092	0.6740
238	0.7519	0.7887	0.4443	0.4104	0.4573	0.7773
239	0.6037	0.8959	0.6454	0.6688	0.4450	0.5728

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

240	0.6333	0.7806	0.2944	0.5831	0.3748	0.5943
241	0.4556	0.8585	0.5362	0.6078	0.2588	0.4502
242	0.6926	0.5355	0.2063	0.2870	0.5336	0.7339
243	0.6630	0.6313	0.6241	0.5740	0.4817	0.7221
244	0.7519	0.6260	0.6375	0.6338	0.4817	0.7530
245	0.6926	0.7535	0.5069	0.7286	0.7137	0.6360
246	0.8704	0.5138	0.4052	0.6247	0.4664	0.7335
247	0.8407	0.4551	0.2411	0.5169	0.4389	0.7219
248	0.6926	0.7189	0.4486	0.5662	0.4603	0.6493
249	0.7519	0.6740	0.5384	0.4468	0.5244	0.7655
250	0.7815	0.6703	0.6473	0.3610	0.5885	0.8180
251	0.7519	0.8007	0.4999	0.4143	0.5000	0.7394
252	0.5741	0.8108	0.4332	0.6299	0.4450	0.5292
253	0.6926	0.6608	0.4748	0.4377	0.4786	0.6638
254	0.6037	0.8127	0.5223	0.6364	0.3015	0.6312
255	0.8407	0.4318	0.4320	0.4857	0.5458	0.9000
256	0.7222	0.6590	0.7011	0.7416	0.5244	0.7321
257	0.8407	0.5756	0.4489	0.6312	0.6496	0.7536
258	0.7815	0.6986	0.5300	0.7831	0.4420	0.6478
259	0.7815	0.5346	0.4166	0.5195	0.5641	0.6738
260	0.6630	0.6256	0.4118	0.5130	0.5336	0.6196
261	0.6630	0.8164	0.3328	0.3883	0.4389	0.6700
262	0.7222	0.8574	0.7477	0.5065	0.5061	0.7373
263	0.6630	0.8433	0.4576	0.5727	0.4389	0.6360
264	0.5444	0.8673	0.5868	0.7364	0.3290	0.5026
265	0.5148	0.8998	0.3692	0.6013	0.3076	0.4808
266	0.6037	0.8051	0.3636	0.5000	0.3595	0.6389
267	0.5444	0.6737	0.4828	0.4273	0.4817	0.5869
268	0.7222	0.6385	0.3965	0.6727	0.6496	0.7168
269	0.7815	0.6276	0.3841	0.6779	0.8023	0.7043
270	0.8407	0.4680	0.4195	0.6896	0.6557	0.7263
271	0.7815	0.6251	0.2782	0.5766	0.6008	0.6666
272	0.6333	0.4710	0.4405	0.5364	0.6954	0.5913
273	0.7519	0.4588	0.3546	0.2740	0.7687	0.7543
274	0.6037	0.5553	0.2986	0.3896	0.7779	0.6347

© Hak Cipta Diinidungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

275	0.6037	0.7196	0.6239	0.7701	0.6557	0.6021
276	0.4259	0.7929	0.7815	0.8714	0.6130	0.4011
277	0.5148	0.7539	0.6647	0.7532	0.5885	0.4860
278	0.5444	0.6940	0.5566	0.5429	0.7779	0.5802
279	0.6333	0.6389	0.3675	0.5506	0.8450	0.6862
280	0.7222	0.7242	0.5333	0.7922	0.9000	0.7139
281	0.6037	0.7599	0.6517	0.9000	0.8450	0.5489
282	0.7222	0.6177	0.5694	0.7649	0.7168	0.6016
283	0.8111	0.4304	0.1973	0.5195	0.7260	0.6952
284	0.5741	0.6977	0.3381	0.5468	0.7046	0.5351
285	0.6630	0.6880	0.2582	0.3403	0.7473	0.6907
286	0.7519	0.6919	0.4306	0.2390	0.7473	0.7747
287	0.5444	0.8297	0.5896	0.6714	0.5458	0.5372
288	0.6926	0.7753	0.4034	0.5494	0.5031	0.6384

A.3 Tabel Hasil Peramalan Setiap Variabel Data Masukan

DATA INPUT FORECAST							
No	Tahun	Bulan	Indeks Kejernihan Langit	Tutupan Awan	Curah Hujan	Kelembaban	Suhu Udara
1	2025	JAN	0.43	92.31	384.52	91.93	25.85
2	2025	FEB	0.43	93.38	348.12	91.18	25.96
3	2025	MAR	0.44	93.76	329.02	89.85	26.20
4	2025	APR	0.46	94.03	199.87	90.09	26.19
5	2025	MAY	0.47	93.99	261.56	91.38	26.13
6	2025	JUN	0.48	89.22	406.10	92.24	25.95
7	2025	JUL	0.51	84.88	222.82	90.94	25.85
8	2025	AUG	0.50	76.77	109.46	90.87	26.39
9	2025	SEP	0.49	84.32	122.46	89.48	26.62
10	2025	OCT	0.49	84.08	109.80	89.19	26.64
11	2025	NOV	0.47	87.36	121.90	88.04	26.83
12	2025	DEC	0.44	93.62	245.89	90.37	26.61
13	2026	JAN	0.43	94.00	375.99	91.56	26.26
14	2026	FEB	0.43	96.76	420.42	90.53	26.21
15	2026	MAR	0.44	94.01	411.04	89.50	26.34
16	2026	APR	0.45	92.88	250.33	89.98	26.35
17	2026	MAY	0.47	94.02	232.70	91.07	26.31
18	2026	JUN	0.50	90.32	292.75	91.58	26.09
19	2026	JUL	0.52	83.92	193.28	90.75	25.87
20	2026	AUG	0.52	73.20	212.71	90.78	26.14
21	2026	SEP	0.51	78.04	119.20	89.55	26.47

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

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

22	2026	OCT	0.49	77.31	186.19	89.34	26.50
23	2026	NOV	0.47	80.29	212.24	87.87	26.65
24	2026	DEC	0.44	90.34	246.17	90.07	26.71
25	2027	JAN	0.46	90.99	251.28	90.01	26.63
26	2027	FEB	0.46	94.52	406.35	91.44	26.43
27	2027	MAR	0.44	95.28	404.07	90.96	26.52
28	2027	APR	0.43	94.01	273.62	89.31	26.80
29	2027	MAY	0.44	90.64	160.55	88.62	27.03
30	2027	JUN	0.47	90.33	219.02	89.52	27.04
31	2027	JUL	0.49	87.51	285.21	90.65	26.79
32	2027	AUG	0.52	85.43	248.98	90.78	26.45
33	2027	SEP	0.52	73.22	150.65	91.54	26.21
34	2027	OCT	0.51	68.34	112.81	90.22	25.99
35	2027	NOV	0.48	72.88	163.59	88.86	25.87
36	2027	DEC	0.45	84.10	206.96	88.83	25.84
37	2028	JAN	0.45	88.48	272.71	90.03	25.80
38	2028	FEB	0.47	93.03	449.38	91.99	25.72
39	2028	MAR	0.44	94.00	372.71	91.86	25.80
40	2028	APR	0.42	93.12	311.16	90.31	26.01
41	2028	MAY	0.44	87.01	198.70	89.04	26.28
42	2028	JUN	0.47	85.93	230.55	88.71	26.60
43	2028	JUL	0.49	88.55	315.30	89.67	26.66
44	2028	AUG	0.51	86.88	233.49	90.37	26.49
45	2028	SEP	0.51	77.35	122.40	91.94	26.35
46	2028	OCT	0.51	73.87	100.00	91.08	26.33
47	2028	NOV	0.48	78.79	149.31	89.01	26.38
48	2028	DEC	0.45	84.53	191.53	88.22	26.50
49	2029	JAN	0.46	82.51	219.63	88.49	26.10
50	2029	FEB	0.47	89.01	286.68	90.38	25.98
51	2029	MAR	0.48	90.62	433.91	91.99	25.91
52	2029	APR	0.45	94.59	328.02	91.96	25.93
53	2029	MAY	0.43	92.54	300.24	90.49	26.16
54	2029	JUN	0.44	87.23	225.80	89.45	26.35
55	2029	JUL	0.46	84.74	285.97	89.08	26.56
56	2029	AUG	0.48	87.15	335.18	89.74	26.68
57	2029	SEP	0.51	83.75	203.18	90.88	26.69
58	2029	OCT	0.50	75.65	91.55	92.11	26.48
59	2029	NOV	0.49	73.86	80.21	90.71	26.24
60	2029	DEC	0.47	73.31	161.47	89.45	26.14
61	2030	JAN	0.46	81.07	236.94	89.25	26.03
62	2030	FEB	0.46	86.56	295.65	90.58	25.97
63	2030	MAR	0.47	89.60	412.10	91.89	25.97
64	2030	APR	0.45	94.22	314.25	91.93	25.91
65	2030	MAY	0.43	93.03	268.42	90.75	25.95

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

66	2030	JUN	0.44	86.60	214.06	89.64	26.19
67	2030	JUL	0.47	83.48	334.51	89.19	26.49
68	2030	AUG	0.48	86.22	340.87	90.06	26.75
69	2030	SEP	0.50	85.53	173.90	91.28	26.83
70	2030	OCT	0.49	77.83	56.46	91.92	26.66
71	2030	NOV	0.49	72.12	44.15	90.79	26.37
72	2030	DEC	0.47	75.65	167.52	89.69	26.13

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



UIN SUSKA RIAU

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

LAMPIRAN B

LIST KODE PROGRAM MATLAB

B.1 Kode Peramalan Model JST Backpropagation Input Variabel

```
clc; clear; close all; warning off;
filename = 'kelembaban_asli.xlsx';
sheet = 1; data_range = 'A2:A337';
n_input = 12; % panjang window input
n_target = 1; % single-step
n_forecast = 60; % jumlah bulan yang ingin diramalkan
% JST
hidden_neurons = 10;
train_function = 'trainlm';
performance_function = 'mse';
max_epochs = 1000; goal = 1e-5;
% Proporsi data
train_ratio = 0.70; val_ratio = 0.10;
start_year = 2001; start_month = 1;
%% =====
% [1] Membaca Data 1 Kolom & Membuat Pola 12?1
%% =====
fprintf("Membaca data suhu 1 kolom...\n");
data_all = readmatrix(filename, 'Sheet', sheet, 'Range', data_range);
data_all = data_all(:); N = length(data_all);
if N < n_input + n_target
    error("Data terlalu sedikit.");
end
n_samples = N - n_input;
X = zeros(n_input, n_samples);
T = zeros(1, n_samples);
for i = 1:n_samples
    X(:, i) = data_all(i : i+n_input-1);
    T(i) = data_all(i+n_input);
end
fprintf("Berhasil membuat pola otomatis: %d sampel.\n", n_samples);
%% =====
% [2] Normalisasi
%% =====
all_values = [X(:); T(:)];
min_val = min(all_values);
max_val = max(all_values);
X_norm = (X - min_val) / (max_val - min_val);
T_norm = (T - min_val) / (max_val - min_val);
%% =====
% [3] Pembagian Data (Train/Val/Test)
%% =====
n_train = floor(train_ratio * n_samples);
n_val = floor(val_ratio * n_samples);
n_test = n_samples - n_train - n_val;
idx_train = 1:n_train;
idx_val = n_train+1 : n_train+n_val;
```

```

idx_test = n_train+n_val+1 : n_samples;
x_train = X_norm(:, idx_train);    t_train = T_norm(:, idx_train);
x_val   = X_norm(:, idx_val);      t_val   = T_norm(:, idx_val);
x_test  = X_norm(:, idx_test);     t_test  = T_norm(:, idx_test);
fprintf("Split data: Train=%d, Val=%d, Test=%d\n", n_train, n_val,
n_test);

%% =====
% [4] Train JST Feedforward
%% =====
rng('default');
net = feedforwardnet(hidden_neurons);
net.trainFcn = train_function;
net.performFcn = performance_function;
net.trainParam.epochs = max_epochs;
net.trainParam.goal = goal;
net.divideFcn = 'divideind';
net.divideParam.trainInd = 1:length(x_train);
net.divideParam.valInd =
(length(x_train)+1):(length(x_train)+length(x_val));
net.divideParam.testInd = [];
x_train_val = [x_train, x_val];
t_train_val = [t_train, t_val];
[net_trained, tr] = train(net, x_train_val, t_train_val);
%% =====
% [5] Denormalisasi & Evaluasi Histori
%% =====
denorm = @(z) z*(max_val-min_val) + min_val;
y_train = denorm(net_trained(x_train));    t_train_real = denorm(t_train);
y_val   = denorm(net_trained(x_val));      t_val_real   = denorm(t_val);
y_test  = denorm(net_trained(x_test));     t_test_real  = denorm(t_test);
% Prediksi seluruh histori (untuk plot)
y_hist_all = denorm(net_trained(X_norm));
t_hist_all = denorm(T_norm);
%% =====
% [6] Evaluasi Metrik
%% =====
mse_fun = @(e) mean(e.^2); rmse_fun = @(e) sqrt(mean(e.^2));
mae_fun = @(e) mean(abs(e)); mape_fun = @(a,p) mean(abs((a-
p)./max(abs(a),eps)))*100;
err_train = t_train_real - y_train;
err_val   = t_val_real   - y_val;
err_test  = t_test_real  - y_test;
Metrics = {'MSE','RMSE','MAE','MAPE (%)'};
Train   = [mse_fun(err_train); rmse_fun(err_train); mae_fun(err_train);
mape_fun(t_train_real,y_train)];
Validation = [mse_fun(err_val); rmse_fun(err_val); mae_fun(err_val);
mape_fun(t_val_real,y_val)];
Test     = [mse_fun(err_test); rmse_fun(err_test); mae_fun(err_test);
mape_fun(t_test_real,y_test)];
eval_table = table(Metrics, Train, Validation, Test);
disp('=== Evaluasi JST ===')
disp(eval_table);

```

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

```
=====
% [7] FORECAST MULTISTEP (JAN 2025 - DES 2030)
% =====
fprintf("\nMulai forecasting %d bulan...\n", n_forecast);
last_input_norm = X_norm(:, end);
forecast_norm = zeros(n_forecast,1);
forecast_real = zeros(n_forecast,1);
for i = 1:n_forecast
    y_norm = net_trained(last_input_norm);
    y_real = denorm(y_norm);
    forecast_norm(i) = y_norm;
    forecast_real(i) = y_real;
    last_input_norm = [last_input_norm(2:end); y_norm];
end
```

B.2 Kode Pelatihan Model Arsitektur Jst Backpropagation

```
clc; clear; close all; warning off;
% =====
% [1] Load dan Siapkan Data (SUDAH DINORMALISASI)
% =====
filename = 'Data_forecastnew.xlsx';
sheet = 1;
xlRange = 'Q5:V201'; % 5 input + 1 target (normalized)
data = xlsread(filename, sheet, xlRange);
P = data(:,1:5)'; % Input (5 x N)
T = data(:,6)'; % Target (1 x N)
% =====
% [2] Arsitektur dan Parameter JST
% =====
hidden_neuron = 25; % JUMLAH NEURON HIDDEN
net = newff(minmax(P), [hidden_neuron 1], {'logsig', 'purelin'}, 'traingdx');
% Parameter pelatihan
net.performFcn = 'mse';
net.trainParam.goal = 0.001;
net.trainParam.epochs = 3000;
net.trainParam.lr = 0.9;
net.trainParam.mc = 0.7;
net.trainParam.show = 25;
% =====
% [3] Pelatihan Jaringan
% =====
[net_trained, tr] = train(net, P, T);
% Simpan jaringan
save('nama_file', 'net_trained');
% =====
% [4] Denormalisasi Output (UNTUK EVALUASI PELATIHAN)
% =====
Y_norm = sim(net_trained, P);
% Parameter normalisasi (HARUS SESUAI SAAT NORMALISASI)
max_data = 5.57;
min_data = 2.86;
```

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

```

Y_denorm = ((Y_norm - 0.1) * (max_data - min_data) / 0.8) + min_data;
Y_denorm = Y_denorm(:);
% Target asli (BELUM dinormalisasi)
target_asli = xlsread(filename, sheet, 'I5:I201');
target_asli = target_asli(:);
%% =====
% [5] Evaluasi Performa PELATIHAN
%% =====
error = target_asli - Y_denorm;
MSE = mean(error.^2);
RMSE = sqrt(MSE);
MAPE = mean(abs(error ./ target_asli)) * 100;
R = corrcoef(target_asli, Y_denorm);
R_squared = R(1,2)^2;

```

B.3 Kode Evaluasi Kinerja JST Backpropagation (Pengujian)

```

clc; clear; close all; warning off;
%% =====
% [1] Load Model & Data Uji
%% =====
model_file = 'net_H20_LR0p01_20251219_024339.mat';
load(model_file); % memuat net_trained
filename = 'Data_forecastnew.xlsx';
sheet = 1;
range_input = 'Q202:V292'; % data uji (ternormalisasi)
data_uji = xlsread(filename, sheet, range_input);
P_uji = data_uji(:,1:5)';
T_uji_norm = data_uji(:,6)';
%% =====
% [2] Prediksi & Denormalisasi
%% =====
Y_uji_norm = sim(net_trained, P_uji);
max_data = 5.57;
min_data = 2.86;
Y_uji = ((Y_uji_norm - 0.1) * (max_data - min_data) / 0.8) + min_data;
T_uji = ((T_uji_norm - 0.1) * (max_data - min_data) / 0.8) + min_data;
Y_uji = Y_uji(:);
T_uji = T_uji(:);
%% =====
% [3] Evaluasi Performa Pengujian
%% =====
error_uji = T_uji - Y_uji;
MSE_uji = mean(error_uji.^2);
RMSE_uji = sqrt(MSE_uji);
MAPE_uji = mean(abs(error_uji ./ T_uji)) * 100;
R = corrcoef(T_uji, Y_uji);
R_squared_uji = R(1,2)^2;

```

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.