

Analisis Tren Frekuensi Banjir Kali Mriwong

Anggara Apriyan Pradana¹, Ellyta Anggraini², Mahendra Ken Pambayun³, Fuad Muhammad⁴, Agus Hari Wahyudi⁵

¹Magister Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia 50275

²Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Permukiman, Jawa Timur, Indonesia 63419

³Kantor Pertanahan Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional

⁴Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Jalan Prof. Soedarto, SH, Semarang, Indonesia 50275

⁵Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia 57126

*Email koresponden: ellyta.anggraini@gmail.com, 081394346125

Submitted: 2023-11-17 Revisions: 2025-03-12 Accepted: 2025-06-20 Published: 2025-08-08

©2024 Fakultas Geografi UGM dan Ikatan Geografi Indonesia (IGI)

©2025 by the authors. Majalah Geografi Indonesia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution(CC BY SA) <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Abstract Pembangunan berkelanjutan berpegang pada prinsip keadilan antar generasi. Banjir menjadi bencana global paling merusak dalam skala tingkat geografis. Lahan yang berubah fungsi peruntukan dan meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan terganggunya lokasi penyimpanan cadangan air. Perubahan peruntukan lahan andil dalam meningkatnya bencana banjir. Populasi manusia yang mendiami daerah rawan banjir merasakan dampak kerugian materi dan kesehatan yang semakin parah. Kecamatan Pulung termasuk wilayah dengan curah hujan tinggi di Kabupaten Ponorogo. Kali Mriwong menjadi sungai berdebit handal yang dimanfaatkan untuk irigasi. Perkembangan pertanian semusim di hulu daerah tangkapan air mempengaruhi kontinyuitas debit Kali Mriwong. Sepanjang 2020 tercatat 12 bencana banjir dan 1 kekeringan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis ambang batas banjir dan tren frekuensi kejadian banjir Kali Mriwong. Metode yang dipakai adalah analisis persentil dan analisis tren debit. Data yang digunakan adalah debit Kali Mriwong tahun 2014-2020. Hasil Penelitian menunjukkan ambang batas banjir yang sesuai untuk Kali Mriwong adalah Q95. Kemudian pada frekuensi kejadian banjir terdeteksi adanya tren meningkat pada bulan Maret dan tren menurun pada bulan April. Kenaikan dan penurunan frekuensi kejadian banjir pada bulan berurutan menjadi indikasi awal pergeseran musim hujan. Oleh karena itu, penanggulangan banjir Kabupaten Ponorogo perlu mempertimbangkan penelitian yang lebih komprehensif tentang hujan. Pengembangan sistem peringatan dini dalam penanggulangan banjir Kabupaten Ponorogo perlu menganalisis ambang batas banjir di stasiun pantau debit lainnya (Cokromenggalan, Wilangan, Gendol, Ngebel, Kedung Celeng, Watu Putih, Galok dan Sungkur). Saran untuk penelitian selanjutnya, perlu dicoba jenis persamaan lainnya dalam menganalisis R^2 untuk menemukan model persamaan yang paling mewakili tren frekuensi banjir Kabupaten Ponorogo.

Kata kunci: air; banjir; frekuensi banjir; debit sungai; analisis tren

Abstract Sustainable development adheres to the principle of intergenerational justice. Floods are the most destructive global disasters on a geographical scale. Land use changes and increasing population growth result in the distribution of locations for storing water. Land use changes contribute to the increasing flood disaster. The human population living in flood-prone areas feels the impact of increasingly severe material and health losses. Pulung District is an area with high rainfall in Ponorogo Regency, East Java, Indonesia. Mriwong utilized for irrigation. The development of agriculture in the catchment area of Mriwong River affects the discharge continuity. Throughout 2020, 12 flood disasters and 1 drought were recorded. The intent of this research is to analyze the flood threshold and trend analysis of Mriwong River Flood Frequency. The methods used are percentile analysis and trend analysis. The data utilized are Mriwong River discharges 2014 to 2020. The research results show that the appropriate flood threshold for Mriwong River is Q95. Then, an increasing trend of flood frequency was detected in March, and a decreasing trend occurred in April. The increase and decrease of flood frequency trends is an early indication of rainy season change. Therefore, flood management in Ponorogo Regency needs to consider comprehensive research on rainfall. The flood early warning system management in Ponorogo Regency required analyzing the flood threshold at other discharge monitoring stations (Cokromenggalan, Wilangan, Gendol, Ngebel, Kedung Celeng, Watu Putih, Galok, and Sungkur). Suggestions for further research: It is necessary to try other types of equations in analyzing R^2 to find the best equation model that represents the trend of flood frequency in Ponorogo Regency.

Keywords: water; flood; flood frequency; river discharge; trend analysis

PENDAHULUAN

Pembangunan berkelanjutan berpegang pada prinsip keadilan antar generasi. Konsep ini dikenalkan oleh Brundtland pada tahun 1987. Konsep pembangunan berkelanjutan

dimaknai sebagai pemenuhan keperluan hidup masa kini tanpa mengabaikan pemenuhan keperluan hidup generasi masa depan (World Commission on Environment and Development, 1987). *Paris Agreement* (PA) menetapkan perkuatan respon

global terhadap perubahan iklim, menetapkan target untuk mitigasi, adaptasi dan keuangan. PA sekaligus menetapkan mekanisme untuk mencapai target tersebut (Raiser et al., 2020). Hal ini diadopsi oleh Konvensi Iklim Perserikatan Bangsa-bangsa (PBB) pada 12 Desember 2015 dalam kerangka kerja untuk menangani perubahan iklim (Mitchell et al., 2018). Konvensi iklim PBB menyepakati untuk menahan pemanasan global jauh dibawah 2°C dan mengupayakan membatasi pemanasan hingga $1,5^{\circ}\text{C}$ (Gütschow et al., 2018). Indonesia telah memasukkan kerangka kerja dari PA ke dalam kebijakannya mengenai isu lingkungan dan pembangunan berkelanjutan (Miranti et al., 2018).

Hujan ekstrem menjadi dampak perubahan iklim. Bencana hidrometeorologi (banjir dan tanah longsor) di Indonesia disebabkan oleh hujan ekstrem (Setiawan, 2021). Rata-rata curah hujan di daerah tropis diperkirakan akan meningkat begitu juga terjadinya kekeringan dan kelangkaan air (Beck et al., 2017). Daerah tropis seperti Indonesia memiliki ragam suhu yang kecil dan ragam curah hujan yang besar. Hal ini menjadikan curah hujan sering diteliti dibandingkan suhu (Hermawan, 2010). Peningkatan massa udara (angin) secara orografis di sepanjang lereng pegunungan meningkatkan kondensasi uap air dan pembentukan awan, sehingga curah hujan meningkat. Peningkatan hasil curah hujan secara keseluruhan ini disebut peningkatan orografis (Avanzi et al., 2021). Kecamatan Pulung di Kabupaten Ponorogo termasuk wilayah pegunungan dengan intensitas presipitasi tinggi.

Urbanisasi meningkatkan luas permukaan kedap air regional, yang umumnya mengurangi waktu respon hidrologi sehingga meningkatkan risiko banjir (Feng et al., 2021). Bencana global paling merusak dalam skala tingkat geografis, menyebabkan kerugian harta benda dan jiwa adalah banjir (Singh, 2024). Kerusakan tanaman pertanian dan rumah, hilangnya hewan ternak, jalan utama maupun alternatif yang terendam banjir menghambat aktivitas ekonomi (Anwar et al., 2022). Populasi manusia yang mendiami daerah rawan banjir merasakan dampak yang semakin parah (Tate et al., 2021).

Kota berkelanjutan sangat berfokus pada kualitas hidup penduduknya (Taman et al., 2023), mempertimbangkan keseimbangan aspek ekonomi, sosial serta lingkungan (Sulistio et al., 2019). Proses inklusif membutuhkan instruksi kebijakan yang menyeluruh dalam usaha pembinaan publik (Herdiana, 2022), ruang pemberdayaan ekonomi (Nasyidah et al., 2022), pendidikan (Rusydan et al., 2020), hunian yang laik (Arafat & Taniady, 2021) dan menginisiasi kecanggihan teknologi dalam pelayanan masyarakat (Lai & Cole, 2023). Kota inklusif berkelanjutan memiliki ruang terbuka hijau yang cukup (Ayat & Jonizar, 2020) untuk menunjang jasa ekosistem. Kemudian, kota inklusif juga harus memenuhi unsur berketahtaan bencana (Hartono & Nurbaiti, 2021). Penanganan banjir menjadi bagian dalam tujuan pembangunan berkelanjutan ke sebelas mewujudkan komunitas inklusif dan kota berkelanjutan.

Kondisi topografi Kabupaten Ponorogo mendukung potensi pengembangan kawasan agropolitan, agroforestri dan pariwisata (Pemerintah Kabupaten Ponorogo, 2021). Pangan menjadi salah satu kebutuhan primer manusia yang proses pemenuhannya membutuhkan lahan (Wijayanti & Priyanto, 2022). Perkembangan pertanian semusim di hulu tangkapan air Kali Mriwong mempengaruhi kontinyuitas debit Kali Mriwong. Sepanjang 2020 di Kecamatan Pulung tercatat 12 kejadian banjir dan 1 kekeringan (Badan Pusat Statistik, 2021). Stasiun pemantauan debit berlokasi di Kali Mriwong.

Banjir dapat digambarkan dengan berapa lama mereka berlangsung, seberapa sering terjadi atau seberapa tinggi air naik ke permukaan tanah (Environment and Climate Change Canada, 2022). Perencanaan penanggulangan banjir memerlukan sistem peringatan dini (Tenda et al., 2021). Lokasi penelitian yang termasuk wilayah hulu membutuhkan analisis lebih lanjut dalam menentukan ambang batas banjir dan menganalisis tren frekuensi banjir. Analisis ambang batas banjir dan tren frekuensi kejadian banjir Kali Mriwong menjadi sasaran penelitian ini. Hasil dari penelitian dibutuhkan menjadi langkah awal dalam mengidentifikasi ambang batas banjir yang paling sesuai untuk sungai di Kabupaten Ponorogo. Sedangkan analisis tren dipakai untuk mengetahui tren frekuensi banjir yang terjadi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini membutuhkan seperangkat komputer untuk analisis numerik. Uji statistik dilakukan menggunakan *software Microsoft Excel* 2016 dan *Statistical Package for Social Science* 26 (SPSS 26). Data yang digunakan adalah data sekunder debit Kali Mriwong tahun 2014-2020 diakses dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Permukiman Kabupaten Ponorogo.

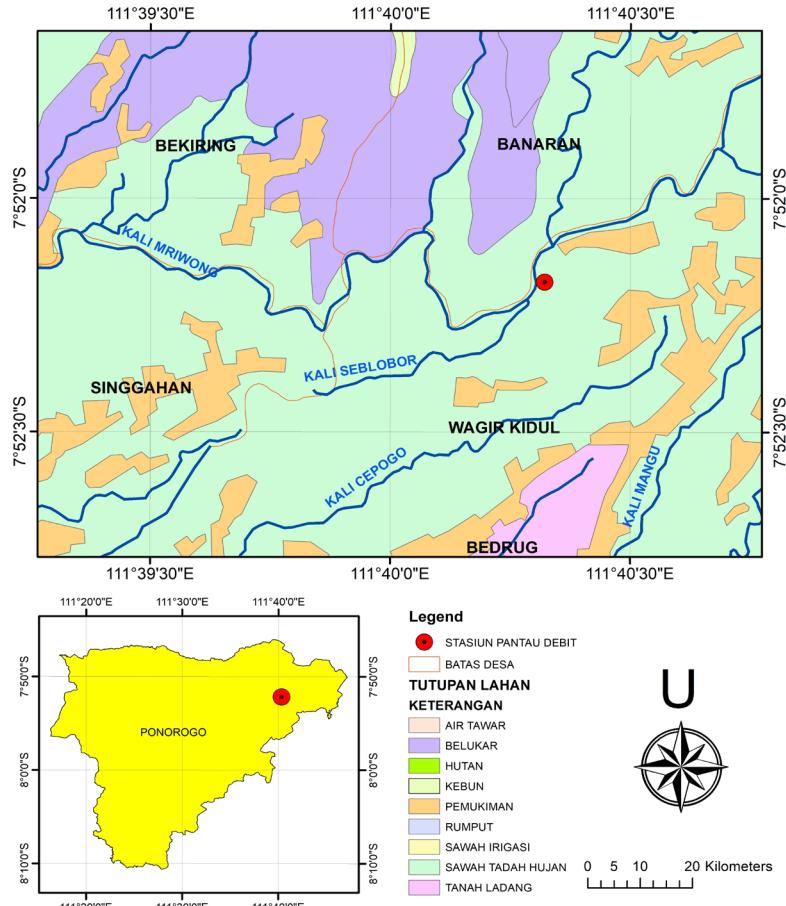
Kali Mriwong menjadi salah satu sungai dengan debit handal yang dimanfaatkan untuk irigasi. Jenis tanah di daerah tangkapan air Kali Mriwong adalah asosiasi andesol dan latosol merah. Ketebalan lapisan tanah atas lebih dari 50 cm, merupakan area yang subur dengan kemiringan topografi lebih dari 15%.

Banyak metode uji statistik yang bisa dimanfaatkan dalam menganalisis tipe perubahan data dalam rentang waktu. Terdapat dua uji untuk menentukan cara analisis yaitu uji parametrik dan uji non parametrik. Uji parametrik umumnya dimanfaatkan untuk variabel dengan distribusi normal (Onoz & Bayazit, 2003). Namun demikian, kenyataan dilapangan kejadian faktual tidak selalu terdistribusi normal, sehingga digunakan *nonparametric test* (Kundzewicz & Robson, 2004).

Uji statistik Mann-Kendall digunakan dalam mengukur signifikansi tren *time series* hidrometeorologi (Tabari & Talaee, 2011a). Secara umum, hasil penggunaan uji Mann-Kendall dan Sen menunjukkan kesesuaian kinerja yang baik dalam mendeteksi tren untuk variabel meteorologi (Gocic & Trajkovic, 2014). Sungai di Pulau Jawa mengalami peningkatan kejadian banjir dan kekeringan. Aliran tinggi dan rendah menjadi indikasi dalam kejadian ekstrem di sungai. Perubahan indikator karakteristik ekstrem debit dianalisis dengan Mann-Kendall.

Data debit *time series* adalah hasil pengamatan debit pada suatu Daerah Aliran Sungai. Debit ini diukur dengan teratur berkesinambungan. Ambang batas atau batas debit adalah nilai batas kuantitas air yang apabila terlampaui maka disebut banjir (Qolbi et al., 2015). Nilai ambang batas pada sungai *perennial* (terdapat air sepanjang tahun) persentil 70 (G70) sampai dengan persentil 95 (Q95), sedangkan untuk sungai *intermittent* (periodik) maka digunakan Q70 (Hissdal et al., 2004). *European Flood Alert System* (EFAS) menghitung pelampauan ambang batas debit menggunakan persentil 90 (Q90) (Ramos et al., 2007). Metode ambang batas dalam kejadian banjir ditentukan dengan mengidentifikasi nilai debit diatas batasan ambang batas. Penelitian di 24 DAS di Madiun, Malang dan Cepu untuk prediksi banjir menggunakan metode ambang batas, digunakan Q90. Pertimbangan pemakaian Q90 didasarkan pada pola debit tahun 1996-2001 (*time series* 6

LOKASI STASIUN PANTAU DEBIT KALI MRIWONG



Gambar 1. Lokasi Stasiun Pantau Debit

tahun), dimana Q80 terlalu rendah dipakai sebagai ambang batas dikhawatirkan banyak kejadian yang dikatakan banjir padahal di lapangan tidak terjadi banjir. Sedangkan Q99 tidak dipilih karena dianggap terlalu tinggi sehingga banyak kejadian banjir dilapangan tapi tidak dianggap banjir (Faruq, 2015). Pada penelitian ini untuk menemukan persentil yang cocok untuk Kali Mriwong, dicoba Q90 dan Q95.

Langkah awal dengan menentukan nilai ambang batas (Q90 atau Q95) kemudian mengidentifikasi jumlah kejadian banjir bulanan sebagai input analisis tren.

Uji statistik Mann Kendall dirumuskan dengan formula berikut:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn} (x_j - x_i) \quad (1)$$

n mewakili banyaknya data, x_i dan x_j merupakan data deret waktu i dan j ($j > i$). Kemudian, $\text{sgn}(x_j - x_i)$ dicari berdasarkan rumus 2.

$$\text{sgn} (x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{jika } x_j - x_i > 0 \\ 0, & \text{jika } x_j - x_i = 0 \\ -1, & \text{jika } x_j - x_i < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Kemudian varians dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Var} (S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m (t_i - 1)(2t_i + 5)}{18} \quad (3)$$

di mana n adalah jumlah titik data, m merupakan jumlah grup terikat, grup terikat adalah himpunan dari sampel data yang nilainya sama dan t_i menunjukkan jumlah ikatan sejauh i .

Dalam kasus di mana ukuran sampel $n > 10$, statistik uji normal standar Z_s dihitung menggunakan ketentuan formula 4 berikut:

$$Z_s = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{jika } S > 0 \\ 0, & \text{jika } S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{jika } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Apabila nilai Z_s positif maka terjadi tren meningkat dan sebaliknya. Ketika $|Z_s| > Z_{1-\alpha/2}$ maka hipotesis nol ditolak sehingga terdeteksi adanya tren dalam deret waktu. Nilai $Z_{1-\alpha/2}$ didapatkan berdasar table distribusi normal standar. Tingkat signifikansi = 0,01 dan = 0,05 digunakan. Pada tingkat signifikansi 5%, hipotesis nol tidak ada tren ditolak jika $|Z_s| > 1,96$. Kemudian hipotesis nol ditolak jika $|Z_s| > 2,576$ pada taraf signifikansi 1% (Tabari & Hosseinzadeh Talaei, 2011b). Penelitian ini menggunakan signifikansi 5%.

Uji *Sens Slope* Prosedur non-parametrik dikembangkan untuk memperkirakan kemiringan tren dalam sampel N pasangan data

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad (5)$$

untuk $i = 1, \dots, n$, dimana x_j dan x_k adalah nilai data pada waktu j dan k ($j > k$). Jika hanya terdapat satu datum pada setiap periode, maka $N = \frac{n(n-1)n(n-1)}{2}$, n adalah periode waktu. Apabila ada lebih dari satu pengamatan dalam satu periode waktu atau lebih, maka $N < \frac{n(n-1)n(n-1)}{2}$, dimana n adalah jumlah pengamatan. Khusus penelitian ini hanya ada satu pengamatan tiap satu periode waktu.

Nilai N dari Q_i diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar dan median kemiringan atau penaksir kemiringan Sen dihitung sebagai:

$$Q_{med} = \begin{cases} Q_{\left[\frac{(N+2)}{2}\right]}, & \text{jika } N \text{ ganjil} \\ \frac{Q_{\left[\frac{(N+2)}{2}\right]} + Q_{\left[\frac{(N+2)}{2}\right]}}{2}, & \text{jika } N \text{ genap} \end{cases} \quad (6)$$

Tanda Q_{med} mencerminkan refleksi tren data dan nilainya menunjukkan kecuraman tren. Untuk menentukan apakah kemiringan median secara statistik berbeda dari nol, maka harus mendapatkan *confidence interval* Q_{med} pada probabilitas tertentu. *Confidence interval* pada kemiringan waktu di formulasikan pada persamaan dibawah ini:

$$C_\alpha = Z_{1-\alpha/2} \sqrt{\text{Var}(S)} \quad (7)$$

Dimana $\text{Var}(S)$ sesuai persamaan ketiga. Interval kepercayaan dalam penelitian ini memakai signifikansi $\alpha = 5\%$

atau setara 0,05. Kemudian menghitung nilai M_1 dan M_2 , $M_1 = \frac{N-C\alpha}{2}$ serta $M_2 = \frac{N+C\alpha}{2}$. Batas bawah dan atas *Confidence interval*, Q_{min} dan Q_{max} , adalah yang terbesar ke- M_1 dan (M_2+1) terbesar dari estimasi slope N .

Metode kuadratik adalah variabel dependen yang meningkat atau menurun secara linier (parabola) (Wibisono, 2009). Penelitian tentang prediksi penjualan air pada Perumda Tirta Raharja memperoleh nilai R^2 yang lebih besar menggunakan metode regresi non linier kuadratik (Utami et al., 2021). Analisis koefisien determinasi simultan mengidentifikasi faktor-faktor independen yang secara bersamaan mempengaruhi variabel dependen. Nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 hingga 1. Angka yang mendekati satu menunjukkan bahwa variabel independen menyediakan hampir semua informasi yang diperlukan untuk memprediksi variabel dependen (Ghozali, 2018). Persamaan kuadratik seperti pada rumus di bawah ini:

$$y = a + bx + cx^2 \quad (8)$$

Dimana x adalah variabel bebas and y adalah variabel terikat. Kemudian a , b dan c merupakan konstanta. Penelitian ini memakai Microsoft Excel dalam menganalisis besarnya konstanta persamaan kuadratik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ambang Batas Banjir Kali Mriwong

Operasi SPSS memakai 2557 data yang diinput pada analisis persentil, diperoleh nilai debit pada masing-masing

Tabel 1. Hasil Operasi Persentil pada SPSS

Statistics		
Debit		
N	Valid	2557
	Missing	0
Percentiles		
	10	51
	20	65
	25	90
	50	133
	75	437
	90	565
	95	1080

Tabel 1. Frekuensi Kejadian Banjir Kali Mriwong dengan Q90

No	Bulan	Frekuensi Kejadian Banjir						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Januari	0	0	13	0	0	10	31
2	Februari	0	0	0	0	13	9	21
3	Maret	0	0	0	1	0	0	31
4	April	26	27	27	27	26	27	0
5	Mei	0	0	0	0	0	0	0
6	Juni	0	0	0	0	0	0	0
7	Juli	0	0	0	0	0	0	0
8	Agustus	0	0	0	0	0	0	0
9	September	0	0	0	0	0	0	0
10	Oktober	0	0	0	0	0	0	0
11	Nopember	0	0	0	0	0	0	0
12	Desember	0	0	0	0	0	0	0

kelompok data. Dari Tabel 1 diperoleh persentil 90 sebesar 565 dan persentil 95 sebesar 1080. Oleh karena itu untuk mengidentifikasi frekuensi banjir per bulan dipakai ambang batas 565 liter/detik dan 1080 liter/detik.

Frekuensi banjir dengan ambang batas 565 liter/detik dari tahun 2014 sampai dengan 2020 seperti pada Tabel 2.

Pada tahun 2020 Q90 sebesar 565 liter/detik frekuensi kejadian banjir bulan Januari, Februari dan Maret berturut-turut 31, 21 dan 31. Apabila dibandingkan dengan catatan bencana Kecamatan Pulung tahun 2020 yaitu 12, jumlahnya masih sangat jauh lebih tinggi. Hal ini membuktikan Q90 masih terlalu tinggi untuk Kali Mriwong.

Dengan Q95 sebesar 1080 liter/detik diperoleh frekuensi kejadian banjir bulan Maret Tahun 2020 adalah 13 kali. Apabila dibandingkan dengan catatan bencana Kecamatan Pulung tahun 2020 yaitu 12 kali, jumlahnya mendekati dengan fenomena lapangan. Hal ini membuktikan Q95 lebih sesuai untuk Kali Mriwong.

Tren Frekuensi Banjir Kali Mriwong

Hasil analisis tren frekuensi banjir pada Kali Mriwong seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan pada analisis tren frekuensi banjir terjadi kenaikan tren di bulan Maret dan penurunan tren di bulan April. Selanjutnya pada Gambar 2 dibawah ini merupakan kurva persamaan kuadrat untuk analisis tren frekuensi banjir di bulan Maret.

Identifikasi konstanta pada Microsoft Excel memperoleh persamaan kuarat $Y = 0,7262x^2 - 2,9643x + 1,4524$. Nilai R^2 untuk bulan Maret didapat 0,694. Nilai ini menunjukkan persamaan kuadrat 69,45% mewakili hasil observasi. Nilai R^2 untuk analisis tren frekuensi banjir bulan Maret termasuk cukup baik.

Kurva pada Gambar 3 mewakili tren frekuensi banjir pada bulan April di Kali Mriwong. Proses analisis persamaan kuadrat memperoleh hasil $Y = -0,4881x^2 - 0,25x + 25,81$. Nilai R^2 diperoleh 0,3558. Hal ini menunjukkan model persamaan

Tabel 2. Frekuensi Kejadian Banjir Kali Mriwong dengan Q95

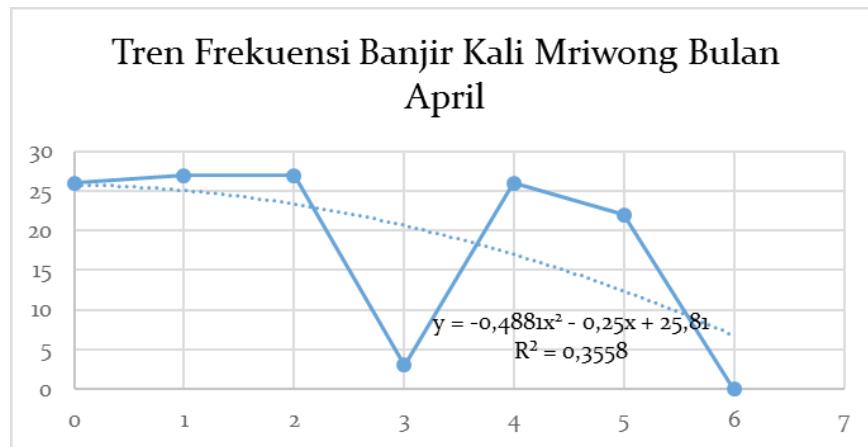
No	Bulan	Frekuensi Kejadian Banjir						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Januari	0	0	0	0	0	0	0
2	Februari	0	0	0	0	0	0	0
3	Maret	0	0	0	1	0	0	13
4	April	26	27	27	3	26	22	0
5	Mei	0	0	0	0	0	0	0
6	Juni	0	0	0	0	0	0	0
7	Juli	0	0	0	0	0	0	0
8	Agustus	0	0	0	0	0	0	0
9	September	0	0	0	0	0	0	0
10	Oktober	0	0	0	0	0	0	0
11	Nopember	0	0	0	0	0	0	0
12	Desember	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. Analisis Tren Frekuensi Banjir Kali Mriwong

Bulan	S	Var (S)	Mann Kendall (Z)	Tren Frekuensi Debit	Qmed	C _a	M ₁	M ₂	Qmin	Qmax	Sen Slope (Q _i)
Januari	0	0	0	Tidak ada tren	0	0	0	0	0	0	0
Februari	0	0	0	Tidak ada tren	0	0	0	0	0	0	0
Maret	18	41,0	2,65	Tren meningkat	0	12,55	4,22	16,78	0	13	0,65
April	-9	43,8	-1,51	Tren menurun	-3	12,98	4,01	16,99	-24	1	1
Mei	0	0	0	Tidak ada tren	0	0	0	0	0	0	0
Juni	0	0	0	Tidak ada tren	0	0	0	0	0	0	0
Juli	0	0	0	Tidak ada tren	0	0	0	0	0	0	0
Agustus	0	0	0	Tidak ada tren	0	0	0	0	0	0	0
September	0	0	0	Tidak ada tren	0	0	0	0	0	0	0
Oktober	0	0	0	Tidak ada tren	0	0	0	0	0	0	0
Nopember	0	0	0	Tidak ada tren	0	0	0	0	0	0	0
Desember	0	0	0	Tidak ada tren	0	0	0	0	0	0	0



Gambar 2. Tren Frekuensi Banjir pada bulan Maret



Gambar 3. Tren Frekuensi Banjir pada bulan April

mewakili penelitian hingga 35,58%. Nilai ini termasuk rendah sehingga model persamaan kuadrat kurang sesuai untuk analisis tren frekuensi banjir Kali Mriwong di bulan April.

KESIMPULAN

Analisis ambang batas banjir Kali Mriwong di Kabupaten Ponorogo menunjukkan hasil Q95 lebih sesuai dari Q90 setelah dicocokkan dengan catatan kejadian banjir. Hasil analisis tren frekuensi kejadian banjir menunjukkan tren meningkat di bulan Maret dan tren menurun di bulan April. Hal ini juga mewakili indikasi awal pergeseran musim hujan. Pergeseran musim penghujan mempengaruhi tren frekuensi banjir Kali Mriwong sehingga Kabupaten Ponorogo memerlukan penelitian yang lebih komprehensif tentang hujan. Saran untuk penelitian berkaitan dengan ambang batas banjir perlu menganalisis ambang batas banjir di stasiun pantau debit lainnya di Kabupaten Ponorogo (Cokromenggalan, Wilangan, Gendol, Ngebel, Kedung Celeng, Watu Putih, Galok dan Sungkur). Kemudian perlu dicoba jenis persamaan lainnya dalam menganalisis R^2 untuk menemukan model persamaan yang paling mewakili tren frekuensi banjir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami Tim Peneliti mengungkapkan terimakasih kepada Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Kawasan Permukiman Kabupaten Ponorogo dan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro yang telah memberikan kemudahan akses terhadap data dasar dan literasi.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis Pertama menentukan tema penelitian, menentukan lokasi, mendisain metode penelitian; **Penulis Kedua dan Ketiga** melakukan uji statistik, menginterpretasikan hasil dan mengurus proses penerbitan artikel ilmiah; **Penulis Keempat dan Kelima** memfasilitasi supervisi dalam proses penelitian dan penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Y., Setyasi, I., Ningrum, M. V. R., & Jedo, A. (2022). Dampak Bencana Banjir Terhadap Ekonomi Masyarakat di Kecamatan Samarinda Utara, Kota Samarinda. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 9(1), 40–48. <https://doi.org/10.20527/jpg.v9i1.12457>
- Arafat, B. A. P., & Taniady, V. (2021). Pemenuhan Hak Masyarakat Miskin Terhadap Perumahan dan Permukiman yang Layak di Perkotaan Indonesia: Studi Perbandingan Singapura dan Australia. *Jurist-Diction*, 4(2). <https://doi.org/10.20473/jd.v4i2.25753>
- Avanzi, F., Ercolani, G., Gabellani, S., Cremonese, E., Pogliotti, P., Filippa, G., Morra DI Celli, U., Ratto, S., Stevenin, H., Cauduro, M., & Juglair, S. (2021). Learning about precipitation lapse rates from snow course data improves water balance modeling. *Hydrology and Earth System Sciences*, 25(4). <https://doi.org/10.5194/hess-25-2109-2021>
- Ayat, M., & Jonizar, J. (2020). Konsep Pembangunan Permukiman Berwawasan Lingkungan. *Bearing : Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil*, 6(2). <https://doi.org/10.32502/jbearing.2830201962>
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Kabupaten Ponorogo dalam Angka Tahun 2021* (BPS Kabupaten Ponorogo (ed.)). CV. Azka Putra Pratama. <https://ponorogokab.bps.go.id/>

- Beck, H. E., Vergopolan, N., Pan, M., Levizzani, V., Van Dijk, A. I. J. M., Weedon, G. P., Brocca, L., Pappenberger, F., Huffman, G. J., & Wood, E. F. (2017). Global-scale evaluation of 22 precipitation datasets using gauge observations and hydrological modeling. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(12). <https://doi.org/10.5194/hess-21-6201-2017>
- Environment and Climate Change Canada. (2022). Water Quantity in Canadian Rivers. In *Water Quantity in Canadian Rivers* (p. 23). www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-indicators/water-quantity-canadian-rivers.html
- Faruq, A. (2015). Analisis Kejadian Banjir di Wilayah UPT PSDA Malang, Madiun, dan Bojonegoro Menggunakan Metode Ambang Batas (Threshold Level Method). In *Digital Repository Universitas Jember*.
- Feng, B., Zhang, Y., & Bourke, R. E. (2021). Urbanization impacts on flood risks based on urban growth data and coupled flood models. *Natural Hazards*, 106, 613–627. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:231747610>
- Ghozali, I. (2018). *Applikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25* (edisi 9). Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Gocic, M., & Trajkovic, S. (2014). Analyse des tendances des données d'évapotranspiration de référence en climat humide. *Hydrological Sciences Journal*, 59(1), 165–180. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.798659>
- Gütschow, J., Jeffery, M. L., Schaeffer, M., & Hare, B. (2018). Extending Near-Term Emissions Scenarios to Assess Warming Implications of Paris Agreement NDCs. *Earth's Future*, 6(9), 1242–1259. <https://doi.org/10.1002/2017EF000781>
- Hartono, Y. D., & Nurbaiti, D. P. (2021). Pengembangan Infrastruktur Berbasis Resilient City di Kota Kendari Sulawesi Tenggara. *Pawon: Jurnal Arsitektur*, 5(2), 293–310. <https://doi.org/10.36040/pawon.v5i2.3664>
- Herdiana, D. (2022). Kemiskinan, Kesenjangan Sosial dan Pembangunan Desa. *Jurnal Inovasi Masyarakat*, 2(3). <https://doi.org/10.33197/jim.vol2.iss3.2022.985>
- Hermawan, E. (2010). Pengelompokan Pola Curah Hujan Yang Terjadi Di Beberapa Kawasan P. Sumatera Berbasis Hasil Analisis Teknik Spektral. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 11(2), 75–85. <https://doi.org/10.31172/jmg.v11i2.67>
- Hisdal, H., Clausen, B., Gustard, A., Peters, E., & Tallaksen, L. M. (2004). Event Definitions and Indices. *Hydrological Drought -Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*, 34.
- Kundzewicz, Z. W., & Robson, A. J. (2004). Change detection in hydrological records - A review of the methodology. *Hydrological Sciences Journal*, 49(1), 7–19. <https://doi.org/10.1623/hysj.49.1.7.53993>
- Lai, C. M. T., & Cole, A. (2023). Measuring progress of smart cities: Indexing the smart city indices. *Urban Governance*, 3(1). <https://doi.org/10.1016/j.ugj.2022.11.004>
- Miranti, R., Widhiyoga, G., & Haqqi, H. (2018). Analisis pembangunan berkelanjutan terhadap kebijakan perubahan iklim Indonesia sebagai upaya mengakomodasi Paris Agreement. *Transformasi*, 1(34), 56–68.
- Mitchell, S. L., Edwards, D. P., Bernard, H., Coomes, D., Jucker, T., Davies, Z. G., & Struebig, M. J. (2018). Riparian reserves help protect forest bird communities in oil palm dominated landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 55(6). <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13233>
- Nasyidah, M., Fajar, N. A., & Najmah. (2022). Tinjauan Faktor Air dan Sanitasi dengan Kejadian Stunting pada Balita A Review of Water and Sanitation Factors with Child. *Jurnal Kesehatan Komunitas*, 8(3), 597–606. <https://doi.org/10.25311/keskom.Vol8.Iss3.1338>
- Onoz, B., & Bayazit, M. (2003). The Power of Statistical Tests for Trend Detection. *Turk. J. Environ. Eng. Sci.*, 27.
- Pemerintah Kabupaten Ponorogo. (2021). *Rencana Pembangunan Daerah Kabupaten Ponorogo Tahun 2021-2026*. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Qolbi, P. T., Indarto, & Wahyuningsih, S. (2015). Studi Pendahuluan Penerapan Metode Ambang Batas untuk Analisis Potensi Banjir di Wilayah Jawa Timur. *Berkala Ilmiah Teknologi Pertanian*, 1.
- Raiser, K., Kornek, U., Flachland, C., & Lamb, W. F. (2020). Is the Paris Agreement effective? A systematic map of the evidence. In *Environmental Research Letters* (Vol. 15, Issue 8). IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab865c>
- Ramos, M. H., Bartholmes, J., & Thielen-del Pozo, J. (2007). Development of decision support products based on ensemble forecasts in the European flood alert system. *Atmospheric Science Letters*, 8(4). <https://doi.org/10.1002/asl.161>
- Rusydan, Winarni, & Hermawan. (2020). Seri Pembaharuan Pendidikan Membangun Kelas Aktif dan Inspiratif. *Deepublish*, 6(1).
- Setiawan, D. E. (2021). Analisis Curah Hujan di Indonesia untuk Memetakan Daerah Potensi Banjir dan Tanah Longsor dengan Metode Cluster Fuzzy C-Means dan Singular Value Decomposition (SVD). *Engineering, Mathematics and Computer Science (EMACS) Journal*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:242235863>
- Singh, K. R. (2024). Comparative Analysis of Flood Estimation using Log-Pearson Type III and Gumbel Max Models in the Cauvery River, India. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:269677021>
- Sulistio, H., Pratiwi, N. A. H., Melisa, E., Maisyarah, S., Mariana, B., Aji, A. S., & Triandini, F. (2019). Meneropong Pembangunan Hijau di Indonesia: Kesenjangan dalam Perencanaan Nasional dan Daerah (Studi Kasus: Jambi dan Provinsi Kalimantan Timur). In *Kemitraan bagi Pembaruan Tata Pemerintahan Pemerintahan Pemerintahan*.
- Tabari, H., & Hosseinzadeh Talaee, P. (2011a). Analysis of trends in temperature data in arid and semi-arid regions of Iran. *Global and Planetary Change*, 79(1–2), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.07.008>
- Tabari, H., & Hosseinzadeh Talaee, P. (2011b). Recent trends of mean maximum and minimum air temperatures in the western half of Iran. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 111(3), 121–131. <https://doi.org/10.1007/s00703-011-0125-0>
- Taman, P., Dalam, K., Kota, M., Di, B., Tulungagung, P., Agustin, Z., Azzahro, I. A., Fachrudin, M. A., Badriyah, L., & Hijau, P. R. T. (2023). Peranan Taman Kota Dalam Mewujudkan Kota Berkelanjutan Di Perkotaan Tulungagung. *Dewantara : Jurnal Pendidikan Sosial Humaniora*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:272772376>
- Tate, E., Rahman, M. A., Emrich, C. T., & Sampson, C. C. (2021). Flood exposure and social vulnerability in the United States. *Natural Hazards*, 106, 435–457. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:231670331>
- Tenda, E. P., Lengkong, A. V., & Pinontoan, K. F. (2021). Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis IoT dan Twitter. *CogITO Smart Journal*, 7(1). <https://doi.org/10.31154/cogito.v7i1.284.26-39>
- Utami, G. F., Suhaedi, D., & Kurniati, E. (2021). Perbandingan Metode Regresi Linier dan Non-Linier Kuadratik Pada Peramalan Penjualan Air Minum Comparison of Quadratic Linear and Non-Linear Regression Methods In Forecasting Drinking Water Sales. *Jurnal Matematika*, 20(2), 33–41.
- Warren, J., & Gilbert, R. O. (1988). Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. In *Technometrics* (Vol. 30, Issue 3). <https://doi.org/10.2307/1270090>
- Wibisono, Y. (2009). *Metode Statistik* (Ed.2). Gadjah Mada University Pers. <https://ugmpress.ugm.ac.id/id/product/arsitektur/metode-statistik>

Wijayanti, D. E., & Priyanto, M. W. (2022). Pengaruh Urbanisasi terhadap Lahan Garapan di Indonesia. *AGRISCIENCE*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:252170177>

World Commission on Environment and Development. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (The Brundtland Report). *Medicine, Conflict and Survival*, 4. <https://doi.org/10.1080/07488008808408783>