



PENGEMBANGAN MODEL PRAKIRAAN CURAH HUJAN PER JAM MENGGUNAKAN METODE CLGAN

ADI SUWARNO



DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
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.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pengembangan Model Prakiraan Curah Hujan per Jam Menggunakan Metode CLGAN” 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, Mei 2025

Adi Suwarno
G2401211019

- 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

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

ADI SUWARNO. Pengembangan Model Prakiraan Curah Hujan per Jam Menggunakan Metode CLGAN. Dibimbing oleh AKHMAD FAQIH dan FURQON HENSAN MUTTAQIEN.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan model prakiraan curah hujan per jam di Jawa Barat yang memiliki riwayat kejadian cuaca ekstrem tertinggi di Indonesia. Model dikembangkan dengan memanfaatkan metode *deep learning*, yaitu *Convolutional Long Short-Term Memory Generative Adversarial Network* (CLGAN) berdasarkan data curah hujan dan unsur cuaca permukaan lainnya dari luaran ERA5-Land yang berhubungan secara fisis. Secara keseluruhan, hasil model ini berada pada level moderat dengan evaluasi korelasi berkisar 0,41-0,43 dan RMSE berkisar 1,46-1,67 mm/jam, serta skor di atas 90% pada evaluasi spasial. Meskipun demikian, keandalan model ini masih terbatas pada prakiraan kejadian hujan ringan dengan skor ROC AUC berkisar 87-94%, POD di atas 83%, dan CSI di atas 67%, sedangkan keandalan model pada prakiraan hujan sedang dan lebat masih perlu ditingkatkan dengan skor ROC AUC berkisar 50-66%, POD maksimal sebesar 37%, serta CSI maksimal sebesar 20%. Apabila ditinjau secara spasial dan menyeluruh terhadap data ERA5-Land maupun observasi, evaluasi keandalan model pada setiap tingkatan intensitas curah hujan bernilai lebih baik pada area tengah Jawa Barat.

Kata kunci: curah hujan, CLGAN, *deep learning*, Jawa Barat, prakiraan



@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

ADI SUWARNO. Development of Hourly Precipitation Nowcasting Model Using CLGAN. Supervised by AKHMAD FAQIH and FURQON HENSAN MUTTAQIEN.

This study aims to develop a nowcast model for hourly precipitation on West Java which has a history as the province in Indonesia with the highest frequency of extreme weather events. The model is constructed using advanced deep learning techniques, specifically a Convolutional Long Short-Term Memory Generative Adversarial Network (CLGAN), based on data of ERA5-Land precipitation and other surface variables that are physically related to precipitation. Overall, the model demonstrates moderate performance, with evaluation metrics showing a correlation between 0,41 to 0,43 and a root mean square error (RMSE) ranging approximately from 1.46 to 1.67 mm per hour. Moreover, spatial evaluations exceed 90% in terms of scoring. However, the model's reliability remains limited to nowcast slight precipitation, as indicated by ROC AUC scores ranging from 87 to 94%, probability of detection (POD) exceeding 83%, and critical success index (CSI) exceeding 67%. In contrast, the reliability of the model for nowcasting moderate and heavy precipitation still needs to be improved, with ROC AUC scores ranging from 50 to 66%, maximum POD over 37%, and maximum CSI over 20%. Reliability evaluations for different precipitation intensity levels exhibit better values in the central area of West Java when comprehensively reviewed and analyzed spatially against both ERA5-Land and observation data.

Keywords: CLGAN, deep learning, precipitation, nowcast, West Java



@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 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk



@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.

PENGEMBANGAN MODEL PRAKIRAAN CURAH HUJAN PER JAM MENGGUNAKAN METODE CLGAN

ADI SUWARNO

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
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.

- 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 : Pengembangan Model Prakiraan Curah Hujan per Jam
Menggunakan Metode CLGAN

Nama : Adi Suwarno
NIM : G2401211019

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 197107071998032002



Tanggal Ujian:
22 Mei 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 rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah (skripsi) ini yang memiliki tema terkait prakiraan curah hujan. Penelitian yang dilaksanakan sejak bulan November 2024 sampai bulan Maret 2025 ini memiliki judul “Pengembangan Model Prakiraan Curah Hujan per Jam Menggunakan Metode CLGAN” menjadi pengalaman berharga bagi penulis selama menempuh pendidikan S-1 program studi Meteorologi Terapan di Institut Pertanian Bogor. Oleh karena itu, penulis ingin membagi rasa syukur ini dan berterima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Akhmad Faqih, S.Si. dan Bapak Furqon Hensan Muttaqien, S.Kom., M.Kom. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran/masukan, arahan, dukungan, dan motivasi sejak awal penggarapan skripsi ini. Segala pengetahuan yang diperoleh dan pengalaman yang ditempuh menjadi pembelajaran yang sangat menarik dan berharga bagi penulis. Tidak lupa, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada para peneliti di Pusat Riset Komputasi BRIN, seperti Bu Arnida, Pak Aji, dan peneliti lain yang turut memberikan masukan kepada penulis baik secara langsung maupun melalui perantara.
2. Orang tua penulis, Bapak Sri Widodo dan Ibu Winarti, adik Fari dan Abqori, serta keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta doa tanpa henti hingga saat ini.
3. Teman-teman satu bimbingan (Salamah, Khafidhotur, Naufal, Dearlyn, Faqih, Tiara) yang telah membersamai perjalanan skripsi ini sejak awal penggarapan, menjadi teman diskusi, bertukar pikiran, serta saling mendukung dan memotivasi menyelesaikan skripsi ini. Teman-teman FORBES Cileungsi (Sulthan, Aufa, Devina, Rafly) untuk cerita, motivasi, dan penyemangat bagi penulis untuk berusaha keras menyelesaikan skripsi ini. Kemudian, teman-teman Educana (Salamah, Sahal, Narenda) yang menjadi tempat berbagi cerita dan bermimpi, seperti menyelesaikan skripsi tepat waktu. Tidak lupa juga kepada teman-teman jurnal Hiwapers yang sudah saling *support* (Adel, Arjak, Ghina, Vyra). Terakhir, kepada Helmani untuk *sharing* ilmu terkait pengunduhan data AWS melalui Wunderground, Nana dan Ibnu yang membantu terkait data AWS Cikabayan, teman-teman Marka58esar yang selalu *support* di mana pun itu, kakak asuh di GFM, Kak Aisyah, yang membantu menjadi *partner sharing* semester akhir di GFM, serta teman-teman GFM 58, kakak abang GFM, dosen-dosen GFM, dan seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu, tanpa mengurangi rasa hormat dari penulis.

Semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi kemajuan penelitian terkait prakiraan data cuaca dan *deep learning* di wilayah tropis, seperti Indonesia, serta bersumbangsiah bagi perkembangan keilmuan dan penelitian serupa di masa depan.

Bogor, Mei 2025

Adi Suwarno



@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.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Cuaca Ekstrem	3
2.2 Pemilihan Variabel Prediktor	5
2.3 Sistem Peringatan Dini	6
2.4 <i>Deep Learning</i> Untuk Prakiraan Cuaca Ekstrem	7
2.5 CLGAN	9
III METODE	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Data	13
3.3 Prosedur Penelitian	16
3.3.1 <i>Preprocessing</i> Data	17
3.3.2 Pelatihan Model	19
3.3.3 Metode Evaluasi	20
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
V SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Simpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	49
RIWAYAT HIDUP	71

DAFTAR TABEL

1	Klasifikasi intensitas curah hujan (WMO 2018) yang dimodifikasi menurut Dunkerley (2021).	4
2	Riwayat data dan dampak bencana hidrometeorologi di Jawa Barat	5
3	Perbandingan beberapa metode DL dalam prakiraan cuaca ekstrem	8
4	Data ERA5-Land yang digunakan dalam pengembangan model	14
5	Proporsi intensitas curah hujan data ERA5-Land periode 2017-2024	14
6	Sumber data observasi curah hujan yang digunakan untuk evaluasi	15
7	Skema transformasi nilai pada data iklim	19
8	Tabel kontingensi 2×2	21
9	Hasil uji korelasi variabel prediktor terhadap intensitas curah hujan lebat	25
10	Statistik deskriptif unsur iklim dalam data grid ERA5-Land di Jawa Barat periode 2017-2024 yang digunakan dalam pengembangan model. Statistik ini serupa dengan statistik deskriptif keseluruhan data sebelum dilakukan <i>sampling</i> yang tersaji pada Lampiran 8.	26
11	<i>Hyperparameter</i> model CLGAN terbaik	28
12	Evaluasi numerik keluaran model CLGAN terhadap ERA5-Land	28
13	Hasil perhitungan tabel kontingensi dalam persentase	29
14	Evaluasi model CLGAN terhadap ERA5-Land dalam persentase. Tanda panah ke atas ($\uparrow$) menunjukkan bahwa model semakin baik jika nilai metrik tersebut semakin tinggi. Sebaliknya, tanda panah ke bawah ($\downarrow$) menunjukkan bahwa model semakin baik jika nilai metrik tersebut semakin rendah.	29

DAFTAR GAMBAR

1	Tren kejadian bencana tahun 2014–2023 (BNPB 2024)	4
2	Jumlah kejadian cuaca ekstrem tahun 2019–2023 (BNPB 2024)	4
3	Rincian arsitektur model CLGAN yang dikembangkan oleh Ji <i>et al.</i> (2023). (a) <i>Generator</i> : disajikan langkah prakiraan yang diberikan, yaitu i . Jika $i = 1$, masukannya adalah urutan $X_1:t_0$. Jika tidak, masukannya adalah gabungan urutan yang diamati $X_1:t_0$ dan yang diprediksi $X_{t_0+1:t_0+i-1}$. Outputnya adalah prediksi model $\hat{X}_{t_0+i}$, c adalah jumlah <i>channel</i> masukan dan di sini bernilai 1, dan ngf menunjukkan jumlah filter pada lapisan pertama U-Net. (b) <i>Discriminator</i> : n adalah panjang urutan output. (c) CLGAN: luaran dari <i>generator</i> adalah urutan yang diprediksi $\hat{X}_{t_0+1:t}$. $Y_{t_0+1:t}$ merupakan nilai aktual yang sesuai. $\mathcal{L}^2$ dan $\mathcal{L}^{GAN}$ masing-masing merupakan <i>loss reconstruction</i> dan <i>loss adversarial</i> .	11
4	Wilayah kajian Provinsi Jawa Barat, mencakup topografi wilayah (kiri) dan curah hujan tahunan (kanan).	13
5	Sebaran data AWS yang digunakan beserta durasinya	15
6	Diagram alir penelitian	17
7	Ilustrasi dari sampel data berurut	18
8	Arsitektur model CLGAN yang dimodifikasi	20

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.

9	Persentase intensitas curah hujan dalam data grid ERA5-Land se-Jawa Barat dari data unik sampel pada periode 2017-2024 yang digunakan dalam pengembangan model.	26
10	Evaluasi ROC-AUC	30
11	Distribusi geografis evaluasi hasil prakiraan model CLGAN dengan metrik POD (kiri) dan CSI (kanan) pada tiga kategori intensitas curah hujan, meliputi hujan ringan (atas), hujan sedang (tengah), dan hujan lebat (bawah).	31
12	Evaluasi <i>fraction skill score</i> (FSS)	32
13	Studi kasus prakiraan intensitas curah hujan secara lokal tanggal 28 Oktober hingga 12 November 2024 di wilayah dataran tinggi, meliputi (a) Bogor, (b) Cianjur, (c) Bandung, (d) Subang, dan (e) Garut. Adapun data bencana hidrometeorologi pada periode ini, khususnya banjir dan cuaca ekstrem, dapat dilihat pada Lampiran 9.	33
14	Studi kasus prakiraan intensitas curah hujan secara lokal tanggal 28 Oktober hingga 12 November 2024 di wilayah dataran rendah, mencakup (a) Indramayu dan (b) Cirebon. Adapun data bencana hidrometeorologi pada periode ini, khususnya banjir dan cuaca ekstrem, dapat dilihat pada Lampiran 9.	34
15	Data ERA5-Land sebagai <i>input</i> model pada studi kasus prakiraan intensitas curah hujan secara regional tanggal 11 November 2024 pukul 13.00 s.d. 15.00 WIB. Pemilihan waktu mengacu pada kejadian yang tersaji pada Lampiran 10.	36
16	Hasil prakiraan model CLGAN dibandingkan terhadap ERA5-Land (a) dengan nilai dalam numerik disertai <i>error</i> model terhadap ERA5-Land dan (b) nilai yang telah diklasifikasi. Studi kasus prakiraan intensitas curah hujan secara regional pada tanggal 11 November 2024 pukul 13.00 s.d. 15.00 WIB. Pemilihan waktu mengacu pada kejadian yang tersaji pada Lampiran 10.	37

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil uji validasi ERA5-Land terhadap data observasi: (a) RMSE, dan (b) tabel kontingensi 2×2	50
2	Skrip Python: pengaturan <i>package</i> dan <i>masukan</i> data	51
3	Skrip Python: pengembangan model CLGAN	52
4	Skrip Python: pengaturan metrik validasi model	54
5	Skrip Python: <i>compile</i> dan pelatihan model CLGAN	60
6	Skrip Python: evaluasi hasil model CLGAN	62
7	Matriks korelasi antarvariabel	63
8	Statistik deskriptif data ERA5-Land di Jawa Barat periode 2017-2024	64
9	Histori bencana hidrometeorologi di Jawa Barat pada tanggal 28 Oktober hingga 12 November 2025	65
10	Data histori kejadian hujan pada tanggal 11 November 2024 di beberapa stasiun AWS	67
11	Hasil uji korelasi Pearson dan uji signifikansi korelasi antara intensitas curah hujan lebat terhadap variabel prediktor lainnya pada <i>lag time</i> yang berbeda	68