

ANALISIS POLA DISTRIBUSI CURAH HUJAN LEBAT DOMINAN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) CITANDUY HULU

ANALYSIS OF DOMINANT HEAVY RAINFALL DISTRIBUTION PATTERNS IN THE UPPER CITANDUY WATERSHED

Pengki Irawan^{1)*} Junaedi Setiawan¹⁾ Hendra¹⁾ Novia Komala Sari¹⁾ Shinta Awaliyah¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, Kota Tasikmalaya, Indonesia

*Corresponding email: irawan@unsil.ac.id

Diterima: 30 Januari 2024; Direvisi: 21 Maret 2024; Disetujui: 12 Oktober 2024

ABSTRACT

Rainfall plays an important role in hydrological and environmental planning. Meteorological conditions affect rainfall through its intensity, amount, and duration. However, heavy rainfall can cause significant damage and loss. Research was conducted in the Upper Citanduy watershed, West Java, using rainfall data from 8 stations over a range of 5–14 years. The study took a heavy rainfall event threshold of ≥ 50 mm in 24 hours. The research aims to analyze the dominant heavy rainfall patterns in the Upper Citanduy watershed. Empirical analysis used the Mononobe Method and Alternating Block Method (ABM), while rainfall distribution was analyzed with Inverse Distance Weighted (IDW) using Geographic Information Systems. The dominant heavy rainfall duration in the Upper Citanduy watershed occurred over 4–6 hours. Rainfall distribution analysis showed a pattern that was not influenced by the elevation of the rainfall station. The analysis results show that the Mononobe Method is closer to the dominant observed heavy rainfall distribution for 4 hours, while ABM is closer to the durations of 5 and 6 hours. The suitability of the distribution pattern was measured using Correlation (r), Root Mean Squared Error (RMSE), and Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) criteria, with Mononobe providing better results than ABM method. This research contributes to the understanding of rainfall patterns that can form the basis for analyzing designed rainfall intensity as a step in flood disaster mitigation in the Upper Citanduy watershed.

Keywords: heavy rainfall, rainfall distribution pattern, rainfall intensity, upper Citanduy watershed, geographic information system

ABSTRAK

Curah hujan memainkan peran krusial dalam perencanaan hidrologi dan lingkungan. Kondisi meteorologis mempengaruhi curah hujan melalui intensitas, jumlah, dan durasinya. Namun, curah hujan lebat dapat menyebabkan kerusakan dan kerugian yang signifikan. Penelitian dilakukan di DAS Citanduy Hulu, Jawa Barat, dengan menggunakan data curah hujan dari 8 stasiun pada rentang 5-14 tahun. Penelitian bertujuan untuk menganalisis pola hujan lebat dominan di DAS Citanduy Hulu. Studi mengambil ambang peristiwa curah hujan lebat ≥ 50 mm dalam 24 jam. Analisis empiris menggunakan Metode Mononobe dan Alternating Block Method (ABM), sementara distribusi curah hujan dianalisis dengan Inverse Distance Weighted menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Durasi hujan lebat dominan di DAS Citanduy Hulu terjadi selama 4-6 jam. Analisis distribusi curah hujan menunjukkan pola yang tidak dipengaruhi oleh ketinggian stasiun curah hujan. Hasil analisis menunjukkan bahwa Metode Mononobe lebih mendekati distribusi hujan lebat dominan observasi untuk durasi 4 jam, sementara ABM lebih mendekati durasi 5 dan 6 jam. Kesesuaian pola distribusi diukur menggunakan Korelasi (r), Root Mean Squared Error (RMSE), dan Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE), dengan Mononobe memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan ABM. Penelitian ini berkontribusi pada pemahaman pola curah hujan yang dapat menjadi dasar untuk menganalisis intensitas hujan rancangan sebagai langkah mitigasi bencana banjir di DAS Citanduy Hulu.

Kata Kunci: curah hujan lebat, pola distribusi curah hujan, intensitas hujan, DAS Citanduy hulu, sistem informasi geografis (SIG)

PENDAHULUAN

Curah hujan merupakan inputan utama dalam perencanaan hidrologi dan lingkungan (Priambodo dkk., 2019). Kondisi meteorologi mempengaruhi curah hujan dalam tiga cara: (1) intensitas hujan, (2) volume total curah hujan, dan (3) durasi atau lama hujan berlangsung (Sasanya dkk., 2022). Curah hujan sangat penting bagi kehidupan di Bumi, namun curah hujan yang ekstrem atau berlebihan dapat menyebabkan berbagai kerusakan dan kerugian, seperti menyebabkan hilangnya makanan, hancurnya bangunan dan tanaman, erosi tanah, jebolnya tanggul dan bendungan, dan lain-lain (Martins dkk., 2020). Kerugian ini tidak hanya berdampak pada manusia, tetapi juga pada ekosistem alam. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang pola dan efek curah hujan sangat penting dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya air dan lingkungan.

Analisis curah hujan menggunakan distribusi probabilitas dan curah hujan maksimum tahunan dapat digunakan untuk meningkatkan pengelolaan sumber daya air. Analisis curah hujan memberikan informasi yang berguna untuk pencegahan/mitigasi banjir (Ng dkk., 2020). Banjir adalah salah satu bencana alam paling berbahaya di dunia dan dampak ekonominya terus meningkat dalam beberapa dekade terakhir (Tanaka dkk., 2021). Air yang diperoleh dari curah hujan dan limpasan permukaan, tidak seperti airtanah, memiliki keunggulan yaitu kualitasnya biasanya lebih baik sehingga lebih mudah digunakan oleh manusia dan hewan serta untuk irigasi dengan teknik pengolahan yang murah dan sederhana (Bashir & Fouli, 2015). Sehingga sistem pengelolaan sumber daya air yang baik dapat membantu dalam meningkatkan efisiensi penggunaan, ketersediaan air (Irawan dkk., 2024) serta mampu mengurangi risiko banjir.

Berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor SK.328/Menhut-II/2009 mengenai penetapan Daerah Aliran Sungai (DAS) prioritas, DAS Citanduy diklasifikasikan sebagai salah satu dari 108 DAS Kritis di Indonesia (Indonesia, 2009). DAS Citanduy berada di 6 (enam) kabupaten yaitu Kabupaten Tasikmalaya, Ciamis, Majalengka, Kuningan, Garut dan Cilacap. DAS Citanduy terdiri dari 5 (lima) sub yang salah satunya yaitu sub-DAS Citanduy Hulu. Parameter DAS antara lain adalah luas, bentuk DAS, tata guna lahan, jaringan sungai dan lainnya. DAS Citanduy telah mengalami perubahan tata guna lahan.

Perubahan tersebut tidak diimbangi dengan pengendalian zona resapan air. Sehingga kondisi tersebut dapat mengurangi infiltrasi aliran ke dalam tanah dan menyebabkan limpasan semakin tinggi (Hidayat dkk., 2021). Oleh karena itu, penelitian dan upaya mitigasi lebih lanjut sangat diperlukan untuk mengelola dan menjaga keseimbangan ekosistem di DAS Citanduy Hulu.

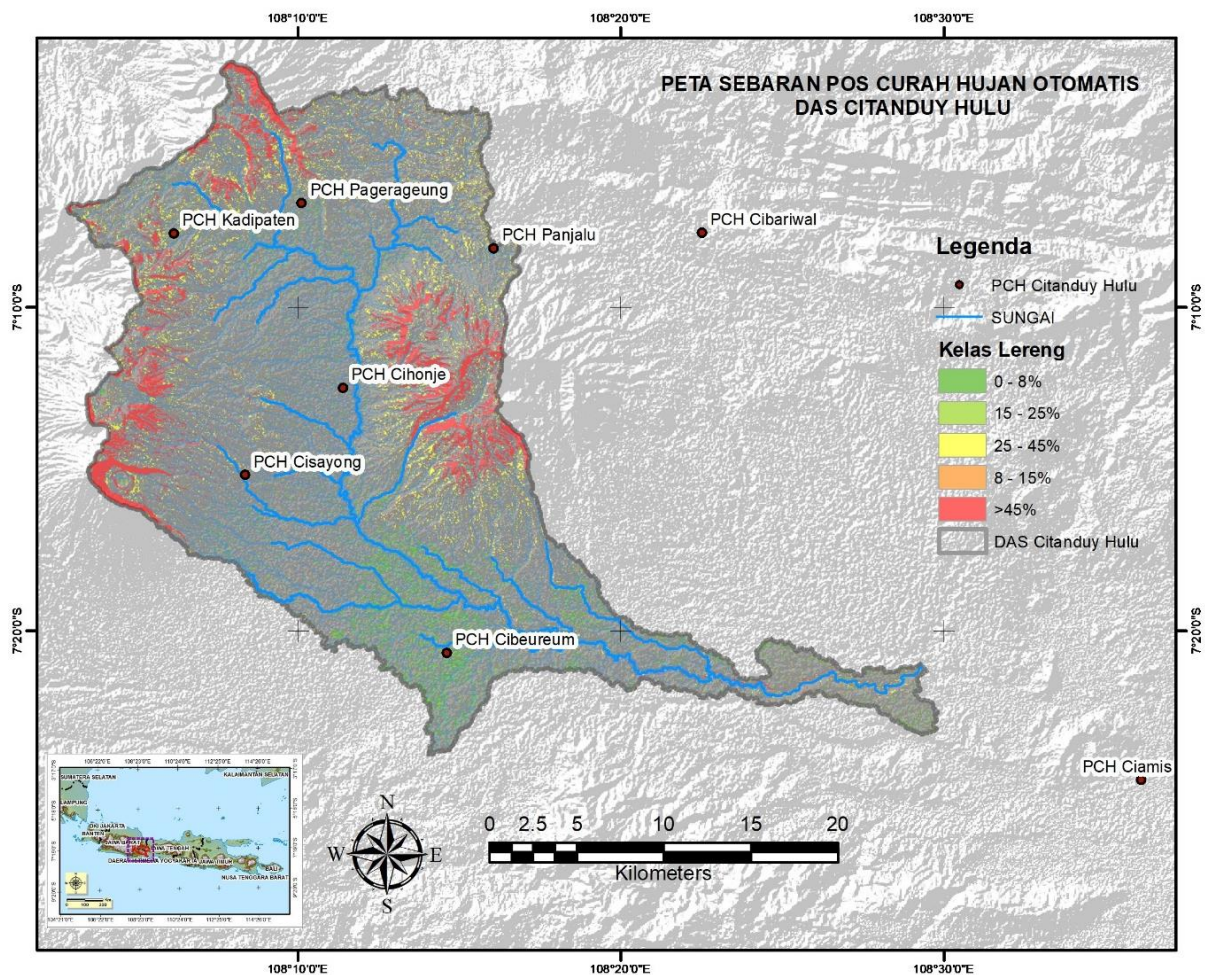
Karakteristik curah hujan lebat dianalisis berdasarkan kejadian hujan dimana jumlah curah hujan untuk setiap kejadian lebih besar dari 50 mm (Sujono dkk., 2018). Analisis ini penting untuk memahami potensi risiko yang diakibatkan oleh hujan lebat dalam konteks perubahan iklim. Proyeksi iklim menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah di Pulau Jawa akan mengalami peningkatan frekuensi kejadian hujan lebat, yang diukur melalui indikator R50mm, yaitu jumlah hari dengan curah hujan melebihi 50 mm dalam satu hari (Nurlatifah dkk., 2023). Peningkatan nilai R50mm ini menunjukkan kecenderungan terjadinya hujan lebat yang lebih sering, yang berpotensi memperbesar risiko banjir dan dampak negatif terhadap infrastruktur serta ekosistem di wilayah tersebut.

DAS Citanduy Hulu belum memiliki pola distribusi hujan lebat dominan yang dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan standar keamanan untuk bangunan air. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pola distribusi hujan di DAS Citanduy Hulu. Sehingga hasil penelitian mengenai pola distribusi hujan lebat dominan dapat digunakan sebagai dasar untuk merancang infrastruktur keairan yang lebih aman. Penelitian ini juga dapat memberikan kontribusi penting dalam upaya mitigasi risiko banjir dan kerusakan infrastruktur keairan akibat hujan lebat dominan di Wilayah Sungai Citanduy.

METODOLOGI

Studi Area

DAS Citanduy merupakan salah satu daerah aliran sungai di Jawa Barat yang kondisinya kritis (Irawan dkk., 2020; Karim dkk., 2014). DAS Citanduy mempunyai luasan 352,080 ha dan terdiri 5 (lima) sub DAS yaitu Citanduy Hulu (74,800 ha), Cimuntur (60,500 ha), Cijolang (48,030 ha), Ciseel (96,500 ha) dan Cikawung (72,250 ha) (Irawan dkk., 2020). Detail lokasi penelitian dan sebaran pos curah hujan (PCH) di DAS Citanduy Hulu disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Sebaran PCH Otomatis di DAS Citanduy Hulu

Ketersediaan Data

Data curah hujan diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Citanduy. Data tersebut berupa hujan jam-jaman dari data telemetri pos hujan otomatis. Terdapat 8 Pos Curah Hujan (PCH) yang didapat dengan rentang waktu yang beragam, mulai 5 tahun sampai 14 tahun data hujan (Tabel 1). Setiap data dikompilasi sesuai dengan keperluan analisis data. Beberapa PCH tidak digunakan dalam penelitian ini karena masih konvensional sehingga data yang tersedia data curah hujan 24 jam.

Pemilihan Threshold

Curah hujan ekstrem dapat didefinisikan sebagai kejadian di mana nilai variabel curah hujan melebihi (atau kurang dari) nilai ambang batas (*threshold*) yang berada dekat ujung atas (atau bawah) rentang nilai variabel yang diamati. Ada tiga pendekatan konseptual yang umum digunakan dalam pemilihan peristiwa curah hujan ekstrem (Sulikowska & Wypych, 2020). Pertama, Pendekatan ambang batas, yang menganggap nilai-

nilai yang melebihi ambang batas tertentu sebagai ekstrem (Haacke & Paton, 2021). Kedua, pendekatan berbasis persentil, yang menggunakan nilai-nilai di atas persentil tertentu dalam distribusi data sebagai titik acuan. Ketiga, pendekatan Block Maxima (BM), yang memilih nilai maksimum dari setiap blok data untuk mengidentifikasi peristiwa ekstrem dalam periode waktu tertentu. Dalam penelitian ini, pendekatan ambang batas digunakan, dengan mendefinisikan kejadian hujan lebat sebagai curah hujan ≥ 50 mm dalam durasi 24 jam (Nurlatifah dkk., 2023; Sujono dkk., 2018).

Tools yang Digunakan

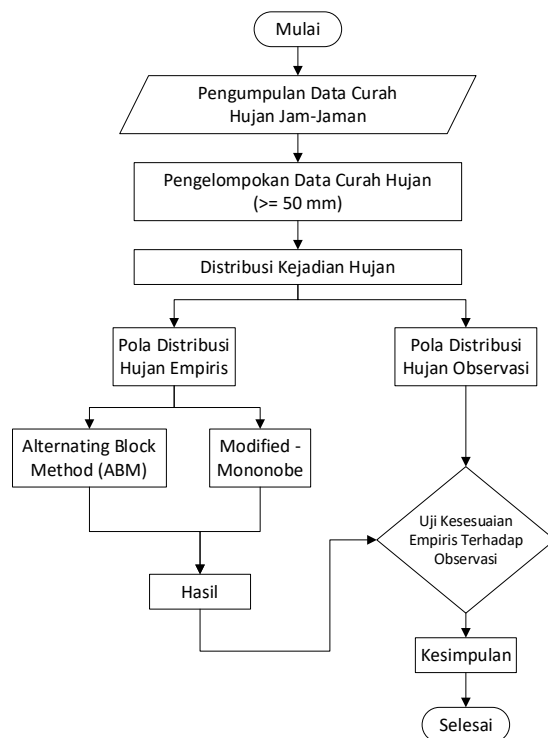
Analisis ini dilakukan dengan mengolah data kejadian hujan dari masing-masing PCH yang sudah direkapitulasi. Data tersebut dibuatkan tabel dan grafik rata-rata dan kumulatif kejadian durasi hujan. Analisis tersebut juga dapat diketahui pola distribusi hujan yang terjadi dengan menggunakan data yang tersedia. *Software* yang digunakan adalah QGIS dan Ms. Excel untuk membuat grafik hujan masing-masing pos hujan.

Tabel 1 Ketersediaan Data Curah Hujan Jam-jaman di Lokasi Penelitian

PCH	Elevasi (mdpl)	Periode Pencatatan CH	Lokasi PCH
Ciamis	+343.00	2008 - 2020	Ciamis
Cibariwal	+625.00	2007 - 2020	Ciamis
Cibeureum	+339.00	2015 - 2019	Kab. Tasikmalaya
Cihonje	+468.00	2015 - 2020	Kab. Tasikmalaya
Cisayong	+601.00	2017 - 2020	Kab. Tasikmalaya
kadipaten	+512.00	2010 - 2020	Kab. Tasikmalaya
Pagarageung	+552.00	2015 - 2020	Kab. Tasikmalaya
Panjalu	+731.00	2015 - 2020	Ciamis

Teknik Analisis Data

Metodologi yang dilakukan secara sistematis dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 2.

**Gambar 2** Diagram Alir Penelitian

Data curah hujan jam-jaman yang dihasilkan dari observasi pada masing-masing pos curah hujan (PCH) dikelompokkan berdasarkan ambang batas kejadian hujan lebat ≥ 50 mm dalam durasi 24 jam. Hal tersebut didasarkan pada peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Nomor: KEP. 009 Tahun 2010 yang menyatakan bahwa hujan Lebat adalah hujan dengan intensitas paling rendah 50 mm dalam durasi 24 jam (Indonesia, 2010). Dengan demikian, pola distribusi hujan yang terukur dari hasil observasi tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik, memberikan gambaran visual yang

jelas tentang durasi dan frekuensi peristiwa hujan ekstrem di DAS Citanduy Hulu.

Sementara itu, dalam menganalisis pola distribusi secara empiris, perlu dilakukan perhitungan intensitas hujan untuk mengetahui seberapa lebat hujan jatuh dalam periode waktu tertentu. Ada dua metode yang digunakan dalam model empiris, yaitu Metode Mononobe, yang menghitung intensitas hujan berdasarkan distribusi frekuensi, dan Metode Alternating Block (ABM), yang menggunakan blok data bergantian untuk menghitung intensitas hujan.

Metode Mononobe

Intensitas hujan dihitung menggunakan rumus Mononobe, apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung menggunakan persamaan (Lindawati dkk., 2021):

$$R_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- R_t : intensitas hujan (mm),
 R_{24} : curah hujan maksimum harian (mm),
 T : lamanya hujan (jam).

Alternating Block Method (ABM)

Metode empiris Alternating Block Method (ABM) berbeda dengan model Mononobe, dimana metode ABM menempatkan urutan dari yang tertinggi berada ditengah durasi hujan dan dilanjutkan disusun dalam urutan bawah dan atas (Pratama dkk., 2021). Adapun persamaan metode ABM yaitu sebagai berikut (Nabila dkk., 2023):

$$P = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot T_d \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$P = I_T \cdot T_d$$

Dimana:

- R_{24} : curah hujan maksimum harian (mm),
 I_t : Intensitas Hujan (mm/jam),
 T_d : lamanya hujan (jam), dan
 P : kedalaman hujan (mm).

Kesesuaian Model Empiris dan Observasi

Analisis ini dilakukan untuk melihat metode empiris yang paling mendekati terhadap metode observasi. Analisis ini dilakukan dengan melihat perbedaan persentase kumulatif hujan pada setiap jam yang terjadi antara metode empiris dan

observasi. Kesesuaian pola distribusi hujan metode empiris dengan metode terukur berdasarkan penyimpangan yang terlihat pada grafik perbandingan pola distribusi hujan. Kesesuaian pola distribusi hujan dengan membandingkan hasil hidrograf banjir menggunakan pola distribusi hujan terukur dan menggunakan pola distribusi hujan empiris dilakukan dengan 3 (tiga) metode yaitu Koefisien Korelasi (r), *Root Mean Squared Error* (RMSE), dan *Nash-Sutcliffe Efficiency* (Golden dkk.). Persamaannya dirumuskan sebagai berikut (Susetyo & Cartography, 2023; Welkis dkk., 2022).

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n (E_i O_i) - \sum_{i=1}^n (E_i) \sum_{i=1}^n (O_i)}{\sqrt{\left\{ n \sum_{i=1}^n (E_i^2) - \left(\sum_{i=1}^n (E_i) \right)^2 \right\} \left\{ n \sum_{i=1}^n (O_i^2) - \left(\sum_{i=1}^n (O_i) \right)^2 \right\}}} \quad \text{.....(2)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2} \quad \text{.....(3)}$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{O}_i)^2} \quad \text{.....(4)}$$

Dimana:

- $\bar{E}_i$: nilai rerata deret E_i ,
- $\bar{O}_i$: nilai rerata deret O_i ,
- E_i : data debit dengan distribusi hujan metode empiris, dan
- O_i : data debit dengan distribusi hujan terukur (Asl-Rousta dkk., 2018).

Peta Pola Distribusi Hujan

Enam metode interpolasi yang umum digunakan untuk menentukan pola distribusi hujan, yaitu Kriging, Spline, Natural Neighbour, Inverse Distance Weighting (IDW), Modified Shepard, dan Triangulation with Linear Interpolation (Bashir & Fouli, 2015; Martins dkk., 2020; Putra & Ridwan, 2016). Dalam penelitian ini, pola dan distribusi hujan direpresentasikan dalam bentuk peta. Interpolasi durasi dan distribusi hujan dianalisis menggunakan model Inverse Distance Weighting (IDW) dengan menggunakan alat pada perangkat lunak *Geographic Information System* (GIS) (Jemberie & Melesse). Hasil dari interpolasi adalah peta isohyet, yang merupakan garis yang menghubungkan area dengan durasi hujan yang sama (Marthadyanti dkk., 2024). Peta isohyet ini memberikan visualisasi yang jelas tentang distribusi spasial dari curah hujan dalam wilayah studi di wilayah sungai Citanduy Hulu untuk keperluan perencanaan sumber daya air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

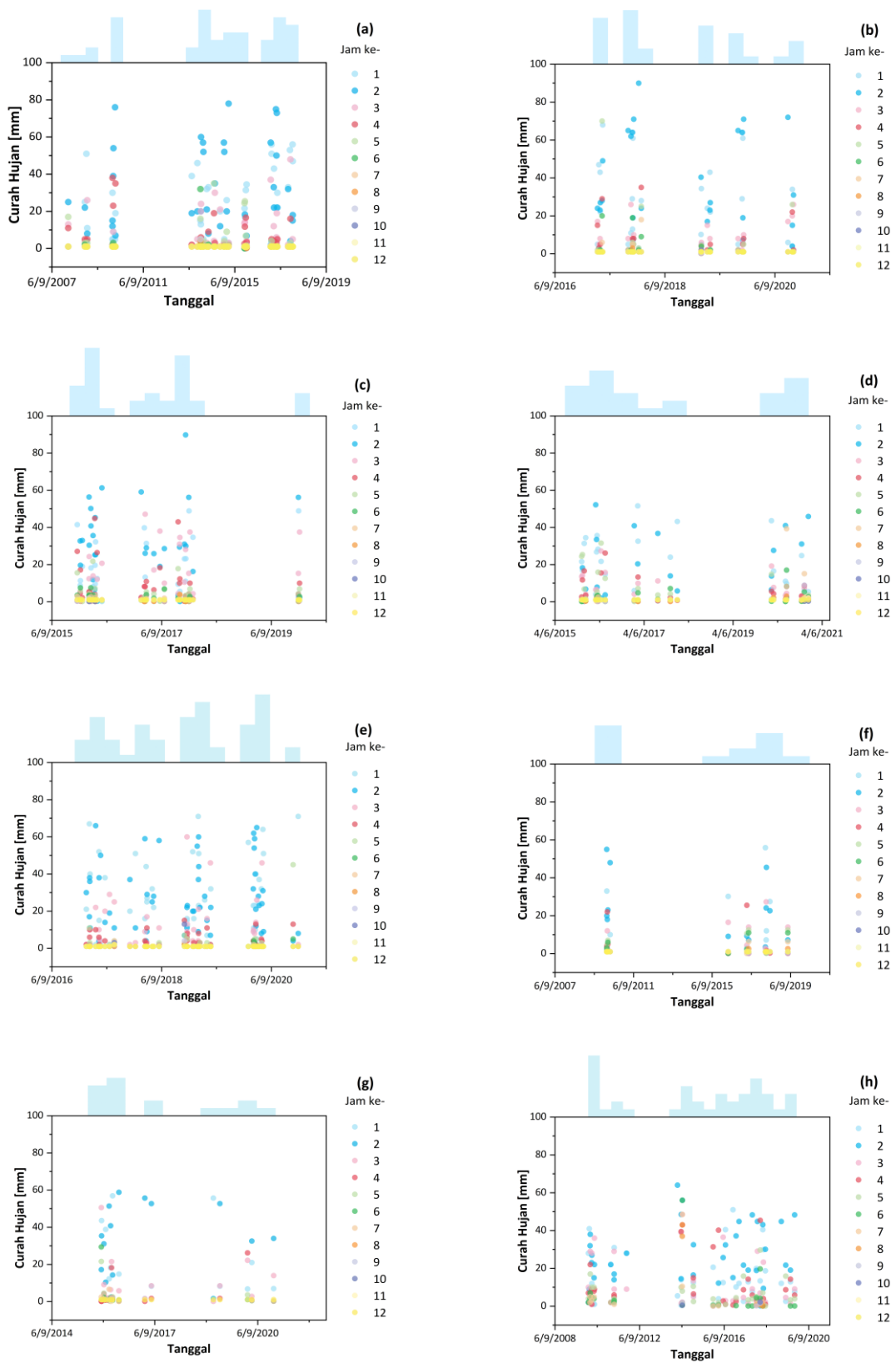
Pengelompokan Data Curah Hujan Terukur

Pengelompokan data curah hujan terukur di DAS Citanduy Hulu dilakukan berdasarkan kriteria kumulatif curah hujan ≥ 50 mm, baik untuk kejadian hujan dengan durasi kurang dari 24 jam maupun mencapai 24 jam. Data curah hujan diperoleh dari PCH yang menyediakan data hujan per jam di wilayah tersebut. Curah hujan yang mencapai ambang batas (*threshold*) ≥ 50 mm ini diidentifikasi sebagai kejadian hujan lebat, sesuai dengan kriteria yang ditetapkan oleh BMKG, dan digunakan sebagai indikator utama dalam penelitian ini. Rekapitulasi data curah hujan dari setiap PCH yang memenuhi kriteria kedalaman total ≥ 50 mm berdasarkan hasil penyortiran disajikan pada Gambar 3.

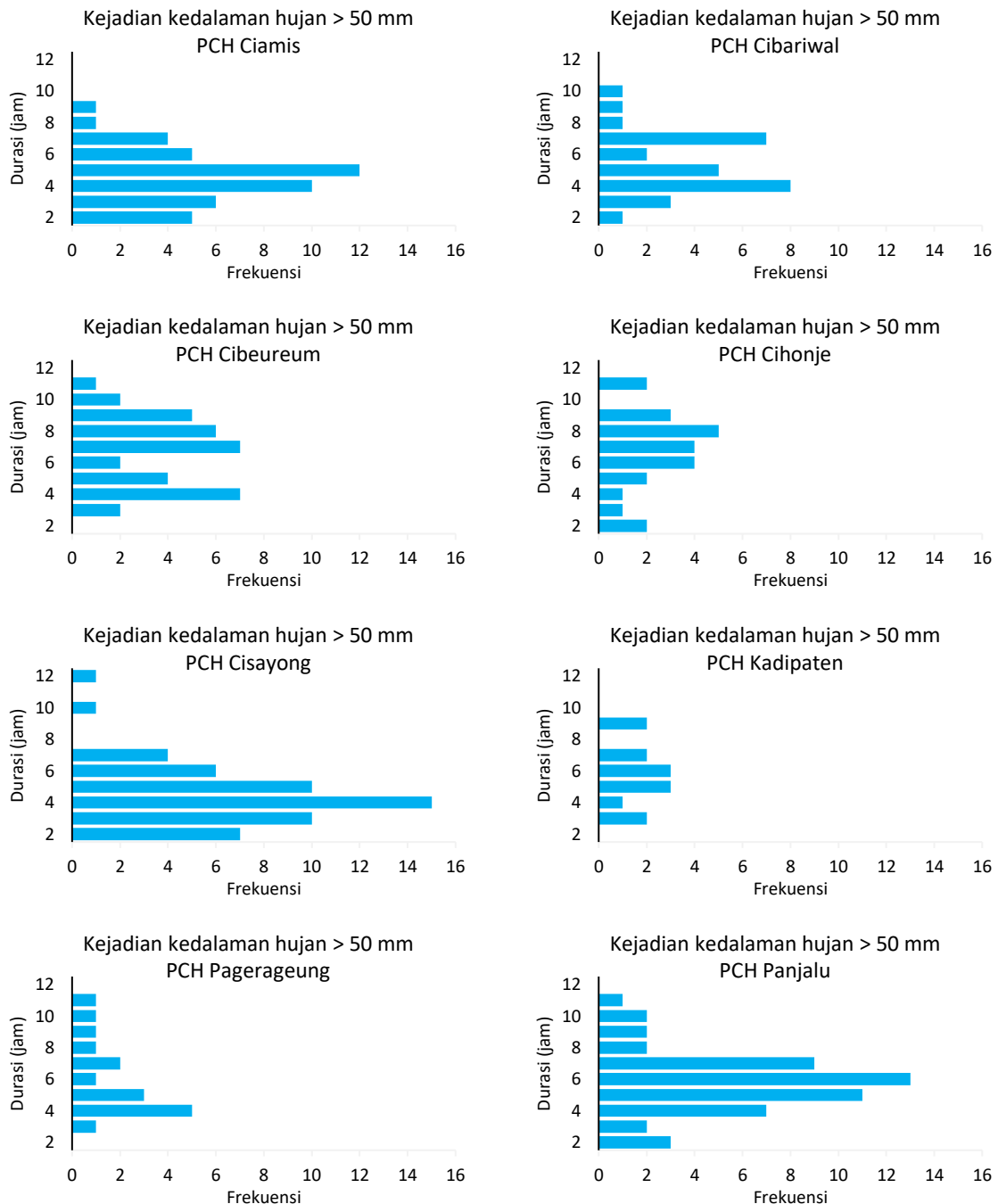
Analisis Distribusi Curah Hujan

Frekuensi kejadian hujan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kategori durasi yang berbeda, yaitu hujan dengan durasi pendek ≤ 6 jam (rentang 2 – 6 jam) dan hujan dengan durasi panjang > 6 jam (rentang 7 – 12 jam). Berdasarkan pengelompokan data kejadian hujan observasi dari jam ke-1 sampai ke-12 pada Gambar 3, menunjukkan bahwa terdapat 185 kejadian hujan yang terjadi dengan pada kategori durasi ≤ 6 jam. Di sisi lain, dalam kategori hujan dengan durasi > 6 jam, terdapat total 83 kejadian hujan. Kesimpulannya, distribusi hujan pada DAS Citanduy hulu dominan terjadi hujan ≤ 6 jam atau hujan durasi pendek. Hujan lebat dominan terjadi pada durasi 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, 6 jam secara berturut-turut adalah 10%, 15%, 29%, 27%, dan 19%. Distribusi hujan lebat dominan pada masing-masing PCH disajikan pada Gambar 4.

Durasi hujan sangat bervariasi pada masing-masing lokasi. PCH Cihonje, Panjalu dan Cibariwal mewakili durasi hujan lebat dominan di wilayah Gunung Syawal yang merupakan dataran tinggi. Sementara itu, PCH Cibeureum dan Ciamis mewakili durasi hujan lebat untuk bagian dataran rendah, kemudian PCH Cisayong, Kadipaten, dan Pagerageung mewakili durasi hujan untuk wilayah hulu dari DAS Citanduy. Penelitian yang lainnya menyatakan bahwa terdapat efek topografi yang membuat variasi curah hujan menjadi semakin besar (Prasetyo dkk., 2018). Namun terjadi anomali pada hasil penelitian ini, dimana distribusi hujan di DAS Citanduy Hulu tidak terpengaruh oleh elevasi PCH. Anomali ini bisa terjadi disebabkan karena data curah hujan jam-jaman yang terukur pada masing-masing PCH memiliki kelengkapan data curah hujan jam-jaman serta rentang tanggal dan tahun yang berbeda-beda.



Gambar 3 Rekapitulasi Data Hujan PCH (a) Ciamis, (b) Cibariwal, (c) Cibeureum, (d) Cihonje, (e) Cisayong, (f) Kadipaten, (g) Pagerageung, dan (h) Panjalu.

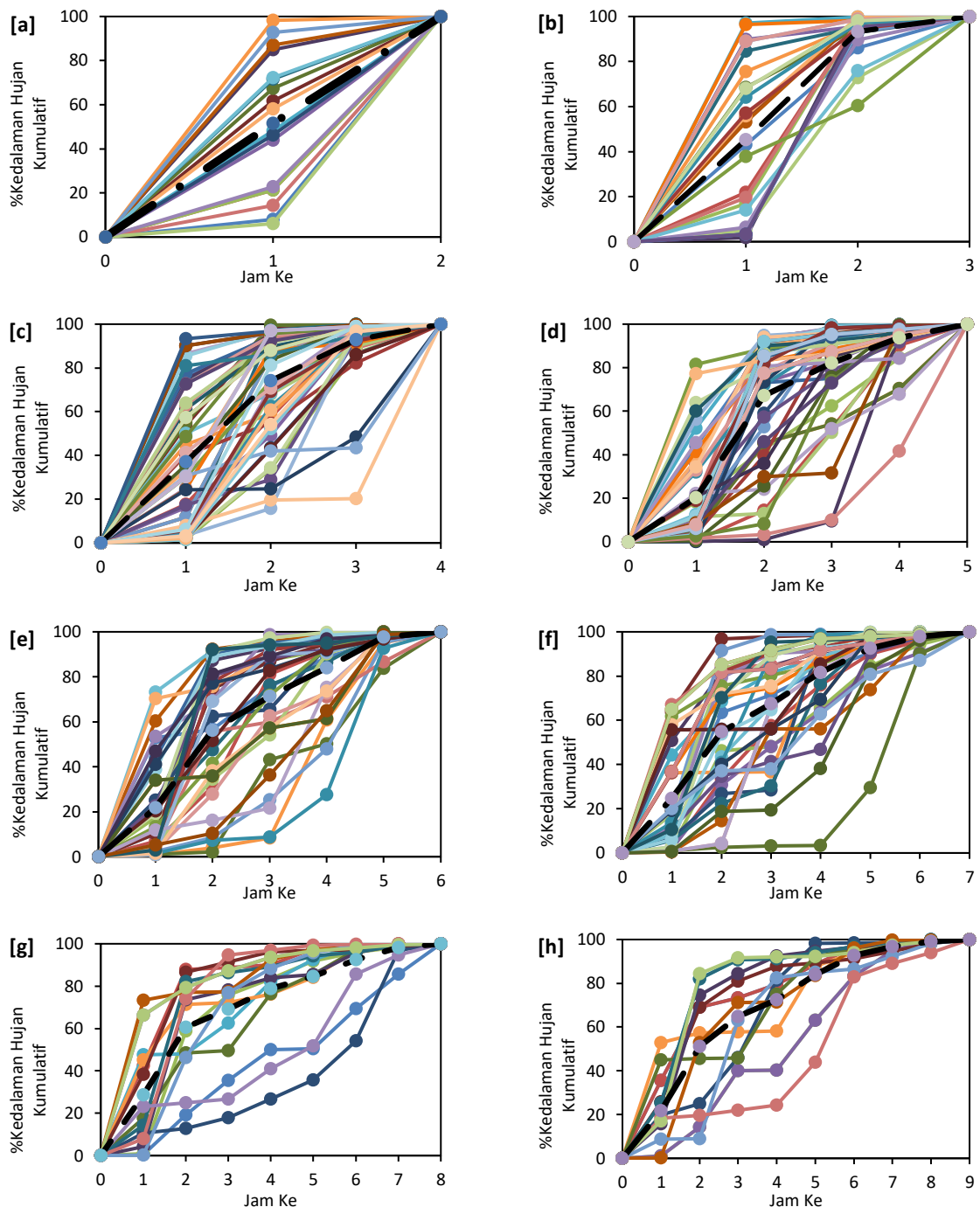


Gambar 4 Durasi Hujan Lebat Dominan Masing-masing Pos Curah Hujan (PCH)

Pola Kedalaman Hujan

Pola kedalaman hujan berdasarkan observasi menunjukkan bahwa durasi hujan berkisar antara 2 – 9 jam di seluruh pos pengamatan. Pada durasi 2 (dua) jam, pola rata-rata hujan berbentuk linear, menandakan intensitas hujan yang sebanding

selama periode tersebut. Pola hujan untuk durasi 3 (tiga) jam menunjukkan penurunan intensitas, diikuti pola serupa pada durasi 5 - 9 jam. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas hujan tertinggi terjadi dalam 2 (dua) jam pertama, kemudian menurun setelah puncak hujan.



Gambar 5 Komulatif Distribusi Hujan Observasi (a) Durasi 2 jam, (b) Durasi 3 Jam, (c) Durasi 4 Jam, (d) Durasi Hujan 5 jam, (e) Durasi Hujan 6 Jam, (f) Durasi Hujan 7 Jam, (g) Durasi Hujan 8 Jam, dan (h) Durasi Hujan 9 Jam

Durasi hujan lebat dominan berada pada rentang hujan 4 – 6 jam. Kondisi yang sama didapatkan di DAS Jurug dimana durasi hujan lebat terdistribusi pada durasi 6 (enam) jam (Pratiwi & Negara, 2023). Gambar 5 diatas memperlihatkan bahwa kumulatif hujan terus naik dan lebih cenderung gradiennya menurun setelah 2 (dua)

jam. Durasi hujan 2 (dua) jam diperlihatkan bahwa 93% dari hujan telah terjadi, namun pada durasi 4 (empat) jam hanya 72% dari keseluruhan hujan dan 92% pada durasi 3 (tiga) jam. Durasi 5 (lima) jam diperlihatkan bahwa 82% telah terjadi dan 93% pada jam ke 4 (empat). Kecenderungan hal yang sama pada durasi hujan 6 (enam) jam dan

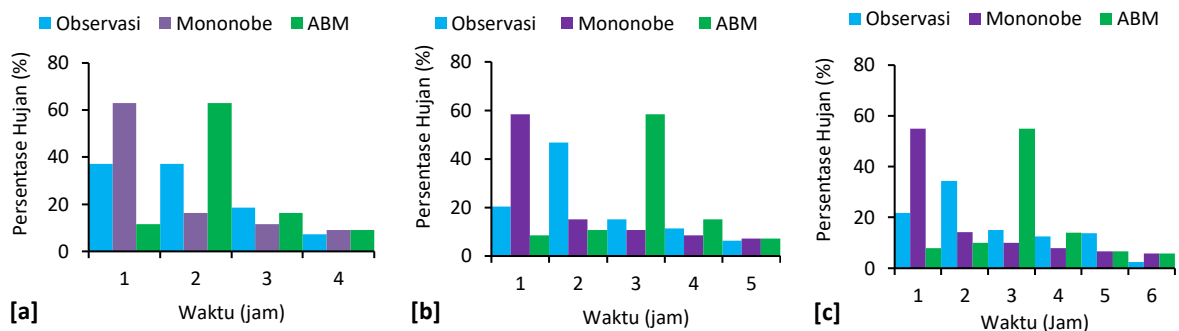
seterusnya. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa hujan terkonsentrasi pada jam ke 2 (dua) sampai jam ke 4 (empat).

Distribusi Hujan observasi durasi 2 (dua) jam memperlihatkan hujan terus naik membentuk garis cenderung linear, namun jam ke 3 (tiga) dan seterusnya gradien rata-rata turun. Kondisi ini menjelaskan intensitas hujan berkurang. Semakin lama durasi hujan maka intensitas akan semakin kecil, dan sebaliknya, semakin singkat durasi hujan, maka intensitasnya semakin tinggi

Pola Distribusi Hujan

Pola hujan dianalisis dengan metode empiris dan observasi. Metode empiris yang dipakai adalah

metode Mononobe dan Alternating Block Method (ABM), Metode Mononobe memiliki pola hujan yang besar di jam pertama hujan dan turun pada jam-jam berikutnya. Pola hujan ABM membagi hujan dengan hujan yang terbesar berada pada di tengah durasi hujan. Metode Empiris diamati dari perilaku hujan yang terjadi kemudian membuatkan dalam pola distribusi hujan sesuai dengan durasi yang terjadi, kemudian membuatkan pola durasi hujan yang dominan. Gambar 6 memperlihatkan distribusi hujan observasi dan empiris dengan durasi 4 – 6 jam. Metode empiris Mononobe durasi 4 (empat) jam menunjukkan hasil yang lebih mendekati metode empiris dibandingkan ABM, sebaiknya durasi hujan 5 (lima) dan 6 (enam) jam memperlihatkan ABM lebih mendekati empiris.



Gambar 6 Perbandingan Distribusi Hujan Lebat Dominan Metode Empiris dan Observasi (a) Durasi 4 Jam, (b) Durasi 5 Jam, dan (c) Durasi 6 Jam

Kesesuaian Pola Distribusi Hujan

Uji kesesuaian pola distribusi hujan diamati pada durasi hujan 4 (empat), 5 (lima), dan 6 (enam) jam, durasi tersebut merupakan hujan lebat dominan dengan durasi pendek yang banyak terjadi. Tabel 2 menunjukkan bahwa distribusi hujan ABM dan Mononobe mempunyai nilai yang sangat rendah, bahkan bernilai negatif, hal tersebut menunjukkan nilai yang sangat lemah antara metode empiris dengan hujan observasi. Nilai RMSE menunjukkan nilai yang relatif kecil, semakin kecil nilai RMSE pada metode empiris menunjukkan nilai

perhitungan yang mendekati dengan metode observasi, metode Mononobe lebih mendekati observasi dibandingkan metode ABM. Nilai NSE memiliki nilai yang juga cukup kecil, hanya durasi hujan 4 (empat) jam yang masuk kategori qualified, baik ABM maupun Mononobe, namun Mononobe memperlihatkan hasil yang lebih baik dari pada ABM, selain itu durasi hujan 5 (lima) dan 6 (enam) jam masuk kedalam kategori not qualified. Hasil ini menunjukkan bahwa durasi hujan di DAS Citanduy Hulu adalah 4 (empat) jam dengan metode empiris Mononobe.

Tabel 2 Nilai Statistik Hujan Rencana Metode Pola Distribusi Hujan Metode Empiris dan Observasi

No	Parameter Statistik	Koreksi			RMSE			NSE		
		Durasi Hujan (Jam)								
		4	5	6	4	5	6	4	5	6
1	Mononobe	0.64	0.15	0.38	17.01	22.26	16.42	0.41	-0.31	0.11
2	ABM	0.56	-0.16	-0.03	18.27	25.82	20.20	0.32	-0.93	-0.35

Peta Distribusi Curah Hujan

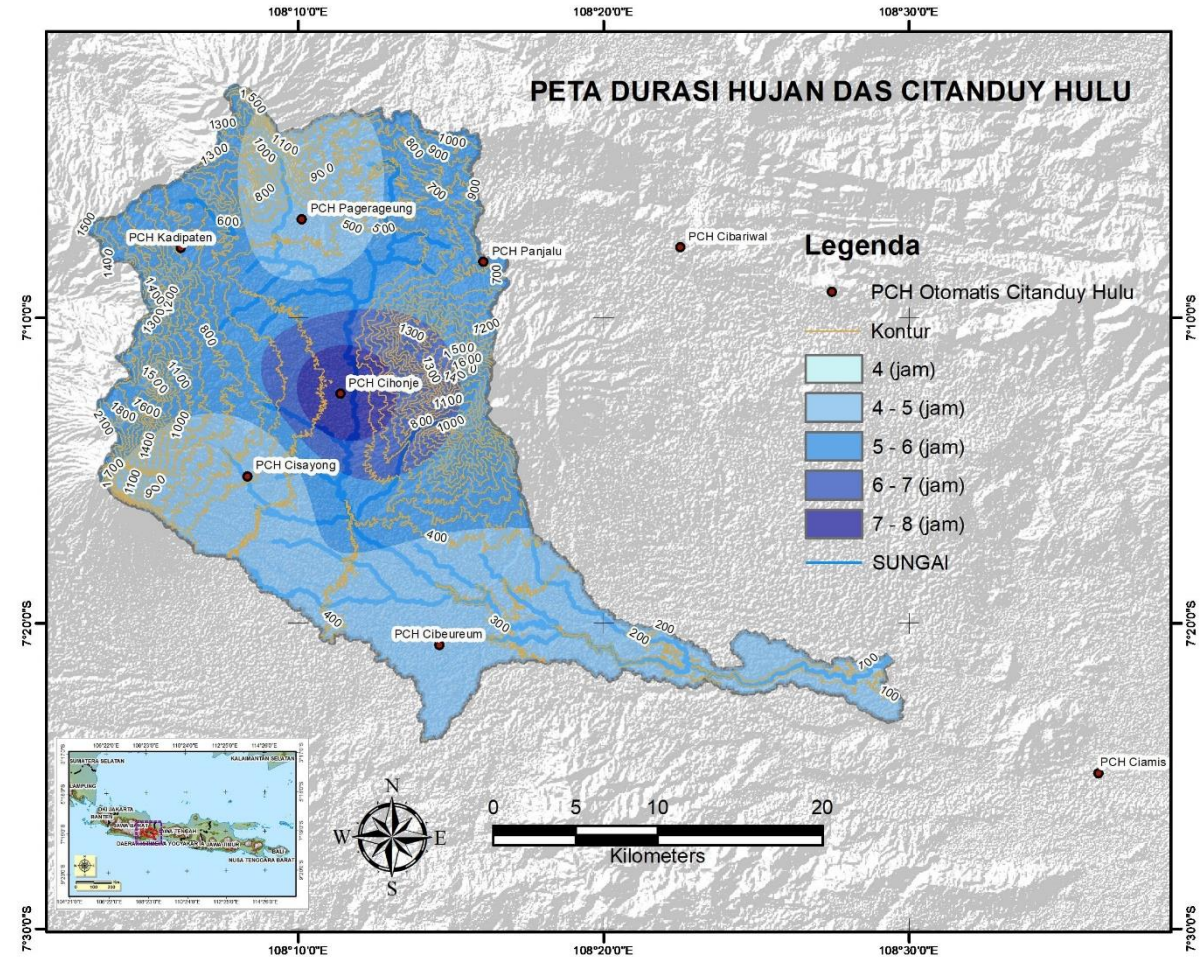
Peta distribusi hujan dianalisis menggunakan metode Inverse Distance Weighted (Putra &

Ridwan). Metode tersebut berguna dalam memetakan sebaran spasial data curah hujan. Penyusunan peta curah hujan membantu

mengidentifikasi spasial variasi curah hujan di berbagai bagian wilayah Satara dan untuk mengidentifikasi curah hujan tinggi dan rendah (Dhulgude dkk., 2023). PCH otomatis yang terdapat data hujan jam-jaman di DAS Citanduy hulu 8 (delapan) pos, 6 (enam) PCH di dalam DAS, dan 2 (dua) PCH di luar DAS. Luas DAS Citanduy Hulu adalah 740.72 km² (Hidayat dkk., 2021), hanya terdapat 1 (satu) PCH di dalam DAS per 123.45 km² luas DAS tersebut. Peta distribusi curah hujan disajikan pada Gambar 7.

PCH Cibariwal dan PCH Ciamis lokasinya cukup jauh di luar DAS tersebut. Topografi DAS

Citanduy Hulu merupakan daerah berbukit dan pegunungan, yaitu Gunung Galunggung dan Gunung Syawal, sebaran PCH di DAS Citanduy Hulu sudah cukup baik, yaitu memenuhi standar WMO (*World Meteorological Organization*) untuk daerah pegunungan daerah tropis adalah 100-250 km² per stasiun (Ranesa dkk., 2015). Berbeda dengan penelitian di wilayah Gunung Merapai yang menyebutkan bahwa makin tinggi elevasi stasiun hujan, maka makin besar juga durasi hujan dominannya (Sofia, 2016), DAS Citanduy Hulu mempunyai durasi hujan yang lebih bervariasi baik yang ada di dataran tinggi maupun rendah (Tabel 3).



Gambar 7 Peta Distribusi Durasi Hujan di DAS Citanduy Hulu

Tabel 3 Luas Durasi hujan Lebat Dominan DAS Citanduy Hulu

No	Durasi	Luas (km ²)	Persentase	Dataran
1	4	263.02	36%	Tinggi
2	4 - 5	73.51	10%	Rendah - tinggi
3	5 - 6	335.13	45%	Rendah – tinggi
4	6 - 7	33.30	4%	Rendah
5	7 - 8	35.06	5%	Rendah
Total		740.02	100%	-

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, durasi hujan lebat ≥ 50 mm cenderung terjadi dalam rentang waktu 4-6 jam. Dalam analisis empiris menggunakan metode Mononobe dan Alternating Block Method (ABM), Mononobe menunjukkan ketepatan yang lebih baik dengan hasil observasi pada durasi 4 (empat) jam, sementara ABM lebih mendekati pada durasi 5 dan 6 (enam) jam. Evaluasi kesesuaian pola distribusi menggunakan r , RMSE, dan NSE menunjukkan bahwa metode Mononobe memberikan hasil yang lebih baik, memberikan kontribusi signifikan dalam pemahaman pola curah hujan di DAS Citanduy Hulu. Penelitian ini berkontribusi pada pemahaman pola curah hujan yang dapat menjadi dasar untuk menganalisis

intensitas hujan rancangan sebagai langkah mitigasi bencana banjir di DAS Citanduy Hulu.

Distribusi hujan pada umumnya dipengaruhi oleh ketinggian dataran permukaan, namun distribusi hujan pada DAS Citanduy Hulu tidak terpengaruh oleh elevasi PCH. Anomali ini kemungkinan besar disebabkan oleh data curah hujan jam-jaman yang terukur pada masing-masing PCH memiliki kelengkapan data yang bervariasi, serta rentang tanggal dan tahun pembandingan yang berbeda-beda. Oleh karena itu, untuk penelitian lebih lanjut, diperlukan kelengkapan data yang lebih baik serta penambahan PCH otomatis yang lebih banyak di DAS Citanduy Hulu. Dengan demikian, data pembandingan dari masing-masing PCH akan lebih lengkap dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Asl-Rousta, B., Mousavi, S. J., Ehtiat, M., & Ahmadi, M. (2018). SWAT-Based Hydrological Modelling Using Model Selection Criteria. *Water Resources Management*, 32(6), 2181-2197. doi:10.1007/s11269-018-1925-5
- Bashir, B., & Fouli, H. (2015). Studying the spatial distribution of maximum monthly rainfall in selected regions of Saudi Arabia using geographic information systems. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(11), 9929-9943. doi:10.1007/s12517-015-1870-z
- Dhulgude, A., Jadhav, V. H. M., & Shinde, P. (2023). Spatial analysis of rainfall data using geospatial technology in Satara District, Maharashtra. *International Journal of Advance and Applied Research*, 4(1), 29-38. doi:10.5281/zenodo.7546286
- Golden, H. E., Sander, H. A., Lane, C. R., Zhao, C., Price, K., D'Amico, E., & Christensen, J. (2016). Relative effects of geographically isolated wetlands on streamflow: a watershed-scale analysis. *Ecohydrology*, 9(1), 21-38. doi:10.1002/eco.1608
- Haacke, N., & Paton, E. N. (2021). Analysis of diurnal, seasonal, and annual distribution of urban sub-hourly to hourly rainfall extremes in Germany. *Hydrology Research*, 52(2), 478-491. doi:10.2166/nh.2021.181
- Hidayat, A. K., Irawan, P., Atmadja, S., & Sari, N. K. (2021). Analisis dan Pemetaan Limpasan Permukaan di DAS Citanduy Hulu dengan Metode SCSN. *Rona Teknik Pertanian*, 14(1), 73-86. doi:10.17969/rtp.v14i1.17699
- Indonesia. (2009). Keputusan Menteri Kehutanan Republik Indonesia. Nomor: SK. 328/Menhut-II/2009 Tentang Penetapan Daerah Aliran Sungai (DAS) Prioritas dalam Rangka Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM) Tahun 2010-2014. Jakarta
- Indonesia. (2010). Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Nomor: Kep. 009 Tahun 2010 Tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan, dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrim. Jakarta.
- Irawan, P., Hendra, Ikhsan, J., Atmaja, S., & Sari, N. K. (2020). Analisis dan Pemetaan Isohyet Curah Hujan Berbagai Periode Ulang Tahun (PUH) DAS Citanduy Hulu. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(1). doi:10.37058/aks.v2i1.2043
- Irawan, P., Setiawan, J., Alfaridzi, M. W., Awaliyah, S., Hidayat, A. K., & Hendra. (2024). Prediksi Debit Andalan DAS Ciloseh Menggunakan Fj Mock dan Bangkitan Data Debit Thomas Fiering untuk Analisa Ketersediaan Air Daerah Irigasi Cimulu. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 5(2).
- Jemberie, M. A., & Melesse, A. M. (2021). Urban flood management through urban land use optimization using LID techniques, city of Addis Ababa, Ethiopia. *Water*, 13(13), 1721. doi:10.3390/w13131721
- Karim, S., Pandjaitan, N. H., & Sapei, A. (2014). Analisis Bangunan Pengendali Sedimen Dengan Menggunakan Model Soil And Water Assessment Tool Pada Sub-Daerah Aliran Sungai Citanduy Hulu, Jawa Barat. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 5(2), 125-138. doi:10.32679/jth.v5i2.305
- Lindawati, L., Irawan, P., & Nursani, R. (2021). Evaluasi Sistem Drainase dalam Upaya Penggulangan Banjir di Jalan AH Nasution Kota Tasikmalaya Menggunakan Program EPA SWMM 5.1. *Jurnal Siliwangi Seri Sains dan Teknologi*, 7(2). doi:10.37058/jssainstek.v7i2.4027

- Marthadyanti, A., Harisuseso, D., & Suhartanto, E. (2024). Pemetaan Sebaran Hujan Rancangan Pada Berbagai Kala Ulang Menggunakan Metode Interpolasi Spasial Di Sub DAS Widas: Mapping of Design Rainfall Distribution at Multiple Periods Using Spatial Interpolation in Widas Sub-Watershed, Nganjuk Regency. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(1), 450-459. doi:10.21776/ub.jtresda.2024.004.01.038
- Martins, A. L. A., Liska, G. R., Beijo, L. A., Menezes, F. S. d., & Cirillo, M. Â. (2020). Generalized Pareto distribution applied to the analysis of maximum rainfall events in Uruguaiana, RS, Brazil. *SN Applied Sciences*, 2(9), 1479. doi:10.1007/s42452-020-03199-8
- Nabila, F., Sujono, J., & Karlina, K. (2023). *The effect of measured and satellite-based rainfall pattern on design flood hydrographs*. Paper presented at the AIP Conference Proceedings, Yogyakarta, Indonesia. doi:10.1063/5.0128878
- Ng, J., Yap, S., Huang, Y., Noh, N. M., Al-Mansob, R., & Razman, R. (2020). *Investigation of the best fit probability distribution for annual maximum rainfall in Kelantan River Basin*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. doi:10.1088/1755-1315/476/1/012118
- 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. doi:10.14710/jil.21.4.980-986
- Prasetyo, B., Irwandi, H., & Pusparini, N. (2018). Karakteristik curah hujan berdasarkan ragam topografi di Sumatera Utara. *Jurnal Sains Teknologi Modifikasi Cuaca*, 19(1), 11-20. doi:10.29122/jstmc.v19i1.2787
- Pratama, M., Rohmat, F., Farid, M., Adityawan, M., Kuntoro, A., & Moe, I. (2021). *Flood hydrograph simulation to estimate peak discharge in Ciliwung river basin*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. doi:10.1088/1755-1315/708/1/012028
- Pratiwi, D. W., & Negara, A. S. (2023). Perbandingan Pola Distribusi Hujan Terukur dan Metode Empiris dalam Perhitungan Debit Banjir Rencana DAS Jurug. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 3(1), 29-42. doi:10.56860/jtsda.v3i1.55
- Priambodo, S., Montarcih, L., & Suhartanto, E. (2019). *Hourly rainfall distribution patterns in Java island*. Paper presented at the MATEC Web of Conferences. doi:10.1051/mateconf/201927604012
- Putra, S. S., & Ridwan, B. W. (2016). *Interconnected ponds operation for flood hazard distribution*. Paper presented at the AIP conference proceedings. doi:10.1063/1.4947415
- Ranesa, L. S. C., Limantara, L. M., & Harisuseno, D. (2015). Analisis rasionalisasi jaringan pos hujan untuk kalibrasi hidrograf pada Das Babak Kabupaten Lombok Tengah. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 6(1), 46-54.
- Sasanya, B., Awodutire, P., Ufuoma, O., & Balogun, O. (2022). Modelling the Effects of Meteorological Factors on Maximum Rainfall Intensities Using Exponentiated Standardized Half Logistic Distribution. *Journal of Applied Mathematics*, 2022. doi:10.1155/2022/3250954
- Sofia, D. A. (2016). Analisis Durasi Hujan Dominan dan Pola Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman di Wilayah Gunung Merapi. *Jurnal Teknologi Rekayasa*, 1(1). doi:10.31544/jtera.v1.i1.2016.7-14
- Sujono, J., Jayadi, R., & Nurrochmad, F. (2018). Heavy rainfall characteristics at south-west of Mt. Merapi-Yogyakarta and central java province, Indonesia. *GEOMATE Journal*, 14(45), 184-191. doi:10.21660/2018.45.27559
- Sulikowska, A., & Wypych, A. (2020). Summer temperature extremes in Europe: how does the definition affect the results? *Theoretical and Applied Climatology*, 141(1), 19-30. doi:10.1007/s00704-020-03166-8
- Susetyo, D. B., & Cartography. (2023). Vertical accuracy assessment of various open-source DEM data: DEMNAS, SRTM-1, and ASTER GDEM. *Geodesy*, 49(4), 209-215-209-215. doi:10.3846/gac.2023.18168
- Tanaka, T., Kobayashi, K., & Tachikawa, Y. (2021). Simultaneous flood risk analysis and its future change among all the 109 class-A river basins in Japan using a large ensemble climate simulation database d4PDF. *Environmental Research Letters*, 16(7), 074059. doi:10.1088/1748-9326/abfb2b
- Welkis, D. F., Harisuseno, D., & Wahyuni, S. (2022). Pemodelan Debit dengan Data Curah Hujan dari Rain Gauges dan Data TRMM pada DAS Temef di Pulau Timor-NTT. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 2(1), 35-46. doi:10.56860/jtsda.v2i1.30