

DOWNSCALING CURAH HUJAN PULAU JAWA BERBASIS PIX2PIX

SALAMAH ZUKHRUFA JANNAH



**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “*Downscaling* Curah Hujan Pulau Jawa Berbasis Pix2Pix” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Agustus 2025

Salamah Zukhrufa Jannah
G2401211037



@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

SALAMAH ZUKHRUFA JANNAH. *Downscaling* Curah Hujan Pulau Jawa Berbasis Pix2Pix. Dibimbing oleh AKHMAD FAQIH dan FURQON HENSAN MUTTAQIEN.

Curah hujan menjadi unsur iklim dengan keragaman dan fluktuasi yang tinggi di Indonesia. Pulau Jawa memiliki topografi yang kompleks sehingga curah hujan antar wilayahnya sangat bervariasi. Peningkatan resolusi dan akurasi data curah hujan dapat dilakukan melalui metode *statistical downscaling*. Metode ini didasarkan pada pendekatan berbasis data dan memiliki keunggulan dalam efisiensi komputasi, akan tetapi lemah dalam sisi akurasi data. *Deep learning* dengan metode Pix2Pix dapat menjadi solusi karena memiliki kemampuan yang baik dalam menangani bentuk data yang beragam seperti data iklim. Evaluasi dan analisis dilakukan pada hasil *downscaling* Pix2Pix dengan data RegCM *non-hydrostatic* yang mempertimbangkan aspek topografi. Nilai model terbaik diperoleh pada *epoch* ke-20 dengan RMSE 9,66 mm, FSS 0,66, SSIM 0,96, dan TSS 0,72. Model menghasilkan data curah hujan yang cukup baik untuk intensitas ringan hingga sedang namun belum optimal dalam hujan ekstrim, terutama di dataran tinggi baik dalam skala harian maupun tahunan. Data hasil model dapat menggambarkan variasi curah hujan musiman secara spasial bahkan saat terjadinya fenomena iklim ENSO. Berdasarkan hasil tersebut, metode Pix2Pix dapat menjadi alternatif pendekatan *downscaling* curah hujan yang lebih cepat dan akurat untuk mendukung analisis variabilitas serta dampak curah hujan di berbagai bidang.

Kata Kunci: Curah Hujan, *Deep learning*, *Downscaling*, Pix2Pix, Pulau Jawa



@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



ABSTRACT

SALAMAH ZUKHRUFA JANNAH, Rainfall Downscaling in Java Island Based On Pix2Pix. Supervised by AKHMAD FAQIH and FURQON HENSAN MUTTAQIEN.

Rainfall is a climate variable with high variations and fluctuations in Indonesia, with Java island has a complex topography that contribute to rainfall disparities across regions. Improved resolution and accuracy of rainfall data can be done through statistical downscaling method. This method is based on a data-driven approach and has advantages in computational efficiency. Deep learning with Pix2Pix method can be a potential solution due to its robust performance in diverse datasets, such as climate data. Evaluation and analysis are based on Pix2Pix downscaling results with non-hydrostatic RegCM results that consider topographic aspects. The best model values were achieved at the 20th epoch, yielding an RMSE of 9,66 mm, an FSS of 0,66, an SSIM of 0,96, and an a TSS of 0,72. The model can generate accurate rainfall data for light to moderate rainfall but not optimal for extreme rainfall, particularly within highlands areas, on both daily and annual timescales. The model output can capture seasonal spatial variation in rainfall, including during ENSO climate events. Based on these results, the model can serve as an alternative approach for more efficient and accurate rainfall downscaling, thereby supporting improved assessments of rainfall impacts across various sectors.

Keyword: Deep learning, Downscaling, Java Island, Pix2Pix, Rainfall



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 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.

DOWNSCALING CURAH HUJAN PULAU JAWA BERBASIS PIX2PIX

SALAMAH ZUKHRUFA JANNAH

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

**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji pada Ujian Skripsi:
1 Dr. Idung Risdiyanto, S.Si, M.Sc

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.

Judul Skripsi : *Downscaling* Curah Hujan Pulau Jawa Berbasis Pix2Pix
Nama : Salamah Zukhrufa Jannah
NIM : G2401211037

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Akhmad Faqih, S.Si.



Pembimbing 2:
Furqon Hensan Muttaqien, S.Kom., M.Kom.

Diketahui oleh

Ketua Departemen Geofisika dan Meteorologi
Dr. Ana Turyanti, S.Si., M.T.
NIP. 19710707 199803 2 002

Tanggal Ujian:
7 Agustus 2025

Tanggal Lulus:



@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.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari hingga bulan Juni tahun 2025 ini ialah terkait dengan *downscaling* data curah hujan, dengan judul “*Downscaling* Curah Hujan Pulau Jawa Berbasis Pix2Pix”. Penelitian ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di program studi Meteorologi Terapan Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Dr. Akhmad Faqih, S.Si dan Bapak Furqon Hensan Muttaqien, S.Kom., M.Kom yang telah membimbing, memberikan banyak ilmu, saran, arahan, dan motivasi selama masa pengerjaan tugas akhir skripsi. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik Ibu Fithriya Yuliasih Rohmawati, S. Si., M. Si. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada para peneliti di Pusat Riset Komputasi BRIN, Pak Aji yang berkenan memberikan data luaran RegCM untuk penulis gunakan sebagai data target dalam penelitian, dan peneliti lain yang turut memberikan masukan kepada penulis.
 2. Orang tua penulis, Bapak Kateno dan Ibu Katini yang selalu memberikan dukungan, motivasi, do'a, dan semangat kepada penulis.
 3. Teman-teman satu bimbingan Adi, Fidoh, Dearlyn, Tiara, Naufal, dan Fakih yang telah berjuang bersama dan rekan diskusi selama pengerjaan skripsi ini.
 4. Teman-teman Succes gen (Caca, Manda, Dinda, dan Rei) yang memberikan semangat, dukungan, dan menjadi tempat berbagi cerita dan keluh kesah penulis
 5. Teman-teman Educana (Adi, Sahal, dan Naren) yang memberikan semangat dan tempat berbagi cerita penulis
 6. Teman dekat (Mba Ros, Jananhti, dan Fadia) yang memberikan semangat, dukungan serta tempat berbagi cerita dan keluh kesah penulis
 7. Teman-teman GFM 58 yang telah bersama-sama menjalani proses belajar
 8. Seluruh pihak yang banyak memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu
 9. Diri sendiri yang telah berjuang, bertahan, semangat, dan tetap berprogres
- Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2025

Salamah Zukhrufa Jannah



@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	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karakteristik Wilayah dan Curah Hujan Pulau Jawa serta Dampaknya	5
2.2 <i>Downscaling</i> Curah Hujan	7
2.3 Implementasi <i>Deep Learning</i> dalam <i>Downscaling</i>	8
2.4 Metode Pix2Pix	9
III. METODE	11
3.1 Lokasi dan Waktu	11
3.2 Wilayah Kajian	11
3.3 Data	11
3.3.1 Data ERA5	11
3.3.2 Data <i>Digital Elevation Model</i> (DEM)	12
3.3.3 Data RegCM	12
3.4 Tahapan Pengolahan Data	12
3.4.1 <i>Preprocessing</i> data ERA5	13
3.4.2 <i>Preprocessing</i> data <i>Digital Elevation Model</i> (DEM)	13
3.4.3 <i>Preprocessing</i> data RegCM	14
3.5 Eksperimen Model	14
3.6 Evaluasi Model	15
3.6.1 Metrik Evaluasi	15
3.6.2 Analisis Klimatologi	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Evaluasi Deterministik	19
4.2 Evaluasi Statistik	21
4.3 Analisis Klimatologi pada Berbagai Resolusi Temporal	23
4.3.1 Analisis Temporal Harian	23
4.3.2 Analisis Temporal Bulanan	24
4.3.2 Analisis Temporal Tahunan	26
V. SIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Simpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	36
RIWAYAT HIDUP	49



DAFTAR TABEL

1	Kategori intensitas curah hujan harian	6
2	Penelitian sebelumnya terkait <i>deep learning</i> dalam <i>downscaling</i>	8
3	Klasifikasi topografi wilayah berdasarkan Eythorsson <i>et al.</i> 2019 yang disesuaikan	17
4	Evaluasi model seluruh di wilayah kajian	19
5	Evaluasi model di Pulau Jawa	20
6	Statistik data hasil model <i>epoch</i> ke-20	21

DAFTAR GAMBAR

1	Rata-rata jumlah curah hujan bulanan Pulau Jawa tahun 2001-2020	5
2	Jumlah kejadian bencana di Indonesia Tahun 2014-2023	6
3	Ilustrasi proses <i>downscaling</i>	7
4	Proses <i>training</i> Pix2Pix	9
5	Arsitektur U-Net	10
6	Wilayah kajian	11
7	Peta topografi Pulau Jawa	12
8	Diagram alir penelitian	13
9	Ilustrasi data input prediktor dengan data target	14
10	Visualisasi spasial data <i>testing</i> pada <i>epoch</i> ke-20 curah hujan harian (a) 1 Januari 2020 (b) 1 Juni 2020	22
11	Grafik <i>timeseries</i> curah hujan harian data RegCM dan hasil Pix2Pix tahun 2015-2020 di wilayah (a) dataran rendah, (b) dataran sedang, (c) dataran tinggi	23
12	Grafik jumlah curah hujan bulanan data RegCM dan hasil Pix2Pix tahun 2015-2020 di wilayah (a) dataran rendah, (b) dataran sedang, (c) dataran tinggi	25
13	Grafik jumlah curah hujan tahunan data RegCM dan hasil Pix2Pix tahun 2015-2020 di wilayah (a) dataran rendah, (b) dataran sedang, (c) dataran tinggi	26
14	Peta spasial rata-rata curah hujan musim hujan (DJF) Pulau Jawa data RegCM dan hasil Pix2Pix tahun 2017, 2018, 2019	27
15	Peta spasial rata-rata curah hujan musim kemarau (JJA) Pulau Jawa data RegCM dan hasil Pix2Pix dan tahun 2017, 2018, 2019	29



DAFTAR LAMPIRAN

1	Sebaran data testing pada <i>epoch</i> ke-20	38
2	Korelasi level tekanan atmosfer dengan curah hujan	39
3	Arsitektur generator pada Pix2Pix	40
4	Arsitektur <i>discriminator</i> pada Pix2Pix	41
5	Skrip persiapan input data prediktor dan pembagian dataset <i>training</i> dan <i>testing</i>	42
6	Skrip pelatihan model Pix2Pix modifikasi dari pengembangan sebelumnya oleh Brownlee (2021)	44



@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.