

**PENGEMBANGAN MODEL BERBASIS LSTM DENGAN ALGORITMA  
*GREY WOLF OPTIMIZER* (GWO) UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN**

**TUGAS AKHIR**

**Oleh:**

**AHMAD RUSYADI**

**NIM.1910817210017**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARMASIN  
2023**

**PENGEMBANGAN MODEL BERBASIS LSTM DENGAN ALGORITMA  
GREY WOLF OPTIMIZER (GWO) UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Sarjana Strata-1 Teknologi Informasi

**Oleh:**

**AHMAD RUSYADI**

**NIM.1910817210017**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARMASIN, JUNI 2023**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Rusyadi

NIM : 1910817210017

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknologi Informasi

Judul Tugas Akhir : Pengembangan Model Berbasis LSTM Dengan  
*Algoritma Grey Wolf Optimizer (GWO)* Untuk  
Prediksi Curah Hujan

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Yuslena Sari, S.Kom, M.Kom.

Pembimbing Pendamping : Nurul Fathanah Mustamin, S.Pd., M.T.

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar rujukan.

Banjarmasin, 23 Juni 2023



Ahmad Rusyadi

NIM. 1910817210017

# LEMBAR PENGESAHAN

## LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNOLOGI INFORMASI

Pengembangan Model Berbasis LSTM dengan Algoritma Grey Wolf

Optimizer (GWO) untuk Prediksi Curah Hujan

oleh

Ahmad Rusyadi (1910817210017)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 6 Juli 2023 dan dinyatakan

LULUS

### Komite Penguji :

Ketua : Andreyan Rizky Baskara, S.Kom., M.Kom  
NIP 199307032019031011

Anggota 1 : Muti'a Maulida, S.Kom., M.T.I.  
NIP 198810272019032013

Anggota 2 : Andry Fajar Zulkarnain, S.ST., M.T.  
NIP 199007272019031018

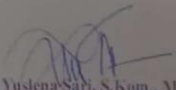
Pembimbing : Dr. Ir. Yuslena Sari, S.Kom., M.Kom.  
Utama NIP 198411202015042002

Pembimbing : Nurul Fathanah Mustamin, S.Pd., MT.  
Pendamping NIP 199110252019032018

Banjarbaru, 7.4 JUL. 2023  
diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik  
Fakultas Teknik ULM,  
  
Dr. Mahmud, S.T., M.T.  
NIP. 197401071998021001

Koordinator Program Studi  
S-1 Teknologi Informasi,

  
Dr. Ir. Yuslena Sari, S.Kom., M.Kom  
NIP 198411202015042002

## ABSTRAK

Informasi cuaca dan prediksi curah hujan memainkan peran penting dalam berbagai bidang aktivitas. Informasi cuaca dan prediksi curah hujan di Kalimantan Selatan perlu diketahui karena dekat dengan garis khatulistiwa yang menyebabkan daerah ini mengalami pemanasan yang signifikan sehingga meningkatkan potensi pembentukan awan konvektif dan curah hujan yang tinggi. Metode *multivariate time series* dengan mempelajari data historis iklim telah terbukti efektif untuk memprediksi curah hujan. Salah satu pendekatan yang populer adalah menggunakan model LSTM (*Long Short-Term Memory*) karena kemampuannya dalam menangani interval yang tidak diketahui antara peristiwa dalam data *time series multivariate*. Namun, model LSTM dapat terjebak dalam konfigurasi parameter yang hanya mengoptimalkan kinerja pada data *training* tertentu. Algoritma *Grey Wolf Optimizer* (GWO) digunakan untuk mengoptimalkan parameter LSTM untuk meningkatkan akurasi dan mencegah hal tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh algoritma GWO terhadap model berbasis LSTM. Dalam penelitian ini, penulis menerapkan model LSTM berbasis algoritma GWO untuk memprediksi curah hujan di wilayah Kota Banjarbaru. Penanganan *missing value* dilakukan dengan menghapus nilai yang kosong atau mengisinya dengan nilai 0. Pengaturan *batch size* diterapkan antara 16 dan 32. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Bidirectional LSTM* yang menggunakan algoritma GWO dengan penghapusan baris *missing value* serta pengaturan batch 32 memiliki performa terbaik dibanding model berbasis LSTM lainnya. Penggunaan algoritma GWO pada model *Bidirectional LSTM* menghasilkan penurunan 67% pada nilai matriks evaluasi validasi *loss*, 43% pada *Root Mean Squared Error* (RMSE), 44% pada *Mean Absolute Error* (MAE), dan 40% pada *Root Mean Squared Logarithmic Error* (RMSLE). Evaluasi model menunjukkan bahwa nilai matriks evaluasi validasi *loss*, MAE, RMSLE, dan RMSE berturut-turut adalah 0.01041314192, 0.13438159227, 0.12981936336, dan 0.14372549951.

Kata kunci: *Bidirectional*, Curah hujan, GWO, LSTM, Prediksi

## **ABSTRACT**

*Weather information and precipitation predictions play an important role in various fields of activity. Weather information and rainfall predictions in South Kalimantan need to be known because it is close to the equator so this area experiences significant warming thereby increasing the potential for convective cloud formation and high rainfall. The multivariate time series method by studying historical climate data has proven effective for predicting rainfall. One popular approach is to use the Long Short-Term Memory (LSTM) model because of its ability to handle unknown intervals between events in multivariate time series data. However, LSTM models can get stuck in parameter configurations that only optimize performance on certain training data. The Gray Wolf Optimizer (GWO) algorithm is used to optimize the LSTM parameters to improve accuracy and prevent this. This study aims to analyze the effect of the GWO algorithm on the LSTM-based model. In this study, the authors apply the LSTM model based on the GWO algorithm to predict rainfall in the Banjarbaru City area. Missing value handling is done by deleting empty values or filling them with a value of 0. Batch size settings are applied between 16 and 32. The results show that the Bidirectional LSTM model using the GWO algorithm with missing row removal and batch 32 settings has the best performance compared to the LSTM-based model. other LSTMs. The use of the GWO algorithm in the Bidirectional LSTM model resulted in a 67% decrease in the value of the loss validation evaluation matrix, 43% in the Root Mean Squared Error (RMSE), 44% in the Mean Absolute Error (MAE), and 40% in the Root Mean Squared Logarithmic Error (RMSLE). Evaluation of the model shows that the values of the loss validation evaluation matrix, MAE, RMSLE, and RMSE are 0.01041314192, 0.13438159227, 0.12981936336, and 0.14372549951, respectively.*

*Keywords: Bidirectional, GWO, LSTM, Prediction, Rainfall*

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Penulis mempersembahkan Tugas Akhir ini kepada:

1. Kepada Allah SWT yang memberikan kehidupan, kekuatan, dan petunjuk kepada penulis sepanjang perjalanan ini.
2. Ayah, Ibu, Kakak serta keluarga tercinta yang telah memberikan semangat, motivasi, selalu mendukung, membantu dikala menemukan suatu masalah, dan senantiasa mendoakan penulis dalam keberlangsungan penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Ir. Yuslena Sari, S.Kom., M.Kom., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Informasi dan Dosen Pembimbing Utama yang selalu menyempatkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, saran dan dukungan bagi penulis dari awal hingga akhir yang sangat membantu dalam perkuliahan maupun penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Ibu Nurul Fathanah Mustamin, S.Pd., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing pendamping yang selalu menyempatkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, saran dan dukungan bagi penulis dari awal hingga akhir yang sangat membantu dalam perkuliahan maupun penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Ibu Muti'a Maulida, S.Kom., M.T.I., selaku Koordinator Tugas Akhir yang telah memberikan kesempatan kepada peneliti untuk menyelesaikan Tugas Akhir dan membantu dalam hal administrasi.
6. Seluruh Dosen beserta Staf Program Studi Teknologi Informasi yang turut membantu dan mengarahkan dalam perkuliahan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Eldy Yuda kurniawan, Siti Viona Indah Swari, dan Gusti Aditya Aromatica Firdaus, selaku kakak tingkat yang selalu memotivasi saat terpuruk pada masa pengerjaan Tugas Akhir.
8. Irvan Aulia Luthfi dan Muhammad Nur Abdi yang memberikan tempat menginap dan fasilitas lainnya untuk pengerjaan tugas akhir selama di Banjarmasin.
9. Teman-teman seperjuangan dari masa perkuliahan sampai tugas akhir yaitu, Muhammad Arif Billah, Muhammad Rizky Maulana, Irvan Aulia Luthfi,

Muhammad Nur Abdi, Muhammad Ardhy Satrio Jati, Muhammad Fachrurrazi, Muhammad Afrizal Miqdad, Muhammad Arras, Muhammad Faidhorrahman, Digdo Aji Asrowi, Eugynia Jessica Virginia, Mita Yani Nurma Pratiwi, Vania Laily Rahmah, Muhammad Fikry Maulana, Muhammad Miftachul Falah, dan seluruh Angkatan 2019 Program Studi Teknologi Informasi yang memotivasi dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.

10. Yayasan Adaro Bangun Negeri yang telah memberikan fasilitas berupa beasiswa Indonesia Bright Future Leader dari awal perkuliahan sampai semester 8, serta memberikan kesempatan magang di Adaro Energy Indonesia.
11. Diri sendiri, yang sudah kuat bertahan dari segala tekanan, rintangan, tantangan, dalam kondisi apapun hingga akhirnya tiba di titik ini.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengembangan Model Berbasis LSTM dengan Algoritma *Grey Wolf Optimizer* (GWO) Untuk Prediksi Curah Hujan”. Dengan penuh rasa rendah hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam perjalanan penyelesaian tugas akhir ini.

Tugas Akhir ini merupakan sebuah langkah penting dalam perjalanan pendidikan penulis. Melalui Tugas Akhir ini, penulis dapat menggabungkan pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman yang telah diperoleh selama masa perkuliahan. Penulis sangat bersyukur atas kesempatan yang diberikan dan berharap bahwa hasil dari Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat yang nyata dan berguna dalam bidang studi yang penulis tekuni.

Tidak dapat dipungkiri bahwa penyelesaian Tugas Akhir ini tidak akan terwujud tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan dorongan dalam perjalanan penulis. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Rektor Universitas Lambung Mangkurat, Bapak Prof. Dr. Ahmad, S.E., M.Si., yang memimpin dan memajemen jalannya seluruh perkuliahan yang ada di Universitas Lambung Mangkurat.
2. Dekan Fakultas Teknik, Bapak Prof. Dr. Ir. Irphan Fitriani Radam, S.T., M.T., IPU, yang memberikan layanan terbaik dalam perkuliahan, terkhusus pada pelaksanaan Tugas Akhir di lingkungan Fakultas Teknik.
3. Koordinator Program Studi Teknologi Informasi serta Pembimbing Utama, Ibu Dr. Ir. Yuslena Sari, S.Kom., M.Kom. yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta solusi dalam penyelesaian Tugas Akhir.
4. Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing pendamping, Ibu Nurul Fathanah Mustamin, S.Pd., M.T., yang selalu menyempatkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, saran dan dukungan bagi penulis dari

awal hingga akhir yang sangat membantu dalam perkuliahan maupun penyelesaian Tugas Akhir ini.

5. Seluruh dosen serta staf Program Studi Teknologi Informasi yang telah mengarahkan dan memberikan motivasi dalam proses penyelesaian Tugas Akhir.

Akhir kata, penulis menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini. Dengan selesainya Laporan Tugas Akhir ini penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat, baik bagi pribadi, teman-teman, dan pembaca. Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna, sehingga penulis sangat mengharapkan masukan dan menerima kritik ataupun saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak yang membutuhkan.

Banjarmasin, 27 Juni 2023

Penulis,



Ahmad Rusyadi

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL LUAR .....	i
HALAMAN SAMPUL DALAM .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR ISTILAH .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xx
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Batasan Masalah .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Penelitian Terkait .....	7
2.1.1 <i>Research on real-time local rainfall prediction based on MEMS sensors..</i>	7
2.1.2 <i>Prediction of Rainfall Using Intensified LSTM Based Recurrent Neural Network with Weighted Linear Units .....</i>	7

2.1.3	<i>Rainfall prediction: A comparative analysis of modern machine learning algorithms for time-series forecasting</i> .....	8
2.1.4	<i>A new hybrid model for wind speed forecasting combining long short-term memory neural network, decomposition methods and grey wolf optimizer</i> 9	
2.1.5	<i>Gray wolf optimization-based wind power load mid-long term forecasting algorithm</i> .....	9
2.1.6	<i>Forecasting tunnel boring machine penetration rate using LSTM deep neural network optimized by grey wolf optimization algorithm</i> .....	10
2.2	Landasan Teori.....	14
2.2.1	Curah hujan .....	14
2.2.2	Prediksi <i>Time Series</i> .....	14
2.2.3	<i>Long-Short-Term Memory (LSTM)</i> .....	15
2.2.4	<i>Bidirectional LSTM (BLSTM)</i> .....	17
2.2.5	<i>Grey wolf optimizer (GWO)</i> .....	19
2.2.6	<i>MinMaxScaler Normalization</i> .....	21
2.2.7	<i>Loss</i> .....	21
2.2.8	<i>Root Mean Squared Error (RMSE)</i> .....	22
2.2.9	<i>Mean Absolute Error (MAE)</i> .....	22
2.2.10	<i>Root Mean Squared Logarithmic Error (RMSLE)</i> .....	23
2.3	Kerangka Pemikiran.....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....		25
3.1	Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.1.1	Alat Penelitian .....	25
3.1.2	Bahan Penelitian.....	25
3.2	Alur Penelitian .....	25
3.2.1	Identifikasi Masalah .....	26

3.2.2	Studi Literatur .....	26
3.2.3	Pengumpulan Data .....	27
3.2.4	Eksperimen dan Penelitian .....	27
3.2.5	Analisis Hasil .....	29
3.2.6	Implementasi Sistem .....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		31
4.1.	Pengumpulan Data .....	31
4.2.	<i>Preprocessing Data</i> .....	33
4.2.1.	Pembuatan Kode Numerik .....	33
4.2.2.	Pemeriksaan <i>Missing value</i> .....	33
4.2.3.	Pemilihan Fitur Berdasarkan Perhitungan <i>Correlation Matrix</i> .....	35
4.2.4.	Normalisasi Data .....	36
4.2.5.	Pembuatan <i>Dataframe</i> Baru .....	36
4.3.	Implementasi Model Berbasis LSTM dengan Algoritma GWO .....	37
4.4.	Eksperimen Model .....	40
4.4.1.	Parameter yang Digunakan .....	40
4.4.2.	Eksperimen Model <i>Stacked LSTM</i> Versi 1.....	41
4.4.3.	Eksperimen Model <i>Stacked LSTM</i> Versi 2.....	44
4.4.4.	Eksperimen Model <i>Stacked LSTM</i> Versi 3 .....	47
4.4.5.	Eksperimen Model <i>Bidirectional LSTM</i> .....	50
4.5.	Evaluasi Model .....	53
4.5.1.	Pengaruh Parameter Terhadap Performa Model .....	53
4.5.2.	Evaluasi Model Terbaik .....	55
4.6.	Analisis Hasil .....	58
4.7.	Implementasi Sistem .....	62

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1. Kesimpulan .....	65
5.2. Saran .....	66
DAFTAR PUSTAKA .....	68
LAMPIRAN.....	73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur LSTM Asli [37].....	15
Gambar 2.2 Arsitektur LSTM dengan Forget Gate [37].....	17
Gambar 2.3 Arsitektur Bidirectional LSTM [41] .....	18
Gambar 2.4 Koneksi Internal Bidirectional LSTM [37].....	18
Gambar 2.5 Perilaku Berburu Serigala Abu-Abu [44].....	20
Gambar 2.6 Kerangka Pemikiran.....	24
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	26
Gambar 3.2 Eksperimen dan Penelitian.....	28
Gambar 3.3 Gambaran Antarmuka Prototype Sistem Prediksi Curah Hujan Halaman Prediksi .....	30
Gambar 4.1 Contoh Series Curah Hujan dengan Missing value.....	35
Gambar 4.2 Contoh Correlation Matrix Masing-masing Fitur .....	35
Gambar 4.3 Arsitektur Model <i>Stacked</i> LSTM Versi 1 .....	41
Gambar 4.4 Arsitektur Model <i>Stacked</i> LSTM Versi 2 .....	44
Gambar 4.5 Arsitektur Model <i>Stacked</i> LSTM Versi 3 .....	47
Gambar 4.6 Arsitektur Model <i>Bidirectional</i> LSTM .....	50
Gambar 4.7 Matriks Evaluasi Model LSTM Versi 1 Terbaik .....	59
Gambar 4.8 Matriks Evaluasi Model LSTM Versi 2 Terbaik .....	59
Gambar 4.9 Matriks Evaluasi Model LSTM Versi 3 Terbaik .....	60
Gambar 4.10 Matriks Evaluasi Model BLSTM Terbaik .....	60
Gambar 4.11 Tampilan Antarmuka Sistem.....	63
Gambar 4.12 Hasil Prediksi Curah Hujan.....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terkait .....	11
Tabel 3.1 Alat Penelitian.....	25
Tabel 3.2 Bahan Penelitian .....	25
Tabel 3.3 Data Iklim Harian Kota Banjarbaru .....	27
Tabel 4.1 Contoh Data pada File climate_data.csv .....	31
Tabel 4.2 Contoh Data pada File province_detail.csv .....	31
Tabel 4.3 Contoh Data pada File station_detail.csv.....	32
Tabel 4.4 Perubahan kolom "ddd_car" .....	33
Tabel 4.5 Pemeriksaan missing value .....	34
Tabel 4.6 Contoh Dataframe yang Telah di Normalisasi.....	36
Tabel 4.7 Contoh Dataframe untuk Nilai Output.....	37
Tabel 4.8 Model dan Sumber .....	40
Tabel 4.9 Parameter yang Tidak Diubah.....	40
Tabel 4.10 Parameter yang Diubah .....	41
Tabel 4.11 Hasil Eksperimen Pertama Training Model Stacked LSTM Versi 1..	42
Tabel 4.12 Hasil Eksperimen Pertama Validation Model Stacked LSTM Versi	142
Tabel 4.13 Hasil Eksperimen Kedua Training Model Stacked LSTM Versi 1 ....	42
Tabel 4.14 Hasil Eksperimen Kedua Validation Model Stacked LSTM Versi 1 .	42
Tabel 4.15 Hasil Eksperimen Ketiga Training Model Stacked LSTM Versi 1 ....	43
Tabel 4.16 Hasil Eksperimen Ketiga Validation Model Stacked LSTM Versi 1 .	43
Tabel 4.17 Hasil Eksperimen Keempat Training Model Stacked LSTM Versi 1	43
Tabel 4.18 Hasil Eksperimen Keempat Validation Model Stacked LSTM Versi 1 .....	44
Tabel 4.19 Hasil Eksperimen Pertama Training Model Stacked LSTM Versi 2..	45
Tabel 4.20 Hasil Eksperimen Pertama Validation Model Stacked LSTM Versi	245
Tabel 4.21 Hasil Eksperimen Kedua Training Model Stacked LSTM Versi 2 ....	45
Tabel 4.22 Hasil Eksperimen Kedua Validation Model Stacked LSTM Versi 2 .	45



Tabel 4.23 Hasil Eksperimen Ketiga Training Model Stacked LSTM Versi 2 ....	46
Tabel 4.24 Hasil Eksperimen Ketiga Validation Model Stacked LSTM Versi 2 .	46
Tabel 4.25 Hasil Eksperimen Keempat Training Model Stacked LSTM Versi 2	46
Tabel 4.26 Hasil Eksperimen Keempat Validation Model Stacked LSTM Versi 2 .....	46
Tabel 4.27 Hasil Eksperimen Pertama Training Model Stacked LSTM Versi 3..	48
Tabel 4.28 Hasil Eksperimen Pertama Validation Model Stacked LSTM Versi 3	48
Tabel 4.29 Hasil Eksperimen Kedua Training Model Stacked LSTM Versi 3 ....	48
Tabel 4.30 Hasil Eksperimen Kedua Validation Model Stacked LSTM Versi 3 .	48
Tabel 4.31 Hasil Eksperimen Ketiga Training Model Stacked LSTM Versi 3 ....	49
Tabel 4.32 Hasil Eksperimen Ketiga Validation Model Stacked LSTM Versi 3 .	49
Tabel 4.33 Hasil Eksperimen Keempat Training Model Stacked LSTM Versi 3	49
Tabel 4.34 Hasil Eksperimen Keempat Validation Model Stacked LSTM Versi 3 .....	49
Tabel 4.35 Hasil Eksperimen Pertama Training Model Bidirectional LSTM .....	51
Tabel 4.36 Hasil Eksperimen Pertama Validation Model Bidirectional LSTM ...	51
Tabel 4.37 Hasil Eksperimen Kedua Training Model Bidirectional LSTM .....	51
Tabel 4.38 Hasil Eksperimen Kedua Validation Model Bidirectional LSTM .....	51
Tabel 4.39 Hasil Eksperimen Ketiga Training Model Bidirectional LSTM .....	52
Tabel 4.40 Hasil Eksperimen Ketiga Validation Model Bidirectional LSTM .....	52
Tabel 4.41 Hasil Eksperimen Keempat Training Model Bidirectional LSTM .....	52
Tabel 4.42 Hasil Eksperimen Keempat Validation Model Bidirectional LSTM ..	52
Tabel 4.43 Pengaruh Penggunaan Algoritma GWO Terhadap Performa Model..	53
Tabel 4.44 Pengaruh Batch size Terhadap Performa Model .....	54
Tabel 4.45 Pengaruh Penanganan Missing value Terhadap Performa Model .....	55
Tabel 4.46 Matriks Evaluasi Validasi Model Stacked LSTM Versi 1 .....	56
Tabel 4.47 Matriks Evaluasi Validasi Model Stacked LSTM Versi 2 .....	56
Tabel 4.48 Matriks Evaluasi Validasi Model Stacked LSTM Versi 3 .....	57

Tabel 4.49 Matriks Evaluasi Validasi Model Bidirectional LSTM.....	57
Tabel 4.50 Perbandingan Performa Setiap Model Terbaik.....	61
Tabel 4.51 Persentase Selisih Antara Model Bidirectional LSTM dengan Model Lainnya.....	62
Tabel 4.52 Selisih Nilai Prediksi dengan Nilai Aktual .....	64

## DAFTAR ISTILAH

### **LSTM (*Long Short Term Memory*)**

Sebuah arsitektur model yang dirancang khusus untuk memproses dan mempelajari urutan data.

### **GWO (*Grey Wolf Optimizer*)**

Sebuah algoritma metaheuristik yang menggunakan pendekatan berbasis kecerdasan kelompok yang terinspirasi dari perilaku berburu dan kepemimpinan serigala abu-abu di alam.

### ***Missing Value***

Sebuah nilai yang hilang atau tidak ada nilainya pada kolom dan baris tertentu.

### ***Batch Size***

Jumlah sampel data yang diproses dalam satu iterasi pada saat melatih model pada algoritma *machine learning*.

### ***Loss***

Penalti dari prediksi yang buruk yang berarti angka yang menunjukkan seberapa buruk prediksi model.

### **MAE (*Mean Absolute Error*)**

Matriks evaluasi model untuk mengukur kesalahan absolut antara data yang diprediksi dengan data asli.

### **RMSE (*Root Mean Squared Error*)**

Matriks evaluasi model untuk mengukur akar kesalahan kuadrat antara data yang diprediksi dengan data asli.

### **RMSLE (*Root Mean Squared Logarithmic Error*)**

Variasi dari RMSE yang menghitung perbedaan logaritmik antara output model dan pengamatan.

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Konsultasi.....	73
Lampiran 2. Baris Kode <i>Data Collecting</i> .....	75
Lampiran 3. Baris Kode Pembuatan Model Menggunakan Notebook Interaktif Jupyter .....	77
Lampiran 4. Baris Kode Implementasi Sistem .....	93
Lampiran 5 Data percobaan implementasi sistem (Data iklim Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan untuk Kota Banjarbaru) .....	95

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Ahmad Rusyadi  
Tempat dan Tanggal Lahir : Martapura, 7 Juni 2001  
Alamat : JL. Pendidikan, GG. Taufik, NO. 40E, RT. 02, RW. 02, Kelurahan Sekumpul, Kecamatan Martapura, Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan, 70614  
Email : lutentiums@gmail.com  
No. HP : 0895358474476

Agama : Islam  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Nama Orang Tua : H. Hasan Muhibbah  
Anak ke- : 4 dari 4 bersaudara  
Riwayat Pendidikan : MIN 27 Hulu Sungai Utara  
SMP Plus Citra Madinatul Ilmi  
MAN Insan Cendekia Tanah Laut  
S-1 Teknologi Informasi Universitas Lambung Mangkurat