

Analisis Perubahan Curah Hujan di Stasiun Halim DKI Jakarta Menggunakan Data Satelit CHIRPS dan CANESM5

Suryani Yanti¹, Endah Kurniyaningrum^{2✉}, Sih Andajani³, Dina Paramitha⁴, Wahyu Sejati⁵
(1,2,3,4,5) Jurusan Teknik Sipil, Universitas Trisakti, Indonesia

✉ Corresponding author
[kurniyaningrum@trisakti.ac.id]

Abstrak

Siklus hidrologi yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pada suatu daerah aliran sungai akan berdampak pada perubahan dan pergeseran intensitas curah hujan serta pola musiman. Dinamika perubahan tersebut akan mempengaruhi daya dukung sumber daya air pada suatu DAS. DKI Jakarta mengalami beberapa perkembangan diantaranya pertumbuhan penduduk dan penggunaan lahan. Sehingga mengakibatkan daya dukung lingkungan semakin menurun. Akibat penurunan daya dukung mengakibatkan terjadinya pergeseran atau perubahan siklus hidrologi. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis proyeksi curah hujan berdasarkan skenario perubahan iklim yang berdampak pada daya dukung sumber daya air pada Daerah Aliran Sungai khususnya wilayah Provinsi DKI Jakarta. Skenario perubahan iklim yang digunakan adalah skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dan 8.5. Data curah hujan yang digunakan sebagai *baseline* (1994-2023) merupakan data hasil pengamatan dan data CHIRPS. Dalam memprediksi curah hujan 30th mendatang (2024-2073), digunakan data satelit *Global Climate Models* (GCM) yaitu CANESM5.

Kata Kunci: Curah Hujan, Proyeksi GCM, CHIRPS, CANESM5 and RCP, Stasiun Halim.

Abstract

The hydrological cycle influenced by environmental conditions in a river basin will have an impact on changes and shifts in rainfall intensity and seasonal patterns. The dynamics of these changes will affect the carrying capacity of water resources in a watershed. DKI Jakarta has experienced several developments including population growth and land use. This has resulted in a decrease in environmental carrying capacity. As a result of the decrease in carrying capacity, there has been a shift or change in the hydrological cycle. This study was conducted to analyze rainfall projections based on climate change scenarios that have an impact on the carrying capacity of water resources in the River Basin, especially in the DKI Jakarta Province. The climate change scenarios used are the *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 and 8.5 scenarios. The rainfall data used as the *baseline* (1994-2023) is observational data and CHIRPS data. In predicting rainfall for the next 30 years (2024-2073), *Global Climate Models* (GCM) satellite data is used, namely CANESM5.

Keyword: Rainfall, GCM Projection, CHIRPS, CANESM5 and RCP, Halim Station

PENDAHULUAN

Iklim merupakan suatu kondisi cuaca rata-rata pada suatu wilayah dalam jangka waktu panjang (minimal 40 tahun). Kurun waktu yang panjang, iklim dapat berpengaruh dalam aspek kehidupan salah satunya yaitu siklus hidrologi. Iklim memiliki karakteristik yang cenderung stabil dan sulit berubah berdasarkan pada letak, lintang, dan bujur suatu wilayah serta akibat dari permukaan bumi yang tidak rata [Ariffin, 2019]. Iklim dipengaruhi oleh beberapa unsur meliputi radiasi matahari, temperatur, kelembapan, awan, hujan, evaporasi, tekanan udara dan angin.

Sumber daya air meliputi air permukaan, air di bawah permukaan, dan air hujan yang memiliki fungsi lingkungan hidup dan ekonomi, sehingga ketersediaan air dapat mempengaruhi aktivitas kehidupan [Bappenas, 2022]. Iklim global berdampak terjadinya perubahan dibeberapa kondisi diantaranya suhu

permukaan tanah dan kenaikan muka air laut. Efek dari perubahan iklim global menyebabkan proses siklus hidrologi yang lebih intensif [K. E. Trenberth, 1999], termasuk meningkatnya variasi curah hujan [P. Pathak, et.al., 2016] dan perubahan laju penguapan [P. R. Hosang, et.al., 2012]. Meningkatnya suhu global akan meningkatkan laju evapotranspirasi dan mempercepat siklus air [H. Tian et al., 2010]. Akibatnya, akan terjadi distribusi uap air yang tidak merata di atmosfer, yang menyebabkan curah hujan yang tinggi di satu wilayah dan kekeringan yang ekstrem di wilayah lain [K. Hayhoe et al., 2007].

Perubahan pola dan intensitas curah hujan di Indonesia menyebabkan terjadinya pergeseran curah hujan dan kehilangan air [Kurniyaningrum, E., 2022], sehingga berdampak musim hujan terjadi dalam waktu yang lebih singkat tetapi intensitas curah hujannya lebih tinggi [Diposaptono, B., 2009]. Curah hujan memiliki karakteristik yang bervariasi menurut ruang dan waktu, sehingga ketersediaan data pengukuran curah hujan menjadi penting agar dapat memahami karakteristik curah hujan di suatu wilayah [Misnawati, M., et.al., 2018]. Keterbatasan teknologi dan alat dalam pengukuran curah hujan, maka telah dilakukan beberapa penelitian terkait pemanfaatan data hujan berbasis penginderaan jauh atau teknologi satelit [Mutiar, J et.al, 2017]. Beberapa penelitian mengenai pemanfaatan data curah hujan satelit, antara lain [Fang, J., et., al., 2019], [Sun, et. Al., 2018] penggunaan GPM untuk mengukur kejadian curah hujan ekstrem di Tiongkok dan Tiongkok Utara, [Ginting, et. al., 2019] penggunaan GPM, dan PERSIANN untuk mengetahui estimasi. Debit banjir DAS Progo, [Pratiwi, et., al., 2017] menggunakan GPM dan PERSIANN untuk mengevaluasi hasil prediksi curah hujan satelit untuk curah hujan yang variabilitas curah hujan didasarkan secara spasial pada lokasi atau tempat terjadinya hujan dan [Kurniyaningrum, E. Et al., 2024] pada DAS Ciliwung digunakan metode CHIRPS dan MIROC 5 dalam menganalisis tren dan prediksi curah hujan dimasa mendatang.

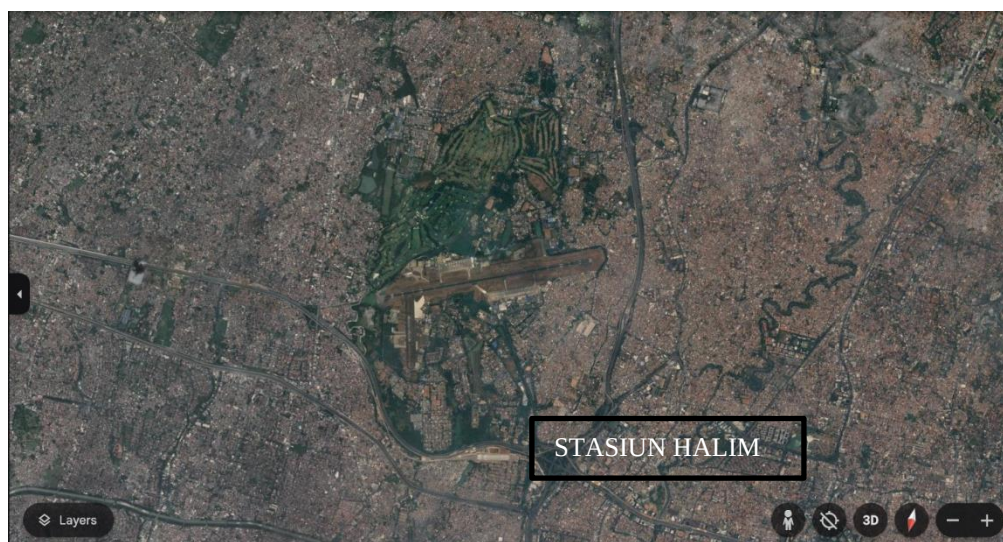
Kondisi topografi dan elevasi merupakan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik curah hujan di daerah pegunungan sehingga diperlukan pemetaan. Hal ini memiliki hubungan yang linier antara intensitas curah hujan dengan elevasi suatu daerah, sehingga menyebabkan sifat curah hujan pada daerah pegunungan memiliki pola yang kompleks dikarenakan bergantung terhadap kondisi lingkungan tersebut [Moreno, et.al., 2013]. Pemetaan variabilitas spasial curah hujan dapat dilakukan dengan menggunakan metode interpolasi spasial. Resolusi topografi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil simulasi [Kurniyaningrum, E., et., al., 2019]. Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh ke permukaan tanah pada suatu periode tertentu, yang diukur dalam satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal apabila tidak terjadi penguapan, limpasan, maupun infiltrasi, jenis tutupan vegetasi dapat mempengaruhi kondisi tersebut, dan curah hujan dapat mengakibatkan terjadinya kehilangan air [Kurniyaningrum, E., et., al., 2022] serta dapat mempengaruhi kecepatan aliran [Kurniyaningrum, E., et al, 2018; Kadri, T., et.al., 2021].

Telah dilakukan penelitian mengenai validasi data CHIRPS. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa akurasi data curah hujan CHIRPS di Kalimantan Barat tergolong sangat baik [Suryanto, et., al., 2023], korelasi antara data CHIRPS dengan data AWS di Lampung Selatan berada pada kategori lemah [Pratama et. al, 2022] dan korelasi data CHIRPS tergolong relatif rendah dikarenakan faktor topografi, jarak stasiun hujan dengan pegunungan atau lautan di dekatnya, serta sirkulasi angin setempat [Liu, et.al., 2020]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan historis curah hujan di DAS Krukut khususnya di Provinsi DKI Jakarta dengan harapan dapat memperoleh pemahaman yang mendalam tentang perubahan curah hujan di DAS Krukut (Jakarta) serta keakuratan antara data satelit dengan data observasi.

METODOLOGI

Lokasi Studi

Penelitian dilakukan pada Stasiun Hujan Halim di Jakarta, dengan luas 19,2 hektar yang terletak di Jl Makasar, Jakarta Timur.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Pengumpulan Data

Penelitian ini dapat mengamati berupa data hidrologi dari pos pengamatan Stasiun Hujan Halim dan data baseline dari CHIRPS. Data tersebut berupa data curah hujan harian dalam jangka waktu beberapa tahun terakhir dari BBWS, data curah hujan histori dan proyeksi dari CHIRPS, data curah hujan proyeksi dari CanESM5 (*The Canadian Earth System Model Version 5*).

Tabel 1. Data Penelitian

DATA	SUMBER
Curah hujan harian baseline (CHIRPS)	https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/UCSB-CHG_CHIRPS
Proyeksi iklim luaran (CANESM5)	NEX-GDDP-CMIP6: NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Climate Projections Earth Engine Data Catalog Google for Developers
Curah hujan harian observasi	Data Online BMKG

Climate Hazard Group Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS)

CHIRPS (Climate Hazard Group Infrared Precipitation with Stations Data) merupakan database curah hujan daratan berbasis satelit dan curah hujan hasil pengamatan yang memiliki resolusi spasial sekitar $0,05^\circ$ (per piksel) atau sekitar $5\text{km} \times 5\text{km}$, untuk memperkirakan perubahan curah hujan yang berkelanjutan di suatu wilayah, serta untuk analisis tren curah hujan dan kondisi klimatologi global. Ketersediaan data CHIRPS dimulai pada tahun 1980-an dan berlanjut hingga saat ini dengan kategori curah hujan harian, bulanan, dan dekade. Ada berbagai faktor yang memengaruhi keakuratan data curah hujan satelit, seperti kondisi lingkungan, iklim setempat, musim, kondisi awan dan topografi serta ukuran pixel. Data CHIRPS memerlukan proses analisis lebih lanjut untuk memvalidasi data terhadap data curah hujan yang diamati.

CanESM5 (The Canadian Earth System Model Version 5)

Canadian Earth System Model versi 5 (CanESM5) adalah model global yang dikembangkan untuk mensimulasikan perubahan iklim historis dan variabilitas, untuk membuat proyeksi skala seratus tahun iklim masa depan, dan untuk menghasilkan prediksi musiman dan dekade yang diinisialisasi. Makalah ini menjelaskan komponen model dan penggandengannya, serta berbagai aspek pengembangan model, termasuk penyetelan, pengoptimalan, dan strategi reproduktifitas.

Kami juga mendokumentasikan stabilitas model menggunakan simulasi kontrol yang panjang, mengukur kemampuan model untuk mereproduksi fitur skala besar dari iklim historis, dan mengevaluasi respons model terhadap pemaksaan eksternal. CanESM5 terdiri dari atmosfer tiga dimensi (resolusi spektral T63 setara dengan kira-kira $2,8^\circ$) dan model sirkulasi umum laut (nominal 1°), model es laut, skema permukaan daratan, dan model siklus karbon daratan dan lautan yang eksplisit.

CanESM5 adalah Model Sistem Bumi Kanada versi 5 yang merupakan model global untuk mensimulasikan perubahan iklim dan variabilitas historis. CanESM5 juga dapat digunakan untuk membuat proyeksi iklim masa depan berskala seratus tahun, dan menghasilkan prediksi musiman dan dekade.

CanESM5 terdiri dari: Model atmosfer tiga dimensi dengan resolusi spektral T63, Model sirkulasi umum laut, Model es laut, Skema permukaan tanah, Model siklus karbon untuk daratan dan laut.

Koreksi Bias

Metode statistik yang digunakan dalam koreksi bias sebagai analisis ulang data curah hujan observasi adalah analisis regresi linier berganda dengan metode bertahap. Langkah pertama dalam mengoreksi metode ini adalah menghitung estimasi curah hujan berdasarkan koordinat stasiun curah hujan observasi, seperti pada persamaan berikut:

$$Y(ik) = a + b_1X_1(ik) + b_2X_2(ik) + b_3X_3(ik) + b_4X_4(ik) \quad (2-1)$$

Keterangan:

$Y(ik)$ = Curah hujan observasi hari -i, grid -k

a = Konstanta hari -i, grid -k

b_i = Koefisien regresi hari -i

$X_1(ik)$ = curah hujan harian -i, grid -k

$X_2(ik)$ = Grid longitude -k

$X_3(ik)$ = Grid latitude -k

NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency)

NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency) menunjukkan seberapa baik nilai simulasi dibandingkan dengan nilai yang diamati. Nilai NSE berkisar dari ∞ hingga 1, dan semakin mendekati 1, semakin baik kinerja model tersebut. NSE dapat dihitung menggunakan persamaan (Gupta et al. 2009):

$$NSE = \left[1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - \bar{Y}^{obs})^2} \right) \right] \quad (2-4)$$

Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian meliputi data curah hujan observasi dari BMKG serta data curah hujan baseline dari CHIRPS (<https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>) dalam kurun waktu 40 tahun terakhir dari tahun 1994 hingga 2024.

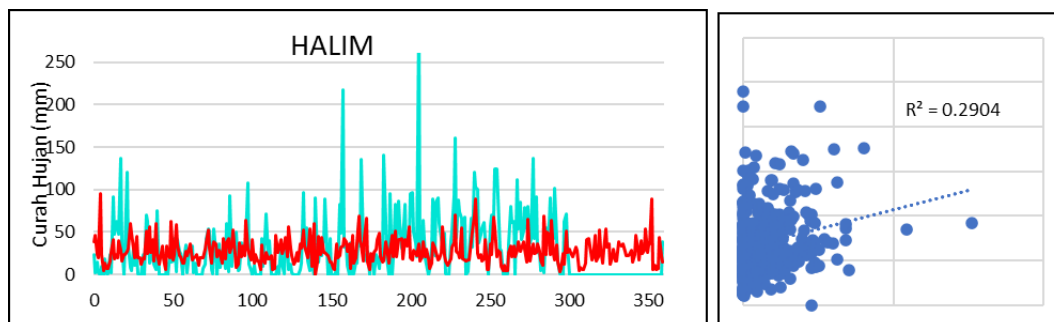
HASIL DAN PEMBAHASAN

Koreksi Bias Data Curah Hujan Maksimum Harian CHIRPS

Kendala dalam ketersediaan data curah hujan ialah di suatu wilayah sering menjadi hambatan dalam penelitian, terutama disebabkan oleh sebaran pos hujan yang tidak merata dan kekurangan data pengamatan yang lengkap. Dalam usaha untuk mengatasi permasalahan ini, penelitian sering memanfaatkan sumber data global, seperti CHIRPS (*Climate Hazard Group InfraRed Precipitation with Station Data*).

CHIRPS merupakan suatu data curah hujan yang berbasis grid yang menggabungkan antara data pengamatan satelit dengan data pengamatan pos hujan dengan resolusi 25km x 25km dan tersedia dalam skala waktu harian dan bulanan dari tahun 1981 hingga saat ini (Funk et al, 2015). Namun data CHIRPS masih memiliki kendala karena di temukan inkonsistensi atau bias terhadap data observasi, sehingga diperlukan koreksi bias sebelum digunakan dalam analisis memiliki akurasi yang

lebih tinggi dan mampu memberikan gambaran yang sejalan dengan kondisi sebenarnya. Data curah hujan CHIRPS digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu di laksanakan uji statistik curah hujan observasi dan CHIRPS yang ada di Stasiun Hujan Halim.



Gambar 2. Pola Curah Hujan Maksimum dan Kurva Penyesuaian antara Curah Hujan yang Diamati dan CHIRPS.

Secara visual, nilai curah hujan CHIRPS tidak mampu mengikuti curah hujan yang diamati. Hal ini didukung oleh hasil uji statik pada Tabel 3 yang menunjukkan bahwa kinerja data CHIRPS sangat rendah, dimana R^2 dan NSE berada pada kategori kurang baik, atau dapat dikatakan bahwa data CHIRPS meremehkan data pengamatan. Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut terhadap nilai curah hujan CHIRPS dengan melakukan uji coba.

Tabel 3. Hasil Uji Statis Curah Hujan CHIRPS

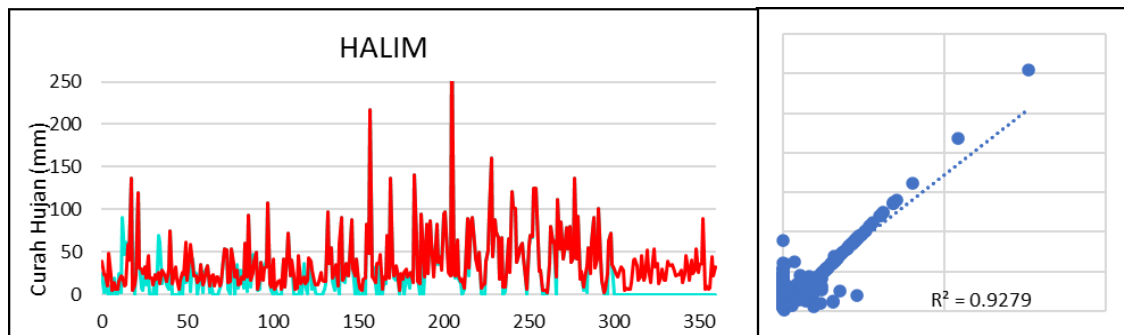
Halim	RMSE	R^2	PBIAS	NSE
	0,3967	0,2904	3,9438	0,0068

Berdasarkan uji statistik yang terlihat pada Tabel 3 menunjukkan bahwa kinerja data CHIRPS dibandingkan dengan data observasi sangat rendah, dimana nilai R^2 berada di bawah 0,5 dan nilai NSE berada di bawah 0,5. Hal ini menunjukkan bahwa data CHIRPS lebih rendah dari data observasi pada stasiun hujan terpilih. Maka diperlukan analisis lebih lanjut terhadap nilai curah hujan CHIRPS dengan melakukan uji coba dan kesalahan (*trial and error*). Setelah dilakukan uji coba dan kesalahan koreksi bias sebanyak 5 (lima) kali, data CHIRPS dilakukan pengujian kinerja pada stasiun observasi. Hasil menunjukkan bahwa pada uji coba ke-5 memiliki nilai yang baik. Hasil rekapitulasi pada Tabel 4 menunjukkan bahwa pengujian kinerja mengalami peningkatan kualitas data dibandingkan sebelum dilakukan analisis, yaitu nilai R^2 menunjukkan nilai di atas 0,5, begitu pula dengan pengujian NSE, data CHIRPS stasiun yang telah dikoreksi mendekati 1 yang menunjukkan model yang lebih akurat.

Tabel 4. Evaluasi Uji Statistik Curah Hujan CHIRPS Re-Analysis

Halim	RMSE	R^2	PBIAS	NSE
	0,0000	0,9279	0,2121	0,8317

Pada gambar 3 menunjukkan secara visual bahwa data CHIRPS setelah analisis menunjukkan kemampuan yang baik untuk mengikuti pola dan mendekati nilai data yang diamati di kedua stasiun hujan. Jadi, data ini memiliki potensi besar untuk digunakan dalam memprediksi perubahan curah hujan di masa mendatang.

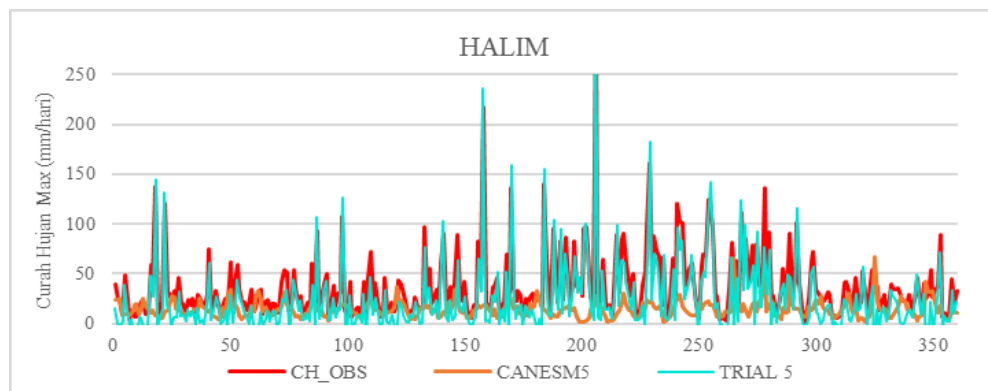


Gambar 3. Pola Curah Hujan Maksimum dan Kurva Penyesuaian antara Curah Hujan yang Diamati dan CHIRPS.

Kemudian data CHIRPS dibandingkan dengan membuat kurva curah hujan maksimum harian dari tahun 1994 hingga 2023, baik sebelum maupun sesudah koreksi. Hal ini bertujuan untuk menilai seberapa akurat CanESM5 dalam memperkirakan curah hujan aktual dan memberikan dasar penting untuk penggunaan data ini lebih lanjut dalam penelitian terkait perubahan iklim di masa mendatang. Analisis karakteristik curah hujan dasar di Stasiun Halim, khususnya wilayah Jakarta, memberikan gambaran signifikan tentang variabilitas curah hujan di stasiun pemantauan.

Koreksi Bias Data Curah Hujan Maksimum Harian CanESM5

Dalam memvalidasi data curah hujan hasil downscaling dari model GCM CANESM5, peneliti perlu melakukan pengujian ketepatan dengan menggunakan data observasi. Data observasi yang dipilih yaitu data CHIRPS yang telah dianalisis pada bagian sebelumnya (data CHIRPS terkoreksi). Dilakukan pengolahan perbandingan dengan membuat kurva curah hujan maksimum harian dari tahun 1994 hingga 2023 baik sebelum ataupun setelah koreksi. Hal ini bertujuan untuk menilai seberapa baik CANESM5 memperkirakan curah hujan sebenarnya secara akurat dan menjadi dasar penting untuk penggunaan data ini lebih lanjut dalam penelitian terkait perubahan iklim di masa mendatang.



Gambar 4. Pola Curah Hujan harian maksimum data CANESM5 sebelum di koreksi dan setelah di koreksi dengan curah hujan observasi.

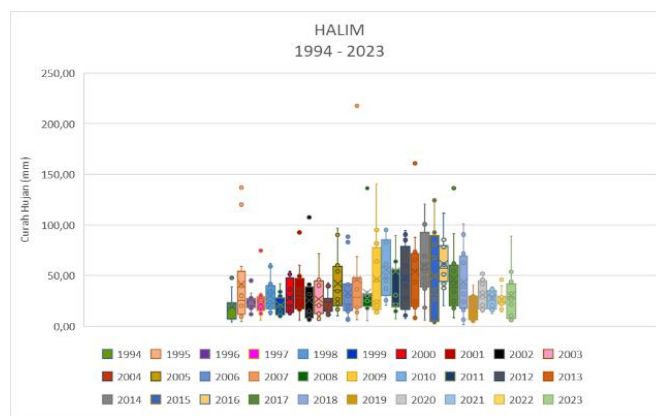
Gambar 4. Pola curah hujan harian maksimum luaran GCM CANESM5 sebelum dikoreksi (garis orange) pada umumnya underestimate teradap data observasi dan jauh menyimpang dari data observasi serta belum mampu mengikuti pola curah hujan harian data observasi (garis merah). Namun setelah dilakukan koreksi bias (garis biru), secara visual curah hujan model GCM CANESM5 mampu mengikuti pola dari data observasi.

Dilakukan trial and error sebanyak 5 (lima) kali, dengan hasil kurva fitting sebelum trial and error menunjukkan nilai R^2 yang sangat rendah yakni 0.1 pada stasiun hujan. Uji Statistik menunjukkan

nilai R^2 pada CANESM5 terkoreksi pada trial ke-5 mengalami peningkatan mencapai 0.9 sehingga data GCM CANESM5 dapat di gunakan dalam penelitian tersebut.

Karakteristik Curah Hujan *Baseline*

Analisis karakteristik curah hujan di Stasiun Halim, curah hujan tahunan menunjukkan lokasi stasiun hujan dari tahun 1994 hingga 2023. Pada Gambar 6 terlihat bahwa curah hujan mencapai nilai maksimum sebesar 305 mm/hari di Stasiun Hujan Halim pada bulan Februari 2011. Hal tersebut dapat menjadi landasan penting dalam penelitian perubahan iklim Stasiun Halim, yang terfokus pada analisis kecenderungan/tren curah hujan secara spasial maupun temporal.



Gambar 5. Box plot Curah Hujan Maksimum Periode 1994 – 2023 di Stasiun Halim

Tabel 4.1 Menyajikan informasi tambahan yang mendukung analisis kecenderungan curah hujan Stasiun Halim. Data Menunjukkan bahwa curah hujan bulanan mencapai puncaknya pada bulan Juli dan September. Di sisi lain, terlihat bahwa bulan Februari, Juni, Juli, Agustus mengalami curah hujan bulanan yang relatif rendah. Data tersebut mengungkapkan bahwa rata-rata curah hujan di Stasiun Hujan Halim mencapai 738.315 mm/bulan.

Tabel 4.1 Curah Hujan Maksimum Observasi SH Halim Periode *Baseline*

HALIM							
No	Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)	No	Tahun	Bulan	Curah Hujan (mm)
1	1994	AUG	558.878	16	2009	SEP	667.269
2	1995	JUL	924.468	17	2010	FEB	385.119
3	1996	JUN	940.676	18	2011	JUL	475.370
4	1997	FEB	606.208	19	2012	JUN	669.869
5	1998	SEP	578.069	20	2013	SEP	650.046
6	1999	MAY	769.577	21	2014	FEB	799.096
7	2000	SEP	983.767	22	2015	JUN	724.321
8	2001	JUL	846.117	23	2016	NOV	512.074
9	2002	JUL	965.572	24	2017	SEP	989.390
10	2003	SEP	792.450	25	2018	JUN	542.974
11	2004	OCT	769.714	26	2019	MAY	898.148
12	2005	AUG	932.336	27	2020	JUL	741.511
13	2006	JUN	568.457	28	2021	AUG	753.115
14	2007	AUG	653.693	29	2022	JUL	938.780
15	2008	AUG	698.176	30	2023	DEC	814.216
			MAKSIMUM				
			MINIMUM				
			RATA-RATA				

Sumber: Hasil olahan

Secara keseluruhan (Tabel 4.2), penjelasan tersebut memberikan dasar yang kuat untuk pemahaman mendalam terhadap perubahan iklim di Stasiun Halim. Perubahan curah hujan di Stasiun Halim dianalisis berdasarkan pada pola kecenderungan atau tren nilai curah hujan maksimum dari tahun 1994-2024. Tren Iklim dari Stasiun hujan periode baseline menunjukkan bahwa perubahan curah hujan pada SH Halim memiliki presentase kenaikan curah hujan pada SH Halim sebesar 7,13% setiap tahunnya.

Selanjutnya dilakukan pengelompokkan curah hujan berdasarkan karakteristik kering, normal, basah. Pengelompokkan pola hujan ini didasarkan pada asumsi distribusi keseluruhan data curah hujan maksimum dengan membagi menjadi tiga kategori menjadi pola hujan kering, pola hujan normal, pola hujan basah dengan di lakukan 5 trial and error untuk mencari presentase terbaik, hasilnya di dapati 30% untuk pola hujan kering, 30% untuk pola hujan basah, dan 40% untuk pola hujan normal. Analisis tren curah hujan maksimum memberikan indikasi kemungkinan pola hujan di masa mendatang.

Tabel 4.2 Pengelompokkan pola hujan baseline SH Halim

Pola Hujan			
Tahun	SH HALIM	Tahun	SH HALIM
1994	Normal	2009	Normal
1995	Basah	2010	Kering
1996	Basah	2011	Kering
1997	Normal	2012	Normal
1998	Normal	2013	Normal
1999	Basah	2014	Normal
2000	Basah	2015	Basah
2001	Basah	2016	Normal
2002	Basah	2017	Basah
2003	Basah	2018	Normal
2004	Basah	2019	Basah
2005	Basah	2020	Basah
2006	Normal	2021	Basah
2007	Normal	2022	Basah
2008	Normal	2023	Basah

Pengelompokkan pola hujan model *baseline* di validasi dengan kondisi historis dimana pada tahun 2010 dengan curah hujan rendah yaitu dinyatakan (kering).

KESIMPULAN

Estimasi data CHIRPS untuk curah hujan harian periode 1994–2023 di stasiun meteorologi Halim BMKG cenderung memiliki nilai akurasi data CHIRPS yang sangat baik (rata-rata persen bias = 9,28%, NSE = 0,8317). Hal ini menunjukkan bahwa data CHIRPS mampu menaksir kejadian hujan di wilayah DAS Krukut, khususnya di wilayah Jakarta. Estimasi CHIRPS lebih tinggi pada curah hujan ringan (< 30 mm) dan lebih rendah pada curah hujan lebat hingga sangat lebat. Pemanfaatan data CHIRPS dapat dilakukan dengan terlebih dahulu meningkatkan akurasi data CHIRPS dengan memberikan faktor koreksi pada dua kelompok kategori curah hujan harian, yaitu kategori ringan dan kategori sedang hingga sangat lebat di wilayah penelitian. Hal ini didukung oleh kondisi tutupan lahan di wilayah penelitian.

Proyeksi Iklim untuk SH Halim menunjukkan kecenderungan perubahan yang signifikan dalam pola hujan. Dalam kurung waktu per-sepuluh tahun ke depan, tren iklim SH Halim memiliki rata-rata curah hujan sebesar $\pm 13,6\%$ untuk skenario RCP 4.5 sedangkan curah hujan untuk skenario RCP 8.5 sebesar $\pm 15,7\%$.

Trend curah hujan di SH Halim menunjukkan peningkatan rata-rata 7,13% per tahun selama periode baseline. Curah hujan maksimum dikelompokkan menjadi tiga kategori: kering (30%), normal (40%), dan basah (30%) berdasarkan distribusi data. Validasi terhadap data historis menunjukkan pola ini sesuai, misalnya pada 2010 dengan curah hujan rendah dikategorikan sebagai tahun kering. Analisis ini membantu memproyeksikan pola hujan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anna, A. N., & Priyono, K. D. (2016). *Dampak Perubahan Iklim Global Terhadap Tingkat Kekritisan Air Meterologis Di DAS Bengawan Solo Hulu*.
- Ardhitama, A., & Siregar, Y. I. (2017). *Analisis Pengaruh Konsentrasi Gas Rumah Kaca Terhadap Kenaikan Suhu Udara Di Kota Pekanbaru Dan Kota Padang*.
- Ariffin. (2019). *Metode Klasifikasi Iklim di Indonesia*. UB Press.
- Bees, A. (2021). *Perbandingan Curah Hujan Satelit Pada Das Tilong Nusa Tenggara Timur Terkait Perubahan Iklim*.
- Diposaptono, B. Erosi Pantai (Coastal Erosion), Prosiding Pelatihan Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu, (online) <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/24571>, 2009.
- Fang, J., Yang, W., Luan, Y., Du, J., Lin, A., & Zhao, L., Evaluation of the TRMM 3B42 and GPM IMERG products for extreme precipitation analysis over China, *Atmospheric research*, 2019, 223, pp. 24-38.
- Gao, G. Y., Fu, B. J., Lü, Y. H., Liu, Y., Wang, S., & Zhou, J. (2012). Coupling the modified SCS-CN and RUSLE models to simulate hydrological effects of restoring vegetation in the Loess Plateau of China. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(7), 2347–2364. <https://doi.org/10.5194/hess-16-2347-2012>
- Gernowo, R. (2012). *Studi Awal Dampak Perubahan Iklim Berbasis Analisis Variabilitas CO2 Dan Curah Hujan*. 15(4).
- Hardianto, R., Hasyim, A. W., & Hidayat, A. R. T. (2019). *Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Suhu Permukaan Di Kabupaten Sidoarjo*. 8.
- H. Tian et al., "Model estimates of net primary productivity, evapotranspiration, and water use efficiency in the terrestrial ecosystems of the southern United States during 1895-2007," *For. Ecol. Manage.*, 2010, doi: 10.1016/j.foreco.2009.10.009.
- Jadmiko, S. D., & Faqih, A. (2018). Dynamical Downscaling Luaran Global Climate Model (GCM) Menggunakan Model REGCM3 untuk Proyeksi Curah Hujan di Kabupaten Indramayu. *Agromet*, 28(1), 9. <https://doi.org/10.29244/j.agromet.28.1.9-16>
- Jannah, M., Sujono, J., & Pamudji Raharjo, A. (2023). Kajian Perubahan Iklim Di Dki Jakarta Berdasarkan Data Curah Hujan. *Teknisia*, 28(1), 44–54. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol28.iss1.art5>
- Journal of Natural Resources and Environmental Management*.
- K. E. Trenberth, "Conceptual framework for changes of extremes of the hydrological cycle with climate change," *Clim. Change*, 1999, doi: 10.1023/A:1005488920935.
- K. Hayhoe et al., "Past and future changes in climate and hydrological indicators in the US Northeast," *Clim. Dyn.*, 2007, doi: 10.1007/s00382-006-0187-8.
- Kurniyaningrum, E., Faluty, M.D., Mulya, H.D., Andayani, S., Hidayat, DPA., Sejati, W., Sattar, H. 2024. Factor For Correcting The Rainfall Of Chirps Satellite Data Against Observation Data On The Ciliwung Watershed (Case Study Of Kemayoran Meteorologi Station). *International Journal on Livable Space*, 9(2), 75-84
- Kurniyaningrum, E., Rinanti, A., Herlina, L., Putra, D.T., Sattar, H. 2024. The Relationship Between Land Surface Temperature and Water Availability: A Preliminary study. *Understanding Global Digital Era Technologies and Transformations in Social, Environment, Peace & Business Development Perspectives in Society*, 40-53
- Kurniyaningrum, E., Limantara, L.M., Suhartanto, E., Sisinggih, D. Sensitivity of Flow Depth Inundation Based on the Micro-Scale Topography in Krukut River, Jakarta, Indonesia. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJECT)*, 2019, 10(1), pp. 697-706.
- Kurniyaningrum, E., Kurniawan, M.A. Climate Change Effect on Water Balance For Water Critically in Upper Bogowonto Watershed, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2022, pp. 1-10.
- Kurniyaningrum, E., Kadri, T., Daniel, H.M., Condition Of Riparian Buffer Zone In Krukut River, Indonesia. In *Proceedings of The 2nd Complexity In Applied Science and Engineering International Conference*, 2018, Phuket, Thailand, 12-14 October 2018.
- Kadri, T., Kurniyaningrum, E., Limantara, L.M. Hydrology Characteristics in Krukut River Riparian Buffer Zone. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 2021, 56(6), pp. 277-284.

- Liu, C. Y., Aryastana, P., Liu, G. R., & Huang, W. R. Assessment of satellite precipitation product estimates over Bali Island. *Atmospheric Research*, 2020, 244, pp. 1-14
- Malino, C. R., Arsyad, M., & Palloan, P. (2021). Analisis Parameter Curah Hujan Dan Suhu Udara Di Kota Makassar Terkait Fenomena Perubahan Iklim. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 17(2), 139. <https://doi.org/10.35580/jspf.v17i2.22167>
- Misnawati, M., Boer, R., June, T., & Faqih, A. Perbandingan metodologi koreksi bias data curah hujan chirps, Limnotek: perairan darat tropis di Indonesia, 2018, 25(1).
- Moreno, J. S. F., et al. Influence of Topography on Rainfall Variability in Santiago Island, Cape Verde. *International Journal of Climatology*, 2013, 34(4), pp. 1087-1097.
- Mutiara, J., Yudianto, D., & Fitriana, F. Studi Perbandingan Curah Hujan Hasil Pengukuran Pos Hujan Dan Satelit Untuk Wilayah Bandung Comparison Study Of Rainfall Measured At Groundstation And Sattelite For Bandung Region, *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 2017, pp.137-144.
- Nugroho, S. (2019). Analisis Iklim Ekstrim Untuk Deteksi Perubahan Iklim Di Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 7. <https://doi.org/10.14710/jil.17.1.7-14>
- Nurlatifah, A., Hatmaja, R. B., & Rakhman, A. A. (2023). Analisis Potensi Kejadian Curah Hujan Ekstrem di Masa Mendatang Sebagai Dampak dari Perubahan Iklim di Pulau Jawa Berbasis Model Iklim Regional CCAM. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(4), 980-986. <https://doi.org/10.14710/jil.21.4.980-986>
- Oleh, D. (t.t.). *Prediksi Suhu Di Daerah Aliran Sungai Krueng Aceh Periode 2021-2100 Menggunakan Statistical Downscaling Model (SDSM)*.
- Prasetyawan, I. B., Maslukah, L., & Rifai, A. (2017). Pengukuran Sistem Karbon Dioksida (Co2) Sebagai Data Dasar Penentuan Fluks Karbon Di Perairan Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 6(1), 9. <https://doi.org/10.14710/buloma.v6i1.15736>
- P. Pathak, A. Kalra, S. Ahmad, dan M. Bernardez, "Wavelet-Aided Analysis to Estimate Seasonal Variability and Dominant Periodicities in Temperature, Precipitation, and Streamflow in the Midwestern United States," *Water Resour. Manag.*, 2016, doi: 10.1007/s11269-016-1445-0.
- P. R. Hosang, J. Tatu, dan J. E. X. Rogi, "Analisis Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produksi Beras Provinsi Sulawesi Utara Tahun 2013 -2030," *Eugenia*, 2012, Doi: 10.35791/Eug.18.3.2012.4101
- Pratama, A., Agiel, H. M., & Oktaviana, A. A. Evaluasi satellite precipitation product (GSMaP, CHIRPS, dan IMERG) di Kabupaten Lampung Selatan. *Journal of Science and Applicative Technology*, 2022, 6(1), 32- 40.
- Pratiwi, Destiana Wahyu, Joko Sujono and Adam Pamudji Rahardjo. "Evaluasi Data Hujan Satelit Untuk Prediksi Data Hujan Pengamatan Menggunakan Cross Correlation", *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 2017, (11), pp. 1-11.
- Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor, Widyaningrum, W., STPP Manokwari, Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian, Kementerian Pertanian, Purwanto, Y. A., Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor, Mardjan, S., & Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. (2018). Design of Control and Monitoring System of Air Condition at Controlled Atmosphere Storage Based on Arduino Uno Microcontroller. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 6(1), 1-8. <https://doi.org/10.19028/jtep.06.1.75-82>
- Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor, Widyaningrum, W., STPP Manokwari, Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian, Kementerian Pertanian, Purwanto, Y. A., Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor, Mardjan, S., & Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. (2018). Design of Control and Monitoring System of Air Condition at Controlled Atmosphere Storage Based on Arduino Uno Microcontroller. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 6(1), 1-8. <https://doi.org/10.19028/jtep.06.1.75-82>
- Putu Doddy Heka Ardana, I Gusti Made Sudika, & I Wayan Angga Hadinata. (2023). Rasionalisasi Jaringan Stasiun Curah Hujan Pada Daerah Aliran Sungai Tukad Mati. *Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 12(1), 85-96. <https://doi.org/10.22225/pd.12.1.6212.85-96>

- Rahayuningsih, M., Handayani, L., Abdullah, M., & Arifin, M. S. (2021). *Kajian Jejak Karbon (Carbon Footprint) di FMIPA Universitas Negeri Semarang*.
- Sun, W., Sun, Y., Li, X., Wang, T., Wang, Y., Qiu, Q., & Deng, Z. Evaluation and correction of GPM IMERG precipitation products over the capital circle in Northeast China at multiple spatiotemporal scales, *Advances in Meteorology*, 2018.
- Ginting, Jody M. Analisis Hujan Satelit PERSIANN dan GPM untuk Perkiraan Debit Banjir DAS Progo, 2019, Tesis, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Suryanto, J., Amprim, Anisum. Validasi Curah Hujan Harian CHIRPS Precipitation Satellite Product di Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 2023, 11(1), pp. 73-88
- Wardhana, P. N., & Astuti, S. A. Y. (2018). *Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Debit Banjir Di DAS Winongo Daerah Istimewa Yogyakarta*. 22(2).
- Wigati, R., & Soedarsono, S. (2016). Analisis Banjir Menggunakan Software HEC-RAS 4.1 (Studi kasus sub DAS Cisimeut hilir HM 0+00 Sampai dengan HM 69+00). *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 5(1). <https://doi.org/10.36055/jft.v5i1.1243>