

**Prediksi Cuaca Per jam untuk Rekomendasi Kenyamanan Olahraga
Menggunakan Metode BiLSTM Berbasis *Mobile***



**Sulthan Kreshna
NIM. 211051051**

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

**PREDIKSI CUACA PER JAM UNTUK REKOMENDASI KENYAMANAN
OLAHRAGA MENGGUNAKAN METODE BILSTM BERBASIS *MOBILE***

**SULTHAN KRESHNA
NIM. 2110511051**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer

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

PERNYATAAN ORISINALITAS

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Sulthan Kreshna Mahendra

NIM : 2110511051

Tanggal : 17 Juli 2025

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

Jakarta 17 Juli 2025

Yang Menyatakan



Sulthan Kreshna Mahendra

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Sulthan Kreshna Mahendra
NIM : 2110511051
Fakultas : Ilmu Komputer
Program Studi : S-1 Informatika

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

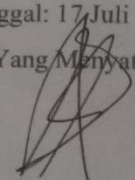
PREDIKSI CUACA PER JAM UNTUK REKOMENDASI KENYAMANAN OLAHRAGA MENGGUNAKAN METODE BILSTM BERBASIS MOBILE

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

Dibuat di: Jakarta

Pada tanggal: 17 Juli 2025

Yang Menyatakan


Sulthan Kreshna

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Prediksi Cuaca Per jam untuk Rekomendasi Kenyamanan Olahraga Menggunakan Metode BiLSTM Berbasis *Mobile*

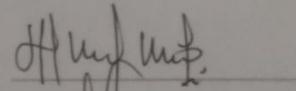
Nama : Sulthan Kreshna Mahendra

NIM : 2110511051

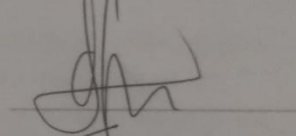
Program Studi : S1 Informatika

Disetujui Oleh:

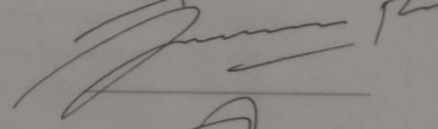
Penguji 1:
Ridwan Raafi'udin, S.Kom., M.Kom.



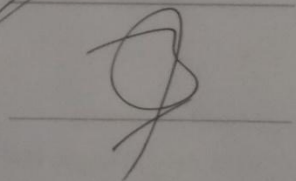
Penguji 2:
Nurul Afifah Arifuddin, S.Pd., M.T.



Pembimbing 1:
Indra Permana Solihin, S.Kom., M.Si

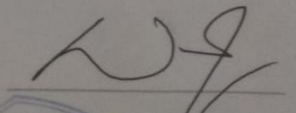


Pembimbing 2:
Jayanta, S.Kom., M.Si

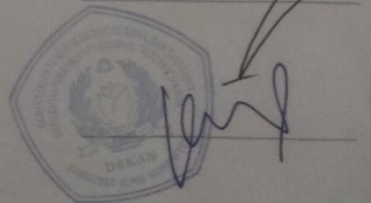


Diketahui Oleh:

Koordinator Program Studi:
Dr. Widya Cholil, M.IT
NIP. 221112080



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



Tanggal Ujian Tugas Akhir:
17 Juli 2025

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul "Prediksi Cuaca Per Jam Untuk Rekomendasi Kenyamanan Olahraga Menggunakan Metode Bilstm Berbasis Mobile". Proposal ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan tugas akhir pada Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi perkembangan teknologi prediksi cuaca, khususnya dalam konteks aplikasi *mobile* yang lebih mudah diakses oleh masyarakat luas. Dalam penyusunan proposal ini, penulis menyadari bahwa proposal ini tidak akan terselesaikan tanpa dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Indra Permana Solihin, S.Kom.,M.Kom, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan dukungan selama proses penyusunan proposal ini.
2. Seluruh dosen Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta, yang telah memberikan ilmu dan wawasan selama masa perkuliahan.
3. Keluarga dan teman-teman yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan moril selama penyusunan proposal ini.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan dan penyempurnaan di masa mendatang. Semoga proposal ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan dan berkontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang prediksi cuaca.

Jakarta, 29 April 2025

Penulis

PREDIKSI CUACA PER JAM UNTUK REKOMENDASI KENYAMANAN OLAHRAGA MENGGUNAKAN METODE BiLSTM BERBASIS MOBILE

Sulthan Kreshna Mahendra

ABSTRAK

Cuaca tropis Indonesia yang sangat variabel berdampak signifikan pada sektor transportasi, pertanian, industri, serta aktivitas luar ruangan seperti olahraga. Prediksi cuaca per jam yang akurat untuk suhu, kelembapan, dan curah hujan menjadi krusial guna mendukung kenyamanan termal manusia (terukur via Temperature Humidity Index/THI) dan produktivitas. Penelitian ini mengembangkan model prediksi cuaca per jam menggunakan arsitektur Bidirectional Long Short-Term Memory (BiLSTM) dua lapis dan transformasi Yeo–Johnson untuk mengatasi zero-inflation data curah hujan. Data historis per jam wilayah Jakarta (1 Januari 2021–31 Desember 2023) dari Open-Meteo API diproses melalui pembersihan, interpolasi, dan normalisasi (Yeo–Johnson + Min-Max Scaling). Deret waktu dengan lookback 24 jam dan horizon prediksi 1 jam dibagi menjadi training (80%), validasi (10%), dan uji (10%). Model BiLSTM (64→128 neuron, dropout 0,1–0,2, regularisasi $L2 \approx 1e-4$) dikompilasi dengan optimizer Adam dan Huber loss, lalu dioptimasi via random search dan early stopping. Hasil menunjukkan transformasi Yeo–Johnson menurunkan skewness curah hujan dari 12,56 ke 1,17. Model mencapai RMSE terdenormalisasi 0,8787 °C (NSE 0,892) untuk suhu, 4,8653% (NSE 0,875) untuk kelembapan, dan 0,7463 mm (NSE 0,368) untuk curah hujan. Implementasi API real-time berbasis Android berhasil menyajikan prediksi per jam untuk rekomendasi kenyamanan olahraga. Temuan membuktikan efektivitas kombinasi BiLSTM dan Yeo–Johnson dalam prediksi cuaca tropis, dengan rekomendasi pengayaan variabel dan periode data untuk penelitian lanjutan.

Kata kunci: BiLSTM; prediksi cuaca per jam; transformasi Yeo–Johnson; time series; iklim tropis.

HOURLY WEATHER PREDICTION FOR RECOMMENDATIONS ON SPORTS COMFORT USING MOBILE-BASED BiLSTM METHOD

Sulthan Kreshna Mahendra

ABSTRACT

Indonesia's highly variable tropical climate has a significant impact on the transportation, agriculture, and industrial sectors, as well as outdoor activities such as sports. Accurate hourly weather forecasts for temperature, humidity, and rainfall are crucial to support human thermal comfort (measured via the Temperature Humidity Index/THI) and productivity. This study develops an hourly weather prediction model using a two-layer Bidirectional Long Short-Term Memory (BiLSTM) architecture and Yeo–Johnson transformation to address zero-inflation in rainfall data. Hourly historical data for Jakarta (January 1, 2021–December 31, 2023) from the Open-Meteo API was processed through cleaning, interpolation, and normalization (Yeo–Johnson + Min-Max Scaling). The time series with a 24-hour lookback and a 1-hour prediction horizon was divided into training (80%), validation (10%), and testing (10%) sets. The BiLSTM model (64→128 neurons, dropout 0.1–0.2, L2 regularization $\approx 1e-4$) was compiled with the Adam optimizer and Huber loss, then optimized via random search and early stopping. The results show that the Yeo–Johnson transformation reduces rainfall skewness from 12.56 to 1.17. The model achieved a denormalized RMSE of 0.8787 °C (NSE 0.892) for temperature, 4.8653% (NSE 0.875) for humidity, and 0.7463 mm (NSE 0.368) for rainfall. The real-time Android-based API implementation successfully provided hourly predictions for sports comfort recommendations. The findings demonstrate the effectiveness of the BiLSTM and Yeo–Johnson combination in tropical weather prediction, with recommendations for variable enrichment and data periods for further research.

Keywords: BiLSTM; hourly weather prediction; Yeo–Johnson transformation; time series; tropical climate

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS	i
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR PERSAMAAN	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kajian Teoritis	6
2.1.1 Prediksi	6
2.1.2 Cuaca	6
2.1.3 Kenyamanan Olahraga	7
2.1.4 Suhu Kelembaban <i>Indeks (THI)</i>	7
2.1.5 <i>Machine Learning dan Deep Learning</i>	8
2.1.6 <i>Time Series</i>	9
2.1.7 Model Prediksi	9
2.1.8 Lapisan <i>Dense</i>	15

2.1.9	<i>Interpolasi</i>	15
2.1.10	<i>Evaluation Metric</i>	16
2.1.11	<i>Dropout dan Regularization</i>	17
2.1.12	<i>Bacth Size</i>	18
2.1.13	Fungsi Aktivasi	18
2.1.14	<i>Loss Function</i>	19
2.1.15	Normalisasi	21
2.1.16	<i>Random Search</i>	22
2.1.17	<i>FastAPI</i>	22
2.1.18	<i>Firebase</i>	22
2.1.19	Aplikasi Mobile.....	23
2.1.20	<i>Android</i>	23
2.1.21	<i>Unified Modeling Language (UML)</i>	24
2.1.22	<i>Black Box Testing</i>	25
2.1.23	<i>User Acceptace testing</i>	25
2.1.24	<i>Skala Likert</i>	26
2.2	Penelitian Terdahulu	27
BAB 3. METODE PENELITIAN		31
3.1	Tahapan Penelitian.....	31
3.1.1	Identifikasi Masalah	32
3.1.2	Studi Literatur.....	32
3.1.3	Pengumpulan Data	32
3.1.4	<i>Preprocessing</i> Data	33
3.1.5	Perancangan Model BiLSTM.....	34
3.1.6	Evaluasi Model.....	35
3.1.7	Implementasi Model.....	36
3.1.8	Pengujian Aplikasi	36
3.1.9	Dokumentasi.....	37
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	37
3.2.1	Perangkat Keras.....	38
3.2.2	Perangkat Lunak.....	38
3.3	Jadwal Penelitian.....	39

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Rancangan Sistem Usulan.....	40
4.1.1 Pengumpulan Data	40
4.1.2 <i>Preprocessing</i> Data	43
4.1.3 Perancangan Model BiLSTM.....	50
4.1.4 Evaluasi Model.....	56
4.1.5 Implementasi	82
4.1.6 Pengujian Aplikasi	107
BAB 5. PENUTUP	112
5.1 Kesimpulan	112
5.2 Saran.....	113
DAFTAR PUSTAKA	115
LAMPIRAN.....	120
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Arsitektur RNN (Assaf et al., 2023).....	10
Gambar 2.2 Arsitektur LSTM (Puteri, 2023).....	11
Gambar 2.3 <i>Forget Gate</i> https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301835.g005 ...	12
Gambar 2.4 <i>Input Gate</i> https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301835.g006	12
Gambar 2.5 <i>Updating The Cell State</i> https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301835.g007	12
Gambar 2.6 <i>Output Gate</i> https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301835.g008 ...	13
Gambar 2.7 Arsitektur BiLSTM (Puteri, 2023)	14
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	31
Gambar 4.1 Data Mentah Suhu.....	41
Gambar 4.2 Data Mentah Kelembaban.....	42
Gambar 4.3 Data Mentah Curah hujan	43
Gambar 4.4 Perbandingan Distribusi Sebelum dan Sesudah.....	46
Gambar 4.5 Distribusi Nilai Pasca Normalisasi.....	48
Gambar 4.6 Kode <i>Buil Model</i>	53
Gambar 4.7 Arsitektur Model <i>Trial 17</i>	56
Gambar 4.8 RMSE per Fitur Setelah Normalisasi	58
Gambar 4.9 Grafik Prediksi Model untuk Suhu.....	59
Gambar 4.10 Grafik Prediksi Model untuk kelembaban	60
Gambar 4.11 Diagram Prediksi Model untuk Curah Hujan.....	61
Gambar 4.12 Struktur <i>Folder FastAPI</i>	83
Gambar 4.13 Arsitektur API	85
Gambar 4.14 Kode Konfigurasi <i>Setting.py</i>	86
Gambar 4.15 Kode Implementasi Skema Validasi <i>Schemas.py</i>	87
Gambar 4.16 Kode <i>Endpoint</i> Prediksi	89
Gambar 4.17 <i>Firebase Store</i> Prediksi	90
Gambar 4.18 <i>Endpoint Post</i>	90
Gambar 4.19 <i>Endpoint Current</i>	91
Gambar 4.20 <i>Firebase Storage Current</i>	91
Gambar 4.21 Kode <i>Endpoint Get History</i>	92
Gambar 4.22 Diagram Proses Integrasi Model	93
Gambar 4.23 Kode Implementasi <i>Linear_Interpolasi</i>	93
Gambar 4.24 Kode <i>Apply Yeojohnson</i>	94
Gambar 4.25 Kode Normalisasi <i>Min – Max</i>	95
Gambar 4.26 Pembentukan <i>Sequence</i> Temporal	95
Gambar 4.27 Visualisasi <i>Sliding Window</i>	96
Gambar 4.28 Kode <i>Predict Next Hour</i>	96
Gambar 4.29 Struktur <i>Shedule Jobs</i>	97
Gambar 4.30 Kode <i>Schedule Jobs</i>	98
Gambar 4.31 Kode <i>Fetch and Save Job</i>	99

Gambar 4.32 Kode <i>Predict Job</i>	99
Gambar 4.33 Code <i>getCurrentWeather</i>	104
Gambar 4.34 Code <i>getHourlyForecast</i>	105
Gambar 4.35 Kode <i>GetHourlyPast</i>	106

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Nilai Indeks Kenyamanan (THI)	8
Tabel 2.2 Indikator Skala Liker	26
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu	27
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	39
Tabel 4.1 Dataset.....	40
Tabel 4.2 <i>Scaled Yeo Johnson</i>	44
Tabel 4.3 <i>Scaled Min-Max</i>	45
Tabel 4.4 Tabel <i>Hyperparameter</i>	51
Tabel 4.5 Hasil Optimasi <i>hyperparameter</i>	54
Tabel 4.6 Hasil Evaluasi	57
Tabel 4.7 Hasil Prediksi Tahun 2024.....	62
Tabel 4.8 Perhitungan Manual Suhu RMSE 2024.....	64
Tabel 4.9 Hitung Pembilang NSE Suhu 2024.....	65
Tabel 4.10 Hitung Penyebut NSE Suhu 2024.....	66
Tabel 4.11 Perhitungan Manual kelembaban RMSE 2024.....	67
Tabel 4.12 Hitung Pembilang NSE Kelembaban 2024.....	68
Tabel 4.13 Hitung Penyebut NSE Kelembaban 2024.....	69
Tabel 4.14 Perhitungan Manual Curah Hujan RMSE 2024.....	69
Tabel 4.15 Hitung Pembilang NSE Curah Hujan 2024	71
Tabel 4.16 Hitung Penyebut NSE Curah Hujan 2024	72
Tabel 4.17 Hasil Prediksi Tahun 2025.....	73
Tabel 4.18 Perhitungan Manual Suhu RMSE 2025.....	74
Tabel 4.19 Hitungan Pembilang NSE Suhu 2025.....	75
Tabel 4.20 Hitungan Penyebut NSE Suhu 2025	76
Tabel 4.21 Perhitungan Manual Kelembaban RMSE 2025.....	77
Tabel 4.22 Hitung Pembilang NSE Kelembaban 2025.....	78
Tabel 4.23 Hitungan Penyebut NSE Kelembaban 2025	79
Tabel 4.24 Perhitungan Manual Curah Hujan 2025.....	79
Tabel 4.25 Hitung Pembilang NSE Curah Hujan 2025	80
Tabel 4.26 Hitung Penyebut NSE Curah Hujan 2025	81

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 1 Rumus <i>Hidden state</i>	10
Persamaan 2 Rumus <i>Forget Gate</i>	12
Persamaan 3 Rumus <i>Input Gate</i>	12
Persamaan 4 Rumus menghitung status sel kandidat.....	12
Persamaan 5 Rumus <i>Updating cell State</i>	12
Persamaan 6 Rumus <i>Output Gate</i>	13
Persamaan 7 Rumus <i>Output (Hidden State)</i>	13
Persamaan 8 Rumus <i>Interporlasi</i>	15
Persamaan 9 Rumus <i>RMSE</i>	16
Persamaan 10 Rumus <i>Nash Sutcliffe</i>	16
Persamaan 11 Rumus <i>reLU</i>	18
Persamaan 12 Rumus <i>Sigmoid</i>	18
Persamaan 13 Rumus <i>Tanh</i>	19
Persamaan 14 <i>Huber loss</i>	19
Persamaan 15 Rumus pembaruan momen (momentum)	20
Persamaan 16 Rumus pembaruan untuk estimasi momen orde kedua	20
Persamaan 17 Rumus koreksi bias (bias correction) untuk estimasi momen orde pertama.....	20
Persamaan 18 Rumus koreksi bias (bias correction) untuk estimasi momen orde kedua	20
Persamaan 19 persamaan pembaruan parameter inti (<i>core parameter update</i>).....	21
Persamaan 20 Rumus Normalisasi <i>Yeo-Johnson</i>	21
Persamaan 21 Rumus normalisasi <i>Min-Max</i>	22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Survei Kuesioner Penelitian	120
Lampiran 2. Hasil Kuesioner <i>User acceptance testing</i> (UAT)	122
Lampiran 3 Hasil <i>Black Box Testing</i>	124