



UNDERGRADUATE THESIS

WIND SPEED PREDICTION USING TEMPORAL CONVOLUTIONAL NETWORK (TCN): A CASE STUDY AT BMKG JUANDA

FIRLY SETYA WARDANI

NPM 21083010093

THESIS ADVISORS

Dr. Ir. Mohammad Idhom, S.P., S.Kom., M.T.

Aviolla Terza Damaliana, S.Si., M.Stat.

**MINISTRY OF HIGHER EDUCATION, SCIENCE, AND TECHNOLOGY
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FACULTY OF COMPUTER SCIENCE
DEPARTEMENT OF DATA SCIENCE
SURABAYA
2025**



SKRIPSI

PREDIKSI KECEPATAN ANGIN MENGUNAKAN *TEMPORAL* CONVOLUTIONAL NETWORK (TCN): STUDI KASUS BMKG JUANDA

FIRLY SETYA WARDANI
NPM 21083010093

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Mohammad Idhom, S.P., S.Kom., M.T.
Aviolla Terza Damaliana, S.Si., M.Stat.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI SAINS DATA
SURABAYA
2025**



SKRIPSI

**PREDIKSI KECEPATAN ANGIN
MENGUNAKAN *TEMPORAL*
CONVOLUTIONAL NETWORK (TCN): STUDI
KASUS BMKG JUANDA**

FIRLY SETYA WARDANI
NPM 21083010093

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Mohammad Idhom, S.P., S.Kom., M.T.
Aviolla Terza Damaliana, S.Si., M.Stat.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI SAINS DATA
SURABAYA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

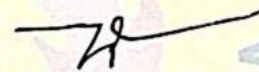
PREDIKSI KECEPATAN ANGIN MENGGUNAKAN *TEMPORAL CONVOLUTIONAL NETWORK* (TCN): STUDI KASUS BMKG JUANDA

Oleh:
FIRLY SETYA WARDANI
NPM. 21083010093

Telah dipertahankan di hadapan dan diterima oleh Tim Penguji Sidang Skripsi Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada tanggal 26 November 2025:

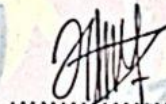
Menyetujui,

Dr. Ir. Mohammad Idhom, S.P., S.Kom., M.T.
NIP 19830310 202121 1 006



(Pembimbing I)

Aviolla Terza Damaliana, S.Si., M.Stat.
NIP 19940802 202203 2 015



(Pembimbing II)

Trimono, S.Si., M.Si.
NIP. 19950908 202203 1 003



(Ketua Penguji)

Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., M.S.
NIP. 19950723 202406 1 002



(Penguji I)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Komputer



Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.

NIP. 19681126 199403 2 001

LEMBAR PERSETUJUAN

PREDIKSI KECEPATAN ANGIN MENGGUNAKAN *TEMPORAL CONVOLUTIONAL NETWORK* (TCN); STUDI KASUS BMKG JUANDA

Oleh:
FIRLY SETYA WARDANI
NPM. 21083010093

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Skripsi



Menyetujui,
**Koordinator Program Studi Sains Data
Fakultas Ilmu Komputer**

Dr. Eng. Ir. Dwi Arman Prasetya, S.T., M.T., IPU., Asean Eng.
NIP. 19801205 200501 1 002

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Firly Setya Wardani
NPM : 21083010093
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Sains Data
Fakultas : Fakultas Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila di kemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya



Surabaya, 3 Desember 2025
Yang Membuat Pernyataan,



FIRLY SETYA WARDANI
NPM. 21083010093

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Firly Setya Wardani / 21083010093
Judul Skripsi : Prediksi Kecepatan Angin Menggunakan *Temporal Convolutional Network* (TCN): Studi Kasus BMKG Juanda
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Mohammad Idhom, S.P., S.Kom., M.T
2. Aviolla Terza Damaliana, S.Si., M.Stat.

Kecepatan angin merupakan fenomena meteorologi yang memiliki peran penting dalam keselamatan transportasi, optimalisasi energi, dan mitigasi bencana, namun bersifat fluktuatif dan sulit diprediksi secara akurat. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi kecepatan angin di sekitar BMKG Juanda dengan menggunakan dua model *deep learning*, yaitu *Temporal Convolutional Network* (TCN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM), serta membandingkannya dengan metode konvensional ARIMA. Data yang digunakan merupakan data kecepatan angin harian, yang dibagi berdasarkan musim untuk menangani missing value secara representatif. Proses optimasi hyperparameter dilakukan menggunakan Optuna untuk memperoleh konfigurasi model yang optimal. Hasil prediksi menunjukkan bahwa TCN mampu menghasilkan performa terbaik dengan nilai error yang lebih rendah dan stabil dibandingkan LSTM dan ARIMA, terutama dalam menangkap fluktuasi ekstrem kecepatan angin. Nilai prediksi TCN untuk 30 hari ke depan berkisar antara 5,079 hingga 5,556 m/s, sedangkan LSTM berkisar 4,926 hingga 6,108 m/s dan ARIMA 8,188 hingga 18,265 m/s. Temuan ini menegaskan bahwa TCN lebih efektif dalam mempelajari dinamika temporal kompleks pada data kecepatan angin, serta memberikan prediksi yang lebih akurat dan realistis. Penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan sistem prediksi cuaca yang lebih andal, mitigasi risiko cuaca ekstrem, dan optimalisasi penggunaan energi angin di wilayah perkotaan padat.

Kata Kunci : Prediksi kecepatan angin, *Long Short-Term Memory* (LSTM), *Temporal Convolutional Network* (TCN), Optuna, BMKG Juanda

ABSTRACT

Student Name / NPM : Firly Setya Wardani / 21083010093
Undergraduate Thesis Title : *Wind Speed Prediction Using Temporal Convolutional Network (TCN): A Case Study at BMKG Juanda*
Advisors : 1. Dr. Ir. Mohammad Idhom, S.P., S.Kom., M.T
2. Aviolla Terza Damaliana, S.Si., M.Stat.

Wind speed is a meteorological phenomenon that plays a critical role in transportation safety, energy optimization, and disaster mitigation, yet it is highly fluctuating and difficult to predict accurately. This study aims to forecast wind speed around BMKG Juanda using two deep learning models, Temporal Convolutional Network (TCN) and Long Short-Term Memory (LSTM), and compare their performance with the conventional ARIMA method. Daily wind speed data were divided by season to handle missing values more representatively. Hyperparameter optimization was conducted using Optuna to obtain the optimal model configuration. Prediction results show that TCN achieved the best performance with lower and more stable errors compared to LSTM and ARIMA, particularly in capturing extreme wind speed fluctuations. TCN's 30-day forecast ranged from 5.079 to 5.556 m/s, while LSTM ranged from 4.926 to 6.108 m/s, and ARIMA from 8.188 to 18.265 m/s. These findings indicate that TCN is more effective in learning complex temporal dynamics in wind speed data and provides more accurate and realistic predictions. This study is expected to support the development of a reliable weather forecasting system, enhance extreme weather risk mitigation, and optimize wind energy utilization in densely populated urban areas..

Keywords: *Wind speed prediction, Long Short-Term Memory (LSTM), Temporal Convolutional Network (TCN), Optuna, BMKG Juanda*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis sehingga skripsi dengan judul “**Prediksi Kecepatan Angin Menggunakan *Temporal Convolutional Network* (TCN): Studi Kasus BMKG Juanda**” dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Mohammad Idhom, S.P., S.Kom., M.T selaku Dosen Pembimbing utama yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, nasehat serta motivasi kepada penulis. Dan penulis juga banyak menerima bantuan dari berbagai pihak, baik itu berupa moril, spiritual maupun materiil. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas segala nikmat, rahmat, dan petunjuk-Nya yang senantiasa diberikan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Dwi Arman Prasetya, S.T., M.T., IPU., Asean Eng., selaku Koordinator Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Dr. Ir. Mohammad Idhom, S.P., S.Kom., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Aviolla Terza Damaliana, S.Si., M.Stat. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, arahan, serta saran yang sangat berarti bagi penulis dalam proses pengerjaan hingga penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh dosen Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, yang telah memberikan ilmu, wawasan, dan pengalaman berharga sejak awal perkuliahan hingga akhir masa studi.
6. Mama tercinta, adek dan Almarhum Papa, cinta pertama dan teladan terbaik bagi penulis. Terima kasih atas kasih sayang, doa, dan pengorbanan yang tidak pernah terhitung. Meskipun Almarhum Papa tidak sempat menyaksikan

penulis menyelesaikan pendidikan tinggi, semangat dan kenangan beliau menjadi kekuatan terbesar yang selalu mengiringi langkah penulis hingga akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini dan meraih gelar sarjana.

7. Kepada teman-teman seperjuangan di perkuliahan, terutama Yuni, Bora, Edelin, Awal, Novita, dan Radya, terima kasih atas kebersamaan, bantuan, dan dukungan yang telah diberikan selama proses belajar dan penyusunan skripsi ini. Kebersamaan kalian menjadi kenangan berharga yang akan selalu penulis ingat.
8. Kepada sahabat penulis, Vanya, yang sempat menemani saya selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang telah diberikan, yang menjadi salah satu bagian berharga dalam perjalanan ini.
9. Kepada diri saya sendiri, terima kasih telah bertahan sejauh ini, melewati berbagai proses dan rintangan selama penyusunan skripsi. Terima kasih karena telah berjuang, berusaha, dan tidak menyerah meskipun dalam keadaan sulit. Apresiasi sebesar-besarnya untuk diri sendiri yang telah bertanggung jawab atas pilihan yang diambil, tetap percaya pada kemampuan yang dimiliki, dan akhirnya berhasil menyelesaikan perjalanan panjang ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan skripsi ini banyak terdapat kekurangan. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Akhirnya, dengan segala keterbatasan yang penulis miliki semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, 3 Desember 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	7
1.3. Batasan Masalah	7
1.4. Tujuan Penelitian	7
1.5. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Penelitian Terdahulu	9
2.2 Kerangka Teori	14
2.2.1 Prediksi Pada <i>Time Series</i>	14
2.2.2 Meteorologi	14
2.2.3 Menentukan <i>Lag</i> Menggunakan PACF	16
2.2.4 Melakukan <i>Transform</i> ke <i>Supervised</i> Menggunakan <i>Lag Features</i>	17
2.2.5 <i>Temporal Convolutional Network</i> (TCN)	18
2.2.6 <i>Double Layer Long Short-Term Memory</i> (LSTM).....	22
2.2.7 <i>Optuna Hyperparameter</i>	25
2.2.8 Streamlit	27

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Variabel Penelitian dan Sumber Data.....	29
3.2 Langkah Analisis	29
3.2.1 Identifikasi Masalah.....	31
3.2.2 <i>Data Collecting</i>	31
3.2.3 <i>Preprocessing data</i>	32
3.2.4 <i>Splitting Data</i>	34
3.2.5 <i>Transform</i> menjadi <i>Supervised Format</i>	35
3.2.6 <i>Model Training</i>	35
3.2.7 <i>Forecasting</i>	38
3.2.8 Penentuan Model Terbaik.....	38
3.2.9 <i>Deployment</i>	39
3.3 <i>Desain Sistem</i>	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 <i>Data Collection</i>	45
4.2 <i>Preprocessing Data</i>	46
4.3 Menstandarisasi Data.....	52
4.4 <i>Split Train Test Data</i>	54
4.5 <i>Transform</i> menjadi <i>Supervised Format</i>	55
4.6 <i>Model Training</i>	56
4.6.1 <i>Tuning Hyperparameter</i>	56
4.6.2 <i>Training Model</i>	63
4.6.3 Proses Pemodelan ARIMA.....	67
4.6.4 <i>Invers Transform</i>	67
4.6.5 <i>Dataframe</i> Prediksi.....	68
4.7 Evaluasi Model.....	70
4.8 Melakukan <i>Forecasting</i>	72
4.9 Tampilan Antar Muka (<i>Graphical User Interface</i>)	75
4.10 <i>Gap Analysis</i>	79
BAB V PENUTUP.....	81
5.1. Kesimpulan.....	81

5.2. Saran Pengembangan	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Arsitektur TCN: faktor dilasi $d:1,2,4$ [25].....	18
Gambar 2.2. <i>1D Convolution operation</i> [27]	19
Gambar 2.3. Operasi Konvolusi Kausal [27]	20
Gambar 2.4. Arsitektur D-LSTM [27]	23
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Penelitian	30
Gambar 3.2. <i>Use Case</i> Streamlit	41
Gambar 3.3. Tampilan Halaman <i>Login</i>	42
Gambar 3.4. Tampilan <i>Upload Data</i>	43
Gambar 3.5. Tampilan <i>Transformasi Supervised</i>	43
Gambar 3.6. Proses <i>Tuning Hyperparameter</i>	44
Gambar 4.1. Hasil Visualisasi	51
Gambar 4.2. Hasil Visualisasi PACF	52
Gambar 4.3. Hasil <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	65
Gambar 4.4. Hasil Perbandingan Aktual dan Prediksi TCN.....	69
Gambar 4.5. Menu Beranda Aplikasi.....	76
Gambar 4.6. Proses <i>Preprocessing</i> dan Analisis	76
Gambar 4.7. Proses <i>Transformasi Supervised</i> dan <i>Splitting</i>	77
Gambar 4.8. Proses Menu <i>Hyperparameter Tuning</i>	78
Gambar 4.9. Hasil Menu <i>Hyperparameter Tuning</i>	78
Gambar 4.10. Proses Evaluasi dan Peramalan	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	9
Tabel 3.1. Struktur Data	29
Tabel 4.1. Dataset Kecepatan Angin	45
Tabel 4.2. Hasil Data Pengelompokan	47
Tabel 4.3. Hasil <i>Missing Value</i>	48
Tabel 4.4. Hasil Normalisasi	53
Tabel 4.5. Hasil Tanpa Standarisasi	53
Tabel 4.6. Hasil Parameter LSTM	60
Tabel 4.7. Hasil Parameter TCN	61
Tabel 4.8. Perbandingan Performa <i>Loss</i>	66
Tabel 4.9. Perbandingan Akurasi	66
Tabel 4.10. Hasil <i>Actual</i> dan <i>Predicted</i>	69
Tabel 4.11. Hasil Evaluasi Model	71
Tabel 4.12. Hasil <i>Forecasting</i>	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Aplikasi Streamlit.....	87
Lampiran 2. Kode <i>Script</i> Penelitian dan Kode <i>Script User Interface</i>	88
Lampiran 3. Data Penelitian	89
Lampiran 4. LOA.....	90

DAFTAR NOTASI

ρ_k	:	Koefisien ACF
ϕ_{kk}	:	Koefisien PACF
ρ_k	:	Koefisien ACF pada lag ke- k
X_t	:	nilai observasi pada waktu ke- t
$\bar{X}$	:	rata-rata data
N	:	jumlah total pengamatan
k	:	Lag
r	:	receptive field
k	:	ukuran kernel (berapa banyak data yang dilihat tiap langkah konvolusi)
n	:	jumlah lapisan konvolusi
b	:	basis dilasi (berapa kali jarak antar titik diperbesar di tiap lapisan)
$(k - 1)$	:	ukuran padding di lapisan ke- L
b	:	tingkat dilasi di lapisan tersebut
	:	pengaruh ukuran kernel
$F(s)$	:	hasil konvolusi terdistribusi antara fungsi p dan f pada titik s .
$(p *_d f)(s)$	:	notasi konvolusi diskrit dengan langkah (jarak) d
$f(i)$	:	nilai fungsi atau sinyal <i>input</i> pada indeks ke- i
$p_{s-d \cdot i}$	:	nilai kernel atau fungsi bobot p pada posisi $s - d \cdot i$, yang bergantung pada jarak kelipatan d .
d	:	faktor dilasi (<i>dilation rate</i>) yang menentukan jarak antar elemen dalam operasi konvolusi (sering digunakan dalam <i>Temporal Convolutional Network</i> (TCN)).
k	:	ukuran kernel atau panjang jendela konvolusi.
i	:	indeks pergeseran dari 0 hingga $k - 1$

i_t	:	input gate, berfungsi untuk menentukan seberapa besar informasi baru yang akan disimpan ke dalam <i>cell state</i> .
σ	:	fungsi aktivasi sigmoid yang membatasi nilai antara 0 dan 1.
W_i	:	bobot (weight matrix) untuk <i>input gate</i> .
h_{t-1}, x_t	:	gabungan (concatenation) antara output tersembunyi sebelumnya h_{t-1} dan input saat ini (x_t).
b_i	:	bias untuk <i>input gate</i> .
$\tilde{C}_t$	:	candidate cell state, yaitu nilai kandidat yang akan ditambahkan ke <i>cell state</i> saat ini.
Tanh	:	fungsi aktivasi tanh yang menghasilkan nilai antara -1 dan 1.
W_c	:	bobot untuk pembentukan <i>candidate cell state</i> .
b_c	:	bias yang ditambahkan pada perhitungan <i>candidate state</i> .
C_{t-1}	:	<i>cell state</i> pada waktu sebelumnya.
$\alpha(x)$	:	fungsi rasio atau <i>acquisition function</i> yang digunakan untuk menilai kualitas atau prioritas suatu kandidat x .
$l(x)$	:	nilai <i>likelihood</i> atau fungsi tujuan yang ingin dimaksimalkan pada titik x .
$g(x)$	:	fungsi penalti, ketidakpastian, atau normalisasi yang digunakan untuk menyeimbangkan eksplorasi dan eksploitasi.
x^*	:	nilai x optimal yang memaksimalkan fungsi $\alpha(x)$.
$\arg \max_x \alpha(x)$	:	operasi untuk menemukan x yang menghasilkan nilai maksimum dari $\alpha(x)$.