IPB University
Bogor Indonesia

STATISTICAL DOWNSCALING DENGAN REGRESI GAMMA-*ELASTIC NET* MENGGUNAKAN METODE *ENSEMBLE* UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN DI JAWA BARAT

ORYZA SATIVA

PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025

@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.

IPB University

Perpustakaan IPB University

@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

IPB University
Bogor Indonesia

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul "*Statistical Downscaling* dengan Regresi Gamma-*Elastic Net* menggunakan Metode *Ensemble* untuk Prediksi Curah Hujan di Jawa Barat" adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun 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 tesis ini.

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

Bogor, Juli 2025

Oryza Sativa
G1501211035

@Hak cipta milik IPB University
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.
Perpustakaan IPB University

@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

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Perpustakaan 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.

RINGKASAN

ORYZA SATIVA. *Statistical Downscaling* dengan Regresi Gamma-*Elastic Net* menggunakan Metode *Ensemble* untuk Prediksi Curah Hujan di Jawa Barat. Dibimbing oleh ANIK DJURAIDAH dan KHAIRIL ANWAR NOTODIPUTRO.

Metode *ensemble* merupakan gabungan beberapa model prediksi yang digunakan untuk menghasilkan hasil prediksi yang lebih akurat, stabil, dan informatif dibandingkan dengan model tunggal. Dalam pemodelan iklim, metode ini mampu mengintegrasikan berbagai sumber ketidakpastian dan memberikan gambaran yang lebih realistis mengenai kemungkinan hasil. Beberapa teknik *ensemble* yang umum digunakan antara lain *Averaging*, *Stacking Random Forest*, dan *Bayesian Model Averaging* (BMA) yang masing-masing memiliki keunggulan tersendiri. *Averaging* merata-ratakan prediksi model dasar sehingga dapat mengurangi keragaman prediksi, *Stacking Random Forest* menggabungkan kekuatan dari metode *meta-learning* dengan algoritma *Random Forest* yang efektif dalam menangani data nonlinier dan berdimensi tinggi, sedangkan BMA memberikan bobot berdasarkan peluang posterior untuk mempertimbangkan ketidakpastian model.

Dalam konteks prediksi curah hujan, keluaran *Global Climate Model* (GCM) generasi terbaru seperti *Coupled Model Intercomparison Project Phase 6* (CMIP6) banyak digunakan sebagai sumber data skenario iklim masa depan. Salah satu skenario dari CMIP6 adalah *Decadal Climate Prediction Project* (DCPP), yang menghasilkan simulasi prediksi iklim jangka menengah (10 tahun ke depan) dengan kondisi awal yang dikendalikan. Namun, data GCM perlu dikonversi menjadi informasi iklim resolusi tinggi yang sesuai untuk skala lokal melalui pendekatan *Statistical Downscaling* (SDS). Pemodelan curah hujan menghadapi tantangan, antara lain sebaran data yang tidak normal, hubungan nonlinier, serta keragaman yang tinggi antar waktu dan lokasi. Pendekatan sebaran Gamma sesuai digunakan karena mampu merepresentasikan karakteristik curah hujan yang bersifat kontinu, positif, dan menjulur ke kanan. Selain itu, banyaknya peubah prediktor GCM dapat menyebabkan *overfitting* dan multikolinieritas, sehingga diperlukan metode regularisasi. *Elastic Net* merupakan pendekatan yang efektif karena mengombinasikan penalti regresi LASSO dan *Ridge* untuk seleksi peubah pada data dengan korelasi tinggi.

Penelitian ini memanfaatkan pendekatan *Statistical Downscaling* dengan regresi Gamma dan *Elastic Net* untuk prediksi curah hujan. Selanjutnya, hasil prediksi dari masing-masing model GCM digabungkan menggunakan tiga metode *ensemble*, yaitu *Averaging, Stacking Random Forest*, dan BMA. Kinerja model *ensemble* kemudian dibandingkan dengan model tunggal untuk mengevaluasi tingkat akurasi dalam memodelkan curah hujan di wilayah studi. Lokasi pada penelitian ini adalah Jawa Barat yang diwakili oleh enam stasiun curah hujan yang tersebar di Jawa Barat dari tiga kategori dataran, yaitu Stasiun Cibukamanah, Stasiun Krangkeng, Stasiun Kawali, Stasiun Katulampa, Stasiun Cibeureum, dan Stasiun Gunung Mas. Data yang digunakan adalah data bulanan dari Januari 1991 hingga Desember 2020 yang terdiri atas tiga jenis data, yaitu data dari sebelas DCPP sebagai peubah penjelas, data CHIRPS sebagai pengkoreksi dan data curah hujan

observasi sebagai peubah respon. Evaluasi model dilakukan menggunakan *Rood Mean Square Error of Prediction* (RMSEP) dan korelasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa DCPP CNRM-ESM2-1 adalah DCPP terbaik dalam memprediksi curah hujan dari sebelas DCPP yang digunakan yang memiliki rata-rata nilai RMSEP 114,75 dan rata-rata nilai korelasi 0,75. Sementara itu, metode *Stacking Random Forest* menjadi metode terbaik dalam memprediksi curah hujan pada kasus ini yaitu dengan rata-rata nilai RMSEP 102,17 dan rata-rata nilai korelasi 0,77. Hal ini menunjukkan penggunaan metode *ensemble* mampu menurunkan nilai RMSEP dan meningkatkan nilai korelasi dibandingkan dengan model tunggal dalam memprediksi curah hujan di Jawa Barat.

Penelitian ini belum sepenuhnya mampu menangkap kejadian curah hujan ekstrem yang terdapat pada data observasi. Oleh kerena itu, disarankan untuk menggunakan pendekatan statistika yang lebih adaptif terhadap karakteristik sebaran ekstrem. Selain itu, penelitian ini memiliki keterkaitan yang erat dengan tujuan pembangunan berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya tujuan 13 yaitu Penanganan Perubahan Iklim (*climate action*).

Kata Kunci: *climate action*, curah hujan, *ensemble*, gamma-*elastic net*, *statistical downscaling*

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
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.
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

SUMMARY

ORYZA SATIVA. A Statistical Downscaling with Gamma-Elastic Net Regression using Ensemble Methods for Predicting Rainfall in West Java. Supervised by ANIK DJURAIDAH and KHAIRIL ANWAR NOTODIPUTRO.

The ensemble method is a combination of several predictive models used to produce predictions that are more accurate, stable, and informative compared to a single model. In climate modeling, this method is capable of integrating various sources of uncertainty and providing a more realistic depiction of possible outcomes. Several commonly used ensemble techniques include Averaging, Stacking Random Forest, and Bayesian Model Averaging (BMA), each of which has its own advantages. Averaging works by averaging the predictions of base models to reduce prediction variability, Stacking Random Forest combines the strengths of meta-learning methods with the Random Forest algorithm, which is reliable in handling high-dimensional and nonlinear data, while BMA assigns weights based on posterior probabilities to account for model uncertainty.

In the context of rainfall prediction, outputs from the latest generations of Global Climate Models (GCM), such as the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6), are widely used as data sources for future climate scenarios. One of the scenarios from CMIP6 is the Decadal Climate Prediction Project (DCPP), which produces medium-term climate prediction simulations (for the next 10 years) with controlled initial conditions. However, GCM data need to be converted into high-resolution climate information suitable for local scales through a Statistical Downscaling (SDS) approach. Rainfall modeling faces several challenges, including nonnormal data distribution, nonlinear relationships, and high variability across time and locations. The Gamma distribution approach is appropriate because it can represent the characteristics of rainfall data that are continuous, positive, and right-skewed. In addition, the large number of predictor variables from GCM outputs can lead to overfitting and multicollinearity, thereby requiring a regularization method. Elastic Net is an effective approach because it combines LASSO and Ridge regression penalties for variable selection in highly correlated data.

This study applied a Statistical Downscaling approach using Gamma regression and Elastic Net to predict rainfall. Subsequently, the prediction results from each GCM model were combined using three ensemble methods: Averaging, Stacking Random Forest, and BMA. The performance of the ensemble models was then compared with single models to evaluate the level of prediction accuracy in the study area. The research was conducted in West Java Province, represented by six rainfall stations distributed across three elevation categories, namely Cibukamanah Station, Krangkeng Station, Kawali Station, Katulampa Station, Cibeureum Station, and Gunung Mas Station. The data used consisted of monthly observations from January 1991 to December 2020, comprising three types of data: outputs from eleven DCPP models as explanatory variables, CHIRPS data as correction data, and observed rainfall data as the response variable. Model evaluation was performed using the Root Mean Square Error of Prediction (RMSEP) and correlation.

IPB University
Bogor Indonesia

The results of this study indicate that DCPP CNRM-ESM2-1 is the best-performing scenario among the eleven DCPP models used, achieving an average RMSEP of 114,75 and an average correlation of 0,75 in predicting rainfall. In terms of modeling approach, the Stacking Random Forest method outperformed other techniques, with an average RMSEP of 102,17 and an average correlation of 0,77. These findings demonstrate that ensemble methods can improve predictive accuracy by lowering RMSEP values and increasing correlation coefficients compared to single-model approaches, particularly in rainfall prediction over West Java.

This study has not yet fully captured the occurrence of extreme rainfall events present in the observational data. Therefore, it is recommended to apply statistical approaches that are more adaptive to the characteristics of extreme distributions in future research. In addition, this research is closely related to the objectives of the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly Goal 13: Climate Action, as it contributes to efforts in understanding and addressing the impacts of climate change through improved rainfall prediction.

Keywords: climate action, ensemble, gamma-elastic net, rainfall, statistical downscaling

@Hak cipta milik IPB University

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.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
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.
Perpustakaan IPB University

.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
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

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

IPB University
Bogor Indonesia

STATISTICAL DOWNSCALING DENGAN REGRESI GAMMA-*ELASTIC NET* MENGGUNAKAN METODE *ENSEMBLE* UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN DI JAWA BARAT

ORYZA SATIVA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025

@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

@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.

IPB University

Perpustakaan IPB University

Penguji Luar Komisi Pembimbing Pada Ujian Tesis:
Dr. Agus Mohamad Soleh, S.Si., M.T.

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

Judul Tesis	:	*Statistical Downscaling* dengan Regresi Gamma-*Elastic Net* menggunakan Metode *Ensemble* untuk Prediksi Curah Hujan di Jawa Barat
Nama	:	Oryza Sativa
NIM	:	G1501211035

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Anik Djuraidah, M.S.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, M.S.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Agus Mohamad Soleh, S.Si., M.T.
NIP. 197503151999031004

Dekan Sekolah Sains Data, Matematika dan Informatika :
Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom.
NIP. 196607021993021001

Tanggal Ujian: 22 Juli 2025 Tanggal Lulus:

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.
© Hak cipta milik IPB University
IPB University
Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga tesis ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ialah *Statistical Downscaling*, dengan judul "*Statistical Downscaling* dengan Regresi Gamma-*Elastic Net* menggunakan Metode *Ensemble* untuk Prediksi Curah Hujan di Jawa Barat". Tesis ini penulis susun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Magister pada Program Studi Statistika dan Sains Data. Tesis ini dapat terselesaikan tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan berbagai pihak. Terima kasih penulis ucapan kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Anik Djuraidah, M.S. dan Bapak Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, M.S. selaku komisi pembimbing yang senantiasa bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, masukan, dukungan, saran, dan arahan yang sangat berarti bagi penulis dalam penyusunan tesis.
2. Bapak Dr. Agus Mohamad Soleh, S.Si., M.T. selaku dosen penguji luar komisi pembimbing, atas kritik dan saran yang membangun.
3. Ibu Dr. Ir. Indahwati, M.Si. selaku perwakilan dari prodi, atas arahan dan masukannya selama proses sidang.
4. Bapak Prof. Dr. Eng. Wisnu Ananta Kusuma, S.T., M.T. selaku moderator seminar hasil yang telah membantu lancarnya proses penyelesaian tugas akhir penulis.
5. Seluruh dosen pengajar Program Studi Statistika dan Sains Data atas ilmu yang telah diberikan.
6. Seluruh Staf Tata Usaha, Program Studi Statistika dan Sains Data dan Pascasarjana IPB University yang membantu dalam segala proses administrasi.
7. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yang telah menyediakan data untuk penelitian ini.
8. Teristimewa untuk Papa Berijon Iskanto, S.P., Mama Hilda Rismayeti, S.Pd., dan adik Ahmad Hitoshi, S.Ds. serta seluruh keluarga penulis yang senantiasa mendoakan, mendukung, dan memotivasi penulis.
9. Rekan-rekan mahasiswa Pascasarjana Program Studi Statistika dan Sains Data angkatan 2022, terkhusus (Dhea, Arien, Dian, Akmarina, Andin, dan Adel), serta rekan-rekan Kos Pondok Dika (Zuraidah, Diba, Lori, Oshi, Septi, dan Putri) atas dukungan, semangat, dan bantuan yang diberikan kepada penulis.
10. Seluruh pihak terkait yang telah membantu penulis dalam menyusun karya ilmiah ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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

Bogor, Juli 2025

Oryza Sativa

@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

@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

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL viii
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR LAMPIRAN viii
I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Sebaran Gamma dan *Elastic Net* 4
2.2 *Stacking Random Forest* 5
2.3 *Bayesian Model Averaging* (BMA) 5
2.4 *Statistical Downscaling* 7
2.5 *Global Climate Model* (GCM) 7
2.6 *Coupled Model Intercomparison Project* (CMIP) 8
2.7 Ukuran Evaluasi Model 9
III METODE PENELITIAN 11
3.1 Data 11
3.2 Pemodelan 12
3.3 Prosedur Analisis Data 14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN 17
4.1 Eksplorasi Data 17
4.2 Regresi Gamma-*Elastic Net* 19
4.3 Metode *Ensemble* 23
4.4 Perbandingan Performa Model Tunggal dengan Model *Ensemble* 26
V SIMPULAN DAN SARAN 27
5.1 Simpulan 27
5.2 Saran 27
DAFTAR PUSTAKA 28
LAMPIRAN 31
RIWAYAT HIDUP 50

IPB University
Bogor Indonesia

DAFTAR TABEL

1	DCPP yang digunakan pada penelitian	11
2	Stasiun curah hujan yang digunakan pada penelitian	11
3	Nilai parameter pada Random Forest	14
4	Nilai RMSEP sebelas DCPP pada enam stasiun curah hujan	20
5	RMSEP metode *ensemble* untuk prediksi curah hujan di enam stasiun	23

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi proses *Statistical Downscaling*	7
2	Skema prediksi dalam *Decadal Climate Prediction Project* (DCPP)	9
3	Diagram alir tahapan analisis	16
4	Boxplot intensitas curah hujan bulanan di enam stasiun curah hujan Jawa Barat tahun 1991-2020 (a) dataran rendah, (b) dataran sedang, (c) dataran tinggi	17
5	Histogram dan plot densitas curah hujan bulanan di enam stasiun curah hujan Jawa Barat tahun 1991-2020 (a) dataran rendah, (b) dataran sedang, (c) dataran tinggi	18
6	Diagram korelasi peubah prediktor 40 grid (a) CNRM-ESM2-1, (b) MRI-ESM2-0, dan (c) MIROC6	19
7	Sebaran nilai (a) RMSEP dan (b) korelasi sebelas DCPP tahun 2018-2020	21
8	Hasil prediksi dua DCPP terbaik di enam stasiun curah hujan Jawa Barat tahun 2018-2020	22
9	Visualisasi hasil prediksi curah hujan dengan metode *ensemble* di enam stasiun curah hujan di Jawa Barat tahun 2018-2020	25
10	Evaluasi akurasi prediksi curah hujan: perbandignan RMSEP dan korelasi model tunggal CNRM-ESM2-1 dan *Stacking Random Forest* di enam stasiun curah hujan di Jawa Barat tahun 2018-2020	26

DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram korelasi untuk 10 DCPP tahun 1991-2020	31
2	Nilai VIF	31
3	Plot validasi silang gamma *elastic net* untuk pemilihan parameter lambda di enam stasiun	33
4	Nilai lambda	34
5	Hasil prediksi curah hujan stasiun Cibukamanah tahun 2018-2020	35
6	Hasil prediksi curah hujan stasiun Krangkeng tahun 2018-2020	36
7	Hasil prediksi curah hujan stasiun Kawali tahun 2018-2020	38
8	Hasil prediksi curah hujan stasiun Katulampa tahun 2018-2020	39

@Hak cipta milik IPB University
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.
Perpustakaan IPB University

9	Hasil prediksi curah hujan stasiun Cibeureum tahun 2018-2020	41
10	Hasil prediksi curah hujan stasiun Gunung Mas tahun 2018-2020	42
11	Hasil tuning parameter Model Random Forest pada masing-masing stasiun	44
12	Hasil evaluasi DIC untuk kombinasi model GCM pada pendekatan BMA-INLA untuk stasiun Cibeureum	44
13	Hasil evaluasi DIC untuk kombinasi model GCM pada pendekatan BMA-INLA untuk stasiun Cibukamanah	44
14	Hasil Evaluasi DIC untuk Kombinasi Model GCM pada Pendekatan BMA-INLA untuk Stasiun Gunung Mas	45
15	Hasil Evaluasi DIC untuk Kombinasi Model GCM pada Pendekatan BMA-INLA untuk Stasiun Katulampa	45
16	Hasil Evaluasi DIC untuk Kombinasi Model GCM pada Pendekatan BMA-INLA untuk Stasiun Kawali	46
17	Hasil Evaluasi DIC untuk Kombinasi Model GCM pada Pendekatan BMA-INLA untuk Stasiun Krangkeng	46
18	Hasil prediksi curah hujan Metode *Averaging* tahun 2018-2020	47
19	Hasil prediksi curah hujan Metode *Stacking Random Forest* tahun 2018-2020	48
20	Hasil prediksi curah hujan Metode BMA tahun 2018-2020	49

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
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.
Perpustakaan IPB University