

EVALUASI KINERJA IMPUTASI *MISSFOREST* PADA DATA METEOROLOGI DAN ANALISIS TREN SUHU EKSTREM ETCCDI KOTA BANDUNG 1990–2022

DESKA INDAH SINAGA



**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

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 IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Evaluasi Kinerja Imputasi *MissForest* pada Data Meteorologi dan Analisis Tren Suhu Ekstrem ETCCDI Kota Bandung 1990–2022” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Deska Indah Sinaga
G2401221021



@Hak cipta milik IPB University

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 IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

DESKA INDAH SINAGA. Evaluasi Kinerja Imputasi *MissForest* pada Data Meteorologi dan Analisis Tren Suhu Ekstrem ETCCDI Kota Bandung 1990–2022. Dibimbing oleh TANIA JUNE.

Keterbatasan kelengkapan data observasi dan rendahnya korelasi spasial dengan stasiun sekitar menjadi kendala analisis tren iklim ekstrem di Kota Bandung. Tujuan penelitian ini mengevaluasi kinerja imputasi *MissForest* menggunakan variabel meteorologi internal stasiun yang sama, serta menganalisis tren dan perbandingan antarperiode delapan indeks suhu ekstrem ETCCDI periode 1990–2022 menggunakan uji *Mann-Kendall* dan *Sen's Slope*. Imputasi *MissForest* menghasilkan kinerja yang baik pada variabel suhu dan kelembapan udara, sedangkan curah hujan menghasilkan akurasi rendah akibat distribusinya yang tidak simetris, sehingga analisis tren difokuskan pada indeks suhu. Tujuh dari delapan indeks menunjukkan tren signifikan, di antaranya suhu minimum ekstrem tahunan (TNn) naik 0,071 °C per tahun, frekuensi malam hangat (TN90p) naik 0,333% per tahun dengan nilai Z tertinggi sebesar 5,753, frekuensi hari panas (TX90p) naik 0,520% per tahun, frekuensi malam dingin (TN10p) turun 0,318% per tahun, dan rentang suhu harian (DTR) menyempit 0,022 °C per tahun. Laju kenaikan TNn melebihi dua kali lipat laju kenaikan suhu maksimum ekstrem (TXx), mencerminkan dominasi pemanasan pada malam hari. Perubahan terbesar terjadi pada periode 2010–2022, dengan frekuensi hari panas meningkat dari 3,65% menjadi 16,2%, konsisten dengan penguatan efek *urban heat island* (UHI). Temuan ini menjadi dasar evaluasi kualitas data historis BMKG dan rujukan kebijakan adaptasi risiko suhu ekstrem di Kota Bandung.

Kata kunci: ETCCDI, indeks iklim ekstrem, Kota Bandung, *MissForest*, *urban heat island* (UHI)



@Hak cipta milik IPB University

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 IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRACT

DESKA INDAH SINAGA. Evaluation of MissForest Imputation Performance on Meteorological Data and Trend Analysis of ETCCDI Extreme Temperature Indices in Bandung City, 1990–2022. Supervised by TANIA JUNE.

Incomplete observational records and weak spatial correlation with neighboring stations constrain extreme climate trend analysis in Bandung City. This study evaluated the performance of MissForest imputation using internal meteorological variables from the same station, and analyzed trends and sub-period comparisons of eight ETCCDI extreme temperature indices over 1990–2022 using the *Mann-Kendall* test and Sen's Slope estimator. Imputation performed well for temperature and relative humidity, whereas rainfall yielded low accuracy due to its asymmetric distribution, so trend analysis was restricted to temperature indices. Seven of eight indices showed significant trends, including annual extreme minimum temperature (TNn) rising 0.071 °C per year, warm night frequency (TN90p) rising 0.333% per year with the highest Z-value of 5.753, warm day frequency (TX90p) rising 0.520% per year, cool night frequency (TN10p) declining 0.318% per year, and diurnal temperature range (DTR) narrowing by 0.022 °C per year. The rate of TNn increase exceeded twice that of extreme maximum temperature (TXx), reflecting dominant nighttime warming. The largest changes occurred during 2010–2022, with warm day frequency rising from 3.65% to 16.2%, consistent with intensifying urban heat island effects. These findings provide a basis for evaluating BMKG historical data quality and serve as a reference for extreme temperature adaptation policy in Bandung City.

Keywords: Bandung City, ETCCDI, extreme climate indices, MissForest, urban heat island



@Hak cipta milik IPB University

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 IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



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 IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

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 IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

EVALUASI KINERJA IMPUTASI *MISSFOREST* PADA DATA METEOROLOGI DAN ANALISIS TREN SUHU EKSTREM ETCCDI KOTA BANDUNG 1990–2022

DESKA INDAH SINAGA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada
Program Studi Meteorologi Terapan

**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

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 IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Ana Turyanti, S.Si., M.T.

2. Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, M.S.

Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Imputasi *MissForest* pada Data Meteorologi dan Analisis Tren Suhu Ekstrem ETCCDI Kota Bandung 1990–2022

Nama : Deska Indah Sinaga

NIM : G2401221021

Disetujui oleh

Pembimbing:

Prof. Dr. Ir. Tania June, M.Sc.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Geofisika dan Meteorologi :

Dr. Ana Turyanti, S.Si., M. T.

NIP 19710707199803 2002



Tanggal Ujian:
15 Juli 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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 IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmatnya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Topik penelitian yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2025 sampai bulan Juli 2026 dengan judul “Evaluasi Kinerja Imputasi *MissForest* pada Data Meteorologi dan Analisis Tren Suhu Ekstrem ETCCDI Kota Bandung 1990–2022”.

Pada saat proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa tidak sedikit rintangan dan tantangan yang dihadapi. Namun, atas berkat bantuan, dukungan serta doa dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan dan rasa terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Tania June, M.Sc, selaku dosen pembimbing akademik sekaligus dosen pembimbing tugas akhir penulis, yang telah membimbing dengan rendah hati dan penuh ketulusan serta yang selalu memberikan banyak saran, dukungan serta motivasi kepada penulis.
2. Seluruh staff dan dosen pengajar Departemen Geofisika dan Meteorologi yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, serta bantuan selama penulis menempuh pendidikan di IPB University.
3. Orangtua tercinta penulis, yaitu Bapak Barnet Sinaga yang senantiasa mendoakan, memberikan dukungan, saran, dan semangat kepada penulis dan Ibu Dongmaria Sagala yang telah disurga yang penulis yakini selalu mendoakan penulis setiap saat dan setiap waktu dari atas sana sehingga penulis berhasil menyelesaikan masa perkuliahan dan tugas akhir ini dengan lancar.
4. Adik-adikku tersayang Leonardo Timoty Sinaga dan Habel Damian Sinaga yang senantiasa mendoakan dan memberikan semangat serta dukungan kepada penulis.
5. Sahabat dekat penulis Jessica Carisa Siregar, Bernarda Theresia T P Sinurat, Sisilia Imelinda Manurung, Agnes Yanuarika Agustin dan Ribka Febrianty Turnip. Terima kasih atas kehadiran dan kebersamaan dalam suka dan duka sehingga penulis dapat melewati masa perkuliahan ini dengan sangat baik.
6. Teman-teman penulis Nisa Rizka dan Dea Febriana yang senantiasa menemani, memberikan motivasi serta dukungan kepada penulis.
7. Sahabat SMP penulis Zahra, Hanifah dan Khairiah yang senantiasa mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis.
8. Teman-teman KKN-T Desa Tempursari Nesya, Naomi, Valen, Rena, Dwiky, Ghani dan Ilyasa yang selalu menemani, memberikan semangat dan memotivasi penulis.
9. Teman-teman *Data Challenge* Iffa, Anna, Destita dan Haekal yang memberikan semangat dan saran serta masukan kepada penulis.



@Hak cipta milik IPB University

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 IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



10. Sahabat KEMAKI terkasih yang menjadi keluarga kedua penulis. Terima kasih karena selalu menemani dalam suka dan duka dan menjadi tempat pulang penulis selama masa perkuliahan.
11. Keluarga besar NIM G2-021 yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Deska Indah Sinaga



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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 IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perubahan Iklim dan Kejadian Ekstrem	5
2.2 Indeks Iklim Ekstrem ETCCDI	5
2.3 Karakteristik Iklim Kota Bandung	8
2.4 Urbanisasi dan Efek <i>Urban Heat Island</i> (UHI)	9
2.5 Imputasi <i>MissForest</i>	10
2.6 Analisis Tren <i>Mann-Kendall</i> dan <i>Sen's Slope</i>	11
III METODE	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Persiapan Data	14
3.4 Analisis Data	21
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Evaluasi Kinerja <i>MissForest</i>	25
4.2 Uji Nilai <i>Mann-Kendall</i> dan <i>Sen's Slope</i>	27
4.3 Analisis Indeks Suhu Ekstrem	28
4.4 Perubahan Antarperiode	39
V SIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Simpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	47
RIWAYAT HIDUP	53



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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 IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

DAFTAR TABEL

1	Indeks curah hujan ekstrem	6
2	Indeks suhu ekstrem	7
3	Daftar data yang digunakan untuk penelitian	13
4	Jumlah dan persentase data hilang pada variabel meteorologi Stasiun Geofisika Kota Bandung Tahun 1990–2022	14
5	Notasi dan keterangan simbol pada metode <i>MissForest</i>	16
6	Nilai koefisien determinasi (R^2)	20
7	Delapan indeks suhu ekstrem yang digunakan dalam penelitian	21
8	Evaluasi kinerja <i>MissForest</i>	25
9	Hasil uji nilai <i>Mann-Kendall</i> dan <i>Sen's Slope</i>	28
10	Nilai indeks suhu ekstrem kelompok berbasis nilai absolut (TXx, TNn dan TNx)	28
11	Nilai indeks suhu ekstrem berbasis persentil (TX10p dan TN10p)	31
12	Nilai indeks suhu ekstrem berbasis persentil (TN90p dan TX90p)	34
13	Nilai indeks DTR Tahun 1990–2022	37
14	Nilai perubahan antarperiode	39

DAFTAR GAMBAR

1	Peta wilayah kajian Kota Bandung	13
2	Diagram alir metode imputasi <i>MissForest</i> dan evaluasi kinerja imputasi	17
3	Diagram alir penelitian	23
4	Grafik (a) Indeks TNn dan (b) Indeks TXx dan (c) Indeks TNx tahun 1990–2022	30
5	Grafik (a) Indeks TN10p dan (b) Indeks TX10p Tahun 1990–2022	33
6	Grafik (a) Indeks TN90p dan (b) Indeks TX90p tahun 1990–2022	36
7	Grafik Indeks DTR Tahun 1990–2022	38

DAFTAR LAMPIRAN

1	Jumlah data hilang tahunan pada setiap variabel meteorologi di Stasiun Geofisika Kota Bandung Tahun 1990–2022	48
2	Tabel Nilai indeks Curah Hujan	49
3	Grafik Indeks Curah hujan Kota Bandung 1990–2022	50
4	Tabel Uji Nilai <i>Mann-Kendall</i> dan <i>Sen's Slope</i>	51
5	Tabel Nilai perubahan Antarperiode	51



@Hak cipta milik IPB University

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 IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.